

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE
VINHEDOS E SUA CORRELAÇÃO COM A
PRODUÇÃO DE UVAS VINÍFERAS DE QUALIDADE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aline de Oliveira Fogaça

Santa Maria, RS, Brasil

2005

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE VINHEDOS E
SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUÇÃO DE UVAS VINÍFERAS
DE QUALIDADE

por

Aline de Oliveira Fogaça

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos,
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.

PPGCTA

Santa Maria, RS, Brasil

2005

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE VINHEDOS E SUA
CORRELAÇÃO COM A PRODUÇÃO DE UVAS VINÍFERAS DE
QUALIDADE**

elaborada por

Aline de Oliveira Fogaça

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. PhD. Carlos Eugenio Daudt
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Prof. PhD. Aino Jacques

Santa Maria, 16 de dezembro de 2005.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Carlos Daudt pela orientação, não somente neste trabalho, mas pela aprendizagem do mundo do vinho, pelo estímulo a aprender sempre mais e pela amizade durante todos esses anos.

A Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade.

A CAPES pelo apoio financeiro.

A professora Neidi Penna, pelo auxílio na orientação deste trabalho e ao Prof. José Henrique, pelo auxílio na análise estatística.

Ao Engenheiro Agrônomo Antonio Santin pela colaboração nas pesquisas e por todos os ensinamentos na área de viticultura.

Ao Enólogo Ademir Brandelli, pelo primeiro contato com o mundo do vinho e pelo estímulo e apoio constante.

A todos os colegas e professores do NIDAL e aos professores e funcionários do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, pelos conselhos e orientações.

Ao prof. Mauro Schumacher e aos funcionários Tarso e Carlos, do Laboratório de Ecologia Florestal, pelo auxílio e apoio nas análises de minerais.

A Vinícola Velho Amancio pela cedência dos vinhedos e apoio na realização deste trabalho.

A minha família, pelo apoio e incentivo durante a realização do curso.

Ao Alisson, pelo incentivo, carinho e compreensão.

A todos os amigos pela convivência e apoio.

A todos, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	XI
RESUMO.....	XII
ABSTRACT	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 O clima e as videiras.....	3
2.2 Nitrogênio.....	4
2.3 Fósforo.....	5
2.4 Potássio.....	7
2.5 Magnésio.....	14
2.6 Cálcio.....	14
2.7 Boro.....	15
2.8 Zinco, ferro, cobre, manganês e enxofre	15
2.9 Uso da Análise Peculiar em videiras	17
2.9.1 Metodologia de amostragem.....	19
2.9.2 Níveis críticos dos minerais para videiras.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Características dos vinhedos estudados.....	22
3.2 Amostragem dos pecíolos.....	22
3.3 Amostras das uvas	23

3.4 Análises Químicas	23
3.4.1 Preparo das amostras	24
3.4.2 Determinação dos elementos minerais	24
3.4.3 Análises físico-químicas das uvas	25
3.5 Registro dos dados climáticos	26
3.6 Análise Estatística.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4. 1 Análise dos Dados Climáticos	27
4. 2 Análises Peciolares	29
4.2.1. Nitrogênio	29
4.2.2. Fósforo	33
4.2.3. Potássio	35
4.2.4. Magnésio.....	39
4.2.5. Cálcio	42
4.2.6. Boro	44
4.2.7. Zinco, Ferro, Cobre, Manganês, Enxofre	46
4.3 Evolução do potássio em uvas e sua relação com o pH	50
4.4 Relação entre a análise peciolar e o conteúdo de potássio nas uvas.....	55
5. CONCLUSÕES	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
7. ANEXOS	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variedades, porta –enxerto e data de plantio dos vinhedos amostrados.....	22
Tabela 2 - Valores de precipitação (mm), temperatura máxima, média e mínima (°C), amplitude e soma de calor registradas durante duas safras (ano 1: safra 2003/04 e ano 2: safra 2004/05).....	27
Tabela 3 – Valores de precipitação pluviométrica (mm) e soma de calor (graus dia) no período de agosto até o momento da colheita registradas durante duas safras (ano 1: safra 2003/04 e ano 2: safra 2004/05).	28
Tabela 4 – Comparação entre as médias da concentração de nitrogênio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):	30
Tabela 5 – Comparação entre as médias da concentração de nitrogênio (g.kg^{-1}), nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:.....	30
Tabela 6. Padrões de teores de nitrogênio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração	31
Tabela 7 – Comparação entre as médias da concentração de fósforo (gr Kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):	34
Tabela 8 – Comparação entre as médias da concentração de fósforo (g.kg^{-1}), nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:.....	34

Tabela 9. Padrões de teores de fósforo (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração	35
Tabela 10 – Comparação entre as médias da concentração de potássio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):	36
Tabela 11- Comparação entre as médias da concentração de potássio (g.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:.....	36
Tabela 12. Padrões de teores de potássio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração	39
Tabela 13 – Comparação entre as médias da concentração de magnésio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):	40
Tabela 14 – Comparação entre as médias da concentração de magnésio (g.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:.....	41
Tabela 15. Padrões de teores de magnésio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração	41
Tabela 16. Valores da relação K / Mg em pecíolos amostrados na época da floração.....	42
Tabela 17 – Comparação entre as médias da concentração de cálcio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):	43

Tabela 18 – Comparação entre as médias da concentração de cálcio (g.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:.....	43
Tabela 19. Padrões de teores de cálcio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração	44
Tabela 20 – Comparação entre as médias da concentração de boro (mg.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):	45
Tabela 21 – Comparação entre as médias da concentração de boro (mg.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:.....	45
Tabela 22. Padrões de teores de boro (mg.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração.	46
Tabela 23 – Concentração de Zinco, Ferro e Cobre (mg.kg^{-1}) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:.....	49
Tabela 24 – Concentração de Manganês (mg.kg^{-1}) e Enxofre (g.kg^{-1}) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:	49
Tabela 25. Padrões de teores de zinco, cobre, manganês e ferro (mg.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração.....	50
Tabela 26 : Datas de floração, “veraison” e colheita e valores de graus Brix, acidez titulável (g.l^{-1}) e pH no momento da colheita de três variedades <i>Vitis vinifera</i> Pinot noir,	

Merlot e Cabernet Sauvignon em dois anos de estudo (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05) 2003-04 e 2004-05. Itaara / RS. 51

Tabela 27 – Valores de potássio encontrados na análise peciolar (g.kg^{-1}) durante a floração - época I - e nas uvas no momento da colheita (g.kg^{-1} em %MS), realizada em dois anos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), nas variedades Pinot noir, Merlot e Cabernet Sauvignon. 55

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 : Amostragem do pecíolo oposto ao cacho, durante o período de florescimento. ...23
- Figura 2. Valores de pH e potássio (g.kg-1) durante a maturação de uvas na variedade Cabernet Sauvignon durante duas safras (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara/RS. 52
- Figura 3. Valores de pH e potássio (g.kg-1) durante a maturação de uvas na variedade Pinot noir durante duas safras (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara/RS. 53
- Figura 4. Valores de pH e potássio (g.kg-1) durante a maturação de uvas na variedade Merlot durante duas safras (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara/RS. 54

RESUMO

Dissertação de mestrado

Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE VINHEDOS E SUA
CORRELAÇÃO COM A PRODUÇÃO DE UVAS VINÍFERAS DE QUALIDADE

Autora : Aline de Oliveira Fogaça

Orientador: PhD. Carlos Eugenio Daudt

Co – orientadora : Dra. Neidi Garcia Penna

Local e data da defesa : Santa Maria, 16 dezembro de 2005.

Durante dois anos consecutivos foram retiradas amostras de pecíolos na floração e 30 dias após, de vinhedos das variedades *Vitis vinifera* Pinot noir, Merlot e Cabernet Sauvignon, localizados em Itaara – RS; durante o período de maturação das uvas, foram retiradas também, amostras das uvas das respectivas variedades. Durante o ciclo de crescimento, foram registrados os dados climáticos dos vinhedos (temperatura máxima, média e mínima; soma de calor e precipitação pluviométrica), bem como as datas de “veraison” (mudança de cor das bagas) e colheita das uvas. No momento da colheita, também foram registradas as características das uvas (graus Brix, pH e acidez titulável). Os objetivos deste trabalho foram: a) utilizar a análise peciolar como uma ferramenta para monitorar o estado nutricional do vinhedo e auxiliar na tomada de decisão de fertilizações a serem realizadas; b) acompanhar a evolução da absorção de potássio pelas uvas durante o processo de maturação e sua influência nos valores de pH das mesmas; c) relacionar a análise de potássio nas uvas com as quantidades deste mineral encontradas nos pecíolos na época da floração. Assim sendo, nitrogênio foi analisado pelo método de micro-Kejdahl; potássio por fotometria de chama; enxofre, fósforo e boro por colorimetria; zinco, manganês, ferro, zinco, cálcio e magnésio por absorção atômica. Através dos resultados obtidos com a análise peciolar foi possível avaliar o estado nutricional dos vinhedos estudados, bem como acompanhar as mudanças que ocorreram durante os dois anos. A partir destes resultados também foi possível a avaliação dos programas de fertilização nestes vinhedos e sugestões foram feitas. As análises das uvas permitiram sugerir que os altos valores de pH encontrados nos vinhos elaborados com uvas destes vinhedos em anos anteriores estão relacionados com a absorção de potássio e a diminuição dos valores de acidez titulável durante o processo de maturação da uva. As amostras peciulares retiradas na floração foram eficientes na avaliação da quantidade de potássio nos tecidos próximos aos grãos. Dessa forma a análise peciolar, além de poder ser utilizada para monitorar os níveis de potássio na planta e avaliar a necessidade de adubações e tratos culturais nos vinhedos, pode servir de diagnóstico para as quantidades futuras de potássio nas uvas e nos vinhos.

Palavras – chaves : análise peciolar, *Vitis vinifera*, potássio, pH

ABSTRACT

Master Dissertation
Post-Graduate Program in Food Science and Technology
Federal University of Santa Maria, RS, Brasil

A DIAGNOSIS OF A VINEYARD'S NUTRITION STATUS AND ITS
RELATIONSHIP WITH THE PRODUCTION OF WINEGRAPES OF HIGH QUALITY

Author : Aline de Oliveira Fogaça

Adviser: PhD. Carlos Eugenio Daudt

Co – adviser : Dra. Neidi Garcia Penna

Place and data of defense : Santa Maria, December, 2005.

Petioles (taken at bloom time and 30 days after) from three *Vitis vinifera* varieties (Pinot noir, Cabernet Sauvignon and Merlot) were analysed during two consecutive years for mineral content. Samples of grape berries were taken during the ripening process. Field data (temperature, precipitation, heat summation) and Brix, total acids, and pH were also followed during the two seasons. This work was carried out with following aims: a) evaluate petiolar analysis as a useful tool to check vineyard's nutritional status and help to soil fertilizer additions decisions; b) follow the potassium mineral content during the ripening process and its influence in pH values; c) connect the potassium grape content with potassium petiolar content. Petiolar analysis was efficient for mineral content evaluation in vineyards; a more correct soil amendment showed better approach for the real need of minerals. As expected the rise in potassium content was followed by a rise in pH values and the drop was followed just by more stable pH values. The reason for this behavior is in acidity values, which dropped during the ripening process. So, the correlation among high pH values, low titratable acidity values and potassium content might be suggested. A relationship between petiolar analysis and grape potassium content is another logical deduction.

Key – words : Petiolar analysis, potassium, pH, *Vitis vinifera*

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da UVIBRA – União Brasileira de Vitivinicultura, em 2005 o Brasil produziu 70 milhões kg de uvas viníferas, um aumento de 11% em relação à quantidade produzida em 2004. A produção de vinhos finos foi de 46 milhões de litros, um aumento de 3% na quantidade em relação à quantidade elaborada em 2004. Mesmo assim, cerca de 51% dos vinhos finos disponíveis no mercado brasileiro são importados. Esses dados permitem avaliar o quanto o mercado de vinhos finos pode, e deverá, crescer nos próximos anos.

O principal produtor brasileiro é o Estado do Rio Grande do Sul, responsável por aproximadamente 95% da produção de vinhos do Brasil, sendo a Serra Gaúcha a área tradicional de produção no estado, onde são produzidos 90% deste total. Entretanto, novos pólos de produção estão se formando, tais como na Metade sul do estado, em busca de melhores condições para o desenvolvimento das videiras.

Muito tem se falado sobre a qualidade do vinho nacional. As vinícolas nacionais vêm investindo em tecnologia, e nos últimos anos deram um salto em relação à qualidade da produção, sendo a formação de recursos humanos qualificados, outro fator importante na busca dessa qualidade. Mas ainda há muito por fazer, uma vez que cada vez mais, o mercado está se tornando mais competitivo e exigente.

Um dos pontos mais carentes em pesquisa, é o manejo do vinhedo, especialmente no que diz respeito ao estado nutricional dos vinhedos. Os nutrientes minerais possuem um importante papel na vitivinicultura, influenciando os gastos com adubação e, o mais importante, influenciando na qualidade do vinho resultante. A diagnose do estado nutricional de um vinhedo, através de análise de tecidos, é uma importante ferramenta nessa busca por qualidade. Através desta é possível obter um quadro mais compreensível dos diferentes fatores que influenciam na capacidade do solo em suprir o requerimento nutricional de um vinhedo (WINKLER et al., 1974). Mundialmente, a determinação dos níveis dos nutrientes em folhas e/ou pecíolos de videiras é um método conhecido e utilizado desde a década de 50. No entanto, no Brasil, as pesquisas nessa área são escassas, sendo que o uso da análise de solos ainda é a base para as indicações de adubações para videira no Brasil (FRAGUAS, 1999).

Por outro lado, o conteúdo ácido e o pH de um vinho podem ser considerados importantes parâmetros tecnológicos em enologia. Por sua vez, embora seja definido como o inverso da concentração de íons hidrogênio no meio, o pH de mostos e vinhos mantém uma

estreita relação com este conteúdo ácido principalmente porque os dois principais ácidos dos mostos são o ácido tartárico e o ácido málico, o 1º com pK_{a1} de 3,01 e pK_{a2} de 4,05 e o 2º com pK_{a1} de 3,61 e pK_{a2} de 5,27 (DELFINI et al., 2001), sendo o pH influenciado pelo grau de dissociação destes ácidos. Vinhos com altos valores de pH, normalmente resultantes de uvas com valores excessivos de potássio, podem trazer sérios problemas ao produtor. Atualmente, os vinhos brasileiros estão apresentando valores de pH cada vez mais elevados, mas ainda há dúvidas - para muitos - quanto ao papel do potássio neste fenômeno.

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de avaliar e monitorar o estado nutricional de vinhedos comerciais, implantados em regiões novas para a viticultura e que já estavam apresentando desequilíbrios nutricionais. Também foi analisada a relação entre os níveis de potássio, pH e acidez titulável durante o processo de maturação das uvas. Boulton (1980d) sugere que os valores de potássio encontrados nas análises peciolaras poderiam refletir as mudanças das quantidades de potássio absorvidas pela planta e pelas uvas. Com o intuito de verificar esta hipótese foram comparados os dados obtidos na análise peciolar com aqueles resultantes nas análises das uvas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A videira é uma planta muito complexa, sendo os nutrientes minerais utilizados para vários processos fisiológicos e como componentes estruturais (MULLINS et al., 1992). É uma planta perene que acumula e armazena nutrientes nas partes lenhosas, tais como caule e raízes. Os nutrientes armazenados serão utilizados conforme as necessidades das partes que estão em crescimento. Se a videira está desbalanceada, o transporte de nutrientes será realizado em momentos errados (WOOD & PARISH, 2003).

Os dezesseis elementos conhecidos, e geralmente reconhecidos como provavelmente essenciais para todas as plantas, são, de acordo com Winkler et al. (1974): carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, cálcio, magnésio, cloro, sódio, boro, manganês, cobre, zinco, molibdênio e ferro. Os dez primeiros, sendo usados em maior escala, são chamados de macro-elementos; os outros, necessários em quantidades muito pequenas, são denominados de micro-elementos. Cada elemento tem função ou funções no metabolismo das plantas e podem ser classificadas como:

- constituintes de compostos que formam a parte viva da planta, ou protoplasma; fazendo parte na estrutura da planta (como na parede celular); e como fonte de energia para vários processos;

- agentes que tem funções de regulação, por exemplo na pressão osmótica das células, na permeabilidade da membrana celular, na regulação da acidez, na ação tampão dos fluidos da planta, como catalizadores de várias reações e muitas outras (WINKLER et al., 1974).

2.1 O clima e as videiras

É impossível separar a viticultura do clima, e a temperatura é tida como o parâmetro de maior influência no crescimento das videiras e nas reações específicas que ocorrem durante o processo de maturação das uvas, influenciando, portanto, a composição final da uva (JACKSON, 1994). A importância do clima, mais precisamente da soma de calor, é fator primordial na produção de uvas de qualidade. De acordo com Winkler et al. (1974), a soma de calor possui ótima correlação com a qualidade das uvas, especialmente em relação aos graus Brix. Este autor cita que, mesmo nas mais renomadas áreas vitícolas da Europa, as melhores colheitas sempre coincidem com a abundância de calor, diminuindo assim, a importância das

características do solo. Isto porque o clima irá influenciar na relação açúcar/ácido, acidez total e conteúdo de compostos fenólicos, entre outros fatores, registrados no momento da colheita.

A soma de calor é calculada a partir da soma das médias mensais acima de 10°C para o período considerado, sendo a unidade graus-dias. A temperatura base considerada é 10°C, pois abaixo desta praticamente não há crescimento vegetativo (WINKLER et al., 1974).

O total de massa seca fracionada entre as estruturas permanentes das videiras é influenciado pela quantidade de água absorvida pela videira durante o período de crescimento (MULLINS et al., 1992). Uma vez que no sul do Brasil a utilização de sistemas de irrigação não é necessária, a precipitação pluviométrica é a principal responsável pela quantidade de água disponível para as videiras.

2.2 Nitrogênio

O nitrogênio é o elemento crítico mais necessário para a videira durante o período de rápido crescimento dos brotos da primavera até o florescimento e no início do desenvolvimento das bagas (PEACOCK et al., 1991). Löhnertz (1991) alerta que as adubações nitrogenadas devem ser realizadas de acordo com as necessidades das videiras. Estudos conduzidos em vinhedos alemães durante vários anos mostram que, até o momento da floração, a videira fixou em torno de 21 kg de nitrogênio / hectare nas partes verdes. Durante a floração, a taxa de absorção ficou em torno de 600 a 800 gr nitrogênio / hectare / dia. As taxas mais altas foram encontradas depois do primeiro crescimento do ovário até o estágio de baga ervilha. Este nitrogênio foi depositado tanto nas partes novas quanto vegetativas. Após este período, ocorreu uma fase estacionária, com taxas de absorção em torno de 200 g nitrogênio / hectare / dia (LÖHNERTZ, 1991).

O nitrogênio é absorvido pelas videiras principalmente na forma de nitrato (NO_3). Após ser translocado para as folhas, é submetido a uma série de reações de redução, e por último é transformado em aminoácidos e proteínas, sendo o íon amônia (NH_4) somente uma forma intermediária neste processo (PEREZ & KLIEWER, 1982). A absorção de nitrogênio inicia logo após a brotação das gemas (LÖHNERTZ, 1991).

Tecidos em desenvolvimento importam nitrogênio e possuem um alto conteúdo do mesmo, enquanto que tecidos velhos exportam nitrogênio. Assim, os níveis de nitrogênio nos tecidos representam um balanço entre componentes velhos e novos (WERMELINGER, 1991). Durante a floração, quantidades consideráveis das reservas de nitrogênio são mobilizadas das raízes, varas e troncos, sendo transportadas para os órgãos de crescimento,

por isso a quantidade de nitrogênio nos órgãos de reserva diminui (WERMELINGER & KOBLET, 1990).

A deficiência de nitrogênio pode resultar em redução na produção, baixo conteúdo de nitrogênio total no suco e baixa sanidade da planta. Durante o processo de vinificação, baixos níveis de nitrogênio podem provocar paradas de fermentação ou fermentações prolongadas devido ao inadequado suprimento de nitrogênio para as leveduras (DUKES et al., 1991; DAUDT et al., 1975).

O oposto, ou seja, o excesso de nitrogênio, torna as videiras muito vigorosas, prolongando o período de crescimento vegetativo e retardando o amadurecimento do fruto (CHAMPAGNOL, 1971; HILBERT et al., 2003). Em adição aos possíveis efeitos do nitrogênio sobre a área foliar e o sombreamento, o metabolismo deste mineral é regulado em parte pelo nível de luz, o que por sua vez depende do microclima do dossel vegetativo (SMART, 1991). O sombreamento causa mudanças deletérias na composição dos frutos do ponto de vista da vinificação (DUKES et al., 1991; SMART, 1991); trabalhos realizados por Smart et al. (1985) mostraram que o sombreamento causa um aumento nos teores de potássio nos brotos, folhas e pedúnculos, e está associado ao aumento dos valores de pH encontrados nas uvas. Adubações de nitrogênio em excesso podem resultar em um aumento significativo do pH de mostos, devido ao aumento nas quantidades de potássio (RUHL & FUDA, 1991; CAPPS & WOLF, 2000).

A fertilização nitrogenada resulta em um aumento dos níveis de nitrogênio nos pecíolos (CONRADIE & SAAYMAN, 1989b; ABDALLA & SEFICK, 1956 ; ULRICH, 1942b; SMITH et al., 1957; NEILSEN et al., 1987). Estudos realizados por Conradie & Saayman (1989a) com a variedade Chenin Blanc relatam que a fertilização nitrogenada resulta em uma queda nos valores de fósforo nos pecíolos, provavelmente devido ao efeito acidificante do nitrogênio, diminuindo o fósforo disponível no solo. Trabalhos realizados por Alleweldt et al. (1984) mostraram que a resposta à fertilização nitrogenada é influenciada pelo conteúdo de água disponível no solo para a planta.

2.3 Fósforo

O fósforo é um dos elementos minerais mais móveis em plantas, movendo-se das folhas velhas para as novas e para os pontos de crescimento (COOK et al., 1984).

O fósforo é imprescindível para a formação de estruturas energéticas (ADP e ATP), porém possui uma demanda muito reduzida em videiras (DAL BO, 1993 e ABDALLA &

SEFICK, 1956), cerca de 4 vezes menos que o nitrogênio. Seus efeitos são difíceis de serem observados. Sua demanda reduzida provavelmente está relacionada com a presença de micorrizas nas raízes das videiras e à presença de matéria orgânica no solo (MULLIS et al., 1992).

O modelo Cushman de absorção tem mostrado que a influência do diâmetro e da taxa de crescimento das raízes sobre a área radicular da planta é um ponto mais crítico para a absorção de fósforo do que a quantidade disponível ou a mobilidade deste elemento no solo (SILBERBUSCH & BARBER, 1983).

O crescimento de brotos, a área foliar e a concentração de fósforo nos pecíolos de videiras jovens, cultivadas em casa de vegetação, sofreram uma redução quando estas cresceram em um meio com baixos níveis de fósforo (GRANT & MATTHEWS, 1996). A carência de fósforo resulta em uma redução do crescimento vegetativo da planta, as gemas tendem a ter uma menor diferenciação e a lignificação é dificultada (SARACCO, 1975; DALBO, 1993).

Klein et al. (2000) sugerem que a relação entre a concentração de fósforo na colheita (pico cumulativo de demanda) e a concentração na floração (período de menor demanda) poderia ser um indicativo mais apropriado do status nutricional da planta do que a concentração na floração ou na colheita separadas; sugeriram ainda que uma concentração de $4,13 \text{ g.kg}^{-1}$ de fósforo nos pecíolos na floração, para as variedades Sauvignon Blanc, Merlot e Cabernet Sauvignon seria o nível ideal para as condições que estavam sendo estudadas.

Estudos realizados por Smith et al. (1957) mostraram que os valores de fósforo encontrados na análise de solo não são proporcionais as quantidades absorvidas pelos pecíolos, portanto pela videira; alertam ainda que estas relações são extremamente complexas. Abdalla & Sefick (1956) trabalhando com 3 níveis de adubação com fósforo não observaram efeito na quantidade deste elemento encontrado nos pecíolos. Por outro lado, estudos realizados por Tulloch & Harrist (1970) e por Neilsen et al. (1987) mostraram que a medida que aumentaram as quantidades de fósforo aplicadas no solo, aumentaram os níveis de fósforo nos pecíolos. A explicação pode estar no tipo de porta enxerto utilizado (GRANT & MATTHEWS, 1996). O porta enxerto 110R, por exemplo, possui uma grande capacidade de absorção de fósforo, uma vez que este mineral tenha bastante disponibilidade no solo (PARANYCHIANAKIS et al. 2004).

2.4 Potássio

O pH e a acidez titulável são as duas variáveis mais importantes no equilíbrio ácido de frutos e sucos, especialmente nas uvas. Entretanto, estas não podem ser explicadas somente em termos da quantidade de ácidos orgânicos presentes (BOULTON, 1980c). Estudos mostram que a diferença numérica entre o número de prótons encontrados através da titulação e o número esperado de prótons devido ao conteúdo de ácidos presentes, é exatamente igual ao número de cátions monovalentes encontrados, o que indica a ação dos cátions presentes sobre os valores de acidez e pH (BOULTON, 1980d).

Boulton (1980c) propõe uma teoria na qual a enzima ATPase é a responsável pela troca de prótons dos ácidos orgânicos por cátions monovalentes nas uvas, sendo que o principal cátion envolvido nessa troca é o potássio, tendo o sódio e o íon amônio (NH_4^+) uma possível participação muito pequena (BOULTON, 1980b).

O potássio é o cátion mais abundante em plantas superiores e é de extrema importância para a nutrição, crescimento, tropismo, homeostase enzimática e regulação osmótica das plantas (SCHACHTMAN & SCHROEDER, 1994). É um elemento essencial para o crescimento e produção da videira (MPELASOKA et al., 2003), sendo o íon predominante na uva, excetuando-se o íon hidrogênio. As quantidades podem oscilar na uva de 1,5 a 3 g.kg⁻¹ e no vinho entre 2 e 5 g/lit, e até 0,5 g/lit nos vinhos estabilizados por frio (HERNANDEZ, 2001). De acordo com Wood & Parish (2003), em uma planta de videira balanceada e saudável, os grãos requerem uma certa quantidade de potássio para a atividade metabólica normal.

Existem vários trabalhos de pesquisa sobre a influência da adubação potássica em videiras e na qualidade das uvas, porém há controvérsia sobre os resultados obtidos. A explicação para isto está no metabolismo das videiras e no fato de que existem inúmeros fatores envolvidos na absorção e translocação de potássio por videiras. As primeiras observações sobre este fato foram publicadas por Beattie & Forshey (1954).

A videira absorve potássio do solo através das raízes por simples difusão ou fluxo de massa. Uma vez nas raízes, os íons de potássio são translocados por fluxo de massa até as membranas externas das células das folhas (BOULTON, 1980c).

O potássio é então armazenado nos vacúolos de algumas células localizadas no interior das folhas maduras. Quando requerido para o crescimento, o potássio é então transferido para o floema das folhas maduras e daí mobilizado para as partes em crescimento tais como brotos, folhas imaturas e frutos. A distribuição e a quantidade de potássio

mobilizado são dependentes da taxa de crescimento destes órgãos, chamados de drenos. Quanto mais rápido é o crescimento, maior é o dreno. Existe uma competição entre estes órgãos, porém, quando o fruto está amadurecendo, este se torna o dreno dominante (WOOD & PARISH, 2003).

Os elementos minerais só podem se movimentar através das membranas por 4 mecanismos: fluxo de massa, difusão, transporte ativo e troca enzimática. Se os minerais entrassem nas células por um dos 3 primeiros mecanismos, os prótons dos ácidos poderiam ser retidos e completamente recuperados por titulação até o apropriado ponto final. Os prótons tituláveis seriam iguais aqueles esperados da concentração de anions, e nos tecidos das uvas o pH deveria ser na faixa de 2,1 a 2,2. Trabalhos realizados por Boulton (1980d) mostram que somente 68% dos prótons esperados são encontrados por titulação.

O processo de maturação das uvas é caracterizado por grandes aumentos nas quantidades de potássio nas bagas e aumento do peso das mesmas (ILAND & COOMBE, 1988; POSSNER & KLIEWER, 1985).

O “veraison” (mudança de cor das bagas) é caracterizado pelo amaciamento das bagas e mudanças de cor, este é o momento no qual a uva está sofrendo as maiores mudanças químicas, incluindo a acumulação de açúcares e/ou diminuição das quantidades de ácidos (COOMBE, 1992); um rápido aumento nas quantidades de potássio nas bagas é também observado no início do “veraison” (OLLAT & GAUDILLÈRE, 1996).

O aumento no amaciamento das bagas (COOMBE & PHILLIPS, 1982) e a diminuição da elasticidade da casca (HUANG & HUANG, 2001) precedem uma rápida expansão das bagas. Este amaciamento é causado pela ruptura das células da casca, o que ocorre no início da expansão das células (COSGROVE, 1987). Isto sugere que a parede celular na casca das bagas deve soltar-se para a expansão das bagas; isto envolve a acidificação do apoplasto e a ação de enzimas. A acidificação ocorre quando prótons (H⁺) são bombeados do citoplasma para o apoplasto, pela ATPase ligada a membrana externa (HAGER, 1971). O deslocamento depende da presença de cátions para equilibrar a liberação de íons H⁺, evitando, assim, mudanças no potencial plasmático da membrana. O principal cátion envolvido nessa troca é o potássio, tendo o sódio e o íon amônio uma possível participação muito pequena; cátions como cálcio, magnésio, zinco e cobre não participam deste processo (BOULTON, 1980b).

Segundo Boulton (1980c) a enzima responsável por esta troca é a adenosina trifosfato (ATPase). Esta enzima troca cátions monovalentes por prótons enquanto hidrolisa ATP em ADP. A enzima ATPase parece ser composta por 10 subunidades e troca 3 prótons (e 3 cátions metálicos) para cada molécula de ATP hidrolisada. Em geral, o movimento dos

cátions é contra o gradiente de concentração e a hidrólise de ATP ocorre na superfície interna da membrana. O substrato para esta enzima parece ser o íon $MgATP$ e não o cátion que está sendo trocado, como sugeriam outros trabalhos (EPSTEIN, 1965). A mudança na atividade associada com a concentração de cátions é de natureza estimulatória, embora pareça um tipo de cinética Michaelis-Menten.

Outro fator que contribui para a participação do potássio nesse mecanismo é o fato que durante o processo de maturação a principal rota de entrada de potássio no fruto é o floema, uma vez que devido às baixas taxas de respiração, o fluxo do xilema diminui (COOMBE, 1992). O potássio é o mineral que está em maior concentração no floema, sendo o cálcio encontrado em maiores quantidades no xilema, devido a sua mobilidade (HANGER, 1979).

A concentração de potássio será consequência da taxa de crescimento das bagas e da taxa de acumulação de potássio nas uvas. A concentração de potássio irá continuar relativamente constante se o crescimento e a acumulação de potássio são mantidos a taxas constantes. A concentração de potássio irá aumentar se a taxa de acúmulo de potássio for maior que o crescimento das bagas (MPELOSKA et al., 2003). Vários fatores irão influenciar as taxas de crescimento e acumulação (CHRISTENSEN, 1984), tais como variedades de uvas e porta enxerto utilizados (HERNANDEZ, 2001), manejo do dossel vegetativo (SMART et al., 1985; MPELASOKA et al., 2003), quantidade de água disponível (HEPNER & BRAVDO, 1985), microclima do vinhedo (SMART, 1991), tamanho das bagas e relação polpa:casca (STOREY, 1987), metabolismo do ácido abscísico – ABA- (MPELASOKA et al., 2003).

A absorção de potássio também está ligada à manutenção da turgescência das células. Com o intuito de evitar reduções no crescimento dos grãos, ocorre absorção de potássio quando ocorre uma diminuição de fotoassimilados ou água (MPELASOKA et al., 2003). Este mineral participa ainda da translocação de açúcares até os órgãos de reserva, o que acontece em maior quantidade no período final da maturação (SMART et al., 1985).

Wolpert et al. (2005), trabalhando com 14 tipos de porta enxertos e três variedades de *Vitis vinifera*, sugerem que o período crítico para a absorção de potássio vai da brotação das gemas até o florescimento, enquanto que a translocação de potássio dos órgãos de reserva pode representar uma fonte primária de potássio durante o processo de maturação do fruto. Este fato foi também confirmado por estudos realizados por Williams & Biscay (1991).

Trabalhos realizados por Ulrich (1942a); Dundon et al. (1984); Freeman & Kliewer (1983); Conradie & Saayman (1980b), concluíram que a fertilização potássica não influi na concentração de potássio nos pecíolos e posteriormente no mosto. Conradie & Saayman

(1989^a) e Smith et al. (1957) ainda ressaltam o fato de que altos níveis de potássio disponíveis no solo não estão necessariamente associados com altas concentrações de potássio nos vinhos. Conradie & Saayman (1989b), após um estudo de 11 anos com três níveis de adubação potássica em vinhedos, concluíram que não há ganho significativo em aumentar o nível de potássio acima do nível de deficiência; além disso, o ganho em produtividade parece estar mais ligado ao aumento do tamanho das bagas do que ao aumento do número de cachos.

Por outro lado, ao contrário, vários outros autores relatam estudos em que concluem que à medida que aumentamos a adubação com potássio, maiores são os teores deste elemento nos pecíolos, aumentando também o teor de potássio no suco de uva (ABDALLA & SEFICK, 1956; MORRIS et al., 1980; RUHL & FUDA, 1991; NEILSEN et al., 1987). Morris et al. (1980) e Neilsen et al. (1987) afirmam que este aumento na assimilação de potássio pela videira reduz os teores de cálcio e manganês nos pecíolos e reduz o teor de magnésio para níveis próximos aos níveis de deficiência. Estudos realizados por Morris et al. (1983) mostram que o teor de potássio no pecíolo possui uma melhor correlação com o conteúdo de potássio e pH em sucos do que qualquer outra parte da planta usada para quantificá-lo. Em vinhedos brasileiros, foi observado que o aporte de nutrientes não alterou a produtividade, entretanto a adição de potássio resultou em vinhos com maiores teores de açúcares, antocianinas e pH (DAL BO, 1993); o mesmo aconteceu com vinhos canadenses (NEILSEN et al., 1987).

É importante salientar que as pesquisas revelam que o excesso de potássio tem muito pouca influência na produção de uvas (BOULTON, 1980a; SHAULIS & KIMBALL, 1956) e também não tem influência no conteúdo de sólidos solúveis totais (MORRIS & CAWTHON, 1982). Entretanto, Conradie & Saayman (1980b) alertam para o fato de que altos níveis de potássio no solo resultaram em deficiência de nitrogênio, refletindo na qualidade do vinho obtido.

A absorção de potássio regulada pela enzima ATPase faz com que essa absorção seja independente da quantidade de potássio no solo, e sim dependente dos fatores que influem na atividade da enzima.

Essa controvérsia pode ser explicada pelo estudo realizado por Etourneaud & Loué (1984) que afirmam que a resposta das videiras à fertilização potássica é afetada por fatores como conteúdo de argila do solo, saturação da CTC (Capacidade de Troca de Cátions) do solo, e relação K/Mg do solo. Uma das hipóteses levantadas para uma baixa absorção de potássio seria uma disponibilidade excessiva de magnésio no solo, devido, por exemplo, ao tipo de calcário utilizado (DAL BÓ, 1993). A absorção de potássio regulada pela enzima

ATPase faz com que esta absorção seja independente da quantidade de potássio no solo, mas dependente dos fatores que influem na atividade desta enzima.

Entretanto, Smith et al. (1957) alertam para o fato de que as discrepâncias encontradas podem ser parcialmente explicadas com base no erro experimental que as amostras de solo podem trazer, uma vez que podem não estar sendo representativas do solo onde está a parte ativa das raízes. Por exemplo, na África do Sul estabeleceu-se a regra de que a adubação potássica deve ser realizada com base a atingir um mínimo de 4% de saturação da CTC com potássio, dependendo do tipo de solo, pode resultar em valores de potássio excessivos no solo (CONRADIE & SAAYMAN, 1989b).

Ruhl & Fuda (1991) encontraram uma correlação positiva entre o conteúdo de potássio e o conteúdo de ácido málico em uvas. Boulton (1980c) sugere que pode haver uma relação entre a acumulação de açúcar, a síntese de ácido málico e a absorção de potássio. Estes fatos são explicados pela influência da temperatura na atividade da enzima ATPase e nos processos metabólicos dos frutos. Estudos realizados em regiões frias, nas quais a acumulação de açúcar é retardada, mostram que geralmente são encontrados altos níveis de potássio juntamente com o atraso na maturação (JOHNSON & NAGEL, 1976). Este fato ocorre devido à competição por ATP entre as enzimas que transportam açúcares e as que transportam cátions, sendo que as altas temperaturas favorecem o transporte de açúcares (BOULTON, 1980c). A concentração mais alta de ácido málico está associada a menor respiração em climas frios. Por isso, nestas regiões frias, apesar do maior conteúdo de potássio encontrado nas uvas, o pH pode permanecer com valores baixos (2,9 a 3,2), devido a maior quantidade de ácido málico presente (ZOECKLEIN et al., 2001).

Outro ponto a ser levado em consideração é a diferença entre cultivares. Após um estudo com 26 variedades de *Vitis vinifera* por 3 anos, CHRISTENSEN (1984) alerta para o fato que existe uma grande diferença entre as cultivares nas quantidades peciulares de potássio.

É fato conhecido que o porta enxerto pode afetar o nível de elementos minerais nas folhas do enxerto (MAY, 1994). Vários estudos mostram que a acumulação de potássio na planta é afetada pelo genótipo do porta-enxerto utilizado (RUHL, 1989). Além da influência na acumulação de potássio, o porta-enxerto também pode causar mudanças na acumulação de sódio e na relação ácido tartárico/málico das uvas (RUHL et al., 1992). Porta enxertos tais como Harmony (*Vitis champinii* x 1613C), Dog Ridge, Freedom (*V. Champinii* x 1613C) e Rupestris du Lot resultam em mostos com valores de pH elevados, enquanto que 1103 Paulsen (*Vitis berlandieri* x *V. rupestris*), 140R, 1202, 5A e 101-14 (*V. riparia* x *V. rupestris*)

resultam em mostos com valores menores (RUHL et al.,1988; RUHL, 1989; LOUE, 1990; BOULAY apud MOLNE I DOMINGO, 1991). Além disso, são necessários mais experimentos para determinar se as diferenças encontradas estão mais relacionados ao solo ou ao porta-enxerto utilizado (CHRISTENSEN, 1984). Ruhl (1991) e Wolpert et al. (2005), sugerem que a genética do porta enxerto seria o principal fator determinante na capacidade do porta-enxerto em absorver quantidades maiores ou menores de potássio.

O manejo do dossel vegetativo durante a fase de maturação da uva também possui uma influência muito grande. O potássio nas uvas pode ser positivamente influenciado pelo sombreamento no momento da colheita. Estudos realizados por Iacono et al.(1995), mostram que a relação potássio/açúcares foi maior sobre condições de sombreamento, confirmando que condições de baixa radiação modificam negativamente o balanço ácido em mostos e vinhos.

O potássio é acumulado nos brotos entre o florescimento e o “veraison” e permanece relativamente constante durante a colheita (SMART et al., 1985). Ocorre, entretanto, uma redistribuição de potássio das folhas e pecíolos para os frutos durante o amadurecimento. O sombreamento no microclima causa um aumento nas quantidades de potássio antes do “veraison”, o que tem sido associado a altos níveis de potássio nos frutos.

Outro fator que irá influenciar a absorção de potássio pelo fruto é a disponibilidade de água. Primeiramente, a regulação da atividade estomatal pelas videiras em resposta ao “stress” hídrico e as condições ambientais tendem a manter os potenciais osmóticos das folhas e dos pecíolos ao redor do meio do dia, hora da máxima insolação (SALON et al., 2005 e CHONÉ et al., 2001). A absorção será limitada em condições de limitação de água no solo (DUNDON & SMART, 1985), sendo que um aumento na taxa de irrigação irá aumentar o conteúdo de potássio nos tecidos (KLEIN et al., 2000).

Esse aumento nas quantidades de potássio absorvidas pelos grãos ocorre simultaneamente com uma redução dos valores de acidez titulável devido à degradação dos ácidos, especialmente o ácido málico pela respiração do fruto. Como resultado, os valores de pH aumentam com o decorrer da maturação (BOULTON, 1980b). O conteúdo de potássio no suco de uva –expresso em g/L- foi positivamente correlacionado com a quantidade do mesmo encontrado nas uvas, expresso em porcentagem de matéria seca - %MS – (IACONO et al., 1995), fato também demonstrado por Rojas Lara & Morrison (1989).

O aumento no pH durante o processo de amadurecimento das uvas, tem sido atribuído, entre outros fatores, a conversão das formas livres dos ácidos para os sais (WINKLER et al., 1974). Estudos realizados por Iland & Coombe (1988), mostram que somente o ácido tartárico é convertido em sal, sendo que as quantidades deste sal aumentam com o decorrer do

processo de maturação (ILAND & COOMBE, 1988), devido ao aumento nas quantidades de potássio absorvidas (HERNANDEZ, 2001). Portanto, ao final da maturação, o que provavelmente ocorre com parte deste ácido seria uma salificação, formando sais de potássio mono e dibásicos, e não uma perda de ácidos propriamente dita. Este último autor trabalhou com as variedades Cabernet Sauvignon e Tempranillo, na região da Rioja, Espanha. Esta salificação ocorre devido ao fato que a um pH inferior a 2 unidades do valor do pK deste ácido, este estará apenas 1,1% salificado. O oposto, ou seja, quando o pH esta 2 unidades acima do pK do ácido, a porcentagem de salificação fica em torno de 99%. Como o pK da primeira função ácida do ácido tartárico é 3,01, quanto maior o pH do suco, maior será a salificação do ácido, e menor a acidez titulável na maioria dos casos.

Boulton et al. (1998) afirmam que o potencial ácido e, em particular o pH, possui um importante papel em muitos aspectos da vinificação da uva e na estabilidade do vinho. Já a acidez titulável é definida como um importante parâmetro na análise sensorial de vinhos. Altos valores de pH reduzem cor e estabilidade dos produtos processados. O aumento de pH necessita ser ajustado durante os processos de vinificação, sendo a adição de ácido tartárico uma prática comum em países e regiões com este tipo de problema. Altas concentrações de potássio podem levar a perdas excessivas de ácido tartárico devido à precipitação na forma de bitartarato de potássio e, como consequência, o ajustamento do pH torna-se mais difícil e caro (MPELASOKA, 2003). A maneira que envolve menos custos é conseguir grãos com menor quantidade de potássio. Este autor cita alguns manejos a serem realizados no vinhedo para chegar a este fim, tais como: uso de porta-enxertos seletivos, manejo do dossel vegetativo, e estratégias de irrigação. Entretanto o impacto destas práticas requer uma cuidadosa calibração de parâmetros de produção e qualidade de vinho desejável em relação à quantidade de potássio nos tecidos da videira (MPELASOKA, 2003). Não é só o pH alto, normalmente causado por uma quantidade excessiva de potássio no grão, uma fonte de problemas, mas estudos realizados por Kudo et al. (1998), mostram que a falta de potássio também é extremamente prejudicial. Os autores estudaram a relação entre os íons potássio / hidrogênio no mosto e concluíram que existe uma faixa ótima para esta relação. Quando o conteúdo de potássio está muito baixo, ocorre parada de fermentação, devido a dificuldade das leveduras em metabolizar a glicose e frutose do meio.

Rizzon et al. (1998), trabalhando com vinhos obtidos de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul, encontraram valores de pH mais elevados para a região de Santana do Livramento. Estes resultados são, na verdade, o resultado da interação entre todos os fatores descritos acima.

2.5 Magnésio

Este mineral faz parte da molécula da clorofila, além de participar da ativação de inúmeras enzimas e da manutenção da integridade dos ribossomos. Sua deficiência causa clorose nas folhas; por ser um elemento móvel dentro da planta, os primeiros sintomas aparecem nas folhas basilares (MULLINS et al., 1992).

O magnésio é um dos nutrientes mais influenciado pelo comportamento dos porta-enxertos com as variedades. Pesquisas mostram que os porta enxertos 140 R, 41 B e Rupestris du Lot são mais favoráveis a absorção deste elemento, enquanto que os porta enxertos 110 R, SO4 e 44-53 M são considerados menos favoráveis (MOLNÉ I DOMINGO, 1991). Segundo o mesmo autor, o excesso de potássio nas folhas impede a absorção de quantidades adequadas de magnésio, o que pode provocar um estado de carência com diagnose visual, apesar de não existir carências no solo. Estudos realizados por Capps & Wolf (2000) mostraram que a adubação com magnésio no solo resultou em um aumento nas quantidades de magnésio encontradas em pecíolos.

2.6 Cálcio

O cálcio é um dos elementos essenciais para o crescimento das plantas, participando da estrutura da membrana celular, favorecendo a permeabilidade das células e neutralizando o ácido oxálico (COOK, 1966).

A concentração de cálcio nas uvas durante o desenvolvimento do fruto aumenta até a maturação; sugere-se que este aumento ocorra devido a acumulação de cálcio nas sementes. Esta acumulação de cálcio nas uvas deve ser considerada como um processo onde ocorre compartimentalização entre os diferentes tipos de tecidos. Sem dúvida, enquanto a acumulação de cálcio cessa no início da maturação no pericarpo, esta persiste nas sementes. Ao mesmo tempo, provavelmente o cálcio seja translocado da polpa para a casca e sementes (CABANNE & DONÈCHE, 2003).

Trabalhos realizados por Neilsen et al. (1987) mostraram que a fertilização nitrogenada e potássica resultaram em queda dos níveis de cálcio nos pecíolos em três anos de estudos. A fertilização com fósforo não apresentou efeito sobre os níveis de cálcio em pecíolos.

2.7 Boro

O boro é um micronutriente fundamental no processo de floração-frutificação e sua deficiência prejudica a produtividade e a qualidade da uva (FRAGUAS, 1996). Fregoni & Scienza (1978) sugerem que ocorre um aumento linear no conteúdo de açúcares com o aumento da quantidade de boro nas uvas, uma vez que em estudos realizados por estes autores os mostos com maiores quantidades de açúcares também foram os que apresentaram as maiores quantidades de boro.

Este mineral é considerado imóvel dentro da planta, ou seja, tem o seu transporte muito reduzido, via floema, das folhas para as outras partes da planta (OERTLI, 1993). Portanto, em caso de deficiência os nutrientes aplicados ficam retidos nas folhas até que o teor seja bastante alto, para então, passarem a ser transportados para outros órgãos. A deficiência de boro é facilmente corrigida (WINKLER et al., 1974), porém deve-se prestar atenção as quantidades, pois este elemento tem uma faixa muito estreita entre os níveis normal e tóxico (WINKLER et al., 1974; FRAGUAS, 1996). Trabalhos conduzidos por Eton (1944) com videiras em soluções nutritivas mostraram que esta é uma espécie sensível a altas concentrações de boro.

Outro problema é que os sintomas visuais são identificados quando a produtividade já diminui (FRAGUAS, 1996). A absorção de boro pelas plantas depende de sua diferente adsorção nas partículas do solo, a qual é controlada por inúmeros fatores, tais como: textura, tipo de argila, teor de matéria orgânica, taxa de mineralização, pH, umidade, teores de cálcio, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e métodos de aplicação dos fertilizantes à base de boro. Valenzuela & Sepúlveda (1977) detectaram que a sintomatologia de folhas mal formadas em vinhedos chilenos era devido a um excesso de boro no solo.

2.8 Zinco, ferro, cobre, manganês e enxofre

Não é fácil quantificar a contribuição dos micronutrientes na produção, devido ao fato de que muitos outros fatores interferem, mesmo que a sua necessidade já esteja suficientemente comprovada nos processos vegetativos – reprodutivos das plantas. Na verdade, em videiras sadias, sem sintomas de carência, a adição de microelementos não tem efeitos nem na produção e nem no conteúdo foliar (FREGONI & SCIENZA, 1978).

Embora o zinco seja essencial para muitas plantas, este mineral não faz parte de moléculas de carboidratos, proteínas ou gorduras. Parece ter uma função de catalisador de

certos processos – tais como no sistema de produção de triptofano, o qual é um precursor da auxina (WINKLER et al., 1974). O zinco é absorvido como Zn^{++} e altas concentrações de fosfato no substrato diminuem a quantidade absorvida; sua deficiência pode ocasionar, dependendo da cultivar da uva, cachos falhos e principalmente grãos completamente desuniformes em tamanho e em desenvolvimento (WINKLER et al., 1974). Os primeiros estudos realizados sobre a deficiência de zinco e seus sintomas em videiras foram feitos em 1930 (COOK & MASLTRON, 1963). Schropp & Marschner (1977) observaram que altas adubações com fósforo resultaram em sintomas de deficiência de zinco em videiras, sendo que a prática de adubação fosfatada é altamente difundida na viticultura. Entretanto, Schropp (1979) afirma que embora altas taxas de fertilização com fósforo tenham resultado numa redução na taxa de zinco no solo, não houve redução na absorção ou na migração de zinco para as videiras. Uma vez que a deficiência de zinco normalmente aparece em conjunto com outras deficiências, por exemplo, com a de ferro, os autores sugerem incluir como parâmetro auxiliar a relação fósforo/zinco nas folhas. Entretanto, deve-se notar que esta relação pode variar de 100 a 1000, dependendo das condições ambientais. Os mesmos autores citam que ainda são necessárias maiores investigações sobre esse assunto. Além da interação com o fósforo, alguns estudos relatam que a fertilização nitrogenada pode ocasionar queda nos níveis de zinco nos pecíolos (NEILSEN et al., 1987).

Volschenk et al. (1996), trabalhando com diferentes variedades e porta enxertos em solução nutritiva, não encontraram diferenças significativas em relação a diferentes doses de adubação com zinco. Por outro lado, Cook (1963 apud CHRISTENSEN & KASIMATIS, 1967) cita que os vigorosos porta enxertos 1613, Salfcreek e Dog Ridge, estão associados a deficiência de zinco encontrada em vinhedos da Califórnia. Trabalhos mais recentes, indicam que aplicações foliares de zinco resultam em pequenos, porém significativos teores absorvidos e alguma redistribuição dentro da planta. Este fato sugere que videiras com deficiência de zinco devem ser tratadas com adubação foliar, especialmente no início do período de crescimento vegetativo (VOLSCHENK et al., 1999). Christensen (1980) sugere que para melhorar a fixação dos frutos e o tamanho das bagas, a aplicação foliar de zinco não deve ser realizada num período anterior a duas semanas antes da floração; sugere ainda que o melhor período seria a plena floração.

O excesso de manganês pode ser extremamente prejudicial. Vidal et al. (1969) alertam para o surgimento de sintomas de toxicidade em vinhedos franceses devido a um excesso de manganês nas videiras. Daudt et al. (1992) estudaram o efeito de Dithane M-45 no aumento das quantidades de manganês e zinco nos vinhos, concluindo que há um aumento

deste mineral nos vinhos quando provenientes de uvas tratadas com excesso do fungicida ou tratadas em épocas mais tardias que as recomendadas, bem como detectou-se a presença de etilenotiouréia, produto de decomposição do Dithane M-45 (DAL PIVA et al., 1996). Delas (1984) afirma que a análise de tecidos pode ser utilizada para a detecção de toxicidade de manganês em videiras. Análises do conteúdo de manganês em uvas, apresentaram uma variação entre 0,139 e 1,490 ug.gr⁻¹ em peso seco, e entre 0,63 e 0,73 ug.gr⁻¹ em peso fresco (CABRERA-VIQUE et al., 2000). O mesmo autor sugere que a variação encontrada pode ser decorrente do tipo de solo e práticas culturais utilizadas. Gil et al. (1973), trabalhando com variedades *Vitis vinifera*, encontrou um coeficiente de variação na amostra de até 22% para este mineral.

O ferro é indispensável à síntese de clorofila, mesmo que não faça parte da composição da molécula de clorofila propriamente dita. A quantidade de ferro nos tecidos das videiras é muito baixa. Este é também, um dos minerais mais imóveis nas plantas, com pouco ou nenhuma redistribuição de um tecido a outro (WINKLER et al., 1974). A deficiência de ferro em videiras resulta em clorose férrica (FREGONI & SCIENZA, 1978).

A maior parte do enxofre assimilado pelas plantas é absorvida do solo pelas raízes, na forma de sulfato. Porém, as plantas podem acumular o enxofre como resultado da absorção foliar de óxidos de enxofre existentes no ar. O SO₂ contido na atmosfera, o mais abundante entre os óxidos de enxofre, é absorvido prontamente pelas plantas através dos estômatos (MANNINEN, 2000 apud SZADO et al. 2003). Mesmo sendo um elemento essencial à videira, podendo causar sintomas de deficiência (GIOVANINNI, 1999), o enxofre é muito pouco pesquisado nesta cultura. A razão está no fato de que a maioria dos fungicidas utilizados no mundo contém em sua formulação este elemento, tornando a carência muito difícil de ocorrer. Da mesma forma, não foram encontrados na literatura valores de referência para enxofre em videiras.

2.9 Uso da Análise Peciolar em videiras

De acordo com Winkler et al. (1974), a análise do solo pode ser utilizada para avaliar problemas relacionados com pH do solo, salinidade ou outras toxicidades, fornecendo dados para uma avaliação do potencial do solo. Entretanto, somente a análise peciolar nos permite ter uma noção da interação solo / planta (KAMSAS, 2005). Muitas vezes, a quantidade de um determinado elemento está em excesso no solo, porém este não está disponível para a planta (WINKLER et al., 1974). Este fato é decorrente dos inúmeros fatores que influem na

capacidade de absorção de nutrientes pela videira, já citadas para cada mineral. De acordo com Champagnol (1990) o objetivo da análise peciolar é fornecer uma base mais sólida para a fertilização.

Vários trabalhos foram realizados com a proposta de relacionar as análises de solos com a análise peciolar; os resultados levaram a conclusão que a relação existente é extremamente complexa (SMITH et al.,1957). Estudos realizados durante 11 anos por Conradie & Saayman (1989a) com a variedade Chenin Blanc, encontraram valores suficientes para uma produção de qualidade com teores de nutrientes no solo abaixo daqueles usualmente recomendados.

Champagnol (1990) definiu alguns termos utilizados na diagnose foliar tais como nível de nutrição e nível ótimo de nutrição. Segundo este autor, a fertilização racional consiste em assegurar a manutenção de um lote próximo do nível ótimo de nutrição. Para atender a este objetivo, é necessário avaliar o nível de nutrição deste lote, para então estimar qual o nível de nutrição ótimo.

A recomendação existente para adubação das videiras no Brasil, fornecida pela EMBRAPA (MELO, 2000), recomenda que a adubação seja feita com parâmetros somente na análise de solo. Somente no ano de 2002, publicou-se uma recomendação de adubação da EMBRAPA (MELO, 2002) que fornece padrões de teores de macro e micronutrientes para a videira, determinados pela análise de tecidos (tanto foliar quanto peciolar). A recomendação é feita, então, levando em consideração a faixa do mineral em questão e a produtividade esperada.

Como já mencionado anteriormente, ao contrário de culturas perenes, a videira deve ser adubada pela qualidade do vinho que se deseja, não pelos níveis de produção. Trabalhos realizados por Goodall & Gragory (1947 apud SHAULIS e KIMBALL, 1956) mostram que não há resposta à fertilização com nitrogênio, fósforo e potássio quando a planta alcança um certo nível de nutrição.

A utilização da análise foliar para orientação da fertilização exige o estabelecimento das seguintes relações (CHAMPAGNOL, 1990) :

- ligação entre o nível de nutrição e o teor do tecido analisado;
- ligação entre o teor do tecido analisado e a produção;
- ligação entre o teor do tecido e a qualidade da vindima.

Desse modo, os trabalhos devem ser realizados no sentido de definir as duas últimas relações, que serão as bases para o diagnóstico.

2.9.1 Metodologia de amostragem

Existem vários métodos para diagnose nutricional de vinhedos desenvolvidos em diferentes países. Ainda não está definido qual o método que oferece maior precisão, pois cada método, dependendo do local onde é utilizado, pode apresentar resultados diversos. Por exemplo, Robinson et al. (1978 apud DUNDON et al., 1984), trabalhando com vinhedos australianos afirmam que o método francês e da África do Sul superestimam a necessidade de potássio, enquanto que o sistema da Califórnia detectou uma concentração suficiente de potássio no solo. Por outro lado, Fraguas (1999) trabalhando com videiras da região da Serra Gaúcha, no Rio Grande do Sul, durante três anos, concluíram que a metodologia da Califórnia necessita de maiores avaliações, enquanto que a de Michigan e da África do Sul mostraram-se viáveis para a diagnose nutricional de videiras. Entretanto, Penna et al. (1993), trabalhando com videiras da região da Campanha, Rio Grande do Sul, durante um período de oito anos mostram que a metodologia da Califórnia é adequada para a diagnose nutricional nesta região.

Ulrich (1942a), o qual é um dos primeiros trabalhos sobre análise peciolar em videiras diz que a metodologia de amostragem de pecíolos de folhas maduras foi adotada pela facilidade de amostragem e com base em considerações teóricas. Na época, sugeria-se que os nutrientes seriam translocados para as regiões onde seriam utilizados, e, se o fornecimento de um nutriente não fosse adequado, um déficit apareceria imediatamente. Uma vez que a folha madura é adjacente ao ponto de crescimento, esta tenderia a refletir as mudanças no estado nutricional da planta melhor do que os tecidos mais velhos.

De acordo com Winkler et al. (1974), na Califórnia, o método utilizado é a retirada de amostras na floração, de pecíolos opostos aos cachos, com amostras subseqüentes aproximadamente 1 mês após. Gandarillas (1965), trabalhando com videiras da espécie *Vitis vinifera* no Chile, afirma que para a análise de nitrogênio, fósforo e potássio a metodologia mais adequada é a amostragem de pecíolos na floração. Capps & Wolf (2000) afirmam que a amostragem na floração permite uma melhor correlação entre os minerais do que a amostragem no veraison.

As vantagens da amostragem na floração são: facilidade de retirada de grande quantidade de amostra; padronização da época fisiológica de amostragem e possibilidade de análise de todos os elementos minerais desejáveis (CHRISTENSEN, 1984). Hepner & Bravdo (1985) consideram que a análise de pecíolos na época da floração é preferível para a diagnose de nitrogênio e fósforo. Níveis adequados de nitrogênio são críticos durante o período de rápido crescimento dos brotos na primavera e desenvolvimento do grão logo após

a floração (WINKLER et al., 1974), justificando-se, assim, a escolha da época de amostragem na floração. Sipiora (1996) ressalta que a análise de pecíolos na floração é apropriada especialmente para a determinação de potássio e zinco. Da mesma forma, Conradie & Saayman (1980b) também afirmam que a análise peciolar é a análise mais sensível para determinação do nível nutricional de potássio em videiras. Entretanto, a diagnose de potássio na floração foi considerada inadequada por Hepner & Bravdo (1985).

A amostragem de tecidos para diagnose do estado nutricional perto da colheita tem sido questionada, uma vez que as mudanças nas concentrações de nutrientes nas folhas perto da colheita são muito pequenas quando comparadas as mudanças que ocorrem nos pecíolos (KLEIN et al, 2000). Existem inúmeras propostas de tipos de análises foliares para videiras, em termos de tecido, época de amostragem e interpretação dos dados (KLEIN et al., 2000). Normalmente recomenda-se a amostragem em uma única época por razões práticas, assumindo-se que esta é adequada, observando sempre um rígido padrão de amostragem.

Os pecíolos, os quais são tecidos que conduzem e armazenam minerais e fotoassimilados, são enriquecidos gradualmente perto da colheita, eventualmente chegando a alcançar uma concentração mais alta que as folhas quando a adubação fosfatada é intensificada após anos de fertirrigação (Klein et al., 2000).

2.9.2 Níveis críticos dos minerais para videiras

Christensen (1984), após uma pesquisa com vinte e seis cultivares viníferas, por 3 anos, alerta para a necessidade de se estabelecer os níveis críticos para cada cultivar. Segundo Cummings et al. (1973), trabalhando na Califórnia, a concentração de nutrientes nos tecidos das videiras apresenta uma grande variação entre os anos, bem como durante o período de crescimento vegetativo dentro de um mesmo ano.

Daudt et al. (1988) e Penna et al. (1993), determinaram os valores de 11 elementos minerais no pecíolo de videiras da região da fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul. Os valores encontrados nas análises variaram muito de acordo com as adubações realizadas no período e os tratamentos aplicados; refletiram, na verdade, muito mais os insumos aplicados do que a disponibilidade do solo local. O trabalho, bastante extensivo, fornece os teores médios, máximos, mínimos e desvio padrão dos macronutrientes e micronutrientes das variedades Cabernet Sauvignon, Pinot Chardonnay e Sauvignon Blanc durante 8 anos (1983 - 1990) de análise peciolar, correção e acompanhamento das mesmas.

Marc Garcia (1989 apud MOLNÉ I DOMINGO, 1991) afirma que os valores estabelecidos como limites já estão superados e para que estes sejam melhores interpretados devem ser relacionados com as condições climáticas do local em questão, entretanto ainda faltam trabalhos nesta questão.

Kliwer (1991) cita que o uso da diagnose foliar como um guia para otimizar as práticas de fertilização de vinhedos requer o conhecimento de três fatores: 1- as mudanças na composição de cada elemento durante a estação de crescimento no tecido que está sendo analisado; 2- a relativa distribuição entre tecidos; 3- alguns padrões para basear a comparação.

Kliwer (1991) cita que ainda são necessários mais trabalhos com o objetivo de determinar qual a melhor análise para a determinação do nitrogênio em videiras. Nos trabalhos de pesquisa são encontradas as seguintes propostas de análises: nitrogênio total nas folhas e/ou pecíolos, nitrato em pecíolos e arginina nos frutos.

A afirmação de que os teores de nitrato são melhores indicadores das flutuações do conteúdo de nitrogênio são contestadas por alguns trabalhos, tais como Bell (1991), que trabalhou com 3 vinhedos de Cabernet Sauvignon e não encontrou variação de nitrato, somente em nitrogênio total, sendo que havia 3 diferentes quantidades de adubação nitrogenada. Já Roberts & Ahmedullah (1991) encontraram correlações positivas. A principal vantagem da análise de nitrogênio total está no fato que o conteúdo deste não é tão afetado quanto o teor de nitrato por mudanças súbitas de clima, irrigação ou práticas culturais, sendo esta estabilidade desejável quando se deseja monitorar o estado nutricional de vinhedos (KLIEWER, 1991).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características dos vinhedos estudados

Os vinhedos utilizados neste experimento são vinhedos comerciais, usados para a produção de vinhos finos, localizados no município de Itaara / RS, a 200 metros acima do nível do mar, na latitude 29° S. Na tabela 1 são observadas as características dos vinhedos utilizados nesta amostragem. A análise do solo destes vinhedos são apresentados no anexo 1.

Estes vinhedos, desde a primeira colheita, apresentavam desequilíbrios nutricionais, resultando em uvas com valores de pH elevados. Devido a esse fato, já na safra 2003-2004 (ano 1), a adubação potássica foi suspensa nestes vinhedos. Todo o programa de fertilização da safra 2004-2005 (ano 2) foi realizado com base nas análises peciolas realizadas na safra anterior (ano 1).

Tabela 1 – Variedades, porta –enxerto e data de plantio dos vinhedos amostrados.

Variedade	Porta enxerto	Data de Plantio
Pinot noir - Vinhedo 1	SO4	Dez./2000
Pinot Noir - Vinhedo 2	SO4	Dez./2000
Merlot	1103	Out./1999
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 1	Richter 110	Out./1999
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 2	Richter 110	Set./ 2000
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 3	Richter 110	Set./ 2000
Shiraz	SO4	Set./ 2000

3.2 Amostragem dos pecíolos

Foram coletadas amostras peciolas, em torno de 100 g por cultivar, de pecíolos opostos aos cachos de uvas, retirados durante a floração (época I) e 30 dias após esta (época II). As amostras de pecíolos foram retiradas, durante um período de dois anos (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), através de um levantamento casualizado com 3 repetições e sem reposição.

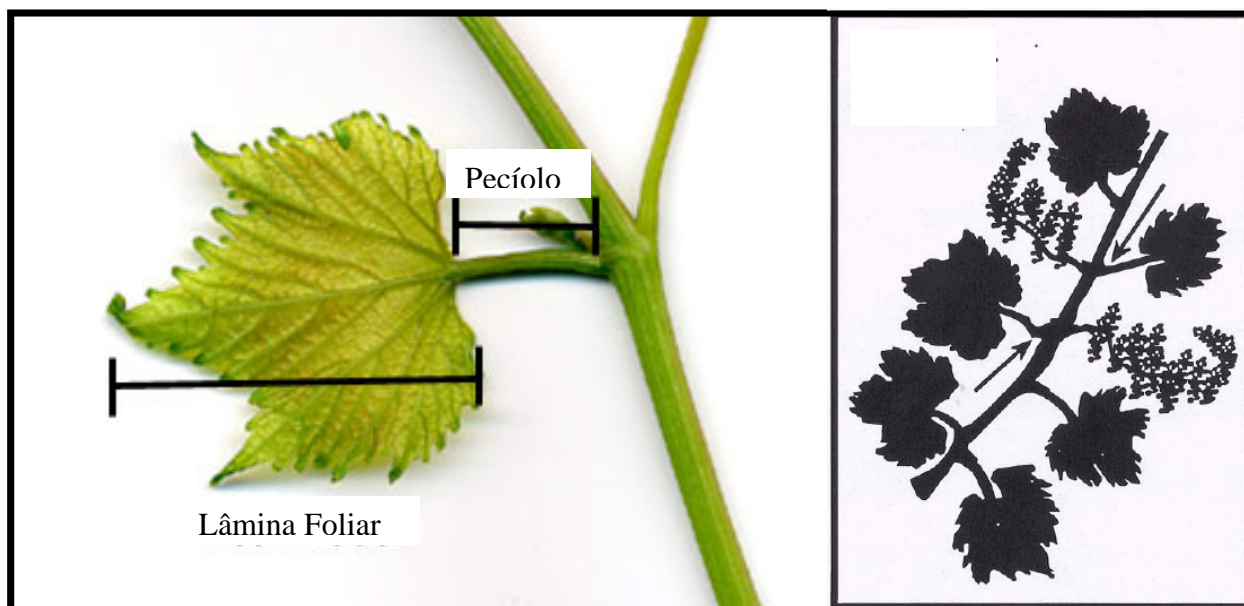


Figura 1 : Amostragem do pecíolo oposto ao cacho, durante o período de florescimento.

3.3 Amostras das uvas

Amostras de uvas foram retiradas, por um período de dois anos (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), ao longo do processo de maturação, através de um levantamento casualizado com 3 repetições e sem reposição, dos seguintes vinhedos :

- Vinhedo 2 de Pinot noir
- Vinhedo de Merlot
- Vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon

No ano 1 as amostras começaram a ser retiradas 30 dias após o “veraison”; já no ano 2 as amostras começaram a ser retiradas 15 dias após o “veraison”. A determinação do pH foi feita no suco das mesmas; a determinação de potássio foi feita por emissão de chama no suco diluído e nas cascas e sementes mineralizadas por digestão nitro-perclorica (conforme metodologia descrita em Silva, 1999).

Durante os dois anos de estudos, foram anotadas também as datas de “veraison” (mudança de cor das bagas), e as datas de colheita utilizadas industrialmente. No momento da colheita, os valores de pH, Brix e acidez total foram determinados no mosto.

3.4 Análises Químicas

As análises químicas foram feitas no NIDAL (Núcleo Integrado de Análises Laboratoriais), Departamento de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, CCR, UFSM.

3.4.1 Preparo das amostras

Os pecíolos foram secos em estufa de ventilação a 50°C por um período de 72 horas. Após as amostras foram moídas em moinho do tipo Wiley, passadas em peneira de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas para posterior análises.

As amostras de uvas foram separadas em casca, semente e suco. As cascas e sementes foram secas em estufa de ventilação a 50°C até peso constante. Após foram moídas em micro moinho. Antes da pesagem, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por 48 horas.

Após a separação das cascas e sementes, o suco foi armazenado para posterior análise de potássio, acidez titulável e pH.

Para a análise de minerais, as amostras de pecíolos, cascas e sementes, sofreram três tipos de digestão, tornando possível a análise dos diversos elementos minerais em estudo:

- Digestão sulfúrica : para esta determinação utilizou-se 0,200 g de amostra, adicionou-se 1ml de H₂O₂, logo após, 2 ml de H₂SO₄ concentrado e, para finalizar, 0,7 g de mistura de digestão, composta de 100 g de Na₂S₀₄, 10 g de CuSO₄.5H₂O e 1 g de selênio. Após a digestão, a amostra foi diluída e armazenada em frascos, para posterior análise de nitrogênio.

- Digestão Úmida com HNO₃ + HClO₄ : para esta determinação utilizou-se 0,500 g de amostra dos pecíolos e 0,200 g de amostras de cascas e sementes. Adicionou-se 8 ml de mistura ácida (HNO₃+ HClO₄ 3:1). Após a digestão, a amostra foi diluída e armazenada em frascos, para posterior análise de potássio, fósforo, zinco, ferro, cobre, magnésio, cálcio, manganês, cloro e enxofre.

- Digestão seca : 0,5 g de amostra foi colocada em mufla a 500°C por 3 horas. Uma vez fria, a amostra foi diluída utilizando-se 25 ml de HNO₃ 1 e foi utilizada para determinação de boro.

3.4.2 Determinação dos elementos minerais

As determinações de todos os elementos minerais analisados foram feitas segundo metodologia proposta por Silva (1999).

Nitrogênio foi analisado segundo o método de Kjeldahl, utilizando a amostra resultante da digestão sulfúrica. O NH₄⁺ produzido na digestão com H₂SO₄ é destilado em meio fortemente alcalino. O NH₄⁺ condensado é coletado na solução de H₃BO₃ e titulado com a solução de HCl.

Fósforo foi analisado por espectrofotometria (visível) com comprimento de onda de 660 nm, utilizando a amostra resultante da digestão nitro-perclórica. O íon H_2PO_4^- em meio fortemente ácido reage com molibdato (MoO_4^-), formando um complexo de coloração azul, e a intensidade da coloração é proporcional à concentração de fósforo.

Potássio foi analisado por fotometria de chama, utilizando a amostra resultante da digestão nitro-perclórica. O potássio da solução aquosa é aspirado na chama ar – GLP e a energia emitida por este elemento é proporcional a concentração do elemento na amostra, em comparação com os padrões utilizados. Tanto as amostras peciolares quanto as amostras de cascas, sementes e sucos necessitaram serem diluídas.

Magnésio e Cálcio foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando a amostra resultante da digestão nitro-perclórica. Os metais das soluções aspiradas na chama a 2000 – 2500°C transformam-se em estado fundamental dos átomos (M^0). O átomo de cada elemento químico absorve a energia em um comprimento de onda definido, sendo de 422,7 μm para o cálcio e 285,2 μm para o magnésio. A quantidade de energia absorvida é proporcional à população do átomo na chama, que, por sua vez, é proporcional à concentração da solução. Para evitar possíveis interferências pela presença de fosfatos, ferro ou alumínio, foi adicionada a amostra uma solução de lantânio. O tipo de chama utilizada foi ar- acetileno.

Boro foi analisado por espectrofotometria com azometina – H, utilizando a amostra resultante de digestão seca. O boro reage com azometina – H e forma um complexo amarelo que absorve a luz na região de 460 μm .

Enxofre foi analisado por espectrofotometria. O enxofre orgânico da amostra é transformado em SO_4^- na digestão. O SO_4^- forma precipitado branco com Ba^{+2} , sendo determinado no comprimento de onde de 440 μm .

Cobre, ferro, manganês e zinco foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando a amostra resultante da digestão nitro-perclórica, aspiração com chama ar – acetileno e comprimento de onda de 324.7, 248.3, 279.5, 213.9 μm , respectivamente.

3.4.3 Análises físico-químicas das uvas

As análises físico-químicas foram realizadas segundo Amerine & Ough (1987).

a) Grau Brix : a determinação de Sólidos Solúveis Totais foi feita por medida de densidade, com mostímetro de Brix.

b) Acidez titulável : a determinação foi feita por titulometria de neutralização, utilizando NaOH 0,1 N, com ponto de viragem a pH 8,2. A acidez é expressa em gramas de ácido tartárico por litro.

c) pH: foi determinado diretamente nas amostras de suco homogêneas e estabilizadas a 20°C, usando um medidor de pH INSTRUTHERM PH-730, calibrado com padrões 4,00 e 7,00.

3.5 Registro dos dados climáticos

Os dados de temperatura máxima, mínima e precipitação pluviométrica foram registrados diariamente, através de um sensor eletrônico (sistema de dataloger) e de um pluviômetro instalados no próprio vinhedo.

A soma de calor foi calculada através do somatório das temperaturas médias diárias diminuídas da temperatura base da videira (10° C), segundo metodologia proposta por Winkler et al. (1974). Os meses considerados foram aqueles do ciclo vegetativo, ou seja, de agosto a março. A soma de calor é expressa em graus – dias.

3.6 Análise Estatística

Foram realizadas análises de variância com 5% de significância, dos valores de minerais nos pecíolos nos dois anos, para cada cultivar em cada época de amostragem, através do software “PlotIT” (Scientific Programming Enterprises, 1997). A análise estatística não foi realizada entre as cultivares, uma vez que há somente um vinhedo para cada variedade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos Dados Climáticos

A tabela 2 apresenta os dados climáticos registrados e o cálculo da amplitude e soma de calor nos dois anos, na região onde se localizam os vinhedos estudados. Os meses considerados foram aqueles entre a brotação e a colheita, no caso de agosto a março. Estes parâmetros irão influenciar no crescimento, produção e absorção de nutrientes pelas videiras (WINKLER et al.,1974).

A época I de amostragem corresponde ao mês de outubro, e a época II, corresponde ao mês de novembro.

Tabela 2 - Valores de precipitação (mm), temperatura máxima, média e mínima (°C), amplitude e soma de calor registradas durante duas safras (ano 1: safra 2003/04 e ano 2: safra 2004/05).

	Ano	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Soma
Precipitação (mm)	1	99	79	286	269	497	26	31	142	1429
	2	100	152	145	195	89	74	71	93	919
	Média ¹	137	154	146	132	133	145	130	152	1129
T ^a Máxima (°C)	1	19,7	23,1	27,1	31,2	30,1	35,4	31,9	29,7	-
	2	21,1	24,7	27,6	28,6	32,6	32,3	31,0	31,8	-
T ^a Mínima (°C)	1	8,1	10,9	14,8	16,0	16,8	19,7	17,7	16,6	-
	2	10,7	13,0	11,7	15,0	16,7	17,3	18,6	17,5	-
T ^a media (°C)	1	13,9	17,0	20,9	28,6	23,4	27,6	24,8	23,1	-
	2	15,9	18,9	19,7	23,5	26,3	26,2	23,1	24,7	-
	Média ¹	14,6	16,2	18,8	21,4	22,7	24,6	24,0	22,2	-
Amplitude ²	1	11,6	12,2	12,3	15,2	13,3	15,7	14,2	13,1	-
	2	10,4	11,6	15,7	13,0	15,4	14,2	12,0	14,3	-
Soma de calor	1	121,0	209,3	399,2	407,6	415,6	544,5	428,8	407,2	2.933,2
	2	183,5	265,5	299,3	405,6	506,2	559,6	413,2	454,6	3.087,6

¹Média do município de Santa Maria durante 30 anos (1960-1990), segundo EMBRAPA (2003).

²Diferença entre as temperaturas máximas e mínimas

Os dados mostram que em relação à precipitação pluviométrica, o ano 2 pode ser considerado um ano mais seco, com uma diferença de 510 mm em relação ao ano 1. Em relação ao período vegetativo (agosto e setembro), a precipitação foi de 178 mm no ano 1 e 252 mm no ano 2. No período de florescimento e fixação dos frutos (outubro e novembro), o ano 1 teve 555 mm e o ano 2 teve 340 mm. No período de maturação da uva (dezembro a março), o ano 1 teve 696 mm e o ano 2 teve 327 mm.

A temperatura efetiva apresentou uma diferença de 154,4 horas a mais no ano 2, ou seja, o ano 2 foi um pouco mais seco e quente durante o ciclo vegetativo da videira. Entretanto, os dois anos podem ser considerados muito semelhantes, o que permite uma melhor comparação entre os dados obtidos nos dois anos de estudo. Podemos supor que, no ano 1, os vinhedos da variedade Pinot noir tenham sido influenciados pela alta precipitação do mês de dezembro deste ano, uma vez que esta variedade é a primeira a ser colhida em relação as outras três variedades estudadas.

A tabela 3 apresenta o somatório de calor e precipitação para cada vinhedo individualmente, nos dois anos de estudo, do período de agosto até o momento da colheita. Estes dados são importantes para o entendimento de que as uvas nos diferentes vinhedos estiveram expostas as condições climáticas diversas. Poderíamos supor que com a finalidade de avaliar as condições climáticas no período de maturação, seria mais interessante apresentar os dados do período entre o “veraison” e a colheita; entretanto, nosso objetivo foi avaliar a absorção de nutrientes nas várias fases do ciclo vegetativo.

Tabela 3 – Valores de precipitação pluviométrica (mm) e soma de calor (graus dia) no período de agosto até o momento da colheita registradas durante duas safras (ano 1: safra 2003/04 e ano 2: safra 2004/05).

	Ano	Pinot noir vinhedos 1 e 2	Merlot	Cabernet Sauvignon Vinhedo 1	Cabernet Sauvignon Vinhedo 2	Cabernet Sauvignon Vinhedo 3	Shiraz
Precipitação (mm)	1	1242	1284	1287	1287	1287	1287
	2	747	755	826	826	826	826
Soma de calor	1	1870,8	2000,3	2334,8	2334,8	2425,7	2425,7
	2	2038,5	2334,0	2476,7	2476,7	2755,2	2415,0

4. 2 Análises Peciolares

4.2.1. Nitrogênio

Analisando-se a variação ocorrida entre os dois anos, na mesma época (tabela 4), observamos que, na época I, somente o vinhedo de Merlot e o vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon apresentaram diferenças significativas entre os dois anos analisados, tendo ocorrido uma redução nos teores de nitrogênio em ambos. Os demais vinhedos não apresentaram diferenças significativas, entretanto, observa-se que, a exceção do vinhedo 2 de Cabernet Sauvignon, os demais mostraram um decréscimo nos valores de nitrogênio. Em relação à amostragem realizada na época II (30 dias após a floração), nos dois vinhedos de Pinot noir, no vinhedo de Shiraz e nos vinhedos 1 e 2 de Cabernet Sauvignon, os valores no ano 2 foram maiores em relação ao ano 1. Somente o vinhedo de Merlot e vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon apresentaram valores mais elevados no ano 1. Em relação a queda nos valores de nitrogênio nos pecíolos amostrados na floração no ano 2 em relação ao ano 1, sugere-se que um dos fatores responsáveis seja a menor precipitação ocorrida no mês de outubro do ano 2 (tabela 2), uma vez que a absorção e utilização de nitrogênio pela videira são mais eficientes quando o solo possui uma umidade adequada (ALLEWELDT et al., 1984). Já na época II, mês de novembro (tabela 2), o ano 2 também apresentou uma precipitação menor do que aquela registrada no ano 1, porém superior ao mês anterior, fato que pode ter contribuído para o aumento na absorção de nitrogênio.

Analisando-se a variação encontrada entre as épocas em cada ano (tabela 5), observa-se claramente uma queda significativa nos valores de nitrogênio na amostragem realizada na época II em relação a amostragem realizada na floração (época I), em todos os vinhedos estudados, em ambos os anos. Essa queda nos valores entre a época I e II também foi encontrada por Cook & Kishaba (1956), Lovelle & Garcia – Rodeja (1994). Pesquisas realizadas por Conradie (1980) com videiras em zonas quentes, mostram que após a queda os valores de nitrogênio permanecem estáveis. A maior concentração de nitrogênio em tecidos vegetativos ocorre durante a sua formação, declinando a uma taxa relativamente constante (WERMELINGER & KOBLET, 1990), explicando assim, a diferença nos valores encontrados entre as duas épocas como uma exigência dos frutos recém formados.

Tabela 4 – Comparação entre as médias da concentração de nitrogênio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):

Variedade	Época I				Época II			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	8,93 ^{a***}	8,43 ^a	5,64	0,40	4,96 ^a	5,53 ^a	3,19	0,10
Pinot noir- Vinhedo 2	8,13 ^a	8,04 ^a	6,68	0,44	4,66 ^a	5,41 ^b	1,91	0,05
Merlot	14,31 ^b	6,54 ^a	5,51	0,48	4,76 ^a	4,27 ^b	0,96	0,02
Cabernet Sauvignon -Vinhedo 1	8,93 ^a	8,43 ^a	5,67	0,40	4,35 ^a	4,45 ^a	5,26	0,13
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	9,41 ^a	10,30 ^a	3,09	0,25	4,23 ^a	4,69 ^b	2,28	0,06
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	15,18 ^b	10,62 ^a	2,09	0,22	5,24 ^a	4,71 ^a	5,97	0,17
Shiraz	14,90 ^a	11,99 ^a	10,03	1,10	4,55 ^a	6,10 ^b	5,75	0,18

*CV – coeficiente de variação / **Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 5 – Comparação entre as médias da concentração de nitrogênio (g.kg^{-1}), nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Ano 1				Ano 2			
	Época I	Época II	CV*	Erro**	Época I	Época II	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	8.93 ^{b***}	4.96 ^a	6,38	0,26	8,43 ^b	5,53 ^a	1,52	0,06
Pinot noir – Vinhedo 2	8,13 ^b	4,66 ^a	7,42	0,27	8,04 ^b	5,41 ^a	2,44	0,09
Merlot	14,31 ^b	4,76 ^a	7,38	0,41	6,54 ^b	4,27 ^a	4,16	0,13
Cabernet Sauvignon –Vinhedo 1	10,39 ^b	4,35 ^a	5,79	0,25	6,89 ^b	4,45 ^a	1,31	0,04
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	9,41 ^b	4,23 ^a	4,46	0,18	10,30 ^b	4,69 ^a	1,44	0,06
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	15,17 ^b	5,24 ^a	2,03	0,12	10,62 ^b	4,71 ^a	1,13	0,05
Shiraz	14,90 ^b	4,55 ^a	5,32	0,30	11,99 ^b	6,10 ^a	9,36	0,49

*CV – coeficiente de variação / **Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Estudos realizados por Possingham (1970) e posteriormente por Löhnertz (1991) demonstram que o ciclo endógeno de nitrogênio em videiras faz com que esta seja independente de abastecimento de nitrogênio pelo solo, especialmente no período brotação até o estágio de 2 ou 3 folhas separadas. Mais de 20% das reservas de nitrogênio do tecido da

madeira lenhosa são utilizadas na floração, mesmo que o solo tenha uma disponibilidade de nitrogênio suficiente. Conradie (1991) divide o ciclo de nitrogênio da videira em quatro fases: 1- o início da brotação até o final do florescimento; 2- final do florescimento até veraison; 3- veraison até a colheita; 4- pós-colheita. Na fase 1, correspondente a época I de amostragem, a planta é parcialmente dependente das reservas de nitrogênio acumuladas na outra estação, sendo que o nitrogênio absorvido pelas raízes nesta fase é translocado para as folhas, principais drenos neste momento. Durante a fase 2, parte da época II de amostragem, a quantidade de nitrogênio absorvida é suficiente para suprir a demanda pela planta, mas as reservas podem ser ocasionalmente requeridas, ocorrendo ao mesmo tempo um influxo/efluxo de nitrogênio nas estruturas permanentes da videira.

Trabalhos realizados com nitrogênio marcado indicam que, após o florescimento, o nitrogênio absorvido no período de crescimento é translocado para os órgãos em crescimento, sendo que as folhas não são mais o dreno (CONRADIE, 1991). Na fase 3, as raízes já estão diminuindo a taxa de absorção de nitrogênio, e os frutos são o principal dreno. Estudos realizados com nitrogênio marcado, comprovam que a videira possui dois picos de absorção de nitrogênio: o primeiro ocorre da floração ao veraison e o segundo após a colheita das uvas até a queda das folhas (CONRADIE, 1980; SMART, 1991); entretanto este segundo pico de absorção foi registrado em estudos com vinhedos localizados em zonas mais quentes, onde o ciclo vegetativo prolonga-se após a colheita. Com isso, a adubação nitrogenada após a colheita só é recomendada para vinhedos em zonas quentes, quando há precipitação ou irrigação (CONRADIE, 1980).

Tabela 6. Padrões de teores de nitrogênio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração .

Faixa de Interpretação	MELO ¹	SIPIORA ²
Insuficiente	< 4,0	--
Abaixo do normal	4,5 – 6,0	< 8,0
Normal	6,5 – 9,5	8,0 – 12,0
Acima do normal	9,5 – 12,5	> 13,0
Excessivo	> 12,5	--

¹ MELO (2002)

² SIPIORA (1996)

Comparando os dados obtidos neste trabalho para a época I com os valores de referência (tabela 6), observa-se que no ano 1, o vinhedo de Merlot, de Shiraz e vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon apresentaram valores de nitrogênio acima de 12 g.kg^{-1} , sendo que os dois vinhedos de Pinot noir e os vinhedos 1 e 2 de Cabernet Sauvignon apresentaram conteúdos na faixa de 8 a 12 g.kg^{-1} , valores considerados normais. Já no ano 2, todos os vinhedos estudados apresentaram valores na faixa considerada adequada, a exceção do vinhedo de Merlot, que apresentou uma redução significativa, porém, pela classificação sugerida por Melo, o valor pode ser considerado normal. Os resultados obtidos no ano 2 são consequência do programa de fertilização adotado após as análises peciolas do ano 1, buscando o equilíbrio nutricional destas videiras, que é um dos objetivos deste trabalho. Essa queda nos valores de Merlot indica que este vinhedo necessitará de uma adubação nitrogenada superior em relação aos outros vinhedos em estudo. Naqueles vinhedos em que as quantidades de nitrogênio estão na faixa dos valores considerados como adequados, as quantidades de adubação nitrogenada parecem estar sendo adequadas e o programa deve ser mantido.

Considerando que estes vinhedos possuem um vigor adequado, concluímos que, neste caso, os níveis de adubação nitrogenada estão bons, e a adubação deve continuar nas quantidades em que estão sendo utilizadas. Todavia, deve-se tomar cuidado com adubações nitrogenadas excessivas, uma vez que os valores já estão dentro do limite considerado normal. Um excesso de nitrogênio poderia resultar em problemas de manejo e aumentar o sombreamento dos cachos, o que poderia resultar num aumento nas quantidades de potássio e pH nas uvas, além de uma redução nas quantidades de antocianinas (ROJAS LARA & MORISON, 1989).

Outro parâmetro importante a ser analisado é o conteúdo de nitrogênio no mosto que será fermentado. Kliewer (1991) alerta para a necessidade de maiores pesquisas que relacionem a adubação nitrogenada com o conteúdo de nitrogênio no mosto. Boeira & Daudt (1995a) sugerem que a fertilização nitrogenada aumenta a concentração de nitrogênio total no mosto. O aumento nas quantidades de nitrogênio aplicadas no solo também pode resultar num aumento nos teores de alguns compostos voláteis, tais como o propanol-1 (BOEIRA & DAUDT, 1995b), além de um aumento dos teores de arginina em mostos e, conseqüentemente, de uréia em vinhos (BOEIRA et al., 1995; Daudt et al., 1995). Deve-se prestar atenção a este aumento (OUGH et al., 1989), uma vez que trabalhos detectaram que o aumento nas quantidades de uréia em vinhos resultou em um aumento nas quantidades de etilcarbamatos em vinhos (OUGH et al., 1988). O aumento na fertilização nitrogenada também poderá ter reflexos nas quantidades de amins voláteis presentes nos vinhos

(BERTRAND et al., 1991), sendo sua presença em uvas detectada pela primeira vez por Daudt & Ough (1982).

4.2.2. Fósforo

A tabela 7 compara os valores de fósforo encontrados na análise peciolar nas variedades Pinot noir, Merlot, Cabernet Sauvignon e Shiraz, nos dois anos estudados em cada época de amostragem. Observa-se que nas análises realizadas na época I (floração), somente o vinhedo 1 de Cabernet Sauvignon apresentou diferença significativa entre os dois anos, sendo a concentração de fósforo maior no ano 2. Apesar de não apresentar diferença significativa, os dois vinhedos de Pinot noir apresentaram valores de fósforo maiores no ano 2; já nos vinhedos 2 e 3 de Cabernet Sauvignon, no vinhedo de Merlot e no vinhedo de Shiraz, os valores sofreram um decréscimo em relação ao ano 1. Nas análises realizadas nas amostras retiradas 30 dias após a floração (época II), os dois vinhedos de Pinot noir apresentaram valores significativamente mais elevados no ano 2 em relação ao ano 1. Observa-se um comportamento oposto no vinhedo de Merlot, onde os valores no ano 2 foram significativamente menores. Nos vinhedos de Cabernet Sauvignon e de Shiraz não foram observadas diferenças significativas. Estudos realizados por 4 anos consecutivos sugerem que esta época de amostragem corresponderia ao período de estabilização dos valores de fósforo, ou seja, os valores de fósforo irão manter-se neste nível até a colheita das uvas (CHRISTENSEN, 1969).

Comparando as diferenças encontradas entre os valores obtidos nas duas épocas de amostragem em cada ano (tabela 8), observamos que o vinhedo de Shiraz apresentou valores significativamente maiores na época I em relação a época II, em ambos os anos analisados. Os dois vinhedos de Pinot noir também apresentam valores maiores na época I, porém esta diferença nem sempre foi significativa. O vinhedo de Merlot e os três vinhedos de Cabernet Sauvignon não apresentaram diferenças significativas, sendo os valores encontrados na época I e II muito próximos.

A pequena redução nos valores encontrados na época II em relação a época I também foi observada em estudos realizados por Gil et al. (1973), Christensen (1984), Dal Bó (1993) e Klein et al. (2000). Sabe-se que este mineral possui uma demanda muito reduzida em videiras (DAL BÓ, 1993 e ABDALLA & SEFICK, 1956), o que explicaria esta pequena variação encontrada nos valores de fósforo, tanto entre as épocas quanto entre os anos. Considerando-se que apesar dos vinhedos estarem localizados próximos, o solo pode apresentar variações,

especialmente em relação ao conteúdo de água disponível para as plantas; outro fator de interferência nas quantidades de fósforo registradas é o desenvolvimento diferenciado do sistema radicular em cada vinhedo.

Tabela 7 – Comparação entre as médias da concentração de fósforo (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):

Variedade	Época I				Época II			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	2,77 ^{a***}	3,04 ^a	7,82	0,13	0,88 ^a	2,05 ^b	11,36	0,10
Pinot noir - Vinhedo 2	2,21 ^a	2,77 ^a	16,49	0,24	0,84 ^a	1,80 ^b	9,06	0,07
Merlot	7,10 ^a	5,77 ^a	13,90	0,52	7,45 ^b	5,80 ^a	4,23	0,16
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 1	6,64 ^a	7,53 ^b	1,04	0,04	6,61 ^a	7,49 ^a	5,20	0,21
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	6,73 ^a	6,23 ^a	10,74	0,40	6,36 ^a	6,74 ^a	2,07	0,08
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	7,51 ^a	7,06 ^a	3,55	0,15	7,27 ^a	7,23 ^a	3,63	0,15
Shiraz	5,50 ^a	4,68 ^a	5,54	0,16	1,49 ^a	3,39 ^a	6,38	0,07

*CV – coeficiente de variação / **Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 8 – Comparação entre as médias da concentração de fósforo (g.kg^{-1}), nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Ano 1				Ano 2			
	Época I	Época II	CV*	Erro**	Época I	Época II	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	2,77 ^{b***}	0,88 ^a	6,63	0,07	3,04 ^b	2,05 ^a	9,10	0,13
Pinot noir – Vinhedo 2	2,21 ^b	0,84 ^a	12,11	0,11	2,77 ^a	1,80 ^a	13,32	0,18
Merlot	7,10 ^a	7,45 ^a	6,61	0,28	5,77 ^a	5,80 ^a	7,74	0,26
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 1	6,64 ^a	6,61 ^a	1,91	0,07	7,53 ^a	7,49 ^a	3,95	0,17
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	6,73 ^a	6,36 ^a	2,48	0,09	6,23 ^a	6,74 ^a	11,16	0,42
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	7,51 ^a	7,27 ^a	3,02	0,13	7,06 ^a	7,23 ^a	5,35	0,22
Shiraz	5,50 ^b	1,49 ^a	9,49	0,19	4,68 ^b	2,39 ^a	2,41	0,05

*CV – coeficiente de variação / **Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 9. Padrões de teores de fósforo (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração .

Faixa de Interpretação	MELO ¹	SIPIORA ²
Insuficiente	< 0,9	--
Abaixo do normal	0,9 – 1,5	< 1,0
Normal	1,5 – 2,5	> 1,5
Acima do normal	2,5 – 4,0	--
Excessivo	> 4,0	--

¹ MELO (2002)

² SIPIORA (1996)

Considerando os valores de referência indicados por Sipiora (1996), apresentados na tabela 9, todos os vinhedos, nos dois anos estudados, seriam classificados na faixa normal de fósforo. Entretanto, pela interpretação sugerida por Melo, no ano 1 somente os valores encontrados nos vinhedos de Pinot noir poderiam ser considerados como normais, o restante seria classificado como excessivo. Já no ano 2, segundo esta última sugestão, em todos os vinhedos os valores podem ser considerados como acima do normal ou excessivos.

De acordo com os resultados obtidos pode-se sugerir o seguinte manejo: a) nos vinhedos de Pinot noir, os níveis aumentaram no ano 2 em relação ao ano 1, indicando que a adubação pode ser reduzida; b) os vinhedos de Shiraz e Merlot já apresentam queda dos valores no ano 2, sugerindo que a adubação pode continuar nos níveis atuais; c) nos vinhedos de Cabernet Sauvignon os valores no ano 2 mantiveram-se em excesso, portanto a adubação poderia ser suspensa por um período. Todavia, este manejo só deve ser realizado mediante a continuidade das análises peciolas, evitando-se assim, que ocorra uma futura deficiência de fósforo nestes vinhedos. Deve-se sempre prestar atenção ao fato de que nem todos os elementos são facilmente controláveis em curto espaço de tempo, e alguns ainda devem ser interpretados individualmente por variedade, clima, relevo, terreno, etc. Por isso, a análise peciolar, e a comparação dos dados obtidos, devem ser um processo contínuo durante os anos de cultivo de um vinhedo.

4.2.3. Potássio

Comparando-se as médias obtidas nos dois anos de estudo em cada época (tabela 10), nota-se que na época I (floração), os dois vinhedos de Pinot noir, o vinhedo de Shiraz e os vinhedos 2 e 3 de Cabernet Sauvignon apresentaram teores significativamente menores no

ano 2 quando comparados aos valores obtidos no ano 1. Somente o vinhedo de Merlot e o vinhedo 1 de Cabernet Sauvignon apresentaram valores significativamente maiores de potássio no segundo ano de análise. Em relação a amostragem realizada 30 dias após a floração (época II), nota-se que em todos os vinhedos ocorreu uma diminuição significativa dos teores deste mineral no ano 2 em relação ao ano 1. Como já dito anteriormente, estes vinhedos apresentavam valores de pH elevados nas uvas no momento da colheita, portanto a redução nos valores de potássio na análise peciolar no ano 2 pode ser considerada como uma resposta positiva ao programa de fertilização e manejo do vinhedo realizados com base nas análises peciolas do ano 1.

Tabela 10 – Comparação entre as médias da concentração de potássio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):

Variedade	Época I				Época II			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	54,61 ^{b***}	21,10 ^a	3,43	0,75	45,80 ^b	26,16 ^a	7,76	1,61
Pinot noir - Vinhedo 2	45,32 ^b	18,83 ^a	2,23	0,41	39,51 ^b	24,37 ^a	12,53	2,31
Merlot	17,07 ^a	19,80 ^b	3,08	0,46	52,21 ^b	26,96 ^a	6,03	1,38
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 1	8,92 ^a	17,79 ^b	9,14	0,70	45,59 ^b	21,60 ^a	14,20	2,75
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	24,40 ^b	15,02 ^a	2,79	0,32	49,91 ^b	20,18 ^a	5,58	1,13
Cabernet Sauvignon –Vinhedo 3	18,46 ^b	12,14 ^a	12,42	1,10	61,60 ^b	27,53 ^a	5,93	1,53
Shiraz	58,00 ^b	20,84 ^a	5,71	1,30	56,37 ^b	33,89 ^a	2,33	0,61

*CV – coeficiente de variação / **Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

No entanto, esta menor absorção deste mineral na época II do ano 2 (em relação à época II do ano 1), pode também ser atribuída, em parte, a menor disponibilidade de potássio na época I do ano 2, fruto da ausência de adubação potássica nestes 2 anos de estudo, numa tentativa de controlar o pH futuro nas uvas e nos vinhos.

Analisando a análise estatística entre as médias das duas épocas de amostragem, para cada ano estudado (tabela 11), no ano 1, observamos que nos dois vinhedos de Pinot noir e no vinhedo de Shiraz, as quantidades de potássio encontradas nos pecíolos na época I são mais elevadas que na época 2, sendo que a diferença só foi significativa no vinhedo 1 de Pinot noir. No outro ano, todos os vinhedos apresentaram valores de potássio maiores na época II, ano sendo esta significativa em todos os casos.

Tabela 11- Comparação entre as médias da concentração de potássio (g.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Ano 1				Ano 2			
	Época I	Época II	CV*	Erro**	Época I	Época II	CV	Erro
Pinot - Vinhedo 1	54,61 ^{b***}	45,80 ^a	3,54	1,03	21,09 ^a	26,16 ^a	16,1	2,21
Pinot – Vinhedo 2	45,32 ^a	39,51 ^a	5,42	1,33	18,83 ^a	24,38 ^b	6,68	0,83
Merlot	17,07 ^a	52,21 ^b	2,11	0,43	19,80 ^a	26,96 ^a	9,76	1,32
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 1	8,91 ^a	45,59 ^b	14,2	2,24	17,79 ^a	21,60 ^a	10,4	1,18
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	24,40 ^a	49,91 ^b	6,36	1,36	15,02 ^a	20,19 ^b	6,37	0,65
Cabernet Sauvignon -Vinhedo 3	18,46 ^a	61,60 ^b	2,13	0,49	12,14 ^a	27,53 ^b	17,4	1,99
Shiraz	58,00 ^a	51,75 ^a	11,4	3,62	20,84 ^a	33,89 ^b	5,40	0,85

* CV – coeficiente de variação / ** Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

No vinhedo de Merlot e nos três vinhedos de Cabernet Sauvignon, no ano 1, os valores encontrados na época I são menores que na época II, ocorrendo diferença significativa. No ano 2, este comportamento permanece, apesar dos valores encontrados nos vinhedos 1 de Cabernet Sauvignon e de Merlot não apresentarem diferença estatística. Esse comportamento, de aumento nas quantidades de potássio na época II do ano 2, mostra que, apesar da ausência de adubação potássica nestes anos, o mesmo está disponível no solo para a planta quando esta necessita. Neste caso, é provável que o este potássio foi absorvido para a formação do fruto; idéia também sugerida por Gil et al (1973).

Pesquisas realizadas por Hepner & Bravdo (1985) confirmam que o conteúdo de potássio nos pecíolos é maior na floração que na colheita. Estudos mostram que a planta absorve potássio até o veraison; após este ponto, o potássio é apenas remobilizado para os frutos - principal dreno de potássio durante o processo de maturação (WOLPERT et al., 2005). Portanto, os valores obtidos na floração refletem a quantidade de potássio que está sendo absorvida pela planta. Os resultados deste trabalho parecem concordar, em sua maioria, com este último autor, ou seja, a planta continuou absorvendo potássio 30 dias após a floração e, provavelmente, continuaria absorvendo até o veraison.

Como a época II corresponde ao período de 30 dias após a floração, as plantas ainda estavam absorvendo potássio pelas raízes. A observação de que em alguns casos as

quantidades de potássio aumentaram na época II, em relação a época I, mostra que nestes vinhedos a absorção tornou-se mais intensa após a floração e que havia potássio disponível no solo, mesmo com a ausência da adubação.

Nos vinhedos nos quais os valores de potássio na floração foram menores no ano 2 em relação ao ano 1, vários fatores podem estar contribuindo, tais como: a) ausência de adubação potássica antes da floração no ano 2; b) mudança da atividade da enzima ATPase, por diversos fatores, especialmente em relação ao clima e manejo do vinhedo.

Nos dois vinhedos que apresentaram comportamento diverso dos demais, ou seja, onde os teores de potássio na época I foram significativamente mais elevados no ano 2 em relação ao ano 1 (vinhedo 1 de Cabernet Sauvignon e vinhedo de Merlot), poderia-se supor que um dos motivos para o aumento seria o porta enxerto utilizado. Entretanto, o fato dos outros dois vinhedos de Cabernet Sauvignon, que possuem o mesmo porta-enxerto, não terem apresentado o mesmo comportamento, serve para reforçar a hipótese de que o solo destes vinhedos tinham, e ainda tem, potássio disponível em quantidade suficiente para as videiras.

Devido ao reduzido número de vinhedos amostrados, não podemos inferir sobre as características de cada cultivar em relação a absorção de potássio, entretanto, notamos que há uma grande variação nos dados obtidos entre as cultivares. Estudos realizados por Christensen (1984), analisando 26 cultivares de *Vitis vinifera*, através de análise peciolar na época da floração, durante três anos, mostraram grandes diferenças entre as cultivares. Da mesma forma, as variações nas características do solo também irão influenciar (ETOURNED & LOUE, 1984).

A tabela 12 apresenta os valores de referência para valores de potássio em pecíolos amostrados na floração. No ano 1, somente o vinhedo 1 de Cabernet Sauvignon seria classificado como abaixo do normal, em ambas as classificações. De acordo com a classificação proposta por Sipiara, os valores nos demais vinhedos seriam considerados normais. Entretanto, pelas recomendações apresentadas por Melo e Winkler, os valores de potássio nos vinhedos 1 e 2 de Pinot noir e o de Shiraz seriam considerados como excessivos. A análise realizada no ano seguinte, mostra que todos os vinhedos apresentaram valores classificados como valores normais pelas recomendações, a exceção do vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon que apresentou teores considerados abaixo do normal. Outra recomendação existente é aquela descrita por Cook & Carlson (1961) que estabeleceram para vinhedos da Califórnia, um nível de 15 g.kg^{-1} na floração como suficientemente alto para descartar a necessidade de fertilização potássica.

Tabela 12. Padrões de teores de potássio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração .

Faixa de Interpretação	MELO ¹	SIPIORA ²	WINKLER ³
Insuficiente	< 8	--	--
Abaixo do normal	8 – 15	< 10	--
Normal	15 – 25	> 15	--
Acima do normal	25 – 35	--	> 45
Excessivo	> 35	--	---

¹ MELO (2002)

² SIPIORA (1996)

³ WINKLER et al. (1976)

Estes resultados mostram que a adubação e o manejo realizados nestes vinhedos, bem como o clima registrado no ano 2, permitiram que a absorção de potássio ocorresse nos níveis adequados. É importante ressaltar que na época II do ano em questão, apesar de alguns valores terem aumentado em relação a época I, estes permaneceram numa faixa bem inferior à aquela registrada na época II do ano 1. O risco da ausência da adubação potássica é que com os passar dos anos, as plantas comecem a apresentar sintomas de deficiência (HEPNER & BRAVDO, 1985). Por esse motivo, a análise peciolar deve ser realizada todos os anos, possibilitando assim, o monitoramento das quantidades de potássio absorvidas.

4.2.4. Magnésio

A tabela 13 refere-se aos valores de magnésio obtidos pela análise peciolar nos dois anos estudados em cada época de amostragem. Analisando os resultados apresentados na época I, notamos que todos os vinhedos apresentam valores significativamente menores no ano 2 em relação ao ano 1, com exceção do vinhedo 1 de Pinot noir (que também apresentou uma redução, porém, sem ser significativa). Os valores obtidos nas análises realizadas na época II apresentaram comportamentos semelhantes, sendo todos os valores significativamente menores no ano 2 em relação ao ano 1. Variando a época com o ano fixo (tabela 14) e comparando-se os valores entre a época I e II, observa-se pouca variação, com pequenas diferenças significativas, sem muito significado prático.

Comparando os resultados obtidos com os padrões geralmente sugeridos (tabela 15), observamos que os valores de magnésio apresentados na floração, no ano 1, nos vinhedos de Pinot noir, seriam classificados como abaixo do normal pela classificação proposta por

Sipiora, sendo os demais valores classificados como normais; já no ano 2, todos os vinhedos poderiam ser classificados como abaixo do normal. Já pela classificação proposta por Melo, no ano 1, somente o vinhedo 1 de Pinot noir seria classificado como abaixo do normal, todos os demais estão dentro dos limites considerados como valores normais para este elemento, sendo que no ano 2 todos os vinhedos apresentam valores considerados como abaixo do normal.

Tabela 13 – Comparação entre as médias da concentração de magnésio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):

Variedade	Época I				Época II			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	2,25 ^{a***}	1,59 ^a	10,67	0,12	2,89 ^b	2,00 ^a	5,05	
Pinot noir- Vinhedo 2	2,80 ^b	1,95 ^a	8,96	0,12	3,10 ^b	2,14 ^a	1,87	0,03
Merlot	3,32 ^b	1,60 ^a	7,14	0,10	3,09 ^b	1,51 ^a	7,22	0,10
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 1	3,87 ^b	2,17 ^a	5,09	0,09	3,68 ^b	2,40 ^a	11,95	0,21
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	3,53 ^b	2,03 ^a	7,75	0,12	3,86 ^b	2,67 ^a	3,03	0,06
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	3,68 ^b	2,26 ^a	1,24	0,02	3,10 ^b	1,82 ^a	6,11	0,09
Shiraz	3,07 ^b	1,62 ^a	6,85	0,56	3,04 ^b	1,82 ^a	6,98	0,60

*CV – coeficiente de variação / **Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Embora haja variação na classificação dos vinhedos no ano 1, ambas as referências classificam todos os vinhedos como abaixo do normal no ano 2. Essa queda nos valores indica ou uma necessidade de reajuste no programa de fertilização ou uma certa interferência do potássio.

O efeito antagônico entre potássio e magnésio foi relatado em vários trabalhos de pesquisa (ABDALLA & SEFICK, 1956; HEPNER & BRAVDO, 1985; MOLNÉ I DOMINGO, 1991), ou seja, a medida que os valores de potássio encontrados nos pecíolos aumentaram, os valores de magnésio diminuíram. Entretanto, a análise estatística dos valores encontrados neste trabalho, não apresentou uma correlação negativa significativa entre estes dois minerais. Hepner & Bravdo (1985), por outro lado, obtiveram uma correlação significativa somente em alguns casos. Os diferentes mecanismos de absorção e translocação

destes dois elementos explicam a correlação ser significativa em alguns casos e em outros não (GAUCH, 1972).

Tabela 14 – Comparação entre as médias da concentração de magnésio (g.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Ano 1				Ano 2			
	Época I	Época II	CV*	Erro**	Época I	Época II	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	2,25 ^{a***}	2,98 ^b	2,81	0,26	1,59 ^a	2,00 ^a	14,04	0,89
Pinot noir – Vinhedo 2	2,80 ^a	3,10 ^b	2,67	0,28	1,95 ^a	2,14 ^a	6,48	0,47
Merlot	3,32 ^a	3,09 ^a	6,73	0,76	1,60 ^a	1,51 ^a	9,27	0,51
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 1	3,87 ^a	3,68 ^a	7,76	1,03	2,17 ^a	2,40 ^a	4,67	0,36
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	3,53 ^a	3,86 ^a	3,27	0,42	2,22 ^a	2,67 ^b	4,09	0,35
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	3,68 ^a	3,10 ^a	6,05	0,72	2,25 ^b	1,82 ^a	2,46	0,18
Shiraz	3,07 ^a	3,04 ^a	4,75	0,51	1,62 ^a	1,82 ^a	8,50	0,51

* CV – coeficiente de variação / ** Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 15. Padrões de teores de magnésio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração .

Faixa de Interpretação	MELO ¹	SIPIORA ²
Insuficiente	< 1,5	--
Abaixo do normal	1,5 – 2,5	< 2,0
Normal	2,5 – 5,0	> 3,0
Acima do normal	5,0 – 7,0	--
Excessivo	> 7,0	--

¹ MELO (2002)

² SIPIORA (1996)

A tabela 16 mostra os valores obtidos para a relação K/ Mg em pecíolos na época da floração, calculada a partir dos valores apresentados nas tabelas 10 e 13. Segundo Fregoni (1984 apud GIOVANINNI, 1999), uma relação K/Mg menor que 3 pode ser considerada baixa, entre 3 e 7 como normal e maior que 7 como alta. Desse modo, podemos classificar os dois vinhedos de Pinot noir e o de Shiraz, nos dois anos estudados, como vinhedos com uma alta relação K/ Mg. O vinhedo de Merlot, que estava como uma relação normal no ano 1,

passou a apresentar uma relação acima do normal no ano 2. Os vinhedos de Cabernet Sauvignon, no ano 1 apresentaram uma relação normal, porém, no ano 2, os vinhedos 1 e 2 desta variedade apresentaram relações acima do normal. Tagliavini et al. (1996 apud GIOVANINNI, 1999), cita que quando a relação K/ Mg está acima de 10, pode ocorrer uma antecipação na entrada do repouso vegetativo (pelo dessecamento da ráquis) e um atraso na retomada da atividade vegetativa no ciclo seguinte, bem como sintomas de carência de magnésio.

O fato relevante é que, apesar do controle dos valores de potássio, no ano 2 somente um vinhedo estudado apresentou uma relação K/Mg normal. Isso demonstra que os vinhedos estão desequilibrados e necessitam ser corrigidos. A importância da relação K/Mg aparece nesse ponto, pois não se deve corrigir apenas um ou outro elemento, mas sim, levar em consideração a interação entre os dois elementos. Os resultados obtidos no ano 2, quando comparados com aqueles obtidos no ano 1, mostram que, em geral, houve mais acertos que erros e a reforçam a necessidade de um melhor ajuste no programa.

Tabela 16. Valores da relação K / Mg em pecíolos amostrados na época da floração.

Variedade	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**
Pinot noir – Vinhedo 1	24,41 ^{b***}	13,26 ^a	9,09	1,40
Pinot noir– Vinhedo 2	16,19 ^b	9,69 ^a	7,16	0,77
Merlot	5,13 ^a	12,37 ^b	6,25	0,45
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 1	2,31 ^a	8,21 ^b	12,03	0,52
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 2	6,93 ^a	7,82 ^a	19,05	1,15
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 3	5,02 ^a	5,38 ^a	13,55	0,58
Shiraz	18,88 ^b	12,88 ^a	3,73	0,48

* CV – coeficiente de variação / **Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p< 0,05).

4.2.5. Cálcio

Analisando a variação entre os anos para cada época (tabela 17), observamos que, no ano 1, os dois vinhedos de Pinot noir apresentaram valores significativamente maiores no ano 2 em relação ao ano 1. Somente o vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon apresenta valores significativamente maiores no ano 1. Os demais vinhedos apresentam uma pequena variação entre os dois anos, não sendo estas diferenças significativas. Em relação a comparação entre os anos na época II, os dois vinhedos de Pinot noir e o de Shiraz não apresentaram diferença

significativa entre os anos. O vinhedo de Merlot apresentou valores significativamente maiores no ano 2. Comportamento oposto foi observado nos vinhedos de Cabernet Sauvignon, onde os valores foram significativamente maiores no ano 1 em relação ao ano 2 para este época de amostragem.

Em relação comparação entre as médias entre as duas épocas de amostragem, para cada ano estudado (tabela 18), ou seja, variando a época e mantendo-se o ano fixo, observamos uma pequena variação entre as duas épocas, algumas apresentando diferenças significativas. No mesmo vinhedo, os dados apresentam variações entre os anos em relação à diferença nos valores de cálcio entre as duas épocas, apresentando ora valores mais altos na época II e ora na época I.

Tabela 17 – Comparação entre as médias da concentração de cálcio (g.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):

Variedade	Época I				Época II			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	18,83 ^{a***}	24,54 ^b	6,21	0,78	23,33 ^a	23,83 ^a	4,11	0,56
Pinot noir - Vinhedo 2	20,11 ^a	23,83 ^b	3,46	0,44	22,83 ^a	21,25 ^a	2,32	0,29
Merlot	18,69 ^a	19,39 ^a	2,28	0,25	17,96 ^a	19,46 ^b	2,21	0,23
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 1	20,80 ^a	20,11 ^a	3,89	0,46	23,33 ^b	21,55 ^a	2,03	0,26
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 2	19,78 ^a	19,59 ^a	7,11	0,81	23,04 ^b	21,54 ^a	0,22	0,03
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 3	21,98 ^b	20,17 ^a	1,40	0,17	24,12 ^b	20,51 ^a	2,49	0,32
Shiraz	21,05 ^a	17,09 ^a	7,29	0,81	22,99 ^a	21,25 ^a	7,48	0,96

* CV – coeficiente de variação / ** Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Comparando os valores de cálcio obtidos na época I (tabela 17), com os valores recomendados por Sipiora (1996), tabela 19, os mesmos podem ser classificados como valores normais. Analisando os valores de acordo com a recomendação de Melo, no ano 1, os vinhedos 3 de Cabernet Sauvignon e de Shiraz estariam um pouco acima do normal, os demais apresentam valores normais. Já no ano 2, por esta mesma recomendação, estes dois vinhedos estariam um pouco acima do normal, sendo os valores obtidos nos demais vinhedos considerados normais. Os resultados encontrados demonstram que a adubação de cálcio pelo programa de fertilização aplicado nestes vinhedos está sendo satisfatória.

Tabela 18 – Comparação entre as médias da concentração de cálcio (g.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Ano 1				Ano 2			
	Época I	Época II	CV*	Erro**	Época I	Época II	CV	Erro
Pinot Noir - Vinhedo 1	18,83 ^{***}	23,33 ^b	4,53	0,55	24,54 ^a	23,83 ^a	5,68	0,79
Pinot noir - Vinhedo 2	20,11 ^a	22,83 ^b	2,85	0,35	23,83 ^b	21,25 ^a	2,11	0,28
Merlot	18,69 ^b	17,96 ^a	1,04	0,11	19,38 ^a	19,46 ^a	1,46	0,16
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 1	20,80 ^a	23,32 ^a	4,56	0,58	20,11 ^a	21,55 ^a	2,84	0,34
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 2	19,78 ^a	23,04 ^b	1,05	0,13	19,59 ^a	21,54 ^a	7,08	0,84
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 3	21,98 ^a	24,12 ^b	1,17	0,22	20,17 ^a	20,51 ^b	0,35	0,04
Shiraz	21,05 ^a	22,99 ^a	8,06	1,02	17,09 ^a	21,25 ^b	5,37	0,59

* CV – coeficiente de variação / ** Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 19. Padrões de teores de cálcio (g.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração .

Faixa de Interpretação	MELO ¹	SIPIORA ²
Insuficiente	< 5,0	--
Abaixo do normal	5,0 – 10,0	--
Normal	10,0 – 20,0	12,0 – 25,0
Acima do normal	20,0 – 30,0	--
Excessivo	> 30,0	--

¹ MELO (2002)

² SIPIORA (1996)

4.2.6. Boro

A tabela 20 apresenta os valores de boro (mg.kg^{-1}) encontrados na análise peciolar nos dois anos de estudo para cada época de amostragem, floração e 30 dias após, nas variedades Pinot noir, Merlot, Cabernet Sauvignon, Merlot e Shiraz.

Em relação à época I de amostragem, analisando-se a variação entre os anos na mesma época, observa-se que em todos os vinhedos estudados, os valores foram significativamente menores no ano 2. O mesmo comportamento é observado na época II, com exceção dos vinhedos de Pinot noir, que não apresentaram diferenças significativas entre os dois anos.

Tabela 20 – Comparação entre as médias da concentração de boro (mg.kg^{-1}) nos dois anos de estudos encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em Itaara / RS, (ano 1: safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05):

Variedade	Época I				Época II			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	52,27 ^{b***}	26,12 ^a	11,71	2,65	35,60 ^a	28,44 ^a	2,49	0,46
Pinot noir - Vinhedo 2	59,55 ^b	29,09 ^a	7,01	1,79	36,53 ^a	32,04 ^a	7,65	1,51
Merlot	53,90 ^b	33,58 ^a	7,50	1,89	51,20 ^b	28,67 ^a	5,77	1,33
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 1	45,81 ^b	34,55 ^a	6,87	1,59	43,80 ^b	25,85 ^a	2,12	0,43
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 2	51,52 ^b	35,51 ^a	6,38	1,61	55,04 ^b	23,26 ^a	8,68	1,96
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	52,35 ^b	34,52 ^a	6,06	1,52	51,19 ^b	29,40 ^a	3,52	0,82
Shiraz	56,79 ^b	38,04 ^a	1,68	0,46	48,57 ^b	34,00 ^a	6,36	1,52

* CV – coeficiente de variação / ** Erro – erro padrão da média do tratamento

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 21 – Comparação entre as médias da concentração de boro (mg.kg^{-1}) nas duas épocas de amostragem (floração: época I e 30 dias após: época II) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Ano 1				Ano 2			
	Época I	Época II	CV*	Erro**	Época I	Época II	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	52,27 ^{a***}	35,60 ^b	11,76	2,98	26,11 ^a	28,44 ^a	12,03	1,89
Pinot noir - Vinhedo 2	59,55 ^b	36,53 ^a	2,82	0,78	29,09 ^a	32,04 ^a	8,62	1,52
Merlot	53,90 ^a	61,20 ^a	11,66	3,53	33,57 ^b	28,67 ^a	3,48	0,62
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 1	45,81 ^a	43,80 ^a	3,89	1,00	34,55 ^b	25,85 ^a	2,98	0,47
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 2	51,81 ^a	55,04 ^a	1,98	0,61	35,51 ^b	23,26 ^a	3,66	0,62
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 3	52,35 ^a	51,19 ^a	2,82	0,84	34,52 ^a	29,40 ^a	7,45	1,37
Shiraz	56,79 ^b	48,57 ^a	2,85	0,87	38,04 ^b	34,00 ^a	3,19	0,66

* CV – coeficiente de variação / ** Erro – erro padrão da média do tratamento.

*** Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Por outro lado, analisando a variação entre as épocas em cada ano amostrado (tabela 21) e comparando os valores obtidos na época I com a época II, a variação apresentada nos dois anos é pequena, ora aumentando, ora diminuindo, com diferenças significativas em alguns casos.

De acordo com as recomendações citadas na tabela 22, todos os valores de boro na época I, em ambos os anos estudados, estão dentro da faixa considerada normal, indicando que estes vinhedos não possuem deficiência de boro. De acordo com Cook et al (1960), quando são registrados valores abaixo de 25 mg.kg⁻¹, os sintomas de deficiência de boro já podem ser visualmente comprovados.

Tabela 22. Padrões de teores de boro (mg.kg⁻¹) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração.

Faixa de Interpretação	MELO ¹	SIPIORA ²	FRAGUAS ³
Insuficiente	< 15,0	--	--
Abaixo do normal	15 – 22	> 25	--
Normal	22 – 60	30 – 100	25 – 100
Acima do normal	50 – 100	> 300	--
Excessivo	> 100	--	--

¹ MELO (2002)

² SIPIORA (1996)

³ FRAGUAS (1996)

Comparando os dados obtidos para a época I no ano 1, observamos que estes são significativamente maiores do que no ano 2 em todos os vinhedos amostrados. Mesmo que ainda estejam na faixa considerada normal, é necessário monitoramento para que estes valores não atinjam níveis considerados insuficientes; isso reforça a necessidade de avaliação constante do programa de fertilização adotado.

4.2.7. Zinco, Ferro, Cobre, Manganês, Enxofre

A análise dos minerais zinco, ferro, cobre, manganês e ferro nos pecíolos foram realizadas somente na floração, uma vez o metabolismo destes minerais é menor em relação aos demais minerais estudados. O objetivo destas análises era verificar se nenhum destes elementos apresentava deficiência, servindo de base de decisão para a fertilização foliar com micronutrientes.

Comparando os valores de zinco apresentados na tabela 23 com os padrões estabelecidos na tabela 25, podemos dizer que, de acordo com Sipiora (1996) os valores encontrados em todos os vinhedos, nos dois anos estudados, podem ser considerados como

normais. Usando os valores recomendados por Melo (2002) como referência, no ano 1 somente no vinhedo de Shiraz o teor de zinco pode ser considerado normal; em todos os outros vinhedos, os valores estão acima do normal, não chegando, porém a serem valores excessivos. No ano 2, observa-se uma queda nos valores de zinco em todos os vinhedos, demonstrando já o efeito da fertilização do ano anterior, uma vez que foi reduzida a dose de zinco utilizada. Entretanto, os valores obtidos nos vinhedos de Pinot noir e no de Merlot ainda podem ser considerados como acima do normal. Já os três vinhedos de Cabernet Sauvignon apresentam valores considerados normais, sendo que os valores para o vinhedo de Shiraz continuaram na faixa normal.

Em relação aos valores de ferro (tabela 23), os valores encontrados no ano 1 para os vinhedos de Pinot noir são considerados como abaixo do normal (tabela 25), sendo que no ano 2, registrou-se um aumento destes valores, passando para a faixa considerada normal, demonstrando mais uma vez o acerto na mudança da fertilização e adoção de um novo programa. Os valores apresentados para o vinhedo de Merlot e vinhedo 2 de Cabernet Sauvignon são considerados como abaixo do normal em ambos os anos. No caso do vinhedo 1 de Cabernet Sauvignon, os valores, normais no ano 1, passam a ser considerados como um pouco abaixo do normal no ano 2. Finalmente, no vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon, os valores sofrem uma pequena variação entre os dois anos, sendo considerados ambos valores como normais.

Analisando os valores de cobre apresentados na tabela 23, podemos classificá-los como normais (tabela 25), nos dois anos estudados, sendo que somente o vinhedo de Merlot apresentou valores significativamente maiores no ano 1 em relação ao ano 2. Devido ao uso constante de cobre nos vinhedos, através do uso da calda bordalesa, este é um elemento para o qual a viticultura deve começar a dar uma atenção maior por várias razões que vão do solo ao produto final, uva, suco ou vinho. Dias (1995), analisando solos de regiões vitícola de Portugal constatou o aumento dos níveis de cobre na camada superficial do solo.

O conteúdo de manganês (tabela 24) parece apresentar uma grande variação nos pecíolos de videiras, uma vez que, valores considerados normais (tabela 25) possuem uma ampla margem de diversificação. Comparando os resultados obtidos neste estudo, todos os valores encontrados estão na faixa considerada normal, apresentando valores significativamente maiores no ano 2 para os valores encontrados nos vinhedos 1 de Pinot noir, 2 e 3 de Cabernet Sauvignon. A quantidade de manganês disponível no solo é influenciada pelo seu material de origem. Porém, em viticultura, as principais fontes de manganês são os fungicidas utilizados no controle fitossanitário. Um dos principais produtos, possui em sua

formulação 80% de princípio ativo chamado Mancozeb, que é um produto da coordenação do íon zinco com etileno-bis-ditiocarbamato de manganês (DAUDT et al., 1992). Por esta razão é extremamente necessário monitorar os níveis de manganês que estão sendo absorvidos pelas plantas, levando-se em consideração que geralmente a concentração em vinhos é igual à quantidade presente em mostos (DAUDT & GARCIA, 1987).

Em relação ao enxofre, não foram encontrados na literatura valores de referência para pecíolos em videira. Uma vez que as videiras podem apresentar sintomas de deficiência pela falta de enxofre, o monitoramento dos níveis deste elemento ao longo dos anos faz-se necessário. Nos vinhedos estudados, pelos dados apresentados na tabela 24, notamos que somente o vinhedo 2 de Pinot noir apresentou uma queda no conteúdo de enxofre no ano 2, todos os demais, apresentam valores mais elevados no ano 2 em relação ao ano 1. A continuação das análises peciolares irá permitir o monitoramento dos níveis de enxofre.

Tabela 23 – Concentração de Zinco, Ferro e Cobre (mg.kg^{-1}) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Zinco				Ferro				Cobre			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV	Erro	Ano 1	Ano 2	CV	Erro
Pinot noir - Vinhedo 1	63,30 ^{b***}	54,07 ^a	2,99	1,01	25,41 ^a	35,15 ^b	4,98	0,97	13,45 ^a	8,68 ^a	19,90	1,28
Pinot noir - Vinhedo 2	59,57 ^a	53,23 ^a	8,94	2,91	27,91 ^a	35,80 ^b	1,65	0,30	15,67 ^a	7,15 ^a	21,99	1,45
Merlot	83,73 ^b	72,60 ^a	0,42	0,19	25,28 ^a	23,92 ^a	8,30	1,18	20,90 ^b	14,56 ^a	4,19	0,43
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 1	66,13 ^b	49,87 ^a	3,48	1,16	30,75 ^a	24,63 ^a	8,31	1,33	14,71 ^a	15,13 ^a	7,13	0,61
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 2	51,77 ^a	43,57 ^a	11,4	3,14	22,31 ^a	26,55 ^a	13,11	1,85	12,44 ^a	13,69 ^a	13,19	0,99
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 3	66,10 ^b	45,07 ^a	6,07	1,95	30,18 ^a	30,76 ^a	7,25	1,26	15,89 ^a	13,55 ^a	6,39	0,54
Shiraz	47,00 ^b	35,90 ^a	5,29	1,26	31,16 ^a	25,96 ^b	14,84	2,45	10,96 ^a	9,84 ^a	4,36	0,26

* CV- coeficiente de variação / ** Erro- erro padrão da média do tratamento. *** Médias seguidas por mesma letra na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 24 – Concentração de Manganês (mg.kg^{-1}) e Enxofre (g.kg^{-1}) encontrados em pecíolos de videiras, amostrados durante a floração (época I) e 30 dias após (época II), em dois anos de estudos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara / RS:

Variedade	Manganês				Enxofre			
	Ano 1	Ano 2	CV*	Erro**	Ano 1	Ano 2	CV ¹	Erro ²
Pinot noir - Vinhedo 1	262,93 ^{a***}	327,7 ^b	5,70	9,72	0,87 ^a	1,42 ^b	6,82	0,04
Pinot noir – Vinhedo 2	301,80 ^a	363,20 ^a	10,70	20,54	1,19 ^a	0,87 ^a	12,57	0,07
Merlot	537,60 ^a	424,67 ^a	15,29	42,49	1,30 ^a	1,76 ^b	6,28	0,05
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 1	391,23 ^a	399,00 ^a	10,52	23,99	0,79 ^a	1,55 ^b	8,76	0,06
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 2	226,20 ^a	342,10 ^b	2,80	4,59	0,76 ^a	1,72 ^b	10,36	0,07
Cabernet Sauvignon - Vinhedo 3	269,20 ^a	349,90 ^b	4,04	7,23	0,92 ^a	1,34 ^a	13,73	0,09
Shiraz	158,97 ^a	159,56 ^a	19,41	17,85	1,01 ^a	1,66 ^b	2,72	0,02

* CV- coeficiente de variação / ** Erro- erro padrão da média do tratamento *** Médias seguidas por mesma letra na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 25. Padrões de teores de zinco, cobre, manganês e ferro (mg.kg^{-1}) para videiras, determinados pela análise de pecíolos, na época da floração.

Faixa de Interpretação	Zinco		Cobre		Manganês		Ferro
	SIPIORA ¹	MELO ²	SIPIORA	MELO	SIPIORA	MELO	SIPIORA
Insuficiente	--	< 15,0	--	< 20	--	< 15	--
Abaixo do normal	< 15	15 – 30	< 3	20 – 35	< 20	15 – 30	< 30
Normal	> 26	30 – 50	> 6	35 – 900	> 35	30 – 150	70 – 200
Acima do normal	--	50 – 100	--	900 – 1500	--	150 - 300	--
Excessivo	--	> 100	--	> 1500	--	>300	--

¹ MELO (2002)

² SIPIORA (1996)

A prática de adubação foliar com micronutrientes é amplamente recomendada em viticultura; entretanto os gastos com os custos com aplicação não terão retorno se a planta já estiver suficientemente suprida. Os resultados obtidos nos vinhedos estudados mostram que somente a adubação com ferro seria recomendada. A análise peciolar é então, uma forma de evitar gastos desnecessários com aplicações de micronutrientes e, ao mesmo tempo, monitorar os valores encontrados, evitando assim deficiências.

4.3 Evolução do potássio em uvas e sua relação com o pH

A figura 1 mostra a evolução dos valores de potássio e de pH encontrados durante o processo de maturação das uvas, nos dois anos estudados, do vinhedo 3 da variedade Cabernet Sauvignon. Observando essa figura, nota-se que até 1 mês após o “veraison”, a quantidade de potássio nas uvas, no ano 2, atinge valores mais elevados que no ano 1. Entretanto, com a continuação do processo de maturação, o valor de potássio no ano 2 diminui bastante. Comparando-se o mesmo período de tempo entre o “veraison” e a colheita, 61 dias, observamos que neste ponto o valor de potássio nas uvas no ano 2 é menor em relação ao ano 1. Da mesma forma, os valores de pH do ano 2, quando comparados ao ano 1, mantêm-se em níveis mais baixos no decorrer da maturação até o mesmo período após o “veraison” (61 dias). Apesar disso, no momento da colheita, observamos que no ano 2 este vinhedo de Cabernet Sauvignon apresentou valores de pH mais elevados que no ano 1 (tabela 26). Deve-se notar que o intervalo de dias, propositadamente, entre o “veraison” e a colheita são maiores no ano 2 (72 dias) do que no ano 1 (61 dias), ou seja, a uva permaneceu mais tempo no campo, favorecendo, assim, uma melhor maturação da uva e um grau Brix mais elevado. Esta

condição foi deixada de propósito para observar a capacidade de amadurecimento da variedade, uma vez que as condições climáticas, em especial a menor precipitação pluviométrica, permitiram que o período de maturação fosse prolongado.

Tabela 26 : Datas de floração, “veraison” e colheita e valores de graus Brix, acidez titulável (g.lt^{-1}) e pH no momento da colheita de três variedades *Vitis vinifera* Pinot noir, Merlot e Cabernet Sauvignon em dois anos de estudo (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05)2003-04 e 2004-05. Itaara / RS.

	Safra	Pinot noir	Merlot	Cabernet Sauvignon
Data de floração	03 / 04	25/10	29/10	29/10
	04 / 05	13/10	26/10	10/11
Data do “veraison”	03 / 04	9/12	28/12	21/12
	04 / 05	4/12	20/12	27/12
Data de colheita	03 / 04	22/01	07/02	20/02
	04 / 05	18/01	29/01	09/03
Dias*	03 / 04	51	41	61
	04 / 05	45	40	72
Graus Brix	03 / 04	22,0	22,0	22,5
	04 / 05	24,0	23,5	26,0
Acidez Titulável ($\text{g H}_2\text{T. lt}^{-1}$)	03 / 04	7,00	7,00	6,2
	04 / 05	4,40	6,10	6,8
pH	03 / 04	3,35	3,20	3,48
	04 / 05	3,49	3,51	3,58

*Número de dias entre o “veraison” e a colheita.

Observando a figura, notamos que em ambos os anos estudados, ocorre um aumento nas quantidades de potássio nas uvas no final do período de maturação, embora proporcionalmente diferentes entre os dois anos. Podemos supor que este aumento esteja correlacionado, por exemplo, à manutenção da turgescência das células das bagas (Mpelasoka et al., 2003), onde os íons de potássio são absorvidos com a finalidade de evitar uma redução no tamanho ou peso das bagas. Da mesma forma, este aumento nas quantidades de potássio pode estar relacionado a um aumento na atividade da enzima ATPase devido a mudanças de temperatura ou disponibilidade de água. É importante salientar que, apesar do pH mais elevado, no ano 2 e nas condições propostas, o teor de potássio na uva foi menor em relação ao outro ano em estudo e possivelmente, será menor no vinho resultante. Cabe ainda ressaltar

que, caso a colheita no ano 2 fosse realizada na mesma época que no ano 1, o valor de pH encontrado nesta uva seria menor.

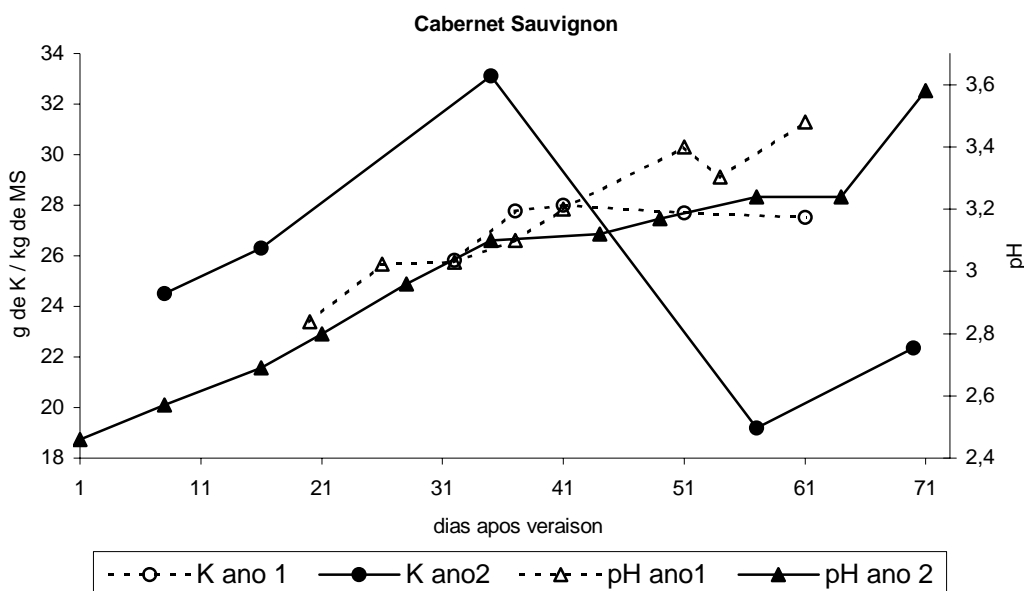


Figura 2. Valores de pH e potássio (g.kg^{-1}) durante a maturação de uvas na variedade Cabernet Sauvignon durante duas safras (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itara/RS.

Em relação as uvas amostradas no vinhedo da variedade Pinot noir (Figura 2), observa-se que no ano 2 os valores de potássio encontrados nas uvas no momento da colheita são menores que do que aqueles encontrados no momento da colheita ano 1, a exemplo da variedade Cabernet Sauvignon descrita acima. Apesar dessa redução na quantidade de potássio entre os dois anos, o valor de pH no momento da colheita foi superior no ano 2 em relação ao ano 1. A explicação deste valor mais elevado de pH no ano 2, apesar da quantidade de potássio ser um pouco menor em relação ao ano 1, está no fato de que a acidez titulável no ano 2 ($6,1 \text{ gr.l}^{-1}$) sofreu uma redução em relação ao ano 1 ($7,0 \text{ gr.l}^{-1}$), ou seja, houve uma redução na quantidade de prótons nestas uvas, aumentando o valor do pH. Esta redução nos valores de acidez titulável ocorreu devido a uma provável maior degradação do ácido málico devido a taxa de respiração do fruto mais elevada no ano 2, como consequência da maior quantidade de calor (expressa como soma de calor) e da menor quantidade de precipitação pluviométrica registrada neste ano no período entre o veraison e a colheita (tabela 3). A diferença entre o número de dias entre o “veraison” e a colheita no ano 1 (51 dias) e no ano 2

(45 dias), comprova que as condições de amadurecimento da uva nos dois anos foram diferentes, pois no ano 2 o grau Brix registrado (24° brix) foi superior ao registrado no ano 1 (22° brix). Em resumo, a maior soma de calor e menor precipitação registrada no ano 2, quando comparados aos dados registrados no ano 1, favoreceu a maturação e proporcionou condições para maior respiração do ácido málico no ano 2.

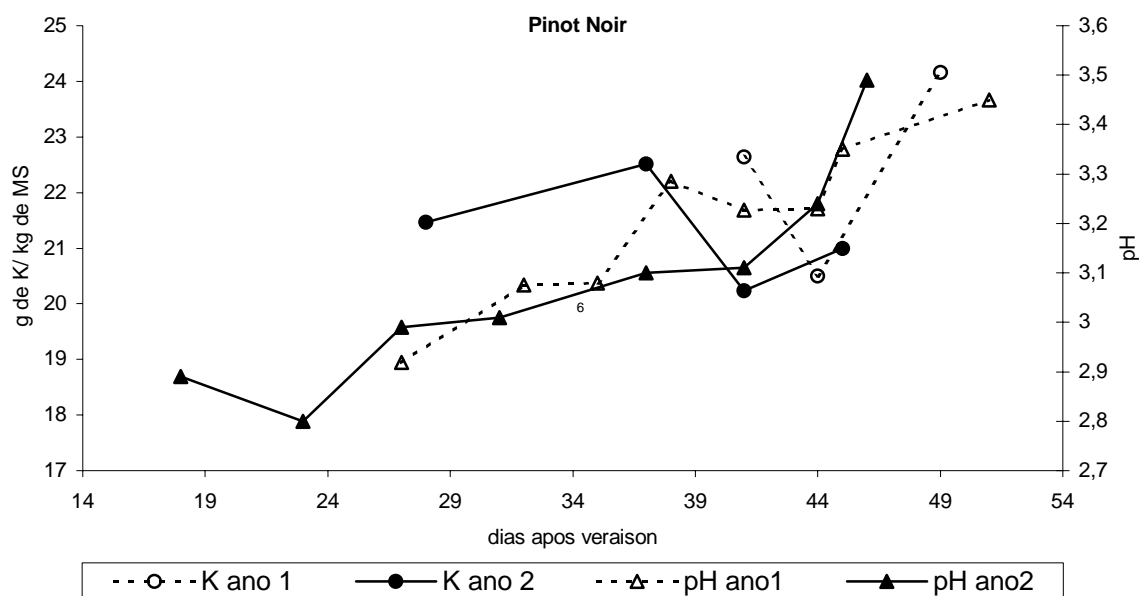


Figura 3. Valores de pH e potássio ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) durante a maturação de uvas na variedade Pinot noir durante duas safras (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara/RS.

Os resultados de potássio e pH obtidos durante o processo de maturação das uvas do vinhedo da variedade de Merlot são apresentados na figura 3. Os teores de potássio nas uvas desta variedade no ano 1 decrescem acentuadamente durante a maturação das uvas, enquanto que no ano 2 estes valores começam a aumentar 30 dias após o “veraison”. No momento da colheita os valores de potássio e de pH são maiores no ano 2 do que no ano 1, sendo o número de dias entre o “veraison” e a colheita semelhante nos dois anos estudados. Nestas uvas, além de uma provável maior degradação do ácido málico pela respiração, o aumento nas quantidades de potássio, facilitou a substituição de íons H^+ por íons de K^+ . Em resumo, o aumento nas quantidades de potássio (tabela 27) aliado à diminuição da acidez titulável (tabela 26), resultou num aumento no valor de pH no momento da colheita no ano 2 em relação ao ano 1. A observação de que o aumento nos valores de pH nas uvas da variedade Merlot (de 3,20 para 3,51), quando comparado ao aumento registrado nas uvas das variedades Cabernet Sauvignon (de 3,35 para 3,49) e Pinot noir (de 3,48 para 3,58), foi mais elevado,

ressalta a influência do aumento das quantidades de potássio encontradas nestas uvas no valor de pH.

De modo geral, como descrito acima, nos dois anos de estudo dos três vinhedos estudados, o aumento nas quantidades de potássio nas uvas durante o processo de maturação foi acompanhado por um aumento nos valores de pH das uvas. Entretanto, nos momentos em que ocorreu uma redução nos teores de potássio das uvas, os valores de pH não diminuíram, mas sim cessaram seu aumento. Esta estabilização dos valores de pH, apesar da queda das quantidades de potássio, está ligada a redução na acidez titulável que ocorreu durante o processo de maturação das uvas, conforme já explicado anteriormente.

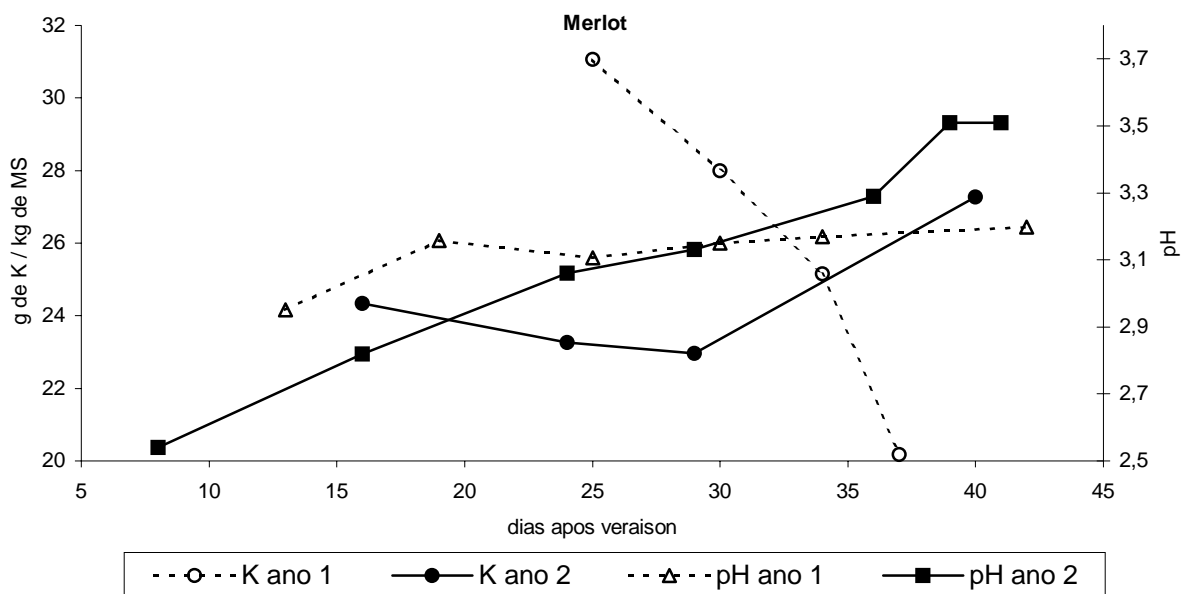


Figura 4. Valores de pH e potássio (g.kg⁻¹) durante a maturação de uvas na variedade Merlot durante duas safras (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), em Itaara/RS.

Este trabalho estudou apenas três vinhedos por dois anos, entretanto, os dados obtidos mostram claramente que o estabelecimento de um valor de potássio ideal não é possível, pois a interação entre as quantidades de potássio e o comportamento dos ácidos presentes nas uvas é que irão influenciar no valor de pH resultante. Mas é certo que quanto menor a quantidade de potássio absorvida pela uva, mais fácil é o controle do pH.

4.4 Relação entre a análise peciolar e o conteúdo de potássio nas uvas

A tabela 27 mostra os valores de potássio encontrados nos pecíolos no momento da floração e nas uvas no momento da colheita das mesmas. Esta amostragem foi realizada no vinhedo 1 da variedade Pinot noir, vinhedo da variedade Merlot e vinhedo 3 da variedade Cabernet Sauvignon. Salienta-se que os três vinhedos possuem a mesma idade.

Tabela 27 – Valores de potássio encontrados na análise peciolar (g.kg^{-1}) durante a floração - época I - e nas uvas no momento da colheita (g.kg^{-1} em %MS), realizada em dois anos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05), nas variedades Pinot noir, Merlot e Cabernet Sauvignon.

Variedade	Pecíolos – época I			Uvas – colheita		
	Ano 1	Ano 2	CV *	Ano 1	Ano 2	CV
Pinot noir – Vinhedo 1	54.61 ^{a**}	21.10 ^b	3,43	24.16 ^a	19.18 ^b	6,41
Merlot	17,07 ^b	19,80 ^a	13,26	20.17 ^b	27.27 ^a	4,23
Cabernet Sauvignon – Vinhedo 3	18,46 ^a	12,14 ^b	12,42	27.53 ^a	22.34 ^b	6,94

*CV : coeficiente de variação entre linhas

** Médias seguidas por mesmas letras na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

Nos vinhedos de Cabernet Sauvignon e Pinot noir, os teores de potássio encontrados nos pecíolos na floração (época I), foram significativamente menores no ano 2 em relação ao ano 1. Também os valores de potássio nas uvas, no momento da colheita, foram significativamente menores no ano 2. Poderíamos supor que esta redução nos teores de potássio nas uvas tenha sido em decorrência de uma colheita antecipada. Para o vinhedo 1 da variedade Pinot noir, esta explicação até poderia ser utilizada, uma vez que o período compreendido entre o veraison e a colheita no ano 2 teve 6 dias a menos no ano 1. Entretanto, no vinhedo 3 de Cabernet Sauvignon, o período entre o veraison e a colheita no ano 2 teve 11 dias a mais que no ano 1, não sendo, portanto, o número de dias no campo a razão para a redução nos teores de potássio nas uvas. Sugerimos que os motivos desta queda estejam relacionados com a ausência de adubação potássica e com o manejo do dossel vegetativo, uma vez que este foi realizado visando reduzir o sombreamento e controlar o vigor das plantas, gradualmente durante os dois anos em estudo.

Com relação aos valores de potássio encontrados nos pecíolos do vinhedo de Merlot durante a floração (tabela 27), os valores no ano 2 são significativamente maiores do que os

encontrados no ano 1. Analisando os teores de potássio encontrados nestas uvas (figura 3), observamos que até 25 dias após o “veraison”, os valores encontrados no ano 2 ainda estavam menores que no ano 1, no entanto, os valores sofrem um aumento, chegando a valores significativamente maiores no momento da colheita no ano 2 em relação ao ano 1 (tabela 27), apesar do manejo do dossel vegetativo ter sido similar ao realizado nos outros dois vinhedos e a ausência de adubação. Da mesma forma, os vinhedos das três variedades estão próximos, sendo o clima idêntico a todos. Poderíamos supor que a reduzida precipitação pluviométrica no ano 2, em relação ao ano 1 (tabela 3), seja uma dos fatores que interferiu na absorção de potássio; entretanto essa hipótese não é válida, uma vez que a redução ocorre nos três vinhedos. A variação provavelmente está no porta-enxerto utilizado, que mesmo com a ausência de adubação potássica nestes anos absorveu uma maior quantidade de potássio que os porta-enxertos das outras duas variedades e nas características do solo (uma vez que este pode apresentar grandes variações em um curto espaço). Isto demonstra que, para esta variedade, sob as condições estudadas, ainda são necessárias mais ações com a finalidade de reduzir as quantidades de potássio absorvidas pelas uvas.

O fato é que, assim como nesse vinhedo de Merlot, os vinhedos de Cabernet Sauvignon e Pinot noir, apresentaram o mesmo comportamento, no ano em que a análise peciolar realizada na floração apresentou os maiores valores de potássio, também as uvas no momento da colheita apresentaram maiores quantidades de potássio.

5. CONCLUSÕES

A análise peciolar realizada na floração e 30 dias após, nos dois anos de estudo, permitiram a avaliação do estado nutricional dos vinhedos amostrados, bem como o monitoramento das mudanças que ocorreram nestes anos. Através da comparação com os dados de referência encontrados na literatura e do entendimento do metabolismo dos minerais nas videiras foi possível avaliar os programas de fertilização que estão sendo feitos nestes vinhedos e, dessa forma, sugestões foram feitas para o próximo ciclo vegetativo.

Em relação ao nitrogênio, este elemento está em níveis adequados e recomenda-se a continuidade do programa que está sendo realizado nestes vinhedos.

O estado nutricional dos vinhedos em relação ao fósforo, apresenta uma grande variabilidade, sendo propostos manejos diferenciados.

Ficou comprovada a interação entre potássio e magnésio, fato confirmado pelo desbalanço da relação K/Mg nos pecíolos.

Os minerais cálcio, boro, zinco, ferro, manganês e cobre estão em níveis adequados, não havendo portanto, necessidade de adubações foliares, uma vez que, alguns destes podem causar toxicidade a planta. Sugere-se o acompanhamento através da análise peciolar para detecção de uma possível redução nos teores destes elementos.

Devido à lacuna de dados da literatura, não é possível fazer qualquer afirmação sobre a adequação dos teores de enxofre encontrados. A continuação da análise peciolar deste elemento em futuras determinações poderá contribuir para o estabelecimento de padrões de enxofre em videiras.

Resultados extremamente positivos foram encontrados em relação ao potássio. Através da análise peciolar confirmou-se que este elemento estava realmente em excesso nos vinhedos, e apesar do estudo ter sido realizado por apenas 2 anos, já foi possível a obtenção de valores mais adequados, baseados num manejo mais adequado.

O acompanhamento da maturação das uvas mostrou que o aumento nas quantidades de potássio absorvidas pelas uvas foi acompanhado pela elevação dos valores de pH, e a redução destas quantidades acompanhada pela estabilização dos valores de pH, fato também influenciado pela queda nos valores de acidez titulável. Deste modo, pode-se afirmar que os altos valores de pH (> 3,7) encontrados nos vinhos elaborados com uvas destes vinhedos em anos anteriores estão relacionados com a absorção de potássio e diminuição dos valores de acidez titulável durante o processo de maturação da uva.

A análise peciolar na floração, mostrou-se eficiente na avaliação da quantidade de potássio, permitindo observar uma correlação com a quantidade de potássio nas uvas. Dessa forma, a análise peciolar pode ser utilizada para monitorar os níveis de potássio na planta e assim, avaliar as adubações e manejos que estão sendo utilizados. Esta análise também pode ser utilizada na prevenção e/ ou diminuição de potássio nas uvas, uma vez que a análise na época da floração ainda permite correções no manejo do dossel, especialmente em relação à poda verde e desfolha do vinhedo.

De um modo geral, a análise peciolar está demonstrando ser eficaz para equilibrar as necessidades nutricionais de vinhedos. Através desta análise, e levando-se em consideração a análise de solo, é possível desenvolver um programa nutricional para todos os elementos necessários em videiras, e com pequenos ajustes anuais, necessários também pelas diferenças climáticas e de solo, adapta-lo as mais diferentes condições. Os resultados mostram que, especialmente em relação aos níveis de potássio em pecíolos e uvas, não é possível o estabelecimento de um valor pré-determinado, mas sim o acompanhamento do comportamento ao longo dos anos é que permitirá o ajuste da quantidade mais adequada.

RECOMENDAÇÕES

Em busca da produção de uvas viníferas de qualidade, ainda existem algumas dúvidas que necessitam serem melhores esclarecidas, tais como a relação entre a quantidade de nitrogênio total nos pecíolos e a quantidade de nitrogênio nas uvas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, D. A.; SEFICK, H.J. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium levels on yield, petiole nutrient composition and juice quality of newly established Concord grapes in South Carolina. **Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.** v. 87, p. 253 –258, 1956.

ALLEWELDT, G; DUERING, H.; EL-SESE, A. M. A. The influence of nitrogen fertilization and water supply on photosynthesis, transpiration and dry matter production in grapevines (*Vitis vinifera*). **Plant Research and Development** v. 20 p. 45-58, 1984.

AMERINE, M.A., OUGH, C.S. **Methods for the analysis of musts and wine**. New York : John Wiley and Sons. 341p, 1987.

BEATTIE, J. M.; FORSHEY, C. G. A survey of the nutrient element status of Concord grapes in Ohio. **Proc. Am. Soc.Hortic. Sci.** v. 64, p. 21-28, 1954.

BELL, S. J. The effect of nitrogen fertilization on growth, and juice composition of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon grapevines. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....**The American Society for Enology and Viticulture. p. 206 – 210, 1991. 323p

BERTRAND, A.; INGARGIOLA, M. C.; DELAS, J. Effects of nitrogen fertilization and grafting on the composition of must and wine from Merlot grapes, particularly on the presence of Ethyl Carbamate. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....**The American Society for Enology and Viticulture. p. 215 – 220, 1991. 323p

BOEIRA, L. S.; DAUDT, C. E. Efeito da fertilização nitrogenada na cv. Gewürztraminer proveniente de duas regiões sobre a concentração de nitrogênio total no mosto e seu consumo por diferentes leveduras durante a fermentação alcoólica. **Ciência Rural**. Santa Maria: ed. UFSM, v.25, n.2, p. 299 - 303, 1995 a.

BOEIRA, L. S.; DAUDT, C. E. Efeito da fertilização nitrogenada sobre a formação de alguns compostos voláteis no vinho. **Ciência Rural**. Santa Maria: ed. UFSM, v.25, n.2, p.305 - 309, 1995 b.

BOEIRA, L. S.; PEREIRA, C. N.; DAUDT, C. E. Evolução dos teores de arginina e uréia na fermentação alcoólica do mosto da cv Gewurtraminer com diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Ciência Rural**. Santa Maria: ed. UFSM, v.25, n.2, p. 295 - 298, 1995.

BOULTON, R.. The general relationship between potassium, sodium and pH in grape juices and wines. **Am. J. of Enol. Vitic.** v. 31, n. 2, p. 182- 186. 1980a

BOULTON, R. The relationship between total acidity, titratable acidity and pH in wine. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 31,n. 3, p. 76 – 80, 1980 b.

BOULTON, R. A hypothesis for the presence, activity, and role of potassium/hydrogen, adenosine triphosphatases in grapevines. **Am. J. Enol. Vitic.**, v. 31, n. 3., p. 283-287, 1980c

BOULTON, R. The relationships between total acidity, titratable acidity and pH in grape tissue. **Vitis**. v. 19, p.113 – 120. 1980d

BOULTON, R. B. et al. **Principles and Practices of Winemaking** New York: Ed. Kluwer Academic. 1998. 604 p.

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

CABRERA-VIQUE, C.; TEISSEDE, P. L.; CABANIS, M. T. Manganese determination in grapes and wines from different regions of France. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 51, n. 2, p. 103-107, 2000.

CAPPS, E. R.; WOLF, T. K. Reduction of bunch stem necrosis of Cabernet Sauvignon by increased tissue nitrogen concentration. **Am. J. Enol. Vitic.** v.51, n. 4, p. 319-323, 2000.

CHAMPAGNOL, F. Rajeunir lê dignostic foliare. **Progres. Agric. Vitic.**, v. 15, n. 6, p. 107-112, 1990

CHAMPAGNOL, F. Etude de quelques effets de la fertilization azotee sur la vigne. **Progres. Agric. Vitic.**, v. 17, p. 323-329, 1971.

CHONE, X. et al. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. **Annals of Botany**, v. 87, n. 4, p. 477-483, 2001.

CHRISTENSEN, P. Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. **Am. J. Enol. Viticult.** v. 20, p. 176-190, 1969.

CHRISTENSEN, P. Timing of Zinc Foliar Sprays. I. Effects of Application Intervals Preceding and during the Bloom and Fruit-Set Stages. II. Effects of Day VS. Night Application. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 31, n. 1, p. 53-59, 1980.

CHRISTENSEN, P. Nutrient level comparisons of leaf petioles and blades in twenty –six grape cultivars over three years (1979 through 1981). **Am. J. Enol. Viticult.** v. 35, n. 3, p.124-133, 1984.

CHRISTENSEN, P.; KASIMATIS, A. N. Correction of Vineyard Zinc Deficiency by Soil Injection of Zinc Sulfate Solutions. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 18, p. 217-224, 1967.

CONRADIE, W. J. Seasonal uptake of nutrients by Chenin Blanc in sand culture: I. Nitrogen. **S. Afr. J. Enol. Vitic.**, v.1, n. 1, p. 59 - 65, 1980.

CONRADIE, W. J. Translocation and storage of nitrogen by grapevines as affected by time of application. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....**The American Society for Enology and Viticulture. p. 32 – 41, 1991. 323p

CONRADIE, W. J.; SAAYMAN, D. Effects of Long-Term Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization on Chenin blanc Vines. I. Nutrient Demand and Vine Performance. **Am. J. Enol. Viticult.** v. 40, n. 2, p. 85-90, 1989a.

CONRADIE, W. J.; SAAYMAN, D. Effects of Long-Term Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization on Chenin blanc Vines. II. Leaf Analyses and Grape Composition . **Am. J. Enol. Vitic.** v. 40, n.2, p. 91-98, 1989b.

COOK, G. ; MASLTRON, H. Correction of Zinc Deficiency in California Vineyards by Soil Treatment. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 14, n. 4, p. 223-229, 1963.

COOK, J.A. Grape nutrition. In: **Temperate to tropical fruit nutrition.** Childres, N. F. ed. Rutgers, The State University. p. 777-812. 888 p. 1966.

COOK, J. A.; CARLSON, C. V. California vineyards response to K when needed. **Better crops with Plant Food.** v. 55, p. 2 –11, 1961.

COOK, J. A.; KISHABA, T. Petiole nitrate analysis as a criterion of Nitrogen needs in California vineyards. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**. v. 68, p. 131-140, 1956.

COOK, J. A.; LYNN, C. D.; KISSLER, J. J. Boron deficiency in California vineyards. **Am. J. Enol. Vitec**. v. 11, p. 185 – 194, 1960.

COOK, J. A.; WARD, W. R.; SKINNER, P. Phosphorus deficiency in California vineyards. **Wines e vines**, p 36- 39, 1984.

COOMBE, B. G. Research on Development and Ripening of the Grape Berry. **Am. J. Enol. Vitic**. v. 43, p. 101-110, 1992.

COOMBE, B.G.; PHILLIPS, P. E. Development of the grape berry. III – Compositional changes during “veraison” measured by sequential hypodermic sampling. In: Grape and Wine Centennial. 1982, Davis, USA. **Anais...** Univ. of California, Davis. p. 132-136, 1982.

COOSGROVE, D. J. Wall relaxation and the driving forces for cell expansive growth. **Plant Physiology** v. 84, p. 561-564, 1987.

CUMMINGS, G. A.; FISH, A. S.; NESBITT, W. B.; UNDERWOOD, V. H. The influence of mineral nutrition and the time of year upon the elemental concentration of Muscadine grapes (*Vitis Rotundifolia*). **Comm. in Soil Science and plant analysis**. v. 4, n. 3, p. 211-218, 1973.

DAL BO, M. A. Nutrición y abonado de la Vid. **Viticultura / Enología profesional**. n. 24, p. 9-13, 1993

DAL PIVA, G. S.; DAUDT, C. E.; PINHEIRO, S. Resíduos de Dithane M-45 e etilenotiouréia em mostos e vinhos de uvas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 16, n.2, p. 91-94, 1996.

DAUDT, C. E.; BOEIRA, L. S.; PEREIRA, C. N. Influência da adubação nitrogenada e de linhagens de leveduras nos teores de vinhos de *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 166-169, 1995

DAUDT, C. E.; GARCIA, N. G. . Minerais em videiras, mostos e vinhos. II-Minerais em mostos, sua utilização durante a fermentação alcoólica e presença em vinhos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 189-204, 1987.

DAUDT, C. E.; CONTE, A.; MENEGUZZO, J. Teor de nitrogênio total e fósforo em algumas variedades de uvas. **Rev. do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 5, n. 4, p. 317-321, 1975.

DAUDT, C. E.; DAL PIVA, G. C.; RIZZON, L. A. Minerais em mostos e vinhos oriundos de vinhos tratados com fungicidas Dithane M-45. **Bol. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. v.26, n. 2, p. 81-88, 1992.

DAUDT, C. E.; TERRA, N. N.; DURANTE, E. C. Petiolar analysis of different white grape varieties of Almaden, Vineyard in South Brazil. In: Annual Meeting of American Society for Enology and Viticulture, 39. Reno, Nevada, 1988, **Anais....**, Davis, Amer. Soc. Enol. & Vitic., p.27, 1988.

DAUDT, C.E.; OUGH, C. S. Volatile amines in *Vitis vinifera* varieties and changes during maturation. **Vitis**, v.21, p. 105-110, 1982.

DELAS, J. Les toxicités métalliques des sols acides. **Progres. Agric. Vitic.**, Montpellier, v. 101, n. 4, p. 96-101, 1984

DELFINI, C. et al. Experiments of acidification of musts and wines with DL-malic acid, DL-lactic acid and L (+) tartaric acid. **Bulletin de L' O. I. V.** v. 74, n. 841-842, p. 160 - 199. 2001.

DIAS, R.M.S. **Estudo da contaminação com cobre dos solos de vinha das regiões do Dão e do Ribatejo e Oeste**. – Lisboa: UTL/ISA. – Dissertação apresentada para efeito de obtenção do grau de Mestre em Nutrição Vegetal, Fertilidade dos Solos e Fertilização. 97 p. 1995

DUKES, B.; GOLDSPIK, B.; ELLIOT, J. Time of nitrogen fertilization can reduce fermentation and improve wine quality. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA).**Anais.....** The American Society for Enology and Viticulture. 1991. 323p. 249 – 54p.

DUNDON, C. G.; SMART, R. E.; McCARTHY, M. G.. The Effect of Potassium Fertilizer on Must and Wine Potassium Levels of Shiraz Grapevines. **Am. J. Enol. Vitic.**, v. 35, n. 4, p. 200-205, 1984.

DUNDON, C. G; SMART R. E. Effects of water relations on the potassium status of Shiraz vines. **Am. J. Enol. Vitic.** v.35, p. 40-45. 1985

EMBRAPA. Banco de dados Climáticos do Brasil – Monitoramento via satélite, 2003. Disponível em <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>. Acesso em 17 jan. de 2006.

EPSTEIN, E. Mineral metabolism. In: BONNER, M. C.; VARNER, J. E. **Plant Biochemistry**. Ed Academic Press. New York. p.438-68. 1965.

ETON, F. M. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. **J. Agric. Res.** v. 9 p. 123-129. 1944.

ETOURNEAUD, F.; LOUÉ, A. Le diagnostic petiolare de la vigne en relation avec l'interpretation de l'analyse de sol pour le potassium et le magnesium. **Progres. Agric. Vitic.**, Montpellier,v.101, n. 23, p. 561-568, 1984.

FRAGUAS, J. C. A importância do boro para a videira. **EMBRAPA/ Comunicado Técnico**, n. 17, p. 1-4, fev./ 1996.

FRAGUAS, J. C. Amostragem de solo para análise em vinhedos. **EMBRAPA / Comunicado Técnico**, n. 8, 2 p. , 1999.

FREEMAN B.M.; KLIEWER W.M. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 34, p. 197-207, 1983

FREGONI, M.; SCIENZA, A. Ruollo degli oligo-elementi nella regolazione dell'accrescimento vegetativo e della fruttificazione (produttività e qualità) della vite. Problemi diagnostici. **Vignevini**, Bologna, n. 5, n. 8, p. 7-18, 1978

GANDARILLAS, M. J. Análisis foliar de la vid como índice de su estado nutricional. Santiago / Chile. Universidad Catolica de Chile. **Rev. Ing. Agro.** 1965, 107 p.

GAUCH, H. G. **Inorganic Plant Nutrition**. Dowden, Hutchinson e Ross Inc., Stroudsburg, PA. 1972 . 270 p.

GIL, G.; RODRÍGUEZ, J. S.; GONZÁLEZ, S.; SUÁREZ, D. F. Evolución estacional de nutrientes minerales en hojas de vid (*Vitis vinifera* L.). **Agricultura Técnica**, v. 33, n. 2, p. 45 – 52, 1973.

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

GRANT, S. R.; MATTHEWS, M. A. The Influence of Phosphorus Availability, Scion, and Rootstock on Grapevine Shoot Growth, Leaf Area, and Petiole Phosphorus Concentration. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 47, n. 2, p. 217-224, 1996.

HAGER, A. et al. Experiments and hypothesis of the primary effect of auxins on expansion growth. **Planta**. v. 100, p. 47-75, 1971

HANGER, B. C. Movement of calcium in plants. **Comm. in Soil Science and plant analysis** v. 10, p.171-193, 1979.

HEPNER, Y.; BRAVDO, B. Effect of Crop Level and Drip Irrigation Scheduling on the Potassium Status of Cabernet Sauvignon and Carignane Vines and Its Influence on Must and Wine Composition and Quality. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 36, p. 140-147, 1985.

HERNANDEZ, M. R. Caracteres ligados a la variedad. In: **Las variedades de Vid y la calidad de los vinos**. AMV Ediciones y Ediciones Mundi-Prensa. 2001. 300 p.

HILBERT, G.; SOYER, J. P.; MOLOT, C. Effects of nitrogen supply on must quality and anthocyanin accumulation in berries of cv. Merlot. **Vitis**. v. 42, n. 2, p. 69-76, 2003.

HUANG, X. M.; HUANG, H. B. Early post-”veraison” growth in grapes: Evidence for a two-step mode of berry enlargement. **Aust. J. Grape and Wine Research**. v. 7, n. 3, p. 132-136, 2001.

IACONO, I. et al. Differential effects of canopy manipulation and shading of *Vitis Vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon : Plant nutritional status. **Journal of Plant Nutrition**. v. 18, n. 9, p.1785 – 1796, 1995.

ILAND, P. G.; COOMBE; B. G. Malate, Tartrate, Potassium, and Sodium in Flesh and Skin of Shiraz Grapes During Ripening: Concentration and Compartmentation. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 39, p.71-76, 1988.

JACKSON, R.S. **Wine Science: Principles, Practice, Perception**. Academic Press, San Diego. 1994. 474 p.

JOHNSON, T.; NAGEL, C. W. Composition of Central Washington Grapes during Maturation. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 27, p. 15-20. 1976.

KAMSAS, J. Proper Vine nutrition. Disponível em: <http://www.twgga.org/dynpage2.php?pgid=nutrition>. Acesso em: 20 ago. 2005.

KLEIN, I.; STRIME, M.; FANBERSTEIN, L. Irrigation and fertirrigation effects on phosphorus and potassium nutrition of wine grapes. **Vitis** v. 39, n. 2, p. 55 - 62. 2000.

KLIEWER, M. W. Methods for determining the nitrogen status of vineyards (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....The American Society for Enology and Viticulture**. p. 133-147, 1991

KUDO, M.; VAGNOLI, P.; BISSON, L. F. Imbalance of pH and Potassium Concentration as a Cause of Stuck Fermentations. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 49, n. 3, p 295-301, 1998.

LÖHNERTZ, O. Soil Nitrogen and the uptake of nitrogen in grapevines. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....The American Society for Enology and Viticulture**. p. 1 – 11, 1991. 323p

LOUE, A. The diagnosis of leaf, or petiole, data in mineral nutrition studies of grapevines. **Progres. Agric. Vitic.** Montpellier. v. 107, p. 439-453, 1990.

LOVELLE, B. R.; GARCIA – RODEJA, E. Evolución estacional de los contenidos foliares de N, P, K, Ca y Mg en la variedad Godello. **Viticultura / Enologia Professional**, n. 32, p. 18-24, 1994.

MAY, P. **Using grapevine rootstocks: The Australian perspective**. Adelaide : Winetitles. 1994. 62 p.

MELO, G. W. Adubação de correção para videira. **Instrução Técnica no. 002 / EMBRAPA..** p. 1-3, 2000.

MELO, G. W. Recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura da videira na Serra Gaúcha (Safrá 2002/2003). **Circular técnica no. 40**. Bento Gonçalves, RS. 2002. 2 p.

MOLNE I DOMINGO, R. Abonado anual. Analisis foliar. Interpretacion de resultados em viña. **Nutri Fitos**. v. 17, p.7 – 16, 1991.

MORRIS, J. R.; CAWTHON, D.L.; FLEMING, J.W. Effects of high rates of potassium fertilization on raw product quality and changes in pH and acidity during storage of Concord grape juice. **Am. J. Enol. Vitic**. v. 31, p.323-328, 1980.

MORRIS, J. R.; SIMS, C. A.; CAWTHON, D.L. Effects of Excessive Potassium Levels on pH, Acidity and Color of Fresh and Stored Grape Juice. **Am. J. Enol. Vitic**. v. 34, n. 1, p. 35-39, 1983.

MORRIS, J. R; CAWTHON, D. L. Effect of irrigation, fruit load, and potassium fertilization on yield, quality, and petiole analysis of Concord (*Vitis labrusca* L.) grapes. **Am. J. Enol. Vitic**. v. 33 n. 3, p.145-148, 1982.

MPELASOKA, B. S.; SCHACHTMAN, D. P.; MICHAEL T. TREEBY, M. T; THOMAS, M. R. review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Aust. J. Grape and Wine Research**. v. 9, n. 3, p. 154–168, 2003.

MULLIS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L.E. **Biology of grapevines**. Cambridge University Press, 1992. 239 p.

NEILSEN, G. H; STEVENSON, D. S.; GEHRINGER, A. The effect of NPK fertilization on element uptake, yield and fruit composition of Foch grapes in British Columbia. **Can. J. Pant Sci**. v. 67, p. 511 - 520. 1987.

OERTLI, J. J. The mobility of boron in plants. **Plant and Soil**. v. 155/156, p. 301-304, 1993.

OLLAT, N.; GAUDILLERE, J. P. Investigation of assimilaté import mechanisms in berries of *Vitis vinifera* var. Cabernet Sauvignon. **Acta Horticulture** v. 427, p. 141 – 149, 1996.

OUGH, C. S.; CROWELL, E. A.; MOONEY, L. A. Formation of ethyl carbamate precursors during grape juice fermentation. I- Addition of amino acids, urea, and ammonia. **Am. J. Enol. Vitic**. v. 39, p. 243-249, 1988

OUGH, C. S.; STEVENS, D.; ALMY, J. Preliminary comments on effects of grape vineyards nitrogen fertilization on the subsequent Ethyl Carbamate formation in wine. **Am. J. Enol. Vitic.** v.40, n.3, p. 219-220, 1989.

PARANYCHIANAKIS, N. V.; AGGELIDES, S.; ANGELAKIS, A. N. Influence of rootstock, irrigation level and recycled water on growth and yield of Soultanina grapevines. **Agricultural Water Management.** v. 69, n. 1, p. 13-27, 2004.

PEACOCK, W. L.; CHRISTENSEN, P.; HIRSCHFELT, D. J. Efficient uptake and utilization of nitrogen in drip- and furrow-irrigated vineyards. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....The American Society for Enology and Viticulture.** p. 116 – 119, 1991. 323p

PENNA, N. G. ; DAUDT, C. E.; DURANTE, E. C.. Minerais de Vitis Vinifera cultivadas na fronteira do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 81-85, 1993.

PEREZ, J. R.; KLIOWER, W. M. Influence of light regime and nitrate fertilization on nitrate reductase activity and concentrations of nitrate and arginine in tissues of three cultivars of grapevines. **Am. J. Enol. Viticult.** v. 33, p. 86-93, 1982

POSSINGHAM, J. V. Aspects of the physiology of grape vines. In: **Physiology of tree crops.** Second Long Ashton Symp. Acad. Press, London. p. 335 – 349, 1970.

POSSNER D.R.E.; KLIOWER, W.M. Localisation of acids, sugars, potassium and calcium in developing grape berries. **Vitis** n. 24, p. 229-240, 1985.

RIZZON, L. A., ZANUZ, M. C.; MIELE, A.. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol.18, no.2, p.179-183. 1998.

ROBERTS, S.; AHMEDULLAH, M. The effect of applied nitrogen on results of diagnostic soil and tissue tests for concord grapes. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....The American Society for Enology and Viticulture.** p. 303 – 305, 1991. 323p

ROJAS-LARA, B. A.; MORRISON, J. C. Differential effects of shading fruit or foliage on the development and composition of grape berries. **Vitis**, v. 28, p. 199-208, 1989.

RUHL, E. H. Uptake and distribution of potassium by grapevine rootstock and its implication for grape juice pH of scion varieties. **Aust. J. Exp. Agriculture**. v. 29, n.5, p. 707-712, 1989.

RUHL, E. H. Effect of potassium supply on cation uptake and distribution in grafted *Vitis champinii* and *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris* rootstocks. **Aust. J. Exp. Agriculture**. v. 31, n. 5, p. 687-691, 1991.

RUHL E. H. et al. Effect of rootstocks on berry weight and pH, mineral content and organic acid concentrations of grape juice of some wine varieties. **Aust. J. Exp. Agriculture**. v. 28, n. 1, p. 119 – 125, 1988

RUHL, E. H. et al. Effect of potassium, magnesium and nitrogen supply on grape juice composition of Riesling, Chardonnay and Cabernet Sauvignon vines. **Aust. J. Exp. Agriculture**. v. 32, n.5, p. 625-649, 1992.

RUHL, E. H.; FUDA, A. P. Effect of Potassium and nitrogen supply on Organic acid concentration and pH of grape juice: preliminary results. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....The American Society for Enology and Viticulture**. 1991. p. 312 – 314, 1991. 323p

SALON, J. L.; CHIRIVELLA, C.; CASTEL, J. R.. Response of cv. Bobal to Timing of Deficit Irrigation in Requena, Spain: Water Relations, Yield, and Wine Quality. **Am. J. Enol. Vitic**. v. 56, p. 1-8, 2005.

SARACCO, C. **Guida pratica del viticoltore**. Ed. Edagricole, 2^a Edizione, p. 238 – 262. 1975.

SCHACHTMAN, D. P.; SCHROEDER J. L. Structure and transport mechanism of a high-affinity potassium uptake transporter from higher plants. **Nature** v. 370, n. 25, p. 655-68, 1994.

SCHROPP A. Zinc-deficiency, caused by high phosphorus supply in vineyard soils. **Dt. Weinbau**. v. 34, p. 1140-1142, 1979

SCHROPP A.; MARSCHNER H. Effect of high phosphate fertilization on growth rate, zinc content and P/Zn ration in grapevines. **Pflanzenernaehr Bodenk** (Weinheim/Bergstr.) v. 140, p. 515-529, 1977

SCIENTIFIC PROGRAMMING ENTERPRISES. **PlotIT for Windows 95/NT**, Version 3.20e. Haslet, 1997.

SHAULIS, N.; KIMBALL, K. The association of nutrient composition of Concord grape petioles with deficiency symptoms, growth and yield. **Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.** v. 68, p. 141 – 156, 1956.

SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370 p.

SILBERBUSCH, M. E; BARBER, S.A. Sensitivity of simulated phosphorus uptake to parameters used by a mechanistic-mathematical model. **Plant Soil**, v. 74, p. 93-100, 1983.

SIPIORA, M. Interpretación del estado nutricional de viñedos de Chenin Blanc y Pinot Noir en la Denominación de origen Somontano basada en análisis de peciolas y hojas. **Nutri-Fitos**, p. 22-29, 1996.

SMART, R. E. 1991. Canopy microclimate implications for nitrogen effects on yield and quality. In: Rantz, J. M. Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine. June 1991, Seattle, USA. p. 90 – 101, 1991

SMART, R. E. et al. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. I. Definition of canopy microclimate. **Vitis**, v. 24, p. 17-31, 1985.

SMITH, C. B.; FLEMING, H. K.; POORBAUGH, H.J. The nutritional status of Concord grape vines in Erie County, Pennsylvania as indicated by petiole and soil analyses. **Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.** v. 70, 189-196, 1957.

STOREY, R. Potassium Localization in the Grape Berry Pericarp by Energy-Dispersive X-Ray Microanalysis. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 38, p. 301-309, 1987.

SZADO, A. V.; DOMINGOS, M.; RINALDI, M.C.S. Acúmulo foliar de enxofre e suas relações com alterações no crescimento de plantas jovens de *Tibouchina pulchra* Cogn.

(Melastomataceae) expostas nas proximidades do pólo industrial de Cubatão, SP. **Rev. Bras. Bot.**, v.26, no.3, p.379-390, 2003.

TULLOCH, H. W.; HARRIST, W. B. Fertilizer responses with non-irrigated Shiraz grapevines. **Aust. J. Agric. Res.** v. 21, p. 243-52, 1970.

ULRICH, A. Potassium content of grape leaf petiole and blades contrasted with soil analysis as an indicator of the potassium status of the plant. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** v. 41, p. 204-12, 1942a.

ULRICH, A. Nitrate content of grape leaf petioles as an indicator of the nitrogen status of the plant. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** v. 41, p. 213-218, 1942b.

UVIBRA. **Secretaria da Agricultura do RS.** Disponível online em http://www.uvibra.com.br/pdf/safra_uva1998-2004.pdf. Acesso em 20 out. 2005.

VALENZUELA, J.; SEPÚLVEDA, G. R. Excesso de boro em vinhedos del Valle de Elqui. **Agricultura técnica**, v. 37, p. 93-96. 1997

VIDAL J. P.; JUSTE C.; DELAS J. Excess manganese and vine withering in the acid soils of Roussillon. **Bull. Tech. Pyrenees/Orient.** v. 50, p. 3-19, 1969.

VOLSCHENK C.G.; HUNTER J.J.; WATTS J.E. The effect of different zinc levels on the growth of grapevines. **Journal of Plant Nutrition** v.19, n. 6, p. 827-837, 1996.

VOLSCHENK, C. G.; HUNTER, J. J.; LE ROUX, D. J. Effect of graft combination and position of application on assimilation and translocation of zinc in grapevines. **Journal of Plant Nutrition.** v. 22, n. 1, p. 115-119, 1999.

WERMELINGER, B. Nitrogen dynamics in grapevine: physiology and modeling. (in: Rantz, J. M. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine, 18-19 June 1991, Seattle, WA, USA). **Anais.....The American Society for Enology and Viticulture** p. 23 – 29, 1991. 323p

WERMELINGER, B. e KOBLET, W. Seasonal growth and nitrogen distribution in grapevines leaves, shoots and grapes. **Vitis.** v. 29, p. 15-26, 1990

WILLIAMS, L. E.; BISCAY, P. J. Partitioning of Dry Weight, Nitrogen, and Potassium in Cabernet Sauvignon Grapevines From Anthesis Until Harvest. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 42, p. 113-117, 1991.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KLIEWER, W. N. **General Viticulture**. Berkeley: University of California Press, 1974. 710 p

WOLPERT, J. A.; SMART, D. R.; ANDERSON, M. Lower Petiole Potassium Concentration at Bloom in Rootstocks with *Vitis berlandieri* Genetic Backgrounds. **Am. J. Enol. Vitic.** v. 56, p. 163-169, 2005.

WOOD, R.; PARISH, M. The Mechanisms and Viticultural Factors Governing Potassium Accumulation in the Grape Berry - Part 1. **The Australian e New Zealand Grapegrower e Winemaker 2003 Annual Technical Issue**. Capturado em 20 jun. 2005. Online. Disponível na Internet : www.winenet.com.au/articles/WineNetwork_Potassium_RW-MP03.pdf.

ZOECKLEIN, B. W. et al. **Wine Analysis and Production**. Ed. Acribia 2001. 613 p.

7. ANEXOS

Anexo 1 – Resultados da análise de solos dos vinhedos amostrados realizadas durante dois anos (ano 1 : safra 2003-04 e ano 2: safra 2004-05)

Vinhedo	Ano	Textura	% argila	pH	SMP	P	K	% MO	Al	Ca	Mg	H+Al
Pinot noir – vinhedo 1	1	4	20	6	6,4	3,2	104	1,3	0	6	1,4	2,5
	2	3	28	6,2	6,6	5,5	198	2,2	0	8,8	2,6	2,1
Pinot noir – vinhedo 2	1	3	27	6	6,4	1,5	100	1,0	0	6,8	2	2,5
	2	4	16	6,3	6,9	5,5	84	1,6	0	4,8	1,4	1,6
Merlot	1	5	10	6,7	7	13	100	0,9	0	3,1	1,1	1,4
	2	4	18	6,3	7,2	7,2	118	1,6	0	3,2	1,2	1,2
Cabernet Sauvignon – vinhedo 1	1	3	30	6,1	6,5	7,2	194	1,9	0	6,8	1,9	2,3
	2	3	27	5,8	6,5	8,8	156,0	2,1	0	9,9	2,1	2,3
Cabernet Sauvignon – vinhedo 2	1	4	19	6,6	7	11,5	110	1,1	0	5,4	1,9	1,4
	2	4	18	5,7	6,5	4	130	1,7	0	4,1	1	2,3
Cabernet Sauvignon – vinhedo 3	1	4	25	6,8	6,8	8,0	30,0	0,5	0	17,5	5,3	1,7
	2	4	19	5,7	6,6	4,8	118	1,6	0	5,7	1,4	2,3
Shiraz	1	3	33	6,1	6,6	6,3	170	2	0	11,8	2,6	2,1
	2	4	24	6,5	6,8	8	188	1,7	0	14,4	3,2	1,7

Vinhedo	Ano	Ca / K	Mg/K	K/Ca+Mg	Saturação			CTC		Saturação	
					Ca	Mg	K	efetiva	pH 7	Al	Bases
Pinot noir – vinhedo 1	1	22,5	5,3	0,098	58,8	13,7	2,6	7,7	10,2	0	76
	2	17,3	5,1	0,15	62,9	18,6	3,6	11,9	14	0	85
Pinot noir – vinhedo 2	1	26,5	7,8	0,086	59,1	17,4	2,2	9,1	11,5	0	78
	2	22,3	6,5	0,087	60,0	17,5	2,7	6,4	8	0	80
Cabernet Sauvignon – vinhedo 1	1	13,7	3,8	0,169	59,1	16,5	4,3	9,2	11,5	0	80
	2	24,8	5,3	0,115	67,3	14,3	2,7	12,4	14,7	0	85
Cabernet Sauvignon – vinhedo 3	1	19,1	6,7	0,104	60,0	21,1	3,1	7,6	9	0	84
	2	12,3	3	0,148	53,2	13,0	4,3	5,4	7,7	0	71
Cabernet Sauvignon – vinhedo 3	1	227,5	68,9	0,016	71,1	21,5	0,3	22,9	24,6	0,0	93
	2	18,8	4,6	0,114	38,8	9,5	2,1	12,4	14,7	0	85
Merlot	1	12,1	4,3	0,125	52,5	18,6	4,3	4,5	5,9	0	76
	2	10,6	4	0,144	54,2	20,3	5,1	4,7	5,9	0	80
Shiraz	1	27,1	6	0,115	69,8	15,4	2,6	14,8	16,9	0	88
	2	29,9	6,6	0,115	72,7	16,2	2,4	18,1	19,8	0	91