

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**NITROGÊNIO EM VIDEIRA: RECUPERAÇÃO,  
ACUMULAÇÃO E ALTERAÇÕES NA  
PRODUTIVIDADE E NA COMPOSIÇÃO DA UVA**

**TESE DE DOUTORADO**

**GUSTAVO BRUNETTO**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2008**

**NITROGÊNIO EM VIDEIRA: RECUPERAÇÃO,  
ACUMULAÇÃO E ALTERAÇÕES NA PRODUTIVIDADE E NA  
COMPOSIÇÃO DA UVA**

por

**Gustavo Brunetto**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciência do Solo.**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2008**

Brunetto, Gustavo, 1977-

B895n

Nitrogênio em videira : recuperação, acumulação e alterações na produtividade e na composição da uva / por Gustavo Brunetto ; orientador Carlos Alberto Ceretta. - Santa Maria, 2008

139 f. ; il.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2008.

1. Ciência do solo 2. Adubação nitrogenada 3. Resíduos de plantas de cobertura 4. Distribuição de nitrogênio 5. N15 6. Composição do mosto 7. Canernet Sauvignon I. Ceretta, Carlos Alberto, orient. II. Título

CDU: 631.84

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes - CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**NITROGÊNIO EM VIDEIRA: RECUPERAÇÃO, ACUMULAÇÃO E  
ALTERAÇÕES NA PRODUTIVIDADE E NA COMPOSIÇÃO DA UVA**

Elaborada por  
**Gustavo Brunetto**


como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Ciência do Solo**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

.....  
  
**Carlos Alberto Ceretta, Prof. Dr.**  
(Presidente/Orientador)

.....  
  
**João Raminski, Prof. Dr. (UFSM)**

.....  
  
**George Wellington de Melo, Pesq. Dr. (Embrapa Uva e Vinho)**

.....  
  
**Neidi Garcia Penna, Prof. Dr. (UFSM)**

.....  
  
**Massimo Tagliavini, Prof. Dr. (Università Libera di Bolzano)**

Santa Maria, 20 Fevereiro de 2008.

**DEDICO** aos meus pais Roque Brunetto e Izaltina da Costa Brunetto, pelo amor, educação, ensinamentos, apoio e por terem sido exemplo de honestidade e dignidade.

**OFEREÇO** a minha irmã, Lisandra Brunetto e meu cunhado João Dari, pelo apoio, incentivo e conselhos.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Carlos Alberto Ceretta, pela orientação, amizade, incentivo, confiança, ensinamentos, conselhos, exemplo de dedicação ao ensino superior e, sobretudo, pelo apoio para a realização do Estágio de Doutorado no Exterior-PDEE.

Ao professor João Kaminski, pela orientação durante a graduação e mestrado, co-orientação no doutorado, amizade, incentivo, confiança, ensinamentos, conselhos, generosidade em compartilhar conhecimentos e apoio para a realização do Estágio de Doutorado no Exterior-PDEE.

Ao pesquisador George Wellington de Melo, pela co-orientação durante o mestrado e doutorado, amizade, incentivo, confiança, ensinamentos, possibilidade de qualificação deste trabalho junto a Embrapa Uva e Vinho e apoio para a realização do Estágio de Doutorado no Exterior-PDEE.

Ao professor Massimo Tagliavini, pela co-orientação, amizade, ensinamento, ajuda nos momentos de dificuldade e possibilidade de qualificação deste trabalho junto ao “Dipartimento di Coltura Arborre da Università di Bologna”, Bologna, Itália.

Ao professor Danilo Rheinheimer dos Santos, pelo incentivo, confiança, conselhos, generosidade em compartilhar conhecimentos e ensinamentos durante a graduação e Pós-Graduação.

Ao professor Leandro Sousa da Silva, pela amizade, incentivo, confiança e ensinamentos durante a Pós-Graduação.

Ao professor Luciano Colpo Gatiboni (Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, SC), pela amizade, incentivo, conselhos, generosidade em compartilhar conhecimentos e ensinamentos durante a graduação e Pós-Graduação.

Ao pesquisador Segundo Urquiaga (Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ), pelas análises isotópicas de  $^{15}\text{N}$ .

Ao professor Paulo César Ocheuze Trivelin (Centro de Energia Nuclear - Cena, Piracicaba, SP), pela colaboração na conferência dos cálculos de  $^{15}\text{N}$ .

Aos bolsistas do Setor de Química e Fertilidade do Solo, em especial a Cledimar Rogério Lourenzi, Éder Efraim Trentin, Eduardo Giroto, Renan Costa Beber Vieira e Jaqueline Cristine Adorna, pelo companheirismo e ajuda na execução dos experimentos.

Aos bolsistas do Laboratório de Análise de Solo e Tecido da Embrapa Uva e Vinho, pela amizade e ajuda na execução dos experimentos.

A pesquisadora Francesca Scudellari e pesquisador Maurizio Ventura pela amizade, companheirismo e ajuda na execução dos experimentos na “Università di Bologna”, Bologna, Itália.

Aos professores e pesquisadores do “Dipartimento di Coltura Arboree, Università di Bologna”, Bologna, Itália, Bruno Marangoni, Moreno Toselli, Adamo Rambolà e Ilaria Fillipetti, pela recepção, amizade, atenção e ensinamentos.

Aos colegas do “Dipartimento di Coltura Arboree, Università di Bologna”, Bologna, Itália, Silvia Dezi, Pietro Panzacchi e Cristian Ceccon, pela amizade, recepção e companheirismo.

Aos colegas de curso, em especial, a Jorge Luiz Mattias, Alexandre Léo Berwanger, André Paulo Hübner, Rodrigo Ferreira da Silva, Jackson Ernani Fiorin, Celso Silva Gonçalves, Cláudio Fioreze, Benjamin Dias Osório Filho, Eduardo Giroto, Diovane Freire Mortele, Carlos Alberto Casali, Elisandra Pcojeski, Karine Arend, Noeli Julia Schussler de Vasconcellos, Fabrício de Araújo Pedron, Carlos Arnoldo Streck, Andréa Hentz de Mello, Otávio Bagiotto Rossato, Clamarion Maier e Robson Andreazza, pelas discussões, estudos e compartilhamento de aflições durante o curso.

Aos professores do Departamento de Solos da UFSM, pelo convívio e ensinamentos.

Aos funcionários do Departamento de Solos e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, especialmente a Luiz Finamor e Tarcísio Uberti, pela ajuda e exemplo de competência.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Solo e Tecido da Embrapa Uva e Vinho, Volmir, Alexandre e Vanderlei, pela amizade e ajuda nas análises laboratoriais.

Aos funcionários da Pernod Ricard Brasil/Almadén, em especial a Afrânio Moraes, Fabrício Domingues e Gilberto, pela amizade e ajuda na execução dos experimentos.

Ao CNPq pela bolsa de Doutorado no Brasil.

À Capes pela bolsa Estágio de Doutorado no Exterior-PDEE.

À UFSM e ao Departamento de Solos, pela estrutura.

À Embrapa Uva e Vinho, pelo auxílio financeiro e pela estrutura.

À Pernod Ricard Brasil/Almadén, pela estrutura.

Ao “Dipartimento di Coltura Arboree, Università di Bologna”, Bologna, Itália, pela estrutura.

Ao grande amigo, Rosario Firrincieli, pela recepção na Itália, atenção e ajuda nos momentos difíceis.



Ao grande amigo, professor Roberto Barboza Castanho, pelo incentivo para a realização do Estágio de Doutorado no Exterior-PDEE, conselhos e ajuda nos momentos difíceis, durante a graduação e Pós-Graduação.

À professora Meri Lourdes Bezzi e Karine Arend pelo apoio e ajuda nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Roque e Isaltina, minha irmã Lizandra e meu cunhado João Dari, pela amizade, apoio, incentivo e conselhos.

**“Quelli che s’innamoran di pratica senza scienza son come il noccbieri che entra ai navilo senza tomone o bussola, che mai ha certezza dove si vada” (Leonardo, Codice G. F. 8v.).**



# RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Universidade Federal de Santa Maria

## NITROGÊNIO EM VIDEIRA: RECUPERAÇÃO, ACUMULAÇÃO E ALTERAÇÕES NA PRODUTIVIDADE E NA COMPOSIÇÃO DA UVA

AUTOR: GUSTAVO BRUNETTO  
ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO CERETTA  
CO-ORIENTADOR: JOÃO KAMINSKI  
CO-ORIENTADOR: GEORGE WELLINGTON DE MELO  
CO-ORIENTADOR: MASSIMO TAGLIAVINI

Santa Maria, 20 Fevereiro de 2008.

No Rio Grande do Sul (RS), a dose de nitrogênio (N) para a videira é definida a partir do seu teor total na folha inteira ou no pecíolo, e na expectativa de produção. Quando diagnosticada a necessidade de aplicação, recomenda-se o seu parcelamento em épocas incertas. Entretanto, essa recomendação não infere informações sobre o impacto do N aplicado na produção e na composição da uva. Também não se considera a contribuição do N dos resíduos de plantas de cobertura depositados na superfície do solo. O presente trabalho teve como objetivo estudar a recuperação e acumulação de N em videiras e seu efeito na produtividade e na composição da uva e do mosto.

Foram conduzidos três estudos: Estudo 1, realizado para estimar a recuperação, distribuição e a acumulação de N aplicado ao solo pela videira. Esse foi composto por dois experimentos: Experimento 1, implantado em um vinhedo de Cabernet Sauvignon na Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves (RS), e o experimento 2, instalado na Empresa Pernod Ricard Brasil/Almadén, Santana do Livramento (RS). Nos experimentos 1 e 2 as videiras foram submetidas à aplicação de uma dose de N com 3% de átomos de  $^{15}\text{N}$ , em quatro modos de parcelamento. Na maturação da uva, as plantas foram colhidas, fracionadas, secas, determinada a matéria seca (MS) e analisado os totais de N e  $^{15}\text{N}$ . O Estudo 2 foi realizado para avaliar a produtividade e a composição da uva e do mosto, em videiras submetidas à aplicação de N. O Estudo 2 foi formado por dois experimentos: Experimento 1, implantado no vinhedo do experimento 1 do Estudo 1, as videiras receberam cinco doses de N e o experimento 2, instalado no vinhedo do experimento 2 do Estudo 1, as videiras foram submetidas à aplicação de seis doses de N. Nos experimentos 1 e 2 a uva foi colhida, determinada a produção e no seu suco avaliado os sólidos solúveis totais, o pH, a acidez total, o ácido tartárico e málico, os polifenóis totais, as antocianinas e o N amoniacal. Além disso, na baga foram analisados os totais de N, P, K, Ca e Mg. O Estudo 3 foi realizado para determinar a contribuição de N derivado da decomposição de resíduos de azevém (*Lolium perenne*) e trevo branco (*Trifolium repens*) para a videira. Esse compreendeu dois experimentos instalados em vinhedo de Chardonnay, em Bologna, Itália. No experimento 1, os resíduos de azevém perene e de trevo branco foram colocados no interior de bolsas teladas e depositados no solo. Ao longo do ciclo das videiras as bolsas teladas foram coletadas, determinada a MS remanescente e analisado os totais de  $^{15}\text{N}$ , N, C, P, K, Ca, Mg e S. No experimento 2, os resíduos das espécies foram colocados na superfície do solo e na maturação da uva as videiras foram colhidas, fracionadas, secas, determinado a MS e analisado os totais N e  $^{15}\text{N}$ .

Os resultados obtidos mostram que o N adicionado e absorvido no ano é distribuído e acumulado, preferencialmente, nas folhas, mas a maior parte do N presente na videira é derivada de outras formas, que não a do fertilizante. Entretanto, existe aumento na produção quando da aplicação de N na Serra Gaúcha, podendo a dose ser parcelada 25% no início da brotação+25% na brotação+25% na floração+25% no crescimento das bagas; 50% no início da brotação+50% na brotação e 50% na floração+50% no crescimento das bagas. A aplicação de N altera a composição da uva, especialmente, diminui a quantidade de antocianinas no mosto. Os resíduos de azevém perene e trevo branco depositados na superfície do solo são decompostos com a mesma taxa no ciclo vegetativo e produtivo da videira, porém liberam nutrientes em taxas diferentes. No entanto, isso tem pouca importância, pois as plantas recuperam porcentagens pequenas e iguais de N derivado dos resíduos das duas espécies.

Palavras-chaves: Adubação nitrogenada, resíduos de plantas de cobertura, distribuição N,  $\text{N}^{15}$ , composição do mosto, Cabernet Sauvignon.

# ABSTRACT

Doctoral Thesis in Soil Science  
Graduate Program in Soil Science  
Federal University of Santa Maria

## NITROGEN IN GRAPEVINE: RECOVERY, ACCUMULATION AND ALTERATIONS IN THE YIELD AND GRAPE COMPOSITION

AUTHOR: GUSTAVO BRUNETTO  
ADVISER: CARLOS ALBERTO CERETTA  
CO-ADVISER: JOÃO KAMINSKI  
CO-ADVISER: GEORGE WELLINGTON DE MELO  
CO-ADVISER: MASSIMO TAGLIAVINI

Santa Maria, February, 20, 2007

The rate of nitrogen (N) in grapevines in the Rio Grande do Sul (RS) State, Southern Brazil, is established considering N content in leaves or leaves petioles and yield expectation limits. Once N fertilization needs have been diagnosed, the N is applied in indefinite times. However, N fertilization recommendations don't consider the impact of N fertilization in the yield, the consequences on grape composition and the contribution of N of crop residues to mineral nutrition of grapevines. The objective of this work was to estimate the recovery and accumulation of N in grapevines and the effect in the yield and grape composition.

Three studies were carried on. Study 1, recovery, distribution and accumulation of N fertilizer was studied, in Cabernet Sauvignon grapevines, located at Bento Gonçalves city, area of the Serra Gaúcha (experiment 1), and Santana do Livramento city, area of the Campanha (experiment 2), in RS, Southern Brazil. In the experiment 1 and 2 the plants were fertilized with  $^{15}\text{N}$  in four forms and, when grapes were mature, plants were fractionated, oven-dried, weighted and analysed for total N and  $^{15}\text{N}$  enrichment. Study 2, grape yield and composition of grapevines treated with different amounts of N were studied, in the vineyards of the Study 1. Grapes were collected when ripe and yield was evaluated. Must soluble solids, pH, total acidity, tartaric acid, malic acid, total phenols, anthocyanins and N ammonia were evaluated in part of the berries. The remaining berries were triturated and total N, P, K, Ca and Mg were evaluated. Study 3, decomposition and nutrient release by aerial organs of *Lolium perenne* (LP) and *Trifolium repens* (TR) (experiment 1), and grapevines uptake of the N derived from decomposing material (experiment 2) were studied in Chardonnay grapevines located at the experimental Station of the University of Bologna, Italy. In experiment 1, 2 g (DW) of  $^{15}\text{N}$ -labelled litter of LP and TR were placed into litter bags which were placed on the vineyard soil surface. Collection of bags LP and TR was performed 8 (June) and 16 (August) weeks from the deposition. Remaining biomass,  $^{15}\text{N}$ , N, C, P, K, Ca, Mg and S concentrations were determined. In experiment 2, 30 g plant<sup>-1</sup> of dry litter of LP and TR were placed on the herbicided soil under the grape plants. Grapevine leaves were collected 8 and 16 weeks from litter deposition; after 16 weeks, one year (including bunches) and two years shoots were collected, oven-dried, weighted and analysed for total N and  $^{15}\text{N}$  enrichment.

Results showed that the absorbed N is distributed and accumulated especially in leaves and that most of the N found in the plant was not derived from the fertilizers but from the organic matter already present in the soil. However, N fertilization increased grape yield in the Serra Gaúcha grapevines. The rate can be split 25% at the beginning of bud burst + 25% at bud burst + 25% at flowering + 25% at growth berries; 50% at the beginning of bud burst + 50% at bud burst and 50% at flowering + 50% at growth berries. Moreover, N fertilization altered the grape composition, especially decrease the amount of anthocyanins. LP and TR residues decomposed at the same rate, but nutrient release was different between the two species and varied according with mineral element. The amount of N that grapevines recovered from the decomposing litter was low and similar for LP and TR residues.

Key words: N fertilization, crop residue, N distribution,  $^{15}\text{N}$ , must composition, Cabernet Sauvignon.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

TABELA 1-	Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Neossolo Litólico cultivado com videira na Serra Gaúcha.....	15
TABELA 2-	Modo de parcelamento do nitrogênio, em viníferas Cabernet Sauvignon na Serra Gúcha.....	16
TABELA 3-	Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Argissolo Vermelho cultivado com videira na Campanha.....	18
TABELA 4-	Modo de parcelamento do nitrogênio, em viníferas Cabernet Sauvignon na Campanha.....	18
TABELA 5-	Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha <sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.....	22
TABELA 6-	Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos <sup>15</sup> N, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) de N do fertilizante, em partes de videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 30 kg ha <sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.....	25
TABELA 7-	Coeficiente de correlação linear simples entre a matéria seca das partes da videira (g planta <sup>-1</sup> ) e o nitrogênio total (Nt) (g planta <sup>-1</sup> ), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) (g planta <sup>-1</sup> ) e nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) (g planta <sup>-1</sup> ) na Serra Gaúcha.....	26
TABELA 8-	Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos <sup>15</sup> N, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) de N do fertilizante, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 30 kg ha <sup>-1</sup> de	

	N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.....	27
TABELA 9-	Nitrogênio total (Nt), átomos $^{15}\text{N}$ , nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e recuperação (R) do N do fertilizante no solo, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de $30 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.....	29
TABELA 10-	Nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e recuperação (R) do N do fertilizante na planta e no solo, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de $30 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na Serra Gaúcha.....	30
TABELA 11-	Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de $21,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.....	33
TABELA 12-	Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos de $^{15}\text{N}$ , nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) de N do fertilizante, em videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de $21,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.....	36
TABELA 13-	Coefficiente de correlação linear simples entre a matéria seca (MS) das partes da videira ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e o nitrogênio total (Nt) ( $\text{g planta}^{-1}$ ), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) na Campanha.....	37
TABELA 14-	Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos de $^{15}\text{N}$ , nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs) + nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) do N do fertilizante, em videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de $21,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.....	39
TABELA 15-	Nitrogênio total (Nt), átomos de $^{15}\text{N}$ , nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e recuperação (R) de N do fertilizante no solo, em videiras da Cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de $21,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.....	41
TABELA 16-	Nitrogênio derivado do fertilizante e recuperação do N do fertilizante na planta e no solo, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de $21,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.....	42

## CAPÍTULO II

TABELA 17-	Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Neossolo Litólico cultivado com videira na Serra Gaúcha.....	53
TABELA 18-	Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Argissolo Vermelho cultivado com videira na Campanha.....	55
TABELA 19-	Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.....	58
TABELA 20-	Parâmetros das regressões ajustadas para produção por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.....	58
TABELA 21-	Sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.....	60
TABELA 22-	Parâmetros das regressões ajustadas para os sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.....	61
TABELA 23-	Totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.....	62
TABELA 24-	Parâmetros das regressões ajustadas para os totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uvas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.....	62
TABELA 25-	Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.....	64
TABELA 26-	Parâmetros das regressões ajustadas para produção por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar	

	Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.....	64
TABELA 27-	Sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.....	66
TABELA 28-	Parâmetros das regressões ajustadas para os sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.....	67
TABELA 29-	Totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.....	67
TABELA 30-	Parâmetros das regressões ajustadas para os totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.....	68

### CAPÍTULO III

TABELA 31-	Características do tecido vegetal de azevém perene e de trevo branco usados nos experimentos e suas quantidades adicionadas no experimento 1, em Bologna, Itália.....	80
TABELA 32-	Atributos físicos e químicos na camada 0-20 e 20-60 cm do solo Haplic Calcisol cultivado com videira, em Bologna, Itália...	83
TABELA 33-	Concentração de átomos de <sup>15</sup> N, nitrogênio, carbono, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e relação C/N e C/P em resíduos de azevém perene e trevo branco em diferentes semanas de coleta das bolsas teladas, depositadas em um vinhedo da cultivar Chardonnay, em Bologna, Itália.....	89
TABELA 34-	Quantidade de matéria seca, átomos de <sup>15</sup> N, nitrogênio, carbono, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em resíduos de azevém perene e trevo branco em diferentes semanas de coleta das bolsas teladas, depositadas em um vinhedo da cultivar Chardonnay, em Bologna, Itália.....	90
TABELA 35-	Número de ramos do ano por planta, comprimento dos ramos do ano, átomos de <sup>15</sup> N, nitrogênio total (Nt) e nitrogênio derivado dos resíduos (Ndfr) de azevém perene e trevo branco em folhas de videira da cultivar Chardonnay, coletadas oito semanas após a deposição dos resíduos na superfície do solo, em Bologna, Itália.....	91



TABELA 36- Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos de  $^{15}\text{N}$ , nitrogênio derivado do resíduo (Ndfr), nitrogênio derivado do solo (Ndfs) + nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) do nitrogênio de resíduos em videiras da cultivar Chardonnay, em Bologna, Itália..... 94

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- FIGURA 1- Localização geográfica das áreas em estudo..... 14
- FIGURA 2- Distribuição percentual do nitrogênio do fertilizante na folha (a), no ramo do ano (b), na baga (c), no engaço (d), no ramo do ano anterior (e) e no caule (f), de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no modo de parcelamento I, II, III e IV na Serra Gaúcha..... 28
- FIGURA 3- Nitrogênio derivado do fertilizante não recuperado (kg ha<sup>-1</sup>) (a) e nitrogênio do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha..... 32
- FIGURA 4- Distribuição percentual do nitrogênio do fertilizante na folha (a), no ramo do ano (b), na baga (c), no engaço (d), no ramo do ano anterior (e) e no caule (f), de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N no modo de parcelamento I, II, III e IV na Campanha..... 40
- FIGURA 5- Nitrogênio derivado do fertilizante não recuperado (kg ha<sup>-1</sup>) (a) e nitrogênio do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha..... 43

### CAPÍTULO III

- FIGURA 6- Localização geográfica da área em estudo na Itália..... 82
- FIGURA 7- Distribuição percentual do nitrogênio do fertilizante na baga (a), no ráquis (b), na folha (c), no ramo do ano (d) e no ramo do ano anterior (e), em videiras Chardonnay, em Bologna, Itália..... 95

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1-	Viníferas Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha (A) e na Campanha (B).....	115
ANEXO 2-	Precipitação pluviométrica, temperatura do ar média mensal e insolação nos meses de condução dos experimentos na Serra Gaúcha.....	116
ANEXO 3-	Limpeza da área de 0,25m x 0,25m (A), aplicação do nitrogênio (B), incorporação do nitrogênio (C), adição de maravalha (D), irrigação (E) e vista da área após a realização dos procedimentos experimentais (F).....	117
ANEXO 4-	Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha <sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.....	118
ANEXO 5-	Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha <sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.....	119
ANEXO 6-	Densidade do solo (Ds) usado para a quantificação do N total e do Ndff, em diferentes camadas de solo no Experimento 1 e 2 do capítulo I.....	120
ANEXO 7-	Precipitação pluviométrica, temperatura do ar média mensal e insolação nos meses de condução dos experimentos na Campanha.....	121
ANEXO 8-	Atributos químicos do solo Neossolo Litólico, após a colheita da uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha <sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.....	122
ANEXO 9-	Atributos químicos do solo Neossolo Litólico, após a colheita da uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha <sup>-1</sup> de N em diferentes modos de	

	parcelamento na Campanha.....	123
ANEXO 10-	Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.....	124
ANEXO 11-	Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha..	125
ANEXO 12-	Precipitação pluviométrica, temperatura e umidade do ar e temperatura do solo observadas nos meses de condução do experimento, em Bologna, Itália.....	126
ANEXO 13-	Resíduos de azevém perene e trevo branco em bolsas de decomposição (Experimento 1 do capítulo 3) (A) e depositados na superfície do solo (Experimento 2 do capítulo 3) (B) depositados na superfície do solo, em um vinhedo de vinífera Chardonnay, em Bologna, Itália.....	127

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A-	Sólidos solúveis totais (°brix).....	129
APÊNDICE B-	pH.....	130
APÊNDICE C-	Acidez total.....	131
APÊNDICE D-	Ácido tartárico e ácido málico.....	132
APÊNDICE E-	Polifenóis totais.....	133
APÊNDICE F-	Antocianinas.....	134
APÊNDICE G-	Nitrogênio amoniacal.....	135
APÊNDICE H-	Preparo de bagas para a análise dos totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.....	136
APÊNDICE I-	Vazio (fraldinha) ao molho de laranja.....	137

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 CAPÍTULO I: RECUPERAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E ACUMULAÇÃO DE NITROGÊNIO APLICADO NO SOLO EM VIDEIRA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Revisão bibliográfica.....</b>	<b>3</b>
2.1.1 Nitrogênio no solo.....	3
2.1.2 Absorção, distribuição e acumulação de nitrogênio em videira.....	4
2.1.3 Aplicação e recuperação de nitrogênio do fertilizante em videira.....	6
2.1.4 Uso de <sup>15</sup> N para a determinação da recuperação, distribuição e acumulação na planta do nitrogênio aplicado no solo.....	8
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Objeto de estudo e hipóteses.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Material e métodos.....</b>	<b>13</b>
2.4.1 Descrição dos experimentos.....	13
2.4.1.1 Experimento 1- Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul..	13
2.4.1.2 Experimento 2- Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Campanha do Rio Grande do Sul.....	17
2.4.2 Análises químicas.....	19
2.4.3 Cálculos e análises estatísticas.....	19
<b>2.5 Resultados e discussão.....</b>	<b>21</b>
2.5.1 Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul.....	21
2.5.2 Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Campanha do Rio Grande do Sul.....	33

<b>2.6 Conclusões.....</b>	<b>44</b>
----------------------------	-----------

### **3 CAPÍTULO II: PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DA UVA E DO SEU MOSTO EM VIDEIRAS SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO.....**

<b>3.1 Revisão bibliográfica.....</b>	<b>45</b>
---------------------------------------	-----------

<b>3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>50</b>
---------------------------------------	-----------

<b>3.3 Objeto de estudo e hipóteses.....</b>	<b>51</b>
--	-----------

<b>3.4 Material e métodos.....</b>	<b>52</b>
------------------------------------	-----------

3.4.1 Descrição dos experimentos.....	52
---------------------------------------	----

3.4.1.1 Experimento 1- Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas a aplicação de nitrogênio na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul.....	52
--	----

3.4.1.2 Experimento 2- Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas a aplicação de nitrogênio na região da Campanha do Rio Grande do Sul.....	54
--	----

3.4.2 Análises químicas.....	55
------------------------------	----

3.4.3 Análises estatísticas.....	56
----------------------------------	----

<b>3.5 Resultados e discussão.....</b>	<b>57</b>
--	-----------

3.5.1 Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de nitrogênio na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul.....	57
---	----

3.5.2 Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de nitrogênio na região da Campanha do Rio Grande do Sul.....	63
---	----

<b>3.6 Conclusões.....</b>	<b>69</b>
----------------------------	-----------

### **4 CAPÍTULO III: CONTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO DERIVADO DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO PARA A VIDEIRA.....**

<b>4.1 Revisão bibliográfica.....</b>	<b>70</b>
---------------------------------------	-----------

4.1.1 Uso de plantas de cobertura do solo em vinhedos.....	70
--	----

4.1.2 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais das plantas de cobertura do solo e, absorção e distribuição do nitrogênio destes	
--	--

resíduos pela videira.....	72
4.1.3 Marcação de plantas de cobertura do solo com <sup>15</sup> N e uso de seus resíduos em estudos de recuperação e distribuição na planta.....	74
<b>4.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>77</b>
<b>4.3 Objeto de estudo e hipóteses.....</b>	<b>78</b>
<b>4.4 Material e métodos.....</b>	<b>79</b>
4.4.1 Marcação das plantas com <sup>15</sup> N.....	79
4.4.2 Descrição dos experimentos.....	80
4.4.2.1 Experimento 1- Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de azevém perene e trevo branco durante o período vegetativo e produtivo da videira.....	83
4.4.2.2 Experimento 2- Absorção, acumulação e distribuição do nitrogênio derivado de resíduos culturais em decomposição de azevém perene e de trevo branco em videiras.....	84
4.4.3 Análises químicas.....	85
4.4.4 Cálculos e análises estatísticas.....	85
<b>4.5 Resultados e discussão.....</b>	<b>87</b>
4.5.1 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de azevém perene e trevo branco durante o período vegetativo e produtivo da videira.....	87
4.5.2 Absorção, acumulação e distribuição do nitrogênio derivado de resíduos culturais em decomposição de azevém perene e de trevo branco em videiras..	91
<b>4.6 Conclusões.....</b>	<b>96</b>
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>97</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>114</b>
<b>8 APÊNDICES.....</b>	<b>128</b>



# 1 INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul (RS) possui a maior área cultivada com a videira do Brasil. O seu cultivo é realizado em, aproximadamente, 12.829 propriedades rurais, na sua maioria com mão-de-obra familiar, que ocupam uma área de 27.986 hectares e elaboram 95% do vinho nacional. Dentre as variedades cultivadas, destaca-se a vinífera Cabernet Sauvignon e Chardonnay, sendo sua uva processada para a elaboração de vinhos finos varietais (Cadastro vitícola do RS, 1995/2000).

Os primeiros cultivos comerciais de videira no RS foram realizados na região da Serra Gaúcha, em solos rasos, com textura média ou argilosa, com teor médio ou alto de matéria orgânica e manutenção dos resíduos de plantas de cobertura durante todo o ano, conferindo-lhes capacidade de fornecimento de nitrogênio (N), proporcional a mineralização da matéria orgânica lábil. Quando essas fontes naturais não suprem a demanda de nitrogênio, torna-se necessária a aplicação de fertilizante nitrogenado mineral. Com a ampliação da viticultura, áreas de campo natural da Campanha foram incorporadas neste sistema de produção. Nessas áreas, a videira passou a ser cultivada em solos com textura arenosa e com baixo teor de matéria orgânica e, hipoteticamente, com pequena capacidade de suprimento de N. Assim, a aplicação de fontes de N passou a ser uma prática de manejo recomendada.

A videira absorve o N aplicado da solução do solo na forma mineral, como o nitrato ( $N-NO_3^-$ ) e o amônio ( $N-NH_4^+$ ) e, em extrema carência, é possível que ocorra a absorção de compostos nitrogenados orgânicos, porém sem suprir a demanda da planta. Após absorvido, parte do N é incorporado às estruturas carbonadas e redistribuído para os pontos de crescimento, sendo a outra parte acumulada na forma de compostos nitrogenados de baixo peso molecular nos órgãos perenes, especialmente nas raízes, sendo mobilizadas e redistribuídas para os órgãos anuais no crescimento do próximo ciclo vegetativo. Assim, a quantidade de N aplicado deve suprir a demanda fisiológica e a formação de reservas nitrogenadas remobilizáveis. Porém, como o N pode afetar o crescimento vegetativo, a produção e a composição da uva e do seu mosto, conseqüentemente, do vinho, o seu uso deve ser realizado com prudência.

No RS, as primeiras recomendações de adubação nitrogenada foram baseadas em conhecimentos empíricos dos vitivinicultores, em informações de literatura e em um pequeno número de experimentos. Atualmente, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (CQFS-RS/SC, 2004), indica a dose de N para a cultura da videira a partir do seu teor total na folha inteira ou pecíolo e na expectativa de produtividade. Quando diagnosticada a necessidade de aplicação, recomenda o seu parcelamento durante o ciclo vegetativo e produtivo das plantas, sem indicar a época. Essa recomendação não infere informações sobre as quantidades de N acumuladas nas partes anuais da planta e, especialmente nas perenes, que potencialmente podem ser mobilizadas, redistribuídas e usadas no ciclo posterior. Além disso, não considera a relação entre a aplicação de N no solo, a produtividade e a composição química da uva e do seu mosto, nem a contribuição de N dos resíduos de plantas de cobertura depositados na superfície do solo dos vinhedos.

Pelo exposto, verifica-se a carência de informações sobre os períodos de maior demanda de N, as quantidades absorvidas e acumuladas nas partes da planta, derivadas de fontes de N, bem como a sua implicação na produtividade e na qualidade da uva e do seu mosto. Essas informações são obtidas com a realização de experimentos regionais usando o traçador  $^{15}\text{N}$ , porque permite com alta precisão acompanhar a quantidade de N recuperada e a sua movimentação no interior da planta.

O objetivo geral deste trabalho é o de estudar a recuperação e acumulação de nitrogênio em videiras e seu efeito na produtividade e na composição da uva e do mosto.

## 2 CAPÍTULO I

# RECUPERAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E ACUMULAÇÃO DE NITROGÊNIO APLICADO NO SOLO EM VIDEIRA

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica são discutidos quatro subitens. O primeiro se refere ao N no solo, o segundo trata da absorção, distribuição e acumulação de N na videira, o terceiro aborda a aplicação e a recuperação de N do fertilizante na videira e o quarto apresenta o uso de  $^{15}\text{N}$  para a determinação da recuperação, distribuição e acumulação na planta do N aplicado no solo.

#### 2.1.1 Nitrogênio no solo

A maior quantidade de nitrogênio encontrada no solo está ligada a compostos orgânicos, de peso molecular variável, que são transformados pelos microrganismos. Esse N-orgânico pode ser transformado em N-mineral quando os seus compostos são utilizados como fonte de matéria e energia e há N excedente à quantidade aproveitada pelos organismos. Por isso, a quantidade de N-mineral existente no solo é estacional, porque depende de todos os fatores climático-ambientais que interferem na atividade dos microrganismos e da relação C/N dos compostos utilizados. O N-mineral liberado pelo processo de mineralização é na forma amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ), que é imediatamente transformado em nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) por microrganismos especializados. Assim, a forma do N-mineral que se acumula no solo é a do  $\text{N-NO}_3^-$ , que poderá ser reutilizado por outros microrganismos, absorvido por plantas superiores e percolado no perfil do solo. No entanto, se resíduos de

plantas forem depositados na superfície ou incorporados, promovem a proliferação de microrganismos, por causa da maior disponibilidade de matéria e energia, e se o N dos resíduos for insuficiente para promover a necessidade, o N mineral do solo poderá ser incorporado, promovendo a sua imobilização temporária, que será tão longa quanto por mais tempo houver fontes disponíveis de energia (Stevenson, 1994; Ceretta, 1997; Fries, 1997; Camargo et al., 1999; Roscoe et al., 2006).

O N do solo também pode sofrer percolação, volatilização e desnitrificação. A principal forma de N percolada no perfil do solo é o  $\text{N-NO}_3^-$ , porque forma complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície das partículas do solo, onde é mantida a sua água de hidratação ao ser adsorvido. Com isso, a energia de adsorção do íon com as partículas orgânicas e inorgânicas é pequena. Assim, o  $\text{N-NO}_3^-$  pode acompanhar os movimentos descendente da água no perfil do solo, durante ou depois de precipitações ou ascendente, quando da evaporação da água do solo. As quantidades de N percoladas no perfil dependem da quantidade e da época de aplicação do N, das taxas de mineralização e de nitrificação do N nativo, da quantidade absorvida pelas plantas e do volume de água drenada no solo, entre outros fatores de menor importância. Por outro lado, formas de N podem ser volatilizadas para a atmosfera. Essa ocorre, especialmente quando os fertilizantes nitrogenados são aplicados na superfície do solo, onde sofrem reações de dissolução, sendo o produto final a amônia ( $\text{N-NH}_3$ ). A desnitrificação é outra forma de transferência de N e ocorre porque os microrganismos utilizam o  $\text{N-NO}_3^-$  ou nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) como receptor final de elétrons na cadeia respiratória, emitindo para a atmosfera formas gasosas de N (ex:  $\text{N-NO}$ ,  $\text{N-N}_2\text{O}$  e  $\text{N-N}_2$ ) (Libardi & Reichardt, 1978; Sparks, 1995; Urquiaga, 2000; Pierzynski, et al., 2000; Basso et al., 2005; Ceretta et al., 2005).

Pelo exposto, observa-se que o N do solo sofre inúmeras transformações de origem química e bioquímica, que determinam as suas transferências de N no solo e do solo para a atmosfera, afetando a sua disponibilidade às plantas. Assim, tornam-se necessários estudos que aumentam a recuperação do N do fertilizante pelas plantas, especialmente em sistemas de produção de uva, onde esses trabalhos são escassos.

### 2.1.2 Absorção, distribuição e acumulação de nitrogênio em videira

A videira absorve N, preferencialmente mineral,  $\text{N-NO}_3^-$  e o  $\text{N-NH}_4^+$ , sendo os compostos orgânicos, como os aminoácidos, absorvidos em muito menor quantidade, e em condições de extrema falta de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ . O  $\text{N-NO}_3^-$  no solo é mais utilizado e depois de absorvido é reduzido para  $\text{N-NH}_4^+$ , e incorporado em esqueletos carbônicos, inclusive aminoácidos, como as aminas, que dão origem às proteínas, no citoplasma das células, cloroplastos ou mitocôndrias (Wermelinger, 1991; Sponhoz, 1991; Roubelakis-Angelakis & Kliewer, 1992; Lam et al., 1996).

A quantidade de N absorvido pela videira na estação de crescimento é dependente da sua disponibilidade no solo. Em solos com baixa disponibilidade, as plantas, entre elas a videira, utilizam diversos mecanismos para aumentar a eficiência de absorção. Estes podem ser de caráter morfológico, como o aumento da relação raiz/parte aérea e o aumento de pelos radiculares, bem como de caráter bioquímico e fisiológico, onde se destaca a ativação gênica para a mudança e/ou aumento dos carregadores de N (Marschner, 1988; Crawford & Glass, 1998; Forde, 2002; Miller & Cramer, 2004).

O N depois de absorvido pelas raízes das plantas é incorporado a compostos nitrogenados em suas células. Parte permanece acumulado e o restante é transportado via xilema para a parte aérea. O ácido aspártico, o ácido glutâmico e a arginina são transportados no xilema com maior frequência. A arginina é o principal composto acumulado nas raízes, no caule e nos ramos das plantas durante o inverno. Alguns autores relatam que esta forma representa 50 a 90% do N solúvel armazenado. Também aminoácidos e as proteínas formam as reservas de N nas partes perenes (Nassar & Kliewer, 1966; Kliewer, 1967; Ortiz-Lopez et al., 2000).

A acumulação de N nas partes perenes ocorre durante todo o ciclo vegetativo e produtivo. Entretanto, com a diminuição do comprimento do dia e da temperatura, em geral, no inverno, é desencadeada uma série de eventos com controle gênico, que resulta na morte das folhas. Neste período são formadas as reservas de N nas partes perenes, pois as proteínas das folhas são degradadas e o N é redistribuído para os ramos, o caule e as raízes. As reservas de N possibilitam a manutenção dos processos bioquímicos e fisiológicos na planta no período de menor área foliar, que servem de fonte para a manutenção de produtividades no ano seguinte. Entretanto, os carboidratos compreendem a principal fonte de energia das partes perenes da

videira. Essas reservas, mais outros nutrientes, como o potássio e o fósforo são mobilizados e redistribuídos para os pontos de crescimento, quando aumenta o comprimento do dia e da temperatura, o que coincide com o início da primavera (Tromp, 1983; Oakis et al., 1991; Millard, 1995; Rives, 2000; Pommer, 2003; Taiz & Zeiger, 2004).

Como visto, a absorção de N, a sua distribuição, acumulação e posterior redistribuição é um processo dinâmico e, quando as reservas do nutriente diminuem nas partes perenes, a planta tende a absorvê-lo do solo para a manutenção das reservas e o suprimento da demanda dos tecidos em crescimento.

Alguns autores reportam que grande parte do N total da planta acumula-se nas raízes, inclusive o N derivado do fertilizante aplicado no ano, tratando-se do sítio mais importante de acumulação, já que, o caule e os ramos são os sítios da passagem do fluxo que circula entre o sítio de absorção (raízes) e os sítios de residência, apresentando pouca importância como órgãos de acumulação (Kliewer & Cook, 1971; Kliewer & Cook, 1974; Bates et al., 2002; Brunetto, 2004; Zapata et al., 2004; Brunetto et al., 2005; Brunetto et al., 2006a).

No entanto, há trabalhos mostrando que as maiores quantidades de N do fertilizante são encontradas nas partes anuais da planta, folhas e cachos, sendo pequenas as quantidades de N aplicado acumuladas nas partes perenes. Neste sentido, Conradie (1990) aplicando fertilizante nitrogenado enriquecido com  $^{15}\text{N}$  no florescimento, verificou que durante a primavera 55% do N do fertilizante foi encontrado nas folhas e nos ramos, 20% nos cachos, 22% nas raízes e 3% no caule. Já na maturação da uva 41, 45, 12 e 3% de N do fertilizante é encontrado nas folhas e nos ramos, cachos, raízes e caule, respectivamente. Da mesma forma, Williams (1987), aplicando o N durante o crescimento vegetativo da cultivar Thompson Seedless, encontrou aumento da sua quantidade nos ramos e nas folhas, sendo a maior quantidade de N do fertilizante destinada ao cacho. Além disso, Brunetto et al. (2006b), aplicando N no inchamento das gemas de viníferas Chardonnay e Riesling Renano, relatam que as partes anuais, como as folhas e os ramos do ano são importantes drenos do N aplicado.

### 2.1.3 Aplicação e recuperação de nitrogênio do fertilizante em videira

A recomendação de adubação nitrogenada na videira em tradicionais regiões vitivinícolas do mundo é baseada na análise de solo e/ou na análise de tecido vegetal. A impossibilidade de determinação de N disponível em amostras de solo, para fins de recomendação de adubação, dificulta a quantificação da dose adequada de N a ser aplicada. Por outro lado, a análise de tecido tem sido recomendada como o método que melhor representa o estado nutricional da planta, pois permite a adequada quantificação do N a ser aplicado (Weinbaum et al., 1992; Tagliavini & Marangoni, 2002). No Estado do RS e SC, o teor de N na folha inteira ou do pecíolo, tem sido usado como indicador para a tomada de decisão em adubar ou não, bem como para o estabelecimento da dose a ser aplicada ao solo. O vigor da planta e a expectativa de produtividade são considerados. A recomendação é de que a aplicação de N seja a lanço e sem incorporação, para evitar danos mecânicos às raízes (Melo, 2002; CQFS-RS/SC, 2004; Brunetto et al., 2006b).

Os resultados apresentados na literatura sobre os modos de parcelamento da dose de N e as épocas de aplicação apresentam contradições (Spayd et al., 1991). Alguns deles relatam que a adubação nitrogenada deve ser realizada nos estádios fenológicos de maior demanda pelo nutriente, porque proporcionaria maior recuperação (Conradie, 1980; Conradie, 1991). Entretanto, a porcentagem e/ou quantidade de N recuperada também é condicionada à quantidade do fertilizante aplicado, à fonte de N usada, às técnicas de manejo do vinhedo, ao sistema de condução das plantas, à cultivar e ao porta-enxerto, não necessariamente nesta ordem (Bell, 1991; Kliwer, 1991; Schaller, 1991; Hajrasulih et al., 1998).

A videira recupera quantidades satisfatórias de N do fertilizante quando a adubação nitrogenada é realizada no início da brotação e isso foi demonstrado em trabalhos como o de Conradie (1991) na África do Sul, Löhnertz (1991) na Alemanha, Glad et al. (1994) na França e Araújo et al. (1995) na Califórnia, Estados Unidos. A maioria desses autores atribui isto às temperaturas amenas e às boas condições de umidade do solo no final do inverno, o que mantém e/ou aumenta a atividade da biomassa microbiana do solo, a disponibilidade de nutrientes e a atividade das raízes. Entretanto, Peacock et al. (1989) nos Estados Unidos, reportam que a videira recupera maiores quantidades de N do fertilizante quando este é aplicado na pós-colheita da uva. Estes autores relatam que o N absorvido neste período aumenta as reservas do nutriente nas partes perenes, as quais são mobilizadas e redistribuídas para as partes em crescimento no próximo ciclo durante

a primavera. Já Vos et al. (2004), também nos Estados Unidos, encontraram que a aplicação de N foi mais eficiente entre a floração e seis semanas após o seu início, comparativamente a aplicação no início da brotação, concordando com os dados obtidos por Schreiner & Scagel (2006). Porém, os autores reportam que em nenhuma das épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado a recuperação de N do fertilizante foi maior que 20%.

Na região Sul do Brasil, os estudos sobre a adubação nitrogenada em videira são incipientes. Alguns trabalhos indicam que, em videiras cultivadas em solos com médios ou altos teores de matéria orgânica, a adubação nitrogenada causa pouco efeito na produtividade e na composição da uva (Dal Bó, 1992). Sabe-se que a videira cultivada nestes solos recupera e acumula nas partes perenes e anuais pequenas quantidade de N do fertilizante quando aplicado no início do inchamento das gemas (Brunetto, 2004; Brunetto et al., 2006b), pois as temperaturas que ocorrem durante todo o ano no Sul do Brasil permitem que ocorra a mineralização da matéria orgânica do solo e a decomposição de resíduos culturais depositados na superfície do solo, o que favorece a absorção contínua de N do solo durante o ano todo. Sendo assim, a aplicação de N em apenas uma época, a qual pode coincidir com um período de baixa absorção do nutriente pela videira, resultaria em baixa taxa de absorção.

#### 2.1.4 Uso de $^{15}\text{N}$ para a determinação da recuperação, distribuição e acumulação na planta do nitrogênio aplicado no solo.

Os estudos da eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados pelas plantas, também denominado aproveitamento ou recuperação de N do fertilizante, podem ser realizados comparando a produtividade da cultura em solos com diferentes teores de matéria orgânica e doses. Entretanto, neste método não são obtidas informações sobre a quantidade do nutriente utilizado pela planta e/ou proveniente da adubação. Estas formas de avaliação não estimam adequadamente a eficiência de fertilizantes nitrogenados (Hauck, 1973; Lajtha & Michener, 1994; Schindler & Knighton, 1999; Dawson et al., 2002; Boaretto et al., 2004).

A dificuldade na determinação da quantidade de N do fertilizante recuperada pelas plantas pode ser solucionada com o uso da técnica isotópica do N marcado,



que utiliza isótopos estáveis de N ( $^{14}\text{N}$  e  $^{15}\text{N}$ ) como traçador, cujo fluxo de passagem e os sítios de residência podem ser identificados. O uso é baseado no fato de que o  $^{14}\text{N}$  e o  $^{15}\text{N}$  ocorrem naturalmente numa razão quase constante de 273:1 átomos (0,3663% em átomos de  $^{15}\text{N}$  ou 3,663 ppm). A técnica isotópica de N tem sido usada há mais de 50 anos para a avaliação, na planta, da quantidade de nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), do nitrogênio derivado do solo (Ndffs) e da recuperação (R) de N do fertilizante aplicado (IAEA, 1983; Hauck & Bremer, 1984; Hauck et al., 1994).

O uso de isótopos estáveis de N permite, e tem como vantagem, a determinação da utilização do nutriente antes de se obter os resultados de produção das plantas, ou quando não são obtidas diferenças destas entre os tratamentos. Além disso, os isótopos estáveis não causam dano por radiação e, por serem estáveis, é indeterminado o tempo de duração dos experimentos, assim como para armazenamento de amostras de solo e/ou de tecido vegetal enriquecidas com  $^{15}\text{N}$  (Neptune & Muraoka, 1978; Meirelles et al., 1980; Ambrosano et al., 1996).

A técnica isotópica de N consiste na adição de uma quantidade conhecida de isótopos estáveis de  $^{15}\text{N}$ . Na época desejada, as plantas inteiras ou suas partes são colhidas. Em seguida, se procede à secagem do material vegetal coletado, determina-se a produção de matéria seca e, posteriormente, prepara-se às amostras para a análise de  $^{15}\text{N}$  por espectrometria de massa e N total pelos métodos convencionais (Trivelin et al., 1973; Trivelin, 2001b). Com os resultados obtidos se calcula a porcentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso na amostra, conforme a equação 1:

$$\text{Átomos}^{15}\text{N excesso na amostra}(\%) = \% \text{átomos}^{15}\text{N na amostra} - 0,3663\% \quad (1)$$

Com a porcentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso na amostra, a quantidade de N total e a porcentagem de  $^{15}\text{N}$  no fertilizante aplicado no solo é possível obter o nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), conforme exposto na equação 2 e 3:

$$\text{Ndff}(\%) = \frac{\% \text{átomos}^{15}\text{N excesso na amostra}}{\% \text{átomos}^{15}\text{N excesso no fertilizante}} \times 100 \quad (2)$$

$$Ndff (mg) = N \text{ total na amostra (mg)} \times \frac{\% \text{átomos } ^{15}\text{N excesso na amostra}}{\% \text{átomos } ^{15}\text{N excesso no fertilizante}} \quad (3)$$

Posteriormente, com os dados obtidos na equação 2 ou 3 pode-se calcular o nitrogênio derivado do solo (Ndfs) + nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri), conforme a equação 4:

$$Ndfs + Ndri = 100 - Ndff \quad (4)$$

Por fim, a partir desses resultados, Ndff e da quantidade de N do fertilizante aplicado, é possível calcular a recuperação (R) pela planta do N do fertilizante aplicado no solo, conforme equação 5:

$$R(\%) = \frac{Ndff \text{ planta (mg)}}{\text{Quantidade N fertilizante aplicado (mg)}} \times 100 \quad (5)$$

No Brasil os isótopos estáveis de  $^{15}\text{N}$  têm sido usados em estudos da dinâmica do N no solo e em culturas anuais (Reichardt et al., 1979; Meirelles et al., 1980; Urquiaga et al., 1986; Coelho et al., 1991; Trivelin et al., 1994; Carneiro et al., 1995; Trivelin et al., 1996; Trivelin et al., 2002; Gava et al., 2003; Da Ros, 2004; Lara Cabezas et al., 2005; Figueiredo et al., 2005; Giacomini, 2005; Gava et al., 2006; Silva et al., 2006a, b, c; Vitti et al., 2007), porém em sistemas de produção de uva o  $^{15}\text{N}$  foi encontrado apenas em Brunetto (2004), Brunetto et al. (2005) e Brunetto et al. (2006a, b).

Assim, verifica-se que com o uso do traçador  $^{15}\text{N}$  é possível entender com maior clareza a dinâmica do N na planta e no solo. Além disso, o uso de  $^{15}\text{N}$  possibilita conhecer com maior precisão a recuperação de N pela planta e a sua distribuição e acumulação e, com isso, é possível avaliar a resposta à aplicação de N, bem como estabelecer o modo de parcelamento e a época mais adequada para a aplicação em videira.

## **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar, na videira, a recuperação, a distribuição e a acumulação do nitrogênio aplicado no solo, em diferentes épocas de parcelamento;
- b) Definir o melhor modo de parcelamento do fertilizante nitrogenado e a época mais adequada para a aplicação de nitrogênio em videira.

### **2.3 OBJETO DE ESTUDO E HIPÓTESES**

A aplicação de nitrogênio em videiras cultivadas em solos com textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica é realizada para aumentar a sua disponibilidade no solo. Já em solos com textura média ou argilosa e médio ou alto teor de matéria orgânica o N é aplicado para repor a quantidade do nutriente exportada na colheita da uva. Entretanto, a sua aplicação é realizada em modos de parcelamento e épocas incertas ao longo do período vegetativo e produtivo das plantas e, com isso, parte do N pode não ser recuperado. Assim, torna-se necessário sincronizar o fornecimento de N com os picos de maior demanda das plantas, uma vez que elas possuem alguns estádios fenológicos que necessitam maiores quantidades de N. Com isso, as plantas podem absorver e acumular maiores quantidades de N nas partes anuais e perenes. A obtenção deste conhecimento é importante para ajustar ou modificar as atuais recomendações de adubação nitrogenada de produção para a cultura da videira.

A hipótese formulada para este estudo é:

- a) A eficiência da adubação nitrogenada na videira depende da época de aplicação do nitrogênio, porque esta determina a quantidade de nitrogênio recuperado, distribuído e acumulado nas partes da planta.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O capítulo I foi composto de dois experimentos, segundo o objetivo geral e específico. O experimento 1 compreendeu a recuperação, distribuição e acumulação do N aplicado no solo em videiras cultivadas na região da Serra Gaúcha do RS. O experimento 2 constituiu da recuperação, distribuição e acumulação do N aplicado no solo em videiras cultivadas na região da Campanha do RS.

### 2.4.1 Descrição dos experimentos

2.4.1.1 Experimento 1- Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul.

O trabalho foi realizado na Embrapa Uva e Vinho, estabelecida no município de Bento Gonçalves, RS (Latitude 29° 09' 44" S e Longitude 51° 31' 50" W), região da Serra Gaúcha (Figura 1), na safra 2004/2005. A área experimental foi instalada em um vinhedo (Anexo 1a), plantado em 1986, de viníferas Cabernet Sauvignon, enxertadas sob o porta-enxerto SO4, na densidade de 2666 plantas por hectare (1,5 m x 2,5 m) e conduzidas em latada. O solo foi um Neossolo Litólico (Embrapa, 2006), Udorthent (Estados Unidos, 1998) e apresentava, na camada de 0-20 cm os atributos descritos na tabela 1. Os resultados de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar e insolação observados durante a condução do experimento são apresentados no anexo 2.

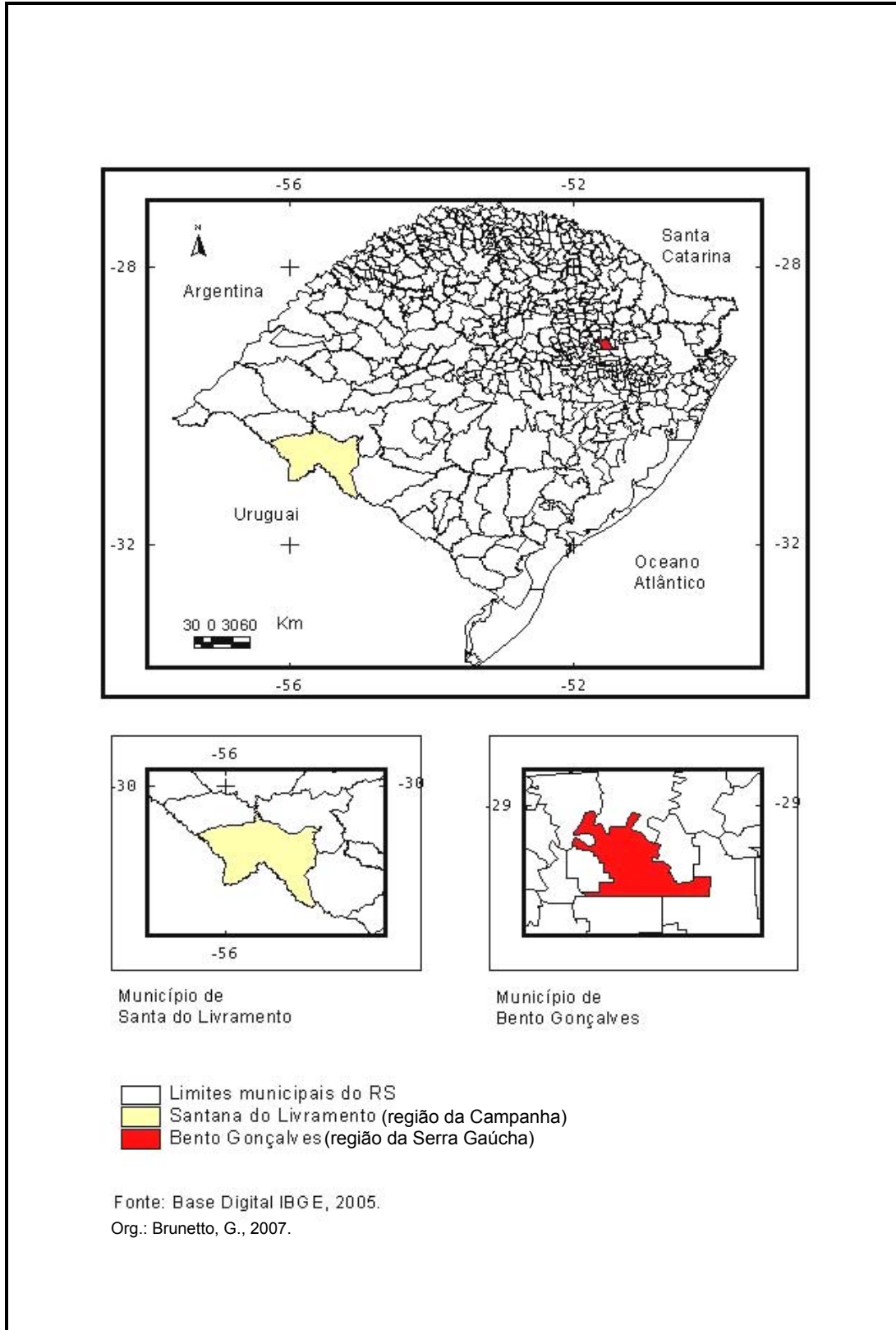


Figura 1- Localização geográfica das áreas em estudo.

Tabela 1- Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Neossolo Litólico cultivado com videira na Serra Gaúcha.

Atributo	Valor
Argila, g kg <sup>-1</sup> (1)	162
Silte, g kg <sup>-1</sup> (1)	558
Areia, g kg <sup>-1</sup> (1)	280
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup> (2)	29,8
pH-H <sub>2</sub> O (2)	6,93
Índice SMP (2)	7,00
Al trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (3)	0,00
Mg trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (3)	4,46
Ca trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (3)	7,11
P disponível, mg dm <sup>-3</sup> (4)	63
K disponível, mg dm <sup>-3</sup> (4)	110
N total, % (2)	0,20

(1) Método da pipeta (Embrapa, 1997); (2) determinado segundo Tedesco et al. (1995); (3) extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Tedesco et al., 1995); (4) extraído por Mehlich 1 (Tedesco et al., 1995).

Os tratamentos consistiram da aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, enriquecido com 3% átomos de <sup>15</sup>N em excesso, em quatro modos de parcelamento: I) 25% no início da brotação+25% na brotação+25% na floração+25% no crescimento das bagas; II) 50% no início da brotação+50% na brotação; III) 33,33% na brotação+33,33% na floração+33,33% no crescimento das bagas e IV) 50% na floração+50% no crescimento das bagas (Tabela 2). Na aplicação do N a vegetação nativa foi eliminada numa área de 0,50 x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>), sendo o caule da videira o centro da área. Em seguida, a uréia (45% N) foi aplicada sobre a superfície do solo e incorporada manualmente. Logo após, foi adicionada maravalha com partículas grandes e numa camada com espessura de, aproximadamente, 0,5 cm, e irrigado para diminuir as perdas de N por volatilização (Anexo 3). No decorrer do experimento a área de 0,25 m<sup>2</sup> foi mantida isenta de ervas. Usou-se uma videira testemunha em cada bloco para avaliar a abundância natural de <sup>15</sup>N.

Tabela 2- Modo de parcelamento do nitrogênio, em viníferas Cabernet Sauvignon na Serra Gaúcha.

Dose	Modo de parcelamento				Época aplicação	Data aplicação	Período
	I	II	III	IV			
kg ha <sup>-1</sup> de N	% da dose				DAIB <sup>(1)</sup>		
30	25	50	-	-	10	09/09/04	Início da brotação
	25	50	33,33	-	40	07/10/04	Brotação
	25	-	33,33	50	70	06/11/04	Floração
	25	-	33,33	50	100	09/12/04	Crescimento bagas

<sup>(1)</sup> Dias após o início da brotação

O delineamento experimental usado foi blocos casualizados, com três repetições, e cada parcela foi formada por três plantas com número igual de ramos produtivos, distribuídas ao longo da fila de plantio. Durante a condução do experimento, as videiras foram submetidas à aplicação de fertilizantes (exceto N), de acordo com a recomendação estabelecida pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004), fungicidas e inseticidas.

No pleno florescimento das videiras e na mudança de cor das bagas foram coletadas folhas inteiras opostas ao primeiro cacho do ramo do ano, secas em estufa com ar forçado a 65°C até massa constante, moídas e preparadas para a análise de N total (Anexos 4 e 5). Na maturação completa da uva foi contado o número de cachos por planta, coletado aleatoriamente quatro cachos no centro da planta e quatro na parte externa e reservados. Posteriormente, os cachos foram pesados, com balança digital, contado o número de bagas por cacho e mensurado o seu comprimento e largura, com paquímetro. Logo após, foram coletadas 500 bagas no topo, parte média e inferior dos oito cachos, pesadas para a determinação da massa de 100 bagas e reservadas. Posteriormente, 30 bagas foram secas em estufa a vácuo, com temperatura de 80°C e pressão de 20kPa até massa constante. Em seguida, as demais bagas dos oito cachos foram coletadas, pesadas e os engaços reservados. Posteriormente, os demais cachos nas videiras foram coletados e pesados. Logo após, as videiras foram cortadas rente à superfície do solo e separadas em folhas, ramos do ano, ramos de ano anterior e caule. Após, as folhas, os ramos do ano, do ano anterior, caule e engaçó foram secos em estufa com ar



forçado a 65°C até massa constante, pesados para determinação da matéria seca e reservados. Depois as folhas, os ramos do ano, do ano anterior e caule foram moídos com triturador. Logo após, as amostras de folhas, de ramos do ano, do ano anterior, caule, bagas e engaço foram moídas em macro e micro moinho tipo Willey e preparados para a análise dos totais de N e <sup>15</sup>N.

Após a coleta das videiras foi coletado o solo na área de 0,50 x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>), nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm para determinar a densidade (Anexo 6), e análise química, e reservado. Em seguida, o solo foi seco em estufa com ar forçado a 40°C, moído, macerado em gral de pedra ágata e preparado para as análises dos totais de N e <sup>15</sup>N.

#### 2.4.1.2 Experimento 2- Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

O trabalho foi realizado na Empresa Pernod Ricard Brasil/Almadén, no município de Santana do Livramento, RS (Latitude 30° 48' 31" S e Longitude 55° 22' 33" W), região da Campanha (Figura 1), na safra 2004/2005. O experimento foi instalado em um vinhedo comercial (Anexo 1b), plantado em 1978, de viníferas Cabernet Sauvignon, enxertadas sobre o porta-enxerto SO4, na densidade de 1525 plantas por hectare (3,5 m x 2,0 m) e conduzidas em espaldeira. O solo foi um Argissolo Vermelho (Embrapa, 2006), Hapludalf (Estados Unidos, 1998) e apresentava, na camada de 0-20 cm, os atributos da tabela 3. Os resultados de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar e insolação observados durante a condução do experimento são apresentados no anexo 7.

Tabela 3- Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Argissolo Vermelho cultivado com videira na Campanha.

Atributo	Valor
Argila, g kg <sup>-1</sup> (1)	63
Silte, g kg <sup>-1</sup> (1)	115
Areia, g kg <sup>-1</sup> (1)	822
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup> (2)	15,0
pH-H <sub>2</sub> O (2)	5,78
Índice SMP (2)	7,09
Al trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (3)	0,00
Mg trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (3)	0,82
Ca trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (3)	1,74
P disponível, mg dm <sup>-3</sup> (4)	54
K disponível, mg dm <sup>-3</sup> (4)	42
N total, % (2)	0,04

(1) Método da pipeta (Embrapa, 1997); (2) determinado segundo Tedesco et al. (1995); (3) extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Tedesco et al., 1995); (4) extraído por Mehlich 1 (Tedesco et al., 1995).

Os tratamentos consistiram da aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N, enriquecido com 3% átomos de <sup>15</sup>N em excesso, em quatro modos de parcelamento: I) 25% no início da brotação+25% na brotação+25% na floração+25% no crescimento das bagas; II) 50% no início da brotação+50% na brotação; III) 33,33% na brotação+33,33% na floração+33,33% no crescimento das bagas e IV) 50% na floração+50% no crescimento das bagas (Tabela 4). Usou-se uma videira testemunha em cada bloco para avaliar a abundância natural de <sup>15</sup>N.

Tabela 4- Modo de parcelamento do nitrogênio, em viníferas Cabernet Sauvignon na Campanha

Dose	Modo parcelamento				Época aplicação	Data aplicação	Período
	I	II	III	IV			
kg ha <sup>-1</sup> de N	% dose				DAIB <sup>(1)</sup>		
21,42	25	50	-	-	10	13/09/04	Início da brotação
	25	50	33,33	-	40	10/10/04	Brotação
	25	-	33,33	50	70	09/11/04	Floração
	25	-	33,33	50	100	14/12/04	Crescimento bagas

(1) Dias após o início da brotação

Os demais procedimentos experimentais referentes à fonte de N usada, modo de aplicação do N, delineamento experimental, práticas de manejo no vinhedo, avaliações e determinações realizadas neste experimento 2 foram idênticos aos descritos no experimento 1 deste capítulo I.

#### 2.4.2 Análises químicas

As amostras de solo originais e obtidas no momento da colheita das plantas dos experimentos (Anexos 8 e 9), foram submetidas à determinação de argila, silte e areia (Embrapa, 1997) e matéria orgânica, pH-H<sub>2</sub>O, Índice SMP, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, fósforo e potássio disponíveis e N total, segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

As amostras de tecido vegetal e de solo, coletadas na maturação completa da uva foram submetidas à determinação de N total, segundo procedimento descrito por Tedesco et al. (1995) e <sup>15</sup>N por espectrometria de massa (espectrômetro de massa Finnigan MAT, modelo Delta Plus) na Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica, Rio de Janeiro, de acordo com metodologia proposta por Trivelin (2001b).

#### 2.4.3 Cálculos e análises estatísticas

Com os resultados das análises de tecido obtidos foram calculados os átomos de <sup>15</sup>N em excesso (Equação 1), o nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) (Equação 2, 3), o nitrogênio derivado do solo (Nd<sub>fs</sub>) + nitrogênio derivado das reservas internas (Nd<sub>ri</sub>) (Equação 4) e a recuperação (R) (Equação 5), nas diferentes partes das plantas e o total em cada modo de parcelamento da dose de N, segundo procedimento descrito pela IAEA (1983). Com os dados obtidos nas análises de solo foram calculados o Ndff (Equação 2, 3) e a R (Equação 5) nas diferentes camadas do solo, de acordo com a IAEA (1983).

$$\text{Átomos}^{15}\text{N excesso na amostra}(\%) = \% \text{átomos}^{15}\text{N na amostra} - 0,3663\% \quad (1)$$

$$Ndff(\%) = \frac{\% \text{átomos } ^{15}\text{N excesso na amostra}}{\% \text{átomos } ^{15}\text{N excesso no fertilizante}} \times 100 \quad (2)$$

$$Ndff (g) = N \text{ total na amostra}(g) \times \frac{\% \text{átomos } ^{15}\text{N excesso na amostra}}{\% \text{átomos } ^{15}\text{N excesso no fertilizante}} \quad (3)$$

$$Ndff + Ndri = 100 - Ndff \quad (4)$$

$$R(\%) = \frac{Ndff \text{ planta}(g)}{\text{Quantidade N fertilizante aplicado}(g)} \times 100 \quad (5)$$

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando da significância dos efeitos apontado pela análise de variância, foram submetidos ao teste de comparação de médias DMS (diferença mínima significativa), tomando como base os níveis de significância menor que 5% ( $p < 0,05$ ). Além disso, foram realizadas análises de correlação linear simples de Pearson, entre os dados de matéria seca das partes das plantas e o nitrogênio total (Nt), Ndff e Ndff+Ndri.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste capítulo I são discutidos em duas partes. A primeira trata dos resultados referentes à recuperação, distribuição e acumulação do N aplicado no solo em videiras cultivadas na região da Serra Gaúcha do RS, enquanto a segunda parte aborda os resultados obtidos na região da Campanha do RS.

### 2.5.1 Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul.

A aplicação de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, enriquecido com 3% de átomos de  $^{15}\text{N}$ , no modo de parcelamento I (25% no início da brotação+25% na brotação+25% na floração+25% no crescimento das bagas), II (50% no início da brotação+50% na brotação), III (33,33% na brotação+33,33% na floração+33,33% no crescimento das bagas) e IV (50% na floração+50% no crescimento das bagas), em viníferas Cabernet Sauvignon cultivadas na Serra Gaúcha do RS não afetou a produção de uva por planta, por hectare, o número de bagas por cacho, o comprimento e a largura dos cachos, e a massa de 100 bagas. No entanto, no modo de parcelamento III o número de cachos foi maior (Tabela 5).

A falta de resposta das videiras ao modo de parcelamento de N pode estar associada a duas situações. Primeiro, a dose de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicada, mesmo, em geral sendo usada anualmente em viníferas cultivadas em solos com textura média ou argilosa e com médio ou alto teor de matéria orgânica da Serra Gaúcha, pode ser menor àquela necessária para causar efeito na produção e nos seus componentes. Segundo, o solo pode apresentar teores de N suficiente para suprir a demanda das plantas, por causa da mineralização da matéria orgânica e da contribuição de N proveniente da decomposição de resíduos de plantas de cobertura depositados sobre a superfície do solo, nas linhas e nas entrelinhas, como observado no experimento 2 do capítulo III e relatado por Agehara & Warncke (2005) e Brunetto et al. (2006b).

Tabela 5- Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.

Modo parcelamento	Produção		Cacho				Massa 100 bagas	
	planta	hectare	Número	Massa	Número bagas	Comprimento		Largura
% da dose	kg			g		cm	g	
I	2,87 a <sup>1</sup>	7.665 a	24 b	121,47 a	138 a	17,41 a	7,47 a	106,99 a
II	2,73 a	7.270 a	24 b	111,99 a	120 a	17,22 a	7,31 a	103,04 a
III	2,97 a	7.932 a	34 a	87,87 b	125 a	16,56 a	7,84 a	117,28 a
IV	2,78 a	7.411 a	25 b	107,38 a	130 a	17,28 a	7,53 a	102,46 a
CV,%	19,63	19,62	6,71	12,04	21,92	14,55	18,20	22,01

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ).

As folhas, dentre as partes anuais, nos quatro modos de parcelamento da dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N foram as que acumularam a maior quantidade total de nitrogênio total (Nt) (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e recuperação (R) (%) (Tabela 6). Já as bagas de uva foram a segunda parte anual da videira que acumulou a maior quantidade de Nt (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%) do N aplicado. Estes resultados indicam que as partes anuais, como folhas e as bagas, comportam-se como dreno de N durante o ciclo vegetativo e produtivo da videira até a colheita da uva, por causa do aumento da matéria seca, concordando com os dados obtidos por Williams (1987), Glad et al. (1994), Conradie (1990) e Brunetto et al. (2006b).

As partes perenes, ramos do ano anterior e caule, produziram as maiores quantidades de matéria seca das plantas e acumularam quantidades de Nt ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e Ndfs+Ndri ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) iguais as folhas (Tabela 6). Entretanto, as quantidades de Ndff ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e R (%) foram menores que as encontradas nas partes anuais, com exceção dos ramos do ano e engaços. Esses resultados mostram claramente que estes órgãos acumulam Ndfs+Ndri, porém possuem pouca importância na acumulação de Ndff. Isso ocorre porque eles comportam-se principalmente como fluxo de passagem do N do fertilizante para outras partes da planta, durante o crescimento vegetativo da videira, como reportado por Kliewer & Cook (1971), Kliewer & Cook (1974), Bates et al. (2002), Brunetto (2004), Zapata et al. (2004), Brunetto et al. (2005) e Brunetto et al. (2006a, b).

As correlações entre o total de matéria seca ( $\text{g planta}^{-1}$ ) das partes anuais (folhas, ramos do ano, bagas e engaços), das partes perenes (ramos do ano anterior e caule), bem como o total das partes, total das partes anuais (folhas+ramos do ano+bagas+engaço e bagas+engaço) e das partes perenes (ramos do ano anterior+caule), obtidas nos quatro modos de parcelamento, apresentaram correlação positiva e significativa ( $p > 0,01$  e  $p > 0,05$ ) com a quantidade de Ndfs+Ndri (Tabela 7). Porém, a matéria seca das partes da videira, com exceção dos ramos do ano anterior, não apresentou correlação significativa com o Ndff. Isso pode ser atribuído a sua diluição no interior da planta com o Ndfs e Ndri, absorvidos em ciclos vegetativos e produtivos anteriores e durante o período de condução do experimento. Com isso, pode-se inferir que o N do fertilizante é de pouca importância no mesmo ano de sua aplicação.

As videiras submetidas à aplicação de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no modo de parcelamento I, II e IV acumularam a maior quantidade total de Ndff ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Tabela 8). Por outro lado, quando submetidas à aplicação da dose de N no modo de parcelamento III apresentaram a menor quantidade total acumulada de Ndff ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ). Isso ocorre porque, as plantas tenderam a apresentar maior produção de matéria seca e, com isso, o N do fertilizante foi diluído no seu interior, repercutindo em uma menor recuperação do nutriente aplicado. Isso pode ser atribuído a não aplicação de N no início da brotação, uma vez que este é um dos períodos de maior absorção de nutrientes (Conradie, 1980, 2001).

As porcentagens de Ndff em todas as partes e em todos os quatro modos de parcelamento da dose de N não ultrapassaram 7,5%, e isso repercutiu nas porcentagens totais de N recuperadas que foram de 7,35; 8,32; 4,21 e 6,72%, no modo de parcelamento I, II, III e IV, respectivamente (Tabela 8). Porém, essas recuperações do N aplicado são maiores que as relatadas por Brunetto (2004) e Brunetto et al. (2006b), em viníferas Riesling Renano e Chardonnay submetidas à aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, enriquecido com <sup>15</sup>N, apenas no inchamento das gemas, também em um solo Neossolo Litólico da Serra Gaúcha do RS. Assim, primeiro, o parcelamento do fertilizante nitrogenado ao longo do ciclo vegetativo e produtivo das plantas é uma estratégia adequada como já relatado por Conradie (1980) e Peacock et al. (1989). Segundo, com base nos dados de recuperação pode-se inferir que não é conveniente parcelar a dose de N mais que duas vezes, e isso pode diminuir os custos com mão-de-obra e implementos para a aplicação do fertilizante nitrogenado em vinhedos.



Tabela 6- Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos <sup>15</sup>N, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) de N do fertilizante, em partes de videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.

Parte Planta	Modo parcelamento	MS		Nt		Átomos <sup>15</sup> N		Ndff		Ndfs+Ndri		R		
		% da dose	g planta <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%
Folhas	I		375,60 ab <sup>1</sup>	1,71 ab	6,49 ab	17,29 ab	0,1678 b	5,59 b	0,33 b	0,87 b	94,40 b	6,16 ab	8,79 ab	2,91 b
	II		342,50 b	1,79 a	6,25 ab	16,67 ab	0,2179 a	7,26 a	0,41 a	1,09 a	92,73 c	5,84 ab	8,34 ab	3,64 a
	III		514,00 a	1,68 b	8,66 a	23,11 a	0,0576 c	1,92 c	0,17 c	0,47 c	98,07 a	8,49 a	12,12 a	1,56 c
	IV		303,89 b	1,74 ab	5,28 b	14,07 b	0,1503 b	5,01 b	0,26 b	0,71 b	94,98 b	5,01 b	7,16 b	2,35 b
	CV, %		23,77	3,82	26,13	26,15	22,69	22,71	19,81	19,99	1,18	27,07	27,09	20,03
	Total <sup>2</sup>		1152,00 C <sup>1</sup>	-	20,02 A	53,36 A	-	-	0,88 A	2,36 A	-	19,13 A	27,32 A	7,85 A
R. do ano	I		395,90 ab	0,45 a	1,79 a	4,76 a	0,1562 b	5,20 b	0,08 a	0,22 a	94,79 b	1,70 a	2,43 a	0,73 a
	II		316,80 b	0,46 a	1,47 a	3,92 a	0,1953 a	6,51 a	0,08 a	0,23 a	93,49 c	1,38 a	1,97 a	0,79 a
	III		506,20 a	0,40 b	2,03 a	5,43 a	0,0526 c	1,75 c	0,04 b	0,10 b	98,24 a	1,99 a	2,85 a	0,33 b
	IV		382,92 ab	0,47 b	1,79 a	4,80 a	0,1380 b	4,60 b	0,08 a	0,22 a	95,39 b	1,72 a	2,45 a	0,73 a
	CV, %		26,87	5,33	27,21	27,25	19,19	19,18	21,47	20,92	0,90	28,08	28,06	20,67
	Total <sup>2</sup>		1201,40 C	-	5,32 C	14,18 C	-	-	0,22 C	0,59 C	-	5,10 C	7,28 C	1,95 C
Bagas	I		582,30 bc	0,76 a	4,30 ab	11,47 ab	0,1549 a	5,16 a	0,21 a	0,58 a	94,84 a	4,08 a	5,83 b	1,95 a
	II		614,50 b	0,53 b	3,25 c	8,69 c	0,1735 a	5,78 a	0,18 a	0,49 a	94,22 a	3,07 c	4,83 c	1,64 a
	III		970,40 a	0,49 b	4,74 a	12,64 a	0,0989 a	3,29 a	0,15 a	0,41 a	96,70 a	4,59 a	6,55 a	1,36 a
	IV		512,59 c	0,75 a	3,86 b	10,31 b	0,1237 a	4,12 a	0,16 a	0,44 a	95,87 a	3,71 b	5,29 b	1,47 a
	CV, %		9,95	10,67	8,89	8,90	25,56	25,55	25,91	25,82	2,67	9,67	9,66	25,82
	Total <sup>2</sup>		2009,90 C	-	12,13 B	32,34 B	-	-	0,55 B	1,45 B	-	11,58 B	16,54 B	4,83 B
Engaço	I		63,20 b	0,66 b	0,42 b	1,12 b	0,1398 b	4,66 b	0,02 a	0,05 a	95,34 b	0,39 b	0,57 b	0,18 a
	II		54,40 b	0,62 b	0,33 c	0,91 c	0,2064 a	6,88 a	0,02 a	0,06 a	93,11 c	0,32 c	0,45 c	0,21 a
	III		96,90 a	0,54 c	0,51 a	1,38 a	0,0457 c	1,52 c	0,01 b	0,02 b	98,47 a	0,51 a	0,73 a	0,07 b
	IV		63,01 b	0,84 a	0,52 a	1,38 a	0,1021 b	3,40 b	0,02 a	0,04 a	96,56 b	0,51 a	0,72 a	0,16 a
	CV, %		13,21	7,58	10,32	10,38	25,41	25,42	24,64	29,62	1,52	10,76	10,82	26,89
	Total <sup>2</sup>		208,10 D	-	1,35 C	3,59 C	-	-	0,05 D	0,14 D	-	1,29 C	1,85 C	0,46 D
R. do ano anterior	I		822,40 b	0,38 b	3,08 b	8,23 b	0,0550 b	1,84 b	0,06 b	0,15 b	98,15 b	3,03 b	4,33 b	0,50 b
	II		1446,90 ab	0,39 ab	5,73 a	15,29 a	0,0732 a	2,44 a	0,14 a	0,37 a	97,56 c	5,59 a	7,99 a	1,24 a
	III		1782,10 a	0,40 ab	6,95 a	18,54 a	0,0272 c	0,91 c	0,07 b	0,19 b	99,09 a	6,88 a	9,82 a	0,64 b
	IV		1382,08 ab	0,42 a	5,82 a	15,51 a	0,0738 a	2,46 a	0,14 a	0,38 a	97,53 c	5,67 a	8,11 a	1,25 a
	CV, %		20,41	5,61	26,79	26,79	16,49	16,46	26,01	25,37	0,32	27,06	27,07	25,79
	Total <sup>2</sup>		4075,10 B	-	16,20 AB	43,18 AB	-	-	0,31 C	0,82 C	-	15,89 AB	22,69 AB	2,72 C
Caule	I		2247,10 ab	0,39 a	7,36 a	19,62 a	0,0501 a	1,67 a	0,12 a	0,32 a	98,32 a	7,24 a	10,33 a	1,07 a
	II		1869,30 b	0,29 b	5,27 bc	14,05 bc	0,0510 a	1,70 a	0,09 b	0,24 b	98,29 b	5,18 bc	7,40 bc	0,80 b
	III		2476,90 a	0,28 b	6,93 ab	18,49 ab	0,0114 b	0,38 b	0,03 c	0,07 c	99,62 a	6,91 ab	9,86 ab	0,23 c
	IV		1810,30 b	0,28 b	5,16 c	13,75 c	0,0538 a	1,79 a	0,08 b	0,22 b	98,20 b	5,07 c	7,24 c	0,75 b
	CV, %		17,63	8,33	23,07	23,03	29,42	29,45	19,12	20,78	0,41	23,22	23,21	20,44
	Total <sup>2</sup>		6302,60 A	-	18,54 A	49,44 A	-	-	0,24 C	0,64 C	-	18,30 A	26,14 A	2,15 C

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, minúsculas entre o modo de parcelamento e maiúsculas entre o total entre as partes das plantas, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ). <sup>(2)</sup> CV total matéria seca = 27,24; CV total nitrogênio total, g planta<sup>-1</sup> = 25,24; CV total nitrogênio total, kg ha<sup>-1</sup> = 25,78; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, g planta<sup>-1</sup> = 20,39; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, kg ha<sup>-1</sup> = 20,40; CV total nitrogênio derivado do solo, g planta<sup>-1</sup> = 26,39; CV total nitrogênio derivado do solo, kg ha<sup>-1</sup> = 26,38; CV total recuperação, % = 20,44.

Tabela 7- Coeficiente de correlação linear simples entre a matéria seca das partes da videira ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e o nitrogênio total (Nt) ( $\text{g planta}^{-1}$ ), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) na Serra Gaúcha.

Parte planta	Nt	Ndff	Ndfs+Ndri
Folhas	0,987**	-0,084 <sup>ns</sup>	0,990**
R. do ano	0,967**	-0,006 <sup>ns</sup>	0,975**
Bagas	0,620*	-0,239 <sup>ns</sup>	0,645*
Engaço	0,741**	-0,301 <sup>ns</sup>	0,766**
R. do ano anterior	0,990**	0,557*	0,991**
Caule	0,836**	-0,046 <sup>ns</sup>	0,839**
Total	0,804**	-0,447 <sup>ns</sup>	0,816**
Folhas+R. do ano+bagas+engaço	0,865**	-0,156 <sup>ns</sup>	0,880**
Bagas+engaço	0,664*	-0,208 <sup>ns</sup>	0,682*
R. do ano anterior+caule	0,972**	-0,042 <sup>ns</sup>	0,971**

\*\*p=0,01; \*p=0,05; <sup>ns</sup> = não significativo

O Ndff absorvido pela videira em todos os modos de parcelamento foi distribuído e acumulado, especialmente, nas partes anuais (folhas, ramos do ano, bagas e engaço) (Figura 2), assim como obteve Williams (1987), Glad et al. (1994), Conradie (1990), Brunetto (2004), Brunetto et al. (2006b) e Schreiner & Scagel (2006). Por outro lado, as porcentagens de Ndff encontradas nas partes perenes (ramos do ano anterior e caule) foram muito pequenas (Figura 2).

No solo e em todos os modos de parcelamento da dose de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N as maiores porcentagens de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso, Ndff (%),  $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e R (%) de N do fertilizante foram encontradas na camada de 0-10 cm (Tabela 9). Estes resultados, em geral, são encontrados em trabalhos que usam  $^{15}\text{N}$  como traçador. Isso acontece porque parte do N aplicado (enriquecido com  $^{15}\text{N}$ ) substitui o N inorgânico do solo não marcado adsorvido aos colóides do solo ou incorporado na biomassa microbiana (Jenkinson et al., 1985), e este é disponibilizado na solução do solo, podendo, em seguida, ser absorvido (Brunetto et al., 2006a). Isso pode explicar, em parte, as altas porcentagens de Ndfs+Ndri acumuladas nas partes anuais e perenes (Tabela 8).

Tabela 8- Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos <sup>15</sup>N, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) de N do fertilizante, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.

Modo parcelamento	Parte planta	MS		Nt		Átomos <sup>15</sup> N		Ndff		Ndfs+Ndri			R
% da dose		g planta <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%
I	Folhas	375,60 cd <sup>1</sup>	1,71 a	6,49 a	17,29 a	0,1678 a	5,59 a	0,33 a	0,87 a	94,40 b	6,16 a	8,79 a	2,91 a
	R. do ano	395,90 c	0,45 d	1,79 cd	4,76 cd	0,1562 a	5,20 a	0,08 d	0,22 d	94,79 b	1,70 cd	2,43 cd	0,73 d
	Bagas	582,30 bc	0,76 b	4,30 b	11,47 b	0,1549 a	5,16 a	0,21 b	0,58 b	94,84 b	4,08 b	5,83 b	1,95 b
	Engaço	63,20 d	0,66 c	0,42 d	1,12 d	0,1398 a	4,66 a	0,02 e	0,05 e	95,34 b	0,39 d	0,57 d	0,18 e
	R. do ano anterior	822,40 b	0,38 e	3,08 bc	8,23 bc	0,0550 b	1,84 b	0,06 d	0,15 d	98,15 a	3,03 bc	4,33 bc	0,50 d
	Caulé	2247,10 a	0,39 e	7,36 a	19,62 a	0,0501 b	1,67 b	0,12 c	0,32 c	98,32 a	7,24 a	10,33 a	1,07 c
	CV, %	26,49	8,50	21,78	21,78	24,09	24,07	16,97	16,36	1,00	23,06	23,03	16,34
	Total <sup>2</sup>	4487,00 A <sup>1</sup>	-	23,44 A	62,49 A	-	-	0,82 A	2,21 A	-	22,62 A	32,29 A	7,35 A
II	Folhas	342,50 d	1,79 a	6,25 a	16,67 a	0,2179 a	7,26 a	0,41 a	1,09 a	92,73 b	5,84 a	8,34 a	3,64 a
	R. do ano	316,80 d	0,46 d	1,47 c	3,92 c	0,1953 a	6,51 a	0,08 c	0,23 c	93,49 b	1,38 c	1,97 c	0,79 c
	Bagas	614,50 c	0,53 c	3,25 b	8,69 b	0,1735 a	5,78 a	0,18 b	0,49 b	94,21 b	3,07 b	4,83 b	1,64 b
	Engaço	54,40 e	0,62 b	0,33 c	0,91 c	0,2065 a	6,88 a	0,02 d	0,06 d	93,11 b	0,32 c	0,45 c	0,21 d
	R. do ano anterior	1446,90 b	0,39 e	5,73 a	15,29 a	0,0732 b	2,44 b	0,14 bc	0,37 bc	97,56 a	5,59 a	7,99 a	1,24 bc
	Caulé	1869,30 a	0,29 f	5,27 a	14,05 a	0,0510 b	1,70 b	0,09 c	0,24 c	98,29 a	5,18 a	7,40 a	0,80 c
	CV, %	24,82	7,56	19,28	19,27	25,65	25,64	19,96	20,58	1,91	19,89	19,90	20,41
	Total <sup>2</sup>	4644,00 A	-	22,33 A	59,54 A	-	-	0,94 A	2,49 A	-	21,39 A	30,54 A	8,32 A
III	Folhas	514,00 d	1,68 a	8,66 a	23,11 a	0,0576 ab	1,92 ab	0,17 a	0,47 a	98,07 ab	8,49 a	12,12 a	1,56 a
	R. do ano	506,20 d	0,40 d	2,03 c	5,43 c	0,0526 ab	1,75 ab	0,04 c	0,10 c	98,24 ab	1,99 c	2,85 c	0,33 c
	Bagas	970,40 c	0,49 c	4,74 b	12,64 b	0,0989 a	3,29 a	0,15 ab	0,41 ab	96,70 b	4,59 b	6,55 b	1,36 ab
	Engaço	96,90 d	0,54 b	0,51 c	1,38 c	0,0457 b	1,52 b	0,01 c	0,02 c	98,47 a	0,51 c	0,73 c	0,07 c
	R. do ano anterior	1782,10 b	0,40 d	6,95 a	18,54 a	0,0272 b	0,91 b	0,07 bc	0,19 bc	99,09 a	6,88 a	9,82 a	0,64 bc
	Caulé	2476,90 a	0,28 e	6,93 a	18,49 a	0,0113 b	0,38 b	0,03 c	0,07 c	99,62 a	6,91 a	9,86 a	0,23 c
	CV, %	26,20	4,60	23,30	23,29	22,67	22,67	22,20	22,81	1,37	23,01	23,01	22,53
	Total <sup>2</sup>	6347,00 A	-	29,85 A	79,59 A	-	-	0,48 B	1,27 B	-	29,39 A	41,95 A	4,21 B
IV	Folhas	303,89 d	1,74 a	5,28 a	14,07 a	0,1503 a	5,01 a	0,26 a	0,71 a	94,98 c	5,01 a	7,16 a	2,35 a
	R. do ano	382,92 cd	0,47 c	1,79 c	4,80 c	0,1380 a	4,60 a	0,08 c	0,22 c	95,39 c	1,72 c	2,45 c	0,73 c
	Bagas	512,59 c	0,75 b	3,86 b	10,31 b	0,1237 ab	4,12 ab	0,16 b	0,44 b	95,87 bc	3,71 b	5,29 b	1,47 b
	Engaço	63,01 e	0,84 b	0,52 d	1,38 d	0,1021 b	3,40 b	0,02 d	0,04 d	96,56 b	0,51 c	0,72 d	0,16 d
	R. do ano anterior	1382,08 b	0,42 c	5,82 a	15,51 a	0,0738 c	2,46 c	0,14 b	0,38 b	97,53 a	5,67 a	8,11 a	1,25 b
	Caulé	1810,30 a	0,28 d	5,16 a	13,75 a	0,0538 c	1,79 c	0,08 c	0,22 c	98,20 a	5,07 a	7,24 a	0,75 c
	CV, %	17,44	10,41	18,86	18,86	21,03	21,02	19,96	19,62	0,77	19,06	19,08	19,74
	Total <sup>2</sup>	4455,00 A	-	22,45 A	59,86 A	-	-	0,83 A	2,01 A	-	21,69 A	30,98 A	6,72 A

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, minúsculas entre as partes da planta em cada modo de parcelamento e maiúsculas entre o total entre os modos de parcelamento, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ). <sup>(2)</sup> CV total matéria seca = 23,41; CV total nitrogênio total, g planta<sup>-1</sup> = 24,67; CV total nitrogênio total, kg ha<sup>-1</sup> = 24,69; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, g planta<sup>-1</sup> = 10,03; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, kg ha<sup>-1</sup> = 10,14; CV total nitrogênio derivado do solo, g planta<sup>-1</sup> = 24,35; CV total nitrogênio derivado do solo, kg ha<sup>-1</sup> = 24,36; CV total recuperação, % = 10,05.







		I	II	III	IV
a)		(40,54)	(42,99)	(40,94)	(41,00)
b)		(9,83)	(9,30)	(9,79)	(9,70)
c)		(26,31)	(20,44)	(25,23)	(19,65)
d)		(2,40)	(2,42)	(2,79)	(2,08)
e)		(6,78)	(14,58)	(13,92)	(17,19)
f)		(13,94)	(10,48)	(7,33)	(10,38)

Figura 2- Distribuição percentual do nitrogênio do fertilizante na folha (a), no ramo do ano (b), na baga (c), no engaço (d), no ramo do ano anterior (e) e no caule (f), de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no modo de parcelamento I, II, III e IV na Serra Gaúcha.

A maior quantidade total (camada de 0-40 cm) de Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e de R (%) do N aplicado no solo foi encontrada no modo de parcelamento III e IV. Isso porque, as plantas apresentaram a tendência de recuperar menores porcentagens do N aplicado (Tabela 9). Por outro lado, com a aplicação de N no modo de parcelamento II (50% da dose no início da brotação+50% na brotação), a quantidade total de N recuperada no solo foi menor, comparativamente aos demais tratamentos. Isso se deve, primeiro, a maior tendência das plantas em recuperar o N aplicado (Tabela 8). Segundo, a maior quantidade de N do fertilizante (kg ha<sup>-1</sup> e %) não encontrado na planta e nem no solo (Figura 3).

Tabela 9- Nitrogênio total (Nt), átomos <sup>15</sup>N, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e recuperação (R) do N do fertilizante no solo, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.

Modo parcelamento	Camada	Nt			Átomos <sup>15</sup> N		Ndff		R	
		% da dose	cm	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
I	0-10		0,14 a <sup>1</sup>	42,41 b	113,07 b	0,0957 a	3,19 a	1,36 a	3,62 a	12,06 a
	10-20		0,13 a	42,52 b	113,07 b	0,0305 b	1,02 b	0,44 b	1,16 b	3,86 b
	20-40		0,08 b	56,95 a	151,83 a	0,0091 b	0,30 b	0,17 b	0,46 b	1,49 b
	CV, %		19,56	16,92	16,92	23,23	23,20	24,05	24,30	24,25
	Total <sup>2</sup>		-	141,88 C <sup>1</sup>	378,27 C	-	-	1,96 BC	5,22 BC	17,42 BC
II	0-10		0,18 a	52,65 ab	140,37 ab	0,0447 a	1,49 a	0,79 a	2,12 a	7,06 a
	10-20		0,11 b	35,44 b	94,48 b	0,0127 b	0,42 b	0,15 b	0,39 b	1,29 b
	20-40		0,10 b	68,67 a	183,09 a	0,0047 c	0,16 c	0,11 b	0,29 b	0,95 b
	CV, %		22,74	23,37	23,38	15,18	15,47	24,89	24,70	25,27
	Total <sup>2</sup>		-	156,76 BC	417,93 BC	-	-	1,04 C	2,79 C	9,31 C
III	0-10		0,22 a	63,62 a	169,61 a	0,1302 a	4,34 a	2,77 a	7,40 a	24,67 a
	10-20		0,12 b	37,80 b	100,78 b	0,0259 b	0,87 b	0,35 b	0,93 b	3,11 b
	20-40		0,10 b	68,67 a	183,09 a	0,0052 c	0,18 c	0,12 b	0,31 b	1,07 b
	CV, %		23,97	20,05	20,05	15,54	15,54	23,44	24,45	24,44
	Total <sup>2</sup>		-	170,09 AB	453,47 AB	-	-	3,24 AB	8,65 AB	28,84 AB
IV	0-10		0,23 a	66,54 b	177,41 b	0,1702 a	5,68 a	3,72 a	9,92 a	33,06 a
	10-20		0,11 b	33,07 c	88,18 c	0,0125 b	0,42 b	0,13 b	0,35 b	1,17 b
	20-40		0,12 b	80,40 a	214,35 a	0,0026 b	0,09 b	0,07 b	0,19 b	0,64 b
	CV, %		10,42	9,17	9,17	20,80	20,77	21,05	21,10	20,01
	Total <sup>2</sup>		-	180,02 A	479,93 A	-	-	3,92 A	10,46 A	34,88 A

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, minúsculas entre as partes da planta em cada modo de parcelamento e maiúsculas entre o total entre os modos de parcelamento, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ). <sup>(2)</sup> CV total nitrogênio total, g planta<sup>-1</sup> = 4,34; CV total nitrogênio total, kg ha<sup>-1</sup> = 4,33; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, g planta<sup>-1</sup> = 19,33; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, kg ha<sup>-1</sup> = 19,45; CV total recuperação, % = 19,45.

Com os resultados de Ndff ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e R (%) encontrados na planta e no solo (camada de 0-40 cm) nos diferentes modos de parcelamento (I, II, III, IV), calculou-se o total de Ndff e R (Tabela 10). Observa-se que de um total de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicado detectou-se no solo+planta 7,43; 5,28; 9,92 e  $12,47 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no modo de parcelamento I, II, III e IV, respectivamente. Estes valores repercutiram em uma recuperação de 24,77; 17,63; 33,05 e 41,60% do N aplicado, no modo de parcelamento I, II, III e IV, respectivamente.

Tabela 10- Nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e recuperação (R) do N do fertilizante na planta e no solo, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na Serra Gaúcha.

Modo parcelamento	Compartimento	Ndff	R
% da dose		$\text{kg ha}^{-1}$	%
I	Planta	2,21	7,35
	Solo (0-40 cm)	5,22	17,42
	Planta+solo	7,43	24,77
II	Planta	2,49	8,32
	Solo (0-40 cm)	2,79	9,31
	Planta+Solo	5,28	17,63
III	Planta	1,27	4,21
	Solo (0-40 cm)	8,65	28,84
	Planta+Solo	9,92	33,05
IV	Planta	2,01	6,72
	Solo (0-40 cm)	10,46	34,88
	Planta+Solo	12,47	41,60

O Ndff ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) não encontrado na planta e no solo (camada de 0-40 cm) (Figura 3) pode ter sido absorvido e acumulado nas raízes das videiras, que não foram avaliadas, e/ou transferido com a solução escoada na superfície do solo e/ou percolada no perfil do solo, especialmente na forma de  $\text{N-NO}_3$ , fenômeno comum em pomares de frutíferas, como reportado por Tagliavini et al. (1996) e Ventura et al. (2005). O  $\text{N-NO}_3$  é a principal forma mineral do nutriente percolada no perfil do solo. Isso porque, primeiro é encontrado em maior quantidade no solo. Segundo, ele forma

complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície das partículas do solo, sendo mantida a sua água de hidratação ao ser adsorvido e, assim, a energia de adsorção do íon com as partículas orgânicas e inorgânicas do solo é pequena. Com isso, o  $\text{N-NO}_3^-$  facilmente acompanha o movimento descendente da água no perfil do solo.

Por fim, convém ressaltar que a quantidade de  $\text{Ndff}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e  $\text{N}$  recuperado não encontrado em todos os modos de parcelamento do  $\text{N}$  foram maiores que as verificadas no vinhedo de viníferas Cabernet Sauvignon cultivadas na Campanha Gaúcha (Experimento 2 deste capítulo I).

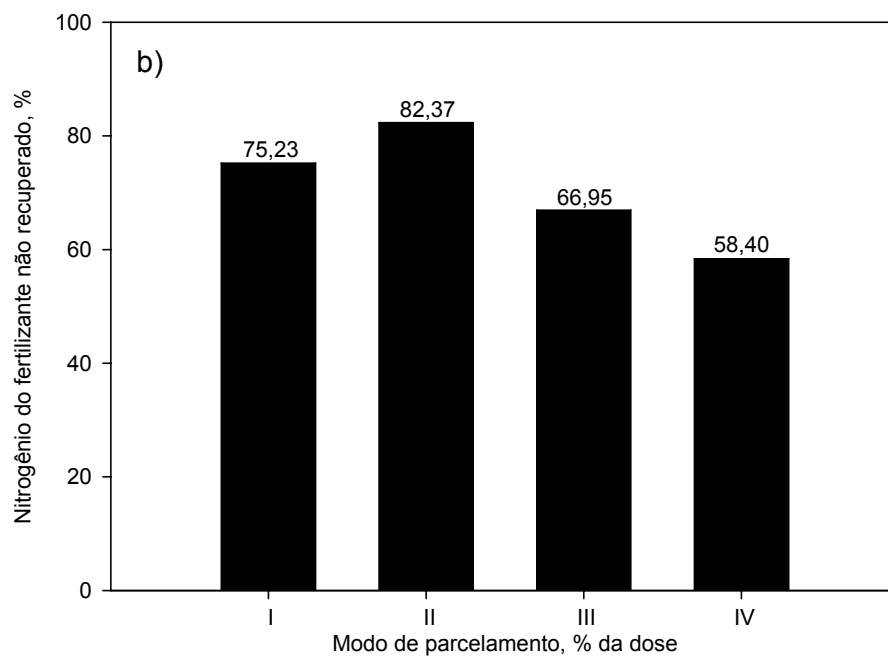
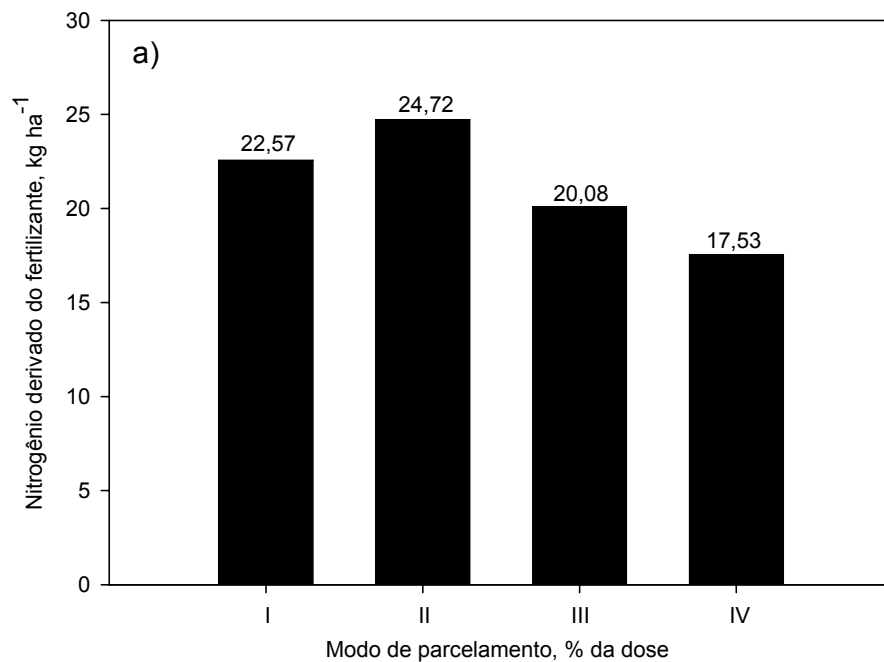


Figura 3- Nitrogênio derivado do fertilizante não recuperado (kg ha<sup>-1</sup>) (a) e nitrogênio do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.



## 2.5.2 Recuperação, distribuição e acumulação na videira do nitrogênio aplicado no solo na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

A aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N, com 3% de átomos de <sup>15</sup>N, no modo de parcelamento I (25% no início da brotação+25% na brotação+25% na floração+25% no crescimento das bagas), II (50% no início brotação+50% na brotação), III (33,33% na brotação+33,33% na floração+33,33% no crescimento das bagas) e IV (50% na floração+50% no crescimento das bagas), em viníferas Cabernet Sauvignon cultivadas na Campanha Gaúcha não afetaram a produção de uva por planta, por hectare e os componentes de produtividade, como o número de cacho por planta, a sua massa, o seu número de bagas, o seu comprimento e a sua largura, e a massa de 100 bagas (Tabela 11).

A ausência de resposta das videiras ao modo de aplicação de N sugere que as quantidades de N disponibilizadas no solo pela mineralização da matéria orgânica e pela decomposição de resíduos de poda, de folhas e de plantas de cobertura depositados na superfície do solo (Experimento 2 do capítulo III), foram suficientes para a produção e para o desenvolvimento das plantas, mesmo em um solo com baixo teor de matéria orgânica (15 g kg<sup>-1</sup>) (Tabela 3). A falta de resposta das plantas ao N aplicado também aconteceu no experimento 1 deste capítulo I e em Brunetto et al. (2007).

Tabela 11- Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

Modo parcelamento	Produção		Cacho				Massa 100 bagas	
	planta	hectare	Número	Massa	Número bagas	Comprimento		Largura
% da dose	kg			g		cm	g	
I	10,50 a <sup>1</sup>	14.994 a	68 a	157,99 a	89 a	14,27 a	7,12 a	168,40 a
II	10,75 a	15.351 a	64 a	173,74 a	88 a	14,25 a	7,06 a	168,96 a
III	10,52 a	15.019 a	61 a	172,30 a	97 a	14,21 a	6,69 a	167,07 a
IV	11,81 a	16.871 a	69 a	170,98 a	98 a	14,28 a	6,59 a	168,19 a
CV,%	7,89	7,89	11,00	11,87	19,70	12,68	14,43	15,87

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ).

As folhas nos quatro modos de parcelamento da dose de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N acumularam a maior quantidade total de Nt (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%) (Tabela 12). Já nos ramos do ano e nas bagas de uva foi encontrada a segunda maior quantidade acumulada de Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%). Estes dados mostram que partes anuais das plantas como as folhas, os ramos do ano e as bagas são drenos de N. Isso ocorre por causa do aumento de matéria seca durante o ciclo das plantas e isso foi demonstrado no experimento 1 deste capítulo I e em resultados de Williams (1987), Glad et al. (1994), Conradie (1990) e Brunetto et al. (2006b). Entretanto, convém relatar que, o engaço foi a parte anual que apresentou a menor quantidade acumulada de Nt (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%), e isso pode ser atribuído a sua menor produção de matéria seca.

Os ramos do ano anterior foram as partes perenes que acumularam a maior quantidade total de Nt (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%). Porém, essas foram menores que as encontradas nas folhas (Tabela 12). Por outro lado, o caule, também parte perene, acumulou menor quantidade total de Nt (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%), comparativamente aos ramos do ano anterior. Estes resultados mostram que o caule comporta-se, especialmente, como fluxo de passagem de N para as partes em crescimento, como observado no experimento 1 deste capítulo I e como relatado por Brunetto (2004), Zapata et al. (2004), Brunetto et al. (2005) e Brunetto et al. (2006a).

As correlações entre o total de matéria seca (g planta<sup>-1</sup>) das folhas e dos ramos do ano (partes anuais), obtidas nos quatro modos de parcelamento da dose de N foram positivas e significativas ( $p > 0,01$  e  $p > 0,05$ ) com o acumulado de Nt (g planta<sup>-1</sup>) e Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup>) (Tabela 13). Porém, a matéria seca das bagas, componente do cacho de uva e também parte anual, não apresentou correlação significativa com o Nt (g planta<sup>-1</sup>), Ndff (g planta<sup>-1</sup>) e nem com o Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup>). Já a matéria seca do engaço, segundo componente do cacho de uva, apresentou correlação positiva e significativa com as três variáveis (Nt, Ndff e Ndfs+Ndri), mesmo comportamento das bagas+engaço. Por outro lado, os ramos do ano anterior e o caule, partes perenes, apresentaram correlação positiva e significativa com o Nt (g planta<sup>-1</sup>) e Ndfs+Ndri (g planta<sup>-1</sup>). Já o total de matéria seca de todas as partes,

bem como a matéria seca das folhas+ramos do ano+bagas+engajo, apresentaram correlação positiva com o Nt ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e Ndfs+Ndri ( $\text{g planta}^{-1}$ ). Cabe destacar que, com exceção da matéria seca do caule, das bagas, das folhas+ramos do ano+bagas+engajo, bagas+engajo e ramos do ano anterior+caule, que não apresentaram correlação significativa, as demais variáveis (folhas, ramos do ano, ramos do ano anterior e total das partes) apresentaram correlação negativa e significativa com o Ndff ( $\text{g planta}^{-1}$ ), o que pode ser atribuído à sua diluição no interior das plantas, com o Ndfs e o Ndri, similar ao encontrado no experimento 1 deste capítulo I.

Tabela 12- Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos de <sup>15</sup>N, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) de N do fertilizante, em videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

Parte Planta	Modo parcelamento	MS		Nt		Átomos <sup>15</sup> N		Ndff		Ndfs+Ndri		R	
% da dose	% da dose	g planta <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%
Folhas	I	1116,81 ab <sup>1</sup>	2,22 b	24,82 ab	35,44 ab	0,1450 b	4,86 b	1,14 b	1,64 b	95,86 a	23,67 ab	33,80 ab	7,65 b
	II	942,30 c	2,30 b	21,66 c	30,93 c	0,2383 a	7,94 a	1,71 a	2,43 a	92,05 b	19,95 c	28,49 c	11,36 a
	III	1126,60 a	2,43 a	27,36 a	39,06 a	0,1082 b	3,61 b	0,98 b	1,40 b	96,39 a	26,38 a	37,66 a	6,54 b
	IV	985,70 bc	2,24 b	22,13 bc	31,61 bc	0,1453 b	4,84 b	1,07 b	1,53 b	95,15 a	21,06 bc	30,08 bc	7,14 b
	CV, %	10,74	3,60	9,44	9,45	20,32	20,30	23,45	23,55	1,70	10,80	10,85	23,55
	Total <sup>2</sup>	3128,60 D <sup>1</sup>	-	71,98 A	102,79 A	-	-	3,68 A	5,25 A	-	68,30 A	97,53 A	24,52 A
R. do ano	I	1486,40 b	0,46 c	6,93 b	9,89 b	0,1297 b	4,32 b	0,29 ab	0,42 ab	95,67 a	6,63 b	9,48 b	1,96 ab
	II	1184,80 c	0,43 c	5,14 c	7,33 c	0,2001 a	6,67 a	0,34 a	0,49 a	93,33 b	4,79 c	6,84 c	2,32 a
	III	1600,10 a	0,51 b	8,28 a	11,82 a	0,0894 b	2,98 b	0,24 b	0,34 b	97,01 a	8,04 a	11,48 a	1,61 b
	IV	1137,20 c	0,59 a	6,77 b	9,67 b	0,1171 b	3,90 b	0,26 ab	0,37 ab	96,09 a	6,51 b	9,30 b	1,75 ab
	CV, %	6,41	6,64	9,49	9,49	25,51	25,49	27,29	27,74	1,19	9,93	9,94	27,59
	Total <sup>2</sup>	4056,50 CD	-	20,34 D	29,05 D	-	-	0,86 C	1,22 C	-	19,48 D	27,82 D	5,73 C
Bagas	I	1558,40 a	0,81 b	12,52 a	17,88 a	0,1450 b	4,83 b	0,61 b	0,87 b	95,16 b	11,91 a	17,02 a	4,05 b
	II	1400,20 ab	0,91 a	12,80 a	18,28 a	0,2134 a	7,11 a	0,90 a	1,29 a	92,88 c	11,90 a	16,99 a	6,01 a
	III	1404,50 ab	0,94 a	13,10 a	18,72 a	0,1048 bc	3,49 bc	0,47 bc	0,67 bc	96,51 ab	12,64 a	18,04 a	3,15 cb
	IV	1340,60 b	0,96 a	12,83 a	18,33 a	0,0877 c	2,92 c	0,37 c	0,53 c	97,07 a	12,47 a	17,80 a	2,46 c
	CV, %	11,67	5,52	9,06	9,07	24,56	24,57	21,51	21,44	1,18	9,43	9,44	21,48
	Total <sup>2</sup>	4277,80 C	-	38,45 C	54,91 C	-	-	1,76 B	2,52 B	-	36,69 C	52,40 C	11,75 B
Engaço	I	118,80 c	1,62 b	1,92 b	2,74 b	0,1542 a	5,14 a	0,11 b	0,16 b	94,86 b	1,81 b	2,58 b	0,73 b
	II	145,20 a	1,76 b	2,57 a	3,68 a	0,1911 a	6,37 a	0,16 a	0,26 a	93,63 b	2,42 a	3,45 a	1,04 a
	III	116,80 c	2,13 a	2,49 a	3,56 a	0,0780 b	2,60 b	0,06 c	0,09 c	97,40 a	2,43 a	3,46 a	0,44 c
	IV	134,30 b	1,79 b	2,45 a	3,50 a	0,0994 b	3,32 b	0,09 bc	0,12 bc	96,69 a	2,36 a	3,38 a	0,57 bc
	CV, %	4,56	11,54	10,79	10,75	20,86	20,85	25,56	25,82	1,41	10,91	11,01	26,24
	Total <sup>2</sup>	386,30 E	-	7,08 E	10,11 E	-	-	0,31 E	0,45 DE	-	6,77 E	9,66 E	2,09 DE
R. do ano anterior	I	4072,30 a	0,38 a	15,51 a	22,14 a	0,0514 b	1,71 b	0,26 b	0,37 b	98,28 b	15,25 a	21,77 a	1,73 b
	II	3473,20 a	0,25 a	11,41 b	16,28 b	0,0912 a	3,04 a	0,34 a	0,49 a	96,96 c	11,05 b	15,78 b	2,28 a
	III	4339,70 a	0,37 a	16,41 a	23,44 a	0,0249 c	0,83 c	0,14 c	0,19 c	99,17 a	16,27 a	23,24 a	0,89 c
	IV	3841,20 a	0,41 a	15,77 a	22,52 a	0,0580 b	1,90 b	0,31 ab	0,44 ab	98,05 b	15,47 a	22,08 a	2,04 ab
	CV, %	22,08	17,85	10,97	10,97	26,66	26,63	16,35	16,31	0,51	11,37	11,35	16,42
	Total <sup>2</sup>	11794,70 A	-	44,32 B	63,29 B	-	-	0,78 CD	1,12 CD	-	43,54 B	62,18 B	5,21 CD
Caulé	I	1973,20 a	0,33 a	6,56 a	9,37 a	0,0419 b	1,39 b	0,09 ab	0,14 ab	98,60 a	6,47 a	9,23 a	0,63 ab
	II	1726,60 a	0,25 b	4,18 c	5,97 c	0,0970 a	3,23 a	0,13 a	0,19 a	96,77 b	4,04 c	5,78 c	0,88 a
	III	1956,00 a	0,31 ab	5,99 ab	8,56 ab	0,0278 b	0,92 b	0,06 b	0,08 b	99,07 a	5,94 ab	8,48 ab	0,37 b
	IV	1659,30 a	0,33 a	5,41 b	7,72 b	0,0494 b	1,65 b	0,09 ab	0,13 b	98,35 a	5,32 b	7,59 b	0,59 b
	CV, %	17,23	14,56	12,58	12,57	26,74	26,77	27,96	25,56	0,67	12,39	12,37	26,78
	Total <sup>2</sup>	5486,30 B	-	16,61 D	23,72 D	-	-	0,28 E	0,40 E	-	16,33 D	23,32 D	1,87 E

(<sup>1</sup>) Médias seguidas da mesma letra, minúsculas entre o modo de parcelamento e maiúsculas entre o total entre as partes das plantas, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ). (<sup>2</sup>) CV total matéria seca = 21,14; CV total nitrogênio total, g planta<sup>-1</sup> = 14,99; CV total nitrogênio total, kg ha<sup>-1</sup> = 14,98; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, g planta<sup>-1</sup> = 26,29; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, kg ha<sup>-1</sup> = 26,31; CV total nitrogênio derivado do solo, g planta<sup>-1</sup> = 15,87; CV total nitrogênio derivado do solo, kg ha<sup>-1</sup> = 15,87; CV total recuperação, % = 26,28.

Tabela 13- Coeficiente de correlação linear simples entre a matéria seca (MS) das partes da videira ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e o nitrogênio total (Nt) ( $\text{g planta}^{-1}$ ), nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e nitrogênio derivado do solo (Ndfs)+nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) na Campanha.

Parte planta	Nt	Ndff	Ndfs+Ndri
Folhas	0,912**	-0,771**	0,927**
R. do ano	0,764**	-0,425*	0,767**
Bagas	0,528 <sup>ns</sup>	0,092 <sup>ns</sup>	0,507 <sup>ns</sup>
Engaço	0,571*	0,615*	0,547*
R. do ano anterior	0,643*	-0,599*	0,651*
Caule	0,579*	-0,280 <sup>ns</sup>	0,587*
Total	0,812**	-0,616*	0,804**
Folhas+R. do ano+bagas+ bagas+engaço	0,694*	-0,343 <sup>ns</sup>	0,687*
Bagas+engaço	0,187 <sup>ns</sup>	0,072 <sup>ns</sup>	0,175 <sup>ns</sup>
R. do ano+caule	0,875**	-0,449 <sup>ns</sup>	0,884**

\*\*p=0,01; \*p=0,05; <sup>ns</sup> = não significativo

A aplicação de  $21,42 \text{ kg ha}^{-1}$  de N nos quatro modos de parcelamento não afetou a produção de matéria seca das videiras Cabernet Sauvignon (Tabela 14). Entretanto, no modo de parcelamento I, III e IV foi encontrada a maior acumulação de Nt ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e Ndff+Ndri ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ), porém a quantidade de Ndff ( $\text{g planta}^{-1}$  e  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e R (%) do N aplicado foi igual entre todos os modos de parcelamento. Convém relatar que as plantas submetidas à aplicação de N no modo de parcelamento II apresentaram a tendência de recuperar maiores porcentagens de N do fertilizante. Isso pode ser atribuído ao fato que a dose do fertilizante nitrogenado foi aplicada em duas épocas, 50% da dose no início da brotação e 50% durante a brotação e, com isso, uma maior quantidade de N permaneceu disponível no solo durante um maior tempo, comparativamente, aos demais modos de parcelamento. Além disso, durante a brotação, que representa um dos estádios fenológicos de maior absorção de nutriente (Conradie, 1980; 2001), as temperaturas amenas e as boas condições de umidade do solo mantêm e/ou aumentam a atividade da biomassa microbiana do solo e a emissão de raízes e, tudo isso somado, favorece a disponibilidade e a absorção de N do solo pelas plantas (Conradie, 1991; Löhnertz, 1991; Glad et al., 1994; Araújo et al., 1995). Assim, pode-

se inferir que a aplicação de N logo após o início da brotação e durante este estágio fenológico é uma estratégia adequada em viníferas cultivadas em solos arenosos na Campanha do RS.

As porcentagens de Ndff em todas as partes e modos de parcelamento de N não ultrapassaram 8%, o que repercutiu nas porcentagens totais de N recuperadas que foram de 16,79; 23,9; 10,01 e 14,56%, no modo de parcelamento I, II, III e IV, respectivamente (Tabela 14). No entanto, estes valores são maiores que os encontrados no experimento 1 deste capítulo I e dos relatados por Brunetto (2004) e Brunetto et al. (2006b). Isso era esperado, já que, em solos arenosos, como o Argissolo Vermelho, o teor de matéria orgânica é baixo e, com isso, a quantidade de N do fertilizante incorporada à matéria orgânica do solo tende a ser menor, o que aumenta a sua disponibilidade na solução do solo. Convém relatar que, mesmo sendo pequenas as porcentagens de Ndff encontradas nas diferentes partes, este foi distribuído, especialmente nas partes anuais (folhas, ramos do ano, bagas e engaço), em todos os modos de parcelamento. Por outro lado, o Ndff foi pouco distribuído nas partes perenes, ramos do ano anterior e caule, como observado no experimento 1 deste capítulo I (Figura 4).

Nos quatro modos de parcelamento de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N as maiores porcentagens de átomos de <sup>15</sup>N, Ndff (%), g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%) foram encontradas na camada de 0-10 cm, o que indica que parte do N do fertilizante permanece incorporado na matéria orgânica da camada superficial do solo (Tabela 15). Já, as maiores quantidades de N total (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) foram detectadas na camada de 20-40 cm. Isso ocorre porque, o solo Argissolo Vermelho possui um horizonte B textural próximo a esta camada, o que favorece o acúmulo de nutrientes, como o N. Já em todos os modos parcelamento não se observou diferença nas quantidades de Nt (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>), Ndff (g planta<sup>-1</sup> e kg ha<sup>-1</sup>) e R (%) (total da camada de 0-40 cm) (Tabela 15). Entretanto, nos modos de parcelamento I, II e IV houve a tendência de recuperarem-se maiores porcentagens de N do fertilizante. Isso porque, as plantas tenderam a recuperar menores porcentagens do N aplicado (Tabela 14). Por outro lado, no modo de parcelamento II os valores recuperados tenderam a ser menores e isso era esperado, uma vez que as plantas recuperaram maiores porcentagens do N aplicado (Tabela 14).

Tabela 14- Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos de <sup>15</sup>N, nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff), nitrogênio derivado do solo (Ndfs) + nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) do N do fertilizante, em videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

Modo parcelamento	Parte planta	MS		Nt		Átomos <sup>15</sup> N		Ndff		Ndfs+Ndri		R	
% da dose		g planta <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%	g planta <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%
I	Folhas	1116,80 d <sup>1</sup>	2,22 a	24,82 a	35,44 a	0,1450 a	4,86 a	1,14 a	1,64 a	95,86 b	23,67 a	33,80 a	7,65 a
	R. do ano	1486,40 cd	0,46 d	6,93 d	9,89 d	0,1297 a	4,32 a	0,29 c	0,42 c	95,67 b	6,63 d	9,48 d	1,96 c
	Bagas	1558,40 c	0,81 c	12,52 c	17,88 c	0,1450 a	4,83 a	0,61 b	0,87 b	95,16 b	11,91 c	17,02 c	4,05 b
	Engaço	118,80 e	1,62 b	1,92 e	2,74 e	0,1542 a	5,14 a	0,11 d	0,16 d	94,86 b	1,81 e	2,58 e	0,73 d
	R. do ano anterior	4072,30 a	0,38 d	15,51 b	22,14 b	0,0514 b	1,71 b	0,26 c	0,37 c	98,28 a	15,25 b	21,77 b	1,73 c
	Caule	1973,20 b	0,33 d	6,56 d	9,37 d	0,0419 b	1,39 b	0,09 d	0,14 d	98,60 a	6,47 d	9,23 d	0,63 d
	CV, %	20,07	24,38	18,56	18,56	20,44	20,45	20,84	20,84	0,78	19,64	19,64	20,80
	Total <sup>2</sup>	10326 A <sup>1</sup>	-	68,26 AB	97,48 AB	-	-	2,51 A	3,59 A	-	65,74 AB	93,89 AB	16,79 A
II	Folhas	942,30 c	2,30 a	21,66 a	30,93 a	0,2383 a	7,94 a	1,71 a	2,43 a	92,05 d	19,95 a	28,49 a	11,36 a
	R. do ano	1184,80 bc	0,43 d	5,14 d	7,33 d	0,2001 c	6,67 c	0,34 c	0,49 c	93,33 b	4,79 c	6,84 c	2,32 c
	Bagas	1400,20 bc	0,91 c	12,80 b	18,28 b	0,2134 b	7,11 b	0,90 b	1,29 b	92,88 c	11,90 b	16,99 b	6,01 b
	Engaço	145,20 d	1,76 b	2,57 f	3,68 f	0,1911 c	6,37 c	0,16 d	0,26 d	93,63 b	2,42 d	3,45 d	1,04 d
	R. do ano anterior	3473,20 a	0,25 d	11,41 c	16,28 c	0,0912 d	3,04 d	0,34 c	0,49 c	96,96 a	11,05 b	15,78 b	2,28 c
	Caule	1726,60 b	0,25 d	4,18 e	5,97 e	0,0970 d	3,23 d	0,13 d	0,19 d	96,77 a	4,04 c	5,78 c	0,88 d
	CV, %	21,56	18,51	7,84	7,85	6,35	6,36	15,74	15,87	0,39	8,64	8,64	15,86
	Total <sup>2</sup>	8872 A	-	57,76 B	82,48 B	-	-	3,58 A	5,12 A	-	54,17 B	77,35 B	23,91 A
III	Folhas	1126,60 d	2,43 a	27,36 a	39,06 a	0,1082 a	3,61 a	0,98 a	1,40 a	96,39 d	26,38 a	37,66 a	6,54 a
	R. do ano	1600,10 c	0,51 d	8,28 d	11,82 d	0,0894 bc	2,98 bc	0,24 c	0,34 c	97,01 bc	8,04 d	11,48 d	1,61 c
	Bagas	1404,50 c	0,94 c	13,10 c	18,72 c	0,1048 ab	3,49 ab	0,47 b	0,67 b	96,51 cd	12,64 c	18,04 c	3,15 b
	Engaço	116,80 e	2,13 b	2,49 f	3,56 f	0,0780 c	2,60 c	0,06 d	0,09 d	97,40 b	2,43 f	3,46 f	0,44 d
	R. do ano anterior	4339,70 a	0,37 e	16,41 b	23,44 b	0,0249 d	0,83 d	0,14 cd	0,19 cd	99,17 a	16,27 b	23,24 b	0,89 cd
	Caule	1956,00 b	0,31 f	5,99 e	8,56 e	0,0278 d	0,92 d	0,06 d	0,08 d	99,07 a	5,94 e	8,48 e	0,37 d
	CV, %	10,48	4,91	8,39	8,40	19,97	19,97	18,80	18,80	0,49	8,43	8,43	18,85
	Total <sup>2</sup>	10544 A	-	73,64 A	105,16 A	-	-	1,95 A	2,78 A	-	71,69 A	102,38 A	10,01 A
IV	Folhas	985,70 d	2,24 a	22,13 a	31,61 a	0,1453 a	4,84 a	1,07 a	1,53 a	95,15 d	21,06 a	30,08 a	7,14 a
	R. do ano	1137,20 cd	0,59 d	6,77 d	9,67 d	0,1171 b	3,90 b	0,26 c	0,37 c	96,09 c	6,51 d	9,30 d	1,75 c
	Bagas	1340,60 c	0,96 c	12,83 c	18,33 c	0,0877 c	2,92 c	0,37 b	0,53 b	97,07 b	12,47 c	17,80 c	2,46 b
	Engaço	134,30 e	1,79 b	2,45 f	3,50 f	0,0994 bc	3,31 bc	0,09 d	0,12 d	98,69 bc	2,36 f	3,38 f	0,57 d
	R. do ano anterior	3841,20 a	0,41 d	15,77 b	22,52 b	0,0580 d	1,90 d	0,31 bc	0,44 bc	98,05 a	15,47 b	22,08 b	2,04 bc
	Caule	1659,30 b	0,33 e	5,41 e	7,72 e	0,0494 d	1,65 d	0,09 d	0,13 d	98,35 a	5,32 e	7,59 e	0,59 d
	CV, %	13,40	15,71	7,15	7,15	19,06	19,05	17,43	17,42	0,60	7,52	7,53	17,51
	Total <sup>2</sup>	9098 A	-	65,39 AB	93,39 AB	-	-	2,18 A	3,12 A	-	63,21 AB	90,26 AB	14,56 A

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, minúsculas entre as partes da planta em cada modo de parcelamento e maiúsculas entre o total entre os modos de parcelamento, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha=0,05$ ). <sup>(2)</sup> CV total matéria seca = 16,74; CV total nitrogênio total, g planta<sup>-1</sup> = 6,36; CV total nitrogênio total, kg ha<sup>-1</sup> = 6,36; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, g planta<sup>-1</sup> = 24,55; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, kg ha<sup>-1</sup> = 24,56; CV total nitrogênio derivado do solo, g planta<sup>-1</sup> = 7,64; CV total nitrogênio derivado do solo, kg ha<sup>-1</sup> = 7,63; CV total recuperação, % = 24,64.







		I	II	III	IV
a)		(46,47)	(47,05)	(49,45)	(49,11)
b)		(11,84)	(10,11)	(12,19)	(12,10)
c)		(24,55)	(25,18)	(22,66)	(16,79)
d)		(4,00)	(4,33)	(2,87)	(3,95)
e)		(9,35)	(9,62)	(9,93)	(13,91)
f)		(3,79)	(3,71)	(2,90)	(4,14)

Figura 4. Distribuição percentual do nitrogênio do fertilizante na folha (a), no ramo do ano (b), na baga (c), no engaço (d), no ramo do ano anterior (e) e no caule (f), de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N no modo de parcelamento I, II, III e IV na Campanha.

Com base nos resultados de Ndff (kg ha<sup>-1</sup>) e R (%) encontrados na parte aérea da planta e no solo (camada de 0-40 cm), calculou-se o total de Ndff e R para cada modo de parcelamento (Tabela 16). Com isso, verificou-se que de um total de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado encontrou-se no Ndff (solo+planta) 7,71; 8,97; 9,15 e 8,1 kg ha<sup>-1</sup> de N no modo de parcelamento I, II, III e IV, respectivamente. Esses resultados repercutiram em uma recuperação de 36,05; 41,82; 39,75 e 38,34%, no modo de parcelamento I, II, III e IV, respectivamente. O Ndff (kg ha<sup>-1</sup>) e R (%) não detectados (Figura 5) pode ter sido acumulado nas raízes das plantas ou transferido na solução escoada na superfície do solo e/ou percolada no perfil do solo, como já detalhado no experimento 1 desde capítulo I.



Tabela 15- Nitrogênio total (Nt), átomos de  $^{15}\text{N}$ , nitrogênio derivado do fertilizante (Ndff) e recuperação (R) de N do fertilizante no solo em videiras da Cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de  $21,42 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

Modo parcelamento	Camada	Nt			Átomos $^{15}\text{N}$		Ndff		R	
		% da dose	cm	%	g planta $^{-1}$	kg ha $^{-1}$	%	g planta $^{-1}$	kg ha $^{-1}$	%
I	0-10		0,07 a <sup>1</sup>	22,95 b	32,77 b	0,2396 a	7,98 a	1,81 a	2,58 a	12,07 a
	10-20		0,05 b	17,55 b	25,06 b	0,0808 b	2,69 b	0,48 b	0,68 b	3,21 b
	20-40		0,04 b	32,30 a	46,12 a	0,0565 c	1,88 c	0,59 b	0,86 b	3,98 b
	CV, %		19,64	18,06	18,05	8,58	8,59	21,70	21,86	21,72
	Total <sup>2</sup>		-	72,80 A <sup>1</sup>	103,96 A	-	-	2,89 A	4,12 A	19,26 A
II	0-10		0,07 a	24,65 b	35,20 b	0,1555 a	5,18 a	1,29 a	1,84 a	8,60 a
	10-20		0,05 b	17,55 b	25,06 b	0,0519 b	1,73 b	0,29 b	0,43 b	2,01 b
	20-40		0,05 b	39,90 a	56,97 a	0,0763 b	2,54 b	1,09 ab	1,56 ab	7,30 ab
	CV, %		20,16	20,10	20,11	15,51	15,47	16,32	16,34	17,16
	Total <sup>2</sup>		-	82,10 A	117,24 A	-	-	2,68 A	3,85 A	17,91 A
III	0-10		0,11 a	35,70 a	50,98 a	0,2203 a	7,34 a	2,47 a	3,54 a	16,52 a
	10-20		0,04 b	14,62 b	20,88 b	0,0560 c	1,86 c	0,27 c	0,38 c	1,79 c
	20-40		0,05 b	34,70 a	48,83 a	0,1491 b	4,97 b	1,71 b	2,45 b	11,43 b
	CV, %		17,58	23,97	23,97	23,89	23,86	21,17	21,20	21,16
	Total <sup>2</sup>		-	84,53 A	120,71 A	-	-	4,46 A	6,37 A	29,74 A
IV	0-10		0,11 a	37,40 a	53,41 a	0,1598 a	5,33 a	2,09 a	2,98 a	13,95 a
	10-20		0,50 b	20,47 b	29,24 b	0,0862 b	2,88 b	0,59 b	0,84 b	3,95 b
	20-40		0,50 b	36,10 a	51,54 a	0,0732 b	2,44 b	0,88 b	1,26 b	5,87 b
	CV, %		23,30	23,37	23,37	21,26	21,29	18,10	18,32	18,19
	Total <sup>2</sup>		-	93,98 A	134,20 A	-	-	3,56 A	5,09 A	23,78 A

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, minúsculas entre as partes da planta em cada modo de parcelamento e maiúsculas entre o total entre os modos de parcelamento, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ). <sup>(2)</sup> CV total nitrogênio total, g planta $^{-1}$  = 15,94; CV total nitrogênio total, kg ha $^{-1}$  = 15,94; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, g planta $^{-1}$  = 23,19; CV total nitrogênio derivado do fertilizante, kg ha $^{-1}$  = 23,15; CV total recuperação, % = 23,19.

Tabela 16- Nitrogênio derivado do fertilizante e recuperação do N do fertilizante na planta e no solo, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

<b>Modo parcelamento</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Ndff</b>	<b>R</b>
% da dose		kg ha <sup>-1</sup>	%
I	Planta	3,59	16,79
	Solo (0-40 cm)	4,12	19,26
	Planta+solo	7,71	36,05
II	Planta	5,12	23,91
	Solo (0-40 cm)	3,85	17,91
	Planta+Solo	8,97	41,82
III	Planta	2,78	10,01
	Solo (0-40 cm)	6,37	29,74
	Planta+Solo	9,15	39,75
IV	Planta	3,12	14,56
	Solo (0-40 cm)	5,09	23,78
	Planta+Solo	8,21	38,34

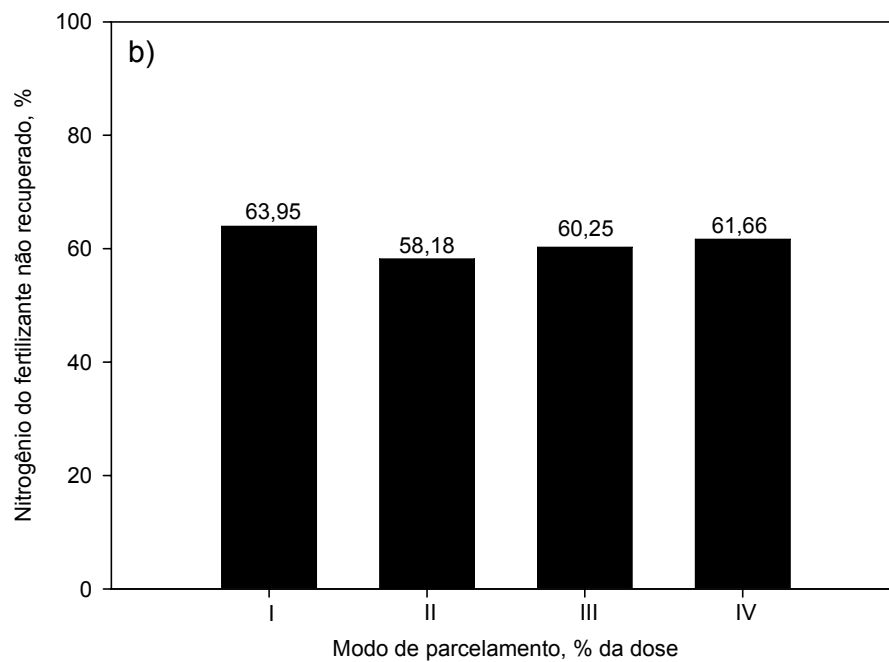
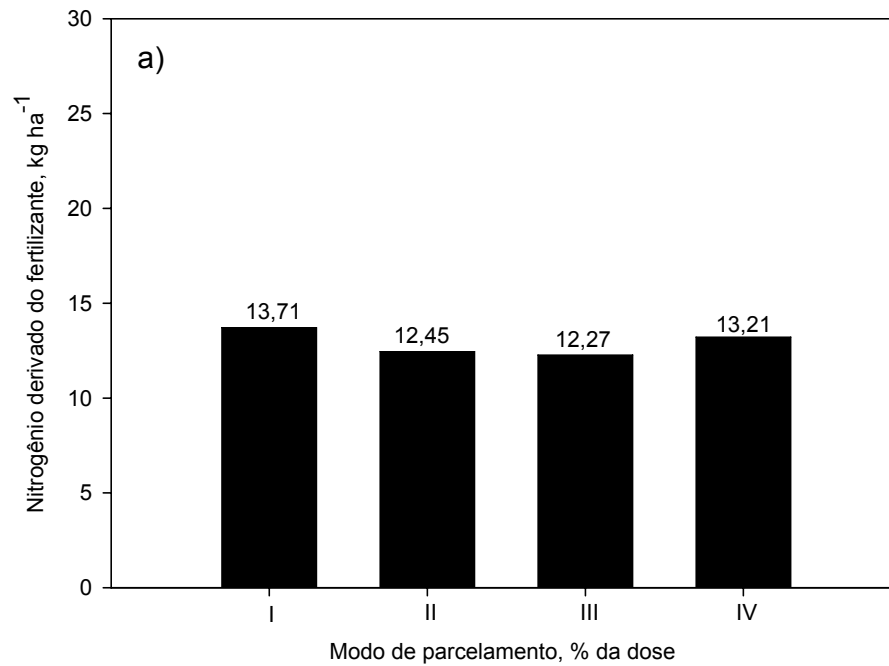


Figura 5- Nitrogênio derivado do fertilizante não recuperado (kg ha<sup>-1</sup>) (a) e nitrogênio do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

## 2.6 CONCLUSÕES

- 1- O nitrogênio aplicado nas viníferas Cabernet Sauvignon cultivadas nas regiões da Serra Gaúcha e na Campanha do Rio Grande do Sul foi distribuído e acumulado, de forma destacada, nas partes anuais, especialmente nas folhas.
- 2- As videiras cultivadas na Serra Gaúcha recuperaram maior porcentagem do nitrogênio, quando esse foi aplicado no modo de parcelamento 25% no início da brotação+25% na brotação+25% na floração+25% no crescimento das bagas; II) 50% no início da brotação+50% na brotação e IV) 50% na floração+50% no crescimento das bagas.
- 3- Nas videiras cultivadas na Campanha o modo de parcelamento da dose de nitrogênio não afetou a quantidade do nutriente recuperada.

## **3 CAPÍTULO II**

### **PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DA UVA E DO SEU MOSTO EM VIDEIRAS SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO**

#### **3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Os vinhedos de tradicionais regiões vitivinícolas do mundo, implantados em solo com textura arenosa e com baixo teor de matéria orgânica, são submetidos à aplicação de N, por causa da suposta baixa capacidade de fornecimento pelo solo. Por outro lado, quando instalados em solos com textura média ou argilosa, com médio a alto teor de matéria orgânica e, por isso, com boa capacidade de fornecimento de N, a adubação nitrogenada é realizada quando as fontes naturais não suprem à demanda da videira. Neste caso, a aplicação de N deve ser realizada com prudência, pois a sua alta disponibilidade aumenta o vigor da planta e retarda o início da fase reprodutiva, pelo alongamento de seu ciclo. O vigor excessivo diminui a incidência de raios solares no interior da planta, favorecendo o aparecimento de doenças fúngicas e diminui o número de flores fecundas, produzindo menor número de bagas por cacho e, finalmente, retarda a senescência das folhas e o processo de dormência (Ough et al., 1968; Winkler et al., 1974; Smart, 1991; Vercesi, 1995; Fregoni, 1996; Chadha & Shikhamany, 1999; Keller et al., 1999; Duchêne et al., 2001; Pommer, 2003). Como resultado, a produção e a composição da uva e do seu mosto podem ser afetadas.

A literatura sobre a interferência do N na produtividade da uva não é conclusiva, pois duas são as situações. Em solos com textura arenosa e baixos teores de matéria orgânica, os resultados são positivos, por causa da baixa disponibilidade natural do nutriente (Ahmedullah & Roberts, 1991; Goldspink & Gordon, 1991; Bell & Robson, 1999). Porém, quando os teores de N são mais altos,

as respostas a sua aplicação nem sempre são favoráveis (Delas et al., 1991; Dal Bó, 1992).

A qualidade da uva, estabelecida pelo aspecto morfológico ou pela sua composição química-organoléptica, quando definida com base em suas características físicas, mensura-se o comprimento e a largura do cacho, a sua massa, o número de bagas por cacho e a massa destas. Por outro lado, optando-se em determinar a qualidade da uva com referência na sua composição química, avaliam-se a baga e o mosto, determinando-se os valores de pH, de sólidos solúveis totais, de ácidos orgânicos, de antocianinas e de polifenóis totais, entre outras variáveis (Winkler et al., 1974; Smart, 1991; Chadha & Shikhamany, 1999). O valor de sólidos solúveis totais, quando em escala de graus °Brix, representa 90% dos açúcares encontrados no mosto. Já os ácidos orgânicos, encontrados em grande número na baga, em geral, são representados pelo ácido tartárico e málico, porque representam mais de 90% de todos os ácidos da baga. Os valores destes dois ácidos indicam a estabilidade e a longevidade do vinho. Já as antocianinas, compostos fenólicos de cor vermelha, são encontradas em maior quantidade na casca da baga e determinam a coloração da uva, do suco e do vinho. Os polifenóis totais, também encontrados em maior quantidade na casca, participam da intensidade de cor, da tonalidade e das características gustativas da uva e do seu vinho (Winkler et al., 1974). Além destas variáveis, em estudos que avaliam a interferência do N aplicado na composição química da uva é determinado o N amoniacal, o N total, os aminoácidos livres e as proteínas.

Entre os trabalhos efetuados sobre a interferência da adubação nitrogenada na composição da uva e do seu mosto destacam-se os de Spayd et al. (1994), na região central de Washington, nos Estados Unidos, que aplicaram doses crescentes de N (0, 56, 112, 224 kg ha<sup>-1</sup> de N) em videiras e encontraram no mosto aumento linear dos valores de pH, de N total e de N amoniacal. Porém, a aplicação do N não afetou os valores de potássio, de sólidos solúveis totais e de ácido málico e tartárico. Da mesma maneira, Spayd et al. (1995), aplicando as mesmas doses de N usadas por Spayd et al. (1994) e Keller & Hrazdine (1998), fornecendo quatro doses de N (0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N) em videiras cultivadas nos Estados Unidos, relatam que os valores de pH do mosto aumentam com a dose de N, no entanto são reduzidos os de sólidos solúveis totais. Já, Christensen et al. (1994) reportam que as doses de 56 e 112 kg ha<sup>-1</sup> de N, parceladas durante o ciclo de videiras cultivadas na Califórnia,

nos Estados Unidos, diminuem os valores de sólidos solúveis totais no mosto da uva. Por outro lado, Pacheco et al. (1997) relatam que o mosto das uvas provenientes de videiras cultivadas em Portugal e submetidas à aplicação de 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, apresentam maior quantidade de ácido tartárico, ácido málico e menores valores de pH, comparativamente ao tratamento sem aplicação do nutriente. Além disso, Peacock et al. (1991) reportam que a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicada de modo parcelado durante os estádios fenológicos das videiras nos Estados Unidos, não interfere os valores de sólidos solúveis totais no mosto, de pH, de N total e, nem a massa de 100 bagas, concordando com Bell (1991). Convém relatar que, em geral, os trabalhos que avaliam a interferência do N na composição da uva não relatam informações sobre o tipo de solo e o seu teor de matéria orgânica onde as videiras foram cultivadas e, com isso, a discussão dos dados é restrito a quantidade de N aplicada e o seu impacto na produtividade e na composição da uva e/ou do seu mosto.

Normalmente, as videiras submetidas à aplicação de N produzem uvas com maior concentração do nutriente e, entre os trabalhos sobre este tema, salientam-se os de Ough et al. (1968), na Califórnia, nos Estados Unidos, que verificaram com a aplicação de N, aumento da sua quantidade total, de N amoniacal e de biotina no mosto da uva. Da mesma forma, Bertrand et al. (1991) relatam que a aplicação de doses de N durante dois anos na cultivar Merlot, cultivada em um solo arenoso na França e enxertada sob diferente porta-enxerto, aumentou a quantidade de N total no mosto da uva e do seu vinho, e a arginina foi o aminoácido encontrado em maior concentração no mosto, o que concorda com os dados obtidos por Spayd et al. (1994) nos Estados Unidos. Também Boeira (1994), reporta que a adição de N em viníferas Cabernet Sauvignon na região da Serra Gaúcha e da Campanha do RS, aumentou a quantidade de compostos nitrogenados no mosto.

Os compostos nitrogenados encontrados na uva, entre eles, a arginina, a prolina, a alanina, a asparagina, o aspartato, o glutamato, a glutamina, a serina e a treonina são importantes fontes de N para as leveduras durante a fermentação do mosto (Butzke, 1998). De acordo com Bisson (1991), as fontes de N classificam-se em quatro classes (A, B, C e D), segundo o seu tempo de permanência no mosto durante a fermentação. A classe A é composta por aspartato, asparagina, arginina, glutamato, glutamina, lisina, serina e treonina, as quais são consumidas por primeiro pelas leveduras durante a fermentação do mosto. Em seguida, as leveduras

degradam os compostos pertencentes à classe B, como a histidina, isoleucina, leucina, metionina e valina. Posteriormente, as leveduras consomem as fontes de N pertencentes à classe C, alanina, amônio, glicina e triptofano e, por último, ocorre o consumo da prolina, representante da classe D.

As uvas com baixa concentração de compostos nitrogenados, como os aminoácidos, podem apresentar parada de fermentação do seu mosto, pois, depois do carbono, o N é usado em maior quantidade pelas leveduras e bactérias. Assim, a sua quantidade no mosto causa impacto na biomassa microbiana, na taxa e no tempo de fermentação, bem como nos produtos finais do metabolismo microbiano (Cantarelli, 1957; Kunkee, 1991; Bisson, 1991), como os álcoois e compostos responsáveis pelo aroma do vinho (Dukes et al., 1991; Rapp & Versini, 1991).

A deficiência de N das bagas de uva tem sido suprida com a adição de fontes do nutriente durante a fermentação do mosto. Entretanto, essa prática nem sempre é realizada com sucesso. Isso porque, os aminoácidos absorvidos pelos microrganismos durante a fermentação do mosto são armazenados no vacúolo das células, mantendo as suas concentrações de N no citoplasma. Com isso, o transporte do N adicionado no mosto para a célula acontece lentamente. Assim, a estratégia mais adequada para manter a fermentação do mosto é produzir uvas com quantidade satisfatória de N, que possui correlação significativa com o crescimento de microrganismos no mosto (Monteiro & Bisson, 1991; Monteiro & Bisson, 1992; Jiranek et al., 1995).

Como visto, a aplicação de N na videira pode causar implicações na produtividade de bagas e na sua composição. Isso acontece por causa de dois efeitos. O primeiro compreende o efeito direto do N onde a adição em áreas com menor disponibilidade causa o aumento da produção e da sua quantidade na baga, o que contribui para a formação de compostos nitrogenados responsáveis pelo bom andamento da fermentação do mosto. Por outro lado, o suprimento de N acima da demanda causa aumento da área foliar da planta, diminuindo a incidência de raios solares no interior da videira, alterando a formação de compostos na baga, como as antocianinas. Segundo, estes compostos residentes na baga podem ser distribuídos para os pontos de crescimento da planta, como os ramos e as folhas, o que diminui sua concentração. Além disso, a deficiência de luz no interior do dossel vegetativo reduz a atividade de enzimas que regulam a síntese de alguns importantes compostos da qualidade do vinho. Por último, videiras com vigor excessivo,



decorrência da adição de N, em geral, apresentam bagas com maior relação polpa/casca, o que não é desejado, uma vez que isso está associado à diminuição dos valores de importantes compostos responsáveis pela coloração do mosto e do vinho (Kliewer, 1967; Kliewer & Cook, 1977; Delas et al., 1991; Smart, 1991; Keller & Hrazdina, 1998; Keller et al., 1999; Pastenes, 2005; Keller, 2005; Bucchetti & Intrieri, 2007).

No Estado do RS e SC, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004) indica a dose de N para a cultura da videira a partir do seu teor total na folha inteira ou pecíolo e na expectativa de produtividade, recomendando a sua aplicação parcelada durante o ciclo vegetativo e produtivo das plantas. Entretanto, esta recomendação não considera a relação entre a aplicação de N no solo e a produtividade, muito menos sobre a composição química da uva e do seu mosto. Além disso, a disponibilidade de N do solo às plantas sofre grandes variações pelas alterações das condições de fertilidade do solo e manifestações do clima. Com isso, torna-se necessário a realização de experimentos para a obtenção de informações sobre o melhor manejo do N, harmonizando as produções com a composição química da uva e do seu mosto.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Determinar a produtividade de uva em videiras submetidas à aplicação de doses crescentes de nitrogênio;
- b) Avaliar a composição química da uva destinada a vinificação e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de doses crescentes de nitrogênio.

### 3.3 OBJETO DE ESTUDO E HIPÓTESES

As videiras anualmente são submetidas à aplicação de doses de N que, quando em excesso, aumentam a área foliar das plantas, reduzindo a incidência de raios solares no interior da videira. Assim, a produtividade e a composição química da uva e do seu mosto podem ser alteradas. Por outro lado, pequenas doses de N, especialmente, em solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica são insuficientes para suprir a demanda de N pela videira. Com isso, a quantidade do nutriente na baga pode ser insuficiente para manter a fermentação do mosto, alterando a composição organoléptica do vinho.

A hipótese formulada para este estudo é:

- a) O aumento da dose de nitrogênio aplicado no solo em videiras altera a produtividade e a composição química da uva e do seu mosto.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O capítulo II foi composto de dois experimentos, segundo o objetivo geral e específico. No experimento 1 foi avaliado a produtividade e a composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de N no solo na região da Serra Gaúcha do RS. O experimento 2 consistiu da avaliação da produtividade e da composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de N no solo na região da Campanha do RS.

#### 3.4.1 Descrição dos experimentos

##### 3.4.1.1 Experimento 1- Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas a aplicação de nitrogênio na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul.

O trabalho foi realizado na Embrapa Uva e Vinho, no município de Bento Gonçalves, RS (Latitude 29° 09' 44" S e Longitude 51° 31' 50" W), região da Serra Gaúcha (Figura 1), na safra 2004/2005. A área experimental foi instalada em um vinhedo (Anexo 1a), plantado em 1986, de viníferas Cabernet Sauvignon, enxertadas sob o porta-enxerto SO4, na densidade de 2666 plantas por hectare (1,5 m x 2,5 m) e conduzidas em latada. O solo foi um Neossolo Litólico (Embrapa, 2006), Udorthent (Estados Unidos, 1998) e apresentava, na camada de 0-20 cm os atributos descritos na tabela 17. Os dados de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar e insolação observados durante a condução do experimento são apresentados no anexo 2.

Os tratamentos consistiram da aplicação de 0, 15, 30, 45 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados de forma parcelada: 50% no início da brotação (09/09/04); 25% na brotação (07/10/04) e 25% na floração (06/11/04). No momento da aplicação do N as plantas espontâneas foram eliminadas numa área de 0,50 x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>), sendo o caule da videira o centro da área. Posteriormente, a uréia (45% N) foi aplicada sobre a superfície do solo e incorporada manualmente. Em seguida, foi

adicionada maravalha com partículas grandes e numa camada com espessura de, aproximadamente, 0,5 cm, e irrigado para diminuir as perdas de N por volatilização (Anexo 3). No decorrer do experimento a área de 0,25m<sup>2</sup> foi mantida isenta de ervas daninhas para não afetar a disponibilidade de N às plantas.

Tabela 17- Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Neossolo Litólico cultivado com videira na Serra Gaúcha.

Atributo	Valor
Argila, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	162
Silte, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	558
Areia, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	280
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	30,7
pH-H <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>	6,46
Índice SMP <sup>(2)</sup>	6,97
Al trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>	0,00
Mg trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>	3,78
Ca trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>	7,57
P disponível, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(4)</sup>	81
K disponível, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(4)</sup>	87
N total, % <sup>(2)</sup>	0,21

<sup>(1)</sup> Método da pipeta (Embrapa, 1997); <sup>(2)</sup> determinado segundo Tedesco et al. (1995); <sup>(3)</sup> extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Tedesco et al., 1995); <sup>(4)</sup> extraído por Mehlich 1 (Tedesco et al., 1995).

O delineamento experimental usado foi blocos casualizados, com três repetições, e cada parcela foi formada por quatro plantas com número igual de ramos produtivos, distribuídas ao longo da fila de plantio. Durante a condução do experimento, as videiras receberam a aplicação de fertilizantes (exceto N), conforme a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004), fungicidas, inseticidas e foram submetidas a três podas verdes.

No pleno florescimento das videiras e na mudança de cor das bagas foram coletadas folhas inteiras opostas ao primeiro cacho do ramo do ano, secas em estufa com ar forçado a 65°C até massa constante, moídas e preparadas para a análise de N total (Anexos 10 e 11). Na maturação completa da uva foi contado o número de cachos por planta, coletado aleatoriamente quatro cachos no centro da planta e quatro na parte externa e reservados. Posteriormente, os cachos foram pesados, com balança digital, contado o número de bagas por cacho e mensurado,

com o uso de paquímetro, o seu comprimento e sua largura. Em seguida, foi coletado bagas no topo do cacho, parte média e inferior, pesadas para a determinação da massa de 100 bagas e reservadas. Logo após, os cachos restantes nas plantas foram colhidos e pesados. Em seguida, as bagas de uva reservadas de cada tratamento foram separadas em duas partes, armazenadas e refrigeradas. Posteriormente, parte das bagas foi amassada e no mosto determinado os sólidos solúveis totais, com refratômetro digital de bancada com o controle de temperatura; o pH, com potenciômetro digital; a acidez total por titulação com NaOH 0,1 N, usando o azul de bromotimol como indicador; o ácido tartárico e o ácido málico por cromatografia líquida de alta eficiência; os polifenóis totais em espectrofotômetro UV/VIS, a 280 nm; as antocianinas pelo método de diferença de pH e o nitrogênio amoniacal por destilação e titulação. As bagas de uva da outra parte das amostras foram trituradas e determinado os teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

#### 3.4.1.2 Experimento 2- Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas a aplicação de nitrogênio na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

O trabalho foi realizado na Empresa Pernod Ricard Brasil/Almadén, no município de Santana do Livramento, RS (Latitude 30° 48' 31" S e Longitude 55° 22' 33" W), região da Campanha, na safra 2004/2005. O experimento foi instalado em um vinhedo comercial (Anexo 1b), plantado em 1978, de viníferas Cabernet Sauvignon, enxertadas sobre o porta-enxerto SO4, na densidade de 1428 plantas por hectare (3,5 m x 2,0 m) e conduzidas em espaldeira. O solo foi um Argissolo Vermelho (Embrapa, 2006), Hapludalf (Estados Unidos, 1998) e apresentava, na camada de 0-20 cm, os atributos da tabela 18. Os resultados de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar e insolação observados durante a condução do experimento são apresentados no anexo 7.

Os tratamentos foram 0, 15, 30, 45, 60 e 85 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados de forma parcelada: 50% no início da brotação (13/09/04); 25% na brotação (10/10/04) e 25% na floração (09/11/04).

Tabela 18- Atributos físicos e químicos na camada 0-20 cm do solo Argissolo Vermelho cultivado com videira na Campanha.

Atributo	Valor
Argila, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	63
Silte, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	115
Areia, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	822
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	10,4
pH-H <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>	6,10
Índice SMP <sup>(2)</sup>	7,11
Al trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>	0,00
Mg trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>	0,89
Ca trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>	1,85
P disponível, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(4)</sup>	40
K disponível, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(4)</sup>	46
N total, % <sup>(2)</sup>	0,04

<sup>(1)</sup> Método da pipeta (Embrapa, 1997); <sup>(2)</sup> determinado segundo Tedesco et al. (1995); <sup>(3)</sup> extraído por KCl 1 mol l<sup>-1</sup> (Tedesco et al., 1995); <sup>(4)</sup> extraído por Mehlich 1 (Tedesco et al., 1995).

Os demais procedimentos experimentais referentes à fonte de N usada, modo de aplicação do N, delineamento experimental, práticas de manejo no vinhedo, avaliações e determinações realizadas neste experimento 2 foram idênticos aos descritos no experimento 1 deste capítulo II.

### 3.4.2 Análises químicas

As amostras originais dos solos dos experimentos foram submetidas à determinação de argila, silte e areia (Embrapa, 1997) e matéria orgânica, pH-H<sub>2</sub>O, Índice SMP, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, fósforo e potássio disponíveis e N total, segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

As amostras de bagas de uva foram preparadas e no seu mosto foram determinados os sólidos solúveis totais, o pH, a acidez total, o ácido tartárico e málico, os polifenóis totais, as antocianinas e o N amoniacal, de acordo com procedimento descrito nos apêndices A, B, C, D, E, F e G. Além disso, determinou-

se na baga o total de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, segundo metodologia apresentada no apêndice H e de acordo com Tedesco et al. (1995).

### 3.4.3 Análises estatísticas

Os resultados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos foram significativos, foram ajustadas equações de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático pelo teste F, escolhendo-se aquele com significância menor que 5 % ( $p < 0,05$ ).



### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste capítulo II são discutidos em duas partes. A primeira se refere à produtividade e a composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de N na região da Serra Gaúcha do RS, enquanto a segunda parte aborda os resultados obtidos na região da Campanha do RS.

#### 3.5.1 Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de nitrogênio na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul.

Os resultados de produção de uva e seus componentes em viníferas Cabernet Sauvignon cultivadas na Serra Gaúcha do RS mostram que a aplicação de 0, 15, 30, 45 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N aumentou de forma quadrática a produção de uva por planta e por hectare (Tabela 19 e 20), semelhante ao obtido por Ahmedullah & Roberts (1991), Goldspink & Gordon (1991) e Bell & Robson (1999). Convém destacar que a produção de uva em todos os tratamentos foi baixa para viníferas Cabernet Sauvignon, conduzidas em sistema de condução latada, e isso pode ser atribuído à intensidade de poda dos ramos.

A aplicação de doses crescentes de N aumentou de forma quadrática o número de bagas por cacho e o seu comprimento e a sua largura e, de forma linear, a massa dos cachos (Tabela 19 e 20). Por outro lado, a aplicação de N diminuiu de forma linear o número de cachos por planta e não foi afetada a massa de 100 bagas. Cabe ressaltar que, primeiro, já com a aplicação de 15 kg ha<sup>-1</sup> de N foi obtida a maior produção de uva por planta, por hectare e o maior número de cachos, número de bagas em cada cacho e o seu comprimento e sua largura. Segundo, com a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N foi encontrado a menor produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, número de bagas em cada cacho e o comprimento e a largura dos cachos (Tabela 19 e 20). Isso pode ser atribuído ao fato de que, quando

o N é aplicado em excesso aumenta a incidência de doenças fúngicas e reduz as flores fecundas (Duchêne et al., 2001) e, com isso, a produção de uva diminui.

Tabela 19- Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.

Dose	Produção		Cacho				Massa 100 bagas	
	planta	hectare	Número	Massa	Número bagas	Comprimento		Largura
kg ha <sup>-1</sup> de N	kg		g		cm		g	
0	1,03	2.766	20	52,94	95	14,27	5,52	118,49
15	1,88	5.032	35	52,93	139	16,18	6,83	110,92
30	1,43	3.819	19	76,70	117	15,62	6,22	105,74
45	1,47	3.920	18	88,64	124	15,44	6,12	109,64
60	0,66	1.752	7	93,84	88	13,33	5,25	118,36
CV,%	15,49	15,48	22,05	21,25	29,60	16,15	17,59	25,67

<sup>(1)</sup> Parâmetros de regressão apresentados na tabela 20.

Tabela 20- Parâmetros das regressões ajustadas para produção por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.

Característica	Parâmetros da regressão			
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub> x	b <sub>11</sub> x <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
Produção				
Planta, kg	1,127	0,0461	-0,00089	0,68*
Hectare, kg	3006,700	122,9500	-2,39810	0,81*
Cachos				
Número	23,421	0,4333	-0,01206	0,58*
Massa, g	49,505	0,7834	-	0,39*
Número bagas	55,674	53,5490	-9,39500	0,74*
Comprimento, cm	11,924	3,0209	-0,54710	0,92*
Largura, cm	4,438	1,5250	-0,27500	0,78*
Massa 100 bagas <sup>ns</sup> , g				

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \*Significativo a 5%.

Os dados de composição química do mosto de uvas Cabernet Sauvignon mostram que a aplicação de N aumentou de forma linear os valores de sólidos solúveis totais, pH, relação ácido tartárico/ácido málico, polifenóis totais (Tabela 21 e 22). Já, as doses crescentes de N aumentaram de forma quadrática os valores de N amoniacal, concordando com os dados obtidos por Ough et al. (1968), Bertrand et al. (1991), Spayd et al. (1994) e Spayd et al. (1995). Isso mostra que as videiras absorveram o N do fertilizante aplicado, como observado nos experimentos 1 e 2 do capítulo I, porém o N, possivelmente, é acumulado no citoplasma e vacúolo, mas não afeta a produção. Portanto, o N adicionado pode ser desnecessário para o aumento de produção (Tabela 19 e 20). Cabe ressaltar que o aumento do N amoniacal no mosto, em geral, é acompanhado do aumento de outras formas de N, como os aminoácidos, e todas possuem correlação positiva e significativa com o crescimento de microrganismos no mosto (Monteiro & Bisson, 1991; Monteiro & Bisson, 1992; Jiranek et al., 1995), evitando a parada de fermentação.

Os valores de acidez total, ácido tartárico, ácido málico e o total destes dois ácidos diminuíram de forma linear com o aumento da dose de N (Tabela 21 e 22), como observado por Keller et al. (1999). Do mesmo modo, a aplicação de N diminuiu de forma linear os valores de antocianinas, concordando com os dados obtidos por Smart (1991), Keller & Hrazdina (1998), Keller et al. (1999) e Keller (2005). De acordo com estes autores isso se deve, primeiro, a distribuição das antocianinas da baga para os ramos e folhas, que tiveram o seu crescimento estimulado pela aplicação de N. Segundo, a deficiência de luz no interior das videiras pode reduzir a atividade de enzimas que regulam a síntese de alguns compostos, entre os quais as antocianinas.

Tabela 21- Sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.

Dose	SST	pH	Acidez total	Ác. tartárico	Ac. málico	Ac. tartárico+ Ac. málico	Relação Ac. tartárico/Ac. Málico	Polifenóis totais	Antocianinas	Nitrogênio amoniacal
kg ha <sup>-1</sup> de N	°Brix		meq L <sup>-1</sup>		g L <sup>-1</sup>			l 280	mg L <sup>-1</sup>	
0	14,82	3,17	75,00	3,77	3,88	7,66	0,97	14,85	115,17	4,50
15	15,00	3,46	62,00	3,54	3,50	7,04	1,01	14,05	83,02	11,00
30	16,00	3,49	57,00	2,98	2,50	5,49	1,19	15,62	94,15	9,44
45	16,50	3,64	54,00	2,76	2,42	5,19	1,14	18,32	103,02	4,51
60	15,97	3,58	52,50	2,54	2,34	4,89	1,08	18,57	102,25	4,20
CV,%	3,23	2,49	4,31	5,73	2,59	2,72	7,18	5,36	5,54	12,38

<sup>(1)</sup> Parâmetros de regressão apresentados na tabela 22.

Os resultados dos nutrientes totais na baga mostram que, a aplicação de N não aumentou a porcentagem de N total, por causa, provavelmente, da sua diluição, nem as de cálcio e de magnésio (Tabela 23 e 24). Porém, as doses de N aumentaram de forma linear a porcentagem de potássio. Isso pode ser atribuído, ao fato de que as plantas submetidas à adição de N, em geral, aumentam a sua área foliar e, por conseqüência, a transpiração e a absorção de nutrientes, como o potássio, que é distribuído para as partes em crescimento, entre as quais a baga de uva. Convém relatar que o aumento do potássio na baga, e posteriormente no mosto, potencializa a formação de bitartarato de potássio no vinho, depreciando a sua qualidade química, como relatado por Mpelasoka et al. (2003) em ampla revisão sobre o assunto.

Tabela 22- Parâmetros das regressões ajustadas para os sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.

Característica	Parâmetros da regressão			
	$b_0$	$b_1x$	$b_{11}x^2$	$R^2$
SST, °Brix	14,900	0,0253	-	0,46*
pH	3,271	0,0066	-	0,70*
Acidez total, meq L <sup>-1</sup>	70,700	-0,3535	-	0,77*
Ac. tartárico, g L <sup>-1</sup>	3,773	-0,0216	-	0,86*
Ac. málico, g L <sup>-1</sup>	3,762	-0,0276	-	0,84*
Ac. tartárico+Ac. málico, g L <sup>-1</sup>	7,536	-0,0493	-	0,89*
Relação Ac. tartárico/Ac. Málico	1,011	0,0023	-	0,22*
Polifenóis totais, l 280	13,940	0,0781	-	0,65*
Antocianinas, mg L <sup>-1</sup>	109,337	-1,1913	0,01920	0,38*
Nitrogênio amoniacal, mg L <sup>-1</sup>	5,721	0,2761	-0,00539	0,57*

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \*Significativo a 5%.

Tabela 23- Totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.

Dose	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
kg ha <sup>-1</sup> de N			%		
0	0,46	0,05	0,32	0,02	0,01
15	0,48	0,05	0,38	0,02	0,01
30	0,47	0,05	0,34	0,02	0,01
45	0,43	0,05	0,36	0,02	0,01
60	0,41	0,05	0,40	0,02	0,01
CV,%	23,26	8,99	7,99	25,31	16,84

<sup>1)</sup> Parâmetros de regressão apresentados na tabela 24.

Tabela 24- Parâmetros das regressões ajustadas para os totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uvas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.

Característica	Parâmetros da regressão			
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub> x	b <sub>11</sub> x <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
Nitrogênio <sup>ns</sup> , %				
Fósforo <sup>ns</sup> , %				
Potássio, %	0,334	0,0009	-	0,21*
Cálcio <sup>ns</sup> , %				
Magnésio <sup>ns</sup> , %				

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \*Significativo a 5%.

Com base nos resultados de composição química do mosto e das uvas (Tabela 21, 22, 23 e 24), pode-se inferir que a aplicação de N em viníferas Cabernet Sauvignon na Serra Gaúcha do RS aumenta o teor de açúcar no mosto e, por consequência, origina vinhos com um maior teor alcoólico. Somado a isso, os vinhos elaborados a partir destas uvas podem apresentar melhores características gustativas, devido a maior quantidade de polifenóis totais, porém será pouco encorpado, em consequência das quantidades de antocianinas.

### 3.5.2 Produtividade e composição química da uva e do seu mosto em videiras submetidas à aplicação de nitrogênio na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

Os resultados de produção de uva e seus componentes mostram que, a aplicação das doses de N (0, 15, 30, 45, 60 e 85 kg ha<sup>-1</sup> de N) não afetou a produção de uva por planta, por hectare, a massa do cacho e o seu comprimento e a largura (Tabela 25 e 26). Convém ressaltar que, a produção de uva em todos os tratamentos foi elevada para viníferas Cabernet Sauvignon, conduzidas em sistema de condução espaldeira. A baixa resposta das videiras à aplicação de N pode ter ocorrido porque as condições de umidade no solo foram boas e as temperaturas foram amenas durante todos os meses do ano e isso, segundo Agehara & Warncke (2005), favorece a mineralização da matéria orgânica do solo e a decomposição de resíduos vegetais depositados sobre a superfície do solo. Isso sugere que as quantidades de N derivadas do solo, das reservas internas da planta e dos resíduos vegetais em decomposição (Experimento 2 do capítulo III), foram suficientes para a produção e para o desenvolvimento das videiras, como também foi obtido por Brunetto (2004) e Brunetto et al. (2006b).

Por outro lado, as doses crescentes de N aumentaram de forma linear o número de cachos, o número de bagas em cada cacho e a massa de 100 bagas (Tabela 25 e 26). O aumento da massa de 100 bagas pode ser atribuído, em geral, ao aumento da relação polpa/casca, o que está associada à diminuição dos valores de importantes compostos responsáveis pela coloração do mosto e do vinho, entre os quais as antocianinas, como observado nas tabelas 27 e 28 e relatado por Smart (1991), Keller & Hrazdina (1998), Keller et al. (1999) e Keller (2005).

Tabela 25- Produção de uva por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.

Dose	Produção		Cachos				Massa 100 bagas	
	planta	hectare	Número	Massa	Número Bagas	Comprimento		Largura
kg ha <sup>-1</sup> de N	kg			g		cm	g	
0	12,67	18.097	67	189,67	138	15,89	7,09	156,63
15	14,28	20.387	77	184,71	125	15,68	6,87	165,26
30	12,87	18.380	79	161,17	131	15,75	7,26	160,62
45	12,66	18.073	77	164,50	111	15,48	7,45	175,35
60	13,18	18.821	79	165,28	117	15,90	7,15	173,30
85	12,53	17.897	76	165,00	117	15,48	7,11	174,76
CV, %	16,53	16,54	9,04	13,03	26,53	14,47	16,98	10,00

<sup>(1)</sup> Parâmetros de regressão apresentados na tabela 26.

Tabela 26- Parâmetros das regressões ajustadas para produção por planta, por hectare, número de cachos, massa de cachos, número de bagas por cacho, comprimento e largura de cachos, e massa de 100 bagas, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.

Característica	Parâmetros da regressão			
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub> x	b <sub>11</sub> x <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
Produção				
Planta <sup>ns</sup> , kg				
Hectare <sup>ns</sup> , kg				
Cachos				
Número	70,933	1,4000	-	0,34*
Massa <sup>ns</sup> , g				
Número bagas	138,070	-4,2571	-	0,62*
Comprimento <sup>ns</sup> , cm				
Largura <sup>ns</sup> , cm				
Massa 100 bagas, g	154,700	3,7000	-	0,75*

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \*Significativo a 5%.



Os resultados de composição química do mosto da uva mostram que a aplicação de N não afetou os valores de sólidos solúveis totais (Tabela 27 e 28), como reportado por Bell (1991) e Peacock et al. (1991). Por outro lado, as doses de N aumentaram, de forma quadrática, os valores de pH do mosto e, de forma linear, os valores de acidez total, ácido tartárico, ácido málico e, por consequência, o total destes. Os resultados de acidez total, ácido málico e ácido tartárico confirmam os dados encontrados por Bertrand et al. (1991) e Keller et al. (1999). Estes autores atribuem isso, ao crescimento vegetativo da parte aérea das videiras, que aumenta o sombreamento dos cachos no interior das plantas, retardando a maturação da uva e a degradação de ácidos orgânicos na baga. Além disso, estequiometricamente não há relação entre o pH do meio e a acidez, pois enquanto esta depende da concentração de ácidos no meio, o pH é dependente da capacidade de ionização deles. Assim, quando há predominância de ácidos fortes o pH é baixo, mas a presença de ácidos fracos gera pH mais alto.

A aplicação das doses de N não alterou os valores da relação ácido tartárico/ácido málico, nem os de polifenóis totais, porém os valores de antocianinas diminuíram, de forma linear, com o aumento da dose de N (Tabela 27 e 28). Os resultados de antocianinas estão de acordo com os dados obtidos no experimento 1 deste capítulo II e com os encontrados por Smart (1991), Keller & Hrazdina (1998), Keller et al. (1999) e Keller (2005), sendo as causas disso já discutidas detalhadamente no experimento 1 deste capítulo II.

A aplicação de N também aumentou de forma linear os valores de N amoniacal no mosto da uva (Tabela 27 e 28), mesma tendência observada na porcentagem de N total na baga da uva (Tabela 29 e 30), como encontrado por Ough et al. (1968), Bertrand et al. (1991), Spayd et al. (1994) e Spayd et al. (1995). Convém destacar que as porcentagens de N amoniacal encontradas no mosto e de N total da baga são maiores que as verificadas no experimento 1 deste capítulo II. Isso pode ser atribuído ao fato que as videiras cultivadas em solos arenosos recuperam maiores porcentagens do N aplicado, como verificado no experimento 2 do capítulo I. Além disso, cabe relatar que o N aplicado não afetou as porcentagens totais de potássio nas bagas, diferentemente dos resultados do experimento 1 deste capítulo II, nem de cálcio e de magnésio.

Tabela 27- Sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.

Dose	SST	pH	Acidez total	Ác. tartárico	Ac. málico	Ac. tartárico+ Ac. málico	Relação Ac. tartárico/Ac. Málico	Polifenóis totais	Antocianinas	Nitrogênio amoniacal
kg ha <sup>-1</sup> de N	°Brix		meq L <sup>-1</sup>		g L <sup>-1</sup>			l 280	mg L <sup>-1</sup>	
0	17,17	3,78	42,75	1,84	3,97	5,81	0,48	19,62	64,30	48,75
15	17,42	3,95	47,00	2,32	4,45	6,77	0,52	19,95	55,05	52,50
30	17,85	3,87	52,25	2,69	5,02	7,71	0,55	20,67	35,33	66,06
45	18,25	3,94	60,00	2,88	5,56	8,44	0,52	19,90	32,81	78,56
60	17,22	3,86	66,50	2,88	6,07	8,95	0,48	19,35	28,00	82,44
85	17,48	3,78	72,50	2,91	6,21	9,13	0,47	20,57	27,50	87,69
CV,%	7,13	2,57	14,08	13,70	9,68	7,88	17,33	9,60	6,84	5,06

<sup>(1)</sup> Parâmetros de regressão apresentados na tabela 28.

Tabela 28- Parâmetros das regressões ajustadas para os sólidos solúveis totais, pH, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, polifenóis totais, antocianinas e nitrogênio amoniacal no mosto de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.

Característica	Parâmetros da regressão			
	$b_0$	$b_1x$	$b_{11}x^2$	$R^2$
SST <sup>ns</sup> , °Brix				
pH	3,809	0,0057	-0,00007	0,27*
Acidez total, meq L <sup>-1</sup>	42,309	0,3708	-	0,66*
Ác. tartárico, g L <sup>-1</sup>	2,116	0,0120	-	0,44*
Ac. málico, g L <sup>-1</sup>	4,109	0,0282	-	0,67*
Ac. tartárico+Ac. málico, g L <sup>-1</sup>	6,225	0,0402	-	0,73*
Relação Ac. tartárico/Ac. Málico <sup>ns</sup>				
Polifenóis totais <sup>ns</sup> , I 280				
Antocianinas, mg L <sup>-1</sup>	58,049	-0,4481	-	0,78*
Nitrogênio amoniacal, mg L <sup>-1</sup>	49,539	0,5053	-	0,89*

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \*Significativo a 5%.

Tabela 29- Totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.

Dose	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
kg ha <sup>-1</sup> de N			%		
0	0,87	0,05	0,38	0,01	0,01
15	0,90	0,05	0,41	0,01	0,01
30	0,94	0,05	0,41	0,01	0,01
45	0,98	0,04	0,44	0,01	0,01
60	1,03	0,04	0,42	0,01	0,01
85	1,06	0,05	0,39	0,01	0,01
CV,%	11,39	27,98	11,45	20,65	25,77

<sup>(1)</sup> Parâmetros de regressão apresentados na tabela 30.

Tabela 30- Parâmetros das regressões ajustadas para os totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na baga de uva, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.

Característica	Parâmetros da regressão			
	$b_0$	$b_1x$	$b_{11}x^2$	$R^2$
Nitrogênio, %	0,870	0,0024	-	0,98*
Fósforo <sup>ns</sup> , %				
Potássio <sup>ns</sup> , %				
Cálcio <sup>ns</sup> , %				
Magnésio <sup>ns</sup> , %				

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \*Significativo a 5%.

Com os resultados de composição química do mosto e das uvas (Tabela 27, 28, 29 e 30) pode-se inferir que a aplicação de N em viníferas Cabernet Sauvignon na Campanha Gaúcha do RS aumenta a acidez total no mosto e, espera-se também que os vinhos elaborados a partir destas uvas, possam apresentar pouca coloração, por causa dos menores valores de antocianinas, tornando-se assim, pouco encorpados.

### **3.6 CONCLUSÕES**

- 1- As viníferas Cabernet Sauvignon cultivadas na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul responderam em produção as doses de nitrogênio, as quais aumentaram os valores de nitrogênio amoniacal no mosto e diminuíram os de antocianinas e, na baga de uva, aumentaram a porcentagem do total de potássio.
- 2- A aplicação de doses de nitrogênio em viníferas Cabernet Sauvignon na região da Campanha não afetou a produção de uva. Porém, de forma destacada, aumentaram no mosto os valores de acidez total e nitrogênio amoniacal, e diminuíram os valores de antocianinas, e na baga de uva, aumentaram a porcentagem do total de nitrogênio.

## 4 CAPÍTULO III

# CONTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO DERIVADO DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO PARA A VIDEIRA

### 4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica são discutidos três subitens. O primeiro se refere ao uso de plantas de cobertura do solo em vinhedos. O segundo trata da decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais das plantas de cobertura do solo e a absorção e distribuição do nitrogênio destes resíduos em videiras. O terceiro compreende a marcação de plantas de cobertura do solo com  $^{15}\text{N}$  e o uso de seus resíduos em estudos de recuperação e distribuição na planta.

#### 4.1.1 Uso de plantas de cobertura do solo em vinhedos.

Nos primeiros cultivos da videira, nas tradicionais regiões vitivinícolas do mundo, a vegetação nas linhas e entrelinhas do vinhedo era eliminada com capina, gradagem e/ou aração. Entretanto, com a ampliação da viticultura, verificou-se que o revolvimento do solo aumentava o impacto da gota da chuva na sua superfície, a sua desagregação, e o transporte de partículas, água e nutrientes, especialmente em solos arenosos e localizados em relevo acidentado. Somado a isso, o revolvimento diminuía o teor de matéria orgânica e causava danos mecânicos às raízes das videiras (Ingels & Klonsky, 1998; Valenti et al., 1999; Silvestroni et al., 2004; Mattii & Ferrini, 2005). Com isso, passou-se a cultivar espécies de plantas

herbáceas nas entrelinhas dos vinhedos, controlando seu crescimento com roçadas e mantendo seus resíduos sobre a superfície do solo.

As espécies mais cultivadas para este fim incluem o azevém (*Lolium sp.*), a aveia (*Avena sp.*), a ervilhaca (*Vicia sp.*) e os trevos (*Trifolium sp.*) (Scienza et al., 1988; Lavezzi et al., 1999; Valenti et al., 1999), entre outras. Estas plantas podem ser cultivadas permanentemente, durante todo o ciclo vegetativo e produtivo da videira, sobretudo em regiões com alta precipitação pluviométrica e disponibilidade de água no solo ou durante um período pré-estabelecido, em geral, nos meses de outono e inverno, onde as precipitações são freqüentes. O modo de cultivo pode ser realizado em toda a superfície do terreno do vinhedo ou apenas nas entrelinhas das videiras, com dessecação das plantas herbáceas na linha. Em geral, a decisão de cultivá-las em toda a superfície ou apenas na entrelinha de plantio é tomada com base na precipitação da região e na disponibilidade de nutrientes no solo. Em regiões com baixa precipitação ou em solos com baixos níveis de nutrientes, as plantas herbáceas podem competir com a videira por água e nutrientes, especialmente durante os meses de primavera e verão, onde a videira apresenta a maior divisão celular e, por conseqüência, maior exigência nutricional (Zaffignani, 1990; Benati & Maggiore, 1999; Silvestroni et al., 1999; Roggero et al., 2004).

O maior número de trabalhos sobre o cultivo de plantas de cobertura em vinhedos é realizado, em geral, em tradicionais países vitivinícolas da Europa, com a preocupação de estudar a superfície do solo coberta e a quantidade de resíduos depositada (Lavezzi et al., 1999; Lavezzi et al., 2000; Silvestroni & Caterchini, 2000; Intrieri et al., 2002; Colugnati et al., 2003). Também, há relatos sobre o efeito das plantas nas características físicas, como a agregação, a porosidade, a capacidade de infiltração e o armazenamento de água no solo (Van Huyssteen & Weber, 1980; Saayman & Van Huyssteen, 1980; Bertamini et al., 1999; Di Lorenzo et al., 1999; Scalabrelli et al., 1999).

O cultivo de plantas de cobertura nas linhas ou entrelinhas e a deposição de seus resíduos sobre a superfície do solo também pode diminuir o crescimento de ramos do ano, área foliar (Storchi et al., 2000; Lisa et al., 2002) e a produtividade da videira (Silvestroni et al., 1999), e, com isso, é alterada a qualidade enológica da uva, do seu mosto e do vinho produzido. Assim, uvas provenientes de videiras, cultivadas com plantas de cobertura do solo, tendem a apresentar mostos com maior valor de açúcar (Ferrini & Mattii, 1996; Lavezzi et al., 1999), de antocianinas (Bovio

et al., 2000) e menor quantidade de ácido málico (Silvestroni et al., 1999), comparativamente ao mosto de uvas derivadas de vinhedos com o solo sem cobertura vegetal e/ou revolvido. Entretanto, nem sempre se verifica o efeito das espécies de plantas de cobertura e de seus resíduos sobre o vigor, a produtividade e a composição uva e de seus derivados (Murisier, et al., 1999), especialmente em solos com alta fertilidade e adequada precipitação pluviométrica.

As plantas de cobertura cultivadas nos vinhedos e seus resíduos depositados na superfície do solo podem causar impacto nas características do solo, da videira, da uva produzida e nos seus produtos derivados (mosto e vinho). Entretanto, os trabalhos avaliando a taxa de decomposição e de liberação de nutrientes dos resíduos culturais de espécies de plantas de cobertura cultivadas em vinhedos, associados com o a absorção de nutrientes pela videira, especialmente o N, que é o nutriente que causa maior impacto na produtividade e na composição da uva, são escassos ou inexistentes na literatura.

#### 4.1.2 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais das plantas de cobertura do solo e absorção e distribuição do nitrogênio destes resíduos pela videira.

O cultivo de plantas nas entrelinhas dos vinhedos, com dessecamento nas linhas de plantio, tem sido usado com freqüência em tradicionais regiões vitivinícolas do mundo. Nesse manejo, as plantas são submetidas a roçadas sucessivas durante todo o ciclo da videira (Intrieri et al., 2002; Parente et al., 2004). Já, as plantas de cobertura na linha de plantio, normalmente, são submetidas à aplicação de herbicidas (Rapparini, 2006) e os resíduos são mantidos no local.

Os organismos e/ou os agentes físicos fragmentam os resíduos aumentando a sua área superficial e o contato com o solo, o que favorece a ação da biomassa microbiana do solo (BMS) (Cotrufo, et al., 2000). Essa usa as cadeias carbonadas do material orgânico como fonte de energia e matéria para as células microbiológicas, sendo parte do C transferido para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub>, e os nutrientes excedentes são mineralizados, entre eles, N, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (Cerri, et al., 1992; Moreira & Siqueira, 2002). Entretanto, os resíduos culturais das plantas de cobertura depositados na



superfície do solo nem sempre possuem um grande contato com o solo e, quando isso acontece, o ataque da BMS é desacelerado, resultando em uma mineralização gradual dos compostos carbonados, o que pode causar um aumento no teor de matéria orgânica ao longo do tempo e na disponibilidade de nutrientes na camada superficial do solo.

A taxa de decomposição e de liberação de nutrientes dos resíduos culturais é governada pela quantidade de matéria oferecida, pelas condições de clima, de solo e da sua qualidade bioquímica. A temperatura, a umidade, o oxigênio, os valores de pH, a disponibilidade de nutrientes no solo e a qualidade bioquímica do resíduo, como a concentração de nutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg, S), a porcentagem de açúcares, de lignina, celulose e hemicelulose são importantes fatores para controlar a taxa de mineralização do N contido (Paul & Clark, 1996; Trinsoutrot et al., 2000; Agehara & Warncke, 2005; Cabrera et al., 2005). Vários estudos têm demonstrado que as relações C/N, C/P e lignina/N afetam a decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos culturais. Normalmente, resíduos com baixa relação C/N, como as espécies leguminosas, são usadas pela BMS com maior facilidade, mineralizando mais rapidamente que resíduos com alta relação C/N, como os de gramíneas. Esta menor taxa de decomposição de resíduos com alta relação C/N, em geral, é atribuída a pequena quantidade de N no resíduo e a presença de compostos recalcitrantes (Da Ros, 1993; Giacomini, 2001; Aita & Giacomini, 2003; Da Ros, 2004).

Os resíduos culturais de espécies de plantas de cobertura têm sido usados como fonte de nutrientes para as culturas anuais (Heinzmann, 1985; Heinrichs et al., 2001; Ceretta et al., 2002; Amado et al., 2003; Ernani et al., 2005; Silva et al., 2006 a, b c). Entretanto, são escassas as informações sobre a decomposição e a liberação de nutrientes de resíduos culturais de leguminosas e/ou gramíneas para a videira, como o N, que pode causar grande impacto no crescimento da planta, na produção e na composição da uva produzida.

Os resíduos culturais de plantas de cobertura, nas linhas e/ou entrelinhas das videiras, podem representar uma importante fonte de nutrientes para o solo, especialmente de N, durante o ciclo vegetativo e produtivo das plantas (Hirschfeld, 1998; Patrick et al., 2004). Esses autores relatam que os resíduos são decompostos rapidamente, principalmente se incorporados ao solo, fornecendo à videira maiores quantidades de N, que são absorvidos em maior taxa durante o crescimento dos

ramos do ano. Contudo, a porcentagem máxima de N derivado dos resíduos vegetais na folha da videira pode ser de apenas 0,28% (Patrick et al., 2004). Há trabalhos mostrando que a recuperação de N do fertilizante pela videira é pequena, e isso pode estar associado à absorção de N proveniente da matéria orgânica do solo e dos resíduos vegetais em decomposição (Brunetto, 2004; King & Berry, 2005; Brunetto et al., 2006b; Experimento 1 e 2 do capítulo I), principalmente em solos com médio e alto teor de matéria orgânica e com grande quantidade de resíduos depositados no solo. Estes mesmos autores relatam que a mineralização gradual dos resíduos culturais depositados na superfície do solo, aliado ao hábito perene da planta, favorece a absorção contínua de N do solo pela videira durante o ano todo, especialmente em regiões de inverno menos rigoroso. Assim, os resíduos culturais podem representar uma importante fonte de N. Como os resíduos de diferentes espécies de plantas de cobertura podem apresentar diferentes taxas de decomposição e liberação de nutrientes, como o N, torna-se necessário a realização de experimentos para avaliar o sincronismo entre a liberação de N pelos resíduos e absorção pela planta de videira.

#### 4.1.3 Marcação de plantas de cobertura do solo com $^{15}\text{N}$ e uso de seus resíduos em estudos de recuperação e distribuição na planta.

A técnica de marcação de plantas de cobertura com isótopos de  $^{15}\text{N}$ , permite obter informações precisas sobre qual a porcentagem e/ou quantidade de N derivada dos resíduos (N<sub>dfr</sub>) que permanece no solo e é recuperado pela cultura sucessiva e/ou intercalar.

As espécies de plantas a serem marcadas com  $^{15}\text{N}$ , em geral, são cultivadas em solo com baixo teor de matéria orgânica e N total e/ou em areia, adicionando-se solução nutritiva com macronutrientes e micronutrientes para suprir a sua demanda (Ambrosano et al., 1997; Berns et al., 2005). Normalmente, o solo é acondicionado em vasos, para diminuir a transferência de  $^{15}\text{N}$  por percolação e o cultivo das plantas é realizado em ambiente protegido. A fonte de N mineral (uréia, nitrato de amônio, sulfato de amônio, etc...) enriquecida com átomos de  $^{15}\text{N}$  é aplicada, parceladamente, durante o crescimento das plantas. Esta deve possuir uma quantidade de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso suficiente para enriquecer o tecido vegetal

com no mínimo 2% (Ambrosano et al., 1997). Isso porque, os átomos de  $^{15}\text{N}$  contidos em fontes orgânicas, como os resíduos vegetais, quando usados em experimentos a campo, podem ser diluídos mais que cinco vezes com o N natural do solo, pois, em geral, a mineralização dos compostos orgânicos é lenta (Trivelin, 2001a).

Os resíduos culturais de espécies marcados com  $^{15}\text{N}$ , quando usados em experimentos de decomposição e liberação de N em pomares, normalmente são acondicionados em bolsas teladas de nylon (“litter bags”) (Tagliavini et al., 2007). Com esta técnica pode-se quantificar o nitrogênio liberado para o solo, sem outras interferências. Já, em experimentos de absorção de N derivado dos resíduos culturais marcados com  $^{15}\text{N}$ , pela planta em cultivo, os resíduos são depositados sobre a superfície do solo (Trivelin, 2001a).

Os resíduos culturais em decomposição e as partes vegetais da cultura de interesse econômico enriquecida com  $^{15}\text{N}$ , depois da coleta, são secos, determinado a matéria seca e preparados para a determinação de  $^{15}\text{N}$  por espectrometria de massa (Trivelin, 2001b) e N total. Com os resultados obtidos se calcula a porcentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso na amostra, conforme a equação 1:

$$\text{Átomos}^{15}\text{N excessos na amostra}(\%) = \% \text{átomos}^{15}\text{N na amostra} - 0,3663\% \quad (1)$$

Posteriormente, com a porcentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso na amostra, a quantidade de N total e a porcentagem de  $^{15}\text{N}$  no resíduo da planta de cobertura é possível obter o nitrogênio derivado do resíduo (Ndfr), conforme exposto na equação 2 e 3:

$$\text{Ndfr} (\%) = \frac{\% \text{átomos}^{15}\text{N excessos na amostra}}{\% \text{átomos}^{15}\text{N excessos no resíduo}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Ndfr} (\text{mg}) = \text{N total na amostra} (\text{mg}) \times \frac{\% \text{átomos}^{15}\text{N excessos na amostra}}{\% \text{átomos}^{15}\text{N excessos no resíduo}} \quad (3)$$

Em seguida, com os resultados obtidos na equação 2 ou 3 pode-se calcular o nitrogênio derivado do solo (Ndfs) + nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri), conforme a equação 4.

$$Ndfs + Ndri = 100 - Ndfr \quad (4)$$

Por fim, com os resultados de Ndfr e da quantidade de N do resíduo aplicado é possível calcular a recuperação (R) pela planta do N do fertilizante aplicado no solo, equação 5:

$$R (\%) = \frac{Ndfr \text{ planta (mg)}}{\text{Quantidade N resíduo aplicado (mg)}} \times 100 \quad (5)$$

Os resíduos de plantas marcados com  $^{15}\text{N}$  têm sido usados com frequência em estudos de decomposição e liberação de N em culturas anuais (Silva et al., 2006 a, b c) e em espécies frutíferas, como, a macieira (Tagliavini et al., 2007; Tonon et al., 2007). Porém, em vinhedos estes estudos são escassos.

## **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar a decomposição e a liberação de nutrientes de resíduos culturais de azevém perene e trevo branco durante o período vegetativo e produtivo da videira;
- b) Determinar a absorção, acumulação e distribuição do nitrogênio derivado de resíduos culturais de azevém perene e de trevo branco em videiras.

### 4.3 OBJETO DE ESTUDO E HIPÓTESES

As espécies de plantas de cobertura, entre elas, gramíneas e leguminosas, quando cultivadas nas linhas e/ou entrelinhas do vinhedo são submetidas a roçadas e/ou dessecamento químico durante o ciclo da videira e os seus resíduos permanecem depositados na superfície do solo. Eles são decompostos por microrganismos e os nutrientes excedentes são mineralizados de forma gradual. Com isso, espera-se que a videira absorva e acumule parte dos nutrientes liberados, entre eles, o N que é determinante do crescimento vegetativo e da produtividade.

As hipóteses formuladas para este estudo são:

- a) A taxa de decomposição e liberação de N é igual entre os resíduos de azevém perene e trevo branco.
- b) A videira absorve e acumula, durante o período vegetativo e produtivo, quantidades iguais de N dos resíduos de azevém perene e trevo branco, em decomposição na superfície do solo.

## 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O capítulo III foi composto de dois experimentos, segundo o objetivo geral e específico. O experimento 1 compreendeu a decomposição e a liberação de nutrientes de resíduos culturais de azevém perene e de trevo branco durante o período vegetativo e produtivo da videira. O experimento 2 consistiu da absorção, distribuição e acumulação do N derivado de resíduos culturais de azevém perene e de trevo branco em decomposição em videiras.

### 4.4.1 Marcação das plantas com $^{15}\text{N}$

Em janeiro de 2007, um solo não cultivado foi coletado, passado em peneira, misturado com areia (10% do volume total de solo) e acondicionado em caixas de amianto, em casa de vegetação. Em seguida,  $10 \text{ g m}^{-2}$  de sementes de azevém perene (*Lolium perenne*) e  $3 \text{ g m}^{-2}$  de trevo branco (*Trifolium repens*) foram semeadas em linha. Depois de duas semanas da emergência das plantas, uma solução de nitrato de amônio enriquecido com 10% de  $^{15}\text{N}$  foi aplicada cinco vezes no azevém perene e sete vezes no trevo branco, uma aplicação por semana, totalizando  $10 \text{ g m}^{-2}$  de N. As plantas das duas espécies foram submetidas diariamente à irrigação e, semanalmente, as plantas daninhas foram eliminadas para evitar a absorção de  $^{15}\text{N}$ .

Em abril de 2007, amostras da parte aérea de azevém perene e de trevo branco foram coletadas, secas em estufa com ar forçado a  $65^\circ\text{C}$  até massa constante e determinado a matéria seca. Posteriormente, a parte aérea do azevém perene e de trevo branco foram cortadas rente a superfície do solo e reservadas para a realização do experimento 1 e 2. Amostras de matéria verde de cada espécie foram coletadas, homogeneizadas, secas em estufa com ar forçado a  $65^\circ\text{C}$  até massa constante, determinado a matéria seca, moídas e reservadas para a análise de celulose, lignina, biomassa não estrutural e o total de  $^{15}\text{N}$ , N, carbono (C), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). As características

químicas do tecido vegetal do azevém perene e do trevo branco são apresentadas na tabela 31.

Tabela 31- Características do tecido vegetal de azevém perene e de trevo branco usados nos experimentos e suas quantidades adicionadas no experimento 1, em Bologna, Itália.

Característica	Azevém perene		Trevo branco	
	%	mg bolsa <sup>-1</sup>	%	mg bolsa <sup>-1</sup>
Celulose	42,7±1,35	-	50,9±1,38	-
Lignina	7,0±0,26	-	9,6±0,59	-
Biomassa não estrutural	50,3±1,17	-	39,6±0,86	-
Celulose/lignina <sup>(1)</sup>	6,1	-	5,3	-
Carbono total	39,20±0,31	803,92	36,97±0,97	749,41
Nitrogênio total	4,71±0,04	96,64	4,37±0,06	88,64
C/N <sup>(1)</sup>	8,32	-	8,45	-
Lignina/nitrogênio <sup>(1)</sup>	1,48	-	2,19	-
Fósforo total	0,32±0,00	6,56	0,19±0,00	3,85
Potássio total	5,40±0,00	110,75	3,79±0,04	76,82
Cálcio total	1,20±0,00	24,61	2,70±0,03	54,73
Magnésio total	0,30±0,00	6,15	0,46±0,00	9,32
Enxofre total	0,33±0,00	6,77	0,23±0,00	4,66
Átomos <sup>15</sup> N excesso	5,2567±0,0428	5,08	5,3497±0,0054	4,74

<sup>(1)</sup> Relação.

#### 4.4.2 Descrição dos experimentos

O experimento 1 e 2 foram conduzidos no período de abril de 2006 a agosto de 2007, na área experimental da “Università di Bologna”, em Bologna, Itália (Latitude 44° 35' N; longitude 11° 27' E) (Figura 6). O clima da região é temperado, com precipitação média anual de 700 mm, concentrada no outono e na primavera, e temperatura média anual de 12°C (Giardini, 2002). Os dados de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar e insolação observados durante a condução dos experimentos são apresentados no anexo 12.

Os dois experimentos foram implantados em um vinhedo de vinífera, cultivar Chardonnay, enxertada sob o porta-enxerto K5BB (Anexos 13a, b). As videiras foram plantadas no ano de 1999, na densidade de 4545 plantas por hectare (0,74 m



x 3,0 m), e conduzidas em espaldeira. O solo foi um Haplic Calcisoil (FAO, 1998), com os atributos apresentados na tabela 32. Na fila de plantio das videiras as plantas daninhas foram dessecadas com glyphosate em uma faixa de 1,20 m e nas entrelinhas foi cultivado uma mistura de azevém perene (*Lolium perenne*), Festuca (*Festuca rubra*) e *Poa pratensis*. As videiras durante a condução do experimento não receberam a aplicação de fertilizantes e foram submetidas à aplicação de inseticidas e fungicidas. Durante a realização do experimento 1 foram realizadas três irrigações com água destilada, para evitar a aplicação de cálcio, totalizando 82,5 mm. Já, no experimento 2 foram realizadas três irrigações com água natural, totalizando 151,5 mm.

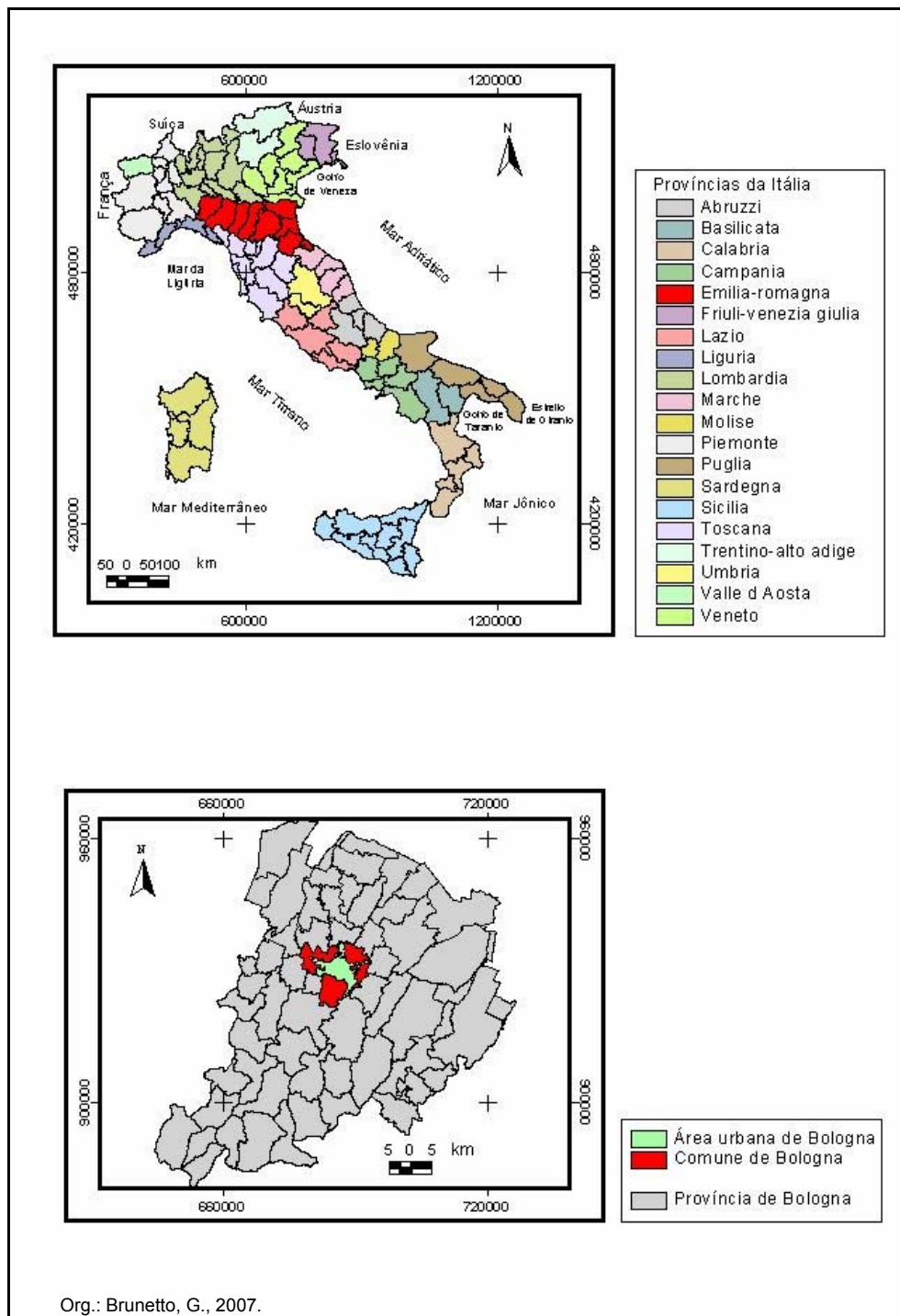


Figura 6- Localização geográfica da área em estudo na Itália.

Tabela 32- Atributos físicos e químicos na camada 0-20 e 20-60 cm do solo Haplic Calcisol cultivado com videira, em Bologna, Itália.

Atributo	Valor	
	0-20	20-60
Argila, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	24	26
Silte, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	35	31
Areia, g kg <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	41	43
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	14,6	12,1
pH-H <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>	5,85	5,75
Al trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(2)</sup>	0,00	0,00
Mg trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(2)</sup>	0,60	0,50
Ca trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(2)</sup>	10,30	13,20
P disponível, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>	39	32
K disponível, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(2)</sup>	178	171
N total, % <sup>(2)</sup>	0,84	0,75

<sup>(1)</sup> Determinado segundo Gee & Bauder (1986); <sup>(2)</sup> determinado segundo Page et al. (1982); <sup>(3)</sup> extraído por Olsen (Page et al., 1982).

#### 4.4.2.1 Experimento 1- Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de azevém perene e trevo branco durante o período vegetativo e produtivo da videira.

Em abril de 2007, 2,04 g de matéria seca de azevém perene e trevo branco marcadas com <sup>15</sup>N, equivalente a 20 g massa verde de cada espécie foram colocadas dentro de bolsas teladas de nylon (“litter bags”), com malha de 1 mm e dimensões de 20 x 20 cm, de acordo com procedimento descrito por Margill & Aber (1998), Harmon et al. (1999) e Tagliavini et al. (2007). Posteriormente, oito bolsas com massa verde de azevém perene e oito com trevo branco foram depositadas sobre a superfície do solo, na projeção da copa das videiras (quatro bolsas em cada planta, duas com azevém perene e duas com trevo branco) (Anexo 13a).

As bolsas teladas, quatro com resíduos de azevém perene e quatro com trevo branco foram coletadas (uma bolsa em cada planta) após oito semanas (08/06/07) e 16 semanas (01/08/07), da sua deposição sobre a superfície do solo. Logo após

cada coleta, os resíduos vegetais foram retirados das bolsas e, em seguida, as partículas de solo foram separadas dos resíduos vegetais com o uso de pincel. Posteriormente, os resíduos foram secos em estufa com ar forçado a 65°C até massa constante, determinado a matéria seca remanescente, moídos e reservados para análise do total de <sup>15</sup>N, N, C, P, K, Ca, Mg e S.

#### 4.4.2.2 Experimento 2- Absorção, acumulação e distribuição do nitrogênio derivado de resíduos culturais em decomposição de azevém perene e de trevo branco em videiras.

Em abril de 2007, 30,11 g de matéria seca marcada com <sup>15</sup>N, equivalente a 234,18 g de matéria fresca de azevém perene e 190 g de trevo branco foram depositadas em uma área de 0,96 m<sup>2</sup> (0,80 m x 1,20 m) sobre a superfície do solo em oito videiras, sendo o tronco das plantas o centro da área (Anexo 13b). Uma tela de nylon foi colocada sobre os resíduos de azevém perene e de trevo branco para evitar possíveis perdas provocadas pelo vento, segundo metodologia proposta por Trivelin (2001a). O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e cada parcela foi formada por uma planta com número igual de ramos produtivos, distribuídas ao longo da fila de plantio. Usou-se uma videira testemunha em cada bloco para avaliar a abundância natural de <sup>15</sup>N.

Em junho de 2007, oito semanas (08/06/07) depois da deposição dos resíduos culturais das plantas de cobertura sobre a superfície do solo foi contado o número de ramos do ano em cada videira e mensurado os seus comprimentos, com uma fita métrica. Em seguida, um ramo do ano grande (tamanho médio de 179 cm) e um ramo do ano pequeno (tamanho médio de 97 cm) foram coletados em cada planta e reservados. Posteriormente, o limbo da primeira folha desenvolvida (folha madura) no ápice do ramo do ano grande e pequeno foi coletado e reservado. Logo após, os limbos das folhas foram secas em estufa com ar forçado a 65°C até massa constante, moídas e reservados para a análise do total de <sup>15</sup>N e N.

Na maturação completa da uva (agosto de 2007), 16 semanas (01/08/07) depois da deposição dos resíduos na superfície do solo foi contado o número de cachos em cada videira e, em seguida, estes foram coletados e pesados. Logo após, 12 bagas do topo de cada cacho, parte média e inferior foram coletadas,

pesadas, congeladas em nitrogênio líquido, secas em liofilizador até massa constante, pesadas e reservadas. Em seguida, cinco ráquis foram coletados, pesados e reservados. Posteriormente, metade dos ramos do ano de cada videira foram coletados e reservados. Logo após, as folhas de cada ramo do ano foram coletadas e reservadas e, em seguida, foi mensurado o comprimento e a circunferência do ramo do ano anterior e coletada uma amostra deste com circunferência e comprimento conhecido. As folhas, os ramos do ano, os ramos do ano anterior e os ráquis foram pesados para a determinação da matéria verde e, posteriormente, foram secos, em estufa com ar forçado a 65°C até massa constante, determinado a matéria seca e reservados. Logo após, as folhas, os ramos do ano, os ramos do ano anterior, os ráquis e as bagas foram moídos em moinho tipo Willey e reservadas para a análise do total de  $^{15}\text{N}$  e N.

#### 4.4.3 Análises químicas

As amostras originais dos solos dos experimentos foram submetidas à determinação de argila, silte e areia (Gee & Bauder, 1986), matéria orgânica, pH- $\text{H}_2\text{O}$ , cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, fósforo e potássio disponíveis e N total, segundo metodologia descrita por Page et al. (1982).

As amostras de resíduos de azevém perene e trevo branco foram submetidas à determinação de celulose e lignina, conforme metodologia proposta por Aber & Martin (1999), N total,  $^{15}\text{N}$  e carbono por espectrometria de massa, e fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre por digestão e determinação em ICP-OES.

As amostras de resíduos de azevém perene e trevo branco, e partes das videiras foram submetidas à análise de N total e  $^{15}\text{N}$  por espectrometria de massa, de acordo com metodologia proposta por Trivelin (2001b).

#### 4.4.4 Cálculos e análises estatísticas

Com os resultados obtidos foi calculada a quantidade de matéria seca remanescente e o total de N, C, P, K, Ca, Mg e S liberados durante a decomposição dos resíduos culturais de azevém perene e trevo branco. Além disso, foi calculado

os átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso (Equação 1), o N derivado dos resíduos (Ndfr) (Equação 2, 3), o N derivado do solo (Ndfs) + N derivado das reservas internas (Ndri) (Equação 4) e recuperação (R) (Equação 5), segundo procedimento descrito pela IAEA (1983).

$$\text{Átomos}^{15}\text{N excesso na amostra}(\%) = \% \text{átomos}^{15}\text{N na amostra} - 0,3663\% \quad (1)$$

$$\text{Ndfr}(\%) = \frac{\% \text{átomos}^{15}\text{N excesso na amostra}}{\% \text{átomos}^{15}\text{N excesso no resíduo}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Ndfr}(\text{mg}) = \text{N total na amostra}(\text{mg}) \times \frac{\% \text{átomos}^{15}\text{N excesso na amostra}}{\% \text{átomos}^{15}\text{N excesso no resíduo}} \quad (3)$$

$$\text{Ndfs} + \text{Ndri} = 100 - \text{Ndfr} \quad (4)$$

$$R(\%) = \frac{\text{Ndfr planta}(\text{mg})}{\text{Quantidade N resíduo aplicado}(\text{mg})} \times 100 \quad (5)$$

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando da significância dos efeitos apontado pela análise de variância, foram submetidos ao teste de comparação de médias Tukey, tomando como base os níveis de significância menor que 5 % ( $p < 0,05$ ).

## 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesse capítulo III são discutidos em duas partes. A primeira se refere à decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos culturais de azevém perene e de trevo branco, durante o período vegetativo e produtivo da videira. A segunda aborda a absorção, a acumulação e a distribuição do nitrogênio derivado de resíduos culturais em decomposição de azevém perene e de trevo branco em videiras.

### 4.5.1 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de azevém perene e trevo branco durante o período vegetativo e produtivo da videira.

Os resíduos de azevém perene, depois de oito semanas, coincidindo com o período de crescimento das bagas de uva, apresentaram maior quantidade de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso, de fósforo (P) e de enxofre (S), que os resíduos de trevo branco (Tabelas 33 e 34). Por outro lado, no trevo branco foi encontrada a maior porcentagem e quantidade de cálcio, e quantidade de magnésio, o que é comum em leguminosas (NRC, 1996; Filho & Canto, 2007). Convém relatar que os resíduos das duas espécies apresentaram concentrações totais iguais de nitrogênio (N), de carbono (C), de potássio (K), de magnésio (Mg) e relações similares de C/N e de C/P.

Após dezesseis semanas, período de maturação da uva, os resíduos de azevém perene apresentaram maior porcentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso, N, C, S e maiores valores das relações C/N e C/P, comparativamente aos resíduos de trevo branco (Tabela 33). Porém, quantitativamente, os resíduos de azevém perene apenas apresentaram maiores valores de átomos de  $^{15}\text{N}$  e S, se comparado aos resíduos de trevo branco. Isso porque, a quantidade de matéria seca remanescente do azevém perene (28,94%) foi igual estatisticamente ao do trevo branco (27,59%). Por outro lado, nos resíduos de trevo branco foram encontradas maiores porcentagens e quantidades de cálcio e de magnésio que os resíduos de azevém

perene, concordando com os dados obtidos em oito semanas (Tabela 33 e 34). Convém destacar que as quantidades de resíduos remanescentes das duas espécies foram iguais em oito e dezesseis semanas. Isso era esperado, já que os resíduos do azevém perene e do trevo branco apresentavam valores similares de celulose, lignina e relação C/N (Tabela 31), variáveis que, aliadas a temperatura, a umidade, o oxigênio, os valores de pH, a disponibilidade de nutrientes no solo, governam a taxa de decomposição do resíduo e a liberação dos nutrientes, como relatado por Paul & Clark (1996), Trinsoutrot et al. (2000), Agehara & Warncke (2005) e Cabrera et al. (2005).

A quantidade de matéria seca remanescente de resíduos de azevém perene diminuiu ao longo do tempo, sendo encontrado 44,73 e 28,94% de matéria seca, em oito e dezesseis semanas depois da sua deposição, respectivamente (Tabela 34). Já a matéria seca remanescente de trevo branco diminuiu de 46,93% às oito semanas, para 27,59% às dezesseis semanas. Além disso, houve a diminuição da quantidade de nutrientes nos resíduos remanescentes das duas espécies. Tanto a diminuição da matéria seca quanto de nutrientes nos resíduos das duas espécies ao longo do tempo foi semelhante e ocorreu porque os resíduos vegetais depositados possuíam composição similar e, por conseqüência, a ação dos microrganismos é muito parecida (Cerri, et al., 1992; Moreira & Siqueira, 2002). Os nutrientes excedentes, que são localizados em compostos mais resistentes, são mineralizados de forma gradual, como relatado por Giacomini (2001), Ceretta et al. (2002), Aita & Giacomini (2003) e Da Ros (2004), em resíduos de espécies de plantas de cobertura sobre a superfície do solo.

Com base nos resultados obtidos verifica-se que a taxa de decomposição dos resíduos de azevém perene e de trevo branco foi igual estatisticamente e grande parte dos seus resíduos foram mineralizados até o período de crescimento das bagas da uva, sendo parte disponibilizado para a videira.





Tabela 34- Quantidade de matéria seca, átomos de <sup>15</sup>N, nitrogênio, carbono, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em resíduos de azevém perene e trevo branco em diferentes semanas de coleta das bolsas teladas, depositadas em um vinhedo da cultivar Chardonnay, em Bologna, Itália.

Semana após deposição	Resíduos das plantas cobertura	Matéria Seca remanescente	Átomos de N <sup>15</sup>	Nitrogênio	Carbono	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
		g bolsa decomposição <sup>-1</sup>								
						mg bolsa decomposição <sup>-1</sup>				
8	Azevém perene	0,91 a <sup>1</sup>	1,22 a	27,80 a	295,61 a	2,76 a	6,04 a	12,57 b	2,69 b	3,42 a
		(44,73) <sup>2</sup>	(23,98)	(28,77)	(36,77)	(42,15)	(5,45)	(51,08)	(43,88)	(50,57)
	Trevo branco	0,96 a	0,81 b	28,79 a	285,10 a	2,34 b	6,64 a	24,78 a	3,43 a	3,01 b
	CV,%	6,94	10,85	12,64	9,84	4,41	4,28	14,64	10,02	4,39
16	Azevém perene	0,58 a	0,88 a	18,19 a	213,11 a	1,39 a	2,96 a	6,25 b	1,82 b	2,13 a
		(28,94)	(17,20)	(18,82)	(26,51)	(21,30)	(2,68)	(25,39)	(29,67)	(31,46)
	Trevo branco	0,56 a	0,46 b	16,34 a	177,20 a	1,33 a	3,62 a	12,31 a	2,26 a	1,73 b
	CV,%	8,16	7,73	8,33	8,34	12,49	9,43	17,66	7,17	6,60

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). <sup>(2)</sup> Valores entre parênteses referem-se à diferença porcentual em relação à quantidade inicial dos resíduos depositada.

#### 4.5.2 Absorção, acumulação e distribuição do nitrogênio derivado de resíduos culturais em decomposição de azevém perene e de trevo branco em videiras.

O fornecimento de nutrientes a partir de resíduos de azevém perene e de trevo branco na superfície do solo da fila de plantio de viníferas Chardonnay não afetou o número e o comprimento dos ramos do ano (Tabela 35), como relatado por Murisier et al. (1999). Por outro lado, a porcentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso na folha, em oito semanas depois da deposição dos resíduos foi maior nas videiras submetidas à aplicação de resíduos de azevém perene. Porém, isso não afetou a porcentagem de nitrogênio derivado dos resíduos (Ndfr) (Tabela 35). Isso se deve, primeiro, ao fato que foram iguais as quantidades adicionadas de matéria seca das duas espécies. Segundo, porque foram muito similares as porcentagens de N total e de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso na matéria seca do azevém perene e do trevo branco (Tabela 31). Convém destacar que, mesmo sendo baixas as porcentagens de Ndfr nas folhas das videiras submetidas à aplicação de resíduos de azevém perene (0,63%) e de trevo branco (0,48%), elas foram maiores que 0,28%, relatado por Patrick et al. (2004), que incorporaram ao solo os resíduos de plantas de cobertura marcados com  $^{15}\text{N}$ .

Tabela 35- Número de ramos do ano por planta, comprimento dos ramos do ano, átomos de  $^{15}\text{N}$ , nitrogênio total (Nt) e nitrogênio derivado dos resíduos (Ndfr) de azevém perene e trevo branco em folhas de videira da cultivar Chardonnay, coletadas oito semanas após a deposição dos resíduos na superfície do solo, em Bologna, Itália.

Resíduos das plantas de cobertura	Número de ramos do ano	Comprimento de ramos do ano	Nt na folha	Átomos $^{15}\text{N}$ na folha	Ndfr na folha
		cm		%	
Azevém Perene	15 a	124,30 a	2,84 a	0,0421 a	0,63 a
Trevo Branco	16 a	119,10 a	2,63 a	0,0206 b	0,48 a
CV, %	17,47	15,86	9,86	28,46	29,34

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

A produção de matéria seca dos ruis, das folhas, dos ramos do ano e dos ramos do ano anterior, bem como o total foi igual entre as videiras submetidas  aplicação de resuidos de azevém perene e de trevo branco na superfície do solo (Tabela 36). Do mesmo modo, o nitrogênio total (Nt) (% e g planta<sup>-1</sup>), átomos de <sup>15</sup>N em excesso (%), nitrogênio derivado dos resuidos (Ndfr) (% e g planta<sup>-1</sup>), nitrogênio derivado do solo (Ndfs) + nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e a recuperação (R) (%) do N adicionado via resuido, foram iguais nos ruis, nas folhas, nos ramos do ano, nos ramos do ano anterior e total das videiras submetidas a aplicação de resuidos das duas espécies. Os valores de Nt nas diferentes partes das plantas eram esperados, porque foram iguais as quantidades de matéria seca remanescente dos resuidos de azevém perene e de trevo branco na superfície do solo e não houve diferença na quantidade de N total liberada para o solo, como observado no Experimento 1 deste capítulo III. Entretanto, cabe relatar que os resultados obtidos no experimento 1 não podem ser usados na sua plenitude para explicar os dados de absorção de átomos de <sup>15</sup>N em excesso, Ndfr e R pela videira. Isso porque, os resuidos das espécies de plantas de cobertura no experimento 1 foram acondicionados em bolsas de decomposição, onde foi pequeno o contato dos resuidos com a superfície do solo, que  uma das limitaoes da técnica. Já, no experimento 2, os resuidos das espécies foram depositados na superfície do solo e estes foram rapidamente decompostos, devido a grande área de contato resuido-solo. Isso pode ser uma das possíveis explicaoes para as quantidades iguais de átomos de <sup>15</sup>N, Ndfr e R nas partes das videiras submetidas  aplicação de resuidos das espécies (Tabela 36), mesmo os resuidos de trevo branco liberando mais rapidamente átomos de <sup>15</sup>N em oito e dezesseis semanas depois da sua deposição no solo. Convém destacar que a porcentagem de Ndfr em todas as partes da videira não foram maiores que 1% e, por conseqüência, as porcentagens de Ndfs+Ndri foram maiores que 99%.

A recuperação total de N dos resuidos culturais de azevém perene e de trevo branco pelas videiras foi de 5,78 e 3,42%, que não diferiram estatisticamente (Tabela 36). Convém relatar que estas recuperaoes foram obtidas com a adição de 30,11 g de matéria seca das duas espécies em uma área de 0,96 m<sup>-2</sup>, equivalente a, aproximadamente, 313 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. Sabe-se que, em geral, em vinhedos da Itália obtm-se produoes maiores que 1200 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de

azevém perene e de 800 kg ha<sup>-1</sup> de MS de trevo branco (Colugnati et al., 2003). Com isso, esperam-se maiores porcentagens de recuperação pela videira do N adicionado via resíduo, que pode ser uma das possíveis explicações para as baixas recuperações do N adicionado na forma de fertilizante mineral (Experimento 1 e 2 do capítulo I). Além disso, convém ressaltar que acredita-se que as videiras recuperaram porcentagens maiores de N dos resíduos de plantas de cobertura, uma vez que o caule e as raízes não foram avaliados. Também, parte do N dos resíduos liberado durante a decomposição pode ter sido percolado no perfil do solo, especialmente, na forma de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, como já bem detalhado no experimento 1 e 2 do capítulo I.

A videira absorveu o N<sub>dfr</sub> do azevém perene e do trevo branco e distribuiu, preferencialmente, nas partes anuais, como as folhas e as bagas (Figura 7), concordando com os dados do experimento 1 e 2 do capítulo I e com Williams (1987), Glad et al. (1994), Conradie (1990) e Brunetto et al. (2006b). Já, na única parte perene avaliada, ramos do ano anterior foi encontrado pequenas porcentagens do N<sub>dfr</sub>, sendo assim, fluxo de passagem do N aplicado para as partes em crescimento, como já comentado no experimento 1 e 2 do capítulo I.

Tabela 36- Matéria seca (MS), nitrogênio total (Nt), átomos de <sup>15</sup>N, nitrogênio derivado do resíduo (Ndfr), nitrogênio derivado do solo (Ndfs) + nitrogênio derivado das reservas internas (Ndri) e recuperação (R) do nitrogênio de resíduos em videiras da cultivar Chardonnay, em Bologna, Itália.

Parte da planta	Resíduos das plantas cobertura	MS		Nt		Átomos <sup>15</sup> N		Ndfr		Ndfs+Ndri		R	
		g planta <sup>-1</sup>	%	mg planta <sup>-1</sup>	%	%	mg planta <sup>-1</sup>	%	mg planta <sup>-1</sup>	%			
Bagas	Azevém perene	504,05 a <sup>1</sup>	0,75 b	3584,60 a	0,0511 a	0,97 a	31,66 a	99,03 a	3553,00 a	2,23 a			
	Trevo branco	322,25 b	1,02 a	3116,80 a	0,0236 a	0,44 a	12,85 b	99,56 a	3104,00 a	0,97 b			
Ráquis	Azevém perene	30,09 a	0,79 a	240,00 a	0,0422 a	0,81 a	1,94 a	99,19 a	238,06 a	0,13 a			
	Trevo branco	25,11 a	0,91 a	227,89 a	0,0204 a	0,38 a	0,95 a	99,62 a	226,95 a	0,07 a			
Folhas	Azevém perene	271,53 a	1,78 a	4842,00 a	0,0411 a	0,78 a	39,49 a	99,22 a	4802,00 a	2,79 a			
	Trevo branco	303,11 a	1,80 a	5570,00 a	0,0203 a	0,38 a	24,94 a	99,62 a	5545,00 a	1,89 a			
Ramos do ano	Azevém perene	216,78 a	0,38 a	823,50 a	0,0408 a	0,77 a	6,60 a	99,22 a	816,90 a	0,46 a			
	Trevo branco	228,41 a	0,39 a	911,30 a	0,0241 a	0,45 a	4,40 a	99,55 a	906,90 a	0,33 a			
Ramos do ano anterior	Azevém perene	244,17 a	0,39 a	967,70 a	0,0129 a	0,25 a	2,31 a	99,76 a	965,40 a	0,16 a			
	Trevo branco	309,64 a	0,35 a	1094,20 a	0,0088 a	0,17 a	1,91 a	99,83 a	1092,30 a	0,15 a			
Total	Azevém perene	1266,60 a	-	10458,00 a	-	-	81,93 a	-	10376,00 a	5,78 a			
	Trevo branco	1188,50 a	-	10920,00 a	-	-	45,04 a	-	10875,00 a	3,42 a			

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

		<b>Azevém</b>	<b>Trevo</b>
a)		(38,64)	(28,53)
b)		(2,36)	(2,10)
c)		(48,14)	(55,37)
d)		(8,05)	(9,76)
e)		(2,81)	(4,24)

Figura 7- Distribuição percentual do nitrogênio do fertilizante na baga (a), no ráquis (b), na folha (c), no ramo do ano (d) e no ramo do ano anterior (e) em videiras Chardonnay, em Bologna, Itália.

Pelos resultados obtidos é possível afirmar que a videira absorve e acumula quantidades iguais de N<sub>df</sub> derivado do azevém perene, gramínea, e do trevo branco, leguminosa (Tabela 36). Isso porque, os resíduos das duas espécies apresentavam características bioquímicas similares (Tabela 31).

#### **4.6 CONCLUSÕES**

- 1- A taxa de decomposição dos resíduos culturais de azevém perene e de trevo branco foi igual durante o ciclo vegetativo e produtivo das viníferas Chardonnay, mas a taxa de liberação de nutrientes foi diferente.
- 2- As viníferas Chardonnay, durante o ciclo vegetativo e produtivo, absorveram e acumularam quantidades iguais de nitrogênio derivados dos resíduos de azevém perene e de trevo branco.



## 5 CONCLUSÕES GERAIS

- 1- O nitrogênio absorvido no ano é distribuído e acumulado, preferencialmente, nas folhas, mas a maior parte do nitrogênio presente nas videiras é derivado de outras formas, que não a do fertilizante. Entretanto, existe aumento na produção quando da aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha, podendo a dose ser parcelada 25% no início da brotação+25% na brotação+25% na floração+25% no crescimento das bagas; 50% no início brotação+50% na brotação e 50% na floração+50% no crescimento das bagas.
  
- 2- A aplicação de nitrogênio altera a composição da uva, especialmente diminui a quantidade de antocianinas no mosto.
  
- 3- Os resíduos de azevém perene e trevo branco depositados na superfície do solo, no início da brotação das viníferas são decompostos com a mesma velocidade ao longo do ciclo vegetativo e produtivo da videira, porém liberam nutrientes em taxas diferentes. No entanto, isso tem pouca importância, pois as plantas recuperam porcentagens pequenas e iguais de nitrogênio derivado dos resíduos das duas espécies.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABER, J. D.; MARTIN, M. Leaf chemistry, 1992-1993 (ACCP). NASA's (ACCP) 2002. **Accelerated canopy chemistry program**. Oak Ridge National Laboratory, TN, USA, 1999.

AGEHARA, S.; WARNCKE, D. D. Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 69, p. 1844-1855, 2005.

AHMEDULLAH, M.; ROBERTS, S. Effect of soil-applied nitrogen on the yield and quality of Concord grapevines. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 200-201.

AITA, C.; GIACOMIN, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.

AMABROSANO, E. J.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, G. M. B. Aproveitamento do nitrogênio do sulfato de amônio ( $^{15}\text{N}$ ) pelo capim-colonião em sucessivos cortes e diferentes épocas de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 277-282, 1996.

AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalaria júncea e mucuna-preta com  $^{15}\text{N}$  para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, p. 219-224, 1997.

AMADO, T.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II. Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1085-1096, 2003.

ARAUJO, F.; WILLIAMS, L. E.; MATTHEWS, M. A. A comparative study of young "Thompson Seedless" grapevines (*Vitis vinifera* L.) under drip and furrow irrigation. II. Growth, water use efficiency and nitrogen partitioning. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 60, p. 251-265, 1995.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTO, E. Dejeito líquido de suínos: II-perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1305-1312, 2005.

BATES, T. R.; DUNST, R. M.; JOY, P. Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in Concord grapevine roots. **HortScience**, Alexandria, v. 37, p. 313-316, 2002.

BELL, J. S. The effect of nitrogen fertilization on growth, yield, and juice composition of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon grapevines. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington.

**Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 206-210.

BELL, S. J.; ROBSON, A. Effect of nitrogen fertilization on growth, canopy density, and yield of *Vitis viniferas* L. cv. Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 50, p. 351-358, 1999.

BENATI, R.; MAGGIORE, T. Scelta, impianto e gestione delle specie da inerbimento. **L'informatore agrario**, Verona, n. 38, p. 47-49, 1999.

BERNS, A.; VINKEN, R.; BERTMER, M.; BREITSCHWERDT, A.; SCHÄFFER, A. Use of <sup>15</sup>N-depleted artificial compost in bound residue studies. **Chemosphere**, v. 59, p. 649-658, 2005.

BERTAMINI, M.; SICHER, L.; MESCALCHIN, E. Ruolo dell'inerbimento controllato sull'attività della vite e la complessità dell'ecosistema vigneto: esperienze in trentino. In: NOTIZIARIO TECNICO, 58., 1999, Faenza. **Atti...** Faenza: Centro Ricerche Produzioni Vegetali, 1999. p. 21-31.

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: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 215-220.

BISSON, L. F. Influence of nitrogen on yeast and fermentation of grapes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 78-89.

BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. **Uso de isótopos como traçadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas**. In: FERTIBIO, 2004, Lages - SC: SBCS, 2004. 75 p. 1 CD-Rom.

BOEIRA, L. S. **Compostos nitrogenados e voláteis em mostos e vinhos**. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1994.

BOVIO, M.; CORINO, L.; VALENTI, L. Effetti dell'inerbimento sulla vite-Nord-ovest Piemonte, Lombardia, Liguria, Valle d'Aosta. **L'informatore agrario**, Verona, n. 2, p. 70-71, 2000.

BRUNETTO, G. **Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado em plantas de videira**. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; GATIBONI, L. C.; URQUIAGA, S. Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado via foliar em videiras jovens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 110-114, 2005.

BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; RHEINHEIMER, D. S. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesquisa**

**Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1299-1304, 2006a.

BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; BRUNING, F. S.; MALLMANN, F. Destino do nitrogênio em videiras 'Chardonnay' e 'Riesling Renano' quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 497-500, 2006b.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: Produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p.389-393, 2007.

BUCCHETTI, B.; INTRIERI, C. Effetti della carenza di luce sulla via biosintetica dei flavonoidi nelle uve cv. Sangiovese. **Frutticoltura**, Bologna, n. 5, 2007.

BUTZKE, C. Survey of yeast assimilable nitrogen status in musts from Califórnia, Oregon, and Washington. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 49, p. 220-224, 1998.

CABRERA, M. L.; KISSEL, D. E.; VIGIL, M. F. Nitrogen mineralization from residues: Research opportunities. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 34, p. 75-79, 2005.

CADASTRO VITÍCOLA DO RIO GRANDE DO SUL. **Anuário estatístico dos anos de 1995 a 2000**. Bento Gonçalves. Embrapa Uva e Vinho (CD - Rom).

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 117-137.

CANTARELLI, C. On the activation of alcoholic fermentation in wine making. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 8, p. 167-175, 1957.

CARNEIRO, A. E. V.; TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 52, p. 199-209, 1995.

CERETTA, C. A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coord.) Curso de atualização em recomendação de adubação e calagem, 3., **Anais....**Santa Maria, 1997. p. 112-124.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 49-54, 2002.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejeito líquido de suínos: l-perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1296-1304, 2005.

CERRI, C. C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 73-90.

CHADHA, K. L.; SHIKHAMANY, S. D. **The grape improvement, production and post-harvest management**. New Delhi: Malhotra publishing house, 1999. 579 p.

CHRISTENSEN, L. P.; BIANCHI, M. L.; PEACOCK, W.; HIRSCHFELT, D. Effect of nitrogen fertilizer timing and rate on inorganic nitrogen status, fruit composition, and yield of grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45, p. 376-387, 1994.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Balanço de nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) em um Latossolo vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 187-193, 1991.

COLUGNATI, G.; CRESPIAN, G.; PICCO, D.; BREGANT, F.; TONETTI, I.; GALLAS, A.; ALTISSIMO, A. Comportamento di diverse essenze per l'inerbimento del vigneto. **L'informatore agrario**, Verona, n. 13, p. 55-59, 2003.

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

CONRADIE, W. J. Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture: I. Nitrogen. **South African Journal for Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 1, p. 59-65, 1980.

\_\_\_\_\_. Distribution and translocation of nitrogen absorbed during late spring by two-year-old grapevines grown in sand culture. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 41, p. 241-250, 1990.

\_\_\_\_\_. Distribution and translocation of nitrogen absorbed during early summer by two-year-old grapevines grown in sand culture. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 42, p. 180-190, 1991.

\_\_\_\_\_. Timing of nitrogen fertilization and the effect of poultry manure on the performance of grapevines on sandy soil. I. Soil analysis, grape yield and vegetative growth. **South African Journal for Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 22, p. 53-59, 2001.

COTRUFO, M. F.; MILLER, M; ZELLER, B. Litter decomposition. In: SCHULZE, E. D. (Ed.). **Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems, ecological studies**. Berlin, Springer-Verlag, 2000. p. 277-296.

CRAWFORD, N. M.; GLASS, A. D. M. Molecular and physiological aspects of nitrate uptake in plants. **Trends in plant science**, Amsterdam, v. 3, p. 389-395, 1998.

DA ROS, C. O. **Plantas de cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio para o milho em plantio direto**. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1993.

\_\_\_\_\_. **Dinâmica do carbono e do nitrogênio com o uso de uréia, na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto.** 129f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

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

DAWSON, T. E.; MAMBELLI, S.; PLAMBOECK, A. H.; TEMPLER, P. H.; TU, K. P. Stable isotopes in plant ecology. **Annual Review Ecology System**, v. 33, p. 507-559, 2002.

DELAS, J.; MOLOT, C.; SOYER, J. P. Effects of nitrogen fertilization and grafting on the yield and quality of the crop of *Vitis vinifera* cv. Merlot. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 242-248.

DI LORENZO, R.; COLLESANO, G.; FERRANTE, S.; LA MANTIA, T. Esperienze sulla gestione del suolo nella viticoltura collinare delle Marche. In: NOTIZIARIO TECNICO, 58., 1999, Faenza. **Atti...** Faenza: Centro Ricerche Produzioni Vegetali, 1999. p. 79-87.

DUCHÊNE, E.; SCHNEIDER, C.; GAUDILLÈRE, J. P. Effects of nitrogen nutrition timing on fruit set of grapevine cv. Grenache. **Vitis**, Landau, v. 40, p. 45-46, 2001.

DUKES, B.; GOLDSPIK, B.; ELLIOTT, J.; FRAYNE, R. Time of nitrogen fertilization can reduce fermentation time and improve wine quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 249-254.

EMBRAPA-CNPS. **Manual de métodos de análise de solo.** Brasília: EMBRAPA. Rio de Janeiro. 212 p., 1997.

EMBRAPA-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília. EMBRAPA. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.

ESTADOS UNIDOS. Department of agriculture. Soil survey division. Soil conservation service. Soil survey staff. **Keys to soil taxonomy.** 8 ed. Washington, 1998. 328 p.

FAO (Roma, Itália). **World Reference base for soil resources.** FAO/ISSS/ISRIC, 1998. 88 p. (FAO, World Soil Resources Reports, 84).

FERRINI, F.; MATTII, G. B. Effect of various ground covers on berry and must characteristics of 'Sangiovese' wine grape in the "Brunello di Montalcino" area. **Acta Horticulturae, Cidade**, n. 427, p. 29-35, 1996.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 279-287, 2005.

FILHO, A. B.; CANTO, M. W. **Qualidade nutricional das plantas forrageiras**. Disponível em: <<http://www.fundepecpr.org.br/tev/palestras/palestra17.doc>>. Acesso em: 09 dez. 2007.

FORDE, B. G. The role of long-distance signaling in plant responses to nitrate and other nutrients. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, p. 39-43, 2002.

FREGONI, M. **Nutrizione e fertilizzazione della vite**. Bologna. 2. ed. Edagricole, 1996. 418 p.

FRIES, M. R. Microbiologia e matéria orgânica: recuperação pelo sistema plantio direto. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coord.) Curso de atualização em recomendação de adubação e calagem, 3., **Anais....**Santa Maria., 1997. p. 47-75.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Recuperação do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 621-630, 2003.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; HEINRICHS, R.; SILVA, M. A. Balanço do nitrogênio da uréia ( $^{15}\text{N}$ ) no sistema solo-planta ns implantado da semeadura direta na cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v.65, p. 477-486, 2006.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size Analysis. **Methods of Soil Analysis, Part. 1. Physical and Mineralogical Methods**. 2 ed. SSSA. Madison, 1986 p. 383-411.

GIACOMINI, S. J. **Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto**. 124f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2001.

\_\_\_\_\_. **Avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos**. 247f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

GIARDINI, L. **Agronomia generale ambientale e aziendale**. Local: Pàtron, 2002. p. 96-99.

GLAD, C.; FARINEAU, J.; REGNARD, J. -L.; MOROT-GAUDRY, J.-L. The relative contribution of nitrogen originating from two seasonal  $^{15}\text{N}$  supplies to the total nitrogen pool present in the bleeding sap and in whole *Vitis vinifera* cv. Pinot noir grapevines at bloom time. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45, p. 327-332, 1994.

GOLDSPINK, B.; GORDON, C. Response of *Vitis vinifera* cv. Sauvignon blanc grapevines to timed applications of nitrogen fertilizers. . In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 255-258.

HAJRASULIHA, S.; ROLSTON, D. E.; LOUIE, D. T. Fate of <sup>15</sup>N fertilizer applied to trickle-irrigated grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 49, p. 191-198, 1998.

HARMON, M. E.; NADELHOFFER, K. J.; BLAIR, J. M. Measuring decomposition, nutrient turnover, and stores in plant litter. In: ROBERTSON, G. P.; COLEMAN, D. C.; BLEDSOE, C. S.; SOLLINS, P. (Eds.). **Standard soil methods for long-term ecological research**. Oxford University Press, New York, 1999. p. 202-240.

HAUCK, R. D. Nitrogen tracers in nitrogen cycle studies-past use and future needs. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 2, p. 317-327, 1973.

HAUCK, R. D.; BREMNER, J. M. Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 76, p. 219-267, 1984.

HAUCK, R. D.; MEISINGER, J. J.; MULVANEY, R. L. Practical considerations in the use of nitrogen tracers in agricultural and environmental research. In: **Methods of soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties**. Madison, SSSA. 1994, p. 907-950.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: Relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 331-340, 2001.

HEINZMANN, F. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 1021-1030, 1985.

HIRSCHFELT, D. J. Soil fertility and vine nutrition. In: INGELS, C. A.; BUGG, R. L.; MCGOURTY, G. T.; CHRISTENSEN, L. P. (Eds.). **Cover cropping in vineyards. A grower's handbook**. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, California, 1998. p. 61-68.

IAEA-*International Atomic Energy Agency*. **A guide to the use of nitrogen-15 and radioisotopes in studies of plant nutrition: calculations and interpretation of date**. Vienna: IAEA, 1983.

INGELS, C. A.; KLONSKY, K. Historical and current uses. In: INGELS, C. A.; BUGG, R. L.; MCGOURTY, G. T.; CHRISTENSEN, L. P. (Eds.). **Cover cropping in vineyards. A grower's handbook**. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, California, 1998. p. 3-7.

INTRIERI, C.; LIA, G.; FILIPPETTI, I.; COLUCCI, E.; ALTISSIMI, A.; PONI, S. Comportamento di specie erbacee nell'inerbimento di vigneti. **L'informatore agrario**, Verona, n. 10, p. 83-89, 2002.

JENKINSON, D. S.; FOX, R. H.; RAYNER, J. H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen-the so-called "priming" effect. **Journal Soil Science**, v. 36, p. 425-444, 1985.

JIRANEK, V.; LANGRIDGE, P.; HENSCHKE, P. A. Amino acid and ammonium utilization by *saccharomyces cerevisiae* wine yeasts from a chemically defined



medium. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 46, p. 75-81, 1995.

KELLER, M; HRAZDINA, G. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 49, p. 341-349, 1998.

KELLER, M.; POOL, R. M.; HENICK-KLING, T. Excessive nitrogen supply and shoot trimming can impair colour development in Pinot Noir grapes and wine. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 5, p. 45-55, 1999.

KELLER, M. **Nitrogen - Friend or foe of wine quality**. Capturado em 22 nov. 2005. Online. Disponível na Internet <http://www.practicalwinery.com/SeptOct05/septoct05p24.htm>.

KING, A. P.; BERRY, A. M. Vineyard <sup>15</sup>N, nitrogen and water status in perennial clover and bunch grass cover crop systems of California's central valley. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 109, p. 262-272, 2005.

KLIEWER, W. M. Annual cyclic changes in the concentration of free amino acids in grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 18, p. 126-37, 1967.

KLIEWER, W. M.; COOK, J. A. Arginine and total free amino acids as indicators of the nitrogen status of grapevines. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 96, p. 581-587, 1971.

\_\_\_\_\_. Arginine levels in grape canes and fruits as indicators of nitrogen status of vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 25, p. 111-117, 1974.

\_\_\_\_\_. Influence of temperature, solar radiation, and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 28, p. 93-103, 1977.

\_\_\_\_\_. Methods for determining the nitrogen status of vineyards. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 133-147.

KUNKEE, R. E. Relationship between nitrogen content of must and sluggish fermentation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 148-155.

LAJTHA, K.; MICHENER, R. **Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science**. London: Blackwell Scientific Publications, 1994. 316 p.

LAM, H. M.; COSCHIGANO, K. T.; OLIVEIRA, I. C.; MELO-OLIVEIRA, R.; CORUZZI, G. M. The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher

plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 47, p. 569-593, 1996.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônia aplicado em pré-semeadura ou cobertura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 215-226, 2005.

LAVEZZI, A.; CORINO, L.; STORCHI, P.; ALTISSIMO, A. Inerbimento del vigneto: Esperienze e valutazioni in aree collinari e di pianura del nord e centro Italia. In: NOTIZIARIO TECNICO, 58., 1999, Faenza. **Atti...** Faenza: Centro Ricerche Produzioni Vegetali, 1999. p. 33-42.

LAVEZZI, A.; COLUGNATI, G.; ALTISSIMO, A. Inerbimento del vigneto-Nord-est Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige. **L'informatore agrario**, Verona, n. 2, p. 65-67, 2000.

LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, p. 40-44, 1978.

LISA, L.; PARENA, S.; LISA, L. Confronto tra inerbimento e lavorazione del terreno: gli aspetti viticoli. **L'informatore agrario**, Verona, n. 2, p. 27-30, 2002.

LÖHNERTZ, O. Soil nitrogen and the uptake of nitrogen in grapevines. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 1-11.

MARGILL, A. H.; ABER, J. D. Long-term effects of experimental nitrogen additions on foliar litter decay and humus formation in forest ecosystems. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 203, p. 301-311, 1998.

MARSCHNER, H. Ion uptake mechanisms of individual cells and roots: Short-Distance transport. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed., San Diego: Academic Press, 1988. p 6-78.

MATTII, G. B.; FERRINI, F. La gestione del suolo. In: MARENGHI, M. (Ed.). **Manuale di viticoltura impianto, gestione e difesa del vigneto**. Bologna, Edagricola, 2005. p. 157-171.

MEIRELLES, N. M. F.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, p. 83-88, 1980.

MELO, G. W. **Recomendações de fertilizantes e corretivos para a cultura da videira na Serra Gaúcha (Safrá 2002/2003)**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2002. 4 p. (Circular Técnica, 40).

MILLARD, P. Internal cycling of nitrogen in trees. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 383, p. 3-14, 1995.

MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant and Soil**, Dordrecht, p. 1-36, 2004.

MONTEIRO, F. F.; BISSON, L. F. Biological assay of nitrogen content of grape juice and prediction of sluggish fermentations. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 42, p. 47-57, 1991.

MONTEIRO, F. F.; BISSON, L. F. Nitrogen supplementation of grape juice. II. Effect on amino acid and urea release following fermentation. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 43, p. 11-17, 1992.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, UFLA, 2002. 626 p.

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

MURISIER, F.; MAIGRE, D.; SPRING J. L. Gestione del suolo nella viticoltura svizzera. Esperienza con varie tecniche di inerbimento e riflessi sulla qualità del vino. In: NOTIZIARIO TECNICO, 58., 1999, Faenza. **Atti...** Faenza: Centro Ricerche Produzioni Vegetali, 1999. p. 12-17.

NASSAR, A. R.; KLIEWER, W. M. Free amino acids in various parts of *Vitis Vinifera* at different stages of development. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 89, p. 281-294, 1966.

NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. NAP, Washington. 1996. 242 p.

NEPTUNE, A. M. L.; MURAOKA, T. Uso de isótopos em química e fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, p. 151-163, 1978.

OAKIS, A.; CLARK, C. J.; GREENWOOD, J. S. Nitrogen assimilation in higher plants: strategies for annual and perennial plant species. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 43-51.

ORTIZ-LOPEZ, A.; CHANG, H. C.; BUSH, D. R. Amino acid transporters in plants. **Biochimica et Biophysica Acta**, n. 1465, p. 275-280, 2000.

OUGH, C. S.; LIDER, L. A.; COOK, J. A. Rootstock-scion interactions concerning winemaking. I. Juice composition changes and effects on fermentation rate with St George and 99-R rootstocks at two nitrogen fertilizer levels. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 19, p. 213-227, 1968.

PACHECO, C.; CALOURO, F.; MOTA, T.; GARRIDO, J.; CASTRO, R. Influência do azoto, fósforo e potássio na produção e qualidade do mosto da *Vitis vinifera* cv. Loureira na região dos vinhos verdes. **Actas de Horticultura**, Vilamoura, v. 18, p. 11-15, 1997.

PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Eds.) **Methods of Soil Analysis, Part. 2. Chemical and Microbiological Properties**. 2 ed. SSSA. Madison, 1982.

PARENTE, G.; VENERUS, S.; FABIAN, S.; INTRIERI, C.; FILIPPETTI, I.; LIA, G.; COLUCCI, E.; PONI, S.; STAGLIANO, N.; PAZZI, G.; ARGENTI, G.; PARDINI, A.; AVANZATO, D.; RAPARELLI, E.; CORAMUSI, A.; PIETRUCCI, M.; GENTILE, G.; ROGGERO, P. P.; LEZZI, G.; BARBINI, A.; CORLETO, A.; CAZZATO, E.; ANNESE, V.; STRINGI, L.; GIAMBALVO, D.; AMATO, G.; TRAPANI, P. Realizzazione e gestione degli inerbimenti nelle colture arboree. In: INERBIMENTI E TAPPETI ERBOSI, 1., 2004, Salsomaggiore Terme. **Quaderni...** Salsomaggiore Terme: Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere Lodi, 2004. p. 31-39.

PASTENES, C. Fotosíntesis en vides de interes enológico. Santiago do Chile, 2005. Disponível em: <<http://agronomia.uchile.cl/extension/serviciosyproductos/gie/publicaciones/index.html>>. Acesso em: 10 set. 2005.

PATRICK, A. E.; SMITH, R.; KECK, K.; BERRY, A. M. Grapevine uptake of <sup>15</sup>N-labeled nitrogen derived from a winter-annual leguminous cover-crop mix. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 55, p. 187-190, 2004.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. In: **Soil Microbiology and Biochemistry**. 2 ed. San Diego: Academic, 1996. p. 158-179.

PEACOCK, W. L.; CHRISTENSEN, L. P.; BROADBENT, F. E. Uptake, storage, and utilization of soil-applied nitrogen by Thompson Seedless as affected by time of application. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 40, p. 16-20, 1989.

PEACOCK, W. L.; CHRISTENSEN, L. P.; HIRSCHFELT, D. J. Influence of timing of nitrogen fertilizer application on grapevines in the San Joaquin Valley. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 42, p. 322-326, 1991.

PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. **Soils an environmental quality**. 2 ed., Taylor and Francis: Boca Raton, 2000. 569 p.

POMMER, C. V. (Ed.) **Uva tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 778 p.

RAPP, A.; VERSINI, G. Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wine. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 156-164.

RAPPARINI, G. Diserbo chimico dei fruttiferi e della vite. **L'informatore agrario**, Verona, n. 44, p. 70-77, 2006.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; VICTÓRIA, R. L.; VIEGAS, G. P. Dinâmica do nitrogênio num solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 17-20, 1979.

RIVES, M. Vigour, pruning, cropping in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. A literature review. **Agronomie**, v. 20, p. 79-91, 2000.

ROGGERO, P. P.; LEZZI, G.; SILVESTRONI, O.; NERI, D.; BARBINI, A.; CORLETO, A.; CAZZATO, E.; VENTRICELLI, P.; PAZZI, G.; STAGLIANÒ, N.; PECETTI, L.; PIANO, E.; CARRONI, A. M.; STRINGI, L.; GIAMBALVO, D.; DI MICELI, G.; AVANZATO, D.; RAPARELLI, E.; CORAMUSI, A. Comportamento delle specie da inerbimento in diversi contesti ambientali: ambienti prevalentemente mediterranei. In: INERBIMENTI E TAPPETI ERBOSI, 1., 2004, Salsomaggiore Terme. **Quaderni...** Salsomaggiore Terme: Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere Lodi, 2004. p. 5-17.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; JÚNIOR, F. B. R.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Eds.) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 165-198.

ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A.; KLIEWER, W. M. Nitrogen Metabolism in Grapevine. **Horticultural Reviews**, v. 14, p. 408-452, 1992.

SAAYMAN, D.; VAN HUYSSTEEN, L. Soil preparation studies: I. The effect of depth and method of soil preparation and of organic material on the performance of *Vitis Vinifera* (var. Chenin Blanc) on Hutton/Sterkspruit soil. **South African Journal for Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 1, n. 2, p. 107-121, 1980.

SCALABRELLI, G.; FERRONI, G.; BOSELLI, M.; BANDINELLI, R.; MANCUSO, S. L'inerbimento del vigneto in Toscana. In: NOTIZIARIO TECNICO, 58., 1999, Faenza. **Atti...** Faenza: Centro Ricerche Produzioni Vegetali, 1999. p. 43-63.

SCHALLER, K. Ground water pollution by nitrate in viticultural areas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 12-22.

SCHINDLER, F. V.; KNIGHTON, R. E. Fate of fertilizer nitrogen applied to corn as estimated by the isotopic and difference methods. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 63, p. 1734-1740, 1999.

SCHREINER, R. P.; SCAGEL, C. F. Nutrient uptake and distribution in a mature 'Pinot Noir' vineyard. **HortScience**, Alexandria, v. 41, p. 336-345, 2006.

SCIENZA, A.; SICHER, L.; VENTURELLI, M. B.; MAGGIORE, T.; PISANI, L.; CORINO, L. L'inerbimento in viticoltura. **L'informatore agrario**, Verona, n. 21, p. 29-49, 1988.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; TRIVELIN, P. C. O.; VELOSO, M. E. C. Utilização do nitrogênio (<sup>15</sup>N) residual de coberturas de solo e da uréia pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 965-974, 2006a.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 723-732, 2006b.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; OCHEUZE, P. C. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 477-486, 2006c.

SILVESTRONI, O.; MANNI, E.; BORGHESI, L.; COLONNELLI, R. Esperienze sulla gestione del suolo nella viticoltura collinare delle Marche. In: NOTIZIARIO TECNICO, 58., 1999, Faenza. **Atti...** Faenza: Centro Ricerche Produzioni Vegetali, 1999. p. 65-78.

SILVESTRONI, O.; CARTECHINI, A. Inerbimento del vigneto - Centro-est Marche, Umbria. **L'informatore agrario**, Verona, n. 2, p. 72-73, 2000.

SILVESTRONI, O.; PALLIOTTI, A.; SANTILOCCHI, R. Gestione del suolo. In: COZZOLINO, E. (Ed.). **Viticultura ed enologia biologica mercato, tecniche di gestione, difesa, vinificazione e costi**. Bologna, Edagricola; 2004. p. 163-196.

SMART, R. E. Canopy microclimate implications for nitrogen effects on yield and quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 90-101.

SPARKS, D. Sorption phenomena on soil. In: **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. p 99-139.

SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; NAGEL, C. W.; STEVENS, R. G.; EVANS, R. G. Vineyard nitrogen fertilization effects on must and wine composition and quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 196-199.

SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; EVANS, R. G. Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45, p. 34-42, 1994.

SPAYD, S. E.; NAGEL, C. W.; EDWARDS, C. G. Yeast growth in Riesling juice as affected by vineyard nitrogen fertilization. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 46, p. 49-55, 1995.

SPONHOLZ, W. R. Nitrogen compounds in grapes, must, and wine. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 67-77.

STEVENSON, F. J. Organic forms of soil nitrogen. In: **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed., New York: John Wiley, 1994. p. 59-95.

STORCHI, P.; MATTII, G. B.; FERRINI, F. Inerbimento del vigneto - Centro-ovest Toscana, Lazio. **L'informatore agrario**, Verona, n. 2, p. 70-71, 2000.

TAGLIAVINI, M.; SCUDELLARI, D.; MARANGONI, B.; TOSELLI, M. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, v. 43, p. 93-102, 1996.

TAGLIAVINI, M.; MARANGONI, B. Major nutritional issues in deciduous fruit orchards of northern Italy. **HorTechnology**, v. 12, p. 26-30, 2002.

TAGLIAVINI, M.; TONON, G.; SCANDELLARI, F.; QUIÑONES, A.; PALMIERI, S.; MENARBIN, G.; GIOACCHINI, P.; MASIA, A. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 118, p. 191-200, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed., Porto Alegre: Astmed, 2004. 719 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre. UFRGS/FA/DS, 1995. 174 p.

TONON, G.; CIAVATTA, C.; SOLIMANDO, D.; GIOACCHINI, P.; TAGLIAVINI, M. The fate of the  $^{15}\text{N}$  deriving from soil decomposition of abscised leaves and pruning wood from apple (*Malus domestica*) trees. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 53, p. 79-86, 2007.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINE`RES, M.; CHE`NEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 64, p. 918-926, 2000.

TRIVELIN, P. C. O.; SALATI, E.; MATSUI, E. **Preparo de amostras para análise de  $^{15}\text{N}$  por espectrometria de massa**. Piracicaba. Centro de Energia Nuclear na Agricultura e Escola Superior de Agricultura "Luiz de Agricultura Luiz de Queiroz", 1973. 41 p.

TRIVELIN, P. C. O.; LARA CABEZAS, VICTORIA, R. L.; REICHARDT, K. Evaluation of a  $^{15}\text{N}$  plot design for estimating plant recovery of fertilizer nitrogen applied to sugar cane. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 51, p. 226-234, 1994.

TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUEZ, J. C. S.; VICTORIA, R. L. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia- $^{15}\text{N}$  e uréia- $^{15}\text{N}$  aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 89-99, 1996.

TRIVELIN, P. C. O. **Planejamento de experimentos com o uso de materiais marcados com  $^{15}\text{N}$** . Piracicaba, 2001a. Disponível em: <[http://web.cena.usp.br/apostilas/Trivelin/CEN5747\(2006\)/02Apostilas/07PlanExp15N.doc](http://web.cena.usp.br/apostilas/Trivelin/CEN5747(2006)/02Apostilas/07PlanExp15N.doc)>. Acesso em: 03 fev. 2007.

TRIVELIN, P. C. O. **Métodos de preparo de amostras para a determinação de  $^{15}\text{N}$** . Piracicaba, 2001b. Disponível em:

<[http://web.cena.usp.br/apostilas/Trivelin/CEN5747\(2006\)/02Apostilas/05MetodNitrog.doc](http://web.cena.usp.br/apostilas/Trivelin/CEN5747(2006)/02Apostilas/05MetodNitrog.doc)>. Acesso em: 10 jul. 2004.

TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; VITTI, A. C. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 193-201, 2002.

TROMP, J. Nutrient reserves in roots of fruit trees, in particular carbohydrates and nitrogen. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.71, p. 401-413, 1983.

URQUIAGA, S.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; MORAES, S. O.; VICTÓRIA, R. L. Lixiviação do nitrogênio proveniente do solo e do fertilizante ( $^{15}\text{NH}_4$ ) $_2\text{SO}_4$  durante o ciclo de uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 25-31, 1986.

URQUIAGA, S. Pérdidas de N del sistema suelo planta. In: URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. (Eds.) **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y Caribe**. Porto Alegre, Gênese; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia. 2000. p. 89-98.

VALENTI, L.; MAGGIORE, T.; SCIENZA, A. Tecniche di gestione del suolo in viticoltura. **L'informatore agrario**, Verona, n. 38, p. 35-37, 1999.

VAN HUYSSTEEN, L.; WEBER, H. W. Soil moisture conservation in dryland viticulture as affected by conventional and minimum tillage practices. **South African Journal for Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 1, n. 2, p. 67-73, 1980.

VENTURA, M.; OPSTAD, N.; ZANOTELLI, D.; SCANDELLARI, F.; QUARTIERI, M. TAGLIAVINI, M. Monitoraggio delle perdite di azoto minerale per lisciviazione dal suolo di un pereto. **Frutticoltura**, Bologna, v. 10, p. 40-44, 2005.

VERCESI, A. Fertilizzazione e fertilizzanti del vigneto. **Vignevini**, n. 9, p. 47-54, 1995.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P. BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 249-256, 2007.

VOS, R. J.; ZABADAL, T. J.; HANSON, E. J. Effect of nitrogen application timing on N uptake by *Vitis labrusca* in a short-season region. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 55, p. 246-252, 2004.

WEINBAUM, S. A.; JOHNSON, R. S.; DEJONG, T. M. Causes and consequences of overfertilization in orchards. **Journal Horticultural Technology**, California, v. 3, p. 1-6, 1992.

WERMELINGER, B. Nitrogen dynamics in grapevine: physiology and modeling. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. **Proceeding...** Washington: The American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 23-31.



WILLIAMS, L. E. Growth of "Thompson Seedless" grapevines: II. Nitrogen distribution. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, p. 330-333, 1987.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KLIEWER, W. M.; LÍDER, L. A. **General viticulture**. 2. ed., Berkeley: University California Press, 1974. 710 p.

ZAFFIGNANI, F. L'inerbimento del vigneto. **Vignevini**, n. 6, p. 19-22, 1990.

ZAPATA, C.; DELÉENS, E.; CHAILLOU, S.; MAGNÉ, C. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 1031-1040, 2004.

## **7 ANEXOS**

ANEXO 1- Viníferas Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha (A) e na Campanha (B).



ANEXO 2- Precipitação pluviométrica, temperatura do ar média mensal e insolação nos meses de condução dos experimentos na Serra Gaúcha.

Ano - mês	Precipitação pluviométrica		Temperatura do ar média mensal		Insolação	
	normal	observada	normal	observada	normal	observada
2004	mm		°C		horas	
Setembro	185	167,6	14,9	17,2	162	145,2
Outubro	156	164,7	17,0	16,6	192	245,8
Novembro	140	144,4	18,9	18,4	219	207,6
Dezembro	144	53,6	20,7	20,5	239	249,9
2005						
Janeiro	140	51,9	21,8	23,1	231	281,2
Fevereiro	139	54,5	21,7	22,1	199	221,7

Fonte: Estação Agroclimatológica da Embrapa Uva e Vinho.

ANEXO 3- Limpeza da área de 0,25m x 0,25m (A), aplicação do nitrogênio (B), incorporação do nitrogênio (C), adição de maravalha (D), irrigação (E) e vista da área após a realização dos procedimentos experimentais (F).



ANEXO 4- Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.

<b>Modo parcelamento</b>	<b>Pleno florescimento</b>	<b>Mudança da cor da baga</b>
% da dose		%
I	3,07 a	1,59 a
II	3,05 a	1,61 a
III	3,06 a	1,72 a
IV	3,17 a	1,80 a
CV,%	8,92	7,26

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ).

ANEXO 5- Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

<b>Modo parcelamento</b>	<b>Pleno florescimento</b>	<b>Mudança da cor da baga</b>
% da dose		%
I	3,18 a	1,77 a
II	3,11 a	1,81 a
III	3,17 a	1,89 a
IV	2,75 a	2,08 a
CV,%	9,20	6,85

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste DMS ( $\alpha = 0,05$ ).

ANEXO 6- Densidade do solo (Ds) usado para a quantificação do N total e do Ndff em diferentes camadas de solo no Experimento 1 e 2 do capítulo I.

Camada	Densidade do solo (Ds)	
	Experimento 1	Experimento 2
cm		g cm <sup>-3</sup>
0-10	1,17	1,36
10-20	1,26	1,56
20-40	1,34	1,52



ANEXO 7- Precipitação pluviométrica, temperatura do ar média mensal e insolação nos meses de condução dos experimentos na Campanha.

Ano - mês	Precipitação pluviométrica		Temperatura do ar média mensal		Insolação	
	normal	observada	normal	observada	normal	observada
2004	mm		°C		horas	
Setembro	132,8	97,6	14,9	15,8	149,3	175,2
Outubro	155,8	88,8	17,9	17,2	234,1	222,0
Novembro	122,9	137,2	20,1	19,9	302,6	295,7
Dezembro	147,0	132,8	22,6	22,5	390,3	386,6
2005						
Janeiro	127,9	49,0	24,6	24,8	453,5	459,5
Fevereiro	167,9	31,6	23,2	24,0	379,3	392,5

Fonte: Estação Agroclimatológica da Pernod Ricard Brasil/Almadén.

ANEXO 8- Atributos químicos do solo Neossolo Litólico, após a colheita da uva em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha.

Modo parcelamento	Camada	Matéria Orgânica <sup>(1)</sup>	pH - H <sub>2</sub> O <sup>(1)</sup>	Índice SMP <sup>(1)</sup>	Al trocável <sup>(2)</sup>	Mg trocável <sup>(2)</sup>	Ca trocável <sup>(2)</sup>	P disponível <sup>(3)</sup>	K disponível <sup>(3)</sup>
% dose	cm	g kg <sup>-1</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	
I	0-10	27,0	6,45	6,56	0,00	3,00	7,40	54,33	198
	10-20	18,3	6,15	6,29	0,00	2,65	5,69	7,23	192
	20-40	14,7	6,09	6,29	0,00	2,17	4,42	2,82	195
II	0-10	26,9	6,29	6,36	0,00	2,85	7,70	49,92	240
	10-20	17,9	6,11	6,30	0,00	2,29	5,14	5,08	162
	20-40	14,8	5,82	6,19	0,00	1,93	4,85	4,18	144
III	0-10	33,0	5,90	6,50	0,00	3,10	9,44	28,01	225
	10-20	17,5	6,23	6,39	0,00	2,55	6,16	5,87	189
	20-40	15,0	6,02	5,95	0,00	2,77	8,39	3,95	222
IV	0-10	31,0	6,00	6,32	0,00	2,95	9,00	68,79	213
	10-20	18,0	6,18	6,42	0,00	2,27	5,94	4,97	180
	20-40	15,5	5,56	5,38	0,00	2,58	9,00	1,58	186

<sup>(1)</sup> Determinado segundo Tedesco et al. (1995); <sup>(2)</sup> extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Tedesco et al., 1995); <sup>(3)</sup> extraído por Mehlich 1 (Tedesco et al., 1995).

ANEXO 9- Atributos químicos do solo Neossolo Litólico, após a colheita da uva em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha<sup>-1</sup> de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha.

Modo parcelamento	Camada	Matéria Orgânica <sup>(1)</sup>	pH - H <sub>2</sub> O <sup>(1)</sup>	Índice SMP <sup>(1)</sup>	Al trocável <sup>(2)</sup>	Mg trocável <sup>(2)</sup>	Ca trocável <sup>(2)</sup>	P disponível <sup>(3)</sup>	K disponível <sup>(3)</sup>
% dose	cm	g kg <sup>-1</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	
I	0-10	18,5	4,25	5,78	0,75	0,39	0,87	51,90	51
	10-20	11,0	4,33	5,85	0,90	0,36	0,71	51,41	61
	20-40	9,5	4,77	5,86	0,48	0,59	1,70	55,01	74
II	0-10	18,0	4,77	5,64	0,28	0,77	2,28	68,05	76
	10-20	12,0	4,61	5,59	0,78	0,61	1,56	60,97	72
	20-40	10,7	4,62	5,63	0,78	0,70	1,78	63,95	76
III	0-10	17,7	4,40	5,50	0,40	0,80	3,34	44,45	88
	10-20	11,5	4,91	6,06	0,30	0,66	1,95	25,08	81
	20-40	10,9	4,66	5,78	0,53	0,84	2,25	33,28	95
IV	0-10	16,0	4,58	5,47	0,45	0,92	3,80	36,38	91
	10-20	12,0	4,83	5,91	0,43	1,06	2,83	24,34	98
	20-40	9,0	4,88	5,89	0,48	1,10	2,74	17,14	118

<sup>(1)</sup>Determinado segundo Tedesco et al. (1995); <sup>(2)</sup>extraído por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Tedesco et al., 1995); <sup>(3)</sup>extraído por Mehlich 1 (Tedesco et al., 1995).

ANEXO 10- Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Serra Gaúcha.

<b>Dose</b>	<b>Pleno florescimento</b>	<b>Mudança da cor da baga</b>
kg ha <sup>-1</sup> de N		%
0	3,12 <sup>1</sup>	1,71 <sup>2</sup>
15	3,25	1,73
30	2,90	1,73
45	2,87	1,72
60	3,28	1,85
CV,%	5,88	4,97

<sup>(1)</sup>  $\hat{y} = 3,221 - 0,0172x + 0,0003x^2$  ( $R^2 = 0,38$ ); <sup>(2)</sup>  $\hat{y} = 1,694 + 0,0018x$  ( $R^2 = 0,55$ ).

ANEXO 11- Nitrogênio total na folha inteira no pleno florescimento e na mudança da cor da baga, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de nitrogênio na Campanha.

<b>Dose</b>	<b>Pleno florescimento</b>	<b>Mudança da cor da baga</b>
kg ha <sup>-1</sup> de N		%
0	2,52 <sup>1</sup>	2,17 <sup>2</sup>
15	2,80	2,33
30	2,97	2,34
45	2,89	2,40
60	2,77	2,27
85	2,79	2,30
CV%	6,08	7,80

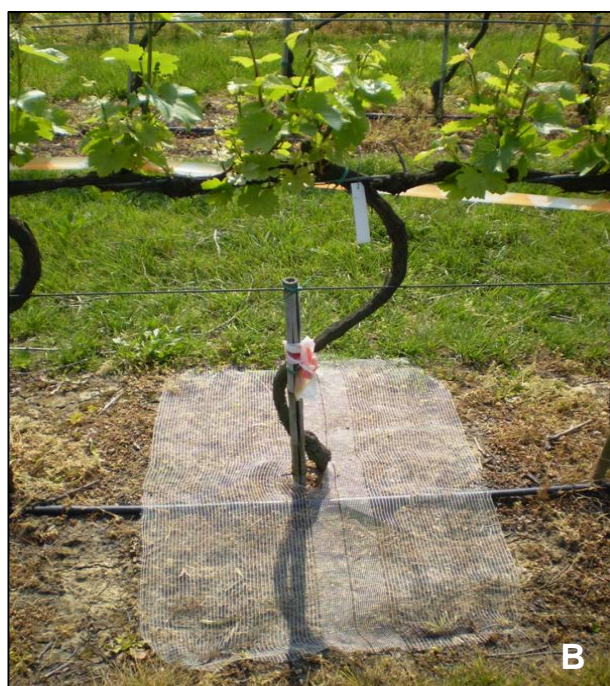
<sup>(1)</sup>  $\hat{y} = 2,581 + 0,0135x - 0,0001x^2$  ( $R^2 = 0,68$ ); <sup>(2)</sup>  $\hat{y} = 2,203 + 0,0065x + 0,00007x^2$  ( $R^2 = 0,59$ ).

ANEXO 12- Precipitação pluviométrica, temperatura e umidade do ar e temperatura do solo observadas nos meses de condução do experimento, em Bologna, Itália.

<b>Ano - mês</b>	<b>Precipitação pluviométrica</b>	<b>Temperatura do ar média mensal</b>	<b>Umidade do ar média mensal</b>	<b>Temperatura do solo média mensal</b>
2007	mm	°C	%	°C
Abril	0,01	15,4	70,6	16,23
Maio	0,01	19,6	63,9	19,47
Junho	0,03	22,4	68,3	21,0
Julho	0,00	26,1	48,3	24,13

Fonte: Estação Climatológica de Cadriano, "Dipartimento di Coltura Arborre da Università di Bologna", Bologna, Itália.

ANEXO 13- Resíduos de azevém perene e trevo branco em bolsas de decomposição (Experimento 1 do capítulo 3) (A) e depositados na superfície do solo (Experimento 2 do capítulo 3) (B) depositados na superfície do solo, em um vinhedo de vinífera Chardonnay, em Bologna, Itália.



## **8 APÊNDICES**



## **APÊNDICE A: SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°Brix)**

(técnica usada no Laboratório de Enoquímica da Embrapa Uva e Vinho)

### **PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:**

- a) Esmagar as bagas em saco plástico, coar e centrifugar o mosto;
- b) adicionar uma alíquota do líquido no refratômetro de bancada;
- c) realizar a leitura direta em °Brix.

## **APÊNDICE B: pH**

(técnica usada no Laboratório de Enoquímica da Embrapa Uva e Vinho)

### **SOLUÇÕES:**

Solução tampão de pH 3,0.

Solução tampão de pH 4,0.

### **PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:**

- a) Esmagar as bagas em saco plástico até obter 20 ml de mosto;
- b) pipetar 20 ml de mosto para um becker de 100 ml;
- c) agitar lentamente o mosto com o auxílio de um agitador magnético e mergulhar o eletrodo no líquido;
- d) após estabilizar realizar a leitura de pH.

Observação: a) calibrar o potenciômetro com os padrões de pH 3,0 e 4,0 antes de iniciar o trabalho.

## APÊNDICE C: ACIDEZ TOTAL

(técnica usada no Laboratório de Enoquímica da Embrapa Uva e Vinho)

### SOLUÇÕES:

NaOH 0,1 *N*.

Azul de bromotimol: Pesar 4 g de azul de bromotimol, transferir para um Becker e diluir em álcool a 20%. Transferir para um balão de 1000 ml e completar o volume com H<sub>2</sub>O destilada. Armazenar em frasco escuro.

### PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:

- a) Esmagar as bagas em saco plástico, coar e centrifugar o mosto;
- b) pipetar uma alíquota de 5 ml do líquido para um erlenmeyer de 250 ml;
- c) adicionar algumas gotas do azul de bromotimol;
- d) titular com o NaOH 0,1 *N* até a coloração azul;
- e) anotar o volume de NaOH 0,1 *N* gasto.

$$\text{Acidez total (meq l}^{-1}\text{)} = n \cdot N \cdot 1000 / V$$

onde, *n* = ml de NaOH gasto na titulação;

*N* = normalidade do hidróxido de sódio;

*V* = volume de mosto usado.

## APÊNDICE D: ÁCIDO TARTÁRICO E ÁCIDO MÁLICO

(técnica usada no Laboratório de Enoquímica da Embrapa Uva e Vinho)

### SOLUÇÕES:

Ácido tartárico L(+); dissolver 1,0 g de ácido tartárico em 1000 ml de água ultra pura.

Ácido málico L(-); dissolver 1,0 g de ácido málico em 1000 ml de água ultra pura.

Ácido fosfórico (pH 2,5); pipetar 1,2 ml de ácido fosfórico concentrado e transferir para um balão de 1000 ml. Completar o volume com água ultra pura.

### PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:

- a) Esmagar as bagas em saco plástico, coar e centrifugar o mosto;
- b) diluir a amostra de líquido a 10% em água ultra pura, homogeneizar e filtrar em membrana de celulose com poros de 25  $\mu\text{m}$ ;
- c) injetar no aparelho a amostra;
- d) repetir o mesmo procedimento para as soluções padrões de ácido tartárico e málico.

Observações: a) o teor de ácido tartárico e de ácido málico em  $\text{g l}^{-1}$  é obtido através da comparação da superfície do pico do ácido tartárico da amostra de mosto com a superfície do pico das soluções padrões.

## **APÊNDICE E: POLIFENÓIS TOTAIS**

(técnica usada no Laboratório de Enoquímica da Embrapa Uva e Vinho)

### **PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:**

- a) Esmagar as bagas em saco plástico, coar e centrifugar o mosto;
- b) pipetar 1 ml do líquido para um balão volumétrico de 100 ml e completar com água deionizada;
- c) pipetar uma alíquota para cubeta de quartzo e determinar a absorvância em 280 nm.

**Índice polifenóis totais = absorvância\*fator de diluição**

## APÊNDICE F: ANTOCIANINAS

(técnica usada no Laboratório de Enoquímica da Embrapa Uva e Vinho)

### SOLUÇÕES:

Solução de etanol com 0,1% de ácido clorídrico.

Solução de ácido clorídrico 2%.

Solução tampão de pH 3,5: adicionar em um becker 303,5 ml de uma solução de fosfato dissódico  $0,2 \text{ mol l}^{-1}$  e 696,5 ml de uma solução de ácido cítrico  $0,1 \text{ mol l}^{-1}$ .

### PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:

- a) Esmagar as bagas em saco plástico, coar e centrifugar o mosto;
- b) adicionar em um tubo de ensaio 1 ml do líquido, 1 ml da solução de etanol com 0,1% de ácido clorídrico e 10 ml da solução de ácido clorídrico 2%;
- c) adicionar em um segundo tubo 1 ml do líquido, 1 ml da solução de etanol com 0,1% de ácido clorídrico e 10 ml de solução tampão de pH 3,5;
- d) pipetar uma alíquota de cada tubo para cubeta de quartzo e determinar a absorvância em 520 nm;

$$\text{Antocianina (mg l}^{-1}\text{)} = 388 \cdot \Delta d$$

onde:  $\Delta d$  = diferença de leitura entre as duas leituras da mesma amostra.

## APÊNDICE G: NITROGÊNIO AMONÍACAL

(técnica usada no Laboratório de Enoquímica da Embrapa Uva e Vinho)

### SOLUÇÕES:

MgO; aquecer o MgO leve no forno a 700°C por 2 horas. Deixar esfriar e guardar em frasco bem tampado, para evitar a absorção de CO<sub>2</sub> do ar, com formação de carbonato, o qual interfere nas análises.

Indicador de ácido bórico; dissolver 200 g de ácido bórico em 8 l de água destilada quente (50-60°C). Esfriar, ajustar o volume e transferir para um frasco de volume adequado. Adicionar 1 l de etanol 95% e a solução de indicador preparada dissolvendo 0,132 g de verde de bromocresol e 0,066 g de vermelho de metila em 1 l de etanol 95%. Agitar e titular adicionando cuidadosamente NaOH 0,05 mol l<sup>-1</sup> até que mal se observe uma leve mudança de cor de roxo para verde claro ao adicionar 1 ml de água destilada a 1 ml do indicador. Esta solução pode ser conservada indefinidamente.

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol l<sup>-1</sup>; dissolver 1,4 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado a 1 l com água destilada.

### PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:

- a) Esmagar as bagas em saco plástico, coar e centrifugar o mosto;
- b) ajustar no condensador um frasco de erlenmeyer de 50 ml contendo 5 ml de indicador de ácido bórico;
- c) pipetar 10 ml do líquido para frascos de destilação;
- d) adicionar 0,2 a 0,3 g de MgO;
- e) conectar imediatamente o frasco no destilador e iniciar a destilação levantando a coluna de água;
- f) recolher 35-40 ml de destilado no frasco de erlenmeyer;
- g) parar a destilação baixando a coluna de água;
- h) titular o destilado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol l<sup>-1</sup>.

## APÊNDICE H: PREPARO DE BAGAS PARA A ANÁLISE DOS TOTAIS DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO E MAGNÉSIO

### SOLUÇÕES:

Mistura digestão: moer 100 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 10 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  e 1 g de selênio, e misturar bem.

$\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.

$\text{H}_2\text{O}_2$  a 30%.

### PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:

- a) Escolher aleatoriamente em cada amostra 30 bagas;
- b) cortar as bagas, reservar a casca+polpa e descartar as sementes;
- c) pesar 40 g de casca+polpa;
- d) adicionar em um liquidificador 40 g de casca+polpa, 40 ml de água destilada (relação 1:1) e triturar até obter um líquido pastoso;
- e) pipetar 2 ml do mosto para um tubo de digestão (25x250 mm);
- f) adicionar 0,7 g de mistura digestão;
- g) adicionar vagarosamente 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado;
- h) adicionar 1 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ;
- i) colocar os tubos de digestão no bloco digestor a  $150^\circ\text{C}$  por 30 minutos;
- j) aumentar a temperatura para  $180^\circ\text{C}$  e manter por 30 minutos;
- l) aumentar a temperatura para  $250^\circ\text{C}$  e manter por 30 minutos;
- m) aumentar a temperatura para  $300^\circ\text{C}$  e manter por 30 minutos;
- n) aumentar a temperatura para  $350^\circ\text{C}$  até o extrato apresentar uma coloração verde claro. Após manter esta temperatura por 1 hora;
- o) deixar esfriar os tubos de digestão e completar o volume a 50 ml;
- p) agitar o extrato dos tubos em ar comprimido;
- q) determinar N, P, K, Ca e Mg segundo metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).



**APÊNDICE I: VAZIO (FRALDINHA) AO MOLHO DE LARANJA**  
(Kaminski, 2007 - comunicação pessoal)

**SOLUÇÕES:**

- 1 kg de vazio limpo (desengordurado e sem revestimento externo);
- 4 dentes de alho;
- 2 cebolas grandes;
- 4 tomates gaúchos, porque o prato é gaúcho e eles são mais ácidos;
- 1/2 pimentão vermelho;
- óleo de canola e de oliva (5 colheres de sopa de cada um e misture);
- sal e pimenta a gosto;
- 2 colheres de sopa de soyo;
- 1/2 xícara de concentrado de tomate;
- 2 cubos de caldo de carne;
- 1 pimenta ardida sem semente;
  
- 1 copo de vinho Cabernet Sauvignon da Serra Gaúcha;
- 1 xícara de suco de laranja doce, recém espremidas.

**PROCEDIMENTO DE ANÁLISE:**

- a) Corte a carne em pedaços transversais às fibras, em pedaços de 3 a 5 cm (irregulares);
- b) em uma panela de qualidade, “inox ou de ferro”, adicione a mistura de óleo e a carne a frio. Acenda o fogo e refogue até selar os pedaços, agitando com a classe de cozinheiro.
- c) adicione dois cubos de caldo de carne, o soyo e a quantidade de pimenta moída a gosto. Continue refogando até a sua dissolução.
- d) enquanto a carne refoga, coloque em um processador a cebola, o alho e o pimentão, a pimenta ardida, picando-os convenientemente e adicione ao refogado. Prossiga o cozimento até refogar os ingredientes vegetais.
- e) adicione o vinho e deixe em fogo médio ou baixo, dependendo da qualidade do teu fogão, que um bom cozinheiro conhece.

- f) pique no processador o tomate e misture-o ao suco de laranja e o concentrado de tomate.
- g) adicione ao refogado e deixe ferver por duas horas, em fogo médio ou baixo, de preferência sobre uma “trempe”, com controle periódico para impedir a aderência ao fundo da panela. Adicione água se necessário.

Observações: Se você achar que o molho ficou muito diluído ou errou a quantidade de água adicionada, adicione uma colher de sopa de farinha de trigo em 1/3 de copo com água, misture bem e adicione na panela, deixando ferver por mais 5 ou 10 minutos. Em seguida, pode-se servir, de preferência, com mandioca (aipim) cozida ou arroz branco (agulhinha do RS).

## VITA

Gustavo Brunetto, filho de Roque Brunetto e Izaltina da Costa Brunetto, nasceu em 03 de fevereiro de 1977, em Progresso, Rio Grande do Sul.

Cursou o primeiro grau de 1984 a 1992 na Escola Estadual de 1º grau Frei Antônio, localizada em Bela Vista do Fão, Marques de Souza, RS, sendo alfabetizado pela professora Izaltina da Costa Brunetto.

Em 1993 ingressou no Colégio Agrícola de Teutônia, em Teutônia, RS, para a realização do segundo grau, obtendo o título de Técnico em Agropecuária em 1996.

Em 1997 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), trabalhou como bolsista de Iniciação científica no Departamento de Solos a partir de 1997, sob orientação do professor Dr. João Kaminski e Dr. Danilo dos Santos Rheinheimer, e recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em 2001.

Realizou o Curso de Mestrado em Ciência do Solo do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM de março de 2002 a fevereiro de 2004, sob orientação do professor Dr. João Kaminski e co-orientação do professor Dr. Danilo dos Santos Rheinheimer (UFSM) e Dr. George Wellington de Melo (Embrapa Uva e Vinho), cuja dissertação de mestrado versou sobre absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado em plantas de videira.

Em março de 2004 iniciou seus estudos de Doutorado em Ciência do Solo no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM, sob orientação do professor Dr. Carlos Alberto Ceretta e co-orientação do professor Dr. João Kaminski (UFSM) e Dr. George Wellington de Melo (Embrapa Uva e Vinho). Realizou Estágio de Doutorado no Exterior (Doutorado “Sandwich”) no “Dipartimento di Colture Arboree da Università di Bologna”, em Bologna, Itália, de novembro de 2006 a agosto de 2007, sob orientação do professor Dr. Massimo Tagliavini.