

**KÁTIA DE FREITAS FRAGA**

**AMINAS BIOATIVAS DURANTE A MATURAÇÃO  
DE UVAS SYRAH PRODUZIDAS EM DIFERENTES  
REGIÕES E SISTEMAS DE CONDUÇÃO**

**Faculdade de Farmácia da UFMG  
Belo Horizonte, MG  
2010**

**KÁTIA DE FREITAS FRAGA**

**AMINAS BIOATIVAS DURANTE A MATURAÇÃO  
DE UVAS SYRAH PRODUZIDAS EM DIFERENTES  
REGIÕES E SISTEMAS DE CONDUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Beatriz Abreu Glória

Co-orientadora: Dr<sup>a</sup>. Renata Vieira da Mota

**Faculdade de Farmácia da UFMG  
Belo Horizonte, MG  
2010**



# AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PPGCA) da Faculdade de Farmácia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Beatriz Abreu Glória, pela valiosa orientação, amizade, confiança, apoio e ensinamentos, fundamentais para a realização deste trabalho.

À pesquisadora Dr<sup>a</sup>. Renata Vieira da Mota, pela co-orientação, direcionamento e ajuda para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À banca examinadora, pelas sugestões importantes na finalização da dissertação.

Aos amigos do Laboratório de Bioquímica de Alimentos e do PPGCA, Adriana, Aline, Bruno, Cecília, Guilherme, Juliana, Letícia, Lilian, Marina, Patrícia, Priscila, Raquel, Tarliane e Warley, pela amizade, sugestões e pela oportunidade de momentos agradáveis.

Aos meus familiares, pelo carinho constante e incentivo.

Aos meus pais, Laurentino e Maria Aparecida, pelo amor incondicional, exemplo e apoio em todos os momentos, e aos meus irmãos, Gilmar, Leonardo e Paulo, pela grande amizade e compreensão.

Ao Joilson, pelo amor, paciência e companheirismo durante todos os momentos.

A Deus, pela vida e por iluminar os meus caminhos.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
<b>1. VITICULTURA</b> .....	16
1.1. HISTÓRICO .....	16
1.2. PRODUÇÃO E CONSUMO .....	17
1.3. REGIÕES VINÍCOLAS DO BRASIL .....	19
1.4. UVAS .....	19
1.4.1. Variedades de uva .....	19
1.4.2. Composição da uva .....	20
1.5. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ACOMPANHAMENTO DA MATURAÇÃO DAS UVAS .....	21
1.5.1. Açúcares .....	21
1.5.2. Ácidos .....	22
1.5.3. pH .....	23
1.6. SISTEMAS DE CONDUÇÃO DA VIDEIRA .....	23
1.6.1. Sistema de condução em espaldeira .....	25
1.6.2. Sistema de condução em GDC .....	26
<b>2. PRODUÇÃO DO VINHO</b> .....	27
<b>3. AMINAS BIOATIVAS</b> .....	30
3.1. DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E FUNÇÕES .....	30
3.2. FORMAÇÃO .....	34
3.3. METABOLISMO E ASPECTOS TOXICOLÓGICOS .....	36
<b>4. AMINAS BIOATIVAS EM UVAS E VINHOS</b> .....	39
4.1. FATORES QUE AFETAM OS TEORES DE AMINAS PRESENTES EM UVAS .....	42

4.1.1. Safra.....	42
4.1.2. Variedade da uva .....	43
4.1.3. Estádio de desenvolvimento e maturação da uva .....	43
4.1.4. Estresse hídrico .....	44
4.1.5. Microbiota da uva.....	44
4.1.6. Tipo de solo, adubação, práticas de cultivo e condições climáticas ..	44
<b>4.2. INFLUÊNCIA DA VINIFICAÇÃO NOS TEORES DE AMINAS.....</b>	<b>45</b>
4.2.1. Fermentação alcoólica .....	46
4.2.2. Fermentação malolática .....	46
4.2.3. Condições higiênico-sanitárias durante a vinificação.....	47
4.2.4. Outros fatores que afetam os teores de aminos durante os processos de vinificação .....	47
<b>4.3. PREVENÇÃO DA FORMAÇÃO DE AMINAS EM VINHOS.....</b>	<b>48</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
<b>1. MATERIAL.....</b>	<b>50</b>
1.1. AMOSTRAS.....	50
1.2. REAGENTES .....	51
1.3. SOLUÇÕES PADRÃO .....	51
<b>2. MÉTODOS.....</b>	<b>52</b>
2.1. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA REGIÃO NA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DAS AMINAS BIOATIVAS EM UVAS SYRAH.....	52
2.2. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE CONDUÇÃO NA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DAS AMINAS BIOATIVAS EM UVAS SYRAH .....	52
2.3. ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE OS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS E AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS MOSTOS.....	53
2.4. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	53
2.4.1. Determinação dos teores de sólidos solúveis .....	53
2.4.2. Determinação da acidez total titulável .....	53
2.4.3. Determinação do pH .....	53
2.4.4. Determinação das aminos bioativas .....	54
2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	55
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>

<b>1. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O CULTIVO DA UVA.....</b>	<b>56</b>
<b>2. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO .....</b>	<b>58</b>
<b>2.1. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO NOS TEORES DE AMINAS E     NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MOSTO .....</b>	<b>58</b>
<b>2.1.1. Características físico-químicas do mosto .....</b>	<b>58</b>
2.1.1.1. Sólidos solúveis totais.....	58
2.1.1.2. Acidez total .....	60
2.1.1.3. pH .....	61
<b>2.1.2. Teores de aminos bioativas no mosto .....</b>	<b>62</b>
<b>2.2. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO NOS TEORES DE AMINAS     BIOATIVAS NA CASCA .....</b>	<b>65</b>
<b>2.3. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO NOS TEORES DE AMINAS     BIOATIVAS NA SEMENTE .....</b>	<b>68</b>
<b>3. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>3.1. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NOS TEORES DE AMINAS     E NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MOSTO .....</b>	<b>71</b>
<b>3.1.1. Características físico-químicas do mosto .....</b>	<b>71</b>
3.1.1.1. Sólidos solúveis totais.....	71
3.1.1.2. Acidez total .....	73
3.1.1.3. pH .....	74
<b>3.1.2. Teores de aminos bioativas no mosto .....</b>	<b>74</b>
<b>3.2. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NOS TEORES DE AMINAS     BIOATIVAS NA CASCA .....</b>	<b>77</b>
<b>3.3. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NOS TEORES DE AMINAS     BIOATIVAS NA SEMENTE .....</b>	<b>80</b>
<b>4. CORRELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MOSTO E OS TEORES DE AMINAS PRESENTES .....</b>	<b>82</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABELAS

1.	Produção de uvas em alguns estados e no Brasil, nos anos de 2006 a 2008 ....	17
2.	Produção de vinhos, sucos e derivados no estado do Rio Grande do Sul durante o período de 2005 a 2008.....	18
3.	Funções metabólicas e fisiológicas de amins bioativas .....	33
4.	Efeitos tóxicos das amins bioativas .....	37
5.	Tipos e teores de amins bioativas em vinhos .....	40
6.	Perfis e teores de amins bioativas livres no pericarpo de uvas.....	42
7.	Teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total e pH no mosto proveniente das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora, na data da colheita (safra de 2008).....	59
8.	Teores de espermina (mg/L) detectados nos mostos de uvas Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008.....	62
9.	Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) no mosto das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita .....	65
10.	Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas cascas das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita .....	67
11.	Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas sementes das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita.....	70
12.	Teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total e pH no mosto proveniente das bagas da videira Syrah conduzidas em espaldeira e GDC, na data da colheita (safra de 2008) .....	73
13.	Teores de espermina (mg/L) detectados nos mostos de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC na safra de 2008.....	75

## **LISTA DE TABELAS (continuação)**

<b>14.</b>	<b>Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) no mosto das bagas da videira Syrah cultivadas em Pirapora, conduzidas nos sistemas espaldeira e GDC, na safra de 2008, amostradas no inicio da maturação e colheita.....</b>	<b>77</b>
<b>15.</b>	<b>Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas cascas das bagas da videira Syrah cultivadas em Pirapora, conduzidas nos sistemas espaldeira e GDC, na safra de 2008, amostradas no inicio da maturação e colheita.....</b>	<b>79</b>
<b>16.</b>	<b>Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas sementes das bagas da videira Syrah cultivadas em Pirapora, conduzidas nos sistemas espaldeira e GDC, na safra de 2008, amostradas no inicio da maturação e colheita.....</b>	<b>82</b>
<b>17.</b>	<b>Correlação entre o teor de espermidina presente e o teor de sólidos solúveis totais (SST), a acidez total e o pH no mosto de uvas Syrah cultivadas em Pirapora .....</b>	<b>82</b>
<b>18.</b>	<b>Correlação entre os teores de aminas presentes no mosto de uvas Syrah cultivadas em Três Corações.....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

1.	Esquema de alguns sistemas de condução da videira.....	24
2.	Esquema do sistema de condução da videira em espaldeira .....	25
3.	Esquema do sistema de condução da videira em GDC .....	26
4.	Fluxograma básico da produção de vinho.....	28
5.	Estrutura química das aminas bioativas .....	31
6.	Vias metabólicas para a formação das aminas bioativas.....	35
7.	Dados médios mensais de temperatura máxima e mínima e precipitação observados em 2008, nas estações meteorológicas de Lambari (A) e de Pirapora (B).....	57
8.	Evolução nos teores de sólidos solúveis totais dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Três Corações e Pirapora durante a maturação, na safra de 2008.....	59
9.	Evolução na acidez total dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Três Corações e Pirapora durante a maturação, na safra de 2008.....	60
10.	Evolução no pH dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Três Corações e Pirapora durante a maturação, na safra de 2008.....	61
11.	Evolução nos teores (mg/L) de putrescina (A) e espermidina (B) nos mostos de uvas Syrah cultivadas nas regiões de Três Corações e Pirapora na safra de 2008 .....	63
12.	Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas cascas de uvas Syrah cultivadas nas regiões de Três Corações e Pirapora na safra de 2008.....	66
13.	Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas sementes de uvas Syrah cultivadas nas regiões de Três Corações e Pirapora na safra de 2008 .....	69
14.	Evolução nos teores de sólidos solúveis totais dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008 .....	72

## **LISTA DE FIGURAS (continuação)**

15. Evolução na acidez total dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008 ..... 73
16. Evolução no pH dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008..... 74
17. Evolução nos teores (mg/L) de putrescina (A) e espermidina (B) nos mostos de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008..... 76
18. Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas cascas de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008..... 78
19. Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas sementes de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008..... 81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGM - agmatina  
Aw - clima regional tropical úmido  
AT - acidez total titulável  
CAD - cadaverina  
CLAE - cromatografia líquida de alta eficiência  
Cwa - clima temperado quente  
DAO - diaminoxidase  
DNA - ácido desoxirribonucléico  
EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
EPD - espermidina  
EPM - espermina  
FAO - Food and Agriculture Organization  
FDA - Food and Drug Administration  
FEM - feniletilamina  
GDC - dupla cortina de Geneva  
HIM - histamina  
MAO - monoaminoxidase  
OIV - Organização Internacional da Uva e do Vinho  
OPA - *orto*-ftalaldeído  
PAO - poliaminoxidase  
PUT - putrescina  
PVPP - polivinilpolipirrolidona  
RNA - ácido ribonucléico  
SAM - S-adenosilmetionina  
SRT - serotonina  
SST - sólidos solúveis totais  
TCA - ácido tricloroacético  
TIM - tiramina  
TRM - triptamina  
UVIBRA - União Brasileira de Vitivinicultura

## RESUMO

O teor de aminas é um dos fatores determinantes da qualidade de uvas e vinhos. Diversos fatores podem afetar os teores de aminas em uvas e, conseqüentemente, nos vinhos, como as práticas de cultivo e as condições climáticas. São poucas as informações sobre a formação e concentrações de aminas em uvas no Brasil. Visando a obtenção de maior compreensão da matéria-prima e da influência dos processos de viticultura na formação de aminas bioativas, este trabalho teve como objetivo investigar os teores de aminas durante a maturação de uvas Syrah submetidas a dois sistemas de condução e provenientes de diferentes regiões de cultivo. Foram utilizadas uvas da variedade Syrah provenientes de vinhedos de duas regiões de Minas Gerais: Pirapora e Três Corações. Os sistemas de condução estudados foram espaldeira e dupla cortina de Geneva (GDC). As amostras de uvas foram esmagadas manualmente para a obtenção do mosto, sendo as cascas e as sementes também separadas para análise. Foram detectadas putrescina, espermidina e espermina nos mostos, cascas e sementes. Os teores destas aminas variaram no decorrer da maturação. Em todas as amostras avaliadas foram detectadas putrescina e espermidina. Na data da colheita, os teores de sólidos solúveis totais, acidez total e pH foram influenciados pela região de cultivo e pelo sistema de condução. A região de cultivo influenciou os teores de aminas presentes nas uvas na data da colheita, sendo os teores de putrescina superiores nos mostos e nas cascas de uvas de Pirapora e nas sementes das de Três Corações. Os teores de poliaminas foram maiores nos mostos de Três Corações e nas cascas e sementes de Pirapora. Variação significativa das aminas em função do sistema de condução foi observada nos mostos e nas cascas de uvas Syrah, na data da colheita e nas cascas no início da maturação. Foi observada correlação entre o teor de espermidina com os teores de sólidos solúveis totais e de acidez total nas uvas de Pirapora. Foi encontrada correlação positiva entre os teores de espermidina e putrescina detectadas nas uvas de Três Corações.

**PALAVRAS-CHAVE:** aminas bioativas; sistemas de condução; uva Syrah.

## **ABSTRACT**

### **BIOACTIVE AMINES DURING RIPENING OF SYRAH GRAPES CULTIVATED IN DIFFERENT REGIONS AND TRAINING SYSTEMS.**

The content of amines is one of the factors determining the quality of grapes and wines. Several factors can affect the levels of amines in grapes and in wine, such as cultivation practices and climatic conditions. There is little information on the formation and concentration of amines in grapes in Brazil. To better understand the role of raw material and viticulture processes on the formation of bioactive amines, this study was performed. The levels of amines during ripening of Syrah grapes under different training systems and from different growing regions were investigated. Syrah grapes from vineyards from two regions of Minas Gerais: Pirapora and Três Corações were used. The training systems studied were vertical and Geneva double curtain (GDC). The grapes were crushed manually to obtain the must; the skins and seeds were also separated for analysis. Putrescine, spermidine and spermine were detected in grapes musts, skins and seeds. The levels of these amines varied during ripening. Putrescine and spermidine were detected in every sample. At the time of harvest, the levels of soluble solids, total acidity and pH were influenced by the region and training system employed. The cultivation region affected the levels of amines in grapes at the time of harvest - the levels of putrescine were higher in musts and skins from Pirapora and seeds from Três Corações. The levels of polyamines were higher in musts from Três Corações and in the skins and seeds from Pirapora. Significant variation of the amines as a function of training system was observed in musts and skins of Syrah grapes on the day of harvest and in skins at the beginning of ripening. There was significant correlation between the levels of spermidine in grapes from Pirapora and levels of soluble solids and total acidity. Positive correlation was found between the levels of spermidine and putrescine detected in grapes from Três Corações.

**KEYWORDS:** bioactive amines, training systems, Syrah grape.

# INTRODUÇÃO

A viticultura tem grande importância sócio-econômica e cultural para diversos países. No ano de 2008, esta cultura ocupou mais de 7,4 milhões de hectares e a produção mundial atingiu 67 milhões de toneladas (FAO, 2009). No Brasil a área plantada de uvas foi de 82.596 hectares e a produção de 1.399.262 toneladas. Desta produção, 50,6% foram destinadas à elaboração de vinhos, sucos e outros derivados, sendo o restante destinado ao mercado de uva *in natura* (MELLO, 2009).

A matéria-prima da indústria vinícola é a uva, a partir da qual se extrai o mosto para a produção do vinho. Pode-se dizer que o vinho começa a ser produzido no vinhedo, sendo importante o adequado manejo agrônomico e o acompanhamento da maturação das uvas, bem como os cuidados durante a colheita (AMORIM et al., 2006).

O sistema de condução da videira define a forma da planta, podendo afetar significativamente o crescimento vegetativo da videira, a produtividade do vinhedo e a qualidade da uva e do vinho. Isso ocorre em função do efeito do sistema de condução sobre o dossel vegetal (MIELE & MANDELLI, 2009).

A presença de amins em uvas e vinhos é importante tanto do ponto de vista tecnológico quanto toxicológico. Amins bioativas são bases orgânicas alifáticas, aromáticas ou heterocíclicas de baixo peso molecular. Algumas amins são produzidas através do metabolismo normal de animais, plantas e microrganismos, e participam de importantes funções metabólicas e fisiológicas de organismos vivos. Com base em suas funções fisiológicas, as amins são classificadas em poliaminas e amins biogênicas. As poliaminas desempenham papel importante no crescimento, enquanto as amins biogênicas são neuro ou vasoativas (BARDÓCZ, 1995; GLÓRIA, 2005).

Atualmente, a grande variabilidade no conteúdo de amins em vinhos é fonte de preocupação em muitos países, assim como os efeitos adversos que estas podem causar à saúde de pessoas que são particularmente sensíveis a ação destes compostos (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2008).

Os processos que geram as amins biogênicas, juntamente com os fatores que influenciam quantitativamente e qualitativamente sua presença, ainda não se encontram bem definidos em alguns casos e, algumas vezes, os resultados publicados são

conflitantes entre si. Aminas presentes em vinhos podem ter duas diferentes origens: matéria-prima e processos de fermentação (HERBERT et al., 2005).

São poucas as informações disponíveis sobre a formação e concentrações de aminas em uvas no Brasil. Tendo em vista a importância da obtenção de maior compreensão da matéria-prima e da influência dos processos de viticultura na formação de aminas bioativas, este trabalho teve como objetivo geral investigar a evolução dos teores de aminas bioativas durante a maturação de uvas da variedade Syrah submetidas a diferentes sistemas de condução e provenientes de diferentes regiões de cultivo.

Os objetivos específicos foram: (i) investigar a influência da região de cultivo nos teores de aminas bioativas e nas características físico-químicas do mosto das uvas durante a maturação; (ii) investigar a influência do sistema de condução nos teores de aminas bioativas e nas características físico-químicas do mosto das uvas durante a maturação; (iii) investigar a influência da região de cultivo e do sistema de condução nos teores de aminas bioativas das cascas e sementes das uvas durante a maturação; e (iv) pesquisar a existência de correlação entre os teores de aminas bioativas e as características físico-químicas do mosto das uvas.

# REVISÃO DA LITERATURA

## 1. VITICULTURA

### 1.1. HISTÓRICO

A videira é uma planta originária da Ásia Menor, razão pela qual as menções mais antigas sobre a elaboração e o consumo de vinho são de povos habitantes desta região. Mais tarde, os gregos adotaram a cultura enológica e os romanos não só a adotaram, mas também a difundiram pelos territórios conquistados (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

A uva foi trazida para as Américas por Cristóvão Colombo na sua segunda viagem às Antilhas em 1443, espalhando-se, a seguir, para o México e sul dos Estados Unidos e para as colônias espanholas da América do Sul (MANFROI, 2002).

A viticultura brasileira nasceu com a chegada dos colonizadores portugueses do século XVI e permaneceu como cultura doméstica até o final do século XIX. A partir do século XX, com a chegada dos imigrantes italianos, a cultura passou a ter importância comercial, com base nas variedades americanas labruscas e bourquinas, já que as castas européias não tiveram expressão devido à sensibilidade às doenças fúngicas (PROTAS et al., 2006).

Desde seu início até a década de 1960, a viticultura brasileira ficou restrita às regiões sul e sudeste, mantendo as características de cultura de clima temperado. A partir de então, o cultivo da uva Itália foi levado, com sucesso, para a região semi-árida do Vale do São Francisco, marcando o início da viticultura tropical no Brasil. A viticultura tropical expandiu-se rapidamente, com a consolidação do pólo do norte do Paraná, na década de 70, e dos pólos do nordeste de São Paulo e do norte de Minas Gerais, na década seguinte. A partir de 1990, surgiram diversos pólos vitícolas, alguns voltados para a produção de uvas para consumo *in natura*, outros direcionados à elaboração de vinho e suco (PROTAS et al., 2006).

Nos últimos anos a vitivinicultura brasileira tem apresentado crescimento significativo, decorrente da vigorosa expansão da área cultivada e na tecnologia de produção de uvas e de elaboração de vinhos. A variabilidade de climas e de solos do Brasil traz como resultado adicional um enorme potencial de obtenção de produtos com

características diferenciadas, aptas a agradarem os diferentes paladares dos consumidores (GUERRA et al., 2009).

## 1.2. PRODUÇÃO E CONSUMO

A viticultura tem grande importância sócio-econômica e cultural para diversos países. No ano de 2008, esta cultura ocupou mais de 7,4 milhões de hectares e a produção mundial atingiu 67 milhões de toneladas (FAO, 2009).

No Brasil, em 2008, a área plantada de uvas foi de 82.596 hectares. A produção de uvas para processamento foi de 708.042 toneladas e para consumo *in natura* de 691.220 toneladas. Na Tabela 1 é apresentada a produção de uvas de alguns estados do Brasil. Observou-se redução na produção de uvas, em especial na região nordeste. Também ocorreu decréscimo na produção no estado de São Paulo. Nos demais estados ocorreu aumento da produção, sendo que o maior acréscimo ocorreu no estado de Minas Gerais (14,31%), seguido pelos estados da região sul (MELLO, 2009).

**Tabela 1. Produção de uvas em alguns estados e no Brasil, nos anos de 2006 a 2008**

Estado	Produção (toneladas/ano)		
	2006	2007	2008
Pernambuco	155.783	170.326	162.977
Bahia	89.738	120.654	101.787
Minas Gerais	12.318	11.995	13.711
São Paulo	195.357	193.023	184.930
Paraná	95.357	99.180	101.500
Santa Catarina	47.787	54.554	58.330
Rio Grande do Sul	623.847	705.228	776.027
<b>Brasil</b>	<b>1.220.187</b>	<b>1.354.960</b>	<b>1.399.262</b>

Fonte: MELLO (2009).

A produção mundial de vinho foi de 28,40 bilhões de litros em 2006, sendo que a Europa é responsável por aproximadamente 61% da produção mundial. Os principais países produtores são Itália e França, seguidos por Espanha, Estados Unidos e Argentina. O Brasil ocupou a 16ª posição entre os principais países produtores de vinho no ano de 2006, segundo dados da Organização Internacional da Uva e do Vinho (OIV, 2009).

No Brasil a produção de vinhos e suco de uva está concentrada no estado do Rio Grande do Sul, responsável por cerca de 90% da produção, como pode ser visto na Tabela 2. Outros estados produtores são Santa Catarina, Minas Gerais, São Paulo e Pernambuco.

**Tabela 2. Produção de vinhos, sucos e derivados no estado do Rio Grande do Sul durante o período de 2005 a 2008**

Produto	Produção (L)			
	2005	2006	2007	2008
<b>Vinho de mesa</b>	<b>226.080.432</b>	<b>185.100.887</b>	<b>275.287.908</b>	<b>287.506.811</b>
Tinto	180.698.666	149.527.555	228.156.220	241.057.928
Branco	39.212.146	31.738.390	42.118.552	42.942.053
Rosado	6.169.620	3.809.942	5.013.136	3.506.830
<b>Vinho fino</b>	<b>45.453.898</b>	<b>32.168.976</b>	<b>43.176.484</b>	<b>47.334.502</b>
Tinto	25.409.805	18.868.108	24.786.071	27.583.032
Branco	20.012.363	13.249.969	17.598.428	18.812.571
Rosado	31.730	50.900	791.985	938.898
Suco de uva simples	9.798.024	13.946.491	10.147.037	11.817.941
Suco concentrado	97.566.220	87.073.025	97.112.643	115.073.230
Outros derivados	23.549.751	28.151.593	39.867.230	59.642.775
<b>Total</b>	<b>402.448.325</b>	<b>346.415.973</b>	<b>465.591.302</b>	<b>521.375.259</b>

Fonte: Adaptado de UVIBRA (2009).

Do total de uvas produzidas no Brasil em 2008, 50,6% foram destinados à elaboração de vinhos, sucos e outros derivados, sendo o restante destinado ao mercado de uva *in natura*. Verificou-se, em 2008, um aumento na produção de vinhos, sucos e derivados de 12,0%. Dentre os produtos, destacaram-se o suco concentrado com crescimento de 18,5% e o suco de uvas simples com incremento de 16,5%. Os vinhos

finos apresentaram acréscimo de 9,63% enquanto os vinhos de mesa cresceram 4,44%, em relação ao ano de 2007 (Tabela 2).

### **1.3. REGIÕES VINÍCOLAS DO BRASIL**

O Brasil possui vinhedos estabelecidos desde o extremo sul do País até regiões situadas muito próximas à linha do Equador. A viticultura é uma atividade tradicional em nove regiões brasileiras. Como zonas de viticultura temperada destacam-se as regiões da Fronteira, Serra do Sudeste e Serra Gaúcha, no estado do Rio Grande do Sul; a região do Vale do Rio do Peixe, em Santa Catarina; a região sudeste de São Paulo e sul de Minas Gerais. A região norte do Paraná é tipicamente subtropical. As regiões noroeste de São Paulo, norte de Minas Gerais e vale do submédio São Francisco caracterizam-se como zonas tropicais. Além desses, novos pólos produtores estão surgindo em diferentes regiões do País (PROTAS et al., 2006).

A viticultura mineira, com aproximadamente 1.000 ha de vinhedos, é conhecida pela produção de uvas para mesa (principalmente no pólo de Pirapora) e de variedades americanas para vinificação (região sulmineira de Caldas/Andradas) (EPAMIG, 2009). Entretanto, na última década, estudos realizados pela EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) indicam a viabilidade da produção de variedades viníferas no cerrado mineiro e na região cafeeira do sul do Estado (AMORIM et al., 2005; REGINA et al., 2006b; FAVERO et al., 2008).

### **1.4. UVAS**

#### **1.4.1. Variedades de uva**

As espécies de videira cultivadas visando à produção de uvas para processamento pertencem ao gênero *Vitis*. As uvas da espécie *Vitis vinífera* são utilizadas na produção de vinhos finos. As cultivares mais plantadas atualmente no Brasil são Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Merlot, Tannat, Pinot Noir e Syrah (tintas); e Chardonnay, Sauvignon Blanc, Riesling Itálico, Sémillon e Moscatos (brancas). As uvas da espécie

*Vitis labrusca* são utilizadas principalmente na elaboração de vinhos de mesa e sucos. As mais importantes no Brasil são Isabel, Bordô, Concord e Seibel, que são tintas; Niágaras, que são brancas e rosadas; e Courdec 13, que é branca. Outras cultivares das espécies *V. bourquina*, *V. riparia*, *V. rupestris* e *V. berlandieri* são utilizadas como porta-enxertos das espécies *vinífera*, *labrusca* e seus híbridos, conferindo, às mesmas maior resistência a pragas e doenças e, em alguns casos, maior longevidade às plantas (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

A cultivar Syrah é uma das mais antigas cultivadas. Algumas referências sugerem que seria originária de Schiraz, na Pérsia, outras, que seria nativa da Vila de Siracusa, na Sicília. Independentemente de sua origem, é cultivada na França há muito tempo, principalmente no Vale do Rhône. No Brasil, praticamente não é cultivada na Serra Gaúcha, devido à grande sensibilidade à podridão do cacho. Todavia, nas condições semi-áridas do nordeste, tem mostrado ótimo desempenho, como por exemplo, na região do Submédio São Francisco (CAMARGO, 2009). É uma casta muito vigorosa e produtiva, porém possui alta sensibilidade à podridão do cacho. Produz vinhos de coloração intensa, sabor pronunciado, com aroma de violetas, framboesas e groselhas. Os seus vinhos possuem grande potencial de envelhecimento (JACKSON, 2000).

#### **1.4.2. Composição da uva**

O cacho de uva é composto pelo engaço, parte herbácea e pelas bagas ou grãos. Na uva madura, o engaço representa 4 a 10% do peso total, sendo o restante representado pelas bagas. A baga, por sua vez, é constituída de casca ou película (20 a 40% do peso), sementes (2 a 8%) e polpa de 52 a 78% (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

A casca da uva é recoberta por uma camada fina de cera denominada pruína, que possui a função de proteger as células do grão contra o calor, a umidade e a penetração de microrganismos causadores de doença. A casca contém enzimas, água, aroma e alguns compostos fenólicos. Na superfície da casca, encontram-se leveduras e bactérias (AQUARONE et al., 2001).

A polpa constitui a parte principal do grão da uva sendo que seus principais constituintes são: água, açúcares (frutose, glicose), ácidos orgânicos (málico, cítrico, tartárico), compostos nitrogenados, compostos minerais (cálcio, potássio, ferro, fosfatos, sulfatos), enzimas, vitaminas, taninos e substâncias aromáticas (AQUARONE et al., 2001).

## **1.5. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ACOMPANHAMENTO DA MATURAÇÃO DAS UVAS**

Por maturação entende-se o período que vai do início de mudança de cor das bagas, ou pintor, à colheita, no qual ocorre a evolução nos teores de açúcares, ácidos e compostos fenólicos das bagas. Durante o processo de maturação, os teores de açúcares aumentam, alcançando valores de aproximadamente 170 a 230 g/L; os de ácidos diminuem para valores de aproximadamente 75 a 110 meq/L (pH 3,6 a 3,4); as antocianinas acumulam-se; e os taninos variam em função de sua estrutura e de sua origem (AMORIM et al., 2006).

O acompanhamento da maturação e a definição da colheita em época adequada são etapas fundamentais para a obtenção de um vinho de qualidade. As condições de maturação da uva variam de safra para safra, razão pela qual o seu acompanhamento deve repetir-se ano a ano. A uva destinada à elaboração de vinhos deve ser colhida segundo critérios que determinam o ponto ótimo de maturação, visando à obtenção de vinhos de qualidade. Esses critérios podem constituir a determinação do teor de açúcar, a determinação do teor em ácidos, empregado junto do teor de açúcar ou, ainda, a determinação dos teores de açúcares, ácidos e polifenóis (GUERRA & ZANUS, 2003).

### **1.5.1. Açúcares**

Os açúcares contidos na uva são representados principalmente pela glicose e frutose, além de uma pequena quantidade de sacarose e de algumas pentoses, como a arabinose. Esses açúcares têm origem na própria planta (raízes, tronco), na atividade fotossintética e de transformação do ácido málico (MOTA et al., 2006).

A relação glicose/frutose varia no decorrer da maturação da uva, sendo que no início da maturação a glicose predomina amplamente. À medida que a maturação avança, a relação glicose/frutose diminui, chegando a um ponto em que os teores dos dois açúcares se equivalem. É a chamada maturação tecnológica. Na sobrematuração, os teores de frutose passam a ser maiores que os de glicose (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

No Brasil, os açúcares são medidos em escala de graus Babo ou em escala de graus Brix, que representam os teores de sólidos solúveis totais (SST) na amostra, 90% dos quais são açúcares (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

Segundo BLOUIN & GUIMBERTEAU (2004), no início da maturação, o teor de sólidos solúveis totais nas bagas é baixo, porque o açúcar sintetizado pela videira é destinado a outras partes da planta, porém, com a evolução da maturação, ocorre uma mudança nas vias de acúmulo de açúcar e estas se direcionam para as bagas, o que leva a um grande acúmulo de açúcar nas mesmas, atingindo valores máximos próximo à colheita. Entretanto, muitas vezes, a tendência é que os teores de sólidos solúveis totais sejam reduzidos, por causa do processo de senescência do fruto.

O critério mais utilizado para a determinação do ponto de colheita das uvas é o teor de açúcares. Isto porque o vinho é o produto da transformação do açúcar da uva em álcool e em produtos secundários. Para a obtenção de 1 °GL de álcool, são necessários 18 g de açúcar por litro de uva. A legislação brasileira determina que os vinhos de mesa devam ter entre 10 °GL e 13 °GL de álcool e proíbe qualquer adição de álcool aos mesmos. No caso de colheita de uvas com baixo teor de açúcares, a legislação permite o acréscimo de açúcar, em quantidade suficiente para gerar, no máximo, 3 °GL de álcool e enquadrar-se na faixa adequada (MOTA et al., 2006).

### **1.5.2. Ácidos**

Os principais ácidos da uva são o tartárico, o málico e o cítrico. Estes ácidos podem ser quantificados por meio de titulação com hidróxido de sódio e a acidez total titulável (AT) resultante pode ser expressa como equivalentes de ácido tartárico (JACKSON & LOMBARD, 1993).

Nas bagas em crescimento, observa-se um incremento progressivo no conteúdo de ácidos até quando as bagas chegam a ter, aproximadamente, a metade do seu tamanho total, pouco antes de iniciar a maturação. A partir da maturação, ocorre redução da acidez (MOTA et al., 2006).

A evolução da acidez total titulável está relacionada ao fato dos principais ácidos das videiras, o tartárico e o málico, serem sintetizados pelas folhas e pelas bagas ainda verdes. Por isso, no início da maturação, as bagas apresentam elevada acidez total e, com a evolução da maturação, a demanda por energia aumenta e para suprir essa

necessidade muitas vezes os ácidos são utilizados como fonte de energia na respiração celular (BLOUIN & GUIMBERTEAU, 2004). Além disso, fatores como a diluição dos ácidos orgânicos devido ao aumento do tamanho da baga e a migração de bases, principalmente das raízes, com conseqüente neutralização dos ácidos orgânicos também contribuem para uma redução na acidez (RIZZON et al., 2000).

O teor de ácidos é outro critério de mensuração da maturação da uva, sendo normalmente empregado juntamente com o teor de açúcar. O balanço entre os teores de açúcar e de acidez confere ao vinho um equilíbrio gustativo determinante para sua qualidade geral (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

### **1.5.3. pH**

O aumento gradual do pH da uva durante a maturação reflete a formação de sais ácidos às custas dos ácidos livres. A relação entre sais ácidos e ácidos livres é influenciada pela quantidade total de calor efetivo durante a maturação (MOTA et al., 2006).

O pigmento das uvas tintas é influenciado pela acidez e pH das uvas. A cor é roxa e brilhante no fruto com acidez moderada a alta e de baixo pH, e tende a ser azulada e escura em frutos com baixa acidez (MOTA et al., 2006).

Em regiões de clima quente, os níveis adequados de sólidos solúveis são típicos, mas torna-se crucial evitar um aumento excessivo do pH (diminuição da acidez). Assim, a colheita pode ser programada para evitar valores de pH superiores a 3,3 para os vinhos brancos e 3,5 para os vinhos tintos (JACKSON, 2000).

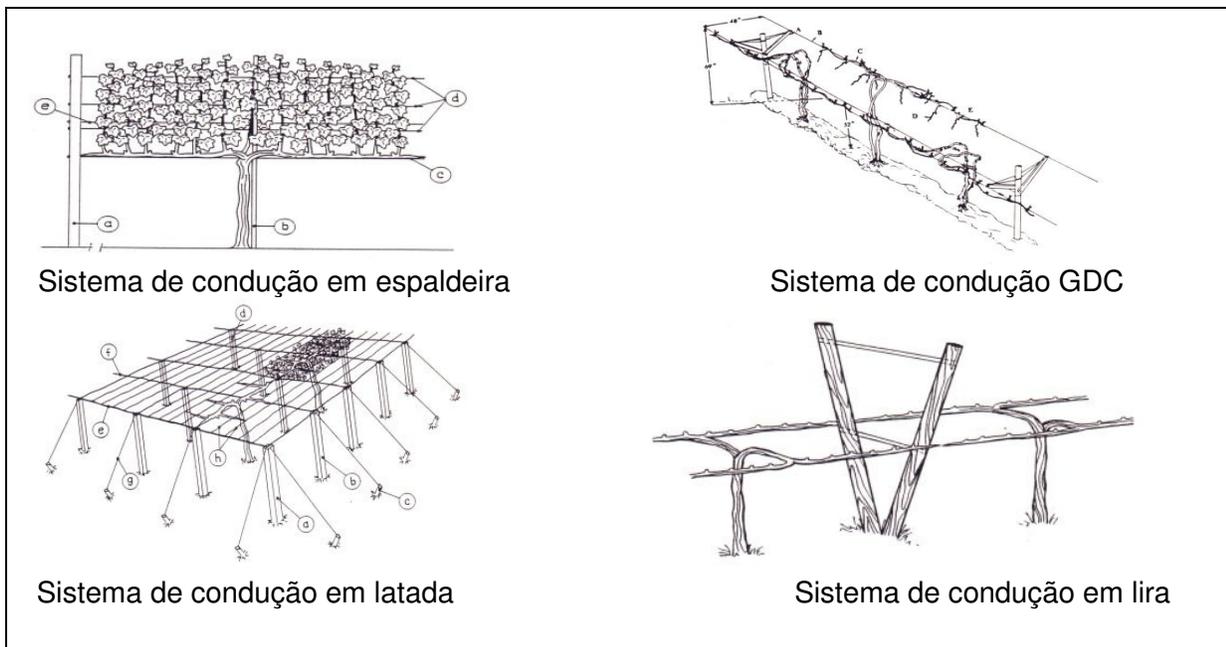
## **1.6. SISTEMAS DE CONDUÇÃO DA VIDEIRA**

A videira é uma planta que se adapta a uma grande diversidade de arquiteturas. A distribuição espacial do dossel vegetativo, do tronco e dos ramos, aliada a outras variáveis como altura do tronco, densidade de plantas e orientação das linhas de plantio constituem o sistema de condução da videira (NORBERTO et al., 2008).

A escolha do sistema de condução mais adequado em viticultura deve levar em conta diversos aspectos tais como topografia, clima, destino da produção e disponibilidade de mecanização (NORBERTO et al., 2008).

Há vários sistemas de condução em utilização no mundo. O mais difundido é o espaldeira, mas há outros que foram desenvolvidos e apresentam potencial para a produção de uva para vinho e suco de uva, como o lira e o GDC (dupla cortina de Geneva). No sul do Brasil, os sistemas de condução mais utilizados são o latada e o espaldeira. O sistema de condução em lira vem sendo estudado e, juntamente com o sistema GDC, tem potencial para ser adotado. Na Figura 1 são apresentados alguns sistemas de condução da videira.

Um dos princípios básicos de diferenciação dos inúmeros sistemas de condução existentes são as formas de orientação da vegetação anual (ramos, folhas e frutos) que podem ser classificados em vertical (espaldeiras), horizontal (pérgola ou latada), oblíqua (lira) ou retombante (GDC), cada um com incidência direta e específica sobre a luminosidade e a temperatura da vegetação das plantas (REGINA et al., 1998).



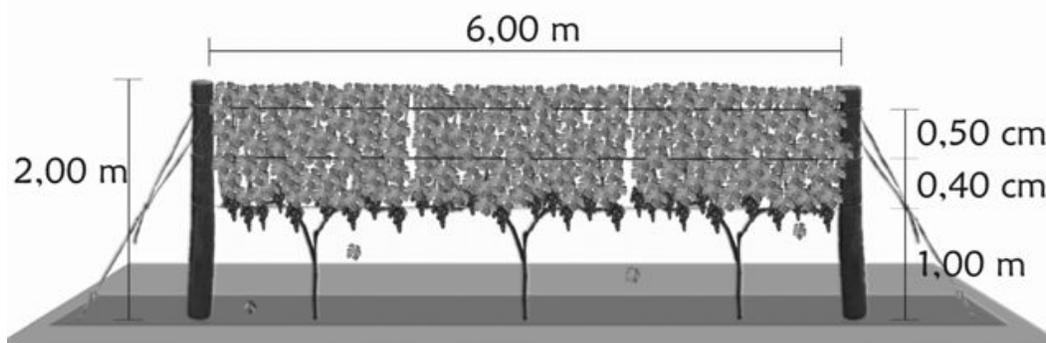
**Figura 1.** Esquema de alguns sistemas de condução da videira.  
Fonte: MIELE & MANDELLI (2009).

O sistema de condução pode afetar significativamente o crescimento vegetativo da videira, a produtividade do vinhedo e a qualidade da uva e do vinho. A condução do vinhedo permite, para um mesmo cultivar e um ambiente determinado, regular os fatores ambientais e as respostas fisiológicas para a obtenção de um produto desejado (MIELE & MANDELLI, 2009).

O sombreamento tem efeito significativo na composição final do fruto. No início da maturação, o sombreamento reduz a concentração de açúcar no fruto, a relação glicose/frutose e os teores de polifenóis e de antocianinas. Por outro lado, ocorre aumento na concentração dos minerais (sódio, potássio, cálcio e magnésio) e no pH. Esta elevação é diretamente proporcional ao aumento do sombreamento causado pelo excesso de folhas do dossel vegetativo. Uma adequada exposição dos frutos à radiação solar é fator determinante para a melhoria da composição da uva e do potencial qualitativo do vinho. O acúmulo de polifenóis e a qualidade aromática da uva são fortemente atribuídos ao microclima das folhas e dos cachos dependendo, principalmente, do equilíbrio da superfície foliar do dossel vegetativo (MANFROI et al., 2006).

### 1.6.1. Sistema de condução em espaldeira

A espaldeira é o sistema de condução vertical com apenas um plano de vegetação, no qual a folhagem emitida pelos braços das plantas deve ser sustentada por dois a três fios de arame (Figura 2). Dos sistemas normalmente empregados no Brasil, este é o que apresenta menor custo e maior facilidade de instalação (REGINA et al., 1998).



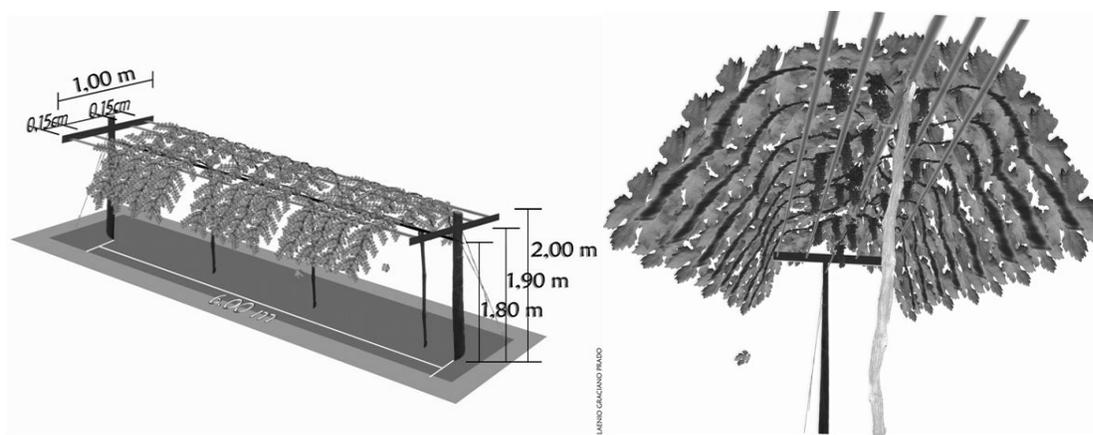
**Figura 2.** Esquema do sistema de condução da videira em espaldeira.

O sistema em espaldeira tem como vantagens o fato de ter baixo custo, facilidade de implantação e adaptar-se bem ao hábito vegetativo da maior parte das viníferas. Também tornam mais fáceis as operações mecanizadas, como remoção de folhas, pulverizações dos cachos e desponte de ramos. Apresenta como desvantagens a tendência ao sombreamento, a densidade elevada dos ramos, podendo apresentar baixa produtividade, em função da distância do dossel vegetativo (MIELE & MANDELLI, 2009).

### 1.6.2. Sistema de condução em GDC

O sistema de condução GDC foi desenvolvido na Estação Experimental de Geneva, Estado de Nova York, EUA, em 1960, e os primeiros experimentos em áreas de produtores foram implantados em 1964. A sigla GDC significa dupla cortina de Geneva, e faz referência à aparência da vegetação descendente formada a partir dos dois arames de sustentação (SMART & ROBINSON, 1991).

Caracteriza-se por apresentar duas cortinas verticais paralelas, com as bases na parte superior e os ramos posicionados para baixo. Este sistema foi desenvolvido para aumentar a produtividade da videira, quando comparada àquelas conduzidas em espaldeira, melhorar a qualidade do fruto e facilitar a colheita mecânica. As plantas são conduzidas em cordão esporonado, com os esporões voltados para o lado de fora e para baixo (Figura 3). As fileiras são distanciadas 2,70 m e as plantas 1,80 m, conforme a cultivar e o vigor da planta (MIELE & MANDELLI, 2009).



**Figura 3.** Esquema do sistema de condução da videira em GDC.

As principais vantagens do sistema GDC são: maior produtividade do vinhedo, boa adaptação para a colheita mecânica, bom posicionamento dos ramos e boa exposição das gemas à radiação solar, melhora na qualidade da uva e do vinho e, em relação à espaldeira, obtenção de mosto com pH mais baixo, cor e polifenóis totais mais elevados.

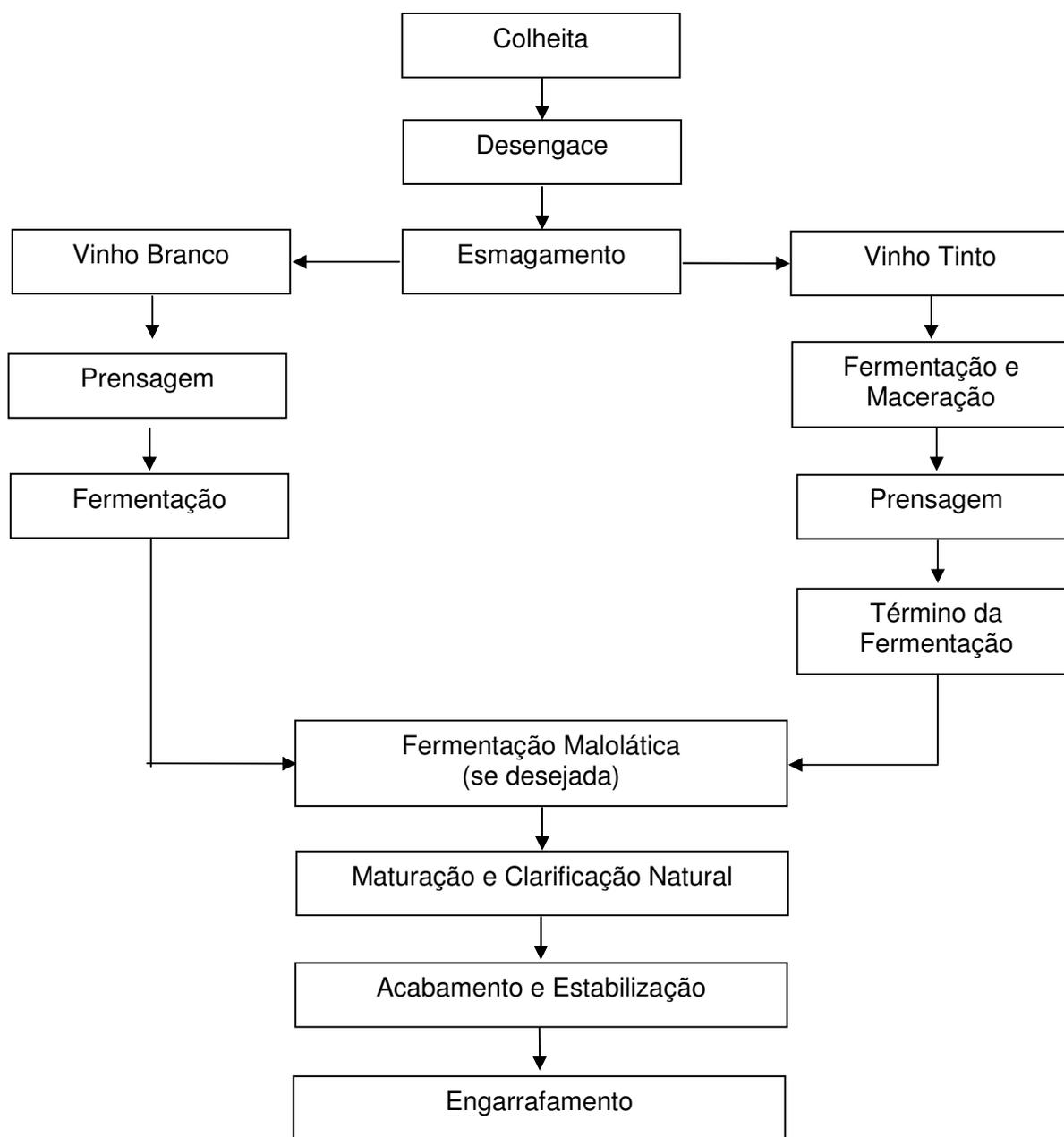
A desvantagem deste sistema de condução é a dificuldade em posicionar os esporões e os ramos para baixo. Se o sistema de sustentação não dispuser de travessas móveis e, eventualmente, poderá ocorrer exposição exagerada dos frutos ao sol e, em algumas cultivares, poderão surgir ramos ladrões nos cordões bem expostos que devem ser controlados para evitar a superprodução (MIELE & MANDELLI, 2009).

## **2. PRODUÇÃO DO VINHO**

Pode-se dizer que o vinho começa a ser produzido no vinhedo, sendo importante o adequado manejo agrônômico e o acompanhamento da maturação das uvas, bem como os cuidados durante a colheita (AMORIM et al., 2006). A vinificação inicia-se formalmente quando as uvas chegam à vinícola. O fluxograma com as etapas básicas para a obtenção de vinhos é mostrado na Figura 4. O primeiro estágio no processo de produção do vinho é a colheita das uvas, que pode ser feita por máquinas ou manualmente (JACKSON, 2000).

Na vinícola, a primeira etapa envolve a remoção das folhas e de qualquer material estranho das uvas. A fruta é então desengaçada e esmagada para liberar o suco e iniciar o processo de fermentação, que pode ser ou não acompanhado pela maceração. Durante a maceração, o mosto é fermentado com o bagaço (cascas e sementes). Nesta etapa são extraídos os compostos fenólicos presentes das sementes e cascas. Inicialmente, a maceração é induzida pela ação de enzimas hidrolíticas liberadas a partir da ruptura das células durante o esmagamento (JACKSON, 2000).

Para vinhos brancos normalmente não se utiliza a etapa de maceração. Os cachos são prensados em prensa pneumática e o mosto liberado é transferido para os tanques de fermentação. Para vinhos tintos, a maceração é prolongada e ocorre simultaneamente com a fermentação alcoólica. O álcool gerado no processo de fermentação favorece a extração das antocianinas e promove a liberação de taninos das sementes e cascas (JACKSON, 2000).



**Figura 4.** Fluxograma básico da produção de vinho.  
 Fonte: Modificado de JACKSON (2000).

Após a fermentação parcial ou completa, é feita a separação do líquido permitindo que este escoe livremente sob ação da gravidade. Esta operação é denominada descuba. Posteriormente à descuba, realiza-se a prensagem do bagaço que permite a extração de 10 a 15% de vinho retido nos interstícios das partes sólidas. O produto obtido pela

prensagem é denominado vinho prensa e pode ser incorporado ao vinho obtido livremente em proporções determinadas pelo tipo e estilo de vinho desejado (JACKSON, 2000).

A fermentação é realizada por leveduras selecionadas, secas e ativas das espécies *Saccharomyces cerevisiae* ou *Saccharomyces bayanus*. Estas leveduras são utilizadas em detrimento às leveduras nativas para se ter melhor controle da fermentação, pois possuem maior capacidade de formação de etanol, maior resistência ao dióxido de enxofre (conservante e antioxidante utilizado em todas as etapas de vinificação) sendo que algumas podem, em casos especiais, ressaltar as características de aroma e sabor das variedades de *Vitis vinifera*.

A fermentação alcoólica pode ser dividida em duas fases: tumultuosa e lenta. A fase tumultuosa caracteriza-se pela grande atividade das leveduras, gerando elevação da temperatura e grande liberação de gás carbônico que desloca, na vinificação em tinto, a fração sólida para a parte superior do tanque. Na fase lenta, a intensidade da fermentação diminui gradativamente, devido à redução no teor de açúcar e aos teores crescentes de álcool, que limitam o desenvolvimento das leveduras. A fermentação lenta dura de 10 a 30 dias (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

Após o término da fermentação alcoólica, o vinho pode sofrer uma segunda fermentação denominada de fermentação malolática. Esta consiste na descarboxilação do ácido málico com a conseqüente formação do ácido lático, por meio das bactérias lácticas. De maneira geral, os vinhos tintos são beneficiados com esta fermentação, ao adquirirem maior complexidade aromática, suavidade e maciez gustativa. Entretanto, esta é indesejável na maioria dos vinhos brancos, para os quais uma acidez mais pronunciada realça o aroma e equilibra o sabor do produto (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

Ao término da fermentação malolática, é realizada a trasfega do vinho, que consiste em transferir o vinho de um recipiente para outro, visando separá-lo dos sólidos insolúveis que sedimentam no fundo do tanque ao final da fermentação. Esta etapa pode contribuir também, em alguns casos, para a aeração do vinho reequilibrando seu potencial de óxido-redução (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

A estabilização é a fase que sucede as fermentações alcoólica e malolática. Nesta etapa, diversos elementos originados da uva ou da autólise das leveduras são neutralizados e/ou induzidos à sedimentação por intermédio de métodos químicos ou físicos (GUERRA & BARNABÉ, 2005). A clarificação consiste em retirar do vinho substâncias em suspensão. Além disso, posteriormente às fermentações ocorre a

sedimentação, isto é, a autoclarificação. A clarificação do vinho pode ser melhorada pela adição de agentes clarificantes, seguida de uma filtração. Os agentes clarificantes se ligam ou absorvem os compostos a serem retirados, sendo os mais comumente usados a bentonite, a polivinilpolipirrolidona (PVPP), o carvão ativado, a caseína, a gelatina, o dióxido de silicone e a clara de ovo (JACKSON, 2000).

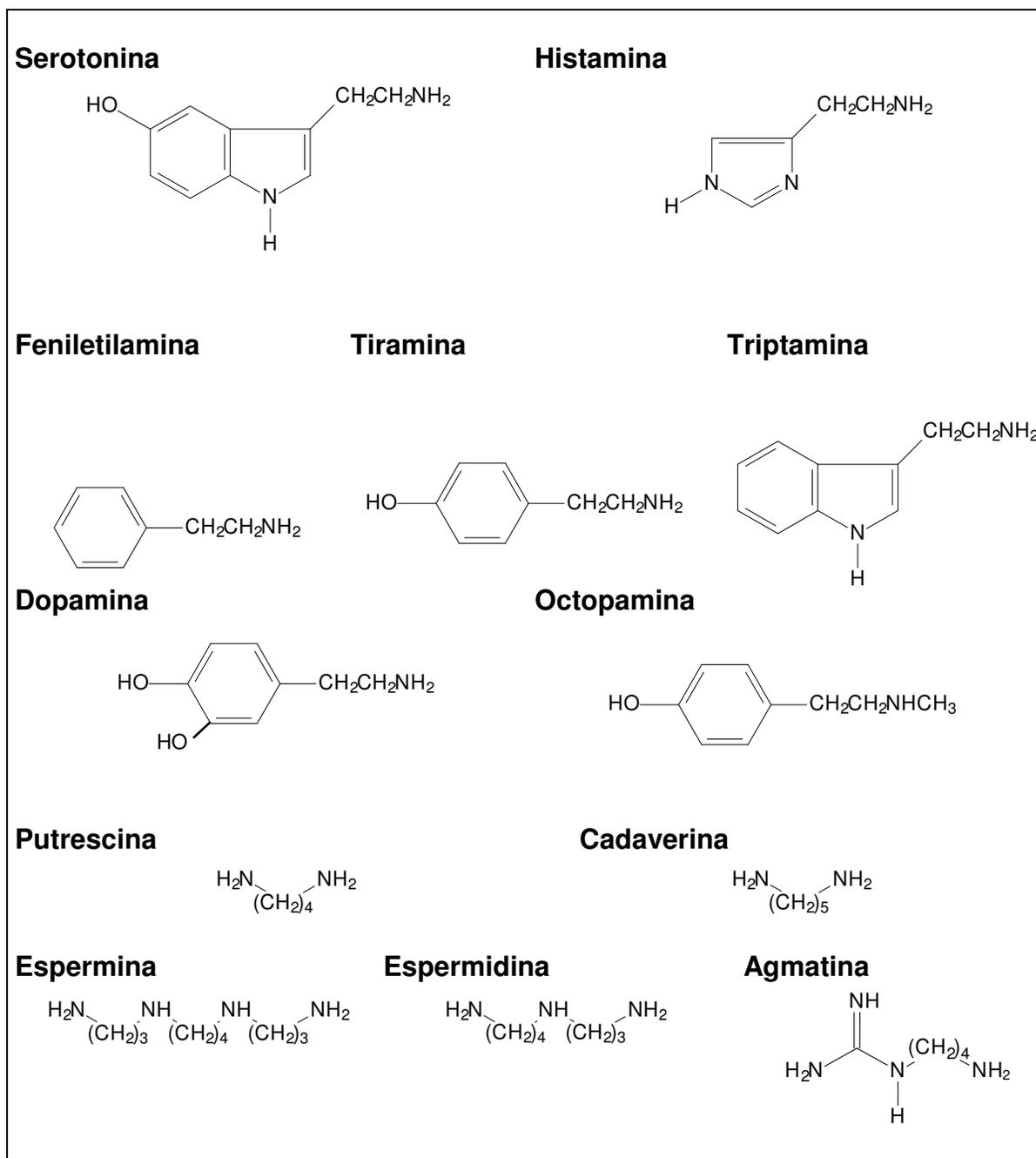
Os vinhos são comumente resfriados e filtrados para acentuar a clarificação e permitir maior estabilidade. No engarrafamento, é adicionada uma pequena dose de dióxido de enxofre ao vinho para limitar a oxidação e a deterioração microbiana. A sulfitação dos vinhos tintos deve atingir valores de SO<sub>2</sub> livre em torno de 30 mg/L e, nos vinhos brancos, de 40 mg/L (GUERRA & BARNABÉ, 2005).

### **3. AMINAS BIOATIVAS**

#### **3.1. DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E FUNÇÕES**

Aminas bioativas são compostos nitrogenados de baixo peso molecular nos quais um, dois ou três átomos de hidrogênio da amônia são substituídos por grupos alquila ou arila. As aminas são formadas durante os processos metabólicos normais em todos os organismos vivos e, portanto, estão presentes nos alimentos (BARDÓCZ, 1995).

As aminas bioativas podem ser classificadas em função do número de grupamentos amina, da estrutura química, da biossíntese e das funções fisiológicas. Quanto ao número de grupamentos amina, podem ser classificadas em monoaminas (tiramina e feniletilamina), diaminas (histamina, serotonina, triptamina, putrescina e cadaverina) ou poliaminas (espermidina, espermina e agmatina). Quanto à estrutura química, classificam-se em alifáticas (putrescina, cadaverina, espermina, espermidina e agmatina), aromáticas (tiramina e feniletilamina) ou heterocíclicas (histamina, triptamina e serotonina). A classificação mais amplamente usada divide as aminas em poliaminas e aminas biogênicas. As poliaminas desempenham papel importante no crescimento, enquanto as aminas biogênicas são neuro ou vasoativas (BARDÓCZ, 1995; GLÓRIA, 2005). Na Figura 5, a estrutura química de algumas aminas bioativas encontra-se representada.



**Figura 5.** Estrutura química das aminas bioativas.  
 Fonte: GLÓRIA & VIEIRA (2007).

As poliaminas espermina e espermidina são componentes indispensáveis de todas as células vivas. As poliaminas apresentam várias interações eletrostáticas com macromoléculas, especialmente DNA, RNA e proteínas, e estão envolvidas na regulação e estimulação de suas sínteses. Estimulam a diferenciação celular, interagindo e moldando vários sistemas intracelulares. São importantes na permeabilidade e estabilidade das membranas celulares e reduzem a permeabilidade da mucosa a macromoléculas e

proteínas alergênicas, prevenindo alergias alimentares (DROLET et al., 1986; BARDÓCZ, 1995; LOSER, 2000).

De acordo com DROLET et al. (1986) e BARDÓCZ (1995), a espermina e a espermidina, assim como as diaminas putrescina e cadaverina, são eficientes sequestrantes de radicais livres em numerosos sistemas enzimáticos químicos e *in vitro*. Podem inibir a peroxidação de lipídeos e prevenir a senescência. Um resumo da importância fisiológica das aminas bioativas está descrito na Tabela 3.

Em plantas de grande porte, as poliaminas estão envolvidas em diversos processos fisiológicos, incluindo morfogêneses, enraizamento, floração e senescência (SHIOZAKI et al., 2000). As poliaminas podem ser usadas como fonte de nitrogênio orgânico e desempenhar um papel crítico em diversos processos, entre eles, o crescimento da raiz, o controle do pH intracelular, o desenvolvimento da flor e do fruto e a resposta ao estresse abiótico como, por exemplo, deficiência de potássio, choque osmótico, estiagem e infecção patogênica. Poliaminas são também importantes na síntese de metabólitos secundários de interesse biológico, como por exemplo, nicotina e alcalóides (FLORES et al., 1989; WALTERS, 2003). Estão associadas à parede celular e membranas, regulam a pectinesterase e a ligação com a pectina, retardando o amolecimento do fruto e seu envelhecimento (LEITING & WICKER, 1997). O efeito firmador das poliaminas é similar ao do cloreto de cálcio, e pode estar relacionado à sua habilidade de ligação entre a parede celular e membranas, estabilizando-as, ou por tornar a parede celular menos acessível a enzimas responsáveis pelo seu amadurecimento (BOUCHEREAU et al., 1999).

As aminas neuroativas, como a histamina e a serotonina, afetam o sistema nervoso pela atuação na transmissão neural no Sistema Nervoso Central. As aminas vasoativas atuam diretamente ou indiretamente no sistema vascular. Aminas vasoconstritoras – tiramina, triptamina e feniletilamina – causam aumento na pressão sanguínea pela constrição do sistema vascular e aumentam a frequência cardíaca e a força da contração cardíaca. A histamina é um forte dilatador capilar e pode produzir efeitos hipotensivos. Esta amina também media primariamente e imediatamente sintomas em respostas alérgicas. A serotonina é um vaso e broncoconstritor e encontra-se envolvida na regulação de inúmeras funções importantes, incluindo sono, sede, fome, humor e atividade sexual (GLÓRIA, 2005).

**Tabela 3.** Funções metabólicas e fisiológicas de aminos bioativas

<b><i>Aminas Bioativas</i></b>	<b><i>Funções</i></b>
Espermidina Espermina	<ul style="list-style-type: none"><li>- Regulação e estimulação da síntese de DNA, RNA e proteínas</li><li>- Estimulação da diferenciação celular</li><li>- Permeabilidade e estabilidade das membranas celulares</li><li>- Sequestrantes de radicais livres</li><li>- Manutenção da alta atividade metabólica de um intestino saudável funcionando normalmente</li><li>- Redução da permeabilidade da mucosa a macromoléculas e prevenção de alergias alimentares</li><li>- Processos fisiológicos em plantas superiores: crescimento da raiz, embriogênese somática, controle do pH intracelular, desenvolvimento da flor e fruto, resposta a estresse abiótico, síntese de metabólitos secundários, senescência, resposta da planta a patógenos</li></ul>
Putrescina Cadaverina	<ul style="list-style-type: none"><li>- Recicladores de radicais livres</li></ul>
Histamina	<ul style="list-style-type: none"><li>- Forte dilatador capilar</li><li>- Efeito hipotensivo</li><li>- Psicoativa</li><li>- Efeito protetor a predadores</li></ul>
Serotonina	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vaso e broncoconstritor</li><li>- Neurotransmissor</li><li>- Efeito protetor a predadores</li></ul>
Tiramina Triptamina Feniletilamina	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aminas vasoconstritoras</li><li>- Precursoras de compostos com significância biológica</li></ul>
Aminas conjugadas (ácido cinâmico)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Agentes antivirais e antifúngicos</li><li>- Crescimento da planta e processo de desenvolvimento</li><li>- Resposta da planta a patógenos</li></ul>

Fonte: GLÓRIA & VIEIRA (2007).

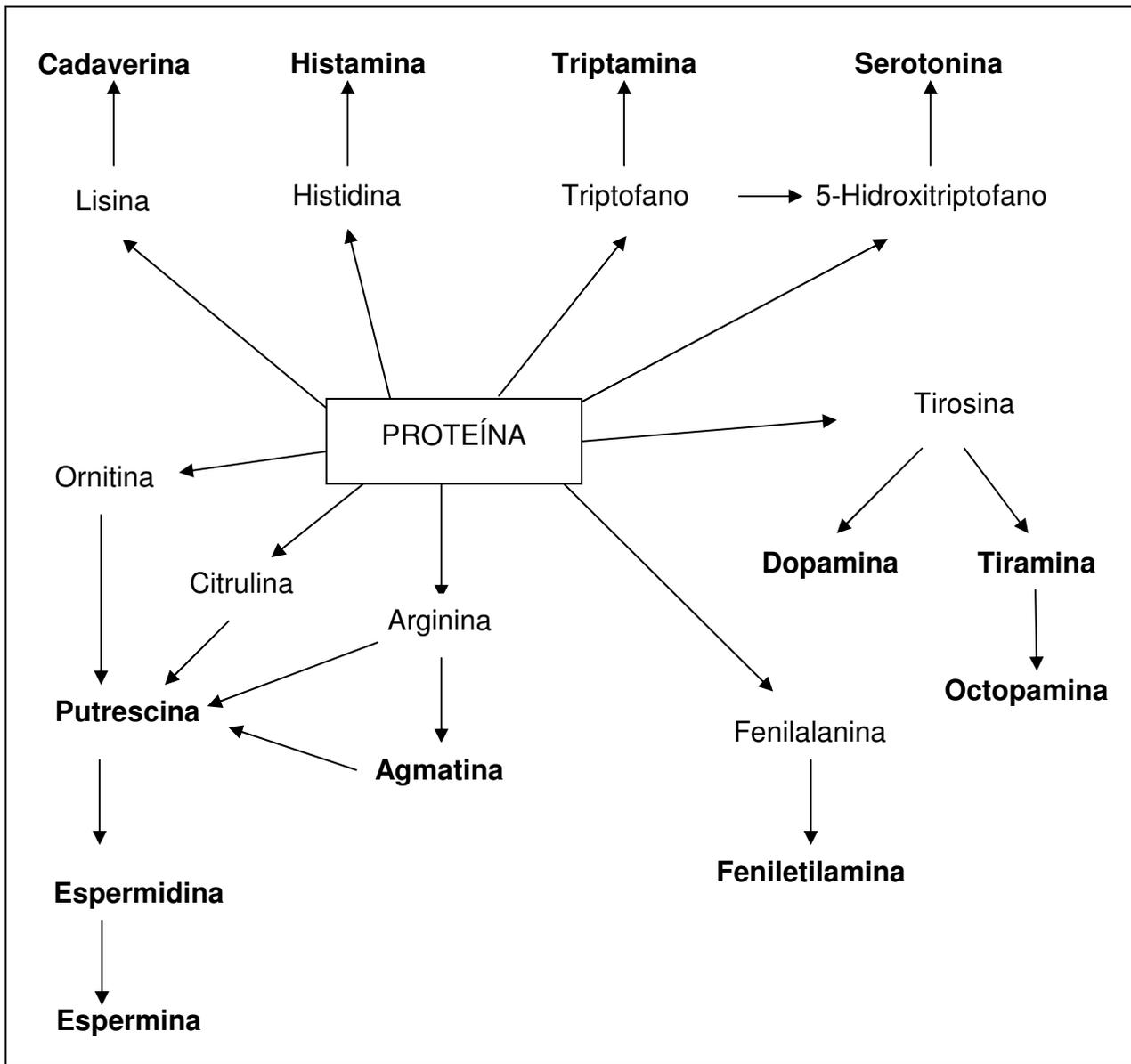
### 3.2. FORMAÇÃO

As aminas são formadas por transaminação de aldeídos ou cetonas, hidrólise de substâncias nitrogenadas, decomposição térmica ou descarboxilação de aminoácidos, sendo esta última a principal via de formação. A descarboxilação de aminoácidos ocorre pela remoção do grupo  $\alpha$ -carboxila formando a amina correspondente (SHALABY, 1996).

A síntese das aminas biogênicas histamina, tiramina, triptamina, feniletilamina e cadaverina ocorre por meio da descarboxilação dos aminoácidos precursores histidina, tirosina, triptofano, fenilalanina e lisina, respectivamente. Na síntese da serotonina, o triptofano é transformado pela triptofano hidrolase em 5-hidroxitriptofano, que é descarboxilado pela aminoácido aromático descarboxilase em 5-hidroxitriptamina ou serotonina. Tirosina é o precursor de aminas fenólicas como octopamina e dopamina (GLÓRIA, 2005). Na Figura 6 estão representadas as vias metabólicas para a formação das aminas bioativas.

A descarboxilação de aminoácidos pode ser resultado de elevadas temperaturas ou de enzimas microbianas. Os pré-requisitos para formação de aminas são a disponibilidade de aminoácidos livres, altas temperaturas de processamento, presença de microrganismos descarboxilase positivos e condições favoráveis para o crescimento microbiano e a atividade descarboxilante. Aminoácidos livres ocorrem normalmente em alimentos, mas também podem ser liberados das proteínas como resultado de atividade proteolítica ou degradação térmica. Microrganismos descarboxilase positivos podem fazer parte da população associada ao alimento ou podem ser introduzidos por contaminação antes, durante ou após o processamento. A adição de cultura pode também favorecer a formação de aminas biogênicas (HALÁSZ et al., 1994; GLÓRIA, 2005).

A produção de aminas por bactérias é influenciada pelo pH, temperatura, tensão de oxigênio, presença de vitaminas e cofatores, disponibilidade de aminoácidos livres e açúcares fermentáveis. Em valores de pH 2,5 a 6,5, a produção de aminas por bactérias é estimulada como proteção contra a acidez do meio (LUCAS et al., 2003; GONZÁLEZ-MARCO & ANCÍN-AZPILICUETA, 2006b). A atividade descarboxilante depende da fase de crescimento dos microrganismos, sendo maior na fase estacionária. Com relação à temperatura, decarboxilases são mais ativas em temperaturas inferiores a 30 °C e não possuem ação acima de 40 °C. No entanto, em temperatura de 0 a 10 °C, a atividade descarboxilante dependerá do microrganismo presente (HALÁSZ et al., 1994).



**Figura 6.** Vias metabólicas para a formação das aminas bioativas.  
 Fonte: GLÓRIA & VIEIRA, 2007.

A síntese de poliaminas é um processo mais complexo, apesar dos primeiros passos também incluírem uma reação de descarboxilação. Em plantas e alguns microrganismos, a primeira etapa envolve a descarboxilação da ornitina a putrescina pela ornitina descarboxilase. Uma via alternativa para a produção de putrescina é pela arginina via agmatina pela arginina descarboxilase e pela citrulina. A putrescina é obrigatoriamente

um intermediário na síntese de poliaminas (FLORES et al., 1989; BARDÓCZ, 1995; WALTERS, 2003; GLÓRIA, 2005).

Na síntese da espermidina, um grupo aminopropil derivado da metionina é adicionado à putrescina, via S-adenosilmetionina (SAM), e este mesmo grupo é adicionado à espermidina para formar a espermina. As enzimas espermidina e espermina sintases e SAM descarboxilase participam destas reações (FLORES et al., 1989; WALTERS, 2003).

### **3.3. METABOLISMO E ASPECTOS TOXICOLÓGICOS**

As aminas bioativas normalmente não representam perigo para a saúde a não ser que grandes quantidades sejam ingeridas ou que o mecanismo natural para o catabolismo de uma ou mais aminas seja inibido ou esteja geneticamente deficiente. Indivíduos saudáveis podem metabolizar aminas presentes nos alimentos por acetilação e oxidação. Aminas biogênicas são oxidadas pelas monoaminoxidases (MAO) e diaminoxidases (DAO). Poliaminas em geral são primeiramente acetiladas e depois oxidadas pelas poliaminoxidases (PAO) (GLÓRIA, 2005).

Indivíduos com problemas respiratórios, coronarianos, hipertensão ou deficiência de vitamina B12 são sensíveis a baixas doses de aminas biogênicas (BRINK et al., 1990; HALÁSZ et al., 1994) assim como aqueles em tratamento com drogas inibidoras da MAO (BARDÓCZ, 1995). Pacientes em tratamento com essas drogas podem também ser afetados, uma vez que estas podem impedir o catabolismo de aminas. Os inibidores de MAO e DAO são usados no tratamento de estresse, depressão, doenças de Alzheimer e Parkinson, tuberculose, malária, síndrome do pânico e fobia social (FUZIKAWA et al., 1999; GLÓRIA, 2005).

As principais aminas biogênicas envolvidas em episódios de intoxicação são: histamina, tiramina, putrescina, cadaverina, feniletilamina e triptamina. Na Tabela 4 encontram-se descritos os principais efeitos tóxicos produzidos pelas aminas bioativas.

**Tabela 4.** Efeitos tóxicos das aminas bioativas

<b>Efeitos tóxicos</b>	<b>Aminas envolvidas</b>	<b>Sintomas</b>
Intoxicação histamínica	Histamina  (efeito tóxico potencializado pela putrescina, cadaverina, espermina, triptamina, tiramina, feniletilamina e álcool)	<b>Gastrointestinal:</b> náusea, vômito, diarreia, cólica abdominal <b>Neurológico:</b> dor de cabeça pulsante, palpitação, rubor facial e no pescoço, coceira, pulsação rápida e fraca, tontura e fraqueza, formigamento <b>Hemodinâmico:</b> hipotensão, dilatação capilar <b>Cutâneo:</b> erupção, urticária, edema, inflamação localizada <b>Casos severos:</b> bronco espasmo, sufocação, respiração difícil
Intoxicação por tiramina	Tiramina	Dor de cabeça, febre, aumento na pressão sanguínea, vômito, transpiração, dilatação da pálpebra e pupilas, salivação, lacrimação, respiração aumentada, palpitação e dispnéia
Intoxicação por tiramina e feniletilamina (Reação com queijo) ou crise hipertensiva	Tiramina Feniletilamina	Crise hipertensiva, dor de cabeça severa, hemorragia cerebral, seqüela neurológica, deficiência cardíaca, edema pulmonar, alterações na visão, palpitação, náusea, sudação, vômito, contração muscular, excitação, confusão mental, pressão sanguínea alta, febre e transpiração Associada a pacientes medicados com MAOI <sup>1</sup>
Enxaqueca	Tiramina Feniletilamina Triptamina Serotonina	Dor de cabeça pulsante e ataque de enxaqueca

<sup>1</sup> MAOI – inibidor da monoaminoxidase.

Fonte: GLÓRIA &amp; VIEIRA (2007).

A histamina é a amina biogênica mais estudada, sendo comumente usada como indicador do frescor e da qualidade em muitos alimentos. Alguns sintomas apresentados na intoxicação histamínica incluem urticária, coceira, inflamação localizada, edema, náusea, vômito, diarreia, dor abdominal, hipotensão, dor de cabeça, rubor e taquicardia. Em casos severos, bronco espasmos, sufocação e respiração difícil são reportados. A

recuperação em geral ocorre oito horas após a ingestão dessa amina (TAYLOR, 1986; SHALABY, 1996; GLÓRIA, 2005).

Tiramina, triptamina e feniletlanina são vasoconstritoras. Tiramina tem ação vasoconstritora devido ao fato de liberar noradrenalina, a qual aumenta a pressão arterial. A tiramina pode também dilatar as pupilas, causando lacrimação, promover salivação, febre, vômito, dor de cabeça e aumento na frequência respiratória e no teor de glicose do sangue. Quando alimentos ricos em tiramina são consumidos, aproximadamente 30% dos indivíduos com enxaqueca clássica podem apresentar crise (GLÓRIA & VIEIRA, 2007). A feniletlanina, de forma similar à tiramina, provoca uma elevação na pressão sanguínea, mas neste caso isto se deve à liberação de norefedrina (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2008).

A triptamina tem ação farmacológica similar à tiramina. Altos níveis podem exercer efeitos diretos na musculatura lisa, causar dor de cabeça e aumentar a pressão sanguínea pela constrição do sistema vascular. A putrescina e a cadaverina têm menor atividade farmacológica do que as aminas aromáticas, podendo, no entanto, potencializar o efeito tóxico da histamina, tiramina e feniletlanina (GLÓRIA, 2005). Estas aminas podem ainda reagir com nitrito para formar N-nitrosaminas, as quais possuem propriedades carcinogênicas (HALÁSZ et al., 1994).

O nível tóxico das aminas bioativas é difícil de ser estabelecido porque depende da eficiência dos mecanismos de detoxificação nos diferentes indivíduos, da existência de substâncias potencializadoras nos alimentos, do consumo de drogas inibidoras das oxidases e de álcool e da presença de doenças gastrintestinais (SHALABY, 1996). Limites máximos acima de 10 mg de histamina, 10 mg de tiramina e 3 mg de feniletlanina em 100 g de alimentos foram sugeridos (HALÁSZ et al., 1994). No entanto, a ingestão de alimentos contendo 6 mg de tiramina pode causar enxaqueca e 10 a 25 mg pode resultar em crises hipertensivas em indivíduos em uso de medicamentos inibidores da MAO (FUZIKAWA et al., 1999).

Problemas de saúde relacionados à ingestão de vinhos foram relatados principalmente quanto à presença de histamina, tiramina e feniletlanina (LEHTONEN, 1996). Uma sensibilidade seletiva a vinhos tintos foi demonstrada em pacientes com enxaqueca e dor de cabeça (GOLDBERG & CONFINO-COHEN, 2005; HOLZHAMMER & WOBBER, 2006). Como a toxicidade das aminas biogênicas pode ser potencializada pela presença de etanol, acetaldeído e outras aminas, níveis de histamina de 2 a 8 mg/L e de

tiramina superiores a 8 mg/L podem causar dor de cabeça quando uma grande quantidade de vinho é ingerida (TAYLOR, 1986; LEHTONEN, 1996; SOUFLEROS et al., 1998).

O conteúdo de aminas em vinhos poderá, no futuro, ser utilizado como um índice ou critério de qualidade, a exemplo da regulamentação implementada pelo Food and Drug Administration (FDA) para peixes, sendo que em alguns países, inclusive, já foram estabelecidos limites para a histamina em vinhos. A Suíça recomenda como nível máximo 10 mg/L, a Alemanha 2 mg/L e a França 8 mg/L (GLÓRIA & VIEIRA, 2007). No Brasil, nenhum limite foi estabelecido ainda para a presença destas aminas nos vinhos. Estudos são necessários para se obter informações sobre os tipos e os teores de aminas presentes nas uvas e nos vinhos brasileiros, sendo importante verificar se as práticas de cultivo da uva exerceriam algum efeito nos teores de aminas.

#### **4. AMINAS BIOATIVAS EM UVAS E VINHOS**

O teor de aminas presente é um dos fatores determinantes da qualidade de vinhos e outras bebidas fermentadas. Diversas aminas têm sido detectadas em vinhos, entre elas, as alifáticas voláteis e as aminas bioativas. As aminas bioativas espermidina, espermina, agmatina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, feniletilamina, triptamina, serotonina, dopamina e octopamina foram encontradas em vinhos (GLÓRIA & VIEIRA, 2007). Na Tabela 5 são apresentados dados sobre os tipos e teores de aminas encontrados em diferentes vinhos relatados na literatura.

A histamina foi primeiramente detectada em vinhos em 1954 e os primeiros dados relativos ao seu teor foram disponibilizados em 1965. Nos anos 80, os estudos investigavam a presença e os teores de histamina, tiramina, putrescina e cadaverina em vinhos, devido aos aspectos tecnológicos e toxicológicos associados a esses compostos (ZEE et al., 1983; BROQUEDIS et al., 1989; VIDAL-CAROU et al., 1989ab; 1990ab). Recentemente, outros tipos de aminas começaram a atrair a atenção dos pesquisadores, entre elas a espermidina, a triptamina e a feniletilamina (MO DUGO et al., 2006; MILLÁN et al., 2007; SOUFLEROS et al., 2007), a agmatina e a serotonina (GLÓRIA et al., 1998; SOUZA et al., 2005; YILDIRIM et al., 2007). De acordo com a Tabela 5, pode-se observar que histamina, tiramina, putrescina e cadaverina foram investigadas em 100% dos estudos

e espermidina, espermina, triptamina e feniletilamina em 73% dos estudos. Os teores e os tipos de aminas presentes em vinhos variaram amplamente entre os tipos de vinhos e também entre as amostras de um mesmo tipo de vinho (GLÓRIA & VIEIRA, 2007).

**Tabela 5.** Tipos e teores de aminas bioativas em vinhos

Vinho Referência	Intervalo e valores médios dos teores de aminas (mg/L) <sup>1</sup>							
	EPD	EPM	PUT	CAD	HIM	TIM	TRM	FEM
<b>Bordeaux</b>								
ZEE et al., 1983	---	---	4,03	0,88	4,91	7,31	---	---
<b>Cabernet Franc</b>								
SOUZA et al., 2005	0,07 – 0,30	nd	0,77 – 1,43	nd	nd - 1,37	0,30 - 0,83	nd	0,17 - 0,50
<b>Cabernet Monreale</b>								
MO DUGO et al., 2006	0,2	0,2	0,4	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2
<b>Cabernet Sauvignon</b>								
GLÓRIA et al., 1998	nd – 4,03	nd - 1,17	3,15 - 23,6	nd - 1,51	nd - 10,10	nd - 7,53	nd	nd - 0,14
SOUZA et al., 2005	0,10 - 1,63	nd	1,27 – 4,33	nd	0,23 - 1,73	0,40 - 1,07	nd	0,20 - 1,37
MO DUGO et al., 2006	0,1	0,1	0,2	0,4	nd	0,4	0,3	0,1
SOUFLEROS et al., 2007	0,02	0,00	0,14	0,15	0,12	0,03	---	---
YILDIRIM et al., 2007	---	---	4,38	0,49	1,25	nd	nd	nd
<b>Merlot</b>								
SOUZA et al., 2005	0,03 - 0,23	nd	0,97 – 1,10	nd	0,07 - 1,67	0,33 - 0,50	nd	0,20 - 0,50
YILDIRIM et al., 2007	---	---	4,54	nd	1,78	1,42	nd	nd
MO DUGO et al., 2006	0,1	0,2	0,3	0,2	nd	0,2	0,1	0,2
SOUFLEROS et al., 2007	0,06	0,10	0,75	0,12	0,51	0,07	---	---
<b>Petit Verdot</b>								
MO DUGO et al., 2006	nd	nd	0,7	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1
<b>Pinot noir</b>								
GLÓRIA et al., 1998	nd – 2,35	nd - 2,38	2,43 – 20,3	nd - 2,07	nd - 23,98	nd - 8,31	nd - 5,51	nd - 0,89
MO DUGO et al., 2006	0,1-0,2	0,1 - 0,2	0,3 – 0,5	0,4-0,5	0,4 - 0,8	0,2-0,3	0,1 - 0,3	0,5 - 0,6
<b>Vinho do Porto</b>								
ZEE et al., 1983	---	---	3,33	0,23	3,48	2,17	---	---
<b>Rioja</b>								
MILLÁN et al., 2007	0,08 - 1,10	0,09 - 0,19	0,06 - 13,0	0,07 - 0,68	0,40 - 8,22	0,03 - 3,20	0,04 - 0,98	0,09 - 4,02
<b>Syrah</b>								
MO DUGO et al., 2006	nd	nd	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
SOUFLEROS et al., 2007	0,62	0,36	2,06	0,78	0,61	0,76	---	---
<b>Tannat</b>								
MO DUGO et al., 2006	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2
<b>Tempranillo</b>								
HERNÁNDEZ-ORTE et al., 2006	---	---	nd - 55,0	nd - 14,0	nd - 25,0	nd - 19,0	---	16,0
MO DUGO et al., 2006	nd	nd	0,1	0,2	nd	nd	nd	0,1

<sup>1</sup> nd – não detectado; --- - não determinado.

EPD - espermidina, EPM - espermina, PUT - putrescina, CAD - cadaverina, HIM - histamina, TIM - tiramina, TRM - triptamina, FEM – feniletilamina.

Fonte: Modificado de GLÓRIA e VIEIRA (2007).

Segundo HERBERT et al. (2005), os processos que geram as aminas biogênicas, juntamente com os fatores que influenciam quantitativamente e qualitativamente sua presença em vinhos, ainda não se encontram bem definidos em alguns casos e, algumas vezes, os resultados publicados são conflitantes entre si. Aminas presentes em vinhos podem ter duas diferentes origens: matéria-prima e processos de fermentação.

As condições que favorecem a ocorrência de aminas biogênicas em vinhos dependem do tempo de contato do mosto com a casca das uvas, do teor de aminoácidos presente na fase inicial e final da fermentação alcoólica e do tempo de contato com a levedura. O tipo e o grau de maturação das uvas, o clima e o solo da área de viticultura, bem como as técnicas de vinificação também podem contribuir para aumentar o teor de aminas biogênicas em vinhos (MARQUES et al., 2008).

Em diversos estudos, as aminas biogênicas têm sido sugeridas como indicadores das condições higiênico-sanitárias durante os processos de produção do vinho ou sido associadas com precárias condições sanitárias das uvas (DEL PRETE et al., 2009).

Atualmente, a grande variabilidade no conteúdo de aminas em vinhos é fonte de preocupação em muitos países, assim como os efeitos tóxicos das aminas que podem afetar algumas pessoas que são particularmente sensíveis à ação destes compostos. Os parâmetros que influenciam a formação das aminas biogênicas devem ser estudados, possibilitando um melhor controle no processo de vinificação e o estabelecimento no futuro de limites com relação ao conteúdo dessas substâncias presentes nos vinhos (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2008).

As aminas bioativas são inerentes aos organismos vivos e estão, conseqüentemente, presentes em uvas. São sintetizadas em diversas partes da *Vitis vinifera*, incluindo o fruto e as folhas (BROQUEDIS et al., 1989; ADAMS, 1991; MIKLÓS & SARJALA, 2002; MO DUGO et al., 2006). Além disso, podem ocorrer nas formas livre e conjugada (SHIOZAKI et al., 2000).

Algumas aminas são constituintes normais das uvas conforme apresentado na Tabela 6. A poliamina espermidina é usualmente abundante no pericarpo, seguida pelo seu precursor obrigatório, a putrescina. Outras aminas, como por exemplo, espermina, agmatina, cadaverina, histidina, tiramina e feniletilamina foram também encontradas em menor quantidade. As sementes das uvas também contêm espermina, putrescina e cadaverina em altas concentrações (SHIOZAKI et al., 2000; KISS et al., 2006).

**Tabela 6.** Perfis e teores de aminas bioativas livres no pericarpo de uvas

Referência / Variedade/safra	Média (± desvio padrão) ou intervalo dos teores de aminas (mg/kg)							
	EPD	EPM	AGM	PUT	CAD	HIM	TIM	FEM
<b>Bover-Cid et al. 2006</b>								
Cabernet Sauvignon	4,66 ± 0,26	2,50 ± 0,23	---	6,81 ± 1,47	1,16 ± 0,37	---	---	---
<b>Broquedis et al. 1989*</b>								
Ugni blanc	0,35 – 0,43	0,02 – 0,04	---	0,16 – 0,21	0,04	---	---	---
<b>Kiss et al. 2006**</b>								
Furmint/2003	3,69 – 5,33	---	nd	2,47 – 4,94	0,37 – 0,55	0,10 – 0,22	nd	nd – 0,15
Hárslevelű/2003	6,33 – 6,37	---	nd	3,16 – 5,45	0,22 – 1,02	0,19 – 0,34	nd	0,08 – 0,10
Furmint/2004	10,1 – 12,3	---	nd – 0,10	4,36 – 7,24	0,32 – 1,33	0,46 – 0,49	nd	0,16 – 0,23
Hárslevelű/2004	8,46 – 9,19	---	nd	0,70 – 1,67	0,01 – 0,04	0,63 – 0,86	nd	0,11 – 0,14
Yellow Muscat/2004	8,22	---	0,08	2,44	0,10	0,55	nd	0,17
Zéta/2004	7,48	---	nd	2,00	0,45	0,54	nd	0,45
White grape/2004	9,29	---	nd	4,26	0,01	0,31	nd	0,11
<b>Sass-Kiss et al. 2000</b>								
Furmint/1998	35,4	---	nd	3,56	1,04	0,13	0,50	0,31
Hárslevelű/1998	26,3	---	nd	3,82	1,34	0,24	0,37	0,19
Muscat Ottonel/1998	30,3	---	nd	3,79	1,34	0,40	0,60	0,23

\*nmol/kg \*\* Peso em base seca.

nd – não detectado; --- - não determinado. EPD - espermidina, EPM - espermina, AGM – agmatina, PUT - putrescina, CAD - cadaverina, HIM - histamina, TIM - tiramina, FEM - feniletilamina. Triptamina e serotonina não foram determinadas.

Fonte: Modificado de GLÓRIA & VIEIRA (2007).

## 4.1. FATORES QUE AFETAM OS TEORES DE AMINAS PRESENTES EM UVAS

### 4.1.1. Safra

Alguns estudos indicam que a safra pode afetar significativamente os teores de aminas em uvas e vinhos. Outras variações são observadas entre safras, como a concentração do aminoácido precursor, o pH e a complexidade da microbiota. Baseado neste fato, MARTÍN-ÁLVAREZ et al. (2006) concluíram que a diversidade da microbiota em vinhos, selecionada a cada ano, também desempenha um papel significativo no perfil de aminas.

MOTA et al. (2009) compararam vinhos Syrah nas safras de 2005 e 2006 e observaram uma menor diversidade de aminas na safra de 2006 quando comparada a de

2005. Como os vinhos foram produzidos em condições padronizadas em ambas as safras, as diferenças no perfil de amins foram atribuídas às condições edafoclimáticas, que podem ter afetado os teores de aminoácidos livres e a composição da microbiota da uva.

#### **4.1.2. Variedade da uva**

Tem sido observado que a variedade da uva afeta os teores e tipos de amins presentes em vinhos. SASS-KISS et al. (2000) relataram diferenças significativas nos teores de espermidina, tiramina, histamina e feniletilamina em três variedades de uvas húngaras (Furmint, Hárslevelü e Muscat Ottonel) da safra de 1998 como apresentado na Tabela 6. KISS et al. (2006) observaram diferentes teores de espermidina e espermina em duas variedades de uvas húngaras – Furmint e Hárslevelü – provenientes de uma mesma vinícola. Entretanto, os teores variaram amplamente para diferentes safras de uma mesma variedade. YILDIRIM et al. (2007) observaram diferenças significativas nos teores de histamina, tiramina e cadaverina entre as variedades de *Vitis vinifera* cultivadas na Turquia. Conseqüentemente, a diferença nos tipos e teores de amins presentes nas uvas e vinhos não é somente dependente da variedade da uva, mas também da área cultivada.

#### **4.1.3. Estádio de desenvolvimento e maturação da uva**

SHIOZAKI et al. (2000) investigaram a influência do estágio de desenvolvimento e da maturação nos teores de amins conjugadas, ligadas ou livres presentes no pericarpo e sementes de uvas Muscat Bailey A. Os autores observaram que os teores de espermidina e putrescina livres foram maiores no início do desenvolvimento da uva, sofrendo redução posterior, o que pode estar associado à proliferação celular no pericarpo. Poliaminas ligadas e conjugadas também foram encontradas no pericarpo das uvas. Os teores de poliaminas conjugadas aumentaram aos 30 dias após a floração sofrendo rápido declínio. As poliaminas ligadas exibiram mudanças similares às conjugadas.

#### **4.1.4. Estresse hídrico**

A influência do estresse hídrico no perfil de aminos em plantas encontra-se descrita na literatura (COELHO et al., 2005). BOVER-CID et al. (2006), no entanto, não observaram diferença significativa nos teores de aminos em uvas Cabernet Sauvignon submetidas a quatro graus diferentes de estresse hídrico. Os teores de putrescina, espermidina e cadaverina foram similares nos quatro grupos de amostras das uvas, independentemente do estresse hídrico aplicado. Este fato parece indicar que o estresse hídrico não é um fator capaz de modificar o teor de poliaminas alifáticas presentes em uvas, embora mais estudos devam ser realizados.

#### **4.1.5. Microbiota da uva**

A microbiota é outro fator que pode afetar o perfil de aminos presente na uva. Uvas intactas contêm menor quantidade de aminos quando comparadas àquelas que estão infectadas por fungos. O conteúdo de aminos nas uvas intactas deve-se principalmente à espermina e putrescina, com baixos teores (quando presentes) de outras aminos. Uvas desidratadas infectadas principalmente com *Botrytis cinerea* – uvas Aszú – mostraram diferenças no perfil de aminos. Novas aminos foram detectadas, tais como tiramina e agmatina e as concentrações de espermidina e feniletilamina aumentaram quando comparadas com as uvas intactas (KISS et al., 2006). Esses resultados indicam que a microbiota inerente às uvas exerce efeito significativo na composição e concentração de aminos. Em conseqüência, o perfil de aminos presentes poderia ser usado para determinar a autenticidade de vinhos Aszú.

#### **4.1.6. Tipo de solo, adubação, práticas de cultivo e condições climáticas**

Baixas concentrações de potássio no solo são apontadas como responsáveis por altos teores de putrescina em plantas, principalmente nas folhas. De acordo com GENY et al. (1997a), o teor de poliaminas (especialmente as formas conjugadas e ligadas à parede celular) é fortemente afetado pela nutrição com potássio em diversas espécies de Cabernet Sauvignon previamente ao aparecimento da deficiência nutricional visual nas folhas. Este resultado parece sugerir que as poliaminas podem ser usadas como um

marcador bioquímico sensível para distinguir teores ótimos de potássio para videiras antes de aparecerem os sintomas da deficiência nutricional.

De acordo com BELL & HENSCHKE (2005), o suprimento de nitrogênio aumenta o teor de aminoácidos e, conseqüentemente, o de aminas e nitrogênio assimiláveis pelas leveduras. Quantidades de 100 kg N/ha/ano duplicaram a concentração de aminas em comparação com videiras nas quais nenhum fertilizante nitrogenado foi aplicado.

Outros fatores que podem afetar os teores de aminas em uvas e vinhos são as práticas de cultivo e as condições climáticas. Teores mais baixos de aminas foram obtidos em uvas cultivadas em estações frias e chuvosas (SASS-KISS et al., 2000). Quando YILDIRIM et al. (2007) compararam variedades de uvas orgânicas e não orgânicas, perceberam um aumento significativo no teor de putrescina em vinhos orgânicos. Uma vez que os vinhos foram produzidos utilizando-se de diferentes processos, a diferença observada não pôde ser somente atribuída ao método orgânico de cultivo das uvas.

São poucas as informações disponíveis sobre a formação de aminas em uvas no Brasil, sendo importante a obtenção de informações científicas com relação a estes parâmetros a fim de se obter uvas de qualidade.

#### **4.2. INFLUÊNCIA DA VINIFICAÇÃO NOS TEORES DE AMINAS**

Os teores de aminas presentes em uvas podem aumentar durante o processo de vinificação, sendo afetados pelos microrganismos adicionados intencionalmente (culturas *starter*) ou contaminantes. Outros fatores importantes que afetam a concentração de aminas em vinhos são as condições nas quais as fermentações alcoólica e malolática são realizadas. Assim, diferentes autores têm estudado a influência de fatores como pH, temperatura, concentração de dióxido de enxofre, turbidez e acidez volátil na produção de aminas em vinhos (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2008).

Durante a fermentação, os teores de espermidina e espermina podem diminuir. Além das aminas já presentes nas uvas, outras podem ser formadas e acumuladas durante o processamento do vinho, entre elas putrescina, tiramina, histamina e feniletilamina, enquanto que os teores de espermidina são reduzidos. As informações a este respeito, no entanto, são contraditórias (GLÓRIA & VIEIRA, 2007).

#### 4.2.1. Fermentação alcoólica

BOVER-CID et al. (2006) observaram que a espermidina e a espermina desapareciam durante a fermentação alcoólica, o que pode ser explicado pelo consumo destas por leveduras álcool fermentativas. O teor de putrescina decresceu linearmente ao longo do tempo, enquanto o de cadaverina sofreu redução significativa no estágio de maceração. Esses resultados estão de acordo com o conceito geral aceito de que leveduras são incapazes de liberar aminas em quantidades significativas. Aminas aromáticas usualmente encontradas em vinhos durante sua comercialização não aparecem no mosto ou durante a fermentação alcoólica.

GARDE-CERDÁN & ANCÍN-AZPILICUETA (2007) investigaram a evolução de aminas bioativas durante a fermentação alcoólica espontânea e também durante a vinificação de mosto esterilizado com *Saccharomyces cerevisiae*. No decorrer da fermentação alcoólica espontânea, putrescina foi sintetizada após o consumo de 25% dos açúcares. A formação de espermidina e feniletilamina, no entanto, ocorreu na última fase da fermentação alcoólica. Durante a vinificação do mosto esterilizado inoculado com *S. cerevisiae* na presença de SO<sub>2</sub>, houve formação e acúmulo de putrescina em níveis elevados, sendo esta formada após consumo de 25% dos açúcares. Espermina, espermidina e feniletilamina foram formadas após o consumo de 50% dos açúcares. A presença de SO<sub>2</sub> não afetou a formação dessas aminas, a qual foi maior em fermentações inoculadas do que em espontâneas.

#### 4.2.2. Fermentação malolática

Evidências da formação de aminas durante a fermentação malolática são descritas na literatura. A maioria dos pesquisadores atribui a formação de aminas, especialmente tiramina e histamina, à fermentação malolática pela ação de bactérias envolvidas nesta fermentação (VIDAL-CAROU et al., 1990b; SOUFLEROS et al., 1998; MARCOBAL et al., 2006). As taxas de formação e os teores dessas aminas variam amplamente de acordo com o tipo de microrganismo envolvido (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2008).

A fermentação malolática não resulta necessariamente na formação de aminas. De fato, alguns estudos *in vitro* demonstraram que algumas cepas de bactérias

maloláticas comerciais não produzem histamina, tiramina e putrescina (MORENO-ARRIBAS et al., 2003).

O controle da fermentação malolática é uma das mais importantes medidas a serem tomadas para evitar acúmulos importantes de aminas biogênicas em vinhos. Para isso, torna-se fundamental investigar a capacidade de diferentes bactérias ácido lácticas na produção desses compostos (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2008).

#### **4.2.3. Condições higiênico-sanitárias durante a vinificação**

Existem dados que indicam a possibilidade de formação de aminas em vinhos pela ação de microrganismos contaminantes ou por aqueles não diretamente relacionados ao processo de fermentação, como, por exemplo, bactérias entéricas. Condições higiênico-sanitárias das uvas afetam os teores de algumas aminas, por exemplo, uvas contaminadas por algum agente microbiano possuem teores de aminas mais elevados, especialmente tiramina e putrescina (KISS et al., 2006).

A ausência do acúmulo de aminas biogênicas em vinhos durante o processamento está relacionada a condições controladas e apropriadas de higiene. Portanto, é possível produzir vinhos com teores de aminas extremamente baixos (BOVER-CID et al., 2006).

#### **4.2.4. Outros fatores que afetam os teores de aminas durante os processos de vinificação**

Além da presença de microrganismos, outros fatores durante o processo de vinificação podem ser fontes de aminas em vinhos. Estão inclusos fatores de tratamento do mosto, maceração, conteúdo de álcool, concentração de dióxido de enxofre, nutrientes adicionados, pH, temperatura e quantidade e tipos de agentes clarificantes finalizadores.

A duração da maceração da casca da uva afeta a extração de alguns componentes presentes nesta, tais como fenóis, proteínas, polissacarídeos e, também, alguns aminoácidos. De acordo com MARTÍN-ÁLVAREZ et al. (2006), concentrações significativamente menores de histamina, tiramina e putrescina foram observadas em vinhos produzidos com menos de 10 dias de maceração da casca, assim como vinhos elaborados com tempos de maceração mais longos apresentaram teores de 2 a 4 vezes maiores dessas aminas.

A temperatura de estocagem tem efeito decisivo na qualidade do vinho. Uma elevação da temperatura favorece a ocorrência de reações no vinho. Estudos com vinhos Chardonnay mostraram que a formação e a degradação de amins ocorriam principalmente nos primeiros 45 dias de armazenamento para todas as temperaturas estudadas. O aumento do teor de amins no início da estocagem está relacionado com a atividade descarboxilase de microrganismos remanescentes no produto (GONZÁLEZ-MARCO & ANCÍN-AZPILICUETA, 2006a).

O pH pode influenciar o crescimento e a atividade metabólica de bactérias ácido-láticas, sendo que este parece ser um dos mais importantes fatores enológicos que influenciam as amins biogênicas, particularmente a formação de histamina, tiramina e putrescina.

Enzimas pectinolíticas comerciais são utilizadas no processamento de vinhos para aumentar o rendimento do suco, facilitar a prensagem e a filtração e proporcionar uma melhor clarificação do mosto e do vinho. No entanto, observou-se que essas enzimas afetavam os teores de cadaverina e feniletilamina. Baixos teores dessas amins foram encontrados em vinhos adicionados de pectinases (MARTÍN-ÁLVAREZ et al., 2006). Enzimas proteolíticas podem favorecer a formação de amins pela liberação de aminoácidos, que são os precursores de amins biogênicas (SOUZA et al., 2005).

De acordo com GARDE-CERDÁN & ANCÍN-AZPILICUETA (2007), a adição de SO<sub>2</sub> não afeta a formação de amins biogênicas em vinhos durante a fermentação alcoólica. No entanto, ela pode prevenir a formação de amins biogênicas durante o envelhecimento do vinho.

#### **4.3. PREVENÇÃO DA FORMAÇÃO DE AMINAS EM VINHOS**

Baseado nas informações descritas na literatura é possível produzir vinhos com teores de amins extremamente baixos. Para prevenir a formação de amins biogênicas em vinhos, a duração dos processos que incorporam aminoácidos ao mosto ou ao vinho, tais como a maceração, deve ser reduzida a um mínimo. Outra forma de se prevenir a formação de amins biogênicas é a inibição do crescimento de bactérias ácido láticas contaminantes e a inoculação de cepas de bactérias comerciais que são incapazes de produzir amins biogênicas (GLÓRIA & VIEIRA, 2007).

Além disso, outros fatores, como o pH e as características da uva relacionados a sua safra, podem também desempenhar um papel crítico na biogênese de amins e devem ser portanto, levados em consideração (MARTÍN-ÁLVAREZ et al., 2006). Alguns aditivos como o dióxido de enxofre podem ser usados para prevenir a formação de amins durante o envelhecimento (MARCOBAL et al., 2006). A utilização de uvas saudáveis e menor emprego da fertilização nitrogenada no vinhedo também podem reduzir o acúmulo de amins no vinho (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2008).

# MATERIAL E MÉTODOS

## 1. MATERIAL

### 1.1. AMOSTRAS

Foram utilizadas amostras de uvas da variedade Syrah fornecidas pelo Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho, localizado na cidade de Caldas, MG. As uvas eram provenientes de vinhedos manejados para colheita no período de inverno, com maturação compreendida entre os meses de junho a agosto, em duas regiões de Minas Gerais: Pirapora, no vale do São Francisco e Três Corações, no sul do estado.

Três Corações está situada nas coordenadas 21°41'S e 45°15'O a uma altitude de 865 m. A região caracteriza-se por clima temperado quente (Cwa). A época mais seca, com duração de três a quatro meses, coincide com o inverno, comportando pelo menos um mês com precipitação, em média, inferior a 60 mm (TONIETTO et al., 2006).

Pirapora está localizada no norte de Minas Gerais nas coordenadas 17°21'S e 44°55'O, a uma altitude de 505 m. A região caracteriza-se por clima regional tropical úmido (Aw), com estação seca durante o inverno (TONIETTO et al., 2006).

Os dados climáticos de Três Corações foram tomados na estação meteorológica de Lambari (MG) e os de Pirapora foram obtidos na estação meteorológica local.

A área experimental era composta por 300 plantas, com espaçamento de 2,5 x 1,5 m, em vinhedo não irrigado no suporte espaldeira em Três Corações e espaçamento de 2,8 m entre ruas e 1,5 m entre plantas com irrigação por gotejo uma vez por semana nos suportes espaldeira e dupla cortina de Geneva (GDC) em Pirapora.

Os vinhedos foram implantados com mudas da cultivar Syrah, clone 747 do “Etablissement National Technique pour l'Amélioration de la Viticulture – Institut National de la Recherche Agronomique” (ENTAV INRA®) enxertada sobre o porta-enxerto ‘1103 Paulsen’. As plantas foram conduzidas em duplo cordão esporonado com uma poda de formação de ramos em setembro, e a poda de produção no mês de janeiro, conforme metodologia preconizada para a dupla poda por REGINA et al. (2006a). Após a poda, aplicou-se cianamida hidrogenada (Dormex®) por pincelamento direto nas gemas, na dosagem de 5% do produto comercial.

As uvas foram amostradas quinzenalmente durante o período de final de coloração das bagas (pintor) e colheita na safra de 2008.

As amostras consistiram de três lotes de 70 bagas (total de 210 bagas) coletadas de forma aleatória na área experimental. No laboratório de análise de produtos vegetais do Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho as bagas foram esmagadas manualmente para a extração do mosto, sendo que as cascas e as sementes de 100 bagas também foram separadas e reservadas para análise. O material foi congelado em Nitrogênio líquido e armazenado a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

## 1.2. REAGENTES

Os reagentes e solventes utilizados foram de grau analítico, exceto aqueles empregados nas análises cromatográficas, que eram de grau cromatográfico. Toda a água utilizada era ultrapura obtida do Sistema Milli-Q Plus (Millipore Corp., Milford, MA, EUA). Padrões das aminas histamina (HIM, dicloridrato), tiramina (TIM, cloridrato), triptamina (TRM, cloridrato), cadaverina (CAD, dicloridrato), putrescina (PUT, dicloridrato), serotonina (SRT, cloridrato), 2-feniletilamina (FEM, cloridrato), agmatina (AGM, sal sulfato), espermina (EPM, tetracloridrato) e espermidina (EPD, tricloridrato) foram adquiridos da Sigma, St Louis, MO, EUA. O agente de derivação *orto*-ftalaldeído (OPA) também foi adquirido da Sigma.

## 1.3. SOLUÇÕES PADRÃO

As soluções estoque das aminas foram preparadas por diluição do padrão de cada amina separadamente em ácido clorídrico 0,1 mol/L. Considerou-se a massa da base livre (sem a utilização da massa de cloreto ou sulfato) para resultar numa concentração de 1 mg/mL de cada amina. A partir de alíquotas de 1 mL de cada uma das soluções individuais, obteve-se 10 mL de solução padrão contendo as dez aminas, numa concentração final de 100  $\mu\text{g/mL}$ .

Todas as soluções foram acondicionadas em tubos hermeticamente fechados, identificadas e armazenadas sob refrigeração para a realização das análises.

## **2. MÉTODOS**

### **2.1. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA REGIÃO NA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DAS AMINAS BIOATIVAS EM UVAS SYRAH**

As uvas foram cultivadas em Pirapora e Três Corações e conduzidas em sistema espaldeira. Durante o período de maturação foram coletadas amostras quinzenais nos quatro quadrantes do cacho distribuídos de forma aleatória em todo o vinhedo nas duas regiões produtoras. A primeira amostragem foi realizada no dia 30/05/2008 em Três Corações e 08/07/2008 em Pirapora.

Os mostos foram obtidos por prensagem manual das bagas, foram analisados quanto ao pH, teores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável no laboratório de análise de produtos vegetais do Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho. Os mostos foram também analisados quanto aos teores de aminos bioativas no Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia - UFMG. As cascas e sementes foram analisadas somente quanto aos teores de aminos bioativas.

### **2.2. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE CONDUÇÃO NA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DAS AMINAS BIOATIVAS EM UVAS SYRAH**

Para o estudo da influência do sistema de condução as uvas foram cultivadas na mesma região, Pirapora, e submetidas aos sistemas de condução em espaldeira e dupla cortina de Geneva (GDC). Foram coletadas amostras quinzenais durante o amadurecimento das bagas na safra de 2008.

Os mostos foram analisados quanto ao pH, teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e teores de aminos bioativas. As cascas e sementes foram analisadas quanto aos teores de aminos bioativas.

## **2.3. ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE OS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS E AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS MOSTOS**

Os teores de aminos foram correlacionados entre si e com as características físico-químicas dos mostos utilizando-se a correlação de Pearson, a 5% de significância. Os cálculos foram realizados com o auxílio do programa Minitab versão 14.

## **2.4. MÉTODOS DE ANÁLISE**

### **2.4.1. Determinação dos teores de sólidos solúveis**

Os teores de sólidos solúveis do mosto foram obtidos a partir da leitura direta em refratômetro digital portátil Atago modelo Pal-1 (BRASIL, 2005).

### **2.4.2. Determinação da acidez total titulável**

Alíquotas de 10 mL de mosto foram tituladas com solução de hidróxido de sódio 0,1N de título conhecido até obtenção de coloração rosa do indicador fenolftaleína 1% (BRASIL, 2005).

A acidez total foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Acidez total (meq/L)} = \frac{1000 \times n \times N \times fc}{V}$$

sendo:

n = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, em mL,

N = normalidade da solução de hidróxido de sódio,

V = volume da amostra em mL,

fc = título do hidróxido de sódio.

### **2.4.3. Determinação do pH**

O pH do mosto foi determinado utilizando um potenciômetro digital (Micronal modelo B 474) calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 a 20 °C (BRASIL, 2005).

#### 2.4.4. Determinação das aminas bioativas

Os mostos foram prensados, centrifugados e o sobrenadante utilizado para análise após filtração.

As aminas das sementes e das cascas foram extraídas segundo metodologia adaptada de SHIOZAKI et al. (2000). Foram pesadas 2 g das sementes e estas foram trituradas com o auxílio de gral e pistilo. Adicionou-se 5 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 5% e a mistura foi homogeneizada em mesa agitadora (TE-140, Tecnal, Piracicaba, SP) por 3 minutos. O extrato foi centrifugado a  $12.500 \times g$  a  $4^\circ\text{C}$  por 10 minutos em centrífuga refrigerada (MR23i, Jouan SA, Saint Herblain, França) e o sobrenadante foi filtrado em papel Whatman nº 1. As etapas de adição de ácido, agitação e centrifugação foram repetidas por mais duas vezes e os filtrados obtidos foram combinados.

Para a extração das aminas presentes nas cascas, pesou-se 5 g das cascas. Adicionou-se 7 mL de solução de TCA 5% e a mistura foi homogeneizada na mesa agitadora por 3 minutos. O extrato foi separado na centrífuga refrigerada ( $12.500 \times g$  a  $4^\circ\text{C}$  por 10 minutos) e o sobrenadante filtrado em papel Whatman nº 1. As etapas de adição de ácido, agitação e centrifugação foram repetidas por mais duas vezes e os filtrados foram combinados.

Dez aminas bioativas foram pesquisadas, dentre elas, espermidina, espermina, putrescina, agmatina, cadaverina, serotonina, histamina, tiramina, triptamina e feniletilamina. A metodologia utilizada para a separação, detecção e quantificação das aminas foi a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) por pareamento de íons em coluna de fase reversa, validada por SABAINI (2009). As amostras foram filtradas imediatamente antes da injeção, utilizando-se membrana HAWP de 13 mm de diâmetro e  $0,45 \mu\text{m}$  de tamanho do poro (Millipore, Corp., Milford, MA, EUA). Para a separação das aminas foram empregadas duas fases móveis: fase móvel A, solução tampão contendo acetato de sódio  $0,2 \text{ mol/L}$  e octanossulfonato de sódio  $15 \text{ mmol/L}$ , com pH ajustado para 4,9 com ácido acético glacial; e fase móvel B – acetonitrila. Estas soluções foram filtradas previamente em membranas com poro de  $0,45 \mu\text{m}$ , do tipo HAWP para a fase A e HVLP para a B (VALE & GLÓRIA, 1997).

A quantificação foi feita por fluorimetria utilizando 340 e 445 nm de excitação e emissão, respectivamente, após derivação com *o*-ftalaldeído (VALE & GLÓRIA, 1997). A

derivação pós-coluna foi realizada por meio de uma câmara de mistura instalada após a saída da coluna em um tubo de teflon de 2 m de comprimento conectando a câmara de mistura ao detector de fluorescência. A solução derivante, preparada diariamente e mantida sob abrigo da luz, consistiu de 0,2 g de *o*-ftalaldeído dissolvido em 3 mL de metanol, diluídos em solução de 25 g de ácido bórico e 22 g de hidróxido de potássio para 500 mL de água (pH 10,5 a 11,0). Foram adicionados a esta solução 1,5 mL de Brij 35 e 1,5 mL de mercaptoetanol.

A identificação das aminas foi feita por comparação entre os tempos de retenção dos picos encontrados nas amostras com os das aminas da solução padrão. As soluções padrão foram analisadas intercaladas às amostras.

A quantificação de aminas foi feita por interpolação em curva padrão externa e estes valores foram multiplicados pelo fator de correção correspondente a cada amina (VALE & GLÓRIA, 1997).

## **2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste F a 5% de significância.

Os coeficientes de correlação de Pearson foram obtidos com o auxílio do programa estatístico Minitab versão 14. O nível de significância utilizado foi de 5%.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 1. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O CULTIVO DA UVA

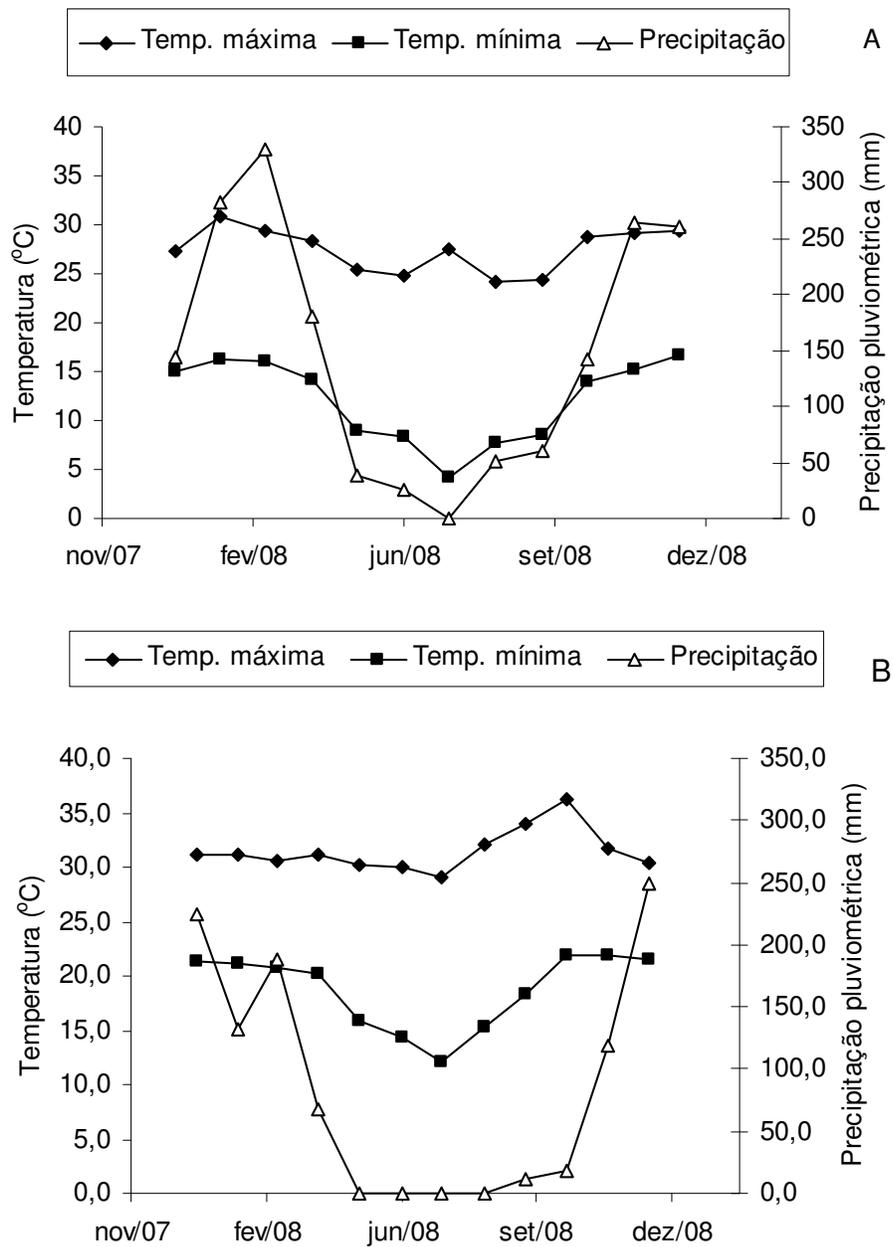
As condições climáticas observadas em Três Corações e Pirapora durante o período experimental são apresentadas na Figura 7. Observou-se em Três Corações, no inverno de 2008, que as temperaturas máximas variaram entre 24,2 a 27,5 °C e as temperaturas mínimas estiveram entre 4,2 a 8,4 °C, sendo que a precipitação média foi 25,3 mm.

Na região de Pirapora, no inverno de 2008 as temperaturas máximas apresentaram variação entre 30,0 a 32,1 °C, registrando-se variação entre 12,1 a 15,3 °C para as temperaturas mínimas, sendo que a precipitação média foi 0,1 mm. Estas temperaturas foram superiores às observadas por CONCEIÇÃO & TONIETTO (2005) em julho de 2005, quando foram verificadas temperatura máxima de 28,2 °C e mínima de 12,2 °C em Pirapora.

Baseado nestes dados, a região de Pirapora, quando comparada a Três Corações, apresentou temperaturas mais elevadas, e praticamente ausência de precipitação. Entretanto, maior amplitude térmica foi registrada em Três Corações nos meses de junho e julho.

De acordo com TONIETTO & MANDELLI (2009), o clima possui forte influência sobre a videira, sendo importante na definição das potencialidades das regiões para a cultura. O clima interage com os demais componentes do meio natural, em particular com o solo, bem como com a cultivar e com as técnicas de cultivo da videira.

A temperatura é um fator que afeta de forma significativa o rendimento e a qualidade da uva. A riqueza em açúcares da uva madura encontra-se diretamente relacionada com a insolação, ou seja, a intensidade e a duração das radiações luminosas sobre as folhas e os cachos (MOTA et al., 2006).



**Figura 7.** Dados médios mensais de temperatura máxima e mínima e precipitação observados em 2008, nas estações meteorológicas de Lambari (A) e de Pirapora (B).

## **2. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO**

### **2.1. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO NOS TEORES DE AMINAS E NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MOSTO**

#### **2.1.1. Características físico-químicas do mosto**

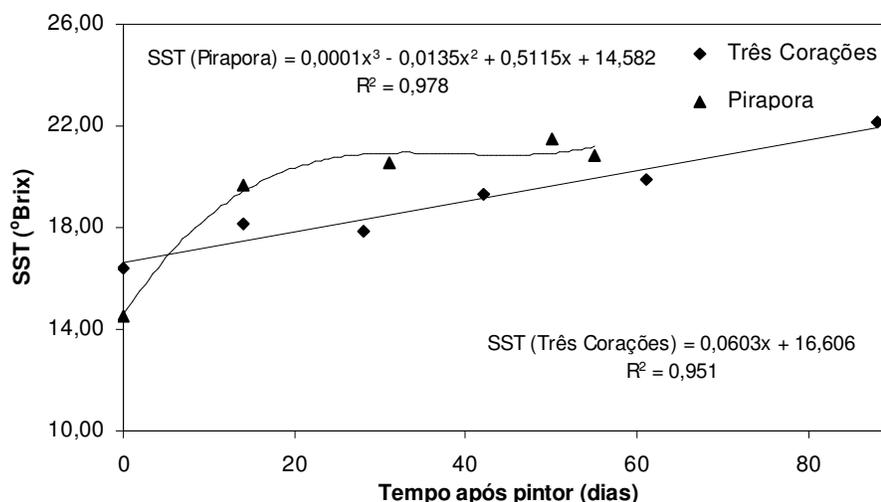
Observou-se nas duas regiões uma diferença no tempo necessário para a maturação das uvas Syrah conforme demonstrado nas Figuras 8, 9 e 10. Este período foi maior em Três Corações (88 dias) do que em Pirapora (55 dias). A duração da maturação da uva em Três Corações situa-se próxima aos valores encontrados por FAVERO et al. (2008), que relataram, para a cv. Syrah, conduzida em ciclo de inverno em Três Corações, um período de maturação de 94 e 86 dias, para os anos de 2005 e 2006, respectivamente.

##### **2.1.1.1. Sólidos solúveis totais**

Os teores de sólidos solúveis totais do mosto durante a maturação são apresentados na Figura 8. O perfil das curvas de evolução dos teores de sólidos solúveis totais foi diferente nas duas regiões. Em Três Corações ocorreu um aumento linear na concentração de sólidos solúveis. Este comportamento está relacionado às características fisiológicas durante o desenvolvimento da baga pois, somente a partir da fase de início da maturação, é que ocorre uma modificação metabólica na translocação do açúcar, ocasionando, desta forma, um grande acúmulo deste componente nas bagas (SATO et al., 2009).

Em Pirapora, a curva dos teores de sólidos solúveis totais ajustou-se melhor à regressão cúbica, sendo que na época da colheita houve menor acúmulo de sólidos solúveis. Segundo BLOUIN & GUIMBERTEAU (2004), próximo à colheita as bagas continuam acumulando açúcar, porém mais lentamente e, dependendo das condições climáticas, o teor de açúcar pode diminuir, pois este tende a se direcionar para outras partes das plantas onde será armazenado, como por exemplo, nos tecidos lenhosos.

No momento da colheita, o mosto obtido das uvas cultivadas em Três Corações apresentou teores de sólidos solúveis de 22,13 °Brix, significativamente superior ( $p < 0,05$ ) ao obtido nas uvas cultivadas em Pirapora, que foi de 20,83 °Brix (Tabela 7).



**Figura 8.** Evolução nos teores de sólidos solúveis totais dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Três Corações e Pirapora durante a maturação, na safra de 2008.

De acordo com JACKSON & LOMBARD (1993), temperaturas mais quentes quase invariavelmente resultam em uvas com teores de açúcares maiores, o que não foi confirmado neste estudo. Apesar da região de Pirapora apresentar o clima mais quente, o teor de açúcar foi superior em Três Corações. Entretanto, o vinhedo de Três Corações foi conduzido sem irrigação, o que pode ter levado a maior desidratação das bagas e conseqüente aumento no teor de sólidos solúveis por concentração do mosto. MOTA et al. (2009) verificaram no mesmo vinhedo em Três Corações, teores menores de açúcares: 18,24 e 20,66 °Brix nas safras de inverno de 2005 e de 2006, respectivamente.

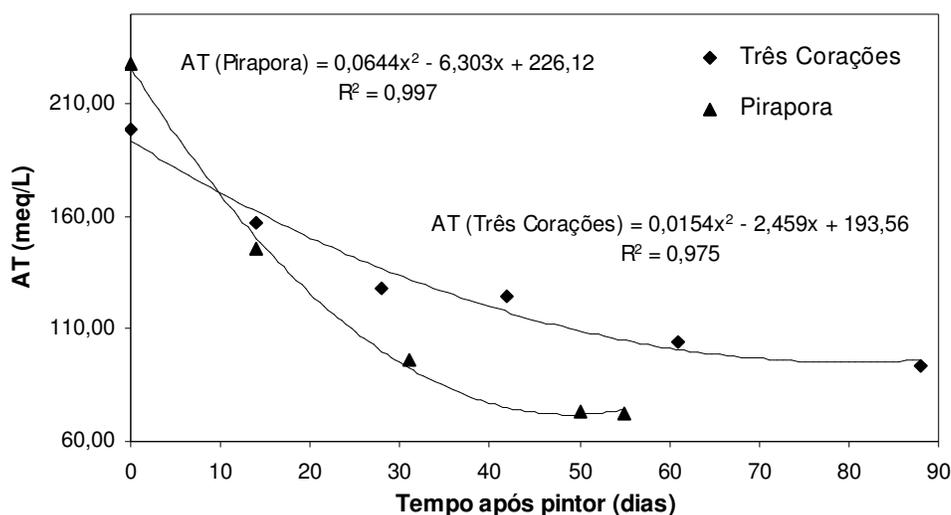
**Tabela 7.** Teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total e pH no mosto proveniente das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora, na data da colheita (safra de 2008)

Local de cultivo	Característica avaliada *		
	SST (°Brix)	Acidez total (meq/L)	pH
Três Corações	22,13 ± 0,15 a	94,00 ± 1,73 a	3,68 ± 0,01 a
Pirapora	20,83 ± 0,46 b	72,00 ± 1,00 b	3,62 ± 0,02 b

\* Médias (± desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

### 2.1.1.2. Acidez total

Em relação à acidez total (Figura 9), ocorreu redução nos teores com a evolução da maturação da uva, nas duas regiões. No início da maturação, a acidez total é elevada e com o decorrer do tempo ocorre uma redução acentuada, principalmente devido à degradação do ácido málico. Nas duas regiões, as curvas ajustaram-se melhor à regressão de segundo grau. Entre os fatores que determinam a redução da acidez total durante a maturação destacam-se a diluição dos ácidos orgânicos devido ao aumento do tamanho da baga, a migração de bases, principalmente das raízes, e conseqüente neutralização dos ácidos orgânicos e a respiração celular (RIZZON et al., 2000).

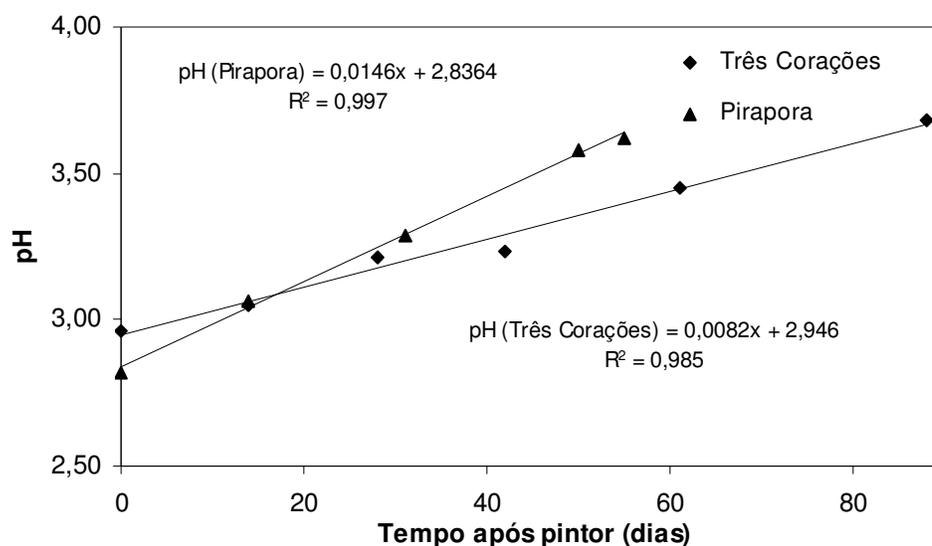


**Figura 9.** Evolução na acidez total dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Três Corações e Pirapora durante a maturação, na safra de 2008.

A acidez total no mosto das uvas de Três Corações foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) que o de Pirapora (94 comparado a 72 meq/L), na época da colheita (Tabela 7). Esse resultado está de acordo com o fato de que, em geral, a videira em climas quentes fornece mostos pobres em acidez (MOTA et al., 2006). Em estudo realizado na Itália, DEL PRETE et al. (2009) relataram valores de acidez total de 104 e 97 meq/L, nas safras de 2004 e 2005, respectivamente, para a cultivar Syrah. Esses teores de acidez são próximos ao encontrado em Três Corações (94 meq/L).

### 2.1.1.3. pH

Verificou-se um aumento linear no pH do mosto das uvas nas duas regiões (Figura 10). Segundo MANFROI et al. (2004), este resultado deve-se à diminuição nas concentrações dos ácidos tartárico e málico, à salificação dos ácidos orgânicos e ao aumento do cátion potássio. O mosto das uvas de Três Corações apresentou valor de pH significativamente superior ( $p < 0,05$ ) ao de Pirapora (3,68 comparado a 3,62), na data da última amostragem (Tabela 7). Este resultado não é concordante com a maior acidez encontrada em Três Corações. Entretanto, o teor de potássio também poderia afetar o valor de pH, ou seja, o maior valor de pH encontrado em Três Corações pode ser devido a uma maior concentração deste mineral nas uvas provenientes desta região.



**Figura 10.** Evolução no pH dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Três Corações e Pirapora durante a maturação, na safra de 2008.

A taxa de aumento do pH foi maior para as uvas cultivadas em Pirapora (0,015/dia) em relação as uvas de Três Corações (0,008/dia). A maior velocidade apresentada em Pirapora pode constituir uma característica importante, uma vez que menor período de tempo seria necessário para se atingir o pH final, sendo essencial a avaliação conjunta de todas as outras características das uvas.

### 2.1.2. Teores de aminas bioativas no mosto

Dentre as dez aminas pesquisadas, foram encontradas no mosto de uvas Syrah cultivadas em Pirapora e Três Corações apenas a putrescina, a espermidina e a espermina. Em todas as datas avaliadas foram detectadas a putrescina e a espermidina. Entretanto, a espermina foi detectada apenas em algumas datas (Tabela 8). A presença destas três aminas em uvas já havia sido descrita na literatura (GENY et al., 1997b; SHIOZAKI et al., 2000; BOVER-CID et al., 2006; BAUZA et al., 2007). A putrescina e a espermidina também foram detectadas em uvas por SASS-KISS et al. (2000) e KISS et al. (2006). DEL PRETE et al. (2009) relataram a presença de putrescina em mostos de uvas Syrah nas safras de 2004 e 2005 em estudo conduzido na Itália.

**Tabela 8.** Teores de espermina (mg/L) detectados nos mostos de uvas Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008

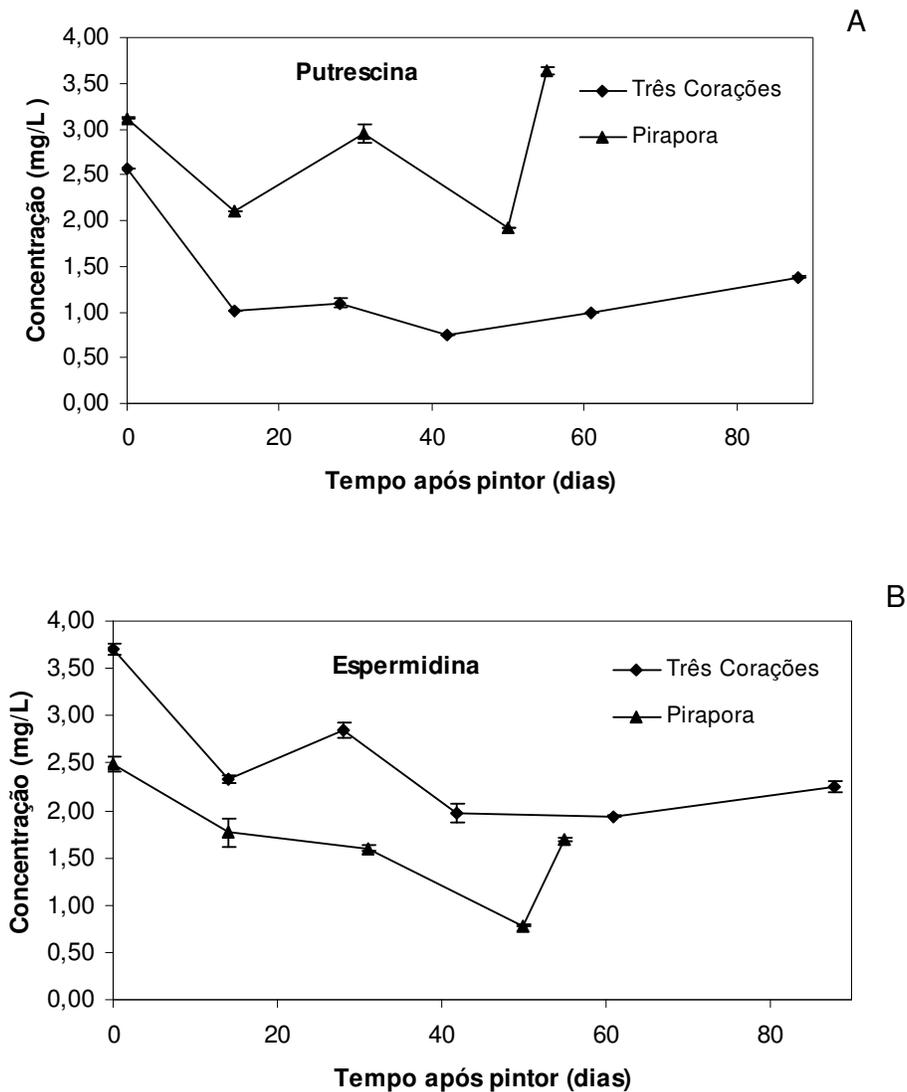
Amostragem	Teores de espermina (mg/L) em mosto de uva cv Syrah de	
	Três Corações	Pirapora
Início da maturação (dia 0)	0,88 ± 0,00	nd
14 dias	0,54 ± 0,02	0,37 ± 0,01
Colheita	0,56 ± 0,02	0,40 ± 0,01

nd – não detectado

A evolução dos teores da putrescina e espermidina encontradas nos mostos provenientes das uvas de Três Corações e Pirapora durante a maturação está indicada na Figura 11. Os teores das aminas variaram nas duas regiões no decorrer da maturação, ocorrendo flutuações nos mesmos. BAUZA et al. (2007) afirmaram que as diferenças observadas nas concentrações das aminas podem ser explicadas pela complexidade dos processos que ocorrem ao longo da maturação.

Observando a Figura 11A, percebe-se que a concentração máxima de putrescina ocorreu no início da maturação, exceto em Pirapora, onde o teor mais elevado ocorreu na data da colheita. Os teores de putrescina encontrados em Pirapora foram superiores aos observados em Três Corações para todas as datas avaliadas. Os resultados obtidos podem estar relacionados ao cultivo das uvas numa região mais seca, na qual não houve

precipitação nos meses de julho e agosto em Pirapora e as temperaturas foram mais elevadas em relação a Três Corações (Figura 7). As temperaturas elevadas e o estresse hídrico podem ter levado ao acúmulo de putrescina nas uvas.



**Figura 11.** Evolução nos teores (mg/L) de putrescina (A) e espermidina (B) nos mostos de uvas Syrah cultivadas nas regiões de Três Corações e Pirapora na safra de 2008.

Os teores de espermidina são apresentados na Figura 11B. Ao contrário da putrescina, verificou-se que as concentrações de espermidina no mosto de uvas Syrah

colhidas ao longo da maturação em Três Corações foram superiores às encontradas em Pirapora durante toda a maturação. As concentrações de espermina detectadas encontram-se registradas na Tabela 8. Assim como a espermidina, os teores de espermina foram maiores em Três Corações do que em Pirapora.

A poliamina espermidina encontra-se presente em teores elevados principalmente em condições ideais de cultivo, promovendo boa produtividade. Por outro lado, em condições adversas, a produção de espermidina é interrompida, ocorrendo acúmulo de putrescina, a qual pode conferir um efeito negativo no sabor e aroma do vinho quando presente em concentrações muito elevadas. De acordo com GARCIA-VILLAR et al. (2007), aminas como a putrescina e a cadaverina podem modificar negativamente as propriedades organolépticas dos vinhos. Desta forma, uma concentração elevada de putrescina no mosto pode ser indesejável por contribuir com um flavor pútrido ao produto.

Segundo LOVAAS (1997), as poliaminas possuem efeitos antioxidantes, exercendo proteção às células, incluindo membranas, ácidos nucléicos e ácidos graxos polinsaturados contra danos oxidativos. Desta forma a presença de poliaminas no mosto é desejável devido ao efeito antioxidante que estas apresentam.

Os resultados encontrados sugerem que as condições edafoclimáticas de Três Corações comparadas às de Pirapora foram mais adequadas à produção da uva, pois os mostos de Três Corações apresentaram maiores teores de poliaminas totais (soma dos teores de espermidina e espermina) e menor teor de putrescina.

Os teores das aminas, no início da maturação e na época da colheita, das regiões de Três Corações e Pirapora foram comparados, conforme apresentado na Tabela 9. Observou-se que os teores de putrescina em amostras de Pirapora foram significativamente superiores aos encontrados em Três Corações, tanto no início da maturação quanto na época da colheita ( $p < 0,05$ ). Entretanto, os teores de espermidina e espermina foram mais elevados nos mostos de Três Corações ( $p < 0,05$ ). Estas diferenças indicam que os teores de putrescina, espermidina e espermina foram afetados pelas condições edafoclimáticas. De acordo com MARTÍN-ÁLVAREZ et al. (2006), as diferentes condições edafoclimáticas podem afetar os teores de aminoácidos livres e a microbiota da uva, os quais podem influenciar a formação das aminas.

**Tabela 9.** Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) no mosto das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita

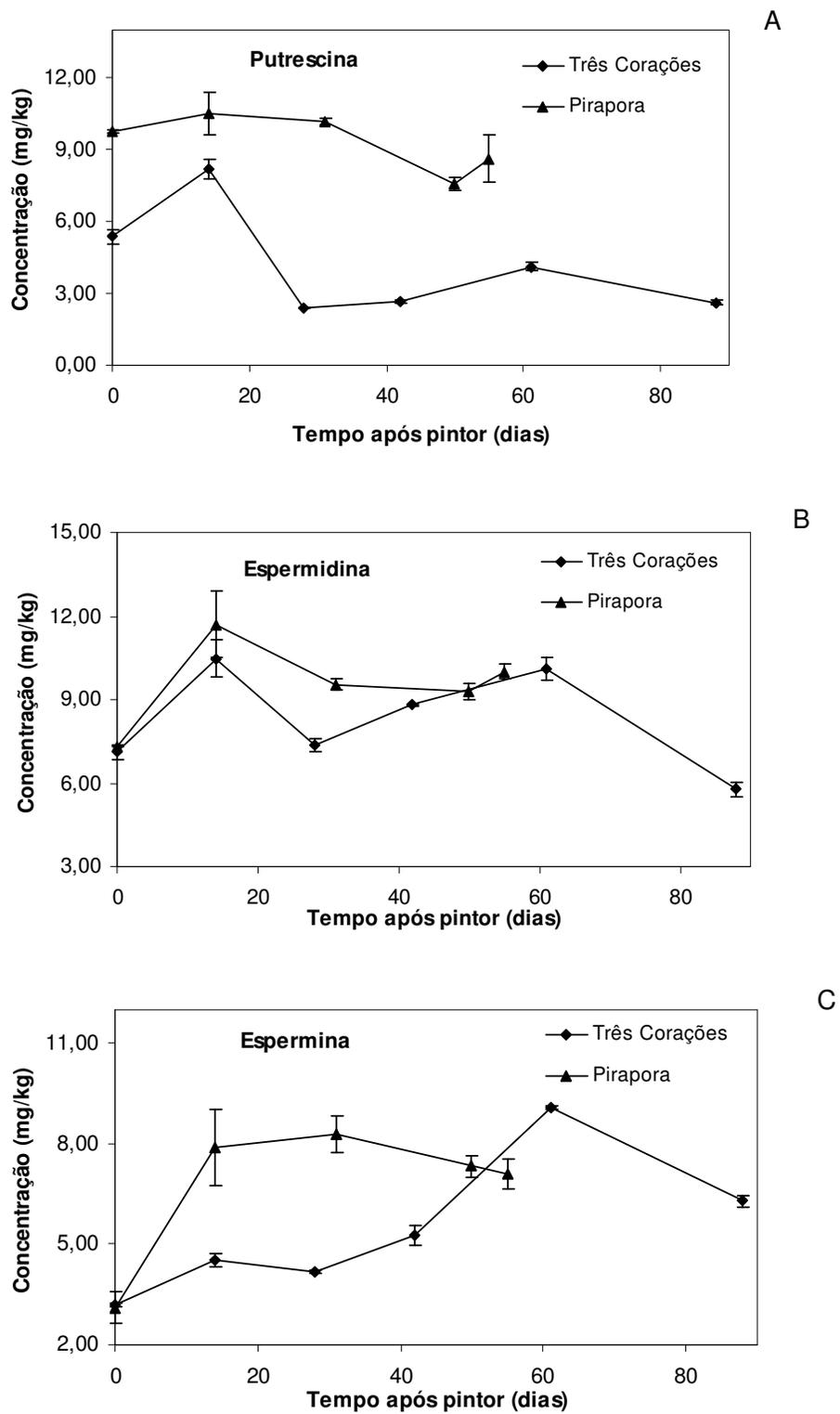
Local de cultivo	Teores (mg/L)*		
	Putrescina	Espermidina	Espermina
<i>Início da maturação</i>			
Três Corações	2,57 ± 0,01 b	3,70 ± 0,05 a	0,88 ± 0,00
Pirapora	3,12 ± 0,00 a	2,49 ± 0,00 b	nd
<i>Colheita</i>			
Três Corações	1,37 ± 0,01 b	2,25 ± 0,06 a	0,56 ± 0,02 a
Pirapora	3,63 ± 0,04 a	1,69 ± 0,02 b	0,40 ± 0,01 b

\* Médias (± desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade. nd – não detectado

## 2.2. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS NA CASCA

Os teores das aminos bioativas encontrados ao longo da maturação nas cascas das uvas Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora, na safra de 2008, são apresentados na Figura 12. Foram detectadas as aminos putrescina, espermidina e espermina em todas as amostras analisadas. Em ambas as regiões as concentrações das aminos variaram ao longo do tempo de amadurecimento.

Os teores de putrescina nas duas regiões foram decrescendo durante a maturação de acordo com o apresentado na Figura 12A. As concentrações de putrescina foram superiores em Pirapora para todas as datas estudadas, assim como no mosto. Em relação à espermidina, verificou-se uma elevação na concentração nos primeiros 14 dias e posterior diminuição ao longo da maturação nas duas regiões conforme observado na Figura 12B. No caso da espermina, entretanto, ocorreu um aumento do teor durante a maturação, havendo uma redução do mesmo apenas no final do período estudado, sendo que ambas as regiões apresentaram comportamento semelhante como pode ser verificado na Figura 12C.



**Figura 12.** Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas cascas de uvas Syrah cultivadas nas regiões de Três Corações e Pirapora na safra de 2008.

BAUZA et al. (2007) também detectaram putrescina, espermidina e espermina nas cascas de uvas Syrah cultivadas no Vale do Rhone. Os autores observaram diminuição no teor de putrescina, aumento no de espermina e variações nos teores de espermidina ao longo do período de maturação.

Na Tabela 10 é mostrada a comparação das concentrações das aminas nas cascas, no início da maturação e na época da colheita das uvas Syrah cultivadas em ambas as regiões. A concentração de putrescina foi significativamente superior em Pirapora, tanto no início da maturação quanto na época da colheita ( $p < 0,05$ ), sendo este o mesmo resultado encontrado para o mosto. Com relação aos teores de espermidina, no início da maturação não houve diferença significativa entre os teores encontrados nas duas regiões ( $p > 0,05$ ), porém, na época da colheita este teor foi maior em Pirapora ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença significativa entre os teores de espermina encontrados nas amostras de cascas de uvas das duas regiões, tanto no início da maturação quanto na época da colheita ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 10.** Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas cascas das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita

Local de cultivo	Teores (mg/kg)*		
	Putrescina	Espermidina	Espermina
<i>Início da maturação</i>			
Três Corações	5,39 ± 0,30 b	7,12 ± 0,25 a	3,20 ± 0,05 a
Pirapora	9,77 ± 0,04 a	7,32 ± 0,02 a	3,11 ± 0,46 a
<i>Colheita</i>			
Três Corações	2,63 ± 0,12 b	5,77 ± 0,26 b	6,29 ± 0,17 a
Pirapora	8,62 ± 1,00 a	10,02 ± 0,27 a	7,10 ± 0,45 a

\* Médias ( $\pm$  desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

A vinificação do vinho tinto geralmente é realizada na presença da casca e da polpa da uva, logo, a putrescina dessas partes pode ser liberada para o mosto. Este fato

poderia explicar, pelo menos parcialmente, os níveis mais elevados desta amina presentes nos vinhos tintos (BOVER-CID et al., 2006). A putrescina e a cadaverina possuem menor atividade farmacológica do que as aminas aromáticas, no entanto, podem potencializar o efeito tóxico da histamina, tiramina e feniletilamina, as quais podem estar presentes nos vinhos (GLÓRIA, 2005).

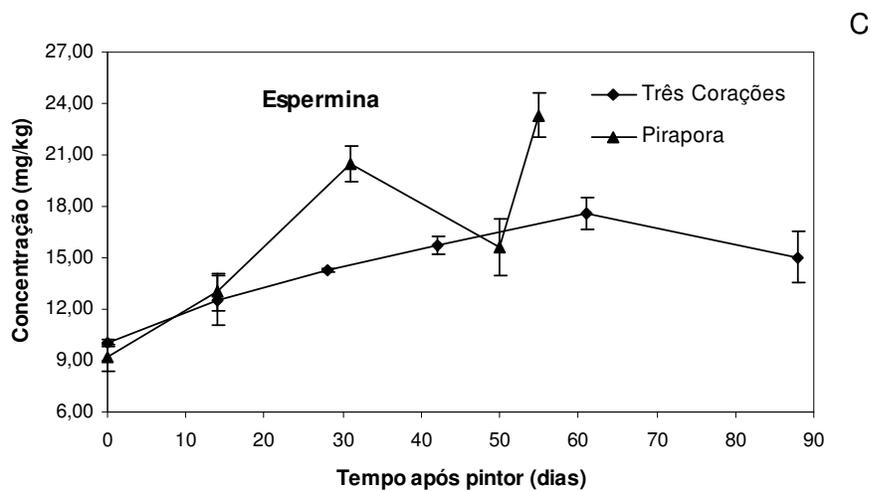
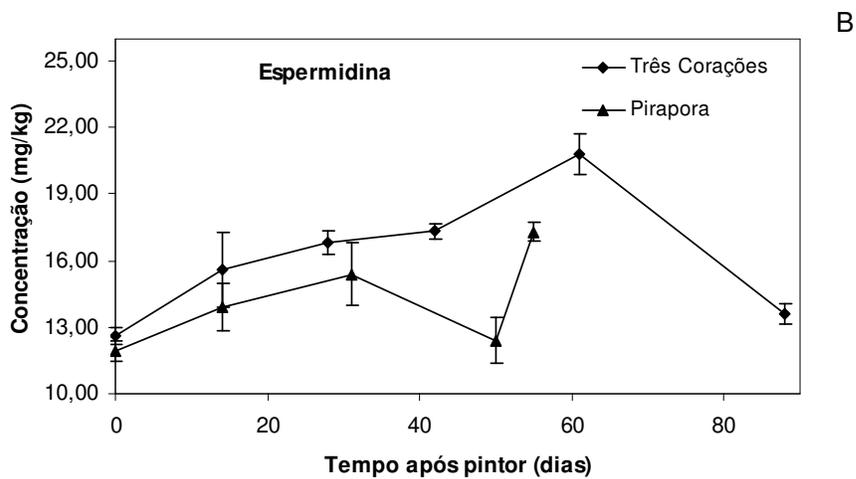
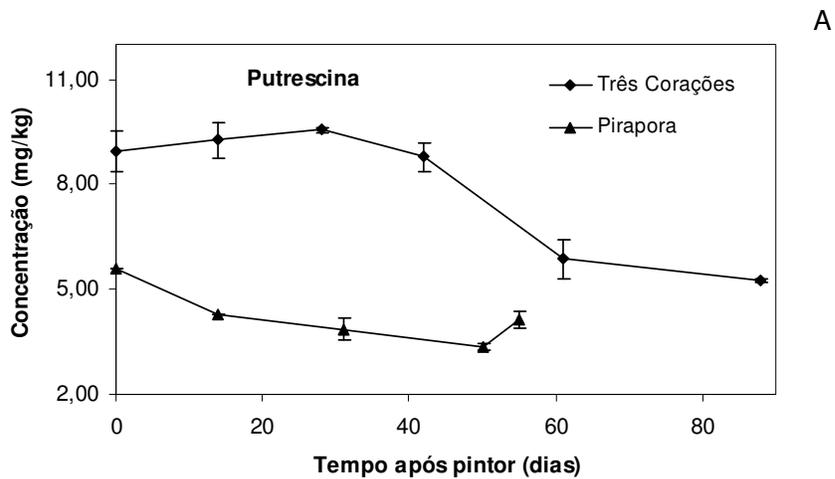
Na busca por um vinho com menores teores de aminas, seria interessante que a concentração de putrescina nas cascas não fosse muito elevada. Neste estudo as uvas cultivadas em Três Corações apresentaram menores teores dessa amina, sugerindo a possibilidade de se obter um vinho com menor teor de putrescina a partir das uvas desta região.

### **2.3. INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS NA SEMENTE**

Também foram pesquisados os teores de aminas bioativas nas sementes das uvas Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora. Os resultados encontrados durante a maturação estão indicados na Figura 13. Em todas as amostras de sementes analisadas, assim como nas cascas, foram detectadas putrescina, espermidina e espermina nas duas regiões.

A evolução dos teores de putrescina durante a maturação é mostrada na Figura 13A. Os teores de putrescina foram superiores nas sementes provenientes das uvas cultivadas em Três Corações, em todas as datas avaliadas. Estes resultados divergem daqueles encontrados para os mostos e as cascas, nos quais as concentrações de putrescina foram maiores nas uvas cultivadas em Pirapora.

Os teores de espermidina também foram maiores nas sementes das uvas cultivadas em Três Corações, em todas as datas avaliadas (Figura 13B). Entretanto, no caso da espermina, as concentrações nas duas regiões foram semelhantes, com exceção de duas amostras de Pirapora (31 e 55 dias) que apresentaram teores mais elevados do que as amostras de sementes de Três Corações (Figura 13C).



**Figura 13.** Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas sementes de uvas Syrah cultivadas nas regiões de Três Corações e Pirapora na safra de 2008.

Estes resultados estão de acordo com GENY et al. (1997b) que encontraram putrescina, espermidina, espermina e diaminopropano em videiras cv. Cabernet Sauvignon, sendo que os maiores teores foram de putrescina, espermidina e diaminopropano. SHIOZAKI et al. (2000) e BAUZA et al. (2007) detectaram putrescina, espermidina e espermina nas sementes de uvas. Entretanto, KISS et al. (2006) encontraram além da putrescina e espermidina a cadaverina nas sementes de uvas.

Os teores de putrescina presentes nas sementes foram significativamente superiores em amostras de Três Corações (Tabela 11), tanto no início da maturação quanto na época da colheita ( $p < 0,05$ ), diferindo dos resultados encontrados para o mosto e a casca. No início da maturação não houve diferença significativa entre os teores de espermidina e espermina encontrados nas duas regiões ( $p > 0,05$ ), entretanto na época da colheita os teores das poliaminas foram maiores em Pirapora ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 11.** Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas sementes das bagas da videira Syrah cultivadas em Três Corações e Pirapora na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita

Local de cultivo	Teores (mg/kg)*		
	Putrescina	Espermidina	Espermina
<i>Início da maturação</i>			
Três Corações	8,93 ± 0,57 a	12,58 ± 0,38 a	10,05 ± 0,24 a
Pirapora	5,58 ± 0,00 b	11,93 ± 0,46 a	9,16 ± 0,78 a
<i>Colheita</i>			
Três Corações	5,25 ± 0,05 a	13,59 ± 0,44 b	15,04 ± 1,47 b
Pirapora	4,16 ± 0,24 b	17,31 ± 0,40 a	23,31 ± 1,32 a

\* Médias ( $\pm$  desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Em frutos, as sementes são geralmente um centro metabólico de fitormônios, de modo que a influência das mesmas deve ser considerada nas discussões sobre o desenvolvimento e a maturação de frutos. Uma vez que os fitormônios produzidos nas sementes desempenham um papel importante no desenvolvimento do pericarpo, as

poliaminas produzidas nas sementes poderiam atuar de forma similar (SHIOZAKI et al., 2000). Os autores também sugeriram que a putrescina poderia ser excretada das sementes para o pericarpo das uvas.

Pode ter ocorrido uma maior migração de putrescina das sementes das uvas de Pirapora para o pericarpo, o que explicaria o fato dos teores de putrescina, encontrados nas sementes das uvas de Pirapora, serem inferiores aos de Três Corações, sendo que as concentrações observadas nos mostos e nas cascas foram superiores.

### **3. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO**

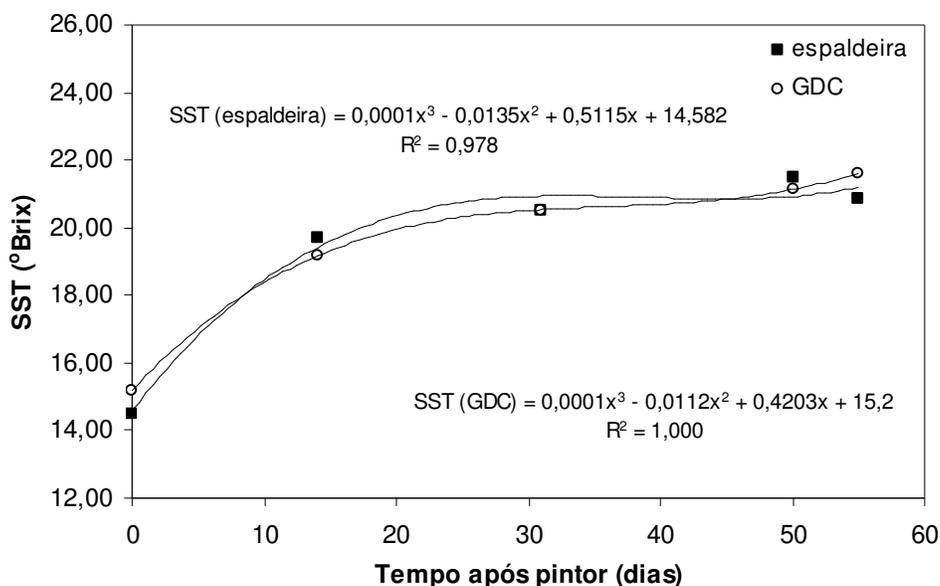
#### **3.1. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NOS TEORES DE AMINAS E NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MOSTO**

##### **3.1.1. Características físico-químicas do mosto**

O tempo necessário para a maturação foi o mesmo (55 dias) tanto para as uvas Syrah conduzidas em espaldeira, quanto para as uvas conduzidas em GDC, ambas cultivadas na região de Pirapora na safra de 2008.

##### **3.1.1.1. Sólidos solúveis totais**

Na Figura 14 encontra-se representada a evolução dos teores de sólidos solúveis totais nos dois sistemas de condução estudados. Observou-se que os dados ajustaram-se melhor à regressão cúbica, com  $R^2 = 0,978$  para o mosto proveniente de uvas conduzidas em espaldeira e  $R^2 = 1,000$  para o sistema de condução GDC. Ocorreu um aumento nos teores de sólidos solúveis ao longo da maturação, sendo o incremento superior nos primeiros 14 dias.



**Figura 14.** Evolução nos teores de sólidos solúveis totais dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Pirapora nos sistemas de condução em espaladeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008.

No momento da colheita, os teores de sólidos solúveis totais dos mostos provenientes das uvas conduzidas em GDC (21,16 °Brix) e em espaladeira (20,83 °Brix) não diferiram significativamente entre si ( $p > 0,05$ ) (Tabela 12). Pode-se afirmar, em relação ao acúmulo de açúcares, que ambos os sistemas de condução promoveram adequada exposição dos cachos aos raios solares.

Uma adequada exposição dos frutos à radiação solar é fator determinante para a melhoria na composição da uva e no potencial qualitativo do vinho. A radiação solar na região do cacho é mais importante durante a fase de maturação pelo seu efeito na composição do mosto, na acidez total, pH e antocianinas (TODA et al., 1991). Segundo MIELE & MANDELLI (2009), videiras com muita sombra produzem uva com teores mais elevados de potássio, pH e ácido málico no mosto e mais baixos de açúcar, polifenóis, antocianinas e monoterpenos.

**Tabela 12.** Teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total e pH no mosto proveniente das bagas da videira Syrah conduzidas em espaldeira e GDC, na data da colheita (safra de 2008)

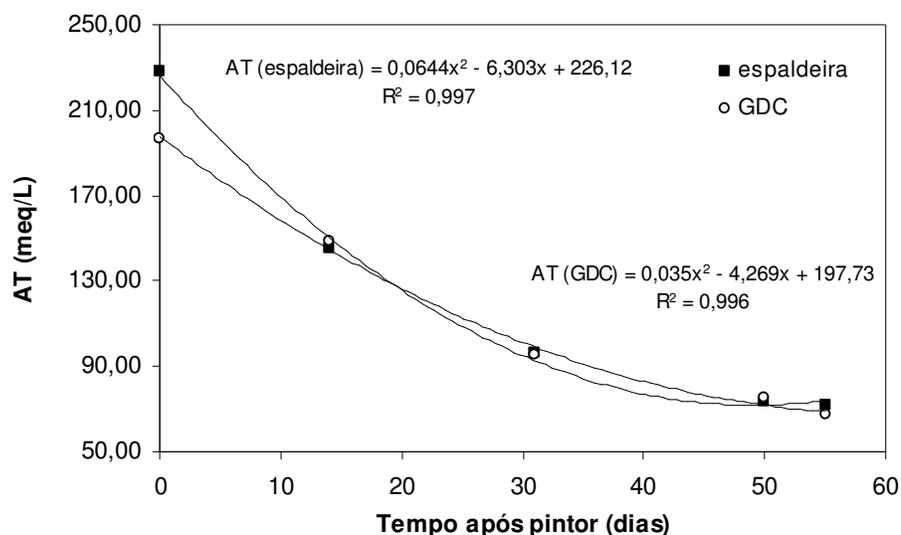
Mosto de uva cv Syrah conduzida em	Característica avaliada *		
	SST (°Brix)	Acidez total (meq/L)	pH
Espaldeira	20,83 ± 0,46 a	72,00 ± 1,00 a	3,62 ± 0,02 b
GDC	21,63 ± 0,23 a	67,33 ± 1,15 b	3,78 ± 0,02 a

\* Médias (± desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

### 3.1.1.2. Acidez total

Observou-se uma redução na acidez total (Figura 15) com a evolução da maturação da uva nos dois sistemas de condução, sendo que as curvas ajustaram-se melhor à regressão de segundo grau e apresentaram comportamento similar.

A acidez total no mosto de uvas conduzidas em espaldeiras foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) ao mosto de uvas conduzidas em GDC (72,00 comparado a 67,33 meq/L), no momento da colheita (Tabela 12).

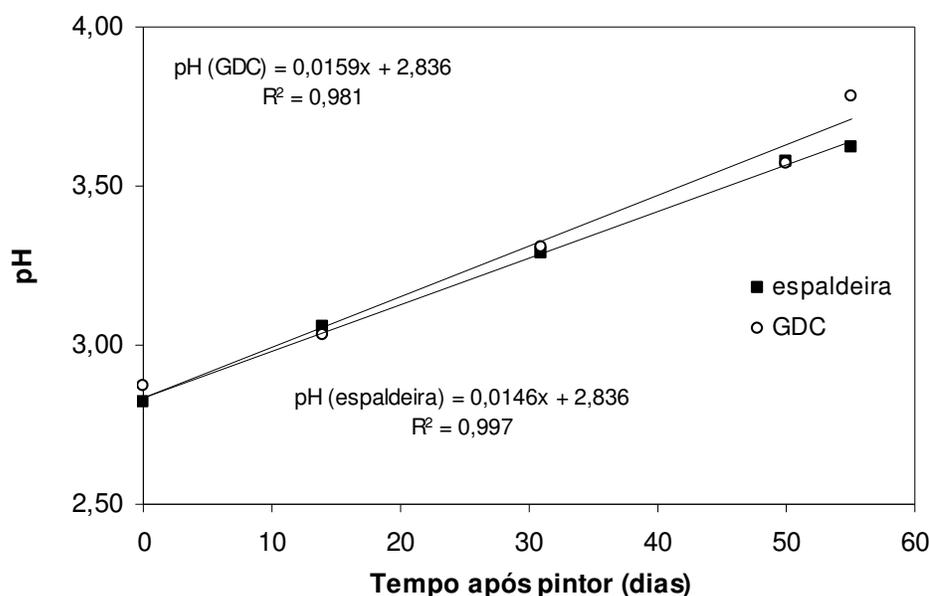


**Figura 15.** Evolução na acidez total dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008.

### 3.1.1.3. pH

Em relação ao pH (Figura 16), verificou-se um aumento linear no mosto das uvas provenientes de ambos sistemas de condução ao longo do amadurecimento. O valor final do pH na época da colheita foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) no mosto de uvas conduzidas em GDC (3,78) quando comparado ao sistema espaldeira (3,62) (Tabela 12). Segundo MIELE & MANDELLI (2009), o mosto de uvas conduzidas no sistema GDC tem pH mais baixo em relação àquelas conduzidas em espaldeira. Os resultados encontrados neste estudo não confirmaram a afirmativa dos autores.

As taxas de elevação do pH foram similares para os dois sistemas de condução, sendo superior no sistema GDC (0,016/dia). Para as uvas conduzidas em espaldeira o aumento médio foi de 0,015/dia.



**Figura 16.** Evolução no pH dos mostos de uva cv. Syrah cultivada em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008.

### 3.1.2. Teores de aminas bioativas no mosto

Foram detectadas no mosto as aminas putrescina, espermidina e espermina, sendo que em todas as datas avaliadas foram encontradas a putrescina e a espermidina. Entretanto, a espermina foi detectada apenas em algumas datas (Tabela 13).

**Tabela 13.** Teores de espermina (mg/L) detectados nos mostos de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC na safra de 2008

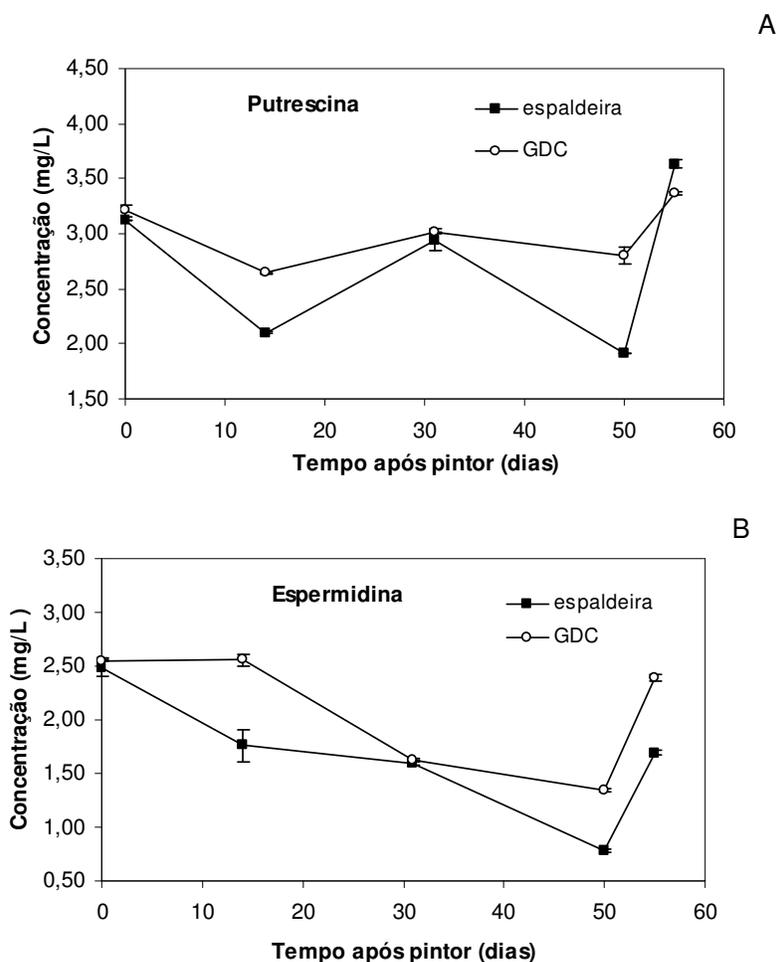
Período da Amostragem	Teores de espermina (mg/L) em mosto de uva cv Syrah conduzida em	
	Espaldeira	GDC
Início da maturação (dia 0)	nd	0,59 ± 0,00
14 dias	0,37 ± 0,01	0,77 ± 0,07
Colheita	0,40 ± 0,01	0,85 ± 0,05

nd – não detectado

A evolução nos teores de putrescina e espermidina encontrados nos mostos provenientes das uvas cultivadas em Pirapora nos dois sistemas de condução, durante a maturação na safra de 2008, é apresentada na Figura 17. Observa-se que houve variação nos teores destas aminas em ambos os sistemas de condução durante a maturação.

Os teores de putrescina foram superiores nas uvas conduzidas em GDC no decorrer da maturação, exceto na data da colheita, na qual a concentração mais elevada ocorreu nas uvas conduzidas em espaldeira (Figura 17A).

Na Figura 17B são apresentados os teores de espermidina. Assim como para a putrescina, verificou-se que as concentrações de espermidina no mosto de uvas Syrah conduzidas em GDC foram superiores às encontradas nas uvas cultivadas no sistema espaldeira para todas as datas avaliadas. Os teores de espermina detectados estão indicados na Tabela 13. As concentrações de espermina também foram maiores para o sistema de condução em GDC em todas as datas estudadas.



**Figura 17.** Evolução nos teores (mg/L) de putrescina (A) e espermidina (B) nos mostos de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008.

As concentrações das aminas presentes nos mostos, oriundos de uvas conduzidas em GDC e em espaldeira, no início da maturação e na época da colheita, foram comparadas (Tabela 14). No início da maturação, verificou-se que não houve diferença significativa nos teores de putrescina e de espermidina entre as amostras conduzidas em GDC e espaldeira ( $p > 0,05$ ). Entretanto, na data da colheita, a concentração da putrescina foi significativamente superior nos mostos provenientes de uvas conduzidas em espaldeira e os teores de espermidina e espermina foram mais elevados nas amostras de uvas conduzidas em GDC ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 14.** Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) no mosto das bagas da videira Syrah cultivadas em Pirapora, conduzidas nos sistemas espaldeira e GDC, na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita

Sistema de condução	Teores (mg/L)*		
	Putrescina	Espermidina	Espermina
<i>Início da maturação</i>			
Espaldeira	3,12 ± 0,00 a	2,49 ± 0,00 a	nd
GDC	3,21 ± 0,05 a	2,55 ± 0,01 a	0,59 ± 0,00
<i>Colheita</i>			
Espaldeira	3,63 ± 0,04 a	1,69 ± 0,02 b	0,40 ± 0,01 b
GDC	3,36 ± 0,01 b	2,39 ± 0,03 a	0,85 ± 0,05 a

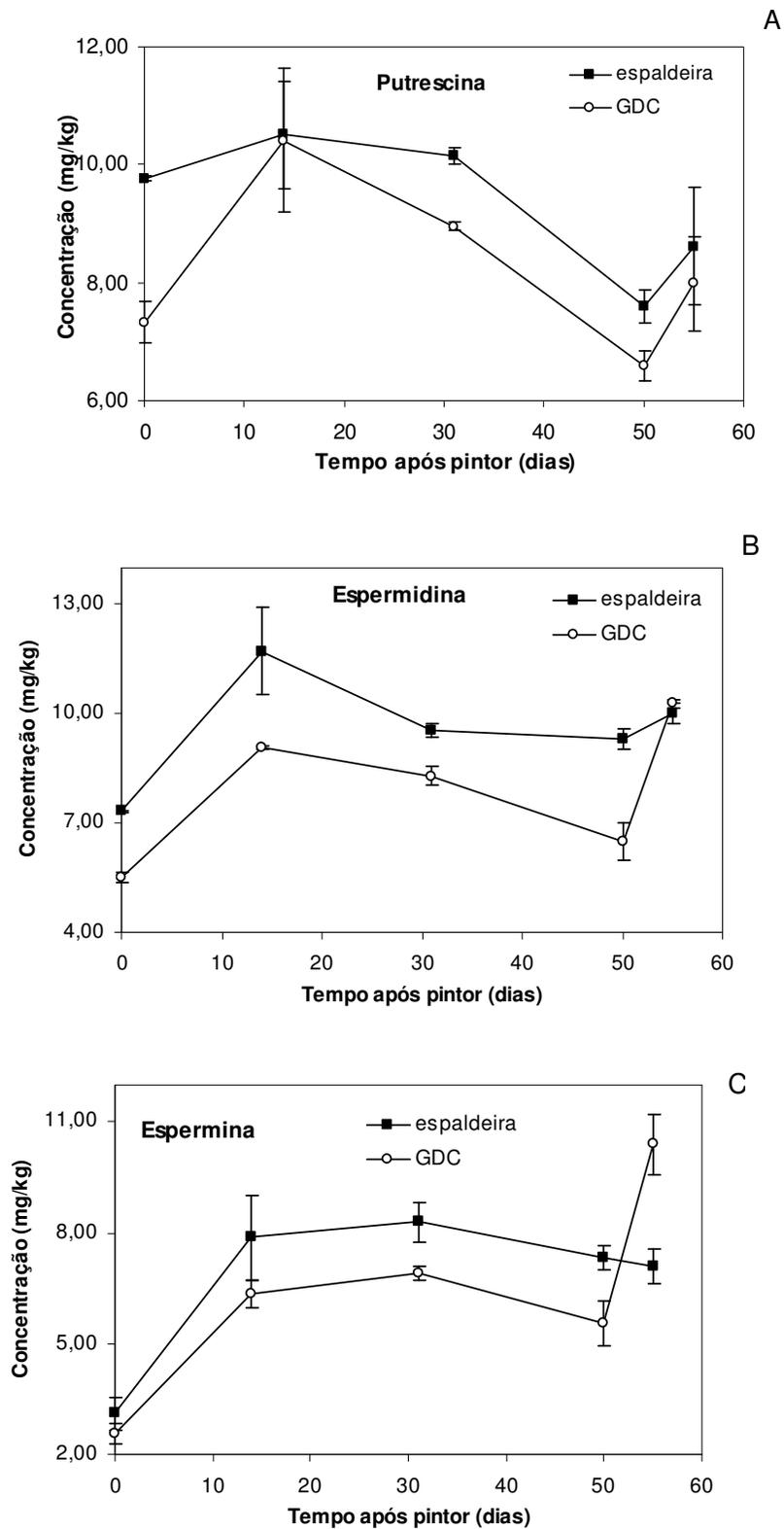
\* Médias (± desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade. nd – não detectado

Os resultados encontrados indicam que o sistema de condução em GDC apresentou perfil de aminas mais adequado à produção do vinho, quando comparado ao sistema em espaldeira, pois, na data da colheita, os teores de poliaminas foram superiores e o teor de putrescina inferior neste sistema.

Devido ao fato de Pirapora localizar-se em uma região de clima quente e seco, deve-se evitar a exposição excessiva dos cachos aos raios solares para não ocorrer aumento exagerado na temperatura das bagas, o que pode afetar a qualidade dos vinhos (REGINA et al., 2006a). O sistema de condução em GDC pode ter propiciado maior proteção dos cachos aos raios solares e promovido adequada insolação à planta, o que resultou no perfil de aminas mais interessante.

### **3.2. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS NA CASCA**

Foram detectadas nas cascas das uvas Syrah, cultivadas em Pirapora e conduzidas nos sistemas espaldeira e GDC, a putrescina, a espermidina e a espermina em todas as amostras analisadas (Figura 18). Nos dois sistemas de condução os teores das aminas variaram durante a maturação das uvas.



**Figura 18.** Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas cascas de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaladeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008.

A evolução das concentrações de putrescina apresentou modelo similar para ambos os sistemas de condução (Figura 18A). Nos primeiros 14 dias, houve um aumento nos teores de putrescina e posterior diminuição ao longo do amadurecimento. Em relação à espermidina, assim como para a putrescina, observou-se evolução similar nos dois sistemas de condução. Os teores de espermidina foram superiores no sistema espaldeira em todas as datas avaliadas, exceto no momento da colheita, na qual os teores foram semelhantes para os dois sistemas (Figura 18B).

No caso da espermina, as concentrações foram superiores também no sistema em espaldeira, para todas as datas avaliadas, com exceção da última data de amostragem, na qual a concentração foi superior no sistema GDC (Figura 18C).

A comparação dos teores das aminas nas cascas, no início da maturação e na época da colheita das uvas cultivadas em ambos os sistemas de condução, está representada na Tabela 15. No início da maturação, os teores de putrescina e espermidina foram significativamente superiores no sistema em espaldeira ( $p < 0,05$ ), entretanto, não houve diferença significativa nos teores de espermina entre os dois sistemas de condução. Na época da colheita, as concentrações de putrescina e espermidina não diferiram significativamente entre os sistemas de condução em espaldeira e GDC, porém o teor de espermina foi maior no sistema de condução GDC.

**Tabela 15.** Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas cascas das bagas da videira Syrah cultivadas em Pirapora, conduzidas nos sistemas espaldeira e GDC, na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita

Sistema de condução	Teores (mg/kg)*		
	Putrescina	Espermidina	Espermina
<i>Início da maturação</i>			
Espaldeira	9,77 ± 0,04 a	7,32 ± 0,02 a	3,11 ± 0,46 a
GDC	7,33 ± 0,34 b	5,49 ± 0,15 b	2,57 ± 0,28 a
<i>Colheita</i>			
Espaldeira	8,62 ± 1,00 a	10,02 ± 0,27 a	7,10 ± 0,45 b
GDC	7,98 ± 0,80 a	10,28 ± 0,12 a	10,40 ± 0,82 a

\* Médias (± desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

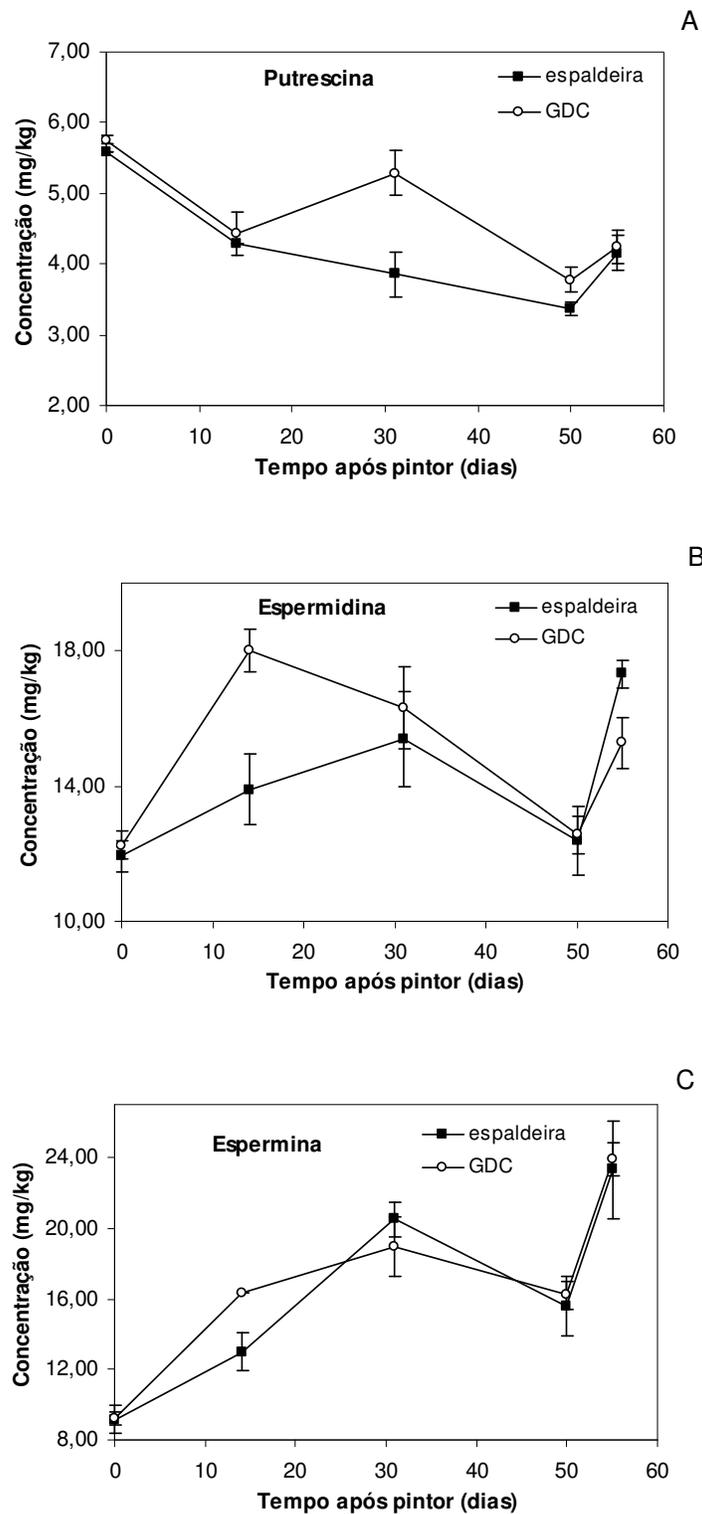
Os resultados indicam que os sistemas de condução estudados não influenciaram os teores de putrescina nas cascas das uvas no momento da colheita. Ambos os sistemas apresentariam, portanto, o mesmo potencial em relação à possível liberação de putrescina das cascas para o mosto.

### **3.3. INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NOS TEORES DE AMINAS BIOATIVAS NA SEMENTE**

Nas sementes das uvas Syrah também foram detectadas putrescina, espermidina e espermina nos sistemas de condução em espaladeira e GDC, em todas as amostras de sementes analisadas conforme indicado na Figura 19.

As concentrações de putrescina durante a maturação foram semelhantes em ambos os sistemas de condução. Apenas aos 30 dias de maturação o teor de putrescina no sistema em GDC foi bastante superior ao de espaladeira, como pode ser observado na Figura 19A. Os teores de espermidina e espermina, nos dois sistemas de condução, também foram próximos em todas as datas avaliadas, exceto aos 14 dias de maturação, quando os teores de espermidina e espermina foram superiores no sistema em GDC de acordo com o representado nas Figuras 19B e 19C.

Os teores de putrescina, espermidina e espermina encontrados nos dois sistemas de condução não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ), tanto no início da maturação quanto na época da colheita conforme apresentado na Tabela 16. O sistema de condução não afetou os teores das aminos presentes nas sementes.



**Figura 19.** Evolução nos teores (mg/kg) de putrescina (A), espermidina (B) e espermina (C) nas sementes de uvas Syrah cultivadas em Pirapora nos sistemas de condução em espaldeira e GDC, durante a maturação, na safra de 2008.

**Tabela 16.** Teores de putrescina (PUT), espermidina (EPD) e espermina (EPM) nas sementes das bagas da videira Syrah cultivadas em Pirapora, conduzidas nos sistemas espaldeira e GDC, na safra de 2008, amostradas no início da maturação e colheita

Sistema de condução	Teores (mg/kg)*		
	Putrescina	Espermidina	Espermina
<i>Início da maturação</i>			
Espaldeira	5,57 ± 0,00 a	11,93 ± 0,45 a	9,16 ± 0,78 a
GDC	5,76 ± 0,06 a	12,25 ± 0,40 a	9,24 ± 0,36 a
<i>Colheita</i>			
Espaldeira	4,16 ± 0,24 a	17,31 ± 0,40 a	23,31 ± 2,73 a
GDC	4,23 ± 0,24 a	15,27 ± 0,74 a	23,94 ± 0,92 a

\* Médias (± desvio padrão) seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

#### 4. CORRELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MOSTO E OS TEORES DE AMINAS PRESENTES

Foram calculados os coeficientes de correlação entre a concentração de sólidos solúveis totais, a acidez, o valor de pH e os teores de putrescina, espermidina e espermina do mosto das uvas cv. Syrah provenientes das regiões de Três Corações e Pirapora. Na região de Três Corações não foi observada correlação significativa entre os teores de aminos presentes e as características físico-químicas do mosto. No entanto, em Pirapora observou-se correlação significativa apenas para a espermidina de acordo com o apresentado na Tabela 17.

**Tabela 17.** Correlação entre o teor de espermidina presente e o teor de sólidos solúveis totais (SST), a acidez total e o pH no mosto de uvas Syrah cultivadas em Pirapora

	Coeficientes de correlação de Pearson		
	SST	Acidez Total	pH
Espermidina	- 0,651* P = 0,041	0,662* P = 0,037	- 0,551 P = 0,099

Coeficientes de correlação seguidos de \* são significativos a 5% de probabilidade.

A correlação positiva entre o teor de espermidina presente no mosto e acidez total pode ser explicado pelo fato de que tanto a espermidina quanto a acidez total, apresentaram uma tendência de redução ao longo da maturação das uvas. Em relação ao teor de sólidos solúveis, verificou-se aumento neste parâmetro no decorrer da maturação, ou seja, correlacionou-se negativamente com o teor de espermidina presente no mosto.

Também foi calculada a correlação entre os teores de aminos encontrados nas duas regiões analisadas. Na região de Pirapora não se observou correlação significativa entre as aminos presentes no mosto. Em Três Corações, foi encontrada correlação positiva entre a putrescina e a espermidina presentes no mosto de acordo com o indicado na Tabela 18.

**Tabela 18.** Correlação entre os teores de aminos presentes no mosto de uvas Syrah cultivadas em Três Corações

	<i><b>Coeficiente de correlação</b></i>	
	<b>Putrescina</b>	<b>Espermidina</b>
Espermidina	0,891* P = 0,017	
Espermina	0,984 P = 0,116	0,996 P = 0,057

Coeficientes de correlação seguidos de \* são significativos a 5% de probabilidade.

SOUFLEROS et al. (2007) também encontraram correlação significativa entre os teores das aminos putrescina e espermidina presentes em vinhos. Esta correlação positiva entre espermidina e putrescina sugere a influência de fatores comuns na formação das mesmas. A putrescina é obrigatoriamente um intermediário na síntese de poliaminas. Na síntese da espermidina, um grupo aminopropil derivado da metionina é adicionado à putrescina, sendo este mesmo grupo adicionado à espermidina para formar a espermina (GLÓRIA, 2005).

## CONCLUSÕES

- As aminas putrescina, espermidina e espermina foram detectadas nos mostos, cascas e sementes das uvas Syrah, cultivadas nas regiões de Três Corações e Pirapora, sendo que os teores variaram ao longo do tempo de amadurecimento. A putrescina e a espermidina foram encontradas em todas as amostras analisadas.
- A região de cultivo afetou os teores de aminas presentes nas uvas Syrah. Na data da colheita, os teores de putrescina foram superiores nos mostos e nas cascas das uvas cultivadas em Pirapora e nas sementes de Três Corações. Os teores de poliaminas foram maiores nos mostos de Três Corações e nas cascas e sementes de Pirapora.
- Variação significativa das aminas em função do sistema de condução foi observada nos mostos e nas cascas de uvas Syrah, na data da colheita e nas cascas, no início da maturação.
- O teor de sólidos solúveis totais, a acidez total e o pH do mosto de uvas Syrah foram influenciados pela região de cultivo e sistema de condução empregado, na data da colheita.
- O teor de espermidina presente nas uvas de Pirapora apresentou correlação significativa com o teor de sólidos solúveis totais e a acidez total. Os teores de espermidina e putrescina detectados nas uvas de Três Corações apresentaram correlação positiva significativa.
- Os resultados obtidos sugerem que a região de Três Corações foi a mais adequada à produção de uvas Syrah.
- No geral o sistema GDC foi o mais indicado para a região de Pirapora.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, D.O. Accumulation of putrescine in grapevine leaves showing symptoms of potassium deficiency or spring fever. In: Rantz, J.M. (ed). International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine. American Society of Enology and Viticulture, Davis, CA, p. 126-132, 1991.
- AMORIM, D.A.; FAVERO, A.C.; REGINA, M.A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah nas condições do sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 327-331, 2005.
- AMORIM, D.A.; REGINA, M.A.; FAVERO, A.C.; MOTA, R.V.; PEREIRA, G.E. Elaboração de vinho tinto fino. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 65-76, 2006.
- ANCÍN-AZPILICUETA, C.; GONZÁLEZ-MARCO, A.; JIMÉNEZ-MORENO, N. Current knowledge about the presence of amines in wine. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 48, p. 257-275, 2008.
- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W.; LIMA, U.A. Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos. São Paulo, Edgar Blucher, 2001. 4v.
- BARDÓCZ, S. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. Trends in Food Science and Technology, v. 6, p. 341-346, 1995.
- BAUZA, T.; KELLY, M.T.; BLAISE, A. Study of polyamines and their precursor amino acids in Grenache noir and Syrah grapes and wine of the Rhone Valley. Food Chemistry, v. 105, p. 405-413, 2007.
- BELL, S.J.; HENSCHKE, P.A. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. Australian Journal of Grape and Wine Research, v. 11, p. 242-295, 2005.
- BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. Maduración y madurez de la uva. Madrid: Mundi-Prensa, 2004, 164p.
- BOUCHEREAU, A.; AZIZ, A.; LARHER, F.; MARTIN-TANGUY, J. Polyamines and environmental challenges: recent development. Plant Science, v. 140, p. 103-125, 1999.
- BOVER-CID, S.; IZQUIERDO-PULIDO, M.; MARINÉ-FONTE A.; VIDAL-CAROU M.C. Biogenic mono-, di- and polyamine contents in Spanish wines and influence of a limited irrigation. Food Chemistry, v. 96, p. 43-47, 2006.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. (Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres). Instrução Normativa nº 24, 08 de setembro de 2005.
- BRINK, B.T.; DAMINK, C.; JOOSTEN, H.M.L.J.; VELD, J.H.J.H. Occurrence and formation of biologically active amines in foods. *International Journal of Food Microbiology*, v. 11, p. 73-84, 1990.
- BROQUEDIS, M.; DRUMERY, B.; BOUCARD, J. Mise en évidence de polyamines (putrescine, cadaverine, nor-spermidine, spermidine et spermine) dans les feuilles et les grappes de *Vitis vinifera* L. *Connais. Vigne Vin*, v. 23, p. 1-6, 1989.
- CAMARGO, U.A. Variedades de uva. In: GUERRA, C.G.; MANDELLI, F.; TONIETTO, J.; ZANUS, M.C.; CAMARGO, U.A. *Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos*. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. 69p.
- COELHO, A.F.S.; GOMES, E.P.; SOUSA, A.P.; GLÓRIA, M.B.A. Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, p. 1026-1032, 2005.
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; TONIETTO, J. Potencial climático para a produção de uvas para a elaboração de vinhos finos no Norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 27, n. 3, p. 404-407, 2005.
- DEL PRETE, V.; CONSTANTINI, A.; CECCHINI, F.; MORASSUT, M.; GARCIA-MORUNO, E. Occurrence of biogenic amines in wine: the role of grapes. *Food Chemistry*, v. 112, p. 474-481, 2009.
- DROLET, G.; DUMBROFF, E.B.; LEGGE, R.L.; THOMPSON, J.E. Radical scavenging properties of polyamines. *Phytochemistry*, v. 25, p. 367-371, 1986.
- EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho. Disponível em: <[http://www.epamig.br/index.php?Itemid=57&id=193&option=com\\_content&task=view](http://www.epamig.br/index.php?Itemid=57&id=193&option=com_content&task=view)> Acesso em novembro de 2009.
- FAO – Food and Agriculture Organization. Produção e área cultivada de uvas no mundo. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/526/default.aspx>>. Acesso em dezembro de 2009.
- FAVERO, A.C.; AMORIM, D.A.; MOTA, R.V.; SOARES, A.M.; REGINA, M.A. Viabilidade de produção da videira ‘Syrah’ em ciclo de outono inverno na região Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 30, n. 3, p. 685-690, 2008.

- FLORES, H.E.; PROTACIO, C.M.; SIGNS, M.W. Primary and secondary metabolism of polyamines in plants. *Phytochemistry*, v. 23, p. 329-393, 1989.
- FUZIKAWA, C.S.; HARA, C.; GLÓRIA, M.B.A.; ROCHA, F.L. Monoamineoxidase inhibitors and diet – update and practical recommendations for clinical use. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, v. 48, p. 453-460, 1999.
- GARCIA-VILLAR, N.; HÉRNANDEZ-CASSOU, S.; SAURINA, J. Characterization of wines through the biogenic amine contents using chromatographic techniques and chemometric data analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, p. 7453-7461, 2007.
- GARDE-CERDÁN, T.; ANCÍN-AZPILICUETA, C. Effect of SO<sub>2</sub> on the formation and evolution of volatile compounds in wines. *Food Control*, v. 18, p. 1501–1506, 2007.
- GENY, L.; BROQUEDIS, M.; MARTIN-TANGUY, J.; SOYER, J.P.; BOUARD, J. Effects of potassium nutrition on polyamine content of various organs of fruiting cuttings of *Vitis vinifera* L cv. Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 48, p. 85-92, 1997a.
- GENY, L.; BROQUEDIS, M.; MARTIN-TANGUY, J.; BOUARD, J. Free, conjugated, and wall-bound polyamines in various organs of fruiting cuttings of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 48, p. 80-84, 1997b.
- GLÓRIA, M.B.A.; WATSON, B.T.; SIMON-SARKADI, L.; DAESCHEL, M.A. A survey of biogenic amines in Oregon Pinot Noir and Cabernet Sauvignon wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 49, p. 279-282, 1998.
- GLÓRIA M.B.A. Bioactive amines. In: Hui, Y.H. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. Melbourne: CRC Press, 2005, 38 p.
- GLÓRIA, M.B.A.; VIEIRA, S.M. Technological and toxicological significance of bioactive amines in grapes and wines. *Food*, v. 1, p. 258-270, 2007.
- GOLDBERG, A.; CONFINO-COHEN, R. And wine maketh glad the heart of man: Is it so? – Allergy to alcoholic drinks. *Harefuah*, v. 144, p. 739-741, 2005.
- GONZÁLEZ-MARCO, A.; ANCÍN-AZPILICUETA, C. Amine concentration in wine stored in bottles at different temperatures. *Food Chemistry*, v. 99, p. 680-685, 2006a.
- GONZÁLEZ-MARCO A.; ANCÍN-AZPILICUETA C. Influence of lees contact on evolution of amines in Chardonnay wine. *Journal of Food Science*, v. 71, p. C544-C548, 2006b.
- GUERRA, C.C.; BARNABÉ, D. Vinho. In: VENTURINI FILHO, W.G. *Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado*. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. p. 423 - 451.

- GUERRA, C.C.; ZANUS, M.C. Maturação e colheita. Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, Sistema de Produção 4, 2003.
- GUERRA, C.G.; MANDELLI, F.; TONIETTO, J.; ZANUS, M.C.; CAMARGO, U.A. Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. 69p.
- HALÁSZ, A.; BARÁTH, A.; SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends in Food Science and Technology*, v. 5, p. 42-49, 1994.
- HERBERT, P.; CABRITA, M.J.; RATOLA, N.; LAUREANO, O.; ALVES, A. Free amino acids and biogenic amines in wines and musts from the Alentejo region. Evolution of amines during alcoholic fermentation and relationship with variety, sub-region and vintage. *Journal of Food Engineering*, v. 66, p. 315-322, 2005.
- HERNÁNDEZ-ORTE, P.; PEÑA-GALLEGO, A.; IBARZ, M.J; CACHO, J.; FERREIRA, V. Determination of the biogenic amines in musts and wines before and after malolactic fermentation using 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate as the derivatizing agent. *Journal of Chromatography*, v. 1129, p. 160-164, 2006.
- HOLZHAMMER, J.; WÖBER, C. Alimentary trigger factors that provoke migraine and tension-type headache. *Schmerz*, v. 20, p. 151-159, 2006.
- JACKSON, D.I.; LOMBARD, P.B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality - A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 44, p. 409 - 430, 1993.
- JACKSON, R.S. *Wine Science: principles, practice, perception*. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2000. 645p.
- KISS, J.; KORBÁZ, M.; SASS-KISS, A. Study of amine composition of botrytized grape berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, p. 8909-8918, 2006.
- LEHTONEN, P. Determination of amines and amino acids in wine: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 47, p. 127-133, 1996.
- LEITING, V.A.; WICKER, L. Inorganic cations and polyamines moderate pectinesterase activity. *Journal of Food Science*, v. 62, p. 253-255, 1997.
- LÖSER, C. Polyamines in human and animal milk. *British Journal of Nutrition*, v. 84, p. S55-S58, 2000.
- LOVAAS, E. Antioxidative and metal chelating effects of polyamines. *Advances in Pharmacology*, v. 38, p. 119-149, 1997.

- LUCAS, P.; LANDETE, J.; COTON, M.; COTON, E.; LONVAUD-FUNEL, A. The tyrosine decarboxylase operon of *Lactobacillus brevis* IOEB: characterization and conservation in tyramine-producing bacteria. *FEMS Microbiology Letters*, v. 229, p. 65-71, 2003.
- MANFROI, L. Avaliação do processo fermentativo e da composição de vinho Merlot elaborado com diferentes espécies de *Saccharomyces oenococcus* e *Lactobacillus*. Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos, UFV, 2002. 119p. (Tese, Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- MANFROI, L.; MIELI, A.; RIZZON, L.A.; BARRADAS, C.I.N.; SOUZA, P.V.D. Evolução da maturação da uva Cabernet Franc conduzida no sistema lira aberta. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 2, p. 306-313, 2004.
- MANFROI, L.; MIELE, A.; RIZZON, L.A.; BARRADAS, C.I.N. Composição físico-química do vinho Cabernet Franc proveniente de videiras conduzidas no sistema lira aberta. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 2, p. 290-296, 2006.
- MARCOBAL, A.; POLO, M.C.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P.J.; POLO, M.C.; MUÑOZ, R.; MORENO-ARRIBAS, M.V. Formation of biogenic amines throughout the industrial manufacture of red wine. *Journal of Food Protection*, v. 69, p. 397-404, 2006.
- MARQUES, A.P.; LEITAO, M.C.; SAN ROMÃO, M.V. Biogenic amines in wines: influence of oenological factors. *Food Chemistry*, v. 107, n. 2, p. 853-860, 2008.
- MARTÍN-ÁLVAREZ, P.J.; MARCOBAL, A.; POLO, M.C.; MORENO-ARRIBAS, M.V. Influence of technological practices on biogenic amine contents in red wines. *European Food Research Technology*, v. 222, p. 420-424, 2006.
- MELLO, L.M.R. Vitivinicultura brasileira: Panorama 2008. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/vitbras2008.pdf>>. Acesso em novembro de 2009.
- MIELE, A.; MANDELLI, F. Sistemas de condução da videira. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/siscond.html>>. Acesso em dezembro de 2009.
- MIKLÓS, E.; SARJALA, T. Correlation between the levels of potassium and polyamines in the leaves of grapevine. *Acta Biologica Szegediensis*, v. 46, p. 203-204, 2002.
- MILLÁN, S.; SAMPEDRO, M.C.; UNCETA, N.; GOICOLEA, M.A.; BARRIO, R.J. Simple and rapid determination of biogenic amines in wine by liquid chromatography-electrospray ionization ion trap mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, v. 584, p. 145-152, 2007.

- MO DUGO, G.; VILASE, F.; la TORRE G.L.; PELLICANÒ, T.M. Reverse phase HPLC/DAD determination of biogenic amines as dansyl derivatives in experimental red wines. *Food Chemistry*, v. 95, p. 672-676, 2006.
- MORENO-ARRIBAS, M.V.; POLO, M.C.; JORGANES, F.; MUÑOZ, R. Screening of biogenic amine production by lactic acid bacteria isolated from grape must and wine. *International Journal of Food Microbiology*, v. 84, p. 117-123, 2003.
- MOTA, R.V.; REGINA, M.A.; AMORIM, D.A.; FÁVERO, A.C. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 56-59, 2006.
- MOTA, R.V.; AMORIM, D.A.; FAVERO, A.C.; GLORIA, M.B.A.; REGINA, M.A. Caracterização físico-química e aminas bioativas em vinhos da cv. Syrah de Minas Gerais. I - Efeito do ciclo de produção. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, n. 2, p. 1-6, 2009.
- NORBERTO, P.M.; REGINA, M.A.; CHALFUN, N.N.J.; SOARES, A.M.; FERNANDES, V.B. Influência do sistema de condução na produção e na qualidade dos frutos das videiras folha de figo e Niágara rosada em Caldas, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 450-455, 2008.
- OIV, Organização Internacional da Uva e do Vinho. Disponível em <[www.oiv.int](http://www.oiv.int)>. Acesso em dezembro de 2009.
- PROTAS, J.F.S.; CAMARGO, U.A.; MELLO, L.M.R. Viticultura brasileira: regiões tradicionais e pólos emergentes. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 7-15, 2006.
- REGINA, M.A.; PEREIRA, A.F.; ALVARENGA, A.A.; ANTUNES, L.E.C.; ABRAHÃO, E.; RODRIGUES, D.J. Sistema de condução para a videira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 28-33, 1998.
- REGINA, M.A.; FRÁGUAS, J.C.; ALVARENGA, A.A.; SOUZA, C.R.; ANGELUCCI, D.A.; MOTA, R.V.; FAVERO, A.C. Implantação e manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 16-31, 2006a.
- REGINA, M.A.; AMORIM, D.A.; FAVERO, A.C.; MOTA, R.V.; RODRIGUES, D.J. Novos pólos vitícolas para produção de vinhos finos em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 111-118, 2006b.
- RIZZON, L.A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da uva cv. Isabel para a elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 115-121, 2000.

- SABAINI, P.S. Métodos de análise e determinação de aminas livres e conjugadas em uvas e vinhos. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG. 2009. 103 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- SASS-KISS, A.; SZERDAHELYI, E.; HAJÓS, G. Study of biologically active amines in grape and wines by HPLC. *Chromatographia Supplement*, v. 51, p. S316-S320, 2000.
- SATO, J.A.; SILVA, B.J.; BERTOLUCCI, R.; CARIELO, M.; GUIRAUD, M.C.; FONSECA, I.C.B.; ROBERTO, S.R. Evolução da maturação e características físico-químicas de uvas da cultivar Isabel sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 30, n. 1, p. 11-20, 2009.
- SHALABY, A.R. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International*, v. 29, p. 675-690, 1996.
- SHIOZAKI, S.; OGATA, T.; HORIUCHI, S. Endogenous polyamines in the pericarp and seed of the grape berry during development and ripening. *Scientia Horticulturae*, v. 83, p. 33-41, 2000.
- SMART, R.; ROBINSON, M. Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management. Adelaide: Winetitles, 1991. 88p.
- SOUFLEROS, E.; BARRIOS, M.L.; BERTRAND, A. Correlation between the content of biogenic amines and other wine compounds. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 49, p. 266-278, 1998.
- SOUFLEROS E.; BOULOUMPASI, E.; ZOTOU, A.; LOUKOU, Z. Determination of biogenic amines in Greek wines by HPLC and ultraviolet detection after dansylation and examination of factors affecting their presence and concentration. *Food Chemistry*, v. 101, p. 704-716, 2007.
- SOUZA, S.C.; THEODORO, K.H.; SOUZA, É.R.; MOTTA, S.; GLÓRIA, M.B.A. Bioactive amines in Brazilian wines: types, levels and correlation with physico-chemical parameters. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 48, p. 53-62, 2005.
- TAYLOR, S.L. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, v. 17, p. 91-121, 1986.
- TODA, F.M.; SANCHA, J.C.; LLOP, E. Estudio comparado del microclima luminoso en los sistemas de conducción en vaso y espaldera en Rioja. *Rivista di Viticoltura e di Enologia*, Treviso, v. 44, n. 4, p. 149-156, 1991.

- TONIETTO, J.; VIANELLO, R.L.; REGINA, M.A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola em Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 32-55, 2006.
- TONIETTO, J.; MANDELLI, F. Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado: clima. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viniferas/clima.htm>>. Acesso em dezembro de 2009.
- UVIBRA, União Brasileira de Viticultura. Disponível em: <http://www.uvibra.com.br/>. Acesso em dezembro de 2009.
- VALE, S.R.; GLÓRIA, M.B.A. Determination of biogenic amines in cheese. Journal of AOAC International, v. 80, p. 1006-1012, 1997.
- VIDAL-CAROU, M.C.; ISLA-GAVIN, M.J.; MARINÉ-FONT, A.; CODONY-SALCEDO, R. Histamine and tyramine in natural sparkling wine, vermouth, cider, and vinegar. Journal of Food Composition and Analysis, v. 2, p. 210-218, 1989a.
- VIDAL-CAROU, M.C.; IZQUIERDO-PULIDO, M.L.; MARINÉ-FONT, A. Spectrofluorometric determination of histamine in wines and other alcoholic beverages. Journal of the Association of Official and Analytical Chemists v. 72, p. 412-415, 1989b.
- VIDAL-CAROU, M.C.; IZQUIERDO-PULIDO, M.L.; MARINÉ-FONT, A. Histamine and tyramine in Spanish wines: their formation during the wine making process. American Journal of Enology and Viticulture, v. 41, p. 160-167, 1990a.
- VIDAL-CAROU, M.C.; CODONY-SALCEDO, R.; MARINÉ-FONT, A. Histamine and tyramine in Spanish wines: relationship with total sulfur dioxide level, volatile acidity and malolactic fermentation intensity. Food Chemistry, v. 35, p. 217-227, 1990b.
- WALTERS, D.R. Polyamines and plant disease. Phytochemistry, v. 64, p. 97-107, 2003.
- YILDIRIM, H.K.; ÜREN, A.; YÜCEL, U. Evaluation of biogenic amines in organic and non-organic wines by HPLC OPA derivatization. Food Technology and Biotechnology, v. 45, p. 62-68, 2007.
- ZEE, J.A.; SIMARD, R.E.; HEUREUX, L. Biogenic amines in wines. American Journal of Enology and Viticulture, v. 34, p. 6-9, 1983.