




C A P Í T U L O 6

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS SOLOS EM VINHEDOS DAS REGIÕES DE ALTITUDE DE SANTA CATARINA

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.000000000000>

Denilson Dortzbach

Pesquisador

Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina
Florianópolis, SC

Marcos Gervasio Pereira

Professor Titular

Departamento de Solos
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica, RJ

Renato Sinquini de Souza

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica, RJ

Erico Albuquerque dos Santos

Doutor em Agroecossistemas.

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS

Luana Moreira Florisbal

Professora Associada do Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC

Arcângelo Loss

Professor Associado do Departamento de Engenharia Rural
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC

INTRODUÇÃO

O cultivo com uvas viníferas (*Vitis vinifera*) em regiões de altitude do estado de Santa Catarina ainda é considerado recente, sendo observado que os primeiros experimentos nessa região ocorreram na década de 1990, com implantação dos primeiros vinhedos comerciais no ano de 2000 (Cordeiro, 2006). Com o passar do tempo, despertou-se o interesse de parte do setor agrícola para produção de vinhos finos nessas regiões. Esse cultivo ocorre, predominantemente, em pequenas e médias propriedades vitícolas, onde os vinhedos são estabelecidos em áreas declivosas, em solos pouco profundos, distróficos e pedregosos (Dortzbach, 2016; Santos *et al.*, 2023, 2024).

As uvas produzidas apresentam características próprias e distintas das demais regiões produtoras do Brasil, pois nessas regiões o verão é mais ameno, assim, o ciclo vegetativo da videira é maior e com maturação fenológica completa, o que permite a elaboração de vinhos de alta qualidade (Borghезan *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2019).

Nessas regiões de altitude, os vinhos elaborados, apesar do jovem histórico de produção (~25 anos), vêm alcançando posição de destaque no cenário nacional e internacional pela sua alta qualidade. Entretanto, a competitividade do setor tem desafiado os produtores a estabelecerem estratégias, que observem de forma mais eficiente os seus recursos e desse modo absorvam uma parcela distinta do mercado consumidor de vinhos, mantendo a sustentabilidade competitiva em longo prazo (Tonietto; Falcade, 2003; Santos *et al.*, 2019)

No mercado mundial, os países que desfrutam de maior prestígio são aqueles que se preocupam com a produção de vinhos de melhor qualidade, regionalmente, e consolidados com reconhecimento, como indicações geográficas (IGs), amparadas por legislações específicas (Llopis, 1997; Santos *et al.*, 2019). Os vinhos possuem características organolépticas e sua qualidade e tipicidade são fortemente definidas pelos fatores naturais de produção que são a expressão dos fatores naturais, tais como geográficos (rocha, relevo, solo, vegetação), climáticos (temperatura, precipitação, radiação solar), e pelos fatores humanos (saber-fazer) peculiares de cada região (Tonietto, 2001; Dortzbach *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2024). Esses fatores, quando analisados em conjunto definem o *terroir* de uma região.

Dessa forma, vinhos de diferentes regiões, elaborados com a mesma tecnologia, resultam em produtos diferenciados, com características próprias. Assim, a IG identifica que alguns produtos de determinados lugares apresentavam qualidades particulares, atribuíveis à sua origem geográfica, sendo denominados com o nome geográfico que indica sua procedência, constituindo numa das formas especiais de proteção aos produtos, como aconteceu com os vinhos de altitude, que foram reconhecidos em 2021 com a Indicação de Procedência Vinhos de Altitude de Santa Catarina

(INPI, 2021). A implantação de uma IG é uma possibilidade para a cultura da videira, pois representa uma das formas especiais de proteção aos produtos, que visam, principalmente, destacar seus aspectos distintivos, como a identificação de recursos edafoclimáticos diferenciados, capazes de gerar vantagens competitivas (Pandolfo; Vianna, 2020).

A caracterização dos ecossistemas através dos fatores ambientais com influência significativa na produção da uva e do vinho é um dos componentes necessários à diferenciação dos produtos. Nesse sentido, um dos aspectos de grande importância a ser considerado é a caracterização dos solos onde são produzidas as uvas e, posteriormente, os vinhos. Porém, no tocante a esse aspecto os resultados experimentais ainda são escassos, consequência do recente histórico de ocupação das áreas e produção. Segundo Miele *et al.* (2010) e Santos *et al.* (2019), ainda existem poucos estudos no Brasil que integrem regiões, variedades e vinícolas, fundamentais para delimitação de IGs e caracterização de seu *terroir*.

Quanto maior a variação dos fatores de formação do solo, principalmente do material de origem, clima e do relevo, maior será a heterogeneidade dos solos em uma determinada área (Ross; Moroz, 1997). Além disso, nos solos cultivados adiciona-se a essa heterogeneidade, o efeito antrópico como fonte adicional de variação. Assim, os solos variam continuamente no espaço, sendo a determinação das propriedades químicas e físicas do solo fatores básicos na condução de parreirais e planejamento da produção, cujo intuito é potencializar a qualidade na produção da uva e estabelecer tipicidade dos produtos.

De acordo com a gênese dos solos da região da Indicação de Procedência Vinhos de Altitude de Santa Catarina, destaca-se a influência pelos fatores material de origem, clima e relevo, que refletiram em solos com elevados teores de argila, baixa soma e saturação por bases, elevados teores de alumínio e de carbono. A maior parte dos solos da região pertence à classe dos Cambissolos (63%). Entretanto, ocorrem Nitossolos (29%) e Latossolos (5%), que indicam a influência do relevo e clima na expressão de processos pedogenéticos. Além de Neossolos Litólicos (3%) em áreas com relevo forte-ondulado (Dortzbach, 2016).

Devido à escassez de estudos na região, as recomendações para a cultura da videira são baseadas muitas vezes em informações de literatura e de outras fruteiras. Isso gera indefinições, inclusive sobre quais nutrientes haveria maior probabilidade de resposta à adubação (Dal Bó, 1992). A aplicação balanceada de nutrientes, baseadas em análises químicas do solo e de tecido está entre as inúmeras práticas culturais que objetivam aumentar a produtividade e a qualidade da uva (Tecchio *et al.*, 2006).

A importância dos atributos do solo no cultivo de uva para produção de vinho é reconhecida pela maioria dos produtores, mas é geralmente tratada como um fator secundário quando comparado ao clima e ao manejo da copa (Santos, 2006). O fornecimento de nutrientes na quantidade adequada, e a adoção de práticas adaptadas de manejo do solo contribuem para elevar o rendimento e a qualidade de uvas para vinificação. De acordo com Fráguas *et al.* (2002), os vinhedos brasileiros poderiam produzir frutos com maior qualidade caso fossem adubados adequadamente, e caso esta adubação seja focada na qualidade do vinho que se deseja e não pelos níveis de produção (Fogaça, 2005).

Os melhores solos para o cultivo da videira são os que possuem textura média, com baixos ou médios teores de matéria orgânica. Não devem apresentar problemas que afetem o desenvolvimento da videira, como alumínio trocável e salinidade. Entretanto, em solos muito férteis também não é ideal o cultivo da videira, pois propiciam excesso de vigor vegetativo, o que é desfavorável à qualidade da uva e, conseqüentemente, do suco e do vinho. Vinhedos destinados à produção de uva de mesa em geral são instalados em solos mais férteis que aqueles destinados à elaboração de vinho (Embrapa, 2008).

Os atributos físicos e químicos dos solos influenciam no comportamento da videira, sendo que profundidade, estrutura e textura são os atributos físicos mais importantes. Por outro lado, a reação do solo (pH) e a disponibilidade de nutrientes são os atributos químicos de maior relevância para a cultura (Melo, 2003). A estrutura física do solo, o regime hídrico, o material de origem, a composição química, o pH, a profundidade e outros fatores edáficos interferem no desenvolvimento da videira e na composição da uva (Fregoni, 2005; Santos *et al.*, 2019).

Os maiores rendimentos são obtidos em solos profundos e férteis, mas as uvas de maior qualidade são obtidas em solos menos profundos e com uma menor fertilidade natural. O sistema radicular das videiras raramente excede 1,20 m e 90% das raízes ocorrem comumente nos primeiros 60 cm de profundidade. A maior parte das raízes responsáveis pela nutrição está entre 20 e 60 cm de profundidade. Um mínimo de 30-40 cm do solo permeável e sem camadas obstrutivas é necessário para o crescimento ótimo da videira (Dortzbach, 2016; Santos *et al.*, 2019, 2024).

Nesse sentido, a hipótese estabelecida no presente estudo foi que a avaliação de atributos do solo em vinhedos de uma determinada região, contribui para a identificação de propriedades vitícolas com características específicas, que podem refletir na tipicidade do vinho nelas produzido, subsidiando uma IG. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar os atributos físicos e químicos de vinhedos de altitude localizados no estado de Santa Catarina, distinguindo propriedades que apresentem similaridades quanto a esses atributos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

As propriedades vitícolas estão situadas em regiões de altitude no Meio Oeste (1 a 15) e na Serra Catarinense (16 a 20), localizadas entre as altitudes 829 e 1.007 m (propriedades 1 a 17) e 1.243 a 1.425 m (propriedades 16 a 20) (Tabela 1). Maiores informações das propriedades vitícolas podem ser consultadas em Dortzbach (2016) e Santos *et al.* (2024). O tipo climático predominante é o 3A, clima Cfb, ou seja, clima temperado constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco (temperatura média do mês mais quente < 22 °C (Braga; Ghellere, 1999), com exceção da propriedade 14, que está localizada numa altitude de 698 m e tipo climático 2C (Cfa, ou seja, clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente com temperatura média do mês mais quente > 22 °C), e, portanto, não se enquadra na denominação de região de altitude, conforme Pandolfo e Vianna (2020).

O tamanho das áreas dos vinhedos varia de 0,50 a 9,20 ha na região do Meio Oeste, sendo que destas, 8 propriedades possuem áreas inferiores a 2,0 ha. Já na área da Serra Catarinense verificam-se áreas maiores, com vinhedos variando de 5,4 a 26,3 ha (Tabela 1).

O número de setores é variável, sendo de 1 a 20 no Meio Oeste e de 10 a 39 na Serra Catarinense. Os setores refletem as diferentes variedades que estão sendo produzidas, que por sua vez possuem necessidades nutricionais diferenciadas, distintas épocas de colheita e demais tratamentos culturais com datas variadas, o que tende a remeter a distintas datas de adubação e tratamentos fitossanitários. Apesar de pequenas, observa-se que em muitas propriedades ocorreu ampliação das áreas produzidas nos últimos anos. Na Serra Catarinense, mais especificamente no município de São Joaquim, todas as propriedades (15 a 20) estão localizadas em áreas declivosas e solos rasos (Neossolos e Cambissolos), o que requer especial atenção para o manejo devido à maior suscetibilidade à erosão.

Tabela 1. Propriedades vitícolas do Meio Oeste e Serra Catarinense com sua altitude média (AM), tipo climático (TC), área plantada total em hectares (AP), setores (ST), variedades (VR), área plantada por variedade (AV), ano de implantação (AI) e espaçamento entre plantas em metros (EP)

Propri.	AM	TC	AP	ST	VR	ÁV	AI	EP
1	934	3A	7,3	17	SB	1,3	2010	1,0x3,0
					SB	0,7	2009	1,0x3,0
					SB	0,2	2006	1,0x3,0
					CD	0,5	2010	1,0x3,0
					CD	0,6	2008	1,0x3,0
					ML	0,9	2008	1,0x3,0

					ML	0,3	2009	1,0x3,0
					PN	0,4	2008	1,0x3,0
					CS	1,4	2007	1,0x3,0
					OT	0,9	2009	1,0x3,0
2	901	3A	2,4	5	CS	0,5	2010	1,0x3,5
					ML	0,1	2010	1,0x3,5
					CD	0,5	2005	1,0x3,5
					SB	0,8	2010	1,0x3,5
					OT	0,5	2010	1,0x3,5
3	829	3A	1,4	5	CS	0,1	2005	2,0X3,0
					OT	1,3	2005	2,0X3,0
					OT	7,9	2005	1,2X3,0
4	972	3A	2,2	16	CS	0,4	2003	1,7X3,2
					OT	0,8	2006	1,2X3,0
					OT	1,0	2003	1,7X3,2
5	863	3A	1,0	2	CS	0,5	2007	1,5X3,1
					ML	0,5	2007	1,5X3,1
6	912	3A	4,0	10	CS	1,4	2003	1,8X3,2
					CS	0,6	2005	1,5X2,8
					ML	1,0	2005	1,5X2,8
					OT	0,2	2005	1,5X2,8
					SB	0,3	2005	2,0X3,0
					CD	0,5	2005	1,5X3,0
7	970	3A	1,3	3	CS	1,0	2003	1,7X3,0
					OT	0,3	2011	2,0X3,0
8	885	3A	1,1	2	ML	0,3	2007	1,3X3,0
					CS	0,8	2007	1,5X3,0
9	848	3A	1,0	2	CS	0,5	2008	1,5X3,0
					ML	0,5	2008	1,5X3,0
10	899	3A	1,9	1	CS	1,9	2005	2,0X3,2
11	926	3A	0,6	1	ML	0,6	2012	1,5X3,0
12	969	3A	4,8	6	CD	0,4	2006	2,0X2,7
					SB	1,4	2006	2,0X2,7
					OT	2,1	2012	2,0X3,0
13	1.007	3A	9,2	20	CD	1,2	2010	1,3X2,8
					CS	3,1	2004	1,3X2,8
					CS	1,4	2005	1,3X2,8

					ML	0,7	2004	1,3X2,8
					ML	0,9	2005	1,3X2,8
					SB	0,4	2005	1,3X2,8
					OT	0,8	2005	0,8X2,8
14	698	2C	0,5	1	CS	0,5	2005	1,5X3,0
15	849	3A	2,1	4	CS	2,1	2000	1,6X3,0
16	1.301	3A	11,6	10	SB	0,9	2009	1,0X2,5
17	1.263	3A	5,6	18	SB	0,6	2005	1,3X2,9
18	1.243	3A	26,3	39	SB	0,5	2004	1,2X3,0
19	1.425	3A	5,4	11	SB	0,8	2012	1,2X3,0
20a	1.332	3A	12,8	21	CD	1,4	2011	1,0X3,0
20b	1.253	3A	12,8	21	MO	0,8	2012	1,5X3,0

CS= Cabernet Sauvignon; CD= Chardonnay; ML= Merlot; MO= Montepulciano;
OT= Outras variedades; SB= Sauvignon Blanc. A propriedade 20 tem uma parte dos vinhedos sob material de origem dacito (20a) e outra sob basalto (20b).

A maior parte dos pequenos produtores da região do Meio Oeste não possuem matéria-prima suficiente (uvas), para produção do seu próprio vinho. Dessa forma, muitos levam seus produtos para cooperativas, que procedem à vinificação. As variedades de uvas, vindas de diferentes produtores, podem contribuir para a perda de tipicidade do produto de um ano para o outro. Já os produtores da Serra Catarinense, a maior parte faz seu próprio vinho na vinícola, que possuem estrutura para a vinificação.

Para a avaliação da fertilidade do solo, nas linhas dos vinhedos, foi coletada uma amostra composta, formada a partir de cinco amostras simples deformadas, nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm nas propriedades de 1 a 15 e na profundidade de 0 a 20 cm nas propriedades de 16 a 20, utilizando-se um trado holandês. As amostras foram coletadas em cada uma das propriedades vitícolas avaliadas nos municípios de Cerro Negro, Tangará, Videira, Campos Novos e Campo Belo do Sul na região do Meio Oeste e São Joaquim na região da Serra Catarinense (Figura 1). Quanto aos nutrientes caracterizados, considerando as condições da viticultura catarinense, foram avaliados os que merecem maior atenção, sendo selecionados pela sua baixa disponibilidade nesses solos ou por serem os mais exigidos pela videira.

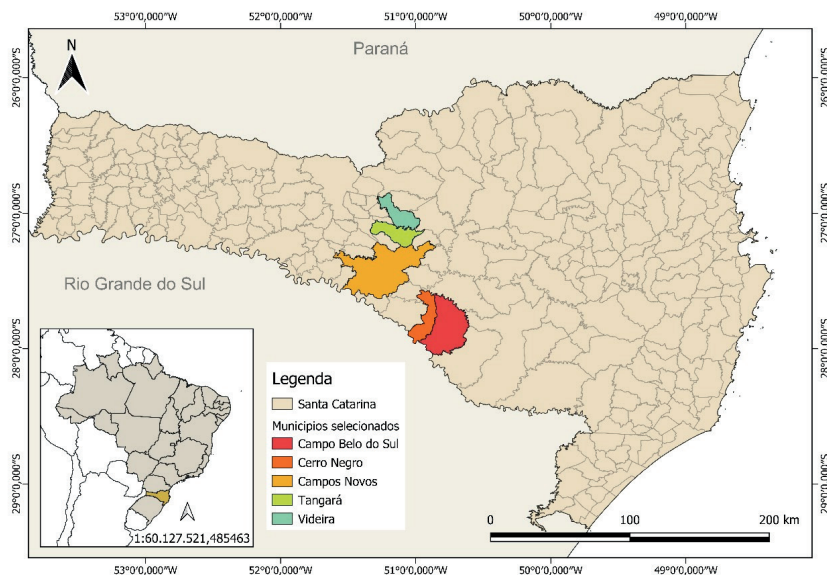


Figura 1. Localização dos municípios onde foram coletadas as amostras de solo para avaliação da fertilidade. Fonte: elaborado por Erico Albuquerque dos Santos.

Foram avaliados os valores de pH, os teores de P, K, carbono orgânico total (COT), Al, capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, os teores de Zn e Cu, segundo Embrapa (1997) e Tedesco *et al.* (1995). Após a coleta, as amostras foram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos, sendo, em seguida, transportadas para o laboratório, secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Neste material foram realizadas as análises químicas e físicas.

Também foram coletadas amostras indeformadas, utilizando-se anéis volumétricos de aço inox com 5 cm de altura e 7 cm de diâmetro interno, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, para avaliação dos atributos físicos, sendo cinco repetições por profundidade em cada propriedade avaliada. Essa coleta foi feita apenas nas propriedades do Meio Oeste (Tabela 1). Foi determinada a granulometria (areia fina, areia grossa, silte e argila), a densidade do solo (D_s), resistência à penetração (R_p), com umidade equilibrada na tensão de 600 kPa, porosidade total (P_t), macroporosidade (M_p) e microporosidade (m_p), realizadas de acordo com o método descrito em Veiga (2011) que, por sua vez, adaptou os métodos descritos em Embrapa (1997) para as condições de análise de rotina.

Os atributos avaliados em todas as propriedades foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), que é uma técnica estatística que permite reduzir a dimensionalidade dos dados mantendo a maior parte da variância original. Foram realizadas duas ACPs, sendo uma somente com os dados das propriedades do Meio Oeste (propriedades de 1 a 15), que têm amostras em diferentes profundidades, e outra ACP com todos os dados (propriedades de 1 a 20), com amostras na profundidade de 0 a 20 cm. A ACP foi utilizada para identificar padrões nos dados e reduzir o número de variáveis, transformando-as em um conjunto menor de componentes principais. Esses componentes representam combinações lineares dos atributos originais e são selecionados de forma a maximizar a variação explicada. A similaridade entre as propriedades vitícolas foi então avaliada com base nesses componentes. Todas as análises foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos químicos

Na avaliação dos atributos químicos das propriedades do Meio Oeste, entre os produtores da região observa-se valores de pH do solo dentro do considerado adequado para a cultura da videira, sendo que, em grande parte das camadas avaliadas, esses valores foram superiores a 5,5, alcançando valores de 7,2 na camada superficial da propriedade 5 (Tabela 2). A propriedade 8 foi a que apresentou os menores valores de pH, inclusive na camada superficial, necessitando desta forma, de realização de calagem para aumentar o pH e melhorar os índices de produção.

Para o pH das propriedades localizadas na Serra Catarinense, verificaram-se valores variando de 4,80 a 5,40 na camada superficial, sendo menores que os valores observados nas propriedades do Meio Oeste. Destaca-se que o menor valor de pH foi observado na propriedade 19, cujo o material de origem do solo é uma rocha ácida (dacito). A importância do pH para a videira está relacionada com a disponibilidade de nutrientes, valores de pH ácido podem indicar a presença excessiva de alumínio e manganês e, conseqüentemente, baixa capacidade de suprimento de nutrientes. Por outro lado, solos com pH alcalino podem apresentar problemas, como disponibilidade de micronutrientes, principalmente zinco, boro e molibdênio (Ronquim, 2020). Esses problemas podem ser mais significativos nos solos das propriedades do Meio Oeste que têm pH acima de 6,5 (Tabela 2).

No intuito de maximizar a disponibilidade de nutrientes, Melo (2003) indica que os valores de pH do solo para a videira devem estar em torno de 6,0, pois, nessas condições, não são verificados níveis tóxicos de alumínio, nem problemas de indisponibilidade de micronutrientes. Entretanto, mesmo com a utilização da prática

da calagem pelos viticultores, observou-se em alguns casos, elevados teores de Al^{+3} , com valor de $5,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na profundidade de 20 a 40 cm na propriedade 14 e $3,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na profundidade de 10 a 20 cm na propriedade 8. Nas propriedades 16 a 20, os valores de Al foram relativamente baixos, variando de 0,10 a $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Isso é decorrente da prática da calagem frequentemente utilizada nessa região, sendo feita aplicação superficial nos vinhedos.

Os solos das regiões do Meio Oeste e da Serra Catarinense apresentam naturalmente baixos valores de fósforo. Entretanto, foram observados valores elevados desse elemento nas três primeiras profundidades da propriedade 3, valores variando de 65 a 88 mg dm^{-3} . Nas propriedades 5, 11, 12, 14 e 15 foram observados valores entre 29 e 52 mg dm^{-3} na profundidade de 0 a 5 cm e nas propriedades 12 e 5 na profundidade de 5 a 10 cm foram quantificados valores de 26 e 24 mg dm^{-3} , respectivamente. Nas propriedades 16 a 20b, os valores de P variaram de 4,30 a $82,00 \text{ mg dm}^{-3}$. Contudo, nas propriedades 15, 16 e 20b, os valores variaram de 15 a 26 mg dm^{-3} (Tabela 2).

Esses maiores valores de P nos vinhedos podem ser atribuídos ao histórico de aplicação de fertilizantes fosfatados durante a implantação, adubação de pré-plantio e de manutenção. Como são valores bem superiores aos comumente encontrados nos solos naturais da região, reforçam a ideia de que as quantidades aplicadas foram acima da demanda das plantas e, por isso, podem potencializar o risco de transferência do elemento via solução escoada na superfície do solo. E isso pode ser ainda mais grave quando os vinhedos estão localizados em regiões de relevo acidentado, como aqueles da Serra Catarinense (propriedades 16 a 20). Por isso, nessas regiões o risco de erosão é elevado, sendo necessário utilizar cobertura de solo, como plantas de cobertura ou mesmo o manejo das plantas espontâneas na entrelinha do vinhedo.

As recomendações de adubação para a viticultura no Brasil são feitas baseadas em dados de análise de solo e resultados experimentais obtidos, na maioria das vezes, em outros países, adaptados às condições locais. A adubação é um dos componentes do custo de produção e exerce grande influência na produtividade e qualidade da uva e consequentemente do vinho produzido (Giovannini *et al.*, 2001). Segundo Tassinari *et al.* (2023), que desenvolveram estudos com recomendação de adubação para videiras cultivadas na região da Campanha Gaúcha do estado do Rio Grande do Sul, a adubação das videiras deve ser feita através da proposição de níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes em solo e folhas, bem como de doses de nutrientes, contribuindo para o aumento e manutenção de elevada produtividade de uva. Dessa forma, destaca-se a importância desse estudo para as regiões produtoras de vinhos de Santa Catarina.

Em contrapartida aos valores excessivos de P, nas propriedades 2 e 8 foram verificados baixos valores, inclusive na camada superficial, não ultrapassando a 6 mg dm^{-3} . Na propriedade 7, na profundidade de 20 a 40 cm, foram observados valores de 2 mg dm^{-3} , assim como nas propriedades 18 e 20, que apresentaram valores de P de 4,30 a $5,10 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 2). Verifica-se a necessidade de realizar a adubação com o fósforo nessas propriedades com teores baixos.

Os teores de potássio na região de estudo, ao contrário do P, apresentam-se normalmente elevados. E esses maiores valores de K podem ser decorrentes do material de origem (dacito). Mesmo sendo elevados, a reposição de K é realizada anualmente nos vinhedos em produção, uma vez que ocorre alta extração pelos frutos, para onde o K é remobilizado durante a maturação das bagas. Entretanto, com as adubações excessivas, os valores de K se tornaram ainda maiores, sendo verificado nas propriedades 9 e 11 valores superiores a 600 mg dm^{-3} na profundidade de 0 a 5 cm, e de 464 e 480 mg dm^{-3} na profundidade de 5 a 10 cm, respectivamente. Na propriedade 4 verificou-se 544 mg dm^{-3} na camada superficial, assim como nas propriedades 1, 14 e 15 que apresentaram valores superiores a 400 mg dm^{-3} . Na Serra Catarinense, os valores de K variaram de 69 a 268 mg dm^{-3} , sendo os maiores valores de K verificados nas propriedades 17 e 19 (Tabela 2).

Assim, observa-se que parte do fertilizante que é aplicado ao solo necessariamente é absorvido e aproveitado pela cultura. Com a adubação, o teor trocável no solo elevou-se acima do recomendado atualmente pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo para a videira (CQFS RS/SC, 2016). Esse excesso de potássio no solo ocasiona a redução da concentração de açúcares nas bagas, aumenta o pH do mosto e, consequentemente, pode resultar em um vinho de qualidade inferior (Mota *et al.*, 2006).

Em trabalho que objetivou avaliar o efeito da adubação potássica sobre o teor de nutrientes no tecido foliar da videira, bem como em alguns componentes do rendimento, em Cabernet Sauvignon, Boonterm, Silapapun e Boonkerd (2010) encontraram aumento do nutriente no tecido quando foram aplicadas maiores doses de adubação potássica, mas isso não se refletiu em aumento do rendimento nas videiras.

O K é um dos macronutrientes mais absorvidos em videiras e, por isso, também um dos mais relacionados com a produtividade. Para a qualidade da uva, a absorção suficiente de K contribui no adequado amadurecimento dos frutos e aumenta a concentração de açúcares e dos constituintes relacionados a cores e aromas (Mpelasoka *et al.*, 2003).

Os valores mais baixos de K foram observados nas quatro profundidades da propriedade 8, valores que variaram de 12 a 28 mg dm^{-3} . Poucas camadas apresentaram valores abaixo de 60 mg dm^{-3} , valor este considerado baixo para

CTC do solo superior a $15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (CQFS RS/SC, 2016). Esses baixos valores foram observados nas propriedades 3, 5 e 6 na profundidade de 20 e 40 cm, como também nas profundidades de 10 a 20 cm das propriedades 3 e 6. Nas propriedades da Serra Catarinense de SC (16 a 20) não foram verificados teores de K abaixo de 60 mg dm^{-3} (Tabela 2). Nas propriedades com baixos teores de K deve-se realizar a adubação com uma fonte de adubo potássico, a exemplo do KCl.

Os valores de carbono orgânico total (COT) são considerados elevados, entretanto na propriedade 10 foram verificados os menores valores nas profundidades de 10 a 20 (19 g kg^{-1}) e 20 a 40 cm (20 g kg^{-1}), enquanto a propriedade 12 apresentou valores abaixo de 30 g kg^{-1} em todas as profundidades avaliadas. Na propriedade 1 foram verificados valores elevados nas três primeiras profundidades, variando de 54 a 56 g kg^{-1} . Nas propriedades 7 e 14 também foram observados valores superiores a 50 g kg^{-1} na camada superficial. Nas propriedades 16 a 20, os valores de COT variaram de $22,62$ a $37,12 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2).

Os valores elevados de COT nas propriedades vitícolas avaliadas indicam certo cuidado com a manutenção da cultura, visto que o COT é fonte de N. Nos solos de vinhedos com elevados valores de COT, a adubação de manutenção com N é recomendada somente quando o crescimento vegetativo estiver abaixo do esperado, conforme a CQFS RS/SC (2016).

O elevado teor de COT do solo associado às condições propícias à sua mineralização, como a ausência de alumínio, o pH favorável e a temperatura relativamente alta na estação do verão, possibilitam maior disponibilidade de N para as plantas. Por outro lado, o excesso de nitrogênio pode prejudicar a floração/frutificação, estimulando a competição entre a atividade vegetativa e a atividade reprodutiva da planta, tornando a planta mais suscetível e predispondo-a ao ataque de doenças fúngicas, e assim prejudicando a qualidade dos frutos. A videira é uma planta rústica e adubações excessivas com N-P-K podem comprometer a qualidade da uva.

Os menores valores de capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, abaixo de $10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foram observados na propriedade 2 em toda extensão do perfil e na propriedade 8, na profundidade de 20 a 40 cm. O maior valor, $20,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foi encontrado na profundidade de 20 a 40 cm, na propriedade 14. Nas propriedades da Serra Catarinense (16 a 20), os valores de CTC variaram de $19,10$ a $23,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 2). A maior parte da CTC do solo apresentou valores superiores a $15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo considerada alta, conforme CQFS RS/SC (2016). Quando se considera apenas a camada de 0-20 cm, os valores de CTC foram superiores nas propriedades 16 a 20 (Serra Catarinense) em comparação as demais propriedades (Meio Oeste) (Tabela 2). Esses maiores valores de CTC nos solos da Serra Catarinense estão relacionados aos elevados valores de Ca e Mg, que estão todos acima de $10,00$ e $4,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (dados não apresentados), devido ao histórico de calagem superficial realizada nesses vinhedos.

Os teores de zinco são bem elevados, superiores a 100 mg dm^{-3} na camada superficial das propriedades 3, 4, 6, 12, 14 e 15 e na profundidade de 5 a 10 cm da propriedade 3. Os menores valores de Cu foram quantificados nas propriedades 5 e 8 e os maiores valores na camada superficial das propriedades 12, 13 e 15 com valores de 333, 340 e 358 mg dm^{-3} , respectivamente. Nas propriedades da Serra Catarinense, os valores de Cu e Zn são muito menores do que os encontrados nas propriedades do Meio Oeste de SC. Verificaram-se valores, na camada de 0 a 20 cm, variando de 1,90 a $11,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e 3,80 a $11,0 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente, para Cu e Zn (Tabela 3). Os menores valores de Cu e Zn nos solos da Serra Catarinense podem ser decorrentes da prática da calagem, que é feita quase todo ano, com aplicação superficial no solo dos vinhedos. Assim, na camada superficial do solo, o pH é maior, o que reduz a disponibilidade de Cu e Zn na solução do solo.

No Meio Oeste, em função do verão úmido e inverno chuvoso, os vinhedos têm maior predisposição ao ataque por doenças fúngicas, o que leva às aplicações sucessivas de calda bordalesa, feita com a mistura de sulfato de cobre e cal, diluídos em água ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$), visando o controle destas doenças. Assim, as pulverizações podem ser responsáveis pelos teores altos de Cu encontrados nos tecidos de videira (Truchot *et al.*, 1979), maiores nas cultivares que recebem maior número de tratamentos (Tonietto *et al.*, 2012). As aplicações frequentes de fungicidas em vinhedos aumentam o teor de Cu e Zn no solo e podem modificar a distribuição das suas frações e aquelas mais lábeis podem potencializar a toxicidade às plantas (Nagajyoti; Lee; Sreekanth, 2010).

Tabela 2. Média dos atributos químicos e carbono nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm no Meio Oeste Catarinense em propriedades vitícolas localizadas sobre rochas do tipo basalto

Prop.	Prof.	pH	P	K	COT	Al	CTC _{pH7}	Zn	Cu
	nº	cm	H ₂ O	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	cmol _c	mg ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
1	0 a 5	5,9	9	455	55	0,0	17,8	97	225
	5 a 10	5,9	7	320	56	0,0	17,2	65	126
	10 a 20	5,7	7	191	54	0,3	16,3	54	134
	20 a 40	5,5	6	99	47	1,1	15,4	45	109
2	0 a 5	6,4	6	204	40	0,0	6,2	89	178
	5 a 10	6,1	6	124	43	0,0	5,7	82	114
	10 a 20	5,8	5	126	42	0,0	4,9	65	154
	20 a 40	4,8	5	74	38	0,0	1,7	54	123
3	0 a 5	5,8	65	236	38	0,0	16,7	140	198
	5 a 10	5,9	78	124	36	0,0	17,7	112	134

	10 a 20	6,3	88	60	34	0,0	16,9	93	114
	20 a 40	6,2	18	36	29	0,0	14,1	74	159
4	0 a 5	6,2	14	544	35	0,0	17,2	145	212
	5 a 10	6,0	13	268	34	0,0	16,2	99	187
	10 a 20	6,3	7	104	32	0,0	15,7	75	124
	20 a 40	6,6	5	76	30	0,0	15,6	64	145
5	0 a 5	7,2	37	392	38	0,0	17,2	87	98
	5 a 10	6,5	24	364	37	0,0	15,8	74	104
	10 a 20	6,2	15	168	35	0,0	14,7	54	112
	20 a 40	5,3	11	48	29	2,2	11,6	54	95
6	0 a 5	5,6	11	308	42	0,0	16,5	112	219
	5 a 10	5,5	6	108	40	0,0	15,9	79	126
	10 a 20	6,0	4	46	35	0,0	14,8	61	134
	20 a 40	5,9	5	32	31	0,0	13,3	54	129
7	0 a 5	5,6	7	388	53	0,0	17,3	93	254
	5 a 10	5,9	8	360	45	0,0	16,7	65	154
	10 a 20	6,3	3	276	36	0,0	12,8	75	154
	20 a 40	6,1	2	124	32	0,0	13,9	65	123
8	0 a 5	5,0	4	28	46	0,5	11,3	77	104
	5 a 10	4,6	3	24	42	3,2	17,4	65	114
	10 a 20	4,5	3	16	35	3,7	15,9	69	98
	20 a 40	4,8	4	12	23	1,5	5,8	56	89
9	0 a 5	5,4	17	600	38	0,3	13,9	78	236
	5 a 10	5,3	16	464	38	0,2	13,5	54	154
	10 a 20	5,4	14	388	37	0,1	13,1	65	113
	20 a 40	5,8	10	256	32	0,0	11,5	50	108
10	0 a 5	6,1	10	320	35	0,0	12,6	97	254
	5 a 10	6,0	8	192	30	0,0	13,0	95	212
	10 a 20	6,6	9	68	19	0,0	10,1	54	169
	20 a 40	6,4	5	100	20	0,0	11,9	59	134
11	0 a 5	6,0	33	616	37	0,0	16,1	89	221
	5 a 10	6,1	18	480	36	0,0	15,3	92	201
	10 a 20	6,3	8	244	30	0,0	14,1	63	185
	20 a 40	6,0	13	360	30	0,0	15,5	59	132
12	0 a 5	5,8	30	394	29	0,0	18,0	108	333
	5 a 10	5,7	26	392	26	0,0	17,2	87	145
	10 a 20	6,0	19	272	22	0,5	17,5	87	102

	20 a 40	5,4	10	254	20	0,0	15,4	45	125
13	0 a 5	6,0	17	319	30	0,1	17,3	91	340
	5 a 10	6,0	16	159	31	0,5	16,4	65	184
	10 a 20	5,8	11	111	28	1,1	15,7	72	145
	20 a 40	5,8	6	72	26	1,4	13,7	70	111
14	0 a 5	6,0	52	448	50	0,0	17,7	189	254
	5 a 10	6,5	11	376	42	0,0	15,3	97	154
	10 a 20	6,2	11	344	37	0,0	14,1	88	165
	20 a 40	4,9	8	208	27	5,2	20,7	65	122
15	0 a 5	5,9	29	400	41	0,0	17,6	174	358
	5 a 10	5,8	14	202	41	0,0	17,1	96	178
	10 a 20	6,0	8	189	38	0,0	14,9	61	145
	20 a 40	6,2	4	74	31	0,0	12,9	44	122

Prop= propriedade; COT= carbono orgânico total; CTC= capacidade de troca catiônica.

Tabela 3. Média dos atributos químicos e carbono nas profundidades de 0 a 20 cm no Meio Oeste Catarinense e na Serra Catarinense, em propriedades vitícolas localizadas sobre rochas do tipo basalto e dacito*

Prop.	pH	P	K	COT	Al	CTC _{pH7}	Zn	Cu
Nº	H ₂ O	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	cmol _c mg ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
1	5,8	8	289,25	54,75	0,15	16,90	67,50	154,75
2	6,0	6	145,00	41,75	0,00	5,43	75,25	150,00
3	6,1	80	120,00	35,50	0,00	17,05	109,50	140,00
4	6,2	10	255,00	33,25	0,00	16,20	98,50	161,75
5	6,5	23	273,00	36,25	0,00	15,60	67,25	106,50
6	5,8	6	127,00	38,00	0,00	15,50	78,25	153,25
7	6,0	5	325,00	42,50	0,00	14,90	77,00	179,00
8	4,7	3	21,00	39,50	2,78	15,13	70,00	103,50
9	5,4	15	460,00	37,50	0,18	13,40	65,50	154,00
10	6,3	9	162,00	25,75	0,00	11,45	75,00	201,00
11	6,2	17	396,00	33,25	0,00	14,90	76,75	198,00
12	5,9	24	332,50	24,75	0,25	17,55	92,25	170,50
13	5,9	14	175,00	29,25	0,70	16,28	75,00	203,50
14	6,2	21	378,00	41,50	0,00	15,30	115,50	184,50
15	5,9	15	245,00	39,50	0,00	16,13	98,00	206,50
16	5,1	15	181,00	25,52	0,10	22,80	11,00	8,40
17	5,5	26	268,00	27,84	0,00	23,40	8,90	8,00

18	5,0	5	94,00	37,12	0,10	20,80	10,00	11,00
19	4,8	82	202,00	24,94	0,30	19,10	21,00	8,10
20a	5,4	4	69,00	31,90	0,10	21,40	3,80	1,90
21b	5,4	19	127,00	22,62	0,00	19,40	6,50	4,20

*Apenas as propriedades 19 e 20a estão sobre o material de origem dacito. As demais propriedades estão sobre basaltos. Prop= propriedade; COT= carbono orgânico total; CTC= capacidade de troca catiônica; 1 a 15= propriedades vitícolas localizadas no Meio Oeste Catarinense; 16 a 20= propriedades vitícolas localizadas na Serra Catarinense.

Na Figura 2 tem-se a distribuição dos atributos químicos e físicos e do conteúdo de COT por meio da ACP realizada em cada profundidade nas diferentes propriedades do Meio Oeste (1 a 15). Os resultados são dispostos nos eixos 1 e 2, que são os componentes que visam explicar os dados em função dos atributos avaliados de modo a captar a maior variabilidade possível de explicação dos dados, e as setas representam os atributos avaliados, indicando a direção do gradiente máximo, e o comprimento da seta indica a proporção que este atributo se correlaciona com os eixos.

Para a profundidade de 0 a 5 cm, os componentes 1 e 2 com 39,56% e 17,08%, respectivamente, explicam um total de 56,64% da variância total. Enquanto as demais profundidades mostraram valores para os eixos 1 e 2 próximos, variando de 30,05 a 31,77% no eixo 1 e 20,23 a 22,12% no eixo 2 (Figura 2). A diferenciação de grupos entre atributos e propriedades em todas as profundidades avaliadas indica que as diferentes práticas de manejo (adubação, calagem, plantas de coberturas) influenciam fortemente nos atributos estudados.

Para a camada mais superficial é possível observar a formação de três grupos que separam atributos e propriedades vitícolas (Figura 2a), com o maior grupo representado pelas propriedades 4, 9, 10, 11, 12 e 13 associadas aos atributos químicos cobre e potássio, sendo um reflexo da adubação excessiva e manejo para controle de doenças fúngicas. Um segundo grupo formado pelas propriedades 1, 5, 6 e 7 indicando alta correlação com o COT, e um terceiro grupo com as propriedades 3, 14 e 15 associadas aos atributos CTC, fósforo e zinco, corroborando com os elevados teores de P e Zn observados nessas vitícolas. A propriedade 8 foi a que mais se distanciou das demais, reflexo dos baixos valores de pH e da falta de adubação desta área, contribuindo para os baixos valores de P e K. Na profundidade de 5 a 10 cm (Figura 2b) também se observa a formação de três grupos e algumas propriedades dispersas, demonstrando uma menor similaridade nessa camada. A propriedade 8, assim como na profundidade mais superficial (Figura 2a) e na seguinte (Figura 2c), se mostrou a mais distante das demais, o que indica a necessidade de maior adubação para adequação com as demais áreas produtoras da região de vinhos de altitude. Na

profundidade de 10 a 20 cm (Figura 2c) observa-se a formação de quatro grupos, onde é possível verificar mais uma vez o agrupamento dos atributos Cu e K, nas profundidades mais superficiais, indicando a forte influência desses elementos até os 20 cm, sendo um reflexo do manejo utilizado nessas propriedades. Destaca-se a separação da propriedade 8 das demais em função dos altos teores de Al que ali foram encontrados (Tabela 2), indicando a necessidade de calagem.

Na profundidade de 20 a 40 cm, novamente observa-se a formação de três grupos. Em todas as profundidades é possível verificar que o COT foi o único atributo capaz de definir grupos distintos dos demais atributos químicos avaliados, indicando que o manejo utilizado nas propriedades está favorecendo a manutenção do carbono que originalmente é alto devido às condições climáticas da região, como as baixas temperaturas que ocorrem no inverno.

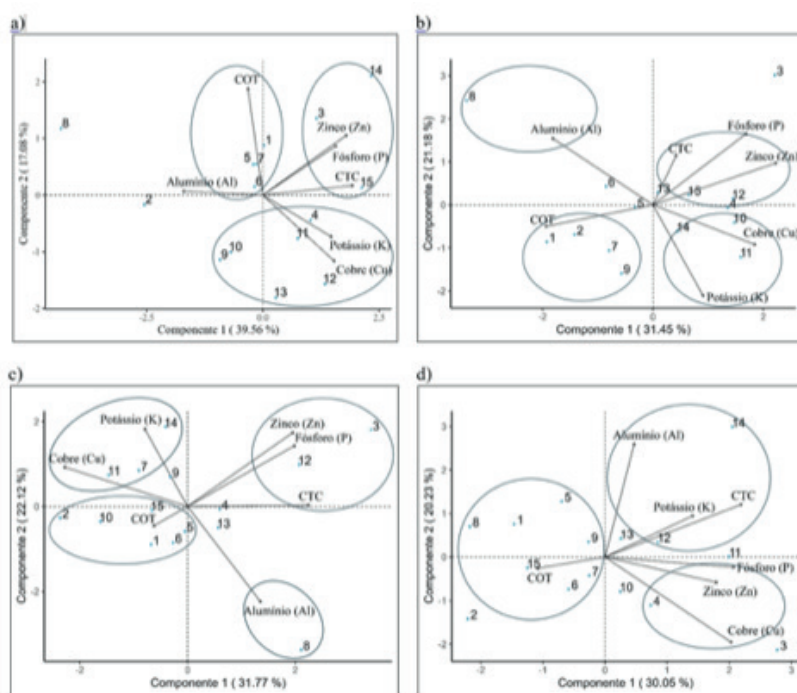


Figura 2. Análise de componente principal dos atributos químicos para as 15 propriedades vitícolas, nas profundidades: a) 0 a 5 cm; b) 5 a 10 cm; c) 10 a 20 cm e d) 20 a 40 cm.

Na Figura 3 tem-se a ACP realizada com todas as propriedades vitícolas na profundidade de 0 a 20 cm. Os atributos químicos analisados permitiram separar as propriedades em três grupos. A propriedade 8 se isola das demais devido aos elevados teores de Al (Tabela 3). É possível verificar um padrão de separação das propriedades vitícolas localizadas na Serra Catarinense (16 a 20) das propriedades vitícolas localizadas no Meio Oeste (1 a 15). Os maiores valores de CTC observados na profundidade de 0 a 20 cm nas propriedades da Serra Catarinense foram responsáveis pela separação dessas propriedades em comparação às propriedades do Meio Oeste, que foram separadas pelos atributos COT, Cu, Zn, K e pH. Os valores de P estão em posição intermediária às propriedades vitícolas da Serra Catarinense e do Meio Oeste, uma vez que os valores desse elemento variaram de 3,33 a 77,00 mg dm⁻³ no Meio Oeste e de 5,10 a 82,00 mg dm⁻³ na Serra Catarinense (Tabela 3).

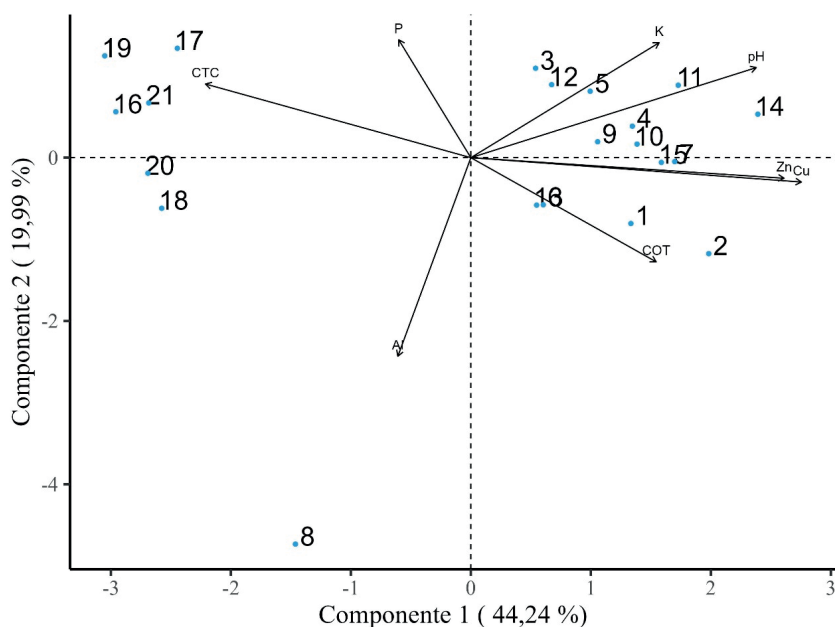


Figura 3. Análise de componente principal dos atributos químicos para as 20 propriedades vitícolas na profundidade de 0 a 20 cm.

As propriedades vitícolas localizadas na Serra Catarinense estão todas localizadas no município de São Joaquim, apresentando altitudes superiores às propriedades localizadas no Meio Oeste. Em média, verificam-se valores de 200 a 300 m de altitude maiores na Serra Catarinense, sendo a que propriedade 19 apresenta mais de 400

m de altitude de diferença entre as demais propriedades (Tabela 1). Essa diferença de altitude resulta também em diferenças nas temperaturas, na disponibilidade térmica e na radiação solar, que são todas mais elevadas nas propriedades de menor altitude. Em contrapartida, os volumes de precipitação pluviométrica são menores no Meio Oeste, quando comparado com a região de maior altitude (Muniz *et al.*, 2015). As baixas temperaturas e a maior quantidade de horas de frio acumulado em São Joaquim resultam no prolongamento do período de maturação das uvas da região em comparação com os municípios da região do Meio Oeste (Muniz *et al.*, 2015). Em consequência desses fatores, tem-se a produção de vinhos diferenciados, assim como tem-se um manejo do solo diferenciado, pois as temperaturas mais baixas ao longo do ano interferem na decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo, com reflexos na CTC e nos atributos químicos do solo.

Atributos físicos

As propriedades vitícolas do Meio Oeste apresentam valores elevados de argila, sendo observados solos com textura muito argilosa (teores de argila acima de 600 g kg⁻¹) para as camadas mais superficiais, nas propriedades 3, 4, 5, 6, 9, 10 e 11 e na profundidade de 20 a 40 cm das propriedades 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 15 (Tabela 4). Os menores valores foram observados na profundidade de 0 a 20 cm das propriedades 2 e 12 com teores de argila variando de 410 e 426 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 4. Média dos teores areia grossa (AG), areia fina (AF) e areia total (AT), silte (St), argila (Ag), densidade do solo (Ds), resistência à penetração (Rp), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mp) e microporosidade (mp), nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em propriedades vitícolas localizadas sobre rochas basálticas do Meio Oeste

Prop.	Prof.	AG	AF	AT	St	Ag	Ds	Rp	Pt	Mp	mp
	cm	-----g kg ⁻¹ -----					Mg cm ⁻³	MPa		----m m ⁻³ ----	
1	0 a 20	59	65	125	406	469	0,87	0,84	0,61	0,28	0,33
1	20 a 40	50	54	105	351	545	0,99	1,44	0,59	0,16	0,42
2	0 a 20	161	80	241	350	410	0,86	0,70	0,65	0,32	0,33
2	20 a 40	106	64	170	400	430	0,98	0,67	0,62	0,29	0,32
3	0 a 20	49	37	84	253	662	0,96	1,34	0,60	0,19	0,42
3	20 a 40	34	28	63	278	658	1,15	1,36	0,50	0,15	0,35
4	0 a 20	21	32	53	300	647	0,92	1,78	0,62	0,29	0,33
4	20 a 40	15	31	46	305	649	1,07	1,76	0,56	0,21	0,35
5	0 a 20	30	28	58	286	656	0,94	1,43	0,60	0,20	0,40
5	20 a 40	16	23	39	303	658	1,08	2,27	0,56	0,16	0,40
6	0 a 20	25	28	53	289	658	0,92	1,45	0,60	0,19	0,40

6	20 a 40	17	24	42	240	718	1,04	1,48	0,57	0,22	0,35
7	0 a 20	75	49	124	326	549	0,94	1,08	0,61	0,24	0,36
7	20 a 40	62	42	103	258	639	1,09	1,50	0,52	0,22	0,30
8	0 a 20	40	46	87	401	512	0,74	0,67	0,65	0,35	0,30
8	20 a 40	20	23	43	319	638	0,90	0,60	0,62	0,27	0,35
9	0 a 20	23	19	41	298	661	0,92	1,26	0,62	0,25	0,37
9	20 a 40	18	16	34	256	710	1,24	2,37	0,54	0,15	0,39
10	0 a 20	39	30	69	309	622	1,17	1,95	0,58	0,11	0,46
10	20 a 40	40	27	66	273	661	1,32	0,98	0,53	0,09	0,44
11	0 a 20	30	31	62	289	649	1,10	1,99	0,49	0,25	0,24
11	20 a 40	28	29	56	290	653	1,31	2,31	0,47	0,20	0,27
12	0 a 20	130	80	211	363	426	1,08	1,85	0,57	0,23	0,34
12	20 a 40	113	71	184	294	521	1,06	1,28	0,61	0,16	0,45
13	0 a 20	126	65	193	337	471	1,07	2,08	0,61	0,26	0,35
13	20 a 40	133	64	198	261	541	1,13	2,36	0,60	0,17	0,42
14	0 a 20	119	72	191	263	545	1,10	1,47	0,53	0,19	0,34
14	20 a 40	129	79	207	218	574	1,13	2,11	0,55	0,19	0,36
15	0 a 20	31	16	49	285	596	1,02	0,89	0,45	0,25	0,20
15	20 a 40	146	55	202	203	666	1,01	1,69	0,62	0,27	0,35

Nas propriedades vitícolas da Serra Catarinense, os solos também apresentam elevados conteúdos de argila, com valores variando de 400 a 650 g kg⁻¹ em todo o perfil do solo. O conteúdo de areia total é menor que 200 g kg⁻¹ (Santos *et al.*, 2023, 2024).

Os maiores teores de argila, verificados nas propriedades vitícolas, resultam em solos com maior superfície específica e densidade de carga elevada. Esses atributos favorecem uma retenção de cátions e adsorção de fósforo, devido à alta reatividade química dessa fração.

De acordo com Mota *et al.* (2006), o predomínio da fração argila nos solos influencia positivamente na produção das uvas. Em solos argilosos são produzidos vinhos com boa coloração (tintos), macios, de boa acidez e com maior tempo de conservação. Já os solos arenosos, são produzidos vinhos finos, porém fracos em extrato seco e albuminas (Fregoni, 2005).

Os maiores valores de densidade do solo (Ds), acima de 1,30 Mg m⁻³, foram observados na profundidade de 20 a 40 cm nas propriedades 10 e 11. Entretanto, os valores na maioria das propriedades foram baixos, não ultrapassando 1,10 Mg m⁻³ (Tabela 4).

Quanto à resistência à penetração (R_p), a região do Meio Oeste de Santa Catarina apresentou valores acima de 2,0 MPa em algumas propriedades. Tais valores encontram-se abaixo do valor crítico (3,0 MPa) definido por Echenique *et al.* (2007) para a cultura da videira. Na propriedade 13 foi observado valor de 2,08 MPa na camada superficial e de 2,36 MPa na camada mais profunda. Valores acima de 2 MPa também foram verificados na profundidade de 20 a 40 cm das propriedades 5, 9, 11 e 14 (Tabela 4).

Quanto à porosidade total (Pt) verificaram-se valores adequados, sendo que valores inferiores a 50% foram observados apenas nas duas camadas da propriedade 11 e na camada superficial da propriedade 15. Para a macroporosidade, os valores são todos acima do mínimo aceitável para uma boa aeração (10%), exceto na propriedade 10 que apresentou apenas 9% de macroporos na profundidade de 20 a 40 cm. A porosidade de aeração de 10% da Pt é considerada um valor limitante para permitir a respiração das raízes das videiras (Lanyon; Cass; Hansen, 2004) e as trocas de oxigênio e dióxido carbono do solo com a atmosfera (Xu; Nieber; Gupta, 1992). Em solos com condição de encharcamento prologando o acúmulo de etileno é a principal causa que inibe o desenvolvimento da videira (Jackson, 1985). Em relação aos microporos, de maneira geral, nas diferentes propriedades verifica-se o predomínio desses poros, com valores variando de 20 a 46% (Tabela 4). Esse padrão se deve ao fato que em solos argilosos a tendência é de predomínio de microporos (Amaro Filho; Assis Júnior; Mota, 2008).

A relação mp/Mp foi superior a 1,0 apenas na profundidade de 0 a 20 cm das propriedades 8, 11 e 15, e a menor relação observada foi de 0,20 na propriedade 10. Esses valores podem não ser interessantes para a videira em função de possíveis problemas de excesso de umidade, considerando as condições climáticas da região em determinadas épocas. Por outro lado, segundo Van Leeuwen *et al.* (2009), a maior quantidade de água disponível no solo aumenta o crescimento das bagas e diminui a concentração de açúcares, afetando a composição do vinho.

Luciano *et al.* (2013) avaliaram os efeitos das condições meteorológicas e do tipo de solo sobre características físico-químicas e compostos fenólicos da uva Cabernet Sauvignon em Cambissolo Háplico e Cambissolo Húmico. Os autores observaram que a disponibilidade de água foi a principal diferença entre os dois solos e, provavelmente, a variável com maior efeito sobre a composição da uva. Outros autores registraram resultados semelhantes (Castellarin *et al.*, 2007; Lebon *et al.*, 2006; Van Leeuwen *et al.*, 2009). Segundo Lebon *et al.* (2006), em solos com maior disponibilidade hídrica ocorre competição entre a parte aérea e os frutos pelos sólidos solúveis, com conseqüente redução do seu teor nas bagas.

Para a ACP da profundidade de 0 a 20 cm (Figura 4a), a componente 1 explica 44,33% da variância total e a componente 2, 25,32%. Juntas elas explicam 51% da variância nos dados originais, enquanto na profundidade de 20 a 40 cm (Figura 4b), as componentes 1 e 2 explicam um total de 64,27% da variância. Para ambas as profundidades é possível observar a formação de quatro grupos que separam atributos e as propriedades. Esses resultados indicam que as diferentes práticas de manejo influenciam nos atributos físicos avaliados.

Para as duas profundidades observa-se o agrupamento do atributo argila com as propriedades 3, 4, 5, 6, 9, 11 e 15 na profundidade de 0 a 20 cm e 3, 4, 5, 6, 7, 9 e 11 na profundidade de 20 a 40 cm. A textura do solo, variou de argilosa a muito argilosa, podendo ter contribuído para uma maior similaridade entre essas propriedades mesmo sendo utilizados manejos diversos nas práticas de cultivo. As propriedades 12 e 13 diferenciam-se das demais nas duas camadas avaliadas, sendo observada uma textura mais arenosa. A propriedade 10 se destacou das demais em ambas as profundidades ao se agrupar com a Rp e a Ds. Na propriedade 8 foi observada uma maior correlação com a macroporosidade e os teores de silte. Essas separações são decorrentes dos maiores valores de Ds na propriedade 10 e dos maiores valores de macroporos na propriedade 8 (Tabela 4).

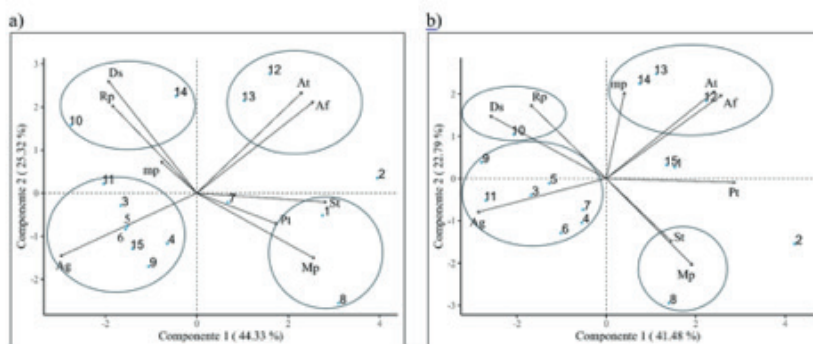


Figura 4. Análise de componentes principais dos atributos físicos das propriedades vitícolas localizadas no Meio Oeste, nas profundidades: a) 0 a 20 cm e b) 20 a 40 cm. Média dos teores areia total (At), silte (St), argila (Ag), densidade do solo (Ds), resistência à penetração (Rp), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mp) e microporosidade (mp).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A viticultura, devido ao conjunto de práticas utilizadas para o manejo, pode promover grandes modificações em alguns atributos químicos entre vinhedos e entre unidades produtoras. Os vinhedos da região do Meio Oeste e da Serra Catarinense apresentam solos com excesso de adubações constatado pela análise dos atributos químicos. Dessa forma, as adubações dos vinhedos devem ser realizadas com base nas análises de solo e de acordo com a necessidade da videira.

Os vinhedos apresentam características similares quando realizada a avaliação conjunta de todos os atributos químicos, o que pode imprimir tipicidade nas uvas e vinhos produzidos, sendo favorável para implantação de uma indicação geográfica. Entretanto, há uma nítida separação dos vinhedos da região da Serra Catarinense, que apresentam maior CTC e estão localizados em maiores altitudes quando comparados aos vinhedos da região do Meio Oeste Catarinense. Essa separação pode ser avaliada em relação à qualidade do vinho, o que pode ser explorado quanto às indicações geográficas, tais como uma denominação de origem.

Nas duas regiões avaliadas existem propriedades vitícolas com determinada homogeneidade dos atributos dos solos, podendo conferir tipicidade à uva produzida da região.

Os atributos físicos possibilitaram a verificação de similaridade entre os vinhedos do Meio Oeste e, dessa forma contribuíram para a diferenciação ou homogeneização das propriedades avaliadas.

A maioria das propriedades vitícolas avaliadas estão implantadas em solos com relevo acidentado, o que favorece o aumento dos processos erosivos. Assim, seria importante o uso de plantas de coberturas nas entrelinhas dos vinhedos para evitar a erosão e favorecer a ciclagem de nutrientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC) projeto n. 2022TR001373 e à bolsa de produtividade n. 311474/2021-7 (PQ1D).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do Solo**: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: UFC, 2008. 290 p.

BOONTERM, C. W.; SILAPAPUN, A.; BOONKERD, N. Effects of nitrogen, potassium fertilizer, and clusters per vine on yield and anthocyanin content in Cabernet Sauvignon grape. **Suranaree J. Sci. Technol**, v. 17, p. 155-163, 2010.

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F. A.; SILVA, A. L. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 46, n. 4, p. 398-405, 2011.

BRAGA, H. J.; GHELLERE, R. Proposta de diferenciação climática para o estado de Santa Catarina. In: **Anais do 11º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e Reunião LatinoAmericana de Agrometeorologia** [CD-ROM]; 1999; Florianópolis. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; 1999.

CASTELLARIN, S. D.; MATTHEWS, M. A.; DI GASPERO, G.; GAMBETTA, G. A. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. **Planta**, v. 227, p. 101-112, 2007.

CORDEIRO, W. **A vitivinicultura em São Joaquim - SC: uma nova atividade no município**. 132f. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, UFSC, Florianópolis, 2006.

CQFS RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2016. 400 p.

DAL BÓ, M. A. Efeito da adubação NPK na produção, qualidade da uva e nos teores foliares de nutrientes da videira. **R. Bras. de Fruticultura**, v. 14, p. 189-194, 1992.

DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, L. N.; LOSS, A. Geologia, geomorfologia e solo das regiões dos vinhedos de altitude de Santa Catarina. *In*: PALLADINI, L. A.; BRIGHENTI, A. F.; SOUZA, A. L. K.; SILVA, A. L. (Orgs.). **Potencial de variedades de uvas viníferas nas regiões de altitude de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2021, v. 01, p. 44-56.

DORTZBACH, D. **Caracterização dos solos e avaliação da aptidão agrícola das regiões produtoras de vinhos finos de altitude**. 192f. (Tese), Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, UFRRJ, Seropédica-RJ, 2016.

ECHENIQUE, M. C.; APCARIAN, A.; REEB, P.; ARUANI, M. C. Growth-yield relationship of grapevine cultivars on soils with hardened layers, Alto Valle of the Río Negro, southern wine-growing region of Argentina. **Agric. Técn.**, v. 67, p. 262-270, 2007.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212 p.

EMBRAPA; NACHTIGAL, J. C.; MAZZAROLO, A. (Eds.). **Uva: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 202 p.

EPAGRI/CIRAM. Área geográfica delimitada da Indicação de Procedência Vinhos de Altitude de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri/Ciram, 2021. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2021/06/30/vinhos-de-altitude-de-santa-catarina-conquistam-indicacao-geografica/>

FOGAÇA, A. O. **Avaliação do estado nutricional de vinhedos e sua correlação com a produção de uvas viníferas de qualidade**. 88f. (Dissertação Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FRÁGUAS, J. C.; ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; REGINA, A. M. A. **Calagem e Adubação para Videiras e Frutíferas de Clima Temperado**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. (Boletim Técnico nº 65).

FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. Verona: Phytoline, 2005. 819 p.

GIOVANNINI, E.; MIELE, A.; FRÁGUAS, J. C.; BARRADAS, C. I. N. Estudo comparativo de três metodologias de diagnose nutricional foliar para a videira. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, v. 7, n. 1, p. 41-48, 2001.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA W.M. Sistema de manejo de solos e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.23, p.145-154, 1999.

JACKSON, M. B. Ethylene and response of plants to soil waterlogging and submergence. **Annual Review of Plant Physiology**, 36, 145-174, 1985.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**, 6. ed. New Jersey: Prentice Hall. 2007. 773 p.

LANYON, D. M.; CASS, A.; HANSEN, D. The effect of soil properties on vine performance. **CSIRO Land and Water Technical Report** Nº 34/04 54 p., 2004.

LEBON, E.; PELLEGRINO, A.; LOUARN, G.; LECOEUR, J. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. **Annals of Botany**, v. 98, p. 175-185, 2006. DOI: 10.1093/aob/mcl085

LLOPIS, G. Y. (Trad. Jorge Toniello). **Denominações de origem e indicações geográficas de produtos vitivinícolas**. Bento Gonçalves: Embrapa, Uva e Vinho. 1997, 20p.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; RUFATO, L.; MIQUELLUTI, D. J.; WARMLING, M. T. Condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva 'Cabernet Sauvignon'. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 48, n. 1, p. 97-104, 2013.

MELO, G. W. B. Uva para processamento produção. **Frutas do Brasil**, 34. Embrapa Solos p. 45-55, 2003. 134 p.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; ZANUS, M. C. Discrimination of Brazilian red wines according to the viticultural region, varietal, and winery origin. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 30, n. 1, p. 268-275, 2010.

MOTA, R. V.; REGINA, M. A.; AMORIM, D. A.; FÁVERO, A. C. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. **Informe Agropecuário**, 27, 56-64, 2006.

MPELASOKA, B. S.; SCHACHTMAN, D. P.; TREEBY, M. T.; THOMAS, M. R. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 9, p. 154-168, 2003.

MUNIZ, J. N.; SIMON, S.; BRIGHENTI, A. F.; MALINOVSKI, L. I.; PANCERI, C. P.; FERNANDES, G. V.; WELTER, J. F.; ZOTTO, D. D.; SILVA, A. L. Viticultural performance of Merlot and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) cultivated in high altitude regions of Southern Brazil. **Journal of Life Sciences**, v. 9, p. 399-410, 2015.

NAGAJYOTI, P. C.; LEE, K. D.; SREEKANTH, S. V. M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. **Environmental Pollution**, v. 8, p. 199-216, 2010.

PANDOLFO, C.; VIANNA, L. F. N. Vinhos de Altitude de Santa Catarina: Caracterização da região produtora, indicadores e instrumentos para proposição de uma indicação geográfica. Florianópolis: Epagri, 200 p. 2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL <https://www.R-project.org/>

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 2. ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Laboratório de Geomorfologia. São Paulo: Departamento de Geografia – FFLCH – USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT/FAPESP (Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) (Mapas e Relatórios), 1997.

SANTOS, H. P. **Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, (Comunicado Técnico, 71). 2006. 9 p.

SANTOS, E. A.; FLORISBAL, L. M.; LOSS, A.; BESSER, M. L.; DORTZBACH, D. Geology and Wine 15. Producing Wine at Altitude: The Terroir of São Joaquim, Brazil. **Geoscience Canada**, v. 45, p. 137-149, 2019.

SANTOS, E. A.; LOSS, A.; FLORISBAL, L. M.; DORTZBACH, D. Solos da Serra Catarinense. In: PEDRON, F. A.; PEREIRA, M. G. (Orgs.). **Compêndio de Solos do Brasil**. Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2024, v. 1, p. 60-88.

SANTOS, E. A.; LOSS, A.; PEDRON, F. A.; FLORISBAL, L. M.; SILVA, E. B. **Guia de campo da excursão pedológica: da rocha à garrafa - geologia, solos e vinhos**. Florianópolis: UFSC, 2023. v. 1. 55 p.

TASSINARI, A.; MOURA-BUENO, J. M.; GARLET, L. P.; STEFANELLO, L. O.; ANDRADE, C. B.; OLIVEIRA, F. N.; DOTTO, L.; SIQUEIRA, G. N.; PERIPOLLI, G. Z.; DIAS, B. G.; ANDREOLLI, T.; PAPALIA, D.; CERETTA, C. A.; LOSS, A.; COMIN, J. J.; BRUNETTO, G. **2ª Atualização Recomendação de adubação em videiras em produção para a Campanha Gaúcha do Rio Grande do Sul**. (Boletim Técnico). Florianópolis: UFSC, 2023.

TECCHIO, M. A.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J. C.; VIEIRA, C. R. Y. I. Tolerância de porta-enxertos de videira cultivados, em solução nutritiva, ao alumínio. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 243-250, 2006.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais** 2.^{ed}. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TONIETTO, J. Valorização do ecossistema: importância da regionalização vitivinícola na produção de vinhos de qualidade. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE VITICULTURA Y ENOLOGIA, 8, 2001, Montevideu. **Annales**. Montevideu: Asociación de Enólogos del Uruguay, (CD rom). 2001. p. 1-9.

TONIETTO, J.; FALCADE, I. Vinhos regionais: regulamentação no Brasil. X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia. **Anais...** Bento Gonçalves, 2003.

TONIETTO, J.; SOTÉS RUIZ, V.; GÓMEZ-MIGUEL, V. D. **Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas**. Madrid: Cyted, 2012. 411 p.

TRUCHOT, R.; SIMON, G.; GRIMAL, P.; BESSIL, R. Variations des concentrations de zinc, cuivre et manganèse dans le raisin. **Mudes des Falsifications et de l'Expertise Chimique**, Paris, v. 72, n. 71, p. 15-24, 1979.

VAN LEEUWEN, C.; TREGOAT, O.; CHONÉ, X.; BOIS, B.; PERNET, D.; GAUDILLÈRE, J. P. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 43, p. 121-134, 2009.

VEIGA, M. **Metodologia para coleta de amostras e análises físicas do solo**. (Epagri. Boletim Técnico, 156) Florianópolis: Epagri, 2011. 52 p.

XU, X.; NIEBER, J. L.; GUPTA, S. C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. **Soil Science Society of America Journal**. 56:1743-1750, 1992.