

BOLETIM TÉCNICO

Diagnóstico da fertilidade do solo e níveis críticos de nutrientes em folhas de videiras 'Bordô' e 'Moscato Branco'.



Gustavo Ayres
Gustavo Brunetto
Danilo Eduardo Rozane
Fabiano Simões (*in memoriam*)
Lincon Oliveira Stefanello
Amanda Veridiana Krug
Álvaro Luis Pasquetti Berghetti
Ana Luiza Lima Marques
Daniéle Gonçalves Papalia
Jean Michel Moura-Bueno
Lucas Dotto
Filipe Nunes de Oliveira
Douglas Luiz Grandó
Jacson Hindersmann
Anderson César Ramos Marques
Betania Vahl de Paula
Adrielle Tassinari
Edicarla Trentin
Carina Marchezan
Arcângelo Loss

ISBN: 978-85-8328-091-0

2022

Diagnóstico da fertilidade do solo e níveis críticos de nutrientes em folhas de videiras ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’

Gustavo Ayres¹

Gustavo Brunetto²

Danilo Eduardo Rozane³

Fabiano Simões (in memoriam)⁴

Lincon Oliveira Stefanello⁵

Amanda Veridiana Krug⁶

Álvaro Luis Pasquetti Berghetti⁷

Ana Luiza Lima Marques⁸

Danièle Gonçalves Papalia⁹

Jean Michel Moura-Bueno¹⁰

Lucas Dotto¹¹

Filipe Nunes de Oliveira¹²

Douglas Luiz Grando¹³

Jacson Hindersmann¹⁴

Anderson César Ramos Marques¹⁵

Betania Vahl de Paula¹⁶

Adrielle Tassinari¹⁷

Edicarla Trentin¹⁸

Carina Marchezan¹⁹

Arcângelo Loss²⁰

- ¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ambiente e Sustentabilidade na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). E-mail: gustavo.ayres@gmail.com
- ² Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor do Departamento de Solos da UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Bolsista em Produtividade do CNPq. E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com
- ³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, Professor na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Registro, SP, Brasil. E-mail: danilo.rozane@unesp.br
- ⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia e Genética Molecular, Professor na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Vacaria, RS, Brasil.
- ⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. Research Scholar, Department of Agronomy, Kansas State University (K-State), Manhattan, KS, United States. E-mail: linconstefanello@ksu.edu
- ⁶ Engenheira Agrônoma, Mestranda em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: krug.amanda111@gmail.com
- ⁷ Engenheiro Florestal, Doutor em Engenharia Florestal, Pesquisador do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: alvaro.berghetti@gmail.com
- ⁸ Acadêmica do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: marquesluizalima@gmail.com
- ⁹ Acadêmica do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: danipapalia@hotmail.com
- ¹⁰ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ) e Pesquisador do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: bueno.jean1@gmail.com
- ¹¹ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: lucasdottaagro@gmail.com
- ¹² Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: filipenunes_10@hotmail.com
- ¹³ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: douglas.agn@hotmail.com
- ¹⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: jacsonjh7@gmail.com
- ¹⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: acrmarques@hotmail.com.br
- ¹⁶ Bióloga, Doutora em Ciência do Solo, Pesquisadora na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: behdepaula@hotmail.com
- ¹⁷ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Ciência do Solo, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: tassinaridrica@gmail.com
- ¹⁸ Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo, Pesquisadora do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: edicarlatrentin@gmail.com
- ¹⁹ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Ciência do Solo, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: marchezancarina@yahoo.com.br
- ²⁰ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia (Ciência do Solo), Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Santa Catarina, SC, Brasil. E-mail: arcangelo.loss@ufsc.br

Sumário

1. Introdução	4
2. Amostragem de solo.....	5
3. Amostragem de folhas.....	6
4. Diagnóstico da fertilidade dos solos de vinhedos no município de Farroupilha (RS)	8
5. Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes em folhas de videiras.....	19
6. Considerações finais.....	21
Agradecimentos.....	21
Referências	22

1. Introdução

A produção vitivinícola brasileira está concentrada na região Sul do País, especialmente, no Estado do Rio Grande do Sul (RS). Historicamente, o RS é considerado o maior produtor nacional de uvas. Atualmente o estado representa 51% da produção nacional (IBGE, 2020). O restante da produção é distribuído entre os estados de Pernambuco, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia e Minas Gerais (IBGE/SIDRA, 2020).

No RS a produção de uva está centralizada na região da Serra Gaúcha, com destaque para os municípios de Bento Gonçalves, Garibaldi, Flores da Cunha, Farroupilha e Caxias do Sul. Nestas regiões são cultivadas, aproximadamente, 50 cultivares de videira, especialmente americanas (*Vitis labrusca* L.) e viníferas (*Vitis vinifera* L.). Destas, podemos destacar as cultivares Bordô e Moscato Branco, que são comercializadas *in natura* no mercado interno, e/ou submetidas à industrialização para elaboração de sucos e vinhos comuns; e à elaboração de vinhos finos e espumantes, respectivamente. Desta forma, o grande potencial de produção da região associada a dinâmica de comercialização dos produtos, tem gerado impactos positivos na economia dos municípios envolvidos, bem como do Estado e País.

Entretanto, a vitivinicultura é uma atividade agrícola de alto custo inicial, em função dos processos de implantação dos vinhedos (Kreuz et al., 2005; Camargo et al., 2011). Mas também de elevada manutenção para obtenção de produtividades satisfatórias, especialmente, por causa das variações climáticas afetarem a sanidade dos vinhedos e a qualidade da uva (Monteiro et al., 2012; Alves et al., 2019). Por outro lado, é um empreendimento que permite agregar valor à matéria prima, resultando em maior lucratividade, muitas vezes, superior à de culturas de grãos (Rozane et al., 2016). No entanto, para que sejam atingidas as produtividades potenciais, ou mesmo satisfatórias é necessário compreender minimamente a dinâmica de nutrientes no solo e na videira. Isso porque, os solos nem sempre fornecem as quantidades de nutrientes requeridas pelas videiras (Parent & Gagné, 2010). Quando isso acontece, torna-se necessário realizar aplicações de fertilizantes nos vinhedos.

Mas, a tomada de decisão sobre a necessidade ou não da adubação em vinhedos, também pode ser estabelecida considerando o nível crítico (NC) ou faixa de suficiência (FS) do nutriente em folhas (Parent & Dafir, 1992), que podem ser obtidos em relação a produtividade e variáveis de qualidade do mosto da uva. Com isso, será possível aumentar

a produtividade da uva e melhorar a sua composição. Além de ser uma possibilidade para racionalizar o uso de fertilizantes. Assim, os objetivos deste boletim são (i) apresentar protocolos para a adequada amostragem de solo e folhas; (ii) divulgar resultados atuais sobre o diagnóstico da fertilidade de solos de vinhedos; e (iii) propor níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes em folhas de videiras ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’, em vinhedos no município de Farroupilha (RS).

2. Amostragem de solo

Os vinhedos em produção devem ser separados em glebas ou talhões (Figura 1). Isso é feito considerando o tipo de solo, topografia, condições de drenagem, histórico de adubação, cultivar, etc. As amostras de solo podem ser coletadas usando preferencialmente, pá-de-corte. O solo deve ser amostrado na camada de 0-20 cm. A amostragem normalmente é realizada na linha de plantio, na projeção da copa das plantas. Essa região normalmente recebe as aplicações de fertilizantes. Opcionalmente, amostras de solo também podem ser coletadas nas entrelinhas dos vinhedos. Quando isso for realizado, as amostras de solo coletadas nas linhas de plantio (projeção da copa) devem ser armazenadas separadamente das amostras coletadas nas entrelinhas. Em vinhedos irrigados, a irrigação deve ser suspensa uma semana antes da amostragem do solo.

Em cada gleba/talhão devem ser coletadas 10 a 20 subamostras simples de solo, a fim de compor uma amostra composta. O solo das subamostras deve ser adicionado em recipiente limpo, por exemplo, um balde. Após, os torrões no recipiente devem ser desagregados manualmente. Rochas e resíduos vegetais devem ser retirados. Aproximadamente 250 g de solo deve ser retirada do recipiente. Essa porção representará a amostra composta de solo. O solo deverá ser armazenado em recipiente limpo, por exemplo, saco plástico devidamente identificado. As amostras deverão ser enviadas para um laboratório de solo credenciado na Rede Oficial de Laboratório de Solos do RS e SC (ROLAS). Isso garantirá a qualidade do resultado no laudo de análise do solo (Figura 1).

A amostragem de solo, preferencialmente, deverá ser realizada anualmente em vinhedos. Para o presente estudo, amostras de solo foram coletadas em 105 vinhedos localizados no município de Farroupilha (RS). Destes, 51 vinhedos foram de ‘Bordô’ (*Vitis labrusca* L.) e 54 de ‘Moscatto Branco’ (*Vitis vinifera* L.). As amostragens foram realizadas nas safras 2019/2020 e 2020/2021.

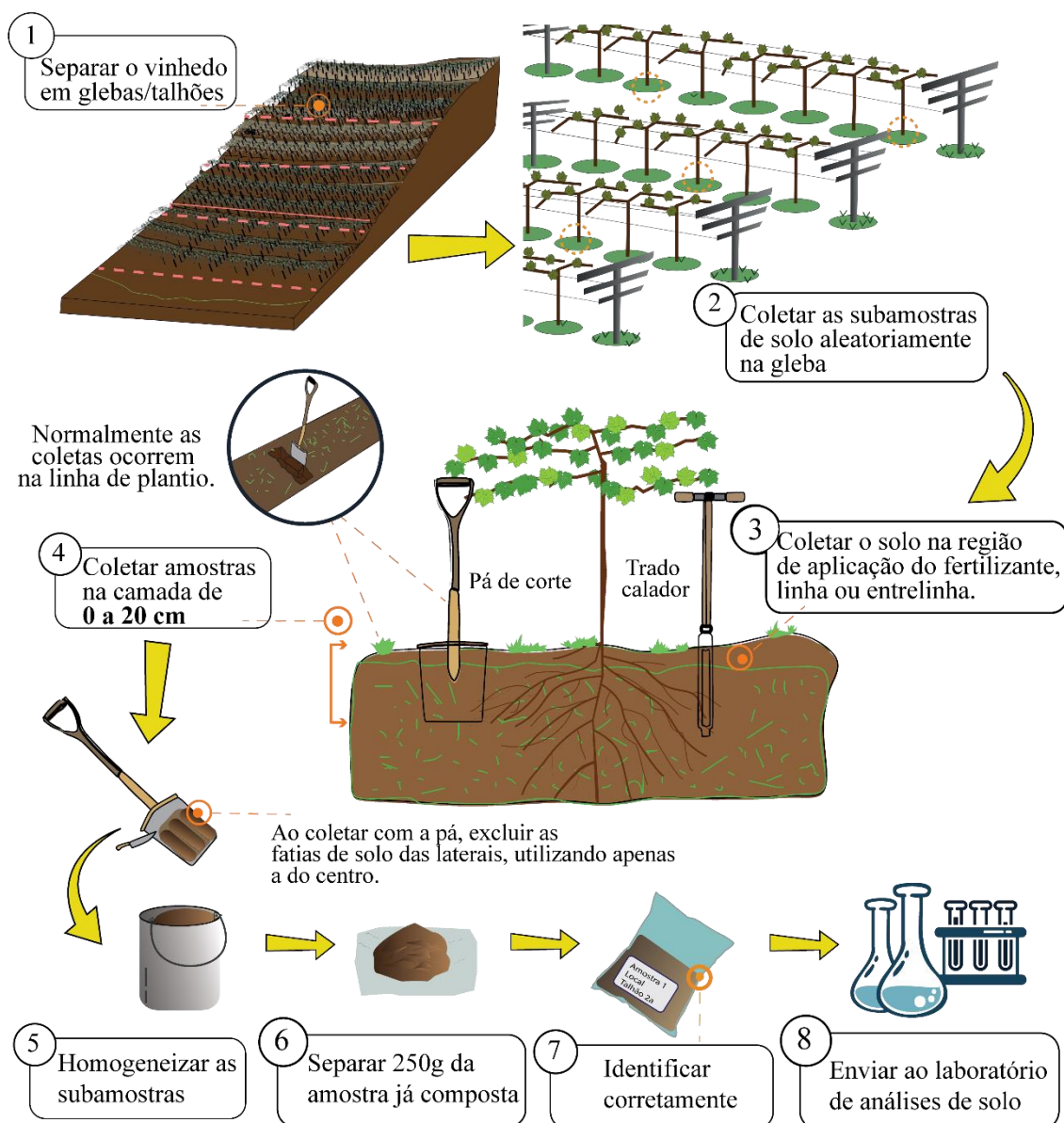


Figura 1. Esquema ilustrando demonstrando a amostragem de solo em vinhedos.

3. Amostragem de folhas

As glebas/talhões no vinhedo devem ser separadas seguindo os mesmos procedimentos sugeridos na amostragem de solo. As folhas a serem amostradas devem ser completas (pecíolo + limbo). A amostragem somente dos pecíolos das folhas também podem ser realizado. Porém, destaca-se que no RS e SC os valores de referência de nutrientes em vinhedos estão sendo obtidos preferencialmente em folhas completas. As folhas devem ser coletadas no pleno florescimento ou maturação da cor das bagas.

Recomenda-se preferencialmente a amostragem da folha diagnóstica durante o pleno florescimento, período este que baliza os parâmetros apresentados neste boletim, haja vista haver para este período de diagnóstico maior tempo hábil de intervenção da adubação para a safra que está ocorrendo.

As folhas a serem coletadas são as opostas ao primeiro cacho do ramo frutífero do ano. Caso não seja possível, as folhas coletadas podem estar localizadas no terço médio do ramo. Importante que as folhas estejam desenvolvidas (“maduras”). A coleta deve ser realizada de forma aleatória, em diferentes videiras, compondo uma amostra com 25 folhas por gleba/talhão. As amostras de folhas devem ser acondicionadas em sacos de papel adequadamente identificados. Em seguida, eles devem ser enviados para um laboratório credenciado, que realize a análise de tecido vegetal (Figura 2).

A amostragem de folhas deve ser realizada anualmente nos vinhedos. No presente estudo, amostras de folhas foram coletadas em 105 vinhedos localizados no município de Farroupilha (RS), sendo 51 vinhedos de ‘Bordô’ (*Vitis labrusca* L.) e 54 de ‘Moscatto Branco’ (*Vitis vinifera* L.). As amostragens foram realizadas nas safras 2019/2020 e 2020/2021.

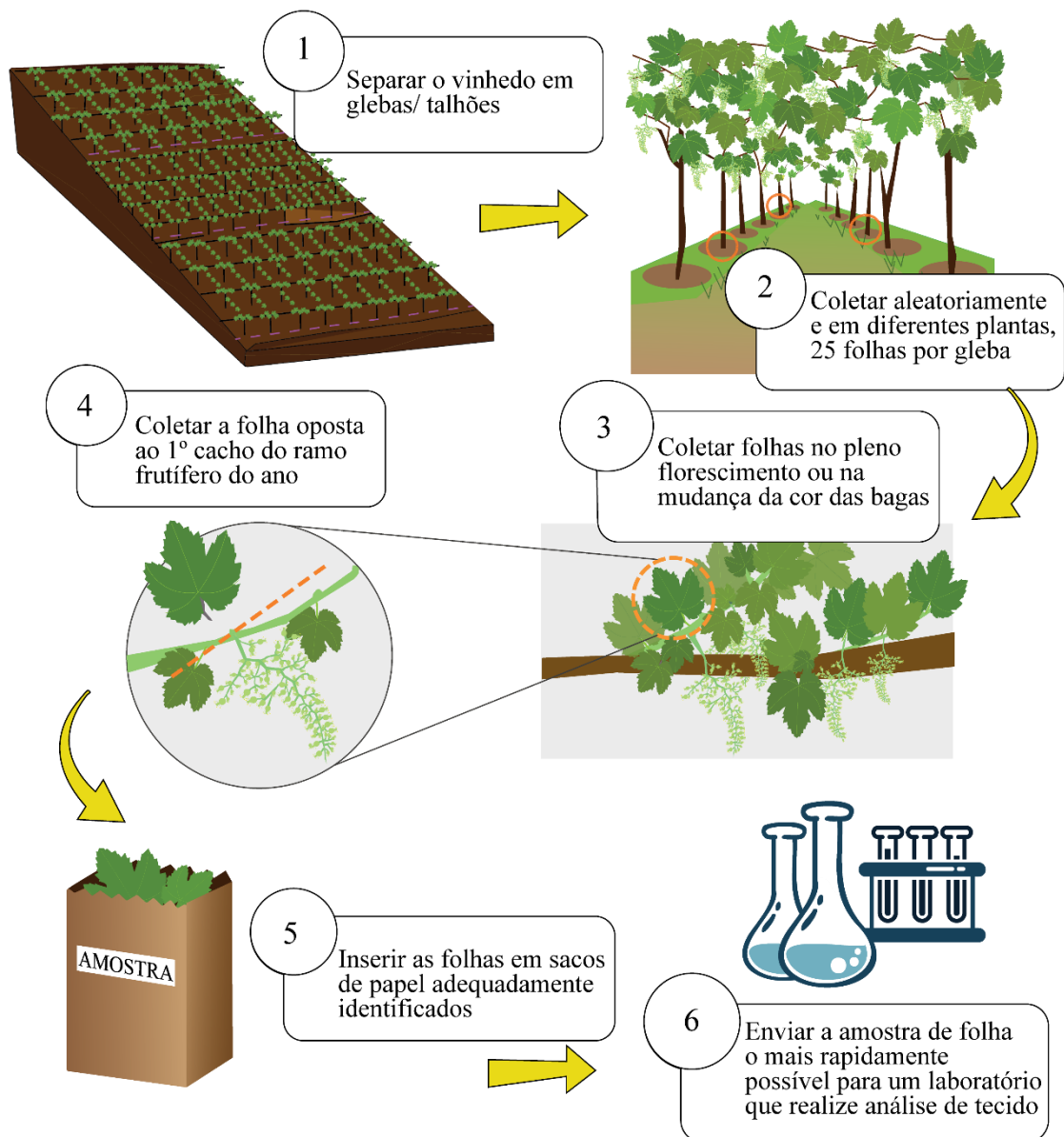


Figura 2. Esquema ilustrativo demonstrando a amostragem de folhas em vinhedos.

4. Diagnóstico da fertilidade dos solos de vinhedos no município de Farroupilha (RS)

O diagnóstico da fertilidade dos solos de vinhedos do município de Farroupilha (RS) foi realizado baseado em um banco de dados construído a partir de 105 áreas de produção. Destas, 51 vinhedos eram de ‘Bordô’ (*Vitis labrusca* L.) e 54 de ‘Moscatto Branco’ (*Vitis vinifera* L.). As avaliações foram realizadas nas safras 2019/2020 e 2020/2021. Os vinhedos que fizeram parte do estudo estavam distribuídos em diferentes

distritos/localidades do município de Farroupilha (Figura 3). Porém, o maior número de vinhedos estava localizado no norte do município.

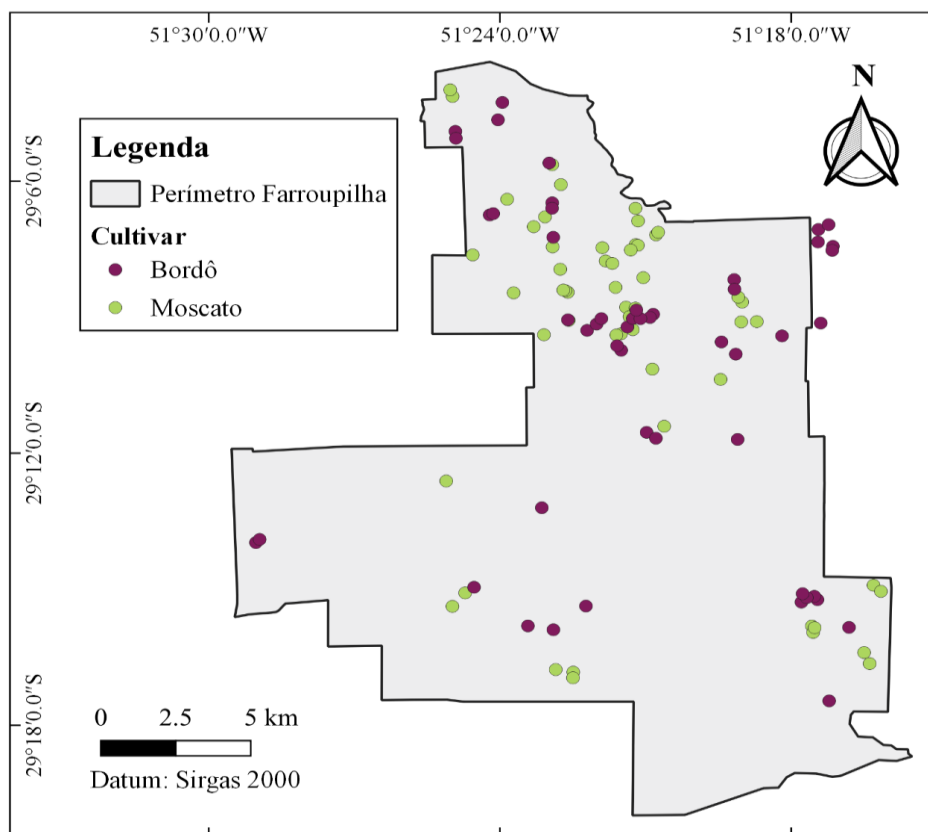


Figura 3. Distribuição espacial dos vinhedos da ‘Bordô’ e da ‘Moscato Branco’ em produção nas safras 2019/2020 e 2020/2021, no município de Farroupilha, Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil.

Os vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscato Branco’ estão distribuídos, predominantemente, em solos com teores de argila entre 21 a 40%, ou seja, classificados na classe textural três, segundo a CQFS-RS/SC (2016) (Figura 4a). Assim, cerca de 80,0 e 64,8% dos vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscato Branco’, respectivamente, são cultivados nessas condições de solo. Também, convém destacar que aproximadamente 30% dos vinhedos de ‘Moscato Branco’ são cultivados em solos arenosos, pertencentes à classe textural 4 (Figura 4a). Assim, ambas as informações de textura reportam a solos com quantidades consideráveis de areia, o que implica num manejo mais cuidadoso do solo. Isso porquê, solos com textura mais arenosa são mais susceptíveis a processos erosivos, e também a lixiviação de nutrientes, em especial, nitrogênio (N) e fósforo (P), respectivamente. Além disso, caso os vinhedos estejam localizados em relevos

ondulados, o que é o caso da maioria dos vinhedos, parte dos nutrientes presentes nos solos podem ser transferidos para corpos d'água adjacentes aos vinhedos, potencializando o risco de contaminação ambiental.

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS) observados em vinhedos cultivados com 'Bordô' refletiram na distribuição de 2,0; 46,0 e 52,0% para as classes 'Baixa' ($\leq 2,5\%$), 'Média' (2,6-5,0%) e 'Alta' ($> 5,0\%$), respectivamente (Figura 4b). Já, para 'Moscatto Branco', cerca de 78% dos vinhedos apresentaram teores de MOS entre 2,6-5,0% (classe Média), 20,4% em condições de alta concentração de MOS e apenas 1,8% em condições de baixa concentração (Figura 4b). Diante disso, é importante destacar que apesar dos vinhedos de Farroupilha, em geral, apresentam textura mais arenosa, os mesmos possuem teores de MOS de médio a alto. A MOS também possui N orgânico na sua composição. Assim, caso aconteça a sua mineralização, se espera aumento da disponibilidade de formas de N mineral às plantas, o que é desejável. Além disso, a MOS possui elevada capacidade de adsorção de elementos em excesso em solos, como cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn), que são muito derivados de aplicações de fungicidas foliares para o controle de doenças fúngicas em folhas e cachos (Miotto et al., 2014; Trentin et al., 2019; De Conti et al., 2020).

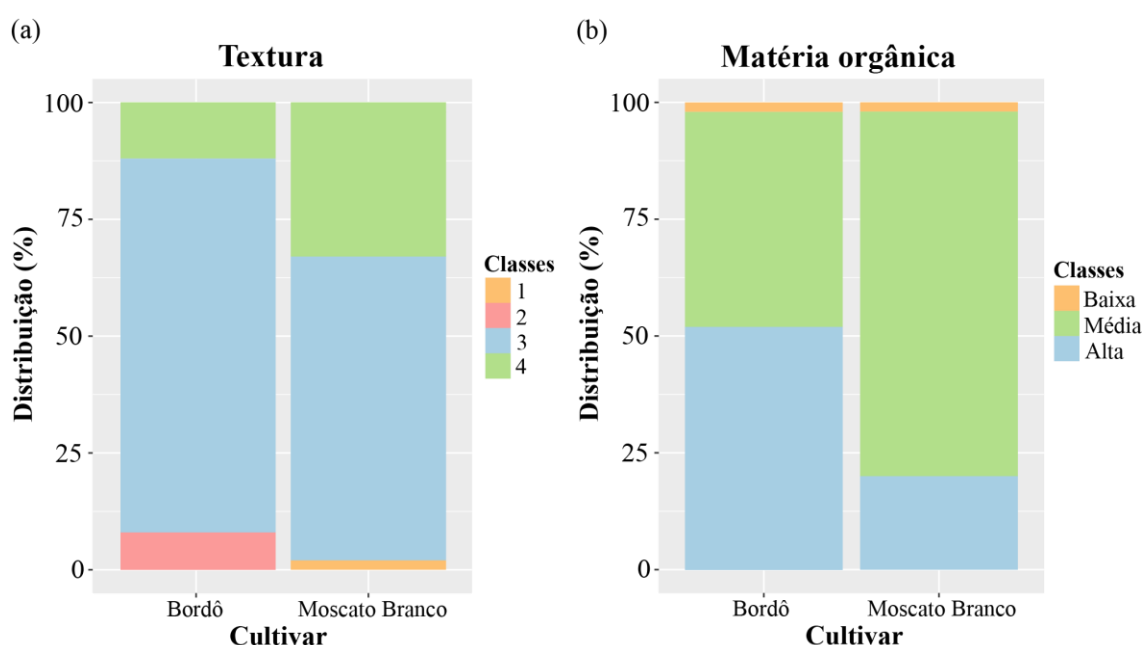


Figura 4. Distribuição percentual das classes texturais (a) e da matéria orgânica (b) dos solos de vinhedos 'Bordô' e 'Moscatto Branco' cultivadas nas safras 2020 e 2021, no município de Farroupilha, Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. Classes de

textura (% de argila): 1 (> 60); 2 (41 a 60); 3 (21 a 40); 4 (\leq 20); Classes de matéria orgânica (%): Baixa (\leq 2,5); Média (2,6 a 5,0); Alta (> 5) (CQFS-RS/SC, 2016).

Ao longo das safras avaliadas, houve um aumento no percentual de solos com pH em água superiores a 6,0 nos vinhedos de 'Bordô' e 'Moscatto Branco'. Na safra 2019/20 eram 38,0 e 22,2%, e na safra 2020/21 68,6 e 32,0%, respectivamente (Figura 5a). Da mesma forma, observou-se que vinhedos com pH muito baixo (\leq 5,0) diminuíram de uma safra para outra (Figura 5a). Desta forma, na safra 2020/21 os vinhedos de 'Bordô' e 'Moscatto Branco' não apresentaram saturação por Al na classe 'Alta' e somente 1,9% na classe 'Média' (Figura 5e). Assim, os resultados mostram que provavelmente alguns vinhedos receberam aplicação de corretivos da acidez do solo no final da primeira safra, justificando o aumento de pH em água na segunda safra. Além disso, considerando os valores apresentados na figura 5, se pode destacar, de modo geral, que os solos dos vinhedos, em virtude dos maiores valores de pH em água, menores valores de saturação por Al e maiores valores de saturação por base; possuem condições químicas satisfatórias para um adequado crescimento do sistema radicular das videiras e espécies de plantas de cobertura no interior dos vinhedos. Além disso, convém reportar que solos com maiores valores de pH, aliado a maiores teores de matéria orgânica e argila, possuem maior capacidade de adsorção de elementos em excesso em solos, como Cu e Zn, o que diminui a disponibilidade às plantas e, por consequência, o potencial de toxidez (Couto et al., 2015; Brunetto et al., 2018; Cassol et al., 2020).

O aumento dos teores de Ca e Mg trocáveis em solos, que se reflete nos valores de saturação por bases (V%), pode acontecer por causa de aplicações de produtos que podem possuir Ca e Mg na sua composição, que é o caso do calcário, gesso, óxidos ou mesmo fertilizantes, por exemplo, resíduos orgânicos. Nós destacamos que os vinhedos apresentaram altos teores de Ca e Mg trocáveis. Mais de 95% das áreas foram enquadradas na classe 'Alta' da safra 2019/20, enquanto que na safra 2020/21, quase 100% das áreas foram classificadas na classe 'Alta' (Figura 5b, c), com exceção de 1,91% dos vinhedos com 'Moscatto Branco' pertenceram a classe 'Média' de disponibilidade de Mg (Figura 5b, c). Não foram observados valores menores que 40% (classe Baixa) de saturação por bases (V%), nos vinhedos de 'Bordô' e 'Moscatto Branco' nas safras 2019/20 e 2020/21 (Figura 5d). Além disso, verificamos que grande parte dos vinhedos de 'Bordô' possuem saturação por bases maior que 80%, enquadrando-se na classe 'Muito Alta' (Figura 5d). No entanto, na safra 2019/20, 84% das áreas de 'Bordô' foram classificadas como V% 'Muito Alta', passando a 76,5% na safra 2020/21. De modo geral,

nos vinhedos de 'Moscatto Branco', em ambas as safras, cerca de 50% das áreas apresentaram saturação por base na classe 'Muito Alta', 45% na classe 'Alta' e apenas 5% na classe 'Média' (Figura 5d).

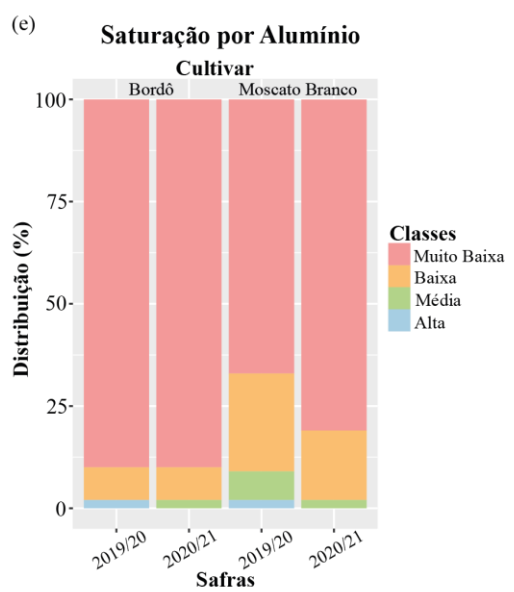
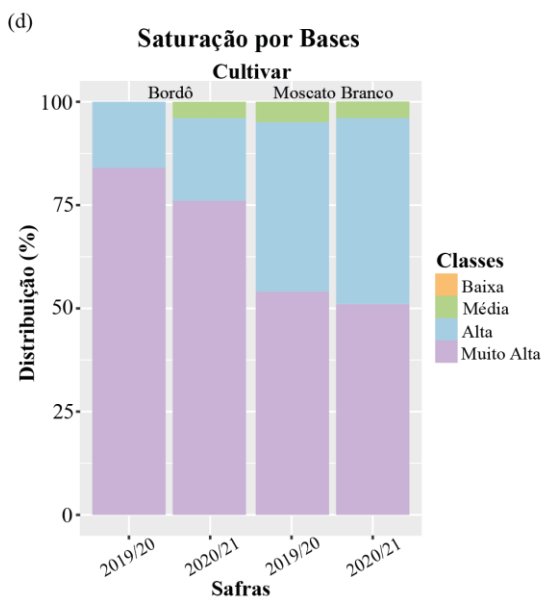
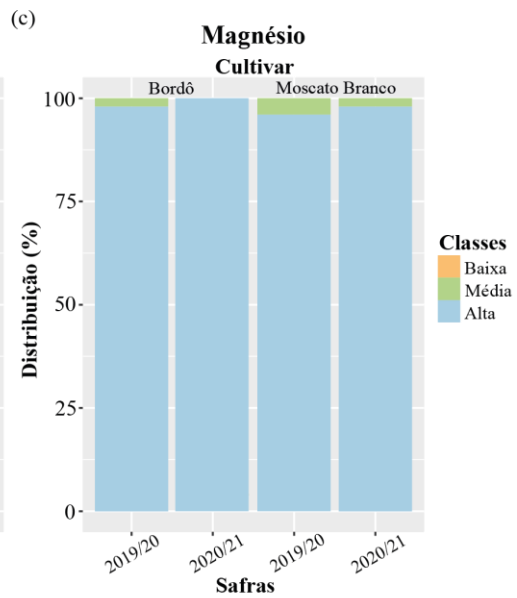
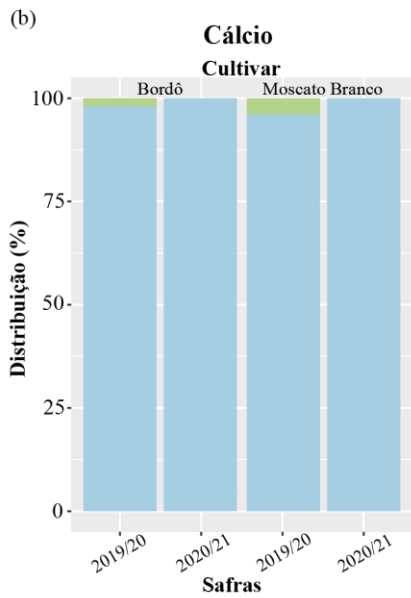
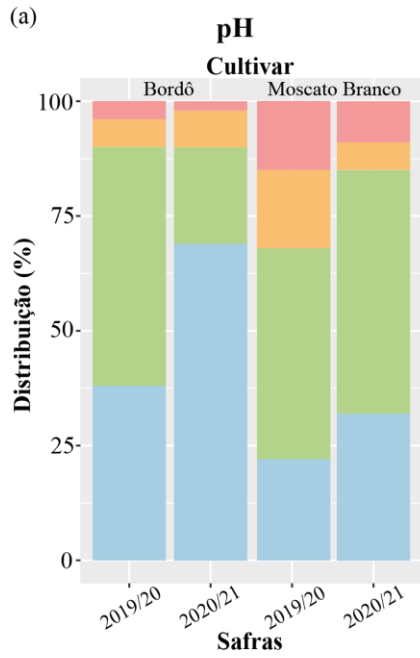


Figura 5. Distribuição percentual do pH em água (a), teores de cálcio (b) e magnésio trocáveis (c), saturação por bases (d) e saturação por alumínio (e) dos solos de vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscato Branco’ cultivadas nas safras 2020 e 2021, no município de Farroupilha, Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. Classes de pH: Muito baixa ($\leq 5,0$); Baixa (5,1 a 5,4); Média (5,5 a 6,0); Alta ($> 6,0$); Classes de Cálcio trocável: Baixa ($\leq 2,0$); Média (2,1 a 4,0); Alta ($> 4,0$); Classes de Magnésio trocável: Baixa ($\leq 0,5$); Média (0,5 a 1,0); Alta ($> 1,0$); Classes de saturação por bases (V%): Baixa ($\leq 40,0$); Média (40,1 a 60); Alta (60,1 a 80); Muito alta (> 80); Classes de saturação por alumínio (Al %): Muito baixa ($\leq 1,0$); Baixa (1,1 a 10); Média (10,1 a 20); Alta (> 20) (CQFS-RS/SC, 2016).

Os teores de P no solo de vinhedos de ambas as cultivares aumentaram na safra de 2020/21 em relação à safra anterior (Figura 6a). Assim, é possível observar que 98,0 % dos solos cultivados com ‘Bordô’ e ‘Moscato Branco’ apresentaram teores de P na faixa ‘Muito Alto’ (Figura 6a). O incremento do teor de P em solos de vinhedos, entre as safras, pode ser devido às aplicações de fertilizantes fosfatados, sempre sobre a superfície do solo. Além disso, convém relatar que em solos com maiores valores de pH em água (Figura 5a), se espera maior disponibilidade de P. Por outro lado, solos com elevados teores de P podem potencializar o decréscimo da disponibilidade de Zn, caso aconteça a complexação, seguida da precipitação, de P e Zn na solução do solo (Baldi et al., 2018; Brunetto et al., 2019).

Além disso, o diagnóstico da disponibilidade de K nas áreas de Bordô’ e ‘Moscato Branco’ na safra 2020/21 mostra que aproximadamente 65% das áreas se enquadram na classe de disponibilidade ‘Alta’ (Figura 6b). Ademais, percebe-se que houve um aumento nos teores de K trocável no solo da safra 2019/20 para a safra seguinte, o que consequentemente resultou no aumento de vinhedos na classe de disponibilidade de K ‘Muito Alta’ (Figura 6b). O incremento de K entre as safras provavelmente aconteceu por causa de aplicações de fertilizantes potássicos ao solo. Convém destacar que o K é o elemento mais exportado pelos cachos de uva. Por isso, ao longo dos anos, pode ser observado diminuição dos teores de K em solos, especialmente, caso aplicações de fertilizantes potássicos não sejam realizadas adequadamente. Aliado a isso, ainda não é suficientemente conhecido os níveis críticos de K em solos de vinhedos para videiras.

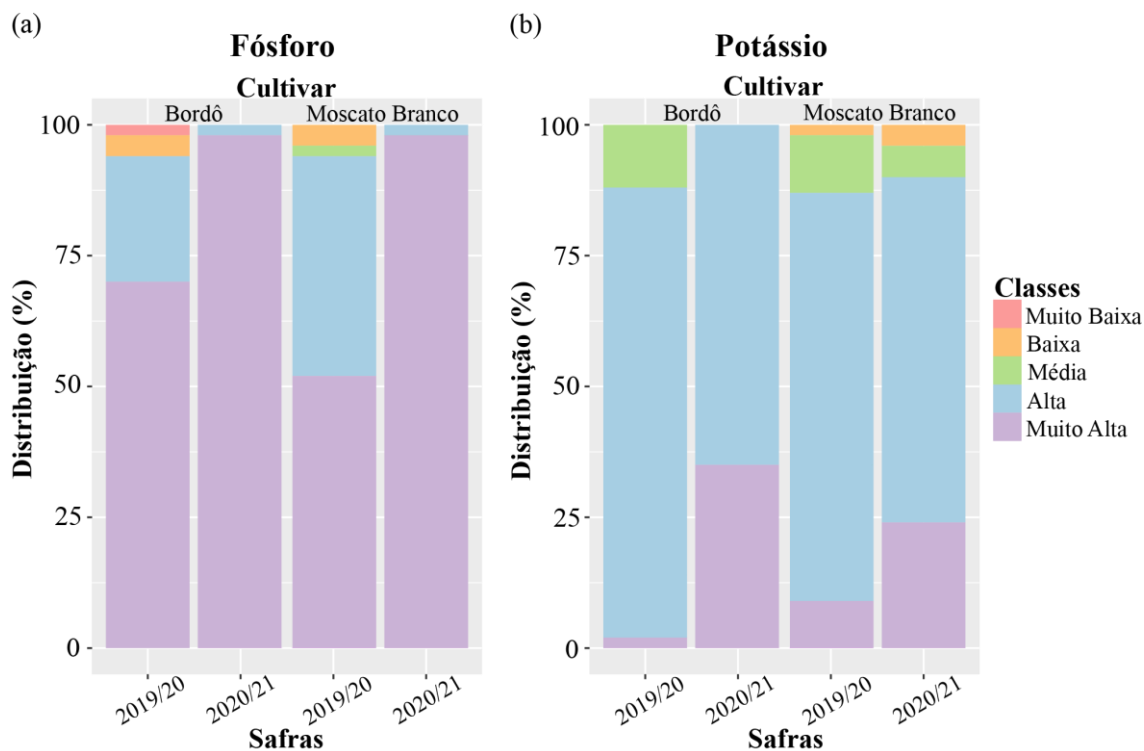


Figura 6. Distribuição percentual dos teores de Fósforo (a) e Potássio (b) disponíveis dos solos de vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’ cultivadas nas safras 2020 e 2021, no município de Farroupilha, Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. Classes de disponibilidade de Fósforo e Potássio: Muito baixa, Baixa, Média, Alta, Muito alta (CQFS-RS/SC, 2016).

De uma safra para a outra, houve um decréscimo nos teores de Cu nos vinhedos cultivados com ‘Bordô’ (Figura 7a). Na safra 2019/20, 60% das áreas apresentavam teores superiores a 80 mg dm^{-3} , enquadrando-se na classe proposta como ‘Muito Alta’ e na safra 2020/21, essa porcentagem reduziu para 49% (Figura 7a). Esta oscilação pode ter acontecido por causa da amostragem de solo realizada entre as safras. De forma semelhante, os vinhedos de ‘Moscatto Branco’ apresentaram maior parte das áreas na classe ‘Muito Alta’ (54%), mas sem alteração nas distribuições percentuais de uma safra para outra (Figura 7a). Os teores de Zn nos vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’ apresentaram em geral teores inferiores a 30 mg dm^{-3} , enquadrando-se na classe proposta como ‘Baixa’. Na safra 2019/20, as distribuições percentuais na classe ‘Baixa’ perfaziam 64,0 e 64,7%, e na safra 2020/21, 85,2 e 62,3%, respectivamente (Figura 7b). Por outro lado, observou-se que na safra 2020/21 houve um aumento das áreas com teores de Zn superiores a 90 mg dm^{-3} , pertencentes a classe ‘Muito Baixa’ (Figura 7b). Isso pode ter acontecido, provavelmente, por causa da aplicação de resíduos orgânicos nos vinhedos,

usados como fonte de nutrientes. Mas também, por causa do aumento de aplicações de fungicidas que possuem Zn na sua composição. Nós destacamos que os elevados teores de Cu em solos de vinhedos, o que também pode ser observado para o Zn, mas em menor magnitude, pode ser atribuído, especialmente, ao longo histórico de aplicações nos vinhedos de fungicidas que contenham esses elementos em sua composição. Mas também, por causa de aplicações de resíduos orgânicos. Elevados teores de Cu e Zn em solos de vinhedos podem potencializar a toxidez em videiras e espécies de plantas de cobertura do solo (Miotto et al., 2014; Tiecher et al., 2016; De Conti et al., 2020). Por isso, sugere-se o monitoramento, especialmente, das características do sistema radicular das plantas, uma vez que, é o órgão que está em contato com os elementos no solo. Assim, em solos com excesso de Cu e Zn, as raízes podem apresentar modificações morfológicas e anatômicas. Caso isso aconteça, poderá acontecer menor absorção de água e nutrientes pelas plantas, afetando negativamente a produção e qualidade da uva e de seus derivados. Mas também, sugere-se observar a parte aérea das videiras e espécies de plantas de cobertura. Isso porque, podem apresentar menor desenvolvimento ou mesmo sintomatologias de toxidez ou deficiência de nutrientes. Além disso, parte do Cu e Zn em solos podem ser transferidos para águas superficiais.

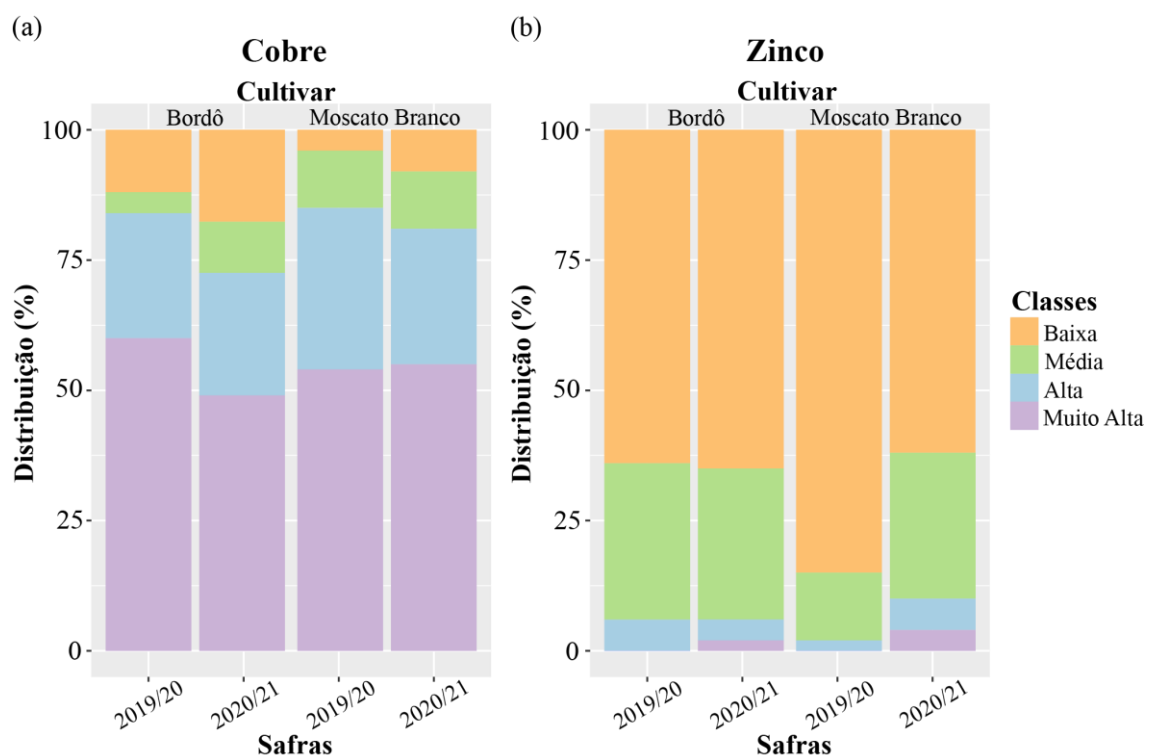


Figura 7. Distribuição percentual dos teores de cobre (a) e zinco (b) disponíveis dos solos de vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’ cultivadas nas safras 2020 e 2021, no município de Farroupilha, Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. Classes de cobre disponível: Baixa ($\leq 20,0$); Média (20,1 a 40,0); Alta (40,1 a 80,0); Muito alta (> 80); Classes de zinco disponível: Baixa ($\leq 30,0$); Média (30,1 a 60,0); Alta (60,1 a 90,0); Muito alta (> 90). (Proposição de classes realizada pelos autores baseadas em trabalhos da literatura regional – Tiecher et al., 2017; De Conti et al., 2019; Marques et al., 2020).

De modo geral, é possível verificar que os níveis críticos de transferência (NCT) de Cu, em todos os vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’, enquadraram-se na classe ‘Abaixo’ nas safras 2019/20 e 2020/21 (Figura 8a). De forma semelhante, os NCT de Zn nas safras 2019/20 e 2020/21 também foram classificados como ‘Abaixo’ (Figura 8b). Por outro lado, na safra 2020/21, 2% dos vinhedos de ‘Bordô’ e 5,7% dos de ‘Moscatto Branco’ foram classificados ‘Acima’ do NCT de Cu (Figura 8a). Já em relação ao limite crítico ambiental de P (LCA-P), foi possível observar comportamento semelhante entre as safras e vinhedos (Figura 8c). Assim, os vinhedos com LCA-P na classe ‘Muito acima’ na safra 2019/20, perfaziam 38,0 e 33,3% das áreas cultivadas com ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’, e na safra 2020/21, 84,3,6 e 83,0%, respectivamente (Figura 8c). Essa mudança de classificação ocorreu devido ao aumento dos teores de P disponível no solo observados na 2020/21 (Figura 6a), provavelmente, por causa de aplicações de fertilizantes fosfatados. Além disso, cabe ressaltar que o percentual de vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’ com LCA-P que se enquadram na classe ‘Abaixo’ na safra 2020/21 foi de apenas 4,0% (Figura 8c), o que representa uma redução significativa em relação à safra 2019/20. Assim, destacamos a necessidade do uso mais racional de fertilizantes e mesmo de fungicidas em vinhedos, para evitar o incremento dos teores de elementos em solos, acima da necessidade da videira, o que pode potencializar a contaminação ambiental.

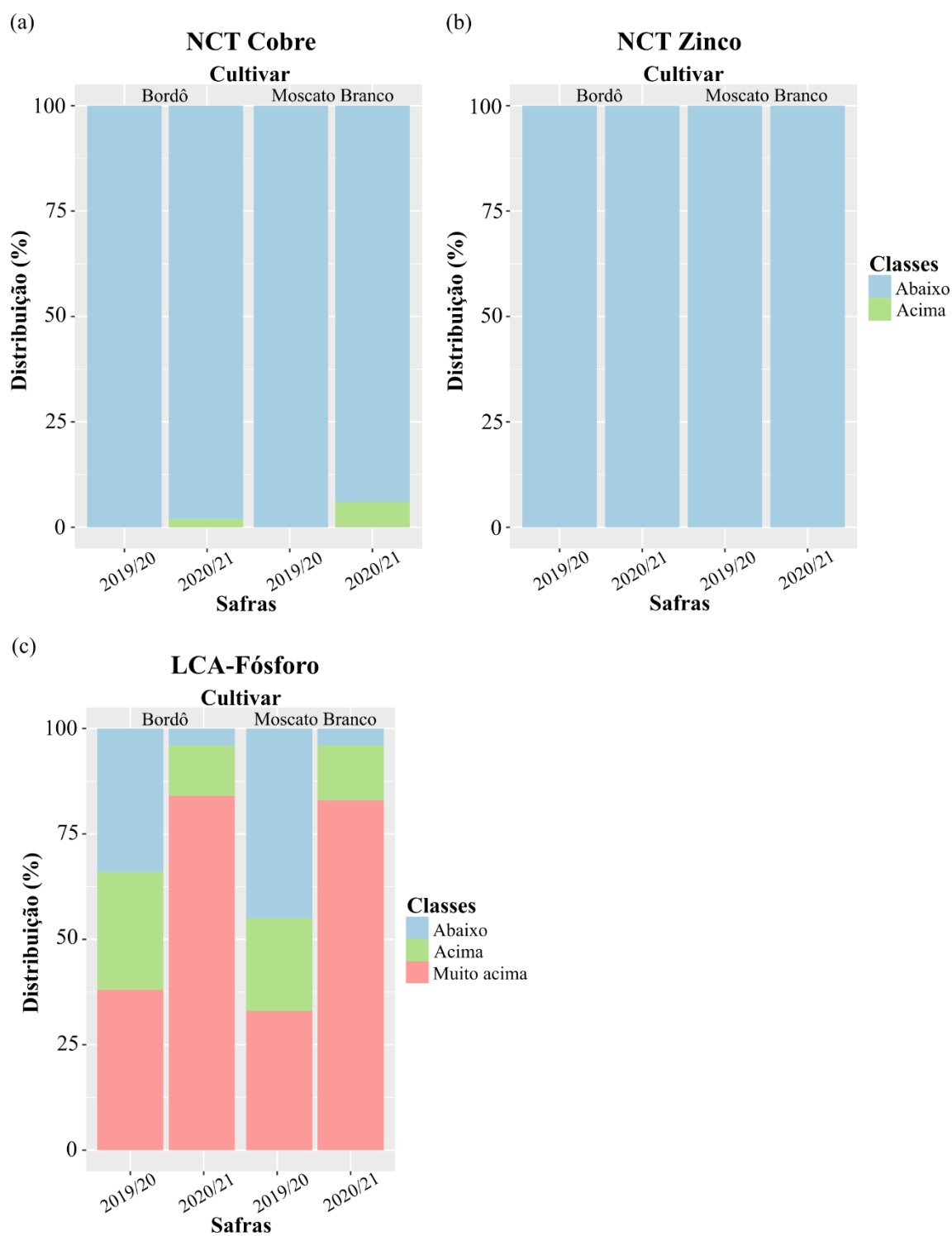


Figura 8. Distribuição percentual dos níveis críticos de transferência (NCT) de cobre (a) e zinco (b), e limite crítico ambiental (LCA) de fósforo (c) dos solos de vinhedos de ‘Bordô’ e ‘Moscato Branco’ cultivadas nas safras 2020 e 2021, no município de Farroupilha, Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. Classes de NCT-Cu e Zn, segundo Moraes et al. (2021): Abaixo; Acima. Classes de LCA-P adaptado de Gatiboni et al. (2020): Abaixo; Acima; Muito acima (mais que o dobro do limite).

5. Níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes em folhas de videiras

Como um dos principais resultados, por meio do método de cálculo CND (Parent & Dafir, 1992), obtivemos níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes em folhas durante o florescimento pleno, específicos para ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’, cultivadas no município de Farroupilha na Serra Gaúcha (Tabela 1). Em geral, os NC e FS de nutrientes em folhas são semelhantes aos existentes na atual recomendação oficial proposta à videira (CQFS-RS/SC, 2016). No entanto, apresentam menor amplitude quando comparadas com as propostas pelo atual sistema de recomendação. Isso porque, os valores de NC e FS apresentados neste boletim foram obtidos a partir de um banco de amostras de ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’ para locais de cultivo específicos. Sendo o NC e a FS mais assertivos para essas cultivares e para região em estudo, no caso, Farroupilha. Somado a isso, verificamos que estes NC e FS nem sempre são iguais entre as cultivares, com destaque para o teor de N e alguns micronutrientes como boro (B), ferro (Fe), Mn e Zn (Tabela 1). Isso pode ser devido a diferenças na exigência nutricional e potencial de produção de cada cultivar de videira.

Os NC de macronutrientes estabelecidos para videiras ‘Bordô’ foram 24; 4,7; 10; 10; 2,1 e 3,5 g kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e enxofre (S), respectivamente (Tabela 1). Já os NC propostos para micronutrientes para videiras ‘Bordô’ foram 58; 11; 167; 166 e 76 mg kg⁻¹ para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente (Tabela 1). Para as videiras ‘Moscatto Branco’, os NC propostos nas folhas de macronutrientes foram 27; 4,0; 12; 11; 2,5 e 5,0 g kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente (Tabela 1). Os NC propostos para micronutrientes para videiras ‘Moscatto Branco’ foram 49; 22; 106; 646 e 158 mg kg⁻¹ para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Proposição de níveis críticos (NC) e faixas de suficiência (FS) de nutrientes em folhas para videiras ‘Bordô’ e ‘Moscatto Branco’, cultivadas em Farroupilha (RS).

Nutrientes	CND ⁽¹⁾		CQFS-RS/SC (2016)
	NC	FS	FS
	Teor de macronutrientes em folhas (g kg ⁻¹)		
	‘Bordô’		
N	24	21 – 26	16 – 24
P	4,7	3,4 – 6,0	1,2 – 4,0
K	10	9 – 11	8 – 16
Ca	10	6 – 13	16 – 24
Mg	2,1	1,4 – 2,8	2,0 – 6,0
S	3,5	2,1 – 4,8	ND
	‘Moscatto Branco’		
N	27	25 – 30	16 – 24
P	4,0	2,5 – 5,6	1,2 – 4,0
K	12	11 – 13	8 – 16
Ca	11	9 – 13	16 – 24
Mg	2,5	2,0 – 2,9	2,0 – 6,0
S	5,0	3,4 – 6,7	ND
	Teor de micronutrientes em folhas (mg kg ⁻¹)		
	‘Bordô’		
B	58	23 – 94	30 – 65
Cu	11	11 – 14	ND
Fe	167	112 – 223	60 – 150
Mn	166	114 – 217	30 – 300
Zn	76	37 – 115	25 – 60
	‘Moscatto Branco’		
B	49	10 – 88	30 – 65
Cu	22	22 – 96	ND
Fe	106	87 – 125	60 – 150
Mn	646	442 – 850	30 – 300
Zn	158	59 – 257	25 – 60

⁽¹⁾ Valores de NC e FS estimados pelo método estatístico de diagnóstico da composição nutricional (CND) em folhas completas coletadas no período do florescimento pleno.

6. Considerações finais

A amostragem de solo e folhas em vinhedos é uma das principais ferramentas para fornecer informações confiáveis para o diagnóstico da fertilidade do solo e estado nutricional de videiras. A partir dessas informações é possível realizar uma interpretação mais consistente e robusta, adequando as recomendações a cada situação.

A partir do diagnóstico da fertilidade do solo dos vinhedos de Farroupilha (RS) foi possível observar que a grande maioria das áreas amostradas está sobre ótimas condições de fertilidade. Entretanto, é importante ressaltar que a probabilidade de resposta da videira diminui a partir dos níveis de suficiência. E também, há uma necessidade de maior monitoramento em relação aos altos teores de fósforo no solo, os quais resultaram em níveis de LCA acima dos preconizados.

A proposição de NC e FS de nutrientes em folhas de videiras em pleno florescimento representa um avanço técnico para a viticultura da região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul, pois direciona para a real definição da necessidade da aplicação de nutrientes em vinhedos. A partir dos resultados apresentados, os viticultores poderão ajustar o manejo da adubação, e assim, aumentar a produtividade em seus vinhedos e reduzir custos de produção, o que consequentemente aumentará a lucratividade possibilitando ganhos para o desenvolvimento econômico e social da região.

Agradecimentos

À Associação Farroupilhense de Produtores de Vinhos, Espumantes, Sucos e Derivados (Afavin) e a Prefeitura de Farroupilha, pelo financiamento. Aos colaboradores do Grupo de pesquisa GEPACES - UFSM pelo apoio nas atividades de campo, laboratório e escritório. Ao Departamento de Solos da UFSM pela estrutura. Ao Programa de Pós Graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPAS) da UERGS, aos Programas de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) da UFSM e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (PGA) da UFSC pelo apoio. À UNESP, Campus Registro (SP) pelo apoio. À FAPERGS (processo: 21/2551-0002232-9), CNPq, CAPES, Agência de Inovação e transferência de tecnologia da UFSM– AGITTEC e FIT-Emprende (UFSM), pelo apoio financeiro.

Referências

ALVES, M.E.B., ZANUS, M.C., TONIETTO, J. **Condições meteorológicas e sua influência na safra vitícola de 2019 em regiões produtoras de vinhos finos do Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2019.

BALDI, E., MIOTTO, A., TOSELLI, M.; CERETTA, C.A.E., BRUNETTO, G. Increasing phosphorus concentration in soil as a possible strategy to overcome Cu excess toxicity symptoms. **Acta Horticulturae**, 1228, 421-426, 2018.

BRUNETTO G., BENEDET L., AMBROSINI, V.G., COMIN, J.J., MELO G.W.B., SANTOS M.A., LOURENZI C.R., LOSS A., BELLI FILHO P., SCHMITT D.E., COUTO R. 2018. Copper and zinc fractions in the profile of an Inceptisol cultivated with apple in southern Brazil. **Bragantia**, 77, 333-347.

BRUNETTO, G., ROSA, D.J., AMBROSINI, V.G., HEINZEN, J., FERREIRA, P.A., CERETTA, C.A., TIECHER, T.L. Use of phosphorus fertilization and mycorrhization as strategies for reducing copper toxicity in young grapevines. **Scientia Horticulturae**, 248, 176-183, 2019.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33, 144-149, 2011.

CASSOL, C. J., PLETSCH, A. L., JÚNIOR, I. L. C., BOCARDI, J. M. B., ALOVISI, A. M. T., FRONZA, F. L. Natural contents of metals in soils from basaltic origins in western Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 15(2), 1-7, 2020.

COUTO, R. R., LAZZARI, C. J. R., TRAPP, T., DE CONTI, L., COMIN, J. J., MARTINS, S. R., BELLI FILHO, P., BRUNETTO, G. Accumulation of copper and zinc fractions in soil following the application of pig slurry for three to thirty years in a microwatershed of southern Brazil. **Archives of Agronomy and Soil Science**. 62, 593–616, 2015.

DE CONTI, L., CESCO, S., MIMMO, T., PII, Y., VALENTINUZZI, F., MELO, G. W., CERETTA, C. A., TRENTIN, E., MARQUES, A.C.R., BRUNETTO, G. Iron fertilization to enhance tolerance mechanisms to copper toxicity of ryegrass plants used as cover crop in vineyards. **Chemosphere**, 243, 1-12, 2020.

DE CONTI, L., CERETTA, C. A., MELO, G. W., TIECHER, T. L., SILVA, L. O., GARLET, L. P., BRUNETTO, G. Intercropping of young grapevines with native grasses for phytoremediation of Cu-contaminated soils. **Chemosphere**, 216, 147-156, 2019.

GATIBONI, L. C., NICOLOSO, R.D.S., MUMBACH, G.L., SOUZA JUNIOR, A.A.D., DALL'ORSOLETTA, D.J., SCHMITT, D.E., SMYTH, T.J. Establishing environmental soil phosphorus thresholds to decrease the risk of losses to water in soils from Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 44, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acessado em 10 de fevereiro de 2022.

KREUZ, C.L., SOUZA, A., SCHUCK, Ê., PETRI, J.L. Avaliação econômica de alternativas de investimento no agronegócio da uva no meio oeste catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 27(2), 230-237, 2005.

MARQUES, A.C.R., TIECHER, T.L., DE CONTI, L., SILVA, I.C.B., TRENTIN, E., MARCHEZAN, C., MIOTTO, A., GIROTTI, E., FERREIRA, P.A.A., LOURENZI, C.R., MELO, G.W.B., CERRETA, C.A., BRUNETTO, G. **Contaminação de solos em vinhedos e pomares: Valores de referência no solo e em plantas e estratégias de mitigação**. In: BRUNETTO, G. et al. Atualização sobre calagem e adubação em frutíferas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NRS-SBCS), 2020. p. 261-276.

MIOTTO, A., CERETTA, C.A., BRUNETTO, G., NICOLOSO, F. T., GIROTTI, E., FARIAS, J.G., TIECHER, T. L., DE CONTI, L., TRENTIN, G. Copper uptake, accumulation and physiological changes in adult grapevines in response to excess copper in soil. **Plant and soil**, 374, 593-610, 2014.

MONTEIRO, J. E. B. A.; TONIETTO, J.; TAFFAREL, J. C.; ZANUS, M. C. **Condições meteorológicas e sua influência na vindima de 2012 nas regiões vitivinícolas sul brasileiras**. Comunicado Técnico 122, Embrapa Uva e Vinho: Bento Gonçalves, 2012.

MORAIS, G.P.; BRUNETTO, G.; FERREIRA, G.W.; DALL'ORSOLETTA, D. J.; TRAPP, T.; MARCHEZAN, C.; LOURENZI, C.R.; LOSS, A.; COMIN, J.J. **Limites de transferência de cobre e zinco para a solução em solos**. UFSC. 2021.20p.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A Theoretical Concept of Compositional Nutrient Diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, [s. l.], v. 117, n. 2, p. 239–242, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/JASHS.117.2.239>

PARENT, L.E., GAGNÉ, G. **Guia de referência em fertilização**. 2ª edição. Québec. Canadá: CRAAQ, 2010, 473p.

ROZANE, D. E., BRUNETTO, G., MELO, G. W. B., NATALE, W., PARENT, S. E., SANTOS, E. M. H., ZALAMENA, J., PARENT, L. E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional – CND. In: MELO, G.W. B., ZALAMENA, J., BRUNETTO, G., CERETTA, C. A. **Calagem, Adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016. 45-60p.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11ª ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC, 2016. 376 p.

TIECHER, T. L., TIECHER, T., CERETTA, C. A., FERREIRA, P. A., NICOLOSO, F. T., SORIANI, H. H., BRUNETTO, G. Tolerance and translocation of heavy metals in young grapevine (*Vitis vinifera*) grown in sandy acidic soil with interaction of high doses of copper and zinc. **Scientia Horticulturae**, 222, 203-212, 2017. Doi: 10.1016/j.scienta.2017.05.026

TIECHER, T.L., TIECHER, T., CERETTA, C.A., FERREIRA, P.A.A., NICOLOSO, F.T., SORIANI, H.H., TASSINARI, A., PARANHOS, J.T., DE CONTI, L., BRUNETTO, G. Physiological and nutritional status of black oat (*Avena strigosa* Schreb.) grown in soil with interaction of high doses of copper and zinc. **Plant Physiology. Biochemistry**, 106, 253–263, 2016.

TRENTIN, E. FACCO, D.B., HAMMERSCHMITT, R.K.; FERREIRA, P.A.A., MORSCH, L., BELLES, S. W., RICACHENEVSKY, F.K., NICOLOSO, F.T., CERETTA, C.A., TIECHER, T.L., TAROUCO, C.P., BERGHETTI, A.L.P., TOSELLI, M., BRUNETTO, G. Potential of vermicompost and limestone in reducing copper toxicity in young grapevines grown in Cu-contaminated vineyard soil. **Chemosphere**, 216, 1-10, 2019.