

# Atributos químicos do solo e estado nutricional de videira Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) na Serra Catarinense

*Soil chemical attributes and nutrition state of Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.) grapevine Santa Catarina high lands*

**Maria Sueli Heberle Mafra<sup>1\*</sup>, Paulo Cezar Cassol<sup>2</sup>, David José Miquelluti<sup>2</sup>, Paulo Roberto Ernani<sup>2</sup>, Luciano Colpo Gatiboni<sup>2</sup>, Evandro Zacca Ferreira<sup>3</sup>, Marlon de Barros<sup>3</sup>, Jovani Zalamena<sup>1</sup>, Marco André Grohskopf<sup>3</sup>**

Recebido em 20/05/2009; aprovado em 08/09/2010.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional de vinhedos cultivados em locais de altitude acima de 1000 m e sua relação com atributos químicos do solo. O estudo foi realizado em São Joaquim, SC, em vinhedos comerciais da cultivar Cabernet Sauvignon, enxertada sobre porta-enxerto Paulsen 1103. As amostras de solo e tecido vegetal foram coletadas em 21 locais, em parcelas de 240 m<sup>2</sup>, compostas por quatro subparcelas. Os atributos químicos do solo avaliados foram: pH, H+Al, MO e N total, P e K extraíveis, Ca, Mg e Al trocáveis. No tecido foram analisados N, P, K, Ca e Mg. As parcelas apresentaram diferenças significativas entre si nos atributos químicos do solo e teores de nutrientes nas folhas e pecíolos. Os teores de MO, K extraível, Ca e Mg trocáveis do solo se situaram em faixas altas. Observou-se que os teores de N nos pecíolos e de Ca nas folhas e pecíolos se encontraram abaixo da faixa média, conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Entretanto, os teores de K e a relação K/Mg nas folhas e pecíolos situaram-se acima dessa faixa, enquanto os demais nutrientes estavam dentro da faixa considerada normal. Observou-se associação entre teores dos nutrientes no solo e no tecido foliar, destacando-se a correlação linear negativa entre o teor de K extraível e o teor de Mg no tecido, assim

como, entre o teor de Mg trocável do solo e o teor de K no tecido vegetal, evidenciando antagonismo entre estes dois nutrientes na absorção pela planta. O pH do solo se correlacionou positivamente com o teor de N no pecíolo. A concentração de K, Ca e Mg no tecido apresentaram maior correlação com a saturação desses da CTC do que com os teores absolutos desses nutrientes no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** uva, nutrição vegetal, potássio, magnésio, nitrogênio.

## SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the grapevine nutrition and its relation with some soil chemical attributes. The study was carried out in São Joaquim, SC, Southern of Brazil, in a commercial vineyards using Cabernet Sauvignon cv. grafted on Paulsen 1103 rootstock. Soil and plant tissue samples were collected in 21 plots of 240 m<sup>2</sup> each, containing four sub plots. The soil chemical attributes evaluated were pH, total acidity (H+Al), organic mater, total N, extractable P and K, and exchangeable Ca, Mg and Al. In tissue were evaluated N, P, K, Ca and Mg. There were differences among blots with regard to soil chemical attributes and the contents of nutrient in both leaves and petioles. The soil presented very high values for organic mater, extractable K and

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090 - Bairro: Conta Dinheiro, CEP 88520-000 Lages, SC. Email: mshmafra@gmail.com. \*Autora para correspondência.

<sup>2</sup> Departamento de Solos e Recursos Naturais - CAV/UDESC.

<sup>3</sup> Curso de Agronomia - CAV/UDESC.

exchangeable Ca and Mg. The contents of N in the petioles and the Ca in both leaves and petioles were below to the intermediate range, according Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. The contents of K and the K/Mg ratio in leaves and petioles were above the sufficiency range. There was association between the soil nutrients availability and their contents in the leaves, especially a negatives linear correlation between soil exchangeable K and contents of Mg in the leaves and between soil exchangeable Mg and K in the leaves, confirming the antagonic relationships between these two nutrients in the plant uptake. The soil pH was positively correlated with N contents in petiole. The concentration of K, Ca and Mg in the leaves was better correlated with their saturations in the CEC than with their contents in the soil.

**KEY WORDS:** grape, plant nutrition, potassium, magnesium, nitrogen.

## INTRODUÇÃO

Os aspectos de solo e nutrição da videira para os solos de altitude superior a 1000 m em Santa Catarina têm resultados experimentais escassos. Os solos predominantes da serra Catarinense possuem alto teor de matéria orgânica (MO), elevada acidez e alumínio (Al) trocável. A calagem nestas condições, visando elevar o pH a 6,0, geralmente implica em doses elevadas de corretivos (ERNANI et al., 2001). Entretanto, o aumento do pH do solo através da calagem aumenta a atividade microbiana, acelerando a decomposição e mineralização da MO (GIOVANNINI, 1999), que se reflete em disponibilidade de nitrogênio (N) às plantas.

A videira possui alta demanda por N durante as fases de brotação, crescimento dos ramos, enchimento das bagas, até o início da maturação, e após a colheita da uva, quando armazena N nos órgãos perenes (LINSENMEIER et al., 2008). A deficiência nesses períodos reduz a produtividade, entretanto, o suprimento excessivo do nutriente provoca diminuição da qualidade dos frutos. O excesso de N no solo estimula a competição entre a atividade vegetativa e a atividade reprodutiva da planta, predominando a primeira, o que aumenta a atividade respiratória e

predispõe a planta ao ataque de doenças fúngicas (MARSCHNER, 1995). Além disso, retarda o início do período de dormência dos ramos, tornando-os susceptíveis a geadas (KELLER e HIRAZDINA, 1998; POMMER, 2003).

Os solos da Serra Catarinense são pobres em fósforo (P), porém as videiras aparentemente demandam pouco P, como observado por Dal Bó (1992) que não obteve resposta para produção com diferentes níveis de fósforo. A baixa demanda por P é atribuída à associação das videiras com fungos micorrízicos presentes nas raízes das plantas que, em solos deficientes, aproveitam formas pouco solúveis deste elemento (CHRISTENSEN et al., 1978).

O potássio (K) como nutriente determinante da qualidade da uva, é acumulado nas bagas durante o processo de maturação. Promove a formação de primórdios florais, aumentando a produtividade. Por outro lado, quando em excesso, pode exercer competição sobre o Mg e o Ca, diminuindo a absorção desses, principalmente quando se encontram em baixa saturação na CTC do solo (DAL BÓ, 1992).

O Ca é suprido pela calagem, por isso não é comum o aparecimento de sintomas de deficiência do mesmo em videiras, o que pode ocorrer em solos com pH abaixo de 4,5 (PEARSON e GOHEEN, 1988). Cabanne e Doneche (2003) observaram que o teor deste elemento aumentou nas bagas do florescimento até a mudança de cor, sendo as quantidades armazenadas no fruto direcionadas para a semente e a casca. Garcia et al. (1999) observaram que o aumento de K na solução diminuiu a concentração do Ca no tecido foliar, indicando antagonismo.

O Mg é componente da clorofila e responsável pela ativação de enzimas na fotossíntese, respiração e formação do DNA e RNA (MARSCHNER, 1995). As deficiências de Mg geralmente ocorrem em solos arenosos, ácidos, e com altas concentrações de  $K^+$  e  $NH_4^+$  (PEARSON e GOHEEN, 1988). Usha e Singh (2002) observaram aumento no crescimento, massa seca e rendimento da videira e redução do dessecamento das inflorescências associados ao aumento na concentração de Mg no solo e a aplicações foliares de Mg no pré-florescimento e no enchimento da baga. Interações de antagonismo entre K e Mg e, N e Mg, na absorção, foram documentadas

por Wolf et al. (1983).

O cultivo da videira na Serra Catarinense é recente e necessita de estudos que avaliem a adaptação e as necessidades de correção e adubação do solo para seu cultivo, especialmente no que diz respeito ao estado nutricional do vinhedo.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o estado nutricional de videira Cabernet Sauvignon, enxertado sobre porta-enxerto Paulsen 1103, em solos de altitude e sua relação com atributos químicos do solo.

## MATERIALE MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no município de São Joaquim, SC, em vinhedos comerciais da cultivar Cabernet Sauvignon enxertados sobre porta-enxerto Paulsen 1103, durante a safra 2007/08, em locais com altitude entre 1050 e 1350 metros. As coordenadas geográficas das parcelas amostradas situam-se entre as latitudes 28°17' e 28°21' Sul e longitudes 49°55' e 50°11' Oeste. Os solos se enquadram nas classes Cambissolo Húmico, Neossolo Litólico e Nitossolo Háptico, desenvolvidos a partir de rocha riodacito e basalto. O clima é do tipo mesotérmico úmido com verões amenos, Cfb na classificação de Köppen (EMBRAPA, 2004).

Os vinhedos foram implantados entre 2000 e 2004, após preparo convencional e calagem do solo, em áreas de pastagem nativa, capoeira ou cultivo de batata. A calagem foi realizada com calcário dolomítico, visando atingir pH 6,0 e a adubação para implantação seguiu as recomendações do manual da Comissão de Fertilidade do Solo (CFS - RS/SC, 1997).

A avaliação foi realizada em 21 parcelas, com área individual de 240 m<sup>2</sup>, divididas em quatro sub-parcelas, compostas em média por 15 plantas. A seleção e demarcação das parcelas foram precedidas pela avaliação da acidez do solo, obtendo-se variação do pH em água de 5,1 a 6,7.

O sistema de condução das plantas em 15 parcelas foi do tipo espaldeira e nas demais, do tipo manjedoura, com espaçamento em torno de 2,90 m entre filas e 1,5 m entre plantas. Os solos apresentaram teor médio de argila de 44%, com uma amplitude de 23 a 55%. A colheita foi realizada no período de 07/

04 a 30/04/2008.

A amostragem do solo foi realizada na profundidade de 0 a 20 cm. Foram determinados pH em H<sub>2</sub>O, P e K extraíveis (Mehlich-1), Ca, Mg e Al trocáveis, MO, N total e acidez total (H+Al). K e P foram extraídos por solução de ácidos diluídos (Mehlich-1), Ca, Mg e Al foram extraídos com sal neutro (KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>), sendo o Al quantificado por titulação ácido-base. O C orgânico, para cálculo da MO, foi determinado por oxidação dos compostos orgânicos do solo, e o N total por digestão ácida, pelo método Kjeldahl, conforme descritos por Tedesco et al. (1995). A análise de H + Al foi realizada segundo metodologia descrita por Silva (1999).

As folhas e os pecíolos foram amostrados na época da virada de cor, quando aproximadamente metade das bagas apresentava a cor característica de uva madura da cultivar. Utilizou-se a folha oposta ao segundo cacho, a partir da base, com boa exposição à luz. Para amostragem de pecíolos, foram coletadas folhas recém-maduras. Analisou-se N, P, K, Ca e Mg, segundo metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva para caracterização das variáveis estudadas. A associação entre as variáveis de solo e de tecido vegetal foi avaliada através do coeficiente de correlação de Pearson (STEEL et al., 1997). Aplicou-se também análise discriminante canônica (ADC) para identificar as variáveis de maior peso na separação das parcelas (JOHNSON e WICHERN, 2002). Todas as análises foram realizadas com o uso do software SAS® (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos químicos do solo e tecido avaliados nas parcelas estão representados nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Os solos dos vinhedos estudados apresentaram variação de pH em água de 5,1 a 6,7 e em 50% das parcelas encontraram-se valores entre 5,8 (limite superior do 1º quartil) e 6,3 (limite superior do 3º quartil). Os valores de pH do solo se correlacionaram positivamente com teores de Ca e Mg trocáveis e CTC do solo (Tabela 1) e com

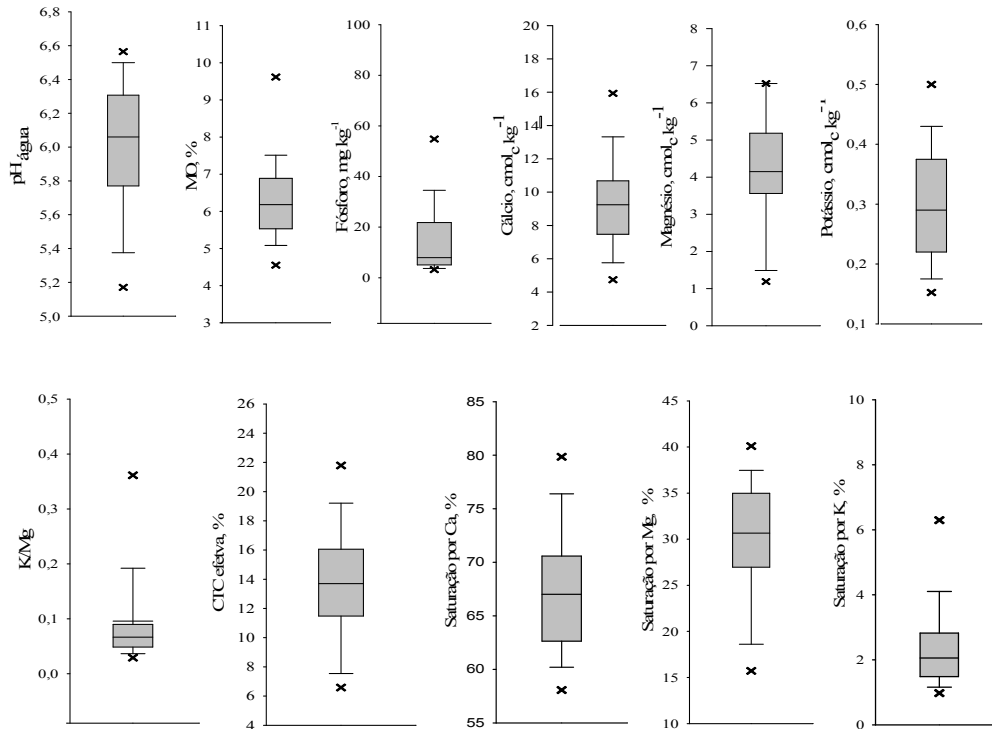


Figura 1 - Diagramas "box plot" dos atributos do solo: pH, MO, P, Ca, Mg, K, K/Mg, CTC efetiva, e, saturação por Ca, Mg e K, na camada de 0 a 20 cm de solos sob cultivo de videiras Cabernet Sauvignon, em locais de altitude entre 1050 e 1350 m na Serra Catarinense, São Joaquim, SC. Safra 2007/08. Resultados de 84 observações.

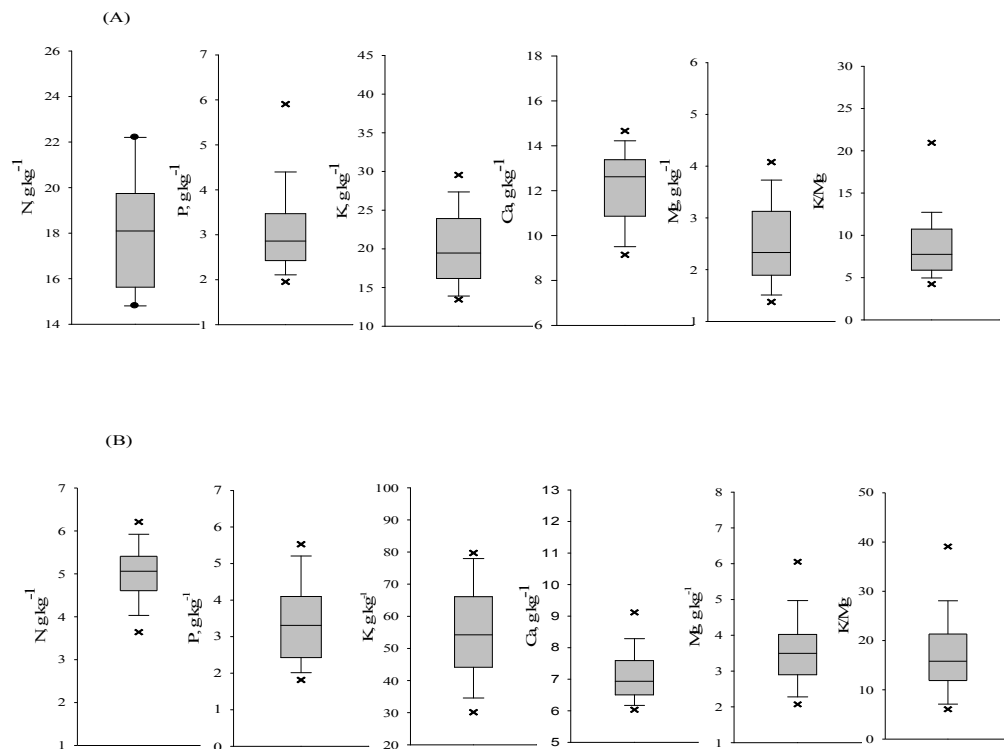


Figura 2 - Diagramas "box plot" das variáveis N, P, K, Ca, Mg e K/Mg na folha (A) e no pecíolo (B) de videiras Cabernet Sauvignon, cultivadas em solos de altitude na Serra Catarinense, São Joaquim, SC. Safra 2007/08. Valores obtidos a partir de 84 observações.

teores de Ca, Mg e N no tecido e, negativamente com o teor de K e relação K/Mg no tecido (Tabela 2). Este comportamento se justifica principalmente pelo incremento de Ca e Mg no solo resultante da prática de calagem. A correlação positiva entre o pH do solo e os teores de N no pecíolo ( $r = 0,40$ ) e a correlação entre saturação por Ca na CTC e os teores de N no pecíolo ( $r = 0,33$ , Tabela 2) reforçam a hipótese de existir maior disponibilidade de N solúvel para as plantas nos solos que receberam mais calagem. Isso resulta do aumento da atividade microbiana, que é favorecida em pH próximo da neutralidade, com consequente aumento da

mineralização do N da MO, aumentando a absorção desse elemento. A associação negativa do pH do solo com os teores de K e consequentemente com relação K/Mg no tecido foliar (Tabela 2), justifica-se em parte pelo antagonismo com o Mg na absorção, mas também pode estar relacionada com o aumento do número de cargas negativas na superfície das partículas do solo decorrentes do aumento no pH, as quais aumentam a adsorção de K, diminuindo o teor desse nutriente na solução do solo (ERNANI, 2008).

O teor de MO do solo variou de 3,5 a 10,5%, com média de 6,3% sendo que 50% das parcelas se enquadram na faixa de 5,1 a 6,8% de MO do solo

Tabela 1 - Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis pH em água e MO do solo com alguns atributos químicos na camada de 0 a 20 cm de solos de altitude na Serra Catarinense, sob cultivo de videiras Cabernet Sauvignon, São Joaquim, SC.

Atributos do solo	Nº de amostras	N <sub>Total</sub>	P	Ca	Mg	K	CTC <sub>Efet.</sub>	K <sub>Sat.</sub>
pH <sub>água</sub>	84	ns	ns	0,52	0,56	ns	0,58	- 0,52
MO	84	0,78	0,40	0,60	0,34	ns	0,56	ns

ns: valores não significativos; K<sub>sat.</sub>: Saturação por potássio na CTC do solo; CTC<sub>Efet.</sub>: Capacidade de troca catiônica efetiva. Valores de  $r > 0,34$  (com sinal positivo ou negativo) possuem p menor que 0,001.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre atributos do solo, na camada de 0 a 20 cm e os teores de macronutrientes nas folhas e pecíolos da videira cv. Cabernet Sauvignon, cultivadas sobre porta-enxerto Paulsen 1103, em solos de altitude na Serra Catarinense, São Joaquim, SC. Amostras com 84 observações.

Atributos do solo	Folha						Pecíolo					
	N	P	Ca	Mg	K	K/Mg	N	P	Ca	Mg	K	K/Mg
pH	ns	ns	0,52	0,30	- 0,37	- 0,50	0,40	ns	ns	0,29	ns	ns
C <sub>Org</sub>	ns	ns	ns	0,29	ns	ns	ns	ns	ns	0,43	ns	ns
N <sub>Total</sub>	ns	0,28	0,31	0,31	ns	ns	ns	ns	ns	0,47	ns	ns
P	ns	0,28	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ca	ns	ns	0,29	0,38	ns	- 0,46	ns	ns	ns	0,42	ns	- 0,36
Mg	ns	0,44	0,41	0,67	- 0,42	- 0,73	ns	ns	ns	0,53	- 0,56	- 0,67
K	ns	ns	ns	- 0,29	0,38	0,45	ns	ns	ns	- 0,38	0,67	0,64
K/Mg	ns	ns	ns	- 0,51	0,57	0,83	ns	ns	ns	- 0,50	0,64	0,81
CTC <sub>Efet.</sub>	ns	0,30	0,36	0,51	- 0,34	- 0,59	ns	ns	ns	0,50	- 0,36	- 0,50
K <sub>Sat.</sub>	ns	ns	ns	- 0,49	0,59	0,82	ns	ns	ns	- 0,52	0,62	0,77
Ca <sub>Sat.</sub>	ns	ns	0,38	- 0,46	0,50	0,46	0,33	ns	ns	- 0,52	0,50	0,54
Mg <sub>Sat.</sub>	ns	0,29	0,42	0,52	- 0,36	- 0,71	ns	ns	ns	0,34	- 0,60	- 0,67

ns: valores não significativos; K<sub>sat.</sub>: Saturação por potássio na CTC do solo; CTC<sub>Efet.</sub>: Capacidade de troca catiônica efetiva. Valores de  $r > 0,34$  (com sinal positivo ou negativo) possuem p menor que 0,001.

(Figura 1). Esta faixa é considerada elevada, considerando que a videira teria melhores condições de desenvolvimento na faixa entre 3,0 a 5,0%, especialmente relacionado à disponibilidade mais adequada de nitrogênio (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004). Observou-se que 75% das áreas amostradas apresentam teores altos de MO, acima de 5,1%, sendo que esse atributo é utilizado como indicador da disponibilidade de N para absorção pelas plantas (POMMER, 2003). O teor de MO do solo apresentou correlação positiva ( $r = 0,78$ ) com o teor de N total no solo (Tabela 1).

O teor de N nas folhas variou de 14,8 a 24 g kg<sup>-1</sup>, com média 18,2 g kg<sup>-1</sup>, sendo que 75% das parcelas possuem teor entre 15,6 e 22,5 g kg<sup>-1</sup>, que é considerado normal (Figura 2). Nos pecíolos o teor de N variou de 1,3 a 6,6 g kg<sup>-1</sup>, com média de 5 g kg<sup>-1</sup>, porém, 50% das parcelas apresentam teores de 4,6 a 5,4 g kg<sup>-1</sup>, considerado abaixo do normal segundo Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). Estes valores contrastam com o caráter vigoroso dos vinhedos e com os teores altos de MO dos solos, embora não se tenha observado correlação significativa entre esses e os teores foliares de N (Tabela 2). A ausência da correlação entre MO no solo e os teores de N no tecido pode ser explicada em parte porque os solos analisados eram bastante irregulares quanto à textura, umidade e profundidade. Além disso, o ciclo endógeno do N em videiras faz com que esse seja pouco dependente do abastecimento de N pelo solo, pois a planta pode utilizar as reservas mesmo que o solo tenha disponibilidade de N suficiente (LÖHNERTZ, 1991). Conradie e Saayman (1989) alertam, ainda, que altos teores de K também podem contribuir para reduzir o teor de N na videira.

O teor de P extraível no solo variou de 2,3 a 85,4 mg kg<sup>-1</sup>, com média de 15,1 mg kg<sup>-1</sup>, com uma alta variabilidade entre as amostras (Figura 1). Apesar disso, a média de P observada no solo é considerada normal (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004). Por ser um nutriente com deficiência comum nos solos da região, o P normalmente é adicionado em dose relativamente alta em adubação corretiva. Também, parte do P disponível pode ter origem na forma

orgânica, pois se observou correlação positiva entre teores de P extraível e MO do solo ( $r = 0,40$ , Tabela 1). O teor de P na folha variou de 1,9 a 6,7 g kg<sup>-1</sup>, com média de 3,1 g kg<sup>-1</sup> e nos pecíolos variou de 1,2 a 6,4 g kg<sup>-1</sup> com média de 3,4 g kg<sup>-1</sup> (Figura 2). Observou-se que o teor de P no pecíolo está com valores acima de 2,4 g kg<sup>-1</sup> em 75% das parcelas, faixa considerada acima do normal, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). Observou-se correlação positiva entre os teores de P no tecido e a concentração de Mg trocável e saturação por Mg na CTC no solo ( $r = 0,44$  e  $0,29$ , respectivamente, Tabela 2). Este comportamento pode ser em parte explicado pela interação positiva entre o P e Mg observada também por Skinner e Matthews (1990) e Conradie e Saayman (1989), que relataram a importância do P na translocação do Mg na planta.

O teor de K extraível no solo variou entre 0,13 a 0,53 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> com média 0,30 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Figura 1). 75% das parcelas possuem teor de K extraível maiores que 0,22 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, valor considerado alto de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). O teor de potássio no tecido foliar apresentou alta correlação com o teor extraível de K no solo (Tabela 2), apresentando coeficientes  $r = 0,67$  e  $0,38$  para pecíolo e folha, respectivamente. A concentração de K nas folhas variou de 12,0 a 39,5 g kg<sup>-1</sup>, com média de 20,3 g kg<sup>-1</sup> e no pecíolo variou de 26,7 até 87,1 g kg<sup>-1</sup> com média 55,2 g kg<sup>-1</sup> (Figura 2). Os valores encontrados, tanto na folha como no pecíolo, são considerados excessivos conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). A análise de pecíolos, comparada a folha, apresenta maior sensibilidade para a avaliação da absorção de potássio (FREIRE e MAGNANI, 2005). O alto teor de K no tecido resultou em alta relação K/Mg no tecido foliar, especialmente no pecíolo, que apresentou média de 17,3, para uma amplitude de 5,4 a 41,2, sendo que 75% das parcelas tem relação K/Mg maior que 11,9, considerada excessiva (CQFS - RS/SC, 2004).

O Ca trocável do solo apresentou correlação negativa com a relação K/Mg na folha e pecíolo ( $r = -0,46$  e  $r = -0,36$ , respectivamente), enquanto que a saturação por K e Ca na CTC apresentaram correlação positiva com essa relação (Tabela 2). A

relação K/Mg de 5 a 8 é considerada normal, na faixa de 8 a 10 há risco de deficiência de Mg, e acima de 10, ocorre deficiência (LOUE, 1990). Segundo Giovanini (1999), quando a relação K/Mg é superior a 10, pode ocorrer sintoma de deficiência de Mg e aumentar o dessecamento de ruis. Salienta-se que mais de 75% das áreas amostradas apresentaram valores de K/Mg superiores a 10, resultado preocupante por indicar risco para ocorrência de dessecamento de ruis.

O fato dos teores de K se apresentarem em excesso no pecíolo e os teores de Mg em níveis médios a baixos em ambos os tecidos, requer atenção especial, pois se observou efeito antagnico entre K e Mg, evidenciado pela correlação negativa entre K do solo e teores de Mg na folha e pecíolo ( $r = -0,29$  e  $-0,38$ , respectivamente). Este antagonismo também é observado na correlação negativa entre os valores de saturação por K no solo e os teores de Mg nas folhas e pecíolos ( $r = -0,49$  e  $r = -0,52$ , respectivamente), assim como, pelas correlações negativas do Mg do solo com os teores de K na folha e pecíolo ( $r = -0,42$ ;  $r = -0,56$ , respectivamente), e do teor de Mg do solo com a relação K/Mg no pecíolo ( $r = -0,67$ , Tabela 2).

Os teores de Ca e Mg trocáveis no solo também foram altos, com média de  $9,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para o Ca e de  $4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para o Mg (Figura 1). Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), valores acima de 4 e  $1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para Ca e Mg, respectivamente, são considerados muito altos. Cassol et al. (2008) também observaram valores altos desses nutrientes em vinhedos Cabernet Sauvignon em São Joaquim, o que se justifica pelas altas doses de calcário aplicadas na implantação dos vinhedos.

O teor de Ca nas folhas variou de  $8,2$  a  $17,3 \text{ g kg}^{-1}$ , com média  $12,1 \text{ g kg}^{-1}$  e nos pecíolos  $5,9$  a  $12,1 \text{ g kg}^{-1}$  com média  $7,2 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 2). Os níveis de Ca no tecido estão na faixa considerada insuficiente segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), contrastando com os altos teores de Ca trocável do solo, embora a correlação entre o teor de Ca nas folhas e o Ca trocável do solo tenha sido relativamente baixa ( $r = 0,29$ ; Tabela 2) e com o teor de Ca nos pecíolos não houve associação significativa. Segundo Moln e Domingo (1991),

mesmo quando há nível suficiente no solo, a absorção do Ca pode ser prejudicada pelos excessos de N e, ou K. Entretanto, o teor de Ca no tecido foliar teve correlação positiva ( $r = 0,31$ ) com o N total do solo e não se correlacionou significativamente com teor de K extraível do solo. Haeseler et al. (1980) observaram que a aplicação de P diminuiu os teores de Ca nos pecíolos da videira. Assim, os baixos teores de Ca nos tecidos poderiam estar relacionados com as aplicações de tratamentos contra doenças fúngicas nos vinhedos, comumente realizada com fosfitos que são formulados à base de P e K (30 e 20 %, respectivamente).

O Mg trocável do solo apresentou alta associação positiva com o teor de Mg no tecido foliar e negativa com o teor de K, especialmente no pecíolo, onde foram obtidos valores de coeficientes de correlação mais altos (Tabela 2). O teor de Mg nas folhas variou de  $1,2$  a  $4,9 \text{ g kg}^{-1}$ , com média de  $2,54 \text{ g kg}^{-1}$  e nos pecíolos variou de  $2,0$  a  $7,3 \text{ g kg}^{-1}$ , com média de  $3,59 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 2), valores considerados normais, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), embora os teores de Mg trocáveis do solo tenham apresentado média quatro vezes acima daqueles considerados suficientes. Estes resultados podem estar associados ao tipo de porta-enxerto, pois Loue (1990) mostrou que o porta-enxerto Paulsen 1103 é muito eficiente na absorção de K e pouco eficiente na absorção de Mg. Isso também pode explicar a alta relação K/Mg no pecíolo.

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo apresentou média de  $13,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , considerada média pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), entretanto, 75% das áreas possuem CTC acima de  $11,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Figura 1). A CTC é um importante indicador para interpretação da disponibilidade de nutrientes catinicos no solo e para orientar o manejo da adubação (ERNANI, 2008). A saturação dos cátions Mg, Ca e K têm sido utilizada conjuntamente com os teores desses elementos no solo como indicador de disponibilidade destes nutrientes  videira, que influenciam na qualidade e sanidade das plantas que demandam relação equilibrada no suprimento desses nutrientes. O Ca foi o elemento predominante no complexo de troca dos solos, variando de 56 a 82% da CTC, seguido do Mg, com valores de 13,5 a 41,4% e o K

variou de 0,72 a 8,3% com média de 2,4% (Figura 1). Observa-se que 50% das parcelas possuem saturação por K entre 1,5 e 2,8%. Esta faixa de valores de saturação por K pode caracterizar situação satisfatória com base na proposição de Etournaud e Louè (1986), que observaram condições de equilíbrio nutricional para K, quando as porcentagens de saturação por K na CTC variaram de 1,3 a 4,7%, em solos de textura arenosa à média.

As variáveis que mais contribuíram para a discriminação das parcelas estudadas foram, no caso da folha, a relação K/Mg e o teor de P, enquanto no pecíolo foi a relação K/Mg. As funções discriminantes canônicas (FDC) estimadas pela análise multivariada, para as variáveis medidas na folha e no pecíolo são representadas nas Tabelas 3 e 4. As três primeiras FDC foram significativas ( $p < 0,05$ ), representando

51,8%, 26,7% e 10,6% da variação total para os atributos de folha e 45,6%, 25,7% e 13,4% da variação total para os atributos do pecíolo, para FDC<sub>1</sub>, FDC<sub>2</sub> e FDC<sub>3</sub>, respectivamente. A contribuição das variáveis consideradas no estudo para a discriminação das parcelas é dada pelos valores dos coeficientes canônicos padronizados (CCP), coeficientes de correlação linear (r) e taxa de discriminação paralela (TDP). O valor do CCP é uma medida do comportamento multivariado de cada variável na separação das parcelas enquanto o valor de r representa a influência individual de cada variável independente das demais (JOHNSON e WICHERN, 2002). A TDP é o resultado do produto entre os valores de CCP e r e quanto mais alto, maior contribuição da variável na separação das parcelas.

Tabela 3 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP), coeficientes de correlação linear (r) e taxa de discriminação paralela (TDP) das variáveis na folha em relação aos três primeiros eixos canônicos.

Variáveis	Fun. Disc. Can. 1			Fun. Disc. Can. 2			Fun. Disc. Can. 3		
	r	CCP	TDP	r	CCP	TDP	r	CCP	TDP
N	0,17	0,62	0,11	0,00	0,21	0,00	0,13	0,58	0,08
P	-0,77	-2,83	2,17	0,56	1,81	1,01	0,05	-1,07	-0,06
K	0,49	0,12	0,06	0,41	-2,76	-1,14	0,02	-1,74	-0,04
Ca	-0,41	0,26	-0,11	-0,03	0,23	-0,01	0,44	0,64	0,28
Mg	-0,59	1,25	-0,74	-0,14	2,22	-0,31	0,69	3,75	2,57
K/Mg	0,74	2,99	2,22	0,57	5,55	3,18	-0,30	3,24	-0,99
Autovalores		17,15			8,85			3,52	
% Var. Acum.		51,89			78,67			89,33	

Fun. Disc. Can.: Função discriminante canônica.

Tabela 4 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP), coeficientes de correlação linear (r) e taxa de discriminação paralela (TDP) das variáveis no pecíolo em relação aos três primeiros eixos canônicos.

Variáveis	Fun. Disc. Can. 1			Fun. Disc. Can. 2			Fun. Disc. Can. 3		
	r	CCP	TDP	r	CCP	TDP	r	CCP	TDP
N	0,08	0,15	0,01	0,09	0,30	0,03	0,04	0,08	0,15
P	-0,08	-0,10	0,01	0,57	1,37	0,78	0,74	-0,08	-0,10
K	0,83	-0,61	-0,51	-0,39	-4,27	1,68	0,22	0,83	-0,61
Ca	-0,17	-0,02	0,00	-0,02	0,34	-0,01	0,02	-0,17	-0,02
Mg	-0,67	0,95	-0,63	0,14	2,00	0,27	-0,38	-0,67	0,95
K/Mg	0,98	4,24	4,16	-0,08	5,09	-0,39	0,13	0,98	4,24
Autovalores		11,21			6,33			3,31	
% Var. Acum.		45,60			71,36			84,85	

Fun. Disc. Can.: Função discriminante canônica.



## CONCLUSÕES

O pH do solo se correlacionou positivamente com os teores de Ca e Mg trocáveis no solo e com o teor de N no pecíolo.

Os teores de K, Mg e Ca no solo e principalmente sua saturação na CTC apresentaram alta correlação com os teores desses nutrientes no tecido.

Os teores de N nos pecíolos e de Ca nas folhas e pecíolos apresentaram-se na faixa considerada insuficiente, enquanto os teores de K e relação K/Mg nas folhas e pecíolos se apresentaram em faixa excessiva.

O teor de K extraível, a saturação de K na CTC do solo e a relação K/Mg do solo resultaram em correlação negativa com o teor de Mg no tecido, assim como o Mg trocável e a saturação Mg na CTC do solo, que se correlacionou negativamente com os teores de K no tecido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABANNE, C.; DONECHE, B. Calcium accumulation and redistribution during the development of grape berry. *Vitis*, Landau, v. 42, n. 1, p. 19-21, 2003.

CASSOL, P. C. et al. Correlação entre os teores de nutrientes no pecíolo e no limbo de folhas de videira da variedade Cabernet Sauvignon sob adubação com N, K, N+K, cama de suíno e serragem. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. SANTA MARIA, 7., 2008. Ciência do solo no RS e SC: onde estamos e para onde vamos. *Anais...* Santa Maria : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2008.

CHRISTENSEN, P. L.; KASIMATIS, A. N.; JENSEN, F. L. **Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley**. Berkely: University of California. Division of Agricultural Science, 1978. Publication n. 4087.

CONRADIE, W. J.; SAAYMAN, D. Effects of long-term nitrogen, phosphorous and potassium fertilization on Chenin Blanc vines. I Nutrient demands and vines performance. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 40, n. 2, p. 85-90, 1989.

CFS-RS/SC - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO

SOLO - SC/RS. **Recomendações de adubação e de calagem para Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1997. 223p.

CQFS-RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - SC/RS. **Manual de adubação e de calagem para Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

DAL BÓ, M. A. Nutrição e adubação da videira. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 5, n. 4, p. 32-35, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro**: Embrapa Solos, 2004. 726p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46.

ERNANI, P.R. et al. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O autor, 2008. 230p.

ETOURNEAUD, F.; LOUE, A. Petiolar diagnosis of grapevine in relation to the interpretation of soil analysis for potassium and magnesium. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE, 3., 1986. Bordeaux. p. 240-246. 1986.

FREIRE, C.J.S.; MAGNANI, M. **Manual de coleta de amostras de folhas, para diagnose nutricional, das principais frutíferas cultivadas no RS e em SC**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005, 18 p. Documentos, 142.

GARCIA, M. et al. Effects of various potassium-calcium ratios on cation nutrition of grape grown hydroponically. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v. 22, n. 3, p. 417-425, 1999.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. Porto Alegre: Renascença, 1999. 364p.

HAESLER, C.W. et al. Response of mature vines of *Vitis Labrusca* L. cv Concord to application of phosphorous and potassium over an eight-year span in Pennsylvania. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 31, n. 3, p. 237-244, 1980.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied**

- Nultivariate Statistical Analysis**. 5. Prentice Hall : New Jersey, 2002. 767 p.
- KELLER, M.; HIRAZDINA, G. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison: II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 49, n. 3, p. 341-349, 1998.
- LINSENMEIER, A. W. et al. Must composition and nitrogen uptake in a long-term trial as affected by timing of nitrogen fertilization in a cool-climate Riesling vineyard. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 59, n. 3, p. 255-264, 2008.
- LÖHNERTZ, O. Soil and the uptake of nitrogen in grapevines. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Seattle. **Proceedings...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991, 323 p. p. 1-11.
- LOUE, A. Le diagnostic foliaire (ou petiolaire) dans les enquêtes de nutrition minérale des vignes. **Progrès Agricole et Viticole**, Montpellier, v. 107, n. 20, p. 439-453, 1990.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MOLNÉ, I.; DOMINGO, R. Abonado anual en viña: analisis foliar, interpretación de resultados en viña. **Fruticultura Profesional**, Barcelona, n.43, p.7-16, 1991.
- PEARSON, R. G.; GOHEEN, A. C. **Compendium of grape diseases**. Minnesota: APS, 1988. 93p.
- POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós colheita, mercado**. Porto alegre: Cinco Continentes, 2003. 778 p.
- SAS INSTITUTE INC® 2003 SAS VER. 9.1.3 Sas Institute Inc.: Cary, Nc, Usa. LIC. UDESC.
- SILVA, F. C. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 322p.
- SKINNER, P. W.; MATTHEWS, M. A. A Novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorous to root of grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 13, n. 8, p. 821-826, 1990.
- STEEL, R.G.D. et al. **Principles and Procedures of Statistics : a biomerical approach**. 3.ed. New York: Mcgraw-Hill, 1997. 666 p.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 215p. Boletim Técnico de Solos, 5.
- USHA, K.; SINGH, B. Effects of macro and micronutrients spray on fruit yield quality of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 1, n. 594, p. 197-202, 2002.
- WOLF, T. K. et al. Growth and foliar elemental composition of Seyvel Blanc grapevines as affected by four nutrient solution concentration of nitrogen, potassium and magnesium. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 34, n. 4, p. 271-277, 1983.