



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação

Programa de Pós-Graduação – *Strictu sensu*

Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

CATHERINE VALENTE DE CARVALHO

**ESPUMANTES DE MAÇÃ OBTIDOS PELOS PROCESSOS ASTI, CHARMAT E
CHAMPENOISE**

PONTA GROSSA
2009

CATHERINE VALENTE DE CARVALHO

**ESPUMANTES DE MAÇÃ OBTIDOS PELOS PROCESSOS ASTI, CHARMAT E
CHAMPENOISE**

Dissertação apresentada como um dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre
em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nelci Catarina
Chiquetto

PONTA GROSSA
2009

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

C331e Carvalho, Catherine Valente de
 Espumantes de maça obtidos pelos processos Asti, Charmat e
 Champenoise. / Catherine Valente de Carvalho. Ponta Grossa, 2009.
 112 f.
 Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) -
 Universidade Estadual de Ponta Grossa.
 Orientador: Prof. Dr. Nelci Catarina Chiquetto

 1. Catarina. 2. Granny Smith 3. Pink Lady . 4. Mistura
5. Estatística. 6. Espumante. I. Chiquetto, Nelci Catarina. II. T

CDD: 660.284.49

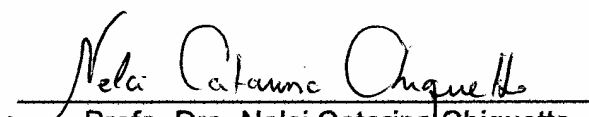
TERMO DE APROVAÇÃO

CATHERINE VALENTE DE CARVALHO

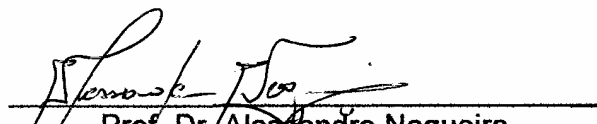
“ ESPUMANTES DE MAÇÃ OBTIDOS PELOS PROCESSOS ASTI, CHARMAT E CHAMPENOISE “

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte Banca Examinadora:

Ponta Grossa, 27 de Maio de 2009.



Profa. Dra. Nelci Catarina Chiquetto
UEPG/PR



Prof. Dr. Alessandro Nogueira
UEPG/PR



Profa. Dra. Adriane Bianchi Pedroni Medeiros
UFPR/PR

Ponta Grossa
2009

*Dedico ao Walter, Silvana, Nayana e Diego,
pelo carinho, amor e apoio incondicional.*

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Ponta Grossa e aos professores, pela grande contribuição ao meu crescimento individual e profissional, em especial a Prof^a. Dr^a. Nelci C. Chiquetto, pela orientação e especialmente pela confiança depositada em minha capacidade, e aos professores Alessandro Nogueira, Gilvan Wosiacki e Adriane B. P. Medeiros, pela colaboração e ensinamentos.

A Agrícola Fraiburgo de Videira (SC) pela infra-estrutura disponibilizada e concessão de bolsa para o desenvolvimento desta pesquisa, bem como pelo respeitoso tratamento com o qual fui recebida na mesma, e a todos os colaboradores, em especial ao Freddy Hagemeyer, Fabiola Bavaresco, Sidnei B. Junior e Vinicius M. da Silva.

Aos pesquisadores do laboratório de controle de qualidade de vinhos e derivados da Epagri de Videira (SC), em especial ao Vinicius Caliari, pela realização das análises de cromatografia em fase gasosa.

E a todos aqueles que, de uma maneira ou outra, contribuíram para minha motivação e desenvolvimento.

Muito obrigada a todos!

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	Dados mercadológicos de espumantes no Brasil no período de 2002 a 2007.	20
TABELA 2 –	Padrões brasileiros de identidade e qualidade para sidras.	21
TABELA 3 –	Proporções de cada cultivar na elaboração dos ensaios, segundo o planejamento para mistura ternária de componentes.	41
TABELA 4 –	Concentração dos componentes presentes na solução de referência para a determinação de etanal, metanol, acetato de etila e álcoois superiores.	53
TABELA 5 –	Caracterização físico-química de sete cultivares de maçãs comerciais.	55
TABELA 6 –	Caracterização físico-química para avaliação do grau de maturidade dos cultivares.	56
TABELA 7 –	Caracterização físico-química dos mostos varietais.	57
TABELA 8 –	Caracterização físico-química dos espumantes varietais com um mês de fermentação.	58
TABELA 9 –	Caracterização físico-química dos espumantes após 12 semanas de fermentação, antes e após a adição do licor de expedição.	59
TABELA 10 –	Concentrações médias das caracterizações físico-químicas e cromatográfica dos espumantes varietais obtidos pelo processo Champenoise.	63
TABELA 11 –	Porcentagem de variância para os dados pré-processados por autoescalamento.	65
TABELA 12 –	Valores médios de ART, ATT e CF para os doze ensaios estabelecidos pelo delineamento experimental para misturas de componentes.	71
TABELA 13 –	Análise de variância (ANOVA) dos três níveis de modelos de regressão que descrevem as variáveis açúcares redutores totais, acidez total titulável e compostos fenólicos.	73
TABELA 14 –	Caracterização físico-química do mosto elaborado pela mistura dos três cultivares e de seu fermentado obtido por fermentação aberta.	78
TABELA 15 –	Caracterização físico-química do espumante CMM após 9 semanas de fermentação, antes e após a adição do licor de expedição.	82
TABELA 16 –	Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente ao exame visual.	85
TABELA 17 –	Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente ao exame olfativo.	87
TABELA 18 –	Aromas reconhecidos em cada espumante durante o exame olfativo.	89
TABELA 19 –	Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente ao exame gustativo.	92

TABELA 20 –	Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente às observações finais.....	94
TABELA 21 –	Caracterização físico-química dos sucos dos cultivares Catarina, Granny Smith e Pink Lady, obtidos a partir de maçãs frescas e após seis meses de armazenamento em câmara fria.	95
TABELA 22 –	Concentrações médias das caracterizações físico-químicas e cromatográficas dos espumantes variedades e de mistura obtidos neste trabalho e do espumante comercial produzido na Suíça.	97

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	Fotografia de maçãs dos cultivares a) Catarina; b) Granny Smith; c) Pink Lady.....	18
FIGURA 2 –	Diagrama ternário de superfície de resposta.....	31
FIGURA 3 –	Estante utilizada para a elaboração dos espumantes pelo método Champenoise.	36
FIGURA 4 –	Planta piloto cedida pela Agrícola Fraiburgo – Videira (SC), onde: a) dorna pressurizada, b) filtros isobarométricos, c) tanque térmico, d) enchedora isobarométrica, e) arrolhadora e f) engaioladora.	36
FIGURA 5 –	Fluxograma geral de produção dos dez espumantes formulados.	37
FIGURA 6 –	Fluxograma de obtenção, em laboratório, dos mostos clarificados.....	39
FIGURA 7 –	Fluxograma de obtenção, pelo processamento industrial, dos mostos clarificados.	40
FIGURA 8 –	Fluxograma do processamento de fermentação primária realizada em escala laboratorial.	44
FIGURA 9 –	Fluxograma do processamento de fermentação primária realizada em escala piloto.	45
FIGURA 10 –	Fluxograma de processamento para a elaboração do espumante de maçã pelo processo Asti.	49
FIGURA 11 –	Fluxograma do processamento de fermentação secundária pelo método Champenoise.	50
FIGURA 12 –	Fluxograma de processamento de elaboração do espumante de maçã pelo processo Charmat.	51
FIGURA 13 –	Dados originais (a) e dados submetidos ao pré-processamento autoescalamento (b).	64
FIGURA 14 –	Gráficos de <i>scores</i> (a) e <i>loadings</i> (b) para os componentes principais 1 e 4.....	68
FIGURA 15 –	Gráficos de <i>scores</i> (a) e <i>loadings</i> (b) para os componentes principais 2 e 3.....	69
FIGURA 16 –	Valores médios de ART, ATT e CF para os diferentes ensaios estabelecidos pelo delineamento experimental para mistura de componentes.	72
FIGURA 17 –	Diagramas ternários de superfícies de respostas, relativos às variáveis: a) ART; b) ATT; c) CF.	75
FIGURA 18 –	Diagrama ternário de intersecção das superfícies de resposta para açúcares redutores totais (ART), acidez total titulável (ATT) e compostos fenólicos (CF), onde a parte cinza destacada representa a região viável (RV) e o ponto azul representa o ponto de intersecção (PI).	77
FIGURA 19 –	Processo de filtração isobarométrica.	80

FIGURA 20 –	Dados originais (a) e dados submetidos ao pré-processamento autoescalamento (b).....	98
FIGURA 21 –	Variância explicada para cada componente principal. A seta indica o número ideal de componentes principais para representar os dados originais.....	98
FIGURA 22 –	Gráficos de <i>scores</i> (a) e <i>loadings</i> (b) para os componentes principais 1 e 2.....	100

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	CULTIVARES DE MAÇÃS PARA O PROCESSAMENTO INDUSTRIAL.....	16
2.2	ESPUMANTES	19
2.2.1	Espumantes Naturais	19
2.2.2	Espumantes Gaseificados - Sidra	20
2.3	PROCESSOS DE ELABORAÇÃO DE ESPUMANTES NATURAIS	21
2.3.1	Processo Asti	22
2.3.2	Processos de Refermentação.....	22
2.4	LEVEDURAS PARA ESPUMANTES NATURAIS	24
2.5	COADJUVANTES DE VINIFICAÇÃO	26
2.5.1	Leveduras	26
2.5.2	Nutriente.....	27
2.5.3	Coadjuvantes de Filtração	27
2.5.4	Estabilizantes	28
2.5.5	Embalagens	29
2.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	29
2.6.1	Planejamento para Mistura de Componentes	29
2.6.2	Análise por Componentes Principais.....	32
3	OBJETIVOS	33
3.1	GERAL	33
3.2	ESPECÍFICOS	33
4	MATERIAL E METODOS	34
4.1	MATERIAIS	34
4.1.1	Matérias-Primas	34
4.1.2	Coadjuvantes Enológicos	35
4.1.3	Materiais e Equipamentos	35
4.2	MÉTODOS	37
4.2.1	Processos de Higienização.....	38
4.2.2	Obtenção e Preparo dos Mostos.....	38

4.2.2.1	Obtenção dos Mostos	38
4.2.2.2	Elaboração das Misturas	40
4.2.2.3	Análises Físico-Químicas dos Mostos.....	42
4.2.2.4	Suplementação dos Mostos	43
4.2.3	Obtenção e Preparo dos Fermentados-base.....	43
4.2.3.1	Fermentação Aberta.....	43
4.2.3.2	Análises Físico-Químicas dos Fermentados.....	45
4.2.3.3	Suplementação dos Fermentados-Base	46
4.2.4	Elaboração dos Espumantes.....	46
4.2.4.1	Preparo do Inóculo	48
4.2.4.2	Gaseificação Artificial.....	48
4.2.4.3	Gaseificações Naturais	48
4.2.5	Caracterização dos Espumantes de Maçã.....	51
4.2.5.1	Análises Físico-Químicas.....	52
4.2.5.2	Análise Cromatográfica.....	52
4.2.5.3	Degustação enológica.....	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
5.1	ESPUMANTES VARIETAIS.....	55
5.1.1	Escolha dos Cultivares	55
5.1.2	Parâmetros de Produção.....	56
5.1.3	Caracterização Enológica	60
5.1.4	Classificação dos Espumantes Varietais de Maçã via PCA.....	63
5.2	ESPUMANTES DE MISTURA.....	70
5.2.1	Formulação do Mosto Mistura.....	71
5.2.2	Parâmetros de Produção.....	77
5.2.3	Caracterização Enológica	83
5.3	CLASSIFICAÇÃO DOS ESPUMANTES DE MAÇÃ VIA PCA	96
6	CONCLUSÕES.....	106
	REFERÊNCIAS	107
	ANEXO	

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de maçã é destinada à comercialização de frutas *in natura*. Maçãs que apresentam algumas deformidades são desclassificadas, mas podem ser utilizadas no processamento industrial para a elaboração de sucos, fermentados e vinagres, embora a sua falta de aptidão prejudique a qualidade final dos produtos. Desta forma o que poderia ser um descarte com custo negativo passa a ter um valor agregado ao ser usado como subproduto, ou mesmo como matéria prima.

A qualidade sensorial dos espumantes naturais de maçãs, assim como de uvas, depende da utilização de mostos que apresentem uma combinação de aroma frutado, alta acidez e altos teores de compostos fenólicos e açúcares, características estas que não ocorrem em uma cultivar única, sendo necessária a utilização de misturas nas quais sejam empregadas maçãs selecionadas exclusivamente ao processamento industrial. Além da seleção de matérias-primas de qualidade, a aplicação de novos métodos e a padronização dos processos de elaboração são medidas necessárias para a melhoria da qualidade do produto.

No Brasil, a produção de fermentados de maçã está ligada a poucas grandes empresas, localizadas na Região Sul, que utilizam processos de elaboração semelhantes, mas que apresentam produtos finais com características distintas devido à adição de diferentes constituintes de finalização. As sidras são gaseificadas pela incorporação de gás carbônico de forma artificial e os espumantes naturais pela manutenção do gás formado naturalmente durante a fermentação alcoólica. Quando a gaseificação é feita durante a primeira fermentação do mosto, o método se denomina Asti, mas quando é da refermentação, tanto pode ser conduzida num tanque pressurizado, pelo processo Charmat, quanto na própria garrafa de envase, pelo método Champenoise.

Nos processos fermentativos ocorridos durante a gaseificação natural as leveduras se encontram em estado de estresse em razão da alta pressão, baixa temperatura e presença de álcool no meio. Assim, além do etanol e do gás carbônico, outros produtos são metabolizados em baixas concentrações para atuarem como compostos de defesa da levedura, os quais, individual ou coletivamente, desempenham um papel importante nas características sensoriais do produto final.

De um modo geral, a produção natural de gás carbônico tem como vantagens sob o método artificial: i) preservar os compostos de aroma formados, uma vez que estes não são carregados com o gás carbônico, como ocorre na fermentação aberta, ii) provocar mudanças

com efeitos significativos no *flavor* do fermentado e iii) formar pequenas bolhas de gaseificação, favorecendo as percepções sensoriais do produto.

Assim, a utilização de matérias-primas devidamente adaptadas ao processamento e a aplicação de processos naturais de gaseificação, tradicionais da vinificação, como Asti, Charmat e Champenoise, são medidas promissoras para a obtenção de espumantes de maçã de qualidade. Esse foi o objetivo principal deste trabalho, no qual foram elaborados 10 espumantes de maçã a partir de uma parceria entre a Universidade Estadual de Ponta Grossa e a Agrícola Fraiburgo de Videira (SC).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTIVARES DE MAÇÃS PARA O PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

A implantação da cultura da maçã no Brasil teve início em 1970 quando as macieiras foram trazidas por colonizadores europeus que se radicaram nas regiões mais frias do sul do país, o que facilitou seu cultivo (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005). Não há no país produções de maçã exclusivamente destinada ao uso industrial, na produção de sidras são utilizadas frutas de mesa, ou seja, maçãs que apresentam características sensoriais adequadas ao consumo de forma *in natura*, mas não ao processamento industrial.

Segundo Almeida e Alves (2007), a cultura da maçã no Brasil apresentou no ano de 2007 uma produção aproximada de 848 mil toneladas. Por ano, cerca de 20% deste total é descartado nos processos de classificação e seleção das frutas para o comércio *in natura*, no entanto, 2/3 desses frutos são ainda adequados para o processamento e utilizados como matéria-prima para a elaboração de sucos, vinagres e bebidas fermentadas, em destaque a sidra. A utilização destes frutos é uma forma de aproveitamento de um material de descarte (WOSIACKI et al., 2002; PAGANINI et al., 2004).

Quando o cultivar de maçã é plantado especificamente para a utilização no processo industrial, suas características físico-químicas são selecionadas de modo a se apresentarem aptas à elaboração de sidras, o que proporciona a obtenção de produtos finais com melhor qualidade quando comparado àqueles elaboradas a partir de maçãs de mesa (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005; PAGANINI et al., 2004).

Na produção de maçãs para o comércio *in natura* duas etapas de plantio são realizadas a fim de valorizar a aparência da fruta: a poda, que tem como finalidade principal estimular o crescimento de novos ramos, e o raleio, que consiste na retirada do excesso de frutos, visando melhorar e padronizar o tamanho dos frutos remanescentes; além disso, a colheita deve ser realizada de forma manual, a fim de garantir a longevidade da fruta em pós-colheita (PETRI; LEITE, 2008). Pelo contrário, quando o plantio é destinado exclusivamente para o processamento industrial, os parâmetros de integridade e aparência física dos frutos não são relevantes, desta forma há um maior rendimento, a colheita é facilitada, visto que esta pode ser feita de forma mecanizada, e torna-se possível selecionar as cultivares que apresentam características adequadas ao processamento.

Segundo Wosiacki e Nogueira (2005), a composição média do suco de maçãs comercializadas no Brasil é 116,5 g.L⁻¹ de açúcares redutores totais, 3,76 g.L⁻¹ de acidez total titulável em ácido málico e 315 mg.L⁻¹ de compostos fenólicos. Tais valores demonstram a falta de aptidão desta matéria-prima ao processamento industrial devido especialmente aos baixos teores de ácidos orgânicos e de compostos fenólicos (PAGANINI et al., 2004). A quantidade de compostos nitrogenados solúveis varia de 44 a 330 mg.L⁻¹ e os cinco principais aminoácidos presentes são: asparagina, ácido aspártico, ácido glutâmico, glutamina e serina, os quais exercem papel importante na nutrição dos microrganismos durante o processo fermentativo (ARTHEY; ASHURST, 2001; BOURGEOIS; LARPENT, 1995).

Para a elaboração de espumantes é desejável que o mosto apresente uma combinação de alta acidez com altos teores de compostos fenólicos e de açúcares, além de aroma altamente frutado, para que essa característica seja expressa no produto final (RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005). Essa combinação de parâmetros não é conseguida em um cultivar única de maçã, sendo necessário valer-se das características individuais de cada cultivar em misturas (JORGE; TREPTOW; ANTUNES, 1998). Segundo Wosiacki e Nogueira (2005), alguns cultivares utilizados atualmente como polinizadores apresentam teores mais expressivos de ácidos orgânicos e compostos fenólicos, e podem ser utilizadas em misturas de sucos processados com o intuito de dar corpo às bebidas produzidas.

Segundo Jorge; Treptow e Antunes (1998), o alto teor de compostos fenólicos influencia de forma benéfica na cor, no gosto amargo, na sensação de adstringência, na formação de componentes de aromas e na claridade de produtos derivados de maçã, como o suco e a sidra, o que explica a necessidade de teores mais expressivos deste componente nas matérias-primas utilizadas. Hashizume (2001) destaca ainda que os teores de compostos aromáticos nas sidras variam em função do cultivar de maçã e dos microrganismos que atuam no processo fermentativo. Neste sentido, amostras de maçãs comerciais e industriais têm sido avaliadas visando estabelecer o perfil de qualidade e identificar os melhores cultivares para o uso industrial (WOSIACKI; PHOLMAN; NOGUEIRA, 2004).

Cultivar Catarina

Este cultivar, proveniente do cruzamento entre Fuji e PWR 37T133, efetuado na estação Experimental de Caçador (SC) em 1982, apresenta frutos com formato arredondado cônico, em tamanhos que variam entre médios a grandes, com pesos próximos a 180 e 200g. Seu período de floração ocorre entre a segunda quinzena de setembro e a primeira quinzena

de outubro e sua maturação na segunda quinzena de março até início de abril. A fruta possui uma epiderme de coloração vermelha rajada com fundo verde-amarelado (Figura 1a), e uma polpa esbranquiçada; é succulenta e um pouco mais firme que a da cultivar Fuji. Em composição química, a fruta pode apresentar até 4,9 g.L⁻¹ de acidez titulável e 17,3% de sólidos solúveis totais (BONETI et al., 1996).

Cultivar Granny Smith

A fruta deste cultivar, que pode ser utilizado como polinizador, tem forma arredondada, diâmetro variável entre 5 e 10 cm e cor verde intensa na epiderme (Figura 1b). A polpa apresenta-se firme e crocante, com cor que varia entre o branco e o amarelo, aspecto compacto e consistente, e sabor acidulado. Com relação aos aspectos físico-químicos, segundo Jorge, Treptow e Antunes (1998), a fruta apresenta de 5 a 6 g.L⁻¹ de acidez total em ácido málico e em torno de 110 g.L⁻¹ de açúcares redutores totais.

Cultivar Pink Lady

Este cultivar foi desenvolvido pelo cruzamento de Golden Delicious e Lady Williams, na década de 70, a partir do qual se obteve uma combinação de boa firmeza de polpa, bom potencial de armazenamento e baixa suscetibilidade ao “*biter pit*” do cultivar Lady Williams com a boa qualidade sensorial e baixa ocorrência de escaldadura do Golden Delicious (BRACKMANN et al., 2005). O fruto apresenta tamanhos que vão de médio a grande, com diâmetros que variam de 70 a 75 mm, e formato alongado a cônico. A epiderme apresenta coloração característica rosada brilhante, de 40 a 70 % da superfície do fruto, sobre um fundo verde, de 30 a 60 %, que se torna amarelado conforme o amadurecimento (Figura 1c). A polpa apresenta-se branca, firme, densa e rugosa, com teor de sólidos solúveis próximos a 13°Brix e uma acidez de 0,73 % (BRACKMANN et al., 2005; SOTOMAYOR, 2006).

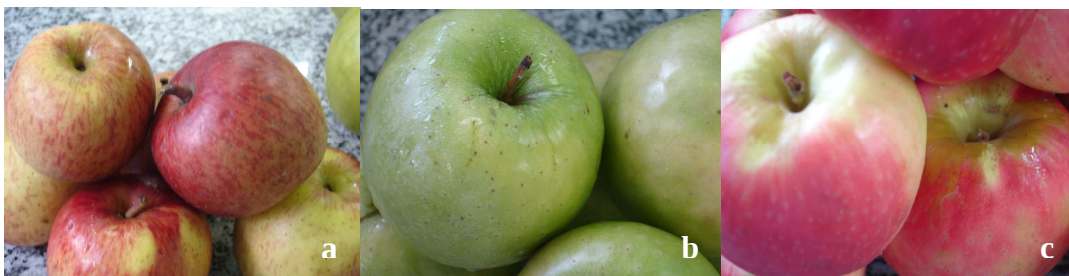


FIGURA 1 – Fotografia de maçãs dos cultivares a) Catarina; b) Granny Smith; c) Pink Lady.

2.2 ESPUMANTES

Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 1988), os espumantes podem ser designados de naturais ou gaseificados. No primeiro o anidrido carbônico presente deve ser resultante unicamente da sua própria fermentação alcoólica natural. No segundo a gaseificação deve ser realizada pela introdução de anidrido carbônico puro de forma artificial. O exemplo mais conhecido de espumantes gaseificados no Brasil é a sidra, obtida pela fermentação de maçãs (FEDERICO, 2007).

2.2.1 Espumantes Naturais

Segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), o dióxido de carbono produzido naturalmente durante a fermentação alcoólica propicia alguns efeitos benéficos nos espumantes naturais. Por adsorção e devido à tensão superficial, pequenas bolhas de gás concentram as substâncias aromáticas na superfície, melhorando os aromas nestes produtos. Além disso, o próprio gás promove uma leve excitação nas mucosas da boca, favorecendo as percepções sensoriais; caso o vinho espumante seja bebido após a retirada do dióxido de carbono, um desequilíbrio acentuado é observado, perdendo suas características sensoriais. O gás carbônico exerce ainda influência no gosto da bebida, pelo aumento da sensação ácida e redução na percepção do sabor doce, portanto, a classificação dos espumantes em relação ao teor de açúcar é diferente daquela dos vinhos tranquilos (sem gaseificação), deste modo, um espumante com até 20 g.L⁻¹ é ainda classificado como seco.

A fermentação alcoólica natural responsável pela gaseificação do produto pode ser conduzida em um mosto ou em um fermentado pré-elaborado. No primeiro caso, o processo de elaboração designa o produto como vinho moscatel espumante; um produto doce e aromático que, segundo a legislação brasileira (BRASIL, 1988), possui graduação alcoólica de 7 a 10 % v/v, a 20°C, resultante de uma única fermentação alcoólica pressurizada do mosto de uva da variedade moscato, sob o processo fermentativo denominado Asti, o qual deve conceder um mínimo de duas atmosferas de pressão ao produto a 10°C. Este espumante é proveniente da província Asti, na região do Piemonte no norte da Itália, protegido por uma Denominação de Origem (RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005). Quando a fermentação é conduzida em um vinho-base o processo pode ser denominado de Champenoise, se a refermentação ocorrer na própria garrafa de envase, ou de Charmat, se

conduzida em tanques pressurizados. Os espumantes obtidos por esses processos devem apresentar graduação alcoólica entre 10 e 13 %v/v e pressão mínima de três atmosferas, a 10°C, segundo a legislação brasileira (BRASIL, 1988).

Com relação ao teor de açúcares totais, o espumante natural é designado de: bruto (brut), se contiver menos de 15,0 g.L⁻¹; extra seco ou seco, se contiver entre 15,1 e 20,0 g.L⁻¹; meio seco ou meio doce, se conter entre 20,1 e 60,0 g.L⁻¹; doce, se contiver mais de 60,1 g.L⁻¹ (BRASIL, 1988). O vinho Moscatel espumante brasileiro, segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), apresenta em média 7,2% v/v de álcool, 6,0 g.L⁻¹ em ácido málico de acidez total titulável e 75,0 g.L⁻¹ de açúcares.

Dados da União Brasileira de Vitivinicultura (SALTON, 2008) mostram que houve um crescimento considerável no mercado brasileiro de espumantes ao longo dos últimos anos. No ano de 2002 foram comercializados aproximadamente 6,6 milhões de litros no mercado interno e em 2007 o número de espumantes vendidos no Brasil quase dobrou, chegando a aproximadamente 11,8 milhões de litros (Tabela 1). Tais dados demonstram o crescente interesse dos consumidores neste tipo de produto visto que, em média, 65% do total de espumantes comercializados foram produzidos no Brasil.

TABELA 1 – Dados mercadológicos de espumantes no Brasil no período de 2002 a 2007.

Ano	Procedência		Importado		Brasileiro		Total	
			litros	%	Litros	%	litros	%
2002			2.370.413	35,7	4.267.542	64,3	6.637.955	100
2003			2.530.399	34,5	4.798.252	65,5	7.328.651	100
2004			3.086.826	36,0	5.477.555	64,0	8.564.381	100
2005			3.459.568	33,9	6.743.618	66,1	10.203.186	100
2006			4.575.319	37,4	7.664.237	62,6	12.239.556	100
2007			3.245.012	27,5	8.554.879	72,5	11.779.891	100

Fonte: Salton (2008).

2.2.2 Espumantes Gaseificados - Sidra

Os vinhos designados de espumante gaseificados são aqueles resultantes de introdução de anidrido carbônico puro, por meio artificial. O maior exemplo deste produto no Brasil é a sidra, a qual é definida na portaria 64, de 23 de abril de 2008 (BRASIL, 2008) como:

[...] bebida com graduação alcoólica de quatro a oito por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela fermentação alcoólica do mosto de maçã, podendo ser adicionada de suco de pêra, em proporção máxima de trinta por cento, e sacarose não superior aos açúcares da fruta. [...] é proibida a denominação sidra-champanha ou expressão semelhante.

Os padrões de identidade e qualidade necessárias para sidras são descritos na Legislação Brasileira (BRASIL, 2008) conforme os dados citados na Tabela 2. Quanto ao teor de açúcares totais, o espumante gaseificado será designado de: seco, se contiver menos de 20,0 g.L⁻¹; meio seco ou meio doce, se contiver entre 20,1 e 60,0 g.L⁻¹; doce, se contiver mais de 60,1 g.L⁻¹.

TABELA 2 – Padrões brasileiros de identidade e qualidade para sidras.

Atributos	Mínimo	Máximo
Álcool etílico (%v/v a 20°C)	4,0	8,0
Acidez total em ácido málico (g.L ⁻¹)	3,0	8,0
Acidez volátil em ácido acético (g.L ⁻¹)	-	1,5
Extrato seco reduzido (g.L ⁻¹)	15,0	-
Teor de cinzas em (g.L ⁻¹)	1,5	-

Fonte: Brasil, 2008.

A produção de fermentados de maçã no Brasil está ligada a poucas grandes empresas, sendo a maioria localizada na Região Sul (WOSIACKI et al., 2002) nestas indústrias são utilizados processos muito semelhantes, entretanto os produtos finais apresentam características distintas devido à adição de ácido cítrico, açúcares, aromatizantes e outros constituintes (OLIVEIRA, 2006). Novos métodos de processamento industrial devem ser buscados e matérias-primas com características que se adaptem ao processamento definidas, a fim de padronizar a produção e melhorar a qualidade da sidra (NOGUEIRA et al., 2003). De um modo geral, a sidra é classificada como suave, pouco aromática, com baixa acidez e com baixo teor alcoólico, tais parâmetros, segundo Nogueira et al. (2003), se devem ao fato da sidra brasileira ser produzida com maçãs de mesa.

2.3 PROCESSOS DE ELABORAÇÃO DE ESPUMANTES NATURAIS

A gaseificação natural pode ser feita pelo controle da fermentação primária, no processo Asti, ou pela refermentação do vinho, pelos métodos Charmat e Champenoise (GÓMEZ, 2007). Em todos os processos, a fermentação é dificultada devido às condições do meio que apresenta altas pressões, alto teor de álcool e baixo teor de substâncias nutritivas, além disso, outras características físico-químicas não são favoráveis como pH, temperatura e teor de SO₂ livre, que podem limitar o crescimento das leveduras (PACHECO; SILVA, 2005; BOURGEOIS; LARPENT, 1995).

2.3.1 Processo Asti

A característica fundamental que distingue a tecnologia de elaboração do Asti dos outros vinhos espumantes é ele não ser derivado da segunda fermentação alcoólica de um vinho seco adicionado de sacarose, mas sim da fermentação alcoólica primária incompleta, interrompida quando a pressão do dióxido de carbono e a quantidade de açúcar residual do vinho se apresentam nos limites desejados, podendo ser considerado um suco semi-fermentado (RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005). Por este processo, desenvolvido por Giovan Batista Croce na região de Piemont, Itália, os aromas frescos das uvas brancas da variedade Moscato são mantidos intactos no vinho espumante aromático (PACHECO; SILVA, 2005).

A Portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988 (BRASIL, 1988), que trata da complementação de padrões de identidade e qualidade do vinho, define Vinho Moscatel Espumante (Processo Asti) como um vinho com graduação alcoólica de 7 a 10%v/v, a 20°C, resultante de uma única fermentação alcoólica do mosto de uva da variedade Moscato, com uma pressão mínima de três atmosferas, a 10°C, caracterizado como espumante natural, branco, doce, aromático, com uma faixa de 70 a 100 g.L⁻¹ em concentração de açúcares.

O espumante tipo Asti exige alta tecnologia na sua elaboração. Ribéreau-Gayon et al. (1998) relatam que o processo de fermentação para produção de Asti é interrompido regularmente cada vez que tende a acelerar para que a população de leveduras e o teor de nitrogênio presentes no mosto sejam diminuídos, obtendo-se vinhos estáveis (RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005). O processo exige a utilização de uma dorna pressurizada dotada de um sistema de frio, tanto para controle da fermentação quanto para estabilização do produto, de filtros aptos a trabalhar em condições de pressurização e refrigeração com membranas esterilizantes e sistema de engarrafamento isobarométrico.

2.3.2 Processos de Refermentação

Segundo Silva (1997), a fermentação alcoólica secundária, ou refermentação, é uma etapa do processo de vinhos espumantes, denominada de tomada de espuma, que pode ser realizada pelos métodos Champenoise ou Charmat. Estes processos têm por objetivo provocar a incorporação do gás carbônico produzido durante a fermentação, resultando na gaseificação

natural do vinho e em mudanças químicas que propiciam efeitos significativos no *flavor* do produto final.

As condições do meio, rico em álcool e pobre em substâncias nutritivas, dificultam o início da segunda fermentação (BOURGEOIS; LARPENT, 1995), desta forma o vinho deve ser adicionado de um licor de *tirage*, uma mistura de xarope de açúcar e cultura de levedura selecionada, para que o processo seja efetuado (ARTHEY; ASHURST, 2001). O método Champenoise é o mais antigo e artesanal dos dois, no entanto, devido à grande diferença nos custos de produção, este método tem sido inviabilizado e substituído pelo método Charmat.

Champenoise

A designação de Champagne somente pode ser dada aos espumantes naturais elaborados com uvas cultivadas na região de Champagne, situada no nordeste da França, onde se tem clima frio e solo com características específicas para a obtenção de uvas aptas ao processamento (GÓMEZ, 2007), e no qual a segunda fermentação seja realizada pelo método tradicional, ou seja, na própria garrafa de envase, por um período de quatro a sete semanas, sendo este processo denominado de Champenoise. Os produtos elaborados por este método em outras regiões da França ou outros países recebem a denominação de vinhos espumantes e são classificados como vinho gaseificado naturalmente (PACHECO; SILVA, 2005).

As garrafas, assim que cheias com o vinho-base acrescido do licor de *tirage*, são estocadas em adegas onde permanecem o tempo suficiente para que ocorra todo o processo. No primeiro mês de fermentação é realizado o tombamento, ou *rémuage*, uma operação destinada a concentrar o depósito de leveduras no gargalo a partir do posicionamento das garrafas em inclinações que são aumentadas diariamente até que o gargalo fique posicionado para baixo, desta forma os sedimentos descem progressivamente e se acumulam de forma que torna-se possível realizar o *dégorgement*. Neste processo, o gargalo da garrafa é mergulhado em uma salmoura com temperatura próxima a -25°C por cerca de cinco minutos, formando um cilindro de gelo e borra, o qual é removido pela ação da pressão interna quando a garrafa é aberta (SILVA, 1997). Antes do fechamento, o espumante é acrescido do licor de expedição, constituído pela mistura de vinhos mais velhos, fermentados de safras anteriores e açúcar em quantidade suficiente para recompor o açúcar residual ou constituir espumantes doces, além de garantir a padronização do produto (RIBÉREAU-GAYON et al., 1998).

Charmat

Segundo Pacheco e Silva (2005), o método Charmat foi inventado em 1895 pelo enólogo italiano Federico Martinotti, mas só foi patenteado em 1907, pelo francês Eugène Charmat. O método consiste em realizar a segunda fermentação do vinho-base em dornas pressurizadas e não na garrafa como no método Champenoise.

O processo de tomada de espuma em dornas pressurizadas é realizado em temperatura controlada de 18 a 20°C após a mistura de diferentes vinhos num processo denominado de *assemblage*, e da adição do licor de *tirage*. Segundo dados da literatura, para a obtenção de um vinho espumante com uma pressão média de 6 atm é necessário que ocorra a fermentação de 20 a 25 g.L⁻¹ de açúcar, os quais permitem incrementar de 1,3 a 1,5° no conteúdo alcoólico da bebida (BOURGEOIS; LARPENT, 1995; RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005).

A refermentação é lenta, de 35 a 45 dias, quando comparada a primeira fermentação, de 15 dias, nesta etapa a transformação de açúcar em álcool é acompanhada de um desprendimento de gás carbônico, como não há liberação do gás ele permanece no produto, o que propicia a gaseificação natural do mesmo (RIBÉREAU-GAYON et al., 1998).

Quando a pressão atinge o valor de 6 atm, a fermentação é interrompida, o vinho é clarificado com gelatina e mantido, durante 10 a 15 dias, a uma temperatura de aproximadamente 4°C para que leveduras, resíduos sólidos, matéria orgânica, se depositem no fundo da dorna e possam ser posteriormente retiradas por filtração isobarométrica, não transmitindo sabores e aromas indesejáveis ao vinho. Antes de ser envasado em processo pressurizado, a fim de evitar perdas dos gases, o produto é filtrado em filtro esterilizante visando evitar eventuais refermentações (RIBÉREAU-GAYON et al., 1998; RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005).

2.4 LEVEDURAS PARA ESPUMANTES NATURAIS

As leveduras mais utilizadas no processo de fermentação alcoólica são espécies originárias do gênero *Saccharomyces*. Neste processo, por um conjunto de reações bioquímicas, elas metabolizam os açúcares presentes no substrato transformando-os, especialmente, em etanol e gás carbônico (LIMA; AQUARONE; BORZANI, 1975; FEDERICO, 2007).

As leveduras, assim como os demais microrganismos, necessitam de alguns nutrientes para o crescimento, como carboidratos, nitrogênio, vitaminas e minerais. O nitrogênio pode ser assimilado tanto na forma orgânica quanto inorgânica e no segundo caso, os nitrogênios são convertidos em orgânicos na forma de glutamato, um aminoácido que pode ser utilizado pela célula para produzir outros aminoácidos de grande importância para o metabolismo da levedura, como a asparagina, triptofano, histidina e arginina. Na fermentação de mostos pela *Saccharomyces* a arginina é quantitativamente o aminoácido mais importante, sendo rapidamente associado pela levedura no início da fermentação e subsequentemente liberado de volta no meio. Os aminoácidos livres são conhecidos como nitrogênio assimilável e a sua concentração varia com relação a diversos fatores, tais como cultivar da fruta e microrganismo envolvido, em geral a *Saccharomyces* requer de 75 a 150 mg.L⁻¹ de nitrogênio assimilável para conduzir a fermentação pressurizada de mostos de uvas (FUGELSANG; EDWARDS, 2007).

Para garantir a normalidade do processo fermentativo e a produção de compostos aromáticos agradáveis, além de obter um bom rendimento açúcar/álcool, Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005) recomendam utilizar leveduras selecionadas na elaboração de espumantes naturais, uma vez que a participação de dois fatores importantes no processo – alta pressão e baixa temperatura – representam obstáculos para a fermentação com leveduras nativas. Em razão das condições do meio, o produto ganha maior fineza de aroma, o que melhora sua qualidade sensorial (BOURGEOIS; LARPENT, 1995).

Dentre as estirpes indicadas a elaboração de espumantes naturais está a *Saccharomyces cerevisiae bayanus*, uma levedura criófila que evidencia excelente vitalidade às difíceis condições ambientais que se encontram no decorrer da produção dos espumantes, como um meio pobre em substâncias nutritivas, com graduação alcoólica acima de 7 %v/v, temperaturas entre 10 e 15°C e pressões entre 5 e 7 Kgf/cm². Em virtude das suas características metabólicas, esta estirpe é uma boa produtora de glicerol, ácidos graxos e acetatos, os quais realçam e integram os aromas de fermentação que compõem no vinho espumante um equilibrado quadro de descritores sensoriais, além de incrementar a persistência da espuma do produto e melhorar a *perlage*, demonstrando estrutura fina e longa persistência (AEB..., 2008).

Segundo Fugelsang e Edwards (2007), durante a fermentação de uvas, as leveduras produzem proporções que variam de 140 a 420 mg.L⁻¹ de álcoois superiores, ou seja, álcoois que contêm mais de dois carbonos, deste total cerca de 50% são álcoois isoamílicos, os quais

proporcionam importantes mudanças nas características sensoriais dos vinhos. A formação dos álcoois superiores é influenciada pela quantidade de nitrogênio e aminoácidos do meio, temperatura de fermentação, sólidos insolúveis ou em suspensão e concentração de oxigênio no mosto. Os descritores sensoriais utilizados para descrever estes álcoois são “óleo” (butanol), “alcoólico” (isobutil), “maçã-pão” (álcool isoamílico e álcool amílico), “floral” e “rosa” (álcool fenitílico).

Como parte do metabolismo microbiano, as leveduras produzem ésteres que são sintetizados pela reação entre álcoois, em geral o etanol, e ácidos carboxílicos. Os fatores que influenciam a síntese dos ésteres são maturação da fruta, quantidade de açúcar presente, temperatura de fermentação e claridade do mosto. Os descritores sensoriais utilizados para descrever estes compostos são “solvente” (acetato de etila), “pêra” ou “banana” (acetato isoamílico), “floral” ou “frutal” (butanoato de etila), “maçã azeda” (caproato de etila) e “rosas” ou “mel” (acetato de fenil etila) (FUGELSANG; EDWARDS, 2007).

2.5 COADJUVANTES DE VINIFICAÇÃO

2.5.1 Leveduras

Segundo os fabricantes (AEB..., 2008) a estirpe Fermol Bouquet (*Saccharomyces cerevisiae cerevisiae*) apresenta um conteúdo enzimático que favorece o mecanismo de hidrólise dos precursores de aroma, sendo portanto indicada para a produção de vinhos provenientes de castas aromáticas. Ela é indicada para a produção de vinhos jovens, para consumo imediato, com capacidade de produzir glicerol em quantidade que melhoram a sensação de plenitude, suavidade e redondez gustativa, além de apresentar um alto poder alcoógeno, com consumo de 16,5 g de açúcar por litros para a produção de 1% de álcool em volume. É uma estirpe mesófila e em virtude das suas características fisiológicas e metabólicas é capaz de fermentar rapidamente até as últimas gramas de açúcares.

A levedura comercial Fermol Charmat (*Saccharomyces cerevisiae bayanus*) é uma estirpe dotada de características que a torna adequada para colonizar rapidamente um meio pobre em substâncias nutritivas e com elevada graduação alcoólica. Sua resistência a pressões varia de 5 a 8 bar e evidencia excelente vitalidade às difíceis condições ambientais que se apresentam no decorrer da produção dos espumantes, o que torna esta estirpe adequada para a fermentação do vinho-base em dorna ou em garrafa (AEB..., 2008).

A estirpe Femol Reins Champagne (*Saccharomyces cerevisiae bayanus*) é um levedura criófila indicada, segundo os fabricantes (AEB..., 2008), para a realização da tomada de espuma sob baixas temperaturas e altas pressões. Esta estirpe é uma boa produtora de glicerol, ácidos graxos e acetatos, os quais realçam e integram os aromas de fermentação que compõem no espumante um equilibrado quadro de descritores sensoriais, aromas delicados e finos, além de incrementar a qualidade, persistência e fineza da espuma, o que melhora claramente a *perlage*. Em razão ao seu ótimo poder floculante e de aglomeração, fato que facilita a etapa de *remuage*, esta levedura é indicada para uso em processos de refermentação.

2.5.2 Nutriente

O biorregulador Fermoplus Blanc é composto por preparados de fragmentos de paredes celulares de leveduras, fosfato de amônia dibásico, caseinato de potássio, tanino enológico, celulose e cloridrato de tiamina. Estas substâncias constituem um suporte fundamental para o trabalho das leveduras durante as primeiras fases das fermentações. A dosagem recomendada pelo fabricante é de 30 a 100 g.hL⁻¹ de mosto, no entanto, neste trabalho as dosagens foram realizadas conforme a necessidade de nitrogênio de cada mosto individualmente.

Segundos os fabricantes (AEB..., 2008), os sais amoniacaais presentes no nutriente aceleram o arranque da fermentação e as celulosas de longa cadeia adsorvem eventuais toxinas presentes no fermentado. Com a utilização deste nutriente a cinética de fermentação resulta linear e mais rápida se comparada aos vinhos tratados somente com os sais minerais, visto que as *Saccharomyces* são postas em condições que facilitam o consumo dos açúcares presentes e destacam ao máximo suas características, auxiliando na formação de notas aromáticas florais e frutadas e cedendo ao fermentado frescura e vivacidade.

2.5.3 Coadjuvantes de Filtração

Há no mercado uma gama de produtos utilizados para filtração, no entanto, os coadjuvantes comentados a seguir descrevem as características apenas daqueles que foram utilizados no decorrer do trabalho.

O clarificante Microcel XL, um coadjuvante à base de caseinato de potássio micronizado, bentonite ativada farmacêutica e celulose, pode ser aplicado, segundo os

fabricantes (AEB..., 2008) na formação de espuma em cuba fechada e nas clarificações dos mostos e dos fermentados. A componente celulósica adsorve os metabólitos tóxicos e prejudiciais para o processo fermentativo e provoca uma clara redução de espuma, além de funcionar como suporte à massa de leveduras e facilitar a dispersão no interior do mosto em fermentação. Este clarificante favorece o esgotamento total dos açúcares e fornece ao fermentado plenitude ao corpo e aos aromas.

O clarificante Fort Benton (Ever do Brasil), utilizado na estabilização protéica e bloqueio de atividades enzimáticas, é constituído de uma bentonite enológica em pó que se caracteriza por ter ótima dispersão, baixo conteúdo de inérges, grande pureza e por possuir um tempo de reidratação menor em relação às bentonites tradicionais, além de uma sedimentação mais veloz e compacta. O coadjuvante Diatocel HS é um auxiliar filtrante de alta vazão, com permeabilidade relativa de 380 a 420 L/m²/min, aplicado na filtração de líquidos alimentares, composto exclusivamente por terra diatomita.

Segundo o fabricante (AEB..., 2008), o Fibroxcel 30, um coadjuvante de filtração quimicamente inerte, possui uma estrutura complexa e homogeneia, de elevado poder adsorvente, que atua na retenção da turbidez e foi especialmente estudado para formar uma pré-camada adequada às filtrações abrlhantadoras. Este coadjuvante é composto por perlita isenta de sílica, celulose e fibra curta de algodão e é formulado com um sistema de homogeneização que permite a distribuição das perlites entre as fibras de algodão e de celulose, que confere capacidade de suporte aos coadjuvantes que são doseados durante a filtração. A baixa permeabilidade deste produto sugere sua utilização em mostos e fermentados originariamente não muito turvos, para conseguir os mais elevados efeitos abrlhantadores.

O Fibrosteril, um coadjuvante de filtração quimicamente inerte de elevado poder adsorvente, é composto por celulose, bentonites com alto poder de adsorsão, sem poder de inchamento e perlites obtidas por aquecimento, expansão e moagem de rochas sílicas. Segundo os fabricantes (AEB..., 2008), ele adsorve e retém os microrganismos, sobretudo as leveduras e, por apresentar baixa permeabilidade, qualidade física e elevado poder adsorvente, permite obter valores nefelométricos muito baixos nos fermentados filtrados.

2.5.4 Estabilizantes

O estabilizante Microcid (AEB group) é formulado por uma combinação de sorbato de potássio, ácido cítrico anidro e pirossulfito de potássio, que atuam de forma sinérgica,

assegurando a máxima proteção contra alterações microbianas e oxidações dos mostos e fermentados. Este preparado de composição complexa multifuncional é propício para tratar vinhos que apresentam uma concentração de açúcares não fermentados capazes de favorecerem o desenvolvimento microbiano. Segundo o fabricante (AEB..., 2008), o sorbato de potássio é o princípio ativo mais aplicado nos vinhos como fungicida, inibindo a refermentação dos fermentados que contém açúcares residuais.

Em virtude de sua estrutura balanceada, o produto estabiliza em concentrações elevadas e constantes o SO₂ livre e desenvolve atividade inibidora das bactérias lácticas. Este coadjuvante possui um componente redutor que previne os fenômenos oxidativos capazes de comprometer a qualidade final dos fermentados, impedindo o aumento da acidez volátil e o aparecimento da flor. Além disso, ele protege e mantém inalteradas as melhores características sensoriais dos vinhos e conservar a frescura do gosto e das notas frutadas, realçando a fineza e a intensidade do *bouquet* no produto.

O ácido ascórbico é utilizado para prevenir a oxidação enzimática, o que ocorre pela interação do aditivo com o oxigênio livre, causando sua oxidação em preferência ao meio em que se encontra, preservando a qualidade do meio.

2.5.5 Embalagens

Segundo Rizzon, Meneguzzo e Gasparin (2005) as garrafas específicas para espumantes devem suportar até sete vezes a pressão do produto, ou seja, devem tolerar aproximadamente 35 Kgf.cm⁻² de pressão. Além de possuir uma superfície interna perfeitamente polida, para evitar formação de espuma durante a operação de engarrafamento, e um fundo afunilado para dentro (*punt*) para garantir a resistência da garrafa.

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

2.6.1 Planejamento para Mistura de Componentes

As propriedades de uma mistura são determinadas pelas proporções de seus ingredientes e não por seus valores absolutos. A soma das proporções dos diversos componentes de uma mistura deve ser sempre igual a 100%, ou seja, deve seguir a equação

polinomial canônica de Scheffé, descrita na Equação 1 (BRUNS; SCARMINIO; BARROS NETO, 2001).

Equação 1
$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = 1$$

O planejamento para mistura de componentes é o método estatístico mais indicado para a determinação das proporções dos componentes em uma mistura, neste, modelos de cada propriedade avaliada são ajustados para representar as respostas sobre uma superfície. O método tem por objetivo encontrar um modelo que descreva o comportamento físico-químico das misturas com a menor margem de erro possível, quando comparadas com os resultados reais dos experimentos.

O modelo mais simples deste planejamento é o linear, que procura explicar o comportamento de uma propriedade apenas com resultados obtidos pela utilização de cada componente individualmente. Além deste, o planejamento de mistura pode ser elevado ao nível quadrático, denominando-o de planejamento em rede simplex, e cúbico, planejamento centróide simplex. No primeiro devem ser utilizados os resultados dos efeitos de interação entre dois componentes e no segundo os efeitos de interação entre três componentes estudados (BRUNS; SCARMINIO; BARROS NETO, 2001).

Os modelos linear, quadrático e cúbico especial são expressos nas Equações 2, 3 e 4, respectivamente.

Equação 2
$$y_i = b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_{31}$$

Equação 3
$$y_i = b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_{31} + b_{12} * x_1 * x_2 + b_{13} * x_1 * x_3 + b_{23} * x_2 * x_3$$

Equação 4
$$y_i = b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_{31} + b_{12} * x_1 * x_2 + b_{13} * x_1 * x_3 + b_{23} * x_2 * x_3 + b_{123} * x_1 * x_2 * x_3$$

onde: y_i = variável de resposta (propriedade)

b_i = coeficientes da equação

x_i = proporção de cada componente na mistura

Para a determinação dos coeficientes lineares, binários e ternário, são utilizadas, respectivamente, as Equações 5, 6 e 7.

Equação 5

$$b_1 = y_1$$

$$b_2 = y_2$$

$$b_3 = y_3$$

Equação 6

$$b_{12} = 4y_{12} - 2(y_1 + y_2)$$

$$b_{13} = 4y_{13} - 2(y_1 + y_3)$$

$$b_{23} = 4y_{23} - 2(y_2 + y_3)$$

Equação 7

$$b_{123} = 27y_{123} - 12(y_{12} + y_{13} + y_{23}) + 3(y_1 + y_2 + y_3)$$

Os modelos significativos são representados em superfícies de resposta, método este que descreve o comportamento da variável dependente (Y) perante as mudanças nas variáveis independentes (X_K), no intervalo estudado (RODRIGUES; IEMMA, 2005).

No planejamento de misturas os resultados são representados por um diagrama ternário de superfície de resposta (Figura 2). Neste, os vértices do triângulo de base correspondem às respostas medidas para os componentes puros (representados pelos quadrados na Figura 2), os pontos médios dos três lados do triângulo representam as respostas medidas para as misturas binárias (círculos na Figura 2) e o ponto no interior do triângulo corresponde a resposta medida para a mistura ternária (estrela na Figura 2) (BRUNS; SCARMINIO; BARROS NETO, 2001).

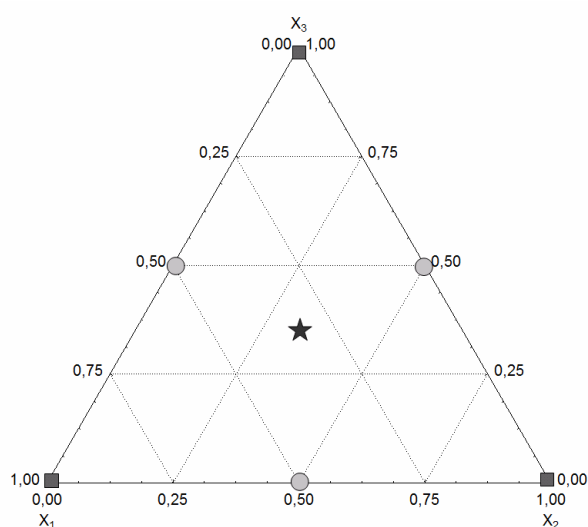


FIGURA 2 – Diagrama ternário de superfície de resposta.

2.6.2 Análise por Componentes Principais

Segundo FERREIRA et al. (1999), os métodos multivariados são os mais adequados para realizar análise de dados, pois permitem um estudo com várias espécies presentes ao mesmo tempo, não importando a existência ou ausência de diferenças espectrais marcantes entre elas, nem a existência de alta correlação nos dados.

A base fundamental da maioria dos métodos multivariados é Análise por Componentes Principais – PCA (do inglês *Principal Component Analysis*), que consiste em uma técnica estatística de análise exploratória de dados que reduz a dimensão das informações originais, permitindo a fácil visualização das informações mais importantes em um número menor de fatores, os componentes principais, os quais são hierarquizados por ordem decrescente de importância (FERREIRA et al., 1999; DUTCOSKY, 2007).

O conjunto de dados a ser analisado deve ser organizado na forma de uma matriz de dados bidimensionais, na qual as linhas representam as amostras e as colunas representam as variáveis estudadas. Neste sentido, com a PCA é possível efetuar uma simplificação, uma redução da dimensão original dos dados, permitindo uma análise global dos resultados e sugerindo quais atributos mais caracterizam as amostras, evidenciando assim as relações existentes entre elas (DUTCOSKY, 2007; MATOS et al., 2003).

O fundamento funcional da PCA é a desconexão dos dados, em que parte da informação redundante é eliminada, com o objetivo de encontrar uma transformação mais representativa e geralmente mais compacta das observações. Os benefícios resultantes da desconexão são: os dados podem ser descritos de uma forma mais concisa, certas características não visíveis dos dados podem ser reconhecidas depois de transformadas e a distribuição dos dados pode ser representada pelas densidades individuais de cada dimensão. Nesta técnica estatística as variáveis podem apresentar unidades de medidas diferentes e/ou valores médios bastante distintos e ainda assim serem avaliados como um conjunto de dados, tal fato permite encontrar os fatores que melhor explicam as similaridades e oposições entre indivíduos e variáveis (MARTENS; NAES, 1996).

A partir dos componentes principais, são gerados dois novos conjuntos de dados chamados de *scores* e *loadings*, e são eles que trazem as informações sobre as amostras e as variáveis, respectivamente. Ao se combinar estes dados é possível efetuar um estudo mais criterioso das informações originais sem perda de informações relevantes (MATOS et al., 2003).

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliação de espumantes de maçãs obtidos pelos processos de gaseificação natural Asti, Charmat e Champenoise.

3.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Obter e avaliar espumantes varietais de maçãs.
 - Caracterizar físico-quimicamente sucos de sete cultivares de maçã e selecionar três que apresentem características mais adequadas ao processamento.
 - Qualificar a utilização do açúcar comercial e do suco concentrado de maçã na suplementação dos fermentados-base varietais.
 - Discriminar os espumantes varietais quanto ao cultivar de maçã utilizado na elaboração dos mostos e quanto à fonte de glucose utilizada na suplementação dos fermentados-base.
- ✓ Obter e avaliar espumantes elaborados por um mosto formulados pela misturas de três cultivares de maçãs.
 - Obter e avaliar um mosto formulado pela mistura de três cultivares de maçãs, no qual as proporções sejam definidas por um planejamento estatístico para misturas ternárias.
 - Elaborar espumantes com o mosto de mistura, pelos processos Asti, Charmat, Champenoise e gaseificação artificial e parametrizar cada um dos processos.
- ✓ Discriminar os espumantes de maçã com relação ao processo de elaboração utilizado e/ou quanto à matéria-prima de formulação dos mostos e compará-los com um espumante de maçã comercial produzido na Suíça.

4 MATERIAL E METODOS

Inicialmente foram elaborados seis espumantes de maçã a partir de mostos varietais dos cultivares Catarina, Granny Smith e Pink Lady, todos pelo método Champenoise. Estes serviram de teste para avaliar a aptidão industrial dos cultivares e para determinar a fonte de glucose utilizada na suplementação dos fermentados-base. Os espumantes varietais foram avaliados por análises físico-química, cromatográfica e degustação enológica e comparados por meio da análise por componentes principais (PCA). Por essa análise foi verificada a necessidade de elaboração de um mosto formulado pela mistura dos três cultivares de maçã.

Na segunda etapa, um planejamento estatístico foi utilizado para definir as proporções de cada cultivar na formulação do mosto mistura, o qual foi utilizado na elaboração dos espumantes pelos processos Asti, Charmat, Champenoise e gaseificação artificial, sendo que os dois primeiros foram desenvolvidos pela utilização da planta piloto cedida pela Agrícola Fraiburgo. Os resultados das caracterizações, tanto dos espumantes varietais quanto dos de mistura, foram avaliados via PCA, na qual foi possível comparar os espumantes desenvolvidos com um espumante de maçã comercial de qualidade produzido na Suíça.

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Matérias-Primas

Para a seleção dos cultivares de maçã que seriam utilizados na elaboração dos espumantes desenvolvidos, sete cultivares comerciais, disponíveis em volume suficiente, tiveram seus sucos extraídos, pela utilização de um processador manual, e foram avaliados físico-quimicamente. A escolha foi baseada na obtenção de mostos que apresentassem características físico-químicas e sensoriais importantes para a elaboração de espumantes, tais como alta acidez, alto teor fenóis e de açúcares e aroma notadamente frutado.

Dos sete cultivares iniciais, Braeburn, Catarina, Fuji, Gala, Granny Smith, Joaquina e Pink Lady, três foram selecionados. Estes foram cedidos pela Agrícola Fraiburgo (Videira – SC), e compreenderam frutas dos cultivares Catarina, proveniente do município de São Joaquim (SC), Granny Smith, do município de Água Doce (SC) e Pink Lady, do município de Fraiburgo (SC), todas colhidas durante a safra de 2007/2008.

Foram processadas aproximadamente 2730 Kg, 4200 Kg e 2495 Kg dos cultivares Catarina, Granny Smith e Pink Lady, respectivamente, os quais foram analisados com relação ao grau de maturidade no laboratório de Controle de Qualidade assim que recepcionadas na indústria. Posteriormente os frutos foram armazenados sob refrigeração (a 2°C) por seis meses em caixas de madeira, denominados de *bins*.

4.1.2 Coadjuvantes Enológicos

Para a despectinização dos mostos foi utilizada a enzima pectinolítica Ultrazym AFPL (LNF - Latino Americana) e na suplementação dos mesmos o nutriente Fermoplus Blanc (AEB group).

Os fermentados obtido pelo processo convencional de fermentação foram elaborados com o uso da levedura *Saccharomyces cerevisiae cerevisiae* (Fermol Bouquet - AEB group). Para as refermentações pelos métodos Charmat e Champenoise foi utilizada a levedura comercial *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (Fermol Reims Champagne - AEB group) e na fermentação pelo método Asti, a levedura *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (Fermol Charmat - AEB group).

Para a clarificação dos mostos e dos fermentados foram utilizados gelatina (Gelasil – AEB group) e bentonite (Bentogran – AEB group) e para a clarificação dos espumantes, os coadjuvantes Microcel XL (AEB group) e Fort Benton (Ever do Brasil). Na filtração por terra foram utilizados a pasta de celulose Claricel 02 (Flow Chemical) e os coadjuvantes de filtração Diatocel HS (AEB group), fibroxcel 30 (AEB group) e fibrosteril (AEB group).

Como conservantes foram utilizados o ácido ascórbico de grau alimentício, no momento da extração do suco pelo processo industrial, e o conservante Microcid (AEB group) em todos os espumantes, ao final do processamento.

4.1.3 Materiais e Equipamentos

Foram utilizadas em torno de 600 garrafas especiais para espumantes, sendo 100 garrafas de 200 mL e 500 de 750 mL e cerca de 150 tampas plásticas de rosca, 500 rolhas plásticas e 500 gaiolas. Para as fermentações pelo método Champenoise foi desenvolvido uma estante de madeira com sistema manual de inclinação das garrafas, semelhante a um *pupitre* (Figura 3), o qual foi elaborado exclusivamente para o desenvolvimento deste trabalho.



FIGURA 3 – Estante utilizada para a elaboração dos espumantes pelo método Champenoise.

Para a elaboração dos espumantes em maior escala foi utilizada uma planta piloto cedida pela Agrícola Fraiburgo (Figura 4), formulada especificamente com os equipamentos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa: duas dornas pressurizadas encamisadas com capacidade volumétrica de 500 litros e com pressão de trabalho de 10 Kgf.cm⁻²; um filtro de terra e dois filtros de membrana, todos com pressão de trabalho de 10 Kgf.cm⁻², acoplados de manômetro e válvula de entrada e saída do produto; um tanque térmico; uma enchedora isobarométrica semi-automática de um bico, com pressão de trabalho de 10 Kgf.cm⁻² e acionamento do pistão por sistema pneumático; uma arrolhadora manual; e uma engaioladora semi-automática.



FIGURA 4 – Planta piloto cedida pela Agrícola Fraiburgo – Videira (SC), onde: a) dorna pressurizada, b) filtros isobarométricos, c) tanque térmico, d) enchedora isobarométrica, e) arrolhadora e f) engaioladora.

4.2 MÉTODOS

A Figura 5 mostra o fluxograma geral de produção dos dez espumantes formulados. Na primeira etapa, foram utilizadas maçãs frescas (sem armazenamento) a partir das quais foram obtidos os mostos individuais que deram origem aos seis espumantes varietais, todos pelo método Champenoise. Na segunda etapa, os espumantes elaborados pelos processos Asti, Charmat, Champenoise e gaseificação artificial tiveram como base um mosto formulado pela mistura dos três cultivares, sendo que os sucos utilizados na formulação da mistura foram obtidos pelo processo industrial da Agrícola Fraiburgo, a partir de maçãs armazenadas em câmara frigorífica por seis meses.

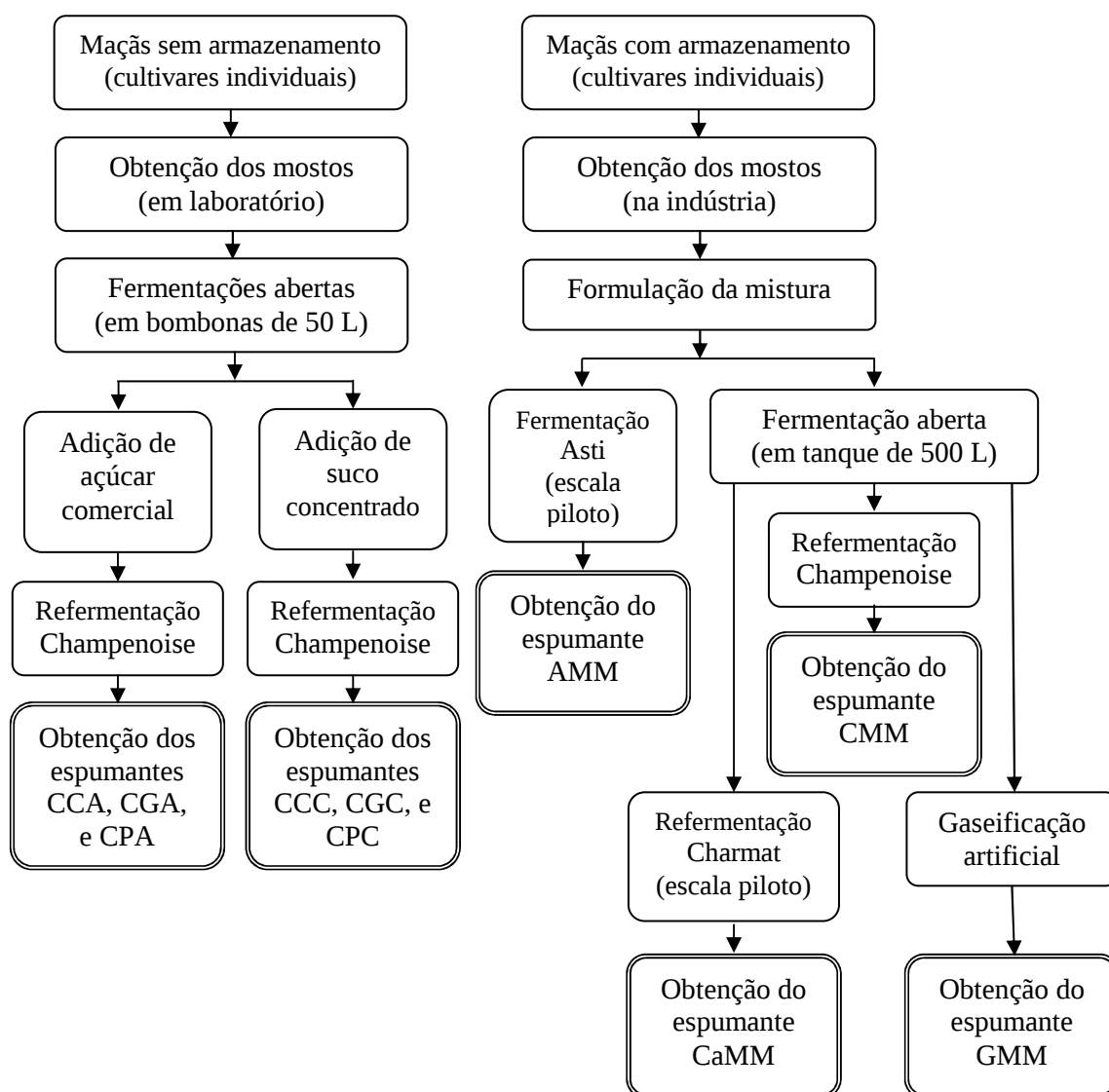


FIGURA 5 – Fluxograma geral de produção dos dez espumantes formulados.

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado; GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura.

As análises de caracterização das matérias-primas e dos produtos obtidos foram realizadas no laboratório de controle de qualidade de bebidas da Agrícola Fraiburgo. As análises cromatográficas de perfil de aromas foram realizadas no laboratório de controle de qualidade de vinhos e derivados da Epagri de Videira – SC.

4.2.1 Processos de Higienização

Todos os equipamentos e utensílios utilizados foram higienizados antes do início dos processamentos. A higienização da linha de processamento foi realizada segundo o procedimento padrão da indústria, feita em três etapas: primeiramente foi passada água potável, para retirar o excesso de crostas, seguido da passagem do detergente Sanifoam (AEB group), um sanitizante com 8-9% de hidróxido de sódio e 6,5-7,5% de cloro livre, e após 15 minutos de contato entre o detergente e os equipamentos, um enxágüe final com água potável foi realizado.

As garrafas de 200 mL foram lavadas com detergente e água corrente e enxaguadas com álcool 70%. A secagem foi realizada em estufa, a 65°C por 1 hora, permanecendo na mesma por mais 5 horas, até que a temperatura interna da estufa alcançasse a mesma temperatura do ambiente local (aproximadamente 20°C), assim que as garrafas foram retiradas da estufa o gargalo foi tampado com papel filme, permanecendo dessa forma até o momento do uso. As garrafas de 750 mL foram imergidas no detergente Sanifoam (AEB group) e, após 30 minutos, foram enxaguadas com água potável, viradas com o gargalo para baixo e mantidas sob refrigeração (a 0°C) até o momento do envase.

4.2.2 Obtenção e Preparo dos Mostos

4.2.2.1 Obtenção dos Mostos

Os mostos destinados à elaboração dos espumantes foram obtidos por dois processos distintos, um deles realizado em laboratório, destinado à obtenção dos mostos utilizados para elaboração dos espumantes varietais, e outro realizado pelo processamento industrial, destinado à elaboração dos espumantes formulados com o mosto mistura.

Extração em Laboratório

Para a obtenção dos mostos clarificados utilizados na elaboração dos espumantes varietais, aproximadamente 50 Kg de maçãs de cada cultivar foram inicialmente selecionadas e lavadas em água corrente, aquelas aptas fisicamente ao processo foram cortadas e trituradas pelo uso de um processador manual (Juiceman Professional Series 411). O suco obtido foi despectinizado, pela adição de 3 mL.hL^{-1} da enzima pectinolítica (Ultrazym AFPL – Novozymes) e, após 2 horas, o mosto foi clarificado segundo o método utilizado na indústria, no qual 15 g.hL^{-1} de gelatina são dosados e, após 30 minutos, 25 g.hL^{-1} de bentonite são adicionados. Quinze horas após a adição da bentonite, o mosto foi trasfegado para que a borra fosse separada do mosto límpido, o qual foi armazenado sob congelamento. Por tal processamento foram obtidos aproximadamente 20 litros de suco clarificado para cada um dos cultivares de maçã. O fluxograma a seguir (Figura 6) descreve o processo realizado para a obtenção dos mostos varietais de maçãs, em escala laboratorial.

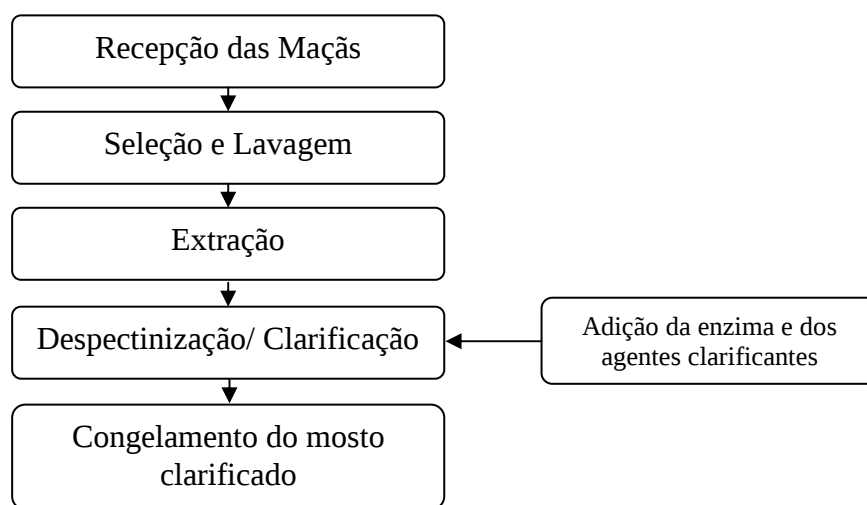


FIGURA 6 – Fluxograma de obtenção, em laboratório, dos mostos clarificados.

Extração por Processo Industrial

Os sucos utilizados na elaboração do mosto formulado pela mistura das três cultivares foram extraídos segundo o processamento industrial utilizado na Agrícola Fraiburgo (Figura 7). Para tanto, foram utilizados aproximadamente 2500 Kg de maçãs dos cultivares Catarina e Pink Lady e 4000 Kg de maçãs do cultivar Granny Smith. As maçãs armazenadas foram descarregadas na rampa de recepção e encaminhadas, por meio de transporte hidráulico, para a esteira de seleção. As maçãs descartadas foram encaminhadas a um silo externo de

armazenamento e aquelas aptas ao processamento passaram por uma mesa de escova a fim de retirar as impurezas carregadas.

Durante a moagem, realizada em moinhos de faca, foram adicionados 1 g.L^{-1} de ácido ascórbico ao suco a fim de minimizar a oxidação e, após a moagem, um despolpamento foi realizado no equipamento denominado de Finisher. A polpa obtida passou por uma centrífuga de alta rotação, o decanter, onde houve a separação entre o bagaço e a polpa. O mosto puro obtido foi despectinizado e clarificado da mesma forma como descrita no processo de extração em escala laboratorial. A borra foi descartada e o mosto límpido armazenado sob congelamento. Por tal processamento foram obtidos aproximadamente 1000 litros de suco clarificado dos cultivares Catarina e Pink Lady e 1800 litros do cultivar Granny Smith.

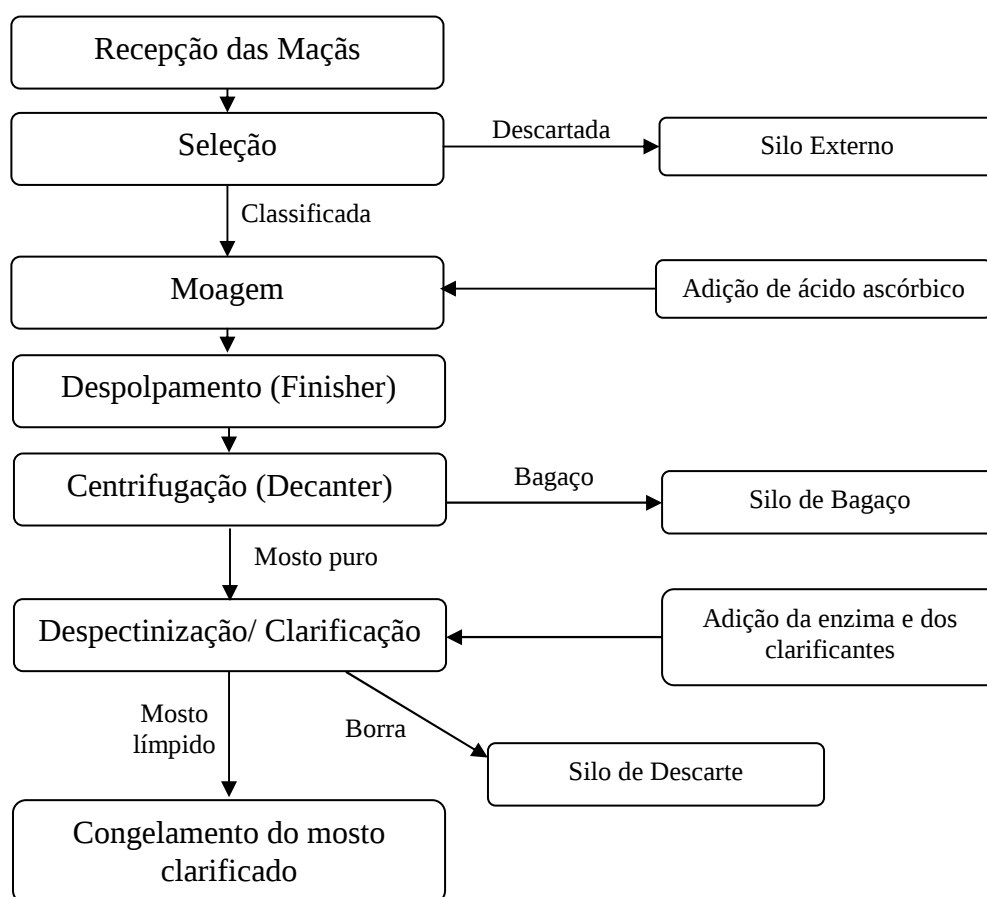


FIGURA 7 – Fluxograma de obtenção, pelo processamento industrial, dos mostos clarificados.

4.2.2.2 Elaboração das Misturas

Segundo Real (1991), a *assemblage* é uma operação que consiste em misturar, ou “cortar”, vinhos diferentes a fim de somar seus bons potenciais qualitativos e obter um

produto com características distintas, podendo esta operação ser destinada a corrigir defeitos e/ou associar qualidades. Assim, um planejamento estatístico de mistura de componentes, aliado ao método de superfície de resposta, foi utilizado para prever as propriedades físico-químicas de uma mistura ternária elaborada pelo uso conjunto dos três cultivares de maçã. Com tal planejamento se buscou definir as porcentagens de cada cultivar na elaboração da mistura para que suas características físico-químicas se apresentassem adaptadas às exigências de um mosto destinado à elaboração de espumantes.

Inicialmente foram testados modelos lineares para todas as propriedades analisadas e estes modelos foram sendo ajustados para modelos mais complexos – quadrático e cúbico especial – conforme a necessidade de torná-los mais significativos.

Para a determinação dos coeficientes das equações foram utilizados 12 ensaios experimentais, onde as proporções das misturas foram definidas conforme o planejamento para mistura de componentes (Tabela 3):

- ✓ Ensaios 1, 2 e 3: amostras compostas apenas pelos componentes puros, necessárias para a elaboração do modelo linear.
- ✓ Ensaios 4, 5 e 6: misturas binárias, necessárias pra a elaboração do modelo quadrático.
- ✓ Ensaios 7, 8 e 9: triplica de uma mistura ternária, relativa ao ponto central, necessárias para a elaboração do modelo cúbico especial.
- ✓ Ensaios 10, 11 e 12: misturas de proporções ternárias aleatórias, utilizados para testar a qualidade dos modelos pela comparação dos valores observados experimentalmente com os valores previstos pelos modelos.

TABELA 3 – Proporções de cada cultivar na elaboração dos ensaios, segundo o planejamento para mistura ternária de componentes.

Ensaios	Porcentagens de cada cultivar em cada um dos ensaios		
	Cultivar 1	Cultivar 2	Cultivar 3
1	100,00	0,00	0,00
2	0,00	100,00	0,00
3	0,00	0,00	100,00
4	50,00	50,00	0,00
5	50,00	0,00	50,00
6	0,00	50,00	50,00
7	33,33	33,33	33,33
8	33,33	33,33	33,33
9	33,33	33,33	33,33
10	66,67	16,67	16,67
11	16,67	66,67	16,67
12	16,67	16,67	66,67

As variáveis de resposta utilizadas foram açúcares redutores totais (ART), acidez total titulável (ATT) e teores compostos fenólicos (CF). O aroma frutado é um importante parâmetro de definição do mosto, no entanto, como a análise de aroma apresenta resultados não numéricos, não foi possível acrescentá-la nas variáveis de estudo, mas, devido sua importância, esta característica foi considerada no momento da escolha da formulação ideal. Os resultados foram organizados em gráficos e analisados segundo o método de superfície de resposta e, a partir do resultado obtido, foi elaborado um mosto constituído pela mistura dos sucos dos três cultivares de maçã.

4.2.2.3 Análises Físico-Químicas dos Mostos

Para a avaliação do grau de maturidade das maçãs, os técnicos do laboratório de Controle de Qualidade seguiram a Circular Técnica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o Manejo Pós-colheita e Rastreabilidade na Produção Integrada de Maçã (GERARDI; SANHUEZA; BENDER, 2002), analisando os frutos quanto ao teor de sólidos solúveis, firmeza da polpa e índice de iodo-amido. Segundo os autores, o índice de iodo-amido é indicado segundo uma tabela comparativa, na qual 1 representa uma fruta verde, onde os açúcares presentes estão na forma de amido, e 5 representa a maçã totalmente madura, em que os açúcares estão completamente solúveis; a firmeza de polpa equivale a força necessária para vencer a resistência dos tecidos da polpa e, em maturação ideal, a fruta apresenta em média entre 16 e 19 libras.

A fim de avaliar o potencial dos mostos a serem utilizados na elaboração de espumantes de maçã foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: açúcares redutores totais, açúcares redutores, acidez total titulável, compostos fenólicos, densidade, sólidos solúveis, nitrogênio assimilável e intensidade de cor.

As análises de açúcares redutores e açúcares redutores totais foram realizadas pelo método colorimétrico de Somogyi-Nelson, sendo os resultados expressos em g.L^{-1} (TANNER, BRUNNER, 1985).

Para a determinação da acidez total titulável, 5 mL da amostra foram colocados em um erlenmeyer, misturados com 50 mL de água destilada e 3 gotas do indicador de fenolftaleína, sendo o sistema titulado com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N até cor rósea persistente que corresponde a pH 8,33; o resultado foi expresso em g.L^{-1} de ácido málico (IAL, 1985).

Os compostos fenólicos foram verificados por análise colorimétrica pelo método do reagente Folin-Ciocalteu e o resultado expresso em mg.L^{-1} de catequina (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELARAVENTOS, 1999).

A densidade e o teor de sólidos solúveis dos mostos foram medidas, respectivamente, pela utilização do densímetro, sendo o resultado expresso em g.L^{-1} a 20°C , e do refratômetro, sendo o resultado expresso em $^{\circ}\text{Brix}$.

Para a quantificação de nitrogênio assimilável presente nas amostras, 50 mL desta foi neutralizada a pH 8,5 pela utilização de soluções de NaOH e, logo após, acrescida de 20 mL de formaldeído concentrado neutralizado a pH 8,5. Após a estabilização de um minuto, a solução foi titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,5, sendo o resultado expresso em mg.L^{-1} (MASNEUF; DUBOURDIEU, 1999; AERNY, 1996).

Para a análise de cor o espectrofotômetro foi zerado com água deionizada e a leitura foi realizada em dois diferentes comprimentos de onda, 440 nm (referente à oxidação dos polifenóis) e 520 nm (referentes aos pigmentos antocianínicos da fruta). A intensidade da cor foi determinada pela somatória das absorbâncias medidas (TANNER; BRUNNER, 1985).

4.2.2.4 Suplementação dos Mostos

Os mostos obtidos tanto pelo processo laboratorial quanto industrial foram suplementados com o nutriente Fermoplus Blanc. A quantidade de suplemento adicionado foi definida com base nos resultados da análise de teor de nitrogênio assimilável realizada em cada um dos mostos, visando que o teor total de nitrogênio assimilável presente em cada mosto fosse intermediário a 75 e 150 mg.L^{-1} , valores sugeridos por Fulgelsang e Edwards (2007) para que a *Saccharomyces* possa conduzir a fermentação durante a elaboração de espumantes naturais.

4.2.3 Obtenção e Preparo dos Fermentados-base

4.2.3.1 Fermentação Aberta

Os fermentados-base destinados à elaboração dos espumantes varietais pelo método Champenoise foram elaborados em escala laboratorial e o fermentado utilizado na elaboração

do espumante gaseificado artificialmente e que serviu como base para a elaboração dos espumantes obtidos por refermentação, foram elaborado em escala piloto.

Fermentação em Laboratório

Para o início da fermentação, os mostos foram descongelados, corrigido com relação à quantidade de nitrogênio assimilável, acrescidos de 20 g.hL^{-1} da levedura *Saccharomyces cerevisiae cerevisiae* (Fermol bouquet) e acondicionados em bombonas de 50 L, onde ocorreu o processo de fermentação a temperatura ambiente (aproximadamente 13°C) até o consumo total dos açúcares disponíveis no meio, ou seja, quando o teor final de açúcares redutores totais apresentou valor menor ou igual a 2 g.L^{-1} .

Ao final do processo fermentativo, os fermentados foram trasfegados, a fim de promover a exclusão da borra de levedura, e clarificados pela ação conjunta dos agentes clarificantes gelatina e bentonite, da mesma forma como procedido para a clarificação dos mostos, além de serem filtrados com papel filtro qualitativo. Os aproximados 13 litros de fermentados límpidos obtidos de cada cultivar foram armazenados sob refrigeração.

O fluxograma ilustrado na Figura 8 descreve o processo realizado para a obtenção dos fermentados de maçãs em escala laboratorial.

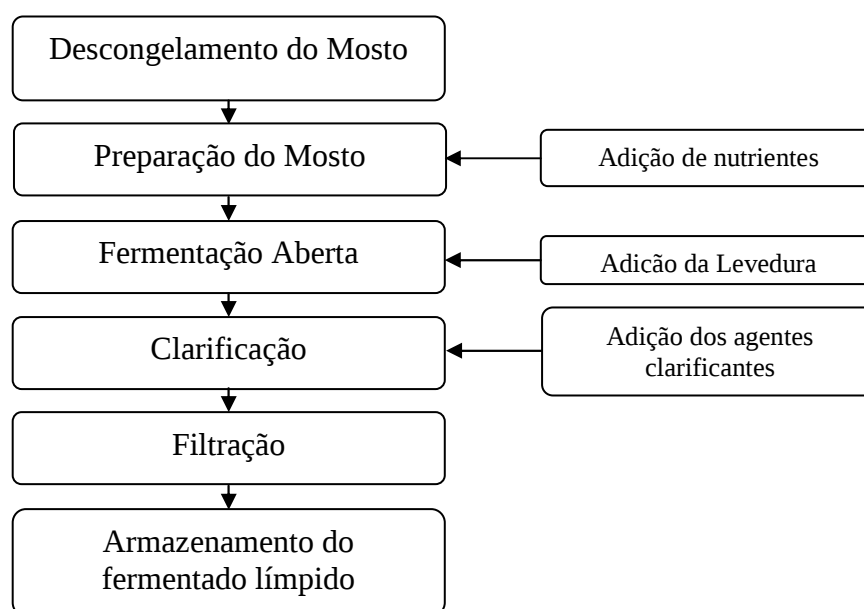


FIGURA 8 – Fluxograma do processamento de fermentação primária realizada em escala laboratorial.

Fermentação em Escala Piloto

Antes do início da fermentação, os mostos obtidos pelo processamento industrial foram descongelados e misturados conforme o resultado do planejamento estatístico. 450 litros deste mosto mistura foram suplementados com o nutriente Fermoplus Blanc, acrescido de 20 g.hL^{-1} da levedura *Saccharomyces cerevisiae cerevisiae* (Fermol bouquet) e armazenados em uma dorna de 500 L, onde ocorreu o processo de fermentação, a temperatura controlada de 14-15°C, até o consumo total dos açúcares disponíveis no meio. Ao final do processo fermentativo, foram realizadas as etapas de clarificação e trasfega, do mesmo modo como descrito no processo em escala laboratorial. A filtração foi realizada em filtros de terra e os 350 litros de fermentado límpido foram armazenados na própria dorna de fermentação, a -5°C. O fluxograma ilustrado na Figura 9 descreve o processo realizado para a obtenção do fermentado de maçã em escala piloto.

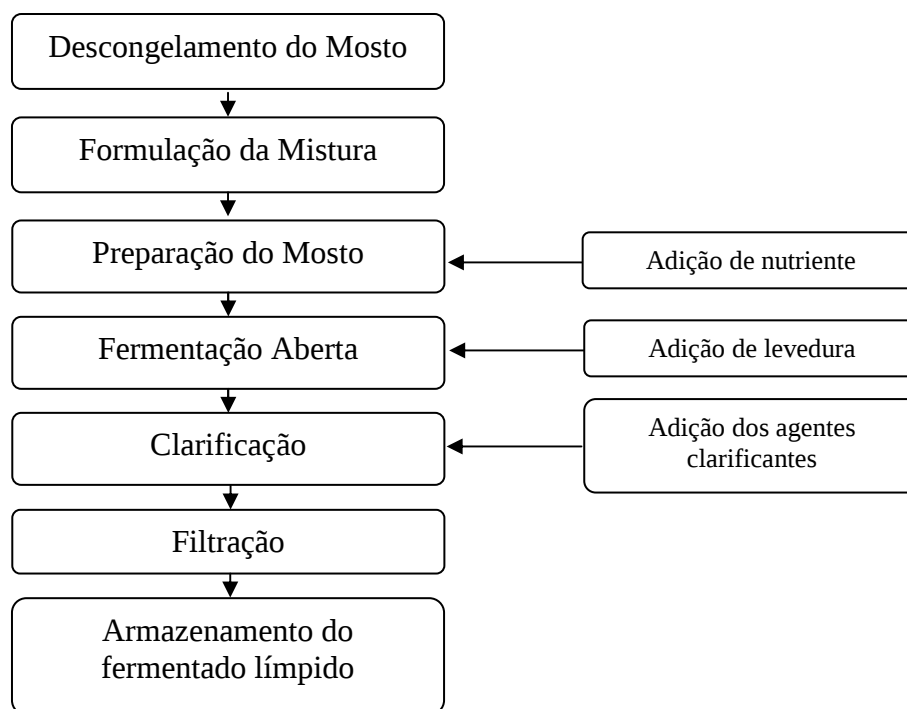


FIGURA 9 – Fluxograma do processamento de fermentação primária realizada em escala piloto.

4.2.3.2 Análises Físico-Químicas dos Fermentados

Além das mesmas análises realizadas para a avaliação dos mostos, os fermentados foram ainda avaliados quanto à turbidez e o teor alcoólico. A turbidez foi medida com o auxílio de um turbidímetro digital microprocessado de bancada (Instrutherm TD-200). Na

dosagem do teor alcoólico, 50 mL de amostra foram adicionadas a um ebuliômetro, no qual foi aquecida até a ebulição e estabilização da temperatura, a qual foi utilizada na obtenção do grau alcoólico mediante o uso de uma régua ebuliométrica que relaciona a temperatura de ebulição com o grau alcoólico da amostra, dado em %v/v.

4.2.3.3 Suplementação dos Fermentados-Base

Os fermentados foram analisados quanto ao teor de nitrogênio assimilável e foi constatado que em todos eles a levedura consumiu a totalidade de nutriente disponível, desta forma, antes do início dos processos de refermentação os fermentados-base foram suplementados com o nutriente Fermoplus Blanc.

Para o processo Champenoise aplicado aos fermentados-base varietais foi adotada a mesma quantidade de nutriente utilizada na suplementação dos mostos, ou seja, os eles foram acrescidos de 190 g.hL^{-1} do nutriente, quantidade suficiente para se obter aproximadamente 115 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável, sendo este um valor intermediário aos valores máximo e mínimo estabelecidos por Fulgelsang e Edwards (2007).

No entanto, o fermentado-base elaborado a partir do mosto mistura foi acrescido de 100 g.hL^{-1} do nutriente, a fim de alcançar 60 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável. Esta quantidade foi sugerida por Granès et al. (2006) e confirmada por análises realizadas durante as fermentações varietais pelo processo Champenoise, nas quais, para cada grau alcoólico formado, foram consumidos em torno de 30 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável. No caso dos processos de refermentação o que se espera é apenas a formação do gás, no entanto, a formação do álcool é inevitável, como serão consumidos aproximadamente 28 g.L^{-1} da sacarose presente no fermentado-base, segundo dados de que cada 17 g.L^{-1} de sacarose formam 1 %v/v de álcool, espera-se que sejam formados aproximadamente 2 %v/v de álcool, sendo necessário, portanto, a suplementação com 60 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável.

4.2.4 Elaboração dos Espumantes

Na totalidade foram elaborados dez espumantes distintos a partir de quatro diferentes métodos de produção, processos Asti, Charmat, Champenoise e fermentação convencional aliada à gaseificação artificial.

Para a identificação dos produtos foram utilizados códigos com três letras cada. A primeira letra indicou o processo de elaboração, sendo elas “A” para o processo Asti, “Ca” para o processo Charmat, “C” para o processo Champenoise e “G” para a gaseificação artificial. A segunda e terceira letras foram relativas ao mosto utilizado na elaboração, assim, para os espumantes elaborados a partir do mosto no qual foi realizada a mistura dos três cultivares, as duas últimas letras do código foram “MM” de “mosto mistura”.

Para os espumantes varietais, a segunda letra indicou o cultivar utilizado na elaboração do mosto, sendo elas “C” para o cultivar Catarina, “G” para Granny Smith e “P” para Pink Lady, e a última letra indicou a fonte de glucose utilizada na suplementação do fermentado-base, sendo elas “A” para a suplementação com açúcar comercial (sacarose) e “C” para o uso de suco concentrado de maçã. A lista a seguir descreve os códigos utilizados na descrição de cada um dos espumantes elaborados.

✓ CCA – “Champenoise Catarina Açúcar”: fermentado varietal, obtido a partir do mosto do cultivar Catarina, suplementado com açúcar comercial e refermentado pelo processo Champenoise.

✓ CCC – “Champenoise Catarina Concentrado”: fermentado varietal, obtido a partir do mosto do cultivar Catarina, suplementado com suco concentrado de maçã e refermentado pelo processo Champenoise.

✓ CGA – “Champenoise Granny Smith Açúcar”: fermentado varietal, obtido a partir do mosto do cultivar Granny Smith, suplementado com açúcar comercial e refermentado pelo processo Champenoise.

✓ CGC – “Champenoise Granny Smith Concentrado”: fermentado varietal, obtido a partir do mosto do cultivar Granny Smith, suplementado com suco concentrado de maçã e refermentado pelo processo Champenoise.

✓ CPA – “Champenoise Pink Lady Açúcar”: fermentado varietal, obtido a partir do mosto do cultivar Pink Lady, suplementado com açúcar comercial e refermentado pelo processo Champenoise.

✓ CPC – “Champenoise Pink Lady Concentrado”: fermentado varietal, obtido a partir do mosto do cultivar Pink Lady, suplementado com suco concentrado de maçã e refermentado pelo processo Champenoise.

✓ GMM – “Gaseificado Mosto Mistura”: fermentado de mistura, obtido a partir do mosto elaborado pela mistura dos três cultivares, gaseificado artificialmente.

- ✓ AMM – “Asti Mosto Mistura”: mosto mistura, elaborado pela mistura das três cultivares, fermentado pelo processo Asti.
- ✓ CMM – “Champenoise Mosto Mistura”: fermentado de mistura, obtido a partir do mosto elaborado pela mistura dos três cultivares, refermentado pelo processo Champenoise.
- ✓ CaMM – “Charmat Mosto Mistura”: fermentado de mistura, obtido a partir do mosto elaborado pela mistura dos três cultivares, refermentado pelo processo Charmat.

4.2.4.1 Preparo do Inóculo

Todas as leveduras utilizadas foram reidratadas antes de serem utilizadas nos processos de fermentação ou refermentação. A levedura seca ativa foi pesada, em uma proporção de 20 gramas para cada 100 litros e hidratada com 10 partes de água (a 28°C) adocicada com 3% de glucose.

4.2.4.2 Gaseificação Artificial

Para a obtenção do espumante gaseificado artificialmente, o fermentado obtido por fermentação aberta foi acrescido de 30 g.L⁻¹ de sacarose e 40 g.hL⁻¹ do conservante Microcid e filtrado com terra, pelo uso de uma bomba a vácuo. O fermentado filtrado foi acondicionado em garrafas PET de 1,5 L e gaseificado artificialmente com cerca de 5 Kgf.cm⁻² de CO₂ (dióxido de carbono) puro, com o auxílio de um gaseificador manual, permanecendo neste recipiente por 3 dias, em geladeira (temperatura média de 8°C), para que ocorresse sua estabilização. Após o período citado, o produto foi resfriado a aproximadamente 0°C e transferido para garrafas de vidro especiais para espumantes de 750 mL.

4.2.4.3 Gaseificações Naturais

Processo Asti

O mosto formulado pela mistura dos sucos obtidos em escala piloto, após ser suplementado com o nutriente e antes de ser encaminhado para o processo Asti, foi analisado quanto ao teor de açúcares redutores totais. Conforme o resultado desta análise, o mosto foi suplementado com sacarose suficiente para alcançar 178 g.L⁻¹ de açúcares, uma vez que para

tal processos eram necessários 120 g.L^{-1} para a formação de 7 %v/v de álcool, 24 g.L^{-1} para a formação de 7 Kg.f.cm^{-2} de pressão e 30 g.L^{-1} de açúcar residual. O mosto foi acrescido ainda de 20 g.hL^{-1} da levedura *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (Fermol Charmat) e 60 g.hL^{-1} de clarificante Microcel. A fim de promover a mistura destes componentes e a oxigenação do meio, foi realizada uma agitação por bombeamento por cerca de 2 horas. A Figura 10 ilustra o fluxograma de processamento de elaboração do espumante de maçã pelo processo Asti.

Durante os primeiros estágios da fermentação, foi realizado um processo de alívio gradual de pressão para que a levedura se adaptasse de forma mais rápida ao meio e, por este período, o processo foi conduzido à temperatura ambiente. Assim que o teor alcoólico atingiu cerca de 5 %v/v, a válvula de pressão foi fechada e a fermentação foi conduzida sob temperatura controlada, a aproximadamente 15°C .

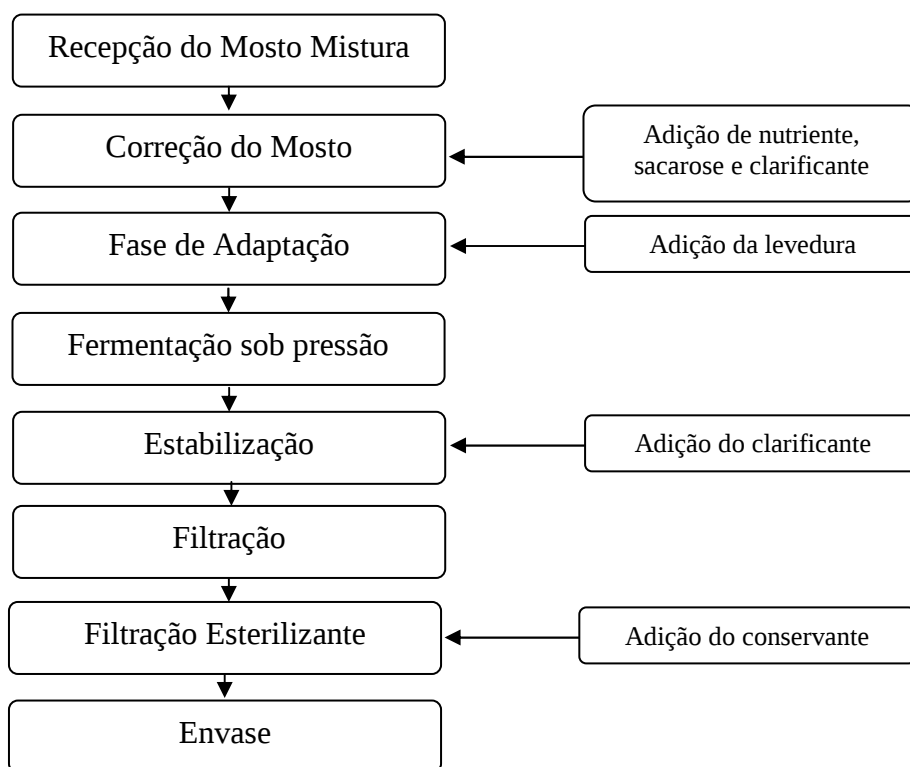


FIGURA 10 – Fluxograma de processamento para a elaboração do espumante de maçã pelo processo Asti.

Ao término do processo fermentativo, quando os parâmetros pré-requeridos foram atingidos, o produto foi acrescido de 60 g.hL^{-1} do clarificante Fort Benton (bentonite ativada) e estabilizado por 10 dias, a -5°C , a fim de promover a decantação dos compostos turvadores. Após a estabilização o espumante foi filtrado isobarométricamente em filtro terra quantas vezes foram necessárias para se obter um fermentado límpido e transparente, para tanto foram utilizadas as terras diatocel, fibroxcel e fibroesteril. Antes de ser filtrado pelos filtros de

membrana (0,60 micra) seguido de um filtro de membrana esterilizante (0,45 micra), foram acrescidos 40 g.hL⁻¹ do conservante Microcid ao produto, a última etapa foi o processo de envase pressurizado.

Processo Champenoise

Para o início da segunda fermentação pelo método Champenoise, os fermentados-base, tanto o de mistura quanto os varietais, foram acrescidos do licor de *tirage*, constituído por 20 g.hL⁻¹ da levedura *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (Fermol Reims Champagne), 25 g.L⁻¹ de sacarose ou 36 mL.L⁻¹ de suco concentrado, 120 g.hL⁻¹ do clarificante Microcel e 100 ou 190 g.hL⁻¹ do nutriente Fermoplus Blanc.

Os fermentados-base suplementados foram engarrafados e as garrafas foram distribuídas na estante (*pupitre*), onde a fermentação foi conduzida a temperatura ambiente (em torno de 20°C) por aproximadamente 18 semanas. Na primeira semana as garrafas foram mantidas na posição horizontal e, durante as próximas quatro semanas foi realizado o processo de tombamento (*remuage*), para tanto, as garrafas foram giradas 4 graus diariamente no eixo vertical e 45 graus no eixo horizontal a cada três ou quatro dias. Por todo o período restante as garrafas foram mantidas na posição vertical, com o gargalo voltado para baixo, sendo este o período de maturação dos espumantes. A Figura 11 demonstra o fluxograma de processamento de elaboração dos espumantes naturais de maçã pelo processo Champenoise.

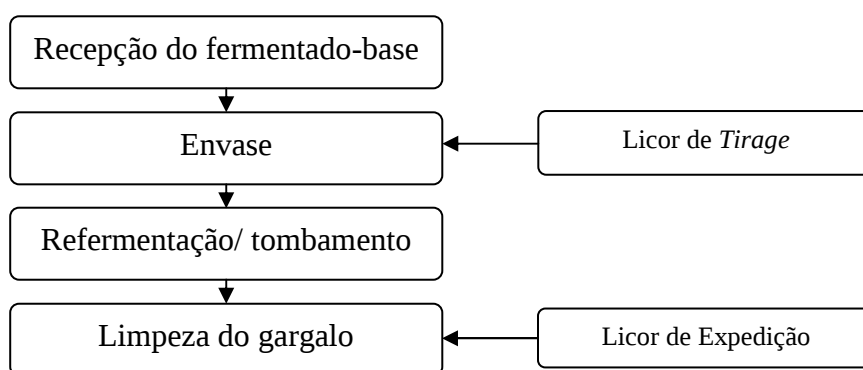


FIGURA 11 – Fluxograma do processamento de fermentação secundária pelo método Champenoise.

Ao final da maturação, as garrafas foram mantidas a 0°C por 10 dias, num processo de estabilização. Após este período, foi realizada a limpeza do gargalo (*degorgement*), para tanto, o gargalo foi mergulhado em uma solução hidroalcoólica de 50% (a aproximadamente -20°C) e imediatamente após, a garrafa foi aberta para que o cilindro de levedura fosse

removido. Antes do fechamento, o produto foi acrescido de 5 mL de um licor de expedição, constituído pelo fermentado formulado a partir do mosto elaborado pela mistura dos três cultivares maçã, o qual cedeu ao espumante cerca de 30 g.L⁻¹ de açúcar e 40 g.hL⁻¹ do conservante Microcid.

Processo Charmat

Para a elaboração do espumante pelo método Charmat, o fermentado-base foi acrescido do licor de *tirage* constituído por 20 g.hL⁻¹ da levedura *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (Fermol Charmat), 60 g.hL⁻¹ de clarificante Microcel e 60 g.L⁻¹ de sacarose, quantidade necessária para a formação de 7 kgf.cm⁻² de pressão e para 30 g.L⁻¹ de açúcar residual. A mistura destes componentes e a oxigenação do meio foram realizadas

por bombeamento, durante 1 hora, e pelo sistema de agitação interno da dorna, por mais 4 horas. A Figura 12 demonstra o fluxograma de processamento de elaboração do espumante natural de maçã pelo processo Charmat.

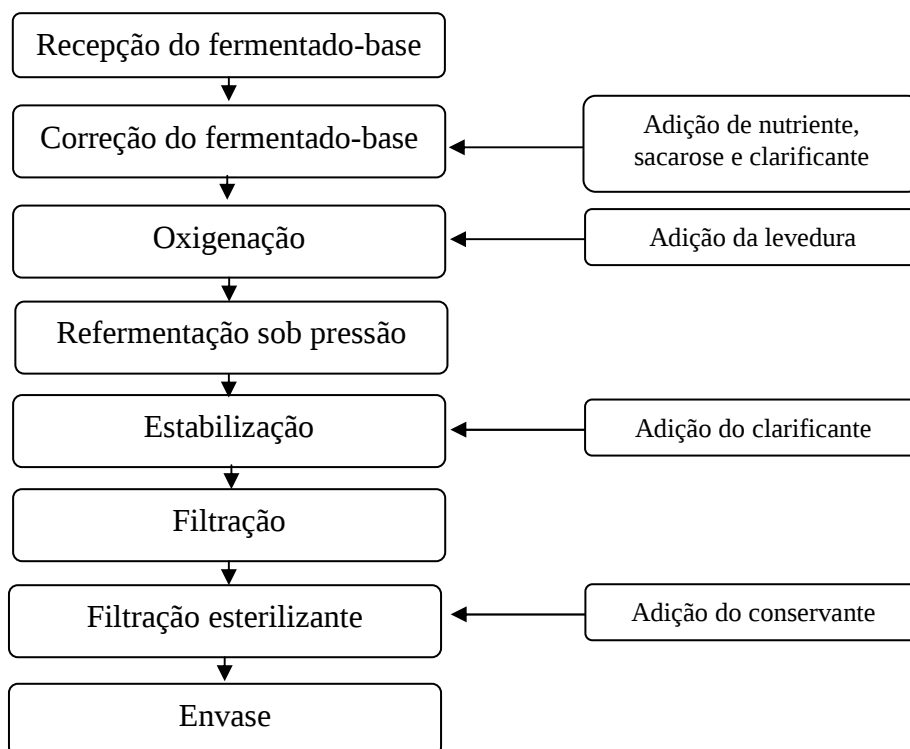


FIGURA 12 – Fluxograma de processamento de elaboração do espumante de maçã pelo processo Charmat.

A fermentação foi conduzida em dornas pressurizadas, com temperatura controlada em 15°C, até que os parâmetros pré-requeridos fossem atingidos. Após o término do processo

fermentativo, o produto foi acrescido de 60 g.hL^{-1} do clarificantes Fort Benton (bentonite ativada) e estabilizado por 5 dias, a -5°C . Após a estabilização o espumante foi filtrado em filtros terra pressurizados e, assim que o fermentado apresentou límpidez e transparencia, uma nova filtração foi realizada em filtros de membrana ($0,60 \text{ micra}$) seguido de um filtro de membrana esterilizante ($0,45 \text{ micra}$), etapa em que 40 g.hL^{-1} do conservante Microcid foram adicionados, sendo assim, o produto foi envasado isobarometricamente.

4.2.5 Caracterização dos Espumantes de Maçã

Os dez produtos obtidos e um espumante de maçã comercial foram avaliados físico-química, cromatograficamente e por degustação enológica a fim de serem comparados e classificados pelo método estatístico de Análise por Componentes Principais (PCA). O espumante comercial escolhido foi o Jean-Georges da sidraria Möhl – Suíça – elaborado pelo processo Champenoise, uma vez que o método de elaboração e a alta qualidade apresentada por este espumante foram os motivos de sua seleção para a utilização neste trabalho.

4.2.5.1 Análises Físico-Químicas

Para a realização das análises físico-químicas, os espumantes foram descarbonatados pela utilização de um ultra-som (Maxi-clean 1450 Unique), onde os produtos permaneceram durante 5 minutos para que todo o gás incorporado fosse removido.

Os espumantes descarbonatados foram avaliados pelas mesmas análises de caracterização realizadas nos mostos e fermentados, no entanto, a porcentagem de etanol dos espumantes foi determinada pela utilização do destilador enoquímico Gibertini e não do ebuliômetro como nos casos anteriores. Para a determinação do grau alcoólico, 100 mL da amostra foram destiladas por ionização no equipamento Gibertini e este destilado foi avaliado com o auxílio de uma balança hidrostática, a qual, após a calibração com água ultra pura, foi calculado automaticamente o grau alcoólico presente na amostra, em %v/v a 20°C .

4.2.5.2 Análise Cromatográfica

Os espumantes foram caracterizados pela análise cromatográfica de perfil de aromas para a determinação de etanal, metanol, acetato de etila e álcoois superiores. Tendo em vista a

restrição da coluna cromatográfica em relação aos açúcares, a análise foi realizada nos destilados dos espumantes, obtidos na análise de etanol pela utilização do equipamento Gibertini.

A determinação dos compostos acetato de etila, álcoois isoamílicos (2-metil-1-butanol e 3-metil-1-butanol), etanal, metanol, 2-metil-1-propanol e 1-propanol foi realizada por cromatografia em fase gasosa, que é um processo físico utilizado para separar componentes individuais de uma amostra pela diferença na interação dos componentes durante sua migração pela fase estacionária, sendo a migração fluída pela fase móvel, um gás de arraste inerte cuja finalidade é transportar as moléculas a serem separadas ao longo da coluna cromatográfica (ALMEIDA, 2003).

Os destilados obtidos por destilação iônica no equipamento Gibertini foram caracterizados em cromatógrafo a gás Varian Star 3400cx, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 μm de espessura do filme de fase ligada. A concentração dos compostos nas amostras foi calculada pela utilização de uma solução de referência, sendo a concentração de cada um dos componentes desta solução expressa na Tabela 4.

TABELA 4 – Concentração dos componentes presentes na solução de referência para a determinação de etanal, metanol, acetato de etila e álcoois superiores.

Componentes	Concentração (mg.L^{-1})
Acetato de etila	142,5
Álcoois isoamílicos	255,5
Etanal	91,0
Metanol	169,0
2-metil-1-propanol	76,0
1- Propanol	7,0

Para a determinação, 5 mL de cada destilado foi acrescido de 100 μL da solução padrão de 4-metil-2-pentanol (10 g.L^{-1} em solução hidroalcoólica a 10%) e 1 μL desta mistura foi injetado no cromatógrafo. As condições cromatográficas foram as seguintes:

- ✓ Gás de arraste: N_2 (nitrogênio a 80 psi).
- ✓ Temperatura do injetor: 220°C .
- ✓ Temperatura do DIC (Detector de Ionização de Chama): 220°C .
- ✓ Programação da coluna: temperatura inicial de 40°C , mantida por 1 minuto, elevação até 100°C a $10^\circ\text{C}/\text{min}$, elevação até 220°C a $20^\circ\text{C}/\text{min}$, mantendo a 220°C por 3 minutos.
- ✓ Tempo total da corrida: 20 minutos.

A concentrações dos componentes foram calculadas automaticamente pelo software acoplado ao equipamento, a partir da Equação 8.

Equação 8

$$C = A \cdot \frac{h}{H} \cdot \frac{I}{i}$$

Onde: C = concentração do componente (mg.L^{-1})
 A = concentração da substância na solução de referência (mg.L^{-1})
 H = área do pico da substância na referência
 h = área do pico da substância na amostra
 i = área do pico do padrão interno na amostra
 I = área do pico do padrão interno na referência.

4.2.5.3 Degustação enológica

Para a caracterização enológica foi realizada uma degustação em que se contou com a colaboração do enólogo Amadeu Mazolla para a avaliação dos espumantes varietais e de outros doze enólogos, membros da Associação Brasileira de Enologia – ABE – regional de Videira (SC), para a avaliação dos espumantes de mistura e comercial.

Os espumantes foram caracterizados segundo uma ficha de degustação apresentada no Anexo 1, esta foi sugerida pela própria AEB e adaptada pelos pesquisadores para a utilização nesta pesquisa. A ficha era composta por quatro partes: exame visual, exame olfativo, exame gustativo e avaliação final e, ao final de cada parte o degustador deveria assinalar uma nota de 0 a 10 para caracterizar o espumante naquele aspecto, tais notas foram utilizadas para calcular a nota final do produto, sendo o cálculo realizado conforme a equação 9.

Equação 9

$$NF = (MEV.0,1) + (MEO.0,3) + (MEG.0,6)$$

Onde: NF = nota final
 MEV = média para exame visual
 MEO = média para exame olfativo
 MEG = média para exame gustativo

Ao término do preenchimento das fichas, foi aberto um debate no qual cada participante pode expressar sua opinião técnica e pessoal a respeito dos produtos avaliados, tais observações foram levadas em consideração no momento de análise dos resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os espumantes elaborados neste trabalho foram divididos em dois grupos. Um deles foi constituído pelos espumantes formulados por mostos varietais, ou seja, por mostos elaborados apenas por um cultivar de maçã, denominados de “espumantes varietais” e o outro grupo foi constituído pelos espumantes formulados por mostos no qual efetuou a mistura dos três cultivares selecionados, denominados de “espumantes de mistura”.

5.1 ESPUMANTES VARIETAIS

Os espumantes varietais foram formulados com o intuito de verificar a aptidão dos cultivares de maçã na elaboração de espumantes naturais. Para tanto, foi aplicado o método Champenoise na formulação de produtos elaborados a partir de mostos varietais constituídos pelos cultivares Catarina, Granny Smith e Pink Lady.

5.1.1 Escolha dos Cultivares

A escolha dos cultivares foi baseada no fato de o mosto ter de apresentar algumas características físico-químicas e sensoriais importantes para a elaboração de espumantes, tais como alta acidez, alto teor de compostos fenólicos e de açúcares e aroma frutado. Foram avaliados os suco extraídos dos cultivares Braeburn, Catarina, Fuji, Gala, Granny Smith, Joaquina e Pink Lady, com relação ao teor de sólidos solúveis, açúcares redutores totais, acidez total titulável e compostos fenólicos (Tabela 5), e foi a partir destas análises que três cultivares foram selecionadas.

TABELA 5 – Caracterização físico-química de sete cultivares de maçãs comerciais.

Cultivar	Parâmetros físico-químicos			
	SS (°Brix)	ART (g.L ⁻¹)	ATT (g.L ⁻¹)	CF (mg.L ⁻¹)
Braeburn	11,70	100,49	4,11	332,50
Catarina	13,50	129,23	3,52	784,47
Fuji	13,00	94,13	2,70	191,40
Gala	12,40	98,45	2,80	325,30
Granny Smith	12,00	108,28	5,98	896,46
Joaquina	15,00	129,25	3,23	577,66
Pink Lady	14,00	122,19	4,70	248,38

Legenda: SS: sólidos solúveis; ART: açúcares redutores totais; ATT: acidez total titulável; CF: compostos fenólicos.

Com base nas características físico-químicas avaliadas os cultivares de maçãs selecionadas para a obtenção dos mostos destinados à elaboração de espumantes foram: Granny Smith, por apresentar alta acidez ($5,98 \text{ g.L}^{-1}$) e alto teor de compostos fenólicos ($896,46 \text{ mg.L}^{-1}$), Pink Lady, por apresentar alta acidez ($4,70 \text{ g.L}^{-1}$) e aroma frutado e Catarina, por apresentar altos teores de açúcares redutores totais ($129,23 \text{ g.L}^{-1}$) e de compostos fenólicos ($778,47 \text{ mg.L}^{-1}$).

Assim que recepcionadas na indústria, as maçãs dos três cultivares selecionados foram avaliados quanto ao grau de maturidade (Tabela 6). Segundo estes dados, as frutas se apresentavam maduras e foi neste estado que foram utilizadas na elaboração dos mostos varietais e que o volume restante foi armazenado em câmaras frigoríficas por seis meses.

TABELA 6 – Caracterização físico-química para avaliação do grau de maturidade dos cultivares.

Cultivar	Parâmetros físico-químicos		
	Sólidos Solúveis (°Brix)	Firmeza da Polpa (libras)	Índice de Iodo- amido
Catarina	13,68	20,37	3,10
Granny Smith	13,60	16,48	4,00
Pink Lady	14,00	17,65	3,40

5.1.2 Parâmetros de Produção

Os espumantes varietais foram elaborados pelo processo Champenoise em escala laboratorial, as obtenções tanto dos sucos quanto dos fermentados foram realizadas nesta escala. Os sucos varietais foram avaliados quanto ao teor de nitrogênio assimilável e, conforme o resultado, foram suplementados com o nutriente Fermoplus Blanc para serem encaminhados à fermentação primária.

O mosto do cultivar Catarina apresentou $69,16 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrogênio assimilável e, portanto, foi suplementado com $76,4 \text{ g.hL}^{-1}$ do nutriente Fermoplus para que o valor de nitrogênio assimilável atingisse $115,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Com o mesmo propósito, os mostos dos cultivares Granny Smith e Pink Lady foram suplementados respectivamente com $97,4$ e $108,13 \text{ g.hL}^{-1}$, uma vez que estes apresentavam $56,56$ e $50,12 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrogênio assimilável, respectivamente (Tabela 7).

Os teores de compostos fenólicos encontrado nos mostos (Tabela 7) foram considerados baixos quando comparados aos resultados obtidos naqueles avaliados durante a escolha dos cultivares (Tabela 5), esta diferença se deve ao fato de os sucos utilizados para a seleção terem sido elaborados com um número menor de frutas e, assim que extraído, terem

sido analisados. Pelo contrário, os mostos utilizados no trabalho foram elaborados com um grande volume de frutas e nestes foram realizados os processos de despectinização e clarificação e, segundo Wiecheteck et al. (2005) somente o processo de despectinização resulta em perdas de até 20% em compostos fenólicos totais, além disso, o período de extração e de armazenamento até o momento da análise foi maior na extração para o processamento, provocando uma maior oxidação destes compostos, visto que nenhum agente antioxidante foi utilizado. Por tal motivo, no momento da extração dos sucos pelo processamento industrial, foram acrescidos de 1 g.L⁻¹ de ácido ascórbico para que não houvesse perdas destes compostos novamente.

TABELA 7 – Caracterização físico-química dos mostos varietais.

Cultivares	Parâmetros físico-químicos							
	ART	AR	SS	DNS	ATT	NA	CF	COR
Catarina	142,86	90,11	15,00	1057,66	3,59	69,16	377,97	5,53
Granny Smith	116,89	102,05	12,80	1050,66	5,52	56,56	344,93	2,86
Pink Lady	122,18	79,70	14,00	1053,66	4,70	50,12	209,57	1,02

Legenda: ART: açúcares redutores totais (g.L⁻¹); AR: açúcares redutores (g.L⁻¹); SS: sólidos solúveis (°Brix); DNS: densidade a 20°C (g.L⁻¹); ATT: acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L⁻¹); CF: compostos fenólicos (mg.L⁻¹ de catequina); COR: cor (nm).

As fermentações foram conduzidas à temperatura ambiente até que o valor de açúcares redutores totais chegasse a um valor inferior a 2 g.L⁻¹ e, durante todo o período foram acompanhados diariamente a temperatura ambiente, o consumo do substrato e a formação do produto, para que a fermentação fosse controlada. Como o teor de açúcares nos três mostos era distinto, o período total de fermentação foi diferente para cada cultivar, a fermentação do cultivar Catarina levou 25 dias a uma temperatura média de 13,6°C e a fermentação dos cultivares Granny Smith e Pink Lady levou 19 dias a uma temperatura média de 13,4°C.

Os fermentados varietais obtidos serviram de fermentado-base para a refermentação pelo método Champenoise e, antes do início do processo, foram avaliados físico-quimicamente para que, a partir destes resultados, pudessem ser suplementados com fontes de glucose e nitrogênio. Como nenhum dos fermentados apresentaram presença de nitrogênio assimilável, todos foram acrescidos de 190 g.hL⁻¹ do nutriente Fermoplus Blanc para que o valor de nitrogênio assimilável do mosto atingisse 115,0 mg.L⁻¹. Para a suplementação com a fonte de glucose, o fermentado varietal de cada cultivar foi dividido em dois grupos, um deles foi acrescido de 25 g.L⁻¹ de açúcar comercial (sacarose) e o outro de 36 mL.L⁻¹ de suco concentrado de maçã, ambas as suplementações tinham por objetivo conferir ao fermentado

25 g.L⁻¹ de açúcares redutores totais, necessários para a formação de aproximadamente 5 Kgf.cm⁻² de pressão. A quantidade de suco concentrado adicionado foi calculado com base no valor de sólidos solúveis presentes, relativo a 70°Brix.

A suplementação conferiu um aumento na acidez e no teor de compostos fenólicos dos fermentados, e este aumento foi maior nos fermentados suplementados com suco concentrado do que naquele suplementado com açúcar comercial. Além do suco concentrado, o nutriente Fermoplus Blanc foi responsável pelo aumento no teor de compostos fenólicos, tal fato se justifica pela presença de taninos enológicos em sua composição.

Após o período de um mês de fermentação (a uma temperatura ambiente média de 17,2°C) todos os espumantes foram avaliados físico-quimicamente para o acompanhamento do processo fermentativo, os resultados são apresentados na Tabela 8. A partir destes dados foi verificado que o período de um mês foi suficiente para o término do processo fermentativo, ou seja, todos os fermentados apresentaram um valor de açúcares redutores totais menor que 2 g.L⁻¹. Neste período foram consumidos em média 51,43 mg.L⁻¹ de nitrogênio assimilável e formados cerca de 1,67 %v/v de álcool. Desta forma, para a formação de 1 grau alcoólico foram consumidos cerca de 30,8 mg.L⁻¹ de nitrogênio assimilável, dados estes que estão de acordo com aqueles encontrados por Granès et al. (2006) que sugere a presença de 25 a 30 mg.L⁻¹ de nitrogênio assimilável por cada grau alcoólico suplementar provável.

TABELA 8 – Caracterização físico-química dos espumantes varietais com um mês de fermentação.

Espumantes	Parâmetros físico-químicos							
	ART	AR	SS	DNS	ALC	ATT	NA	CF
CCA	1,02	1,00	5,00	993,12	9,20	2,04	52,36	271,02
CCC	1,50	1,49	5,20	994,89	9,50	2,20	63,56	311,49
CGA	0,67	0,64	5,00	995,62	8,10	5,59	42,00	277,02
CGC	0,99	0,98	5,00	997,07	8,20	6,01	63,00	345,43
CPA	0,75	0,74	5,20	994,82	8,80	4,97	42,00	211,49
CPC	1,49	1,14	5,50	996,42	8,80	5,45	53,48	261,36

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado; ART: açúcares redutores totais (g.L⁻¹); AR: açúcares redutores (g.L⁻¹); SS: sólidos solúveis (°Brix); DNS: densidade a 20°C (g.L⁻¹); ALC: teor alcoólico (%v/v); ATT: acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L⁻¹); CF: compostos fenólicos (mg.L⁻¹ de catequina).

O período total de fermentação e maturação dos produtos foi de 12 semanas, a uma temperatura ambiente média de 18,8°C e, ao término deste período, as garrafas foram retiradas da estante e armazenadas com o gargalo voltado para baixo em câmara frigorífica a

0°C, durante 15 dias, num processo de estabilização. O produto estabilizado passou pelo processo denominado *dégorgement* e, em seguida, foi adicionado do licor de expedição. Cada produto foi avaliado físico-quimicamente antes e após a adição do licor, uma vez que o espumante com o licor representa o produto finalizado (Tabela 9). A adição do licor de expedição conferiu um aumento médio de 31,44 g.L⁻¹ no valor de açúcares redutores totais, de acordo com o objetivo da adição, e de 77,53 mg.L⁻¹ no teor de compostos fenólicos dos espumantes, o qual foi maior naqueles suplementados com suco concentrado de maçã.

Em média, 29,17 mg.L⁻¹ de nitrogênio assimilável não foram consumidos durante as 12 semanas de fermentação, o que evidencia o excesso de adição deste nutriente no momento da suplementação. Tal fato comprovou a necessidade de ajuste na quantidade de nutriente adicionado, desta forma, os espumantes elaborados a partir do fermentado-base de mistura foram suplementados com 30 mg.L⁻¹ de nitrogênio assimilável por cada grau alcoólico suplementar provável, como sugerido por Granès et al. (2006) e comprovado durante a elaboração dos espumantes varietais. Os espumantes apresentaram falta de limpidez, com turbidez média de 32,67 NTU, sendo este um valor não adequado para o produto final, tais valores são devidos à falta de um processo de filtração.

TABELA 9 – Caracterização físico-química dos espumantes após 12 semanas de fermentação, antes e após a adição do licor de expedição.

Espumantes	Parâmetros físico-químicos									
	ART	AR	SS	DNS	ALC	ATT	NA	CF	TD	COR
CCA sem licor	0,67	0,62	4,8	993,09	8,9	2,86	28,28	294,92	19,60	0,460
CCA	30,24	29,66	8,0	1005,82	9,3	3,20	31,08	361,18	37,30	0,715
CCC sem licor	1,18	1,17	5,2	995,09	8,8	3,05	40,32	343,61	24,10	0,550
CCC	30,06	26,79	8,0	1006,56	9,2	3,72	43,12	403,53	50,80	1,030
CGA sem licor	0,70	0,70	4,8	995,62	7,7	5,87	22,68	290,29	16,80	0,323
CGA	39,46	31,37	8,0	1006,69	8,2	5,62	12,60	389,71	25,60	0,323
CGC sem licor	0,99	0,92	5,0	996,56	7,7	4,67	40,32	339,91	19,30	0,431
CGC	31,39	29,89	8,0	1006,69	8,1	5,03	35,56	429,41	16,20	0,472
CPA sem licor	0,77	0,76	5,0	994,96	8,0	3,25	37,80	229,89	45,60	0,607
CPA	34,38	34,03	8,0	1006,69	8,3	3,16	26,88	317,35	36,90	0,607
CPC sem licor	1,55	1,41	5,2	995,76	8,5	3,34	33,60	284,44	35,30	0,542
CPC	28,94	28,57	7,8	1006,36	8,7	3,25	25,76	347,06	23,20	0,488

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado; ART: açúcares redutores totais (g.L⁻¹); AR: açúcares redutores (g.L⁻¹); SS: sólidos solúveis (°Brix); DNS: densidade a 20°C (g.L⁻¹); ALC: teor alcoólico (%v/v); ATT: acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L⁻¹); CF: compostos fenólicos (mg.L⁻¹ de catequina); TD: turbidez (NTU); COR: cor (nm).

5.1.3 Caracterização Enológica

A caracterização enológica dos espumantes varietais foi realizada pelo enólogo Amadeu Mazzola a partir do preenchimento da ficha de degustação, apresentada no Anexo 1, a qual é dividida em quatro partes: exame visual, exame olfativo, exame gustativo e observações finais.

Segundo a caracterização visual, todos os espumantes estavam “límpidos”, apresentavam “brilho médio” e tinham uma viscosidade “escorregadia”, portanto, os espumantes apresentavam-se isentos de partículas em suspensão, transparência e luminosidade regulares e viscosidade semelhante a da água.

A coloração de todos os espumantes foi descrita como “amarelo palha com reflexos dourados”, exceto para o espumante CPA, no qual foram identificados “reflexos esverdeados”. Com relação à transparência que, na prática, é a possibilidade de visualizar objetos colocados atrás do copo, o espumante CCC foi classificado como “pouco transparente” e os demais como “transparentes”. Na Tabela 8, observa-se que os valores de turbidez e cor para o espumante CCC são 50,08 NTU e 1,030 nm, respectivamente, visto que os demais espumantes apresentam turbidez entre 16,20 e 37,30 NTU e cor entre 0,472 e 0,715 nm, o que justifica a classificação de transparência fornecida pelo enólogo.

Com relação à *perlage*, que se refere às bolhas dos espumantes, todos apresentaram “média” persistência, diâmetro “pequeno” ou “médio” e quantidade “razoável”. A quantidade no espumante CGC foi definida como “escassa” e no espumante CPC como “abundante”.

A primeira impressão, no exame olfativo, para todos os produtos foi: “agradável” e “franco”, significando que o conjunto aroma-sabor estava sensorialmente agradável e que, no aspecto olfativo, todos os espumantes estavam absolutamente isento de defeitos.

Com relação à qualidade de aroma, todos os espumantes receberam a classificação “muito boa”, com exceção do espumante CGA, no qual a qualidade foi classificada como “boa”. A intensidade de aroma foi descrita como “média” para os espumantes formulados pelo cultivar Catarina (CCA e CCC) e como “intenso” para aqueles formulados pelos demais cultivares. Os espumantes CGC e CPC apresentaram aroma “persistente” e os demais, aroma “pouco persistente”.

Nos espumantes que foram suplementados com o suco concentrado de maçã (CCC, CGC e CPC) foi encontrado o mesmo descritor de aroma, o “mel”, indicado no conjunto de aromas “adocicados”. Nos espumantes dos cultivares Granny Smith (CGA) e Pink Lady

(CPA) suplementados com açúcares foi identificado o aroma de “folha”, indicado no conjunto de aromas “herbáceos e vegetais” e no espumante do cultivar Catarina suplementado com açúcar (CCA) foi identificado o aroma de “canela”, indicado no conjunto de aromas de “especiarias”. Deste modo, foi verificado que o aroma proveniente do suco concentrado, identificado como “mel” provavelmente pela própria característica do produto, sobressaiu os aromas provenientes das matérias-primas utilizadas, encobrindo os aromas naturais do produto e, segundo Fugelsang e Edwards (2007), o aroma de mel está relacionado com a presença do éster acetato de feniletila.

No exame gustativo, todos os espumantes apresentaram “amargor médio”, o que indica uma qualidade, visto que a falta ou o excesso de amargor indica defeito no produto, além disso, a textura dos produtos foi descrita como “macia e sedosa”, o que indica a presença de um bom teor de glicerina e de álcool, além de acidez razoável. O teor de álcool para todos os produtos foi classificado como “razoável”, indicando a necessidade de um ligeiro aumento no valor desta característica. As agulhas, que descrevem a sensação de picadas na língua produzidas pela presença do gás carbônico, foram descritas como “boas e agradáveis” em todos os espumantes e, com relação à característica de equilíbrio, todos os produtos foram caracterizados como “equilibrados”, o que indica que todos os componentes do produto apresentaram-se na proporção correta, sobretudo os álcoois e os ácidos.

Com relação aos açúcares, os espumantes formulados pelo cultivar Granny Smith (CGC e CGA) foram classificados como “seco” e os demais como “suave”, no entanto, todos apresentavam o mesmo teor de açúcares redutores totais (em torno de 30 g.L^{-1}). Sendo assim, acredita-se que outras características, como a diferença na acidez, por exemplo, possam ter influenciado na determinação do teor de açúcares no parâmetro gustativo.

Os espumantes formulados pelo cultivar Pink Lady (CPC e CPA) apresentaram “acidez razoável” e os demais “acidez adequada”, de fato, na análise físico-química de acidez total titulável (Tabela 8) os espumantes do cultivar Pink Lady apresentaram baixa acidez ($3,16$ e $3,25 \text{ g.L}^{-1}$), porém estes valores não foram muito inferiores àqueles encontrados nos espumantes da cultura Catarina ($3,20$ e $3,72 \text{ g.L}^{-1}$).

Com relação à adstringência, que descreve sensorialmente a quantidade de taninos presentes, os espumantes CCA e CGA foram descritos como “pouco tânicos” e os demais apresentaram adstringência “adequada”; os taninos presentes em todos os espumantes foram caracterizados como “bons e agradáveis”. Na análise do corpo das bebidas, os espumantes do cultivar Catarina (CCA e CCC) e o CGA foram classificados como “pouco encorpados” e os

demaís como “encorpados”. Segundo Nogueira e Wosiacki (2005), a concentração de taninos e de acidez esta envolvida no sabor amargo e adstringente das sidras, e na França e Inglaterra, estes compostos são utilizados como critério de classificação das maçãs utilizadas no processamento.

O aroma de boca, ou retrogosto, é definido como a impressão sensorial que se tem após a degustação do vinho. Os espumantes do cultivar Granny Smith (CGA e CGC) e o CCA apresentaram “boa” qualidade de aroma de boca e os demais, “muito boa” qualidade, a intensidade deste aroma foi “média” para os espumantes elaborados pelo cultivar Pink Lady (CPA e CPC) e “intenso” nos demais e, a característica evolução, foi definida como “muito boa” para o espumante CCC e como “boa” para os demais espumantes e, quanto mais complexo é o vinho, maior é o tempo de evolução na boca.

Na avaliação geral, em uma escala de 0 a 100, as notas de cada um dos espumantes foram: 56 para CCA (Champenoise Catarina açúcar), 64 para CCC (Champenoise Catarina concentrado), 56 para CGA (Champenoise Granny Smith açúcar), 61 para CGC (Champenoise Granny Smith concentrado), 67 para CPA (Champenoise Pink Lady açúcar) e 69 para CPC (Champenoise Pink Lady concentrado). Assim, os espumantes elaborados pelo cultivar Pink Lady foram os que mais agradaram o enólogo no aspecto sensorial e, com relação à fonte de glucose, os espumantes suplementados com suco concentrado de maçã receberam as maiores notas.

Em uma avaliação englobando todos os parâmetros enológicos abordados foi verificado que os espumantes formulados pelo cultivar Pink Lady foram os de maior preferência do enólogo, no entanto, estes espumantes apresentaram falta de acidez. Os espumantes formulados pelo cultivar Catarina apresentaram falta de limpidez e, por outro lado, foram os que apresentaram melhor evolução. E os espumantes formulados pelo cultivar Granny Smith apresentaram aroma de qualidade inferior, no entanto, uma acidez adequada. Desta forma, a elaboração de um mosto formulado pela mistura dos três cultivares seria uma media promissora para associar as qualidades de cada cultivar em um mosto único, além de corrigir defeitos. Com relação à fonte de glucose adicionada, aqueles suplementados com o suco concentrado de maçã ganharam a preferência do enólogo, no entanto, a adição deste promoveu o encobrimento dos aromas formados durante a fermentação para cada um dos cultivares.

5.1.4 Classificação dos Espumantes Varietais de Maçã via PCA

Os dados físico-químicos e cromatográficos de caracterização foram utilizados para analisar e classificar os espumantes quanto a cultivar de maçã utilizada na obtenção do mosto e a fonte de glucose adicionada no fermentado-base. A Tabela 10 descreve os parâmetros utilizados na classificação pela análise exploratória de dados Análise por Componentes Principais (PCA), a qual permitiu uma avaliação global dos resultados e sugeriu quais atributos ou descritores mais caracterizaram as amostras estudadas.

A análise de perfil de aromas, realizada por cromatografia em fase gasosa, foi utilizada para a determinação de etanal, metanol, acetato de etila e álcoois superiores presentes nos produtos. Cada espumante foi avaliado por três repetições e as concentrações foram calculadas a partir do cromatograma obtido pela solução de referência, os resultados das concentrações médias obtidas são apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 – Concentrações médias das caracterizações físico-químicas e cromatográfica dos espumantes varietais obtidos pelo processo Champenoise.

Caracterização	Espumantes					
	CCA	CCC	CGA	CGC	CPA	CPC
Físico-Química						
<i>Açúcares Redutores Totais (g.L⁻¹)</i>	30,24	30,06	39,46	31,39	34,38	28,94
<i>Açúcares Redutores (g.L⁻¹)</i>	29,66	26,79	31,37	29,88	34,03	28,57
<i>Sólidos Solúveis (°Brix)</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,80
<i>Densidade a 20°C (g.L⁻¹)</i>	1005,82	1006,56	1006,69	1006,69	1006,69	1006,36
<i>Teor Alcoólico (%v/v)</i>	9,30	9,20	8,20	8,10	8,30	8,70
<i>Acidez Total Titulável (g.L⁻¹)</i>	3,20	3,72	5,62	5,03	3,16	3,25
<i>Nitrogênio Assimilável (mg.L⁻¹)</i>	31,08	43,12	12,60	35,56	26,88	25,76
<i>Compostos Fenólicos (mg.L⁻¹)</i>	361,18	403,53	389,71	429,41	317,35	347,06
<i>Turbidez (NTU)</i>	37,30	50,80	25,60	16,20	36,90	23,20
<i>Cor (nm)</i>	0,72	1,03	0,48	0,47	0,61	0,49
Cromatográfica						
<i>Acetato de Etila (mg.L⁻¹)</i>	22,27	19,85	51,77	16,60	15,26	44,66
<i>Álcoois Isoamílicos (mg.L⁻¹)</i>	243,36	215,36	284,42	243,38	269,65	265,94
<i>Etanal (mg.L⁻¹)</i>	90,63	77,04	71,69	34,89	71,13	59,02
<i>Metanol (mg.L⁻¹)</i>	16,45	20,34	24,26	26,24	22,44	28,46
<i>2-Metil-1-propanol (mg.L⁻¹)</i>	85,41	51,95	71,93	44,44	60,01	69,96
<i>1-Propanol (mg.L⁻¹)</i>	3,46	3,52	2,22	2,68	2,20	2,67

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado.

Antes de se iniciar qualquer tipo de análise multivariada Matos et al. (2003), aconselham a realização de uma manipulação matemática prévia do conjunto de dados para sua adequação, os principais tipos de pré-processamento são dados centrados na média e autoescalamento, no primeiro divide-se cada valor pela média de cada variável e no segundo, calcula-se a variância dos dados, em seguida subtraem-se os dados originais pela média e dividi-se pelo desvio padrão. O pré-processamento dados centrados na média é mais utilizado para dados espectrais e o autoescalamento é utilizado quando se quer dar a mesma importância para todas as variáveis.

Segundo Ferreira et al. (1999), os dados experimentais originais podem não ter uma distribuição adequada para a análise, dificultando a extração de informações úteis e interpretação dos mesmos. Medidas em diferentes unidades e variáveis com diferentes variâncias são algumas das razões que levam a estes problemas e, nestes casos, um pré-processamento nos dados originais pode ser de grande valia. Os dados estudados apresentam variáveis com diferentes dimensões e amplitudes (Figura 13a) e, portanto, foi necessária a aplicação de um tratamento prévio para expressar cada observação em dimensões e amplitudes equivalentes, sem perda de informações.

O processo de autoescalamento aplica conjuntamente as técnicas de dados centrados na média e escalamento pela variância, de modo que a transformação realizada sobre o conjunto original dos dados permite que cada variável apresente média zero e variância igual a um (MATOS et al., 2003). Os dados originais foram autoescalados (Figura 13b) e, assim, foi dada a mesma importância para todas as variáveis, independente da suas dimensões.

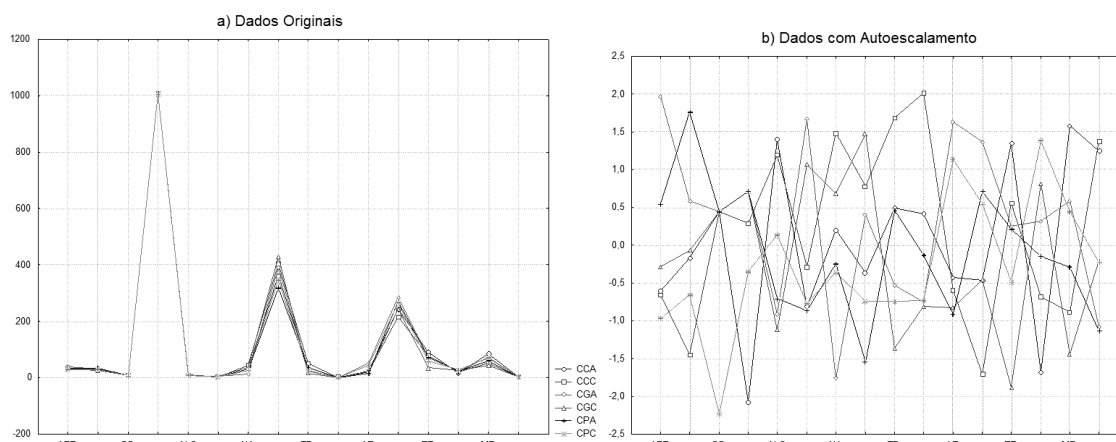


FIGURA 13 – Dados originais (a) e dados submetidos ao pré-processamento autoescalamento (b).

Antes da visualização dos gráficos de *scores* e *loadings* foi escolhido o número de componentes principais que melhor caracterizaram os dados originais e, segundo Matos et al. (2003), eles devem ser novos eixos criados a partir das variáveis iniciais.

Para explicar o conjunto de dados estudado foram adotados os quatro primeiros componentes principais, devido à boa explicabilidade dos termos apresentada por eles, de aproximadamente 93,9%. A componente principal 1 explicou cerca de 44,1% da variância dos dados originais e as componentes principais 2, 3 e 4 explicaram 23,2, 15,8 e 10,8%, respectivamente (Tabela 11).

TABELA 11 – Porcentagem de variância para os dados pré-processados por autoescalamamento.

Número de fatores	Variância total (%)	Variância acumulada (%)
1	44,076	44,08
2	23,20	67,27
3	15,79	83,06
4	10,85	93,91
5	6,09	100,00

Para a interpretação dos dados foram utilizados os gráficos de *scores* e *loadings* formulados pelas componentes principais 1 x 4 e 2 x 3, neste, os *scores* trazem informações sobre as amostras e os *loadings* trazem informações sobre as variáveis, assim, para a interpretação dos dados, os gráficos foram analisados em conjunto. As componentes 1 e 4 promoveram a classificação dos espumantes por cultivares de maçã e a componente principal 2 promoveu a classificação dos espumantes por fonte de glucose adicionada. Desta forma, tem-se que somente as componentes principais 1, 2 e 4 foram necessárias para classificar os espumantes por matéria prima empregada e por fonte de glucose adicionada, ou seja, dentre as quatro componentes que explicam o conjunto de dados, apenas três foram responsáveis pela classificação dos espumantes.

Os componentes principais 1 e 4 promoveram a classificação dos espumantes por matéria-prima utilizada (Figura 14a), a componente principal 1, que explicou 44,08% da variação, separou os espumantes elaborados pelo cultivar Catarina daquelas elaboradas pelos demais cultivares e a componente principal 4, que explicou 10,85% da variação, separou os espumantes elaborados pelo cultivar Granny Smith daqueles elaborados pelo cultivar Pink Lady, desta forma, no primeiro quadrante encontram-se os espumantes elaborados pelo cultivar Granny Smith (CGC e CGA), no segundo os elaborados pelo cultivar Catarina (CCC e CCA) e no quarto os da cultivar Pink Lady (CPC e CPA).

O componente 1 evidenciou ainda uma leve separação dos espumantes por fonte de glucose, os espumantes suplementados com o suco concentrado de maçã (CCC, CGC e CPC) foram distribuídos sempre mais a esquerda no gráfico de *scores* (Figura 14a) quando comparados àqueles suplementados com açúcar comercial (CCA, CGA e CPA), evidenciando que as variáveis mais a esquerda do gráfico de *loadings* (Figura 14b) são as principais responsáveis pela caracterização dos espumantes suplementados com suco concentrado.

Em relação à distribuição gráfica observada na Figura 14b, os espumantes elaborados pelo cultivar Catarina caracterizaram-se, cromatograficamente, por apresentarem maiores concentrações dos compostos etanal e 1-propanol e, físico-quimicamente por apresentar teores mais expressivos de nitrogênio assimilável, álcool, cor e turbidez.

O etanal é um composto volátil produzido durante o processo fermentativo, intermediário a produção de etanol a partir de açúcares, segundo Zoecklein et al. (2001), o limite sensorial deste composto no vinho oscila entre 100 e 120 mg.L⁻¹ e, em concentrações superiores, pode conferir um odor característico descrito como de frutos secos ou maçã ralada e demasiadamente madura. A concentração média de etanal encontrada nos espumantes elaborados pelo cultivar Catarina foi de 83,8 mg.L⁻¹, e nos demais, em média, foram encontrados 59,2 mg.L⁻¹ deste composto, o que evidencia a maior concentração de etanal nos espumantes do cultivar Catarina, justificando a influencia desta variável em sua classificação.

O composto 1-propanol é um álcool superior que tem sua concentração influenciada pelo teor de nitrogênio total presente no mosto e pela temperatura de fermentação (VIDRIH e HRIBAR, 1999). Os espumantes elaborados pelo cultivar Catarina apresentaram uma concentração média de 3,5 mg.L⁻¹, enquanto a média deste composto nos demais espumantes foi de 2,4 mg.L⁻¹, a diferença na concentração pode estar relacionada com o maior teor de nitrogênio assimilável residual presente nos espumantes do cultivar Catarina, visto que esta variável também influenciou na classificação, por se apresentar em maior concentração nestes espumantes (37,1 mg.L⁻¹), quando comparados aos demais (25,5 mg.L⁻¹).

Com relação às variáveis físico-químicas, o alto teor alcoólico nestes espumantes é está relacionado ao maior teor de açúcares presentes no mosto do cultivar Catarina e, como a fermentação primária foi realizada até o consumo total dos açúcares disponíveis, houve uma maior conversão de açúcar para álcool nos fermentados elaborados por este cultivar.

Os álcoois isoamílicos (2-metil-1-butanol e 3-metil-1-butanol) são álcoois superiores que têm a concentração influenciada pela temperatura de fermentação e pela presença de sólidos insolúveis ou em suspensão, nitrogênio total, dióxido de enxofre e oxigênio, sendo

que a maior produção ocorre em meios aerados (VIDRIH e HRIBAR, 1999; SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000). O metanol resulta da hidrólise das pectinas e está relacionado com o tipo de mosto e à tecnologia de vinificação e, segundo Rizzon (1987), a determinação do metanol é importante em função da toxidade que ele apresenta.

No aspecto cromatográfico, os compostos álcoois isoamílicos e metanol se apresentaram em concentrações muito semelhantes nos espumantes elaborados pelos cultivares Granny Smith e Pink Lady, sendo estas variáveis responsáveis pela classificação dos espumantes destes dois grupos. As concentrações médias encontradas foram 263,9 e 267,8 mg.L⁻¹ dos álcoois isoamílicos e 25,3 e 25,5 mg.L⁻¹ de metanol para os espumantes dos cultivares Granny Smith e Pink Lady, respectivamente. A diferenciação entre os dois grupos ocorreu devido à presença mais expressiva do composto acetato de etila nos espumantes elaborados pelo cultivar Granny Smith (34,2 mg.L⁻¹ em média) quando comparados aos demais espumantes (25,5 mg.L⁻¹ em média).

O acetato de etila é metabolizado predominantemente durante a fermentação alcoólica, como resultado da atividade da levedura, e tem sua concentração influenciada pelo cultivar utilizado, quantidade de açúcares presentes no mosto, claridade do mosto, temperatura de fermentação e processo de maturação (VIDRIH e HRIBAR, 1999; SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000). Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005) encontraram um teor médio de acetato de etila de 40,1 mg.L⁻¹ em vinhos Moscateis espumantes, assim, as concentrações deste componentes nos espumantes varietais elaborados estão de acordo com aqueles encontrados pelos autores. As baixas concentrações mostram que as fermentações foram conduzidas sem a participação de bactérias acéticas e que as matérias-primas se apresentavam em estado sanitário adequado, não influenciando de forma negativa no aroma e sabor.

Físico-quimicamente, os espumantes do cultivar Granny Smith apresentaram alto teor de compostos fenólicos, alta acidez e alto teor de açúcares redutores totais. O cultivar Granny Smith foi selecionada justamente por apresentar alta acidez e alto teor de compostos fenólicos e tais parâmetros se expressaram nos espumantes elaborados por este cultivar. O teor médio de compostos fenólicos encontrado nos espumantes elaborados pelo cultivar Granny Smith foi de 409,6 mg.L⁻¹ e nos demais espumantes 357,3 mg.L⁻¹. O mesmo ocorreu para a variável acidez total titulável, porém a diferença entre os grupos foi mais expressiva, uma vez que os espumantes do cultivar Granny Smith apresentaram em média 5,3 g.L⁻¹ de acidez e os demais espumantes 3,3 g.L⁻¹.

Em uma análise individual, os espumantes CPA e CGA, dos cultivares Granny Smith e Pink Lady, respectivamente, suplementados com açúcar comercial, se destacaram por apresentarem grandes concentrações de determinadas variáveis. Pelo gráfico de *loadings* (Figura 14b), em razão da distribuição gráfica, nota-se que a variável açúcares redutores está diretamente relacionada com o espumante CPA e este espumante foi o que apresentou maior teor de açúcares redutores ($34,0 \text{ g.L}^{-1}$). Do mesmo modo, as variáveis açúcares redutores totais, acidez total titulável e acetato de etila caracterizaram o espumante CGA, sendo que este espumante apresentou altos valores para tais parâmetros, sendo eles $39,5 \text{ g.L}^{-1}$, $5,6 \text{ g.L}^{-1}$ e $51,8 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente.

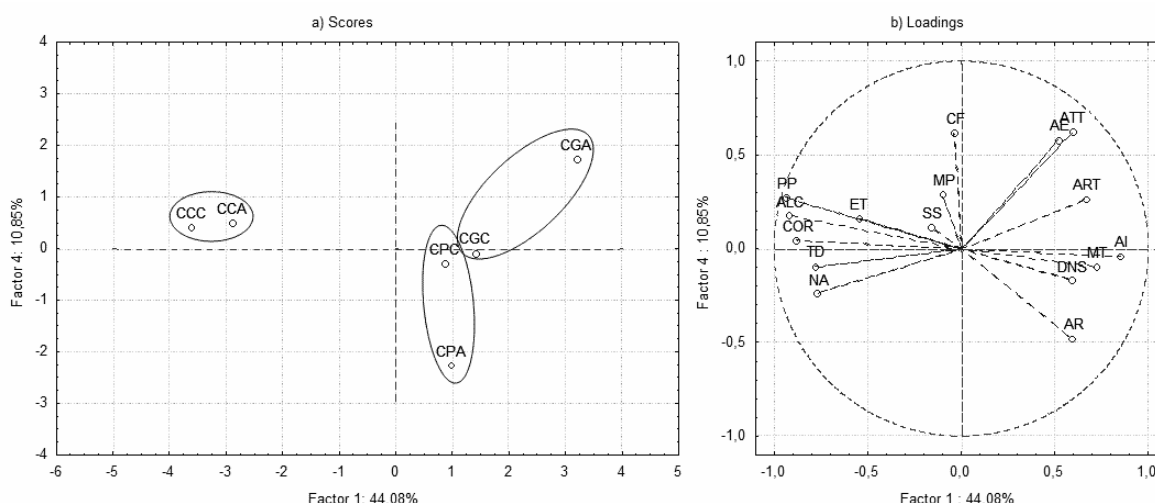


FIGURA 14 – Gráficos de *scores* (a) e *loadings* (b) para os componentes principais 1 e 4.

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado; ART: açúcares redutores totais (g.L^{-1}); AR: açúcares redutores (g.L^{-1}); SS: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$); DNS: densidade a 20°C (g.L^{-1}); ALC: teor alcoólico ($\% \text{v/v}$); ATT: acidez total titulável (g.L^{-1} em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L^{-1}); CF: compostos fenólicos (mg.L^{-1} de catequina); TD: turbidez (NTU); COR: cor (nm); AE: acetato de etila (mg.L^{-1}); AI: álcoois isoamílicos (mg.L^{-1}); ET: etanal (mg.L^{-1}); MT: metanol (mg.L^{-1}); MP: 2-metil-1-propanol (mg.L^{-1}); PP: 1-propanol (mg.L^{-1}).

A análise por componentes principais classificou ainda os espumantes com relação à fonte de glucose adicionada. As componentes principais 2 e 3 explicaram 23,20 e 15,79% da variação, respectivamente, no entanto, somente o componente 2 foi suficiente para promover esta classificação, sendo os espumantes suplementados com açúcar comercial apresentados no primeiro quadrante (Figura 15).

Com relação às análises cromatográficas, os espumantes suplementados com açúcar comercial caracterizam-se pela maior concentração de etanal, álcoois isoamílicos e 2-metil-1-

propanol (Figura 15). O acúmulo do composto etanal está relacionado com a fermentação glicéropirúvica e é possível que a oxidação química do etanol possa aumentar seu teor (RIBÉREAU-GAYON et al.,1998). Os espumantes suplementados com açúcar comercial apresentaram maiores concentrações deste composto (média de 77,8 mg.L⁻¹) quando comparado àqueles suplementados com suco concentrado de maçã (média de 57,0 mg.L⁻¹).

O composto 2-metil-1-propanol é, entre os álcoois superiores, aquele que sofre maior influência devido às condições de fermentação, em especial a limpidez do mosto, temperatura de fermentação e oxigenação do meio. Em conjunto com os álcoois isoamílicos, estes compostos representam os álcoois superiores e, considerando a soma destes dois componentes, os espumantes suplementados com açúcar comercial apresentaram em média 338,3 mg.L⁻¹. Altos teores de álcoois superiores demonstram que o processo de clarificação do produto não foi bem realizado (RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005), tal fato é comprovado pelo parâmetro físico-químico turbidez que foi uma das variáveis que classificou os espumantes pela sua presença mais expressiva. Além da turbidez, os parâmetros açúcares redutores e açúcares redutores totais foram responsáveis pela classificação dos espumantes suplementados com açúcar comercial. Por outro lado, o mesmo grupo foi caracterizado pela baixa concentração de compostos fenólicos, nitrogênio assimilável e metanol.

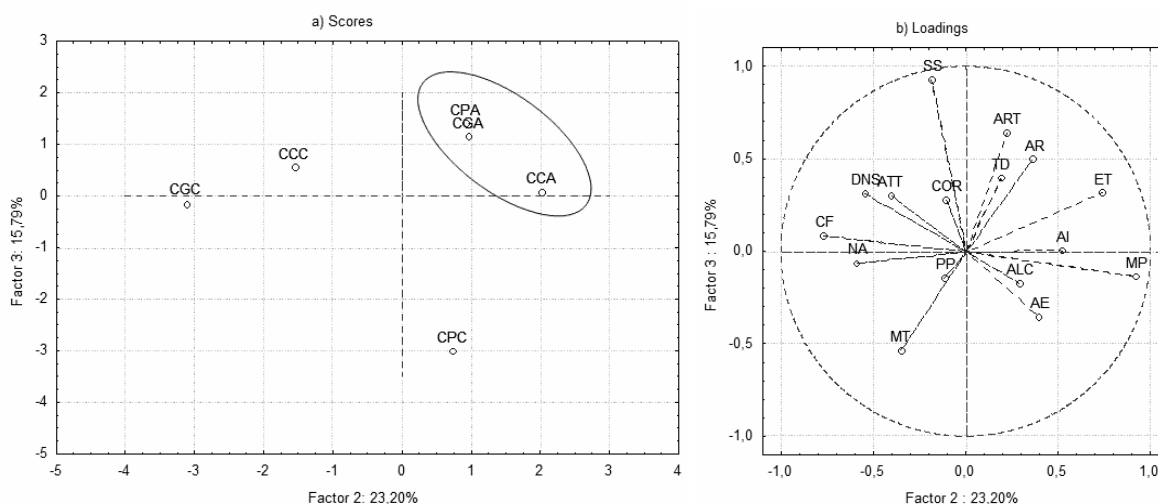


FIGURA 15 – Gráficos de *scores* (a) e *loadings* (b) para os componentes principais 2 e 3.

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado; ART: açúcares redutores totais (g.L⁻¹); AR: açúcares redutores (g.L⁻¹); SS: sólidos solúveis (°Brix); DNS: densidade a 20°C (g.L⁻¹); ALC: teor alcoólico (%v/v); ATT: acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L⁻¹); CF: compostos fenólicos (mg.L⁻¹ de catequina); TD: turbidez (NTU); COR: cor (nm); AE: acetato de etila (mg.L⁻¹); AI: álcoois isoamílicos (mg.L⁻¹); ET: etanal (mg.L⁻¹); MT: metanol (mg.L⁻¹); MP: 2-metil-1-propanol (mg.L⁻¹); PP: 1-propanol (mg.L⁻¹).

Em média, os espumantes suplementados com suco concentrado de maçã apresentaram maior teor de compostos fenólicos que os demais espumantes e, tal fato havia sido observado no momento da suplementação; esta característica manteve-se no produto final e foi responsável pela classificação dos espumantes.

Segundo Vidrih e Hribar (1999), o composto metanol está presente naturalmente em frutas frescas e é resultado da hidrólise das pectinas ocorrida pela ação da enzima pectinametilesterase. A legislação brasileira estabelece um máximo 350 mg.L^{-1} de metanol em vinhos, visto que este composto é tóxico, sendo assim, os espumantes suplementados com açúcar comercial encontraram-se dentro do limite estipulado pela legislação, com concentrações bem inferiores ao limite (média de $21,1 \text{ mg.L}^{-1}$).

A utilização da PCA possibilitou classificar os espumantes por cultivar de maçã e por fonte de glucose utilizada. A classificação dos espumantes em grupos formados por cultivares evidenciou que cada cultivar de maçã apresenta características específicas, as quais seriam mais interessantes em conjunto que individualmente. Tais fatores reafirmam o que foi determinado pela caracterização enológica, de que a mistura dos três cultivares deva associar as propriedades de cada cultivar em um mosto único.

Com relação à fonte de glucose adicionada os demais espumantes foram suplementados com açúcar comercial por causa da indisponibilidade de volume suficiente de suco concentrado de maçã na realização dos processos Asti e Charmat, nos quais foi utilizada uma escala piloto de produção, exigindo um volume maior de matérias-primas.

5.2 ESPUMANTES DE MISTURA

Conforme os resultados anteriores foi verificada a necessidade da elaboração de um mosto constituído por uma mistura, na qual as características de cada cultivar fossem agrupadas num mosto único. Assim, um planejamento estatístico foi utilizado na determinação das proporções de cada cultivar na elaboração de um mosto formulado pela mistura dos três cultivares de maçã. A partir deste mosto, foram formulados quatro espumantes pelos métodos Asti, Champenoise, Charmat e gaseificação artificial, a fim de avaliar a aptidão do mosto e a influência dos processos na qualidade dos espumantes.

5.2.1 Formulação do Mosto Mistura

Para a formulação do mosto utilizado na elaboração dos espumantes AMM (processo Asti), CMM (processo Champenoise), CaMM (processo Charmat) e GMM (gaseificação artificial) foi realizado um planejamento estatístico a partir do qual foram definidas as proporções de cada um dos cultivares na elaboração da mistura.

A Tabela 12 apresenta os valores de açúcares redutores totais, acidez total titulável e compostos fenólicos para todos os 12 ensaios estabelecidos pelo delineamento experimental para misturas ternárias. Nesta tabela são expressas as proporções dos sucos de cada cultivar em cada um dos ensaios. As misturas apresentaram em média 127,08 g.L⁻¹ de açúcares redutores totais, 4,18 g.L⁻¹ em ácido málico de acidez total titulável e 666,02 mg.L⁻¹ de compostos fenólicos.

TABELA 12 – Valores médios de ART, ATT e CF para os doze ensaios estabelecidos pelo delineamento experimental para misturas de componentes.

Ensaios	Proporções dos cultivares nas misturas			Variáveis		
	Catarina	Granny Smith	Pink Lady	ART	ATT	CF
1	1	0	0	139,48	2,93	1012,28
2	0	1	0	114,03	5,48	887,79
3	0	0	1	120,60	4,24	453,02
4	1/2	1/2	0	127,04	4,11	644,77
5	1/2	0	1/2	136,99	3,43	596,83
6	0	1/2	1/2	114,16	4,92	737,98
7	1/3	1/3	1/3	131,89	4,20	604,82
8	1/3	1/3	1/3	126,83	4,29	651,42
9	1/3	1/3	1/3	131,42	4,22	598,16
10	2/3	1/6	1/6	135,74	3,34	684,71
11	1/6	2/3	1/6	126,18	4,83	674,73
12	1/6	1/6	2/3	120,55	4,22	455,69

Legenda: ART: açúcares redutores totais (g.L⁻¹); ATT: acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico); CF: compostos fenólicos (mg.L⁻¹ de catequina).

No gráfico de barras (Figura 16) além dos 12 ensaios o ponto representante da região viável (Ponto de Intersecção – PI) também é apresentado e as linhas foram utilizadas como comparativo em relação aos valores encontrados para o PI com os demais ensaios. Neste gráfico foi observado que a maçã Catarina (ensaio 1) se mostrou claramente com maior teor de açúcares redutores totais e de compostos fenólicos que os demais cultivares: Granny Smith e Pink Lady (ensaios 2 e 3, respectivamente), as quais apresentam acidez elevada, concordando com as razões apresentadas para suas seleções.

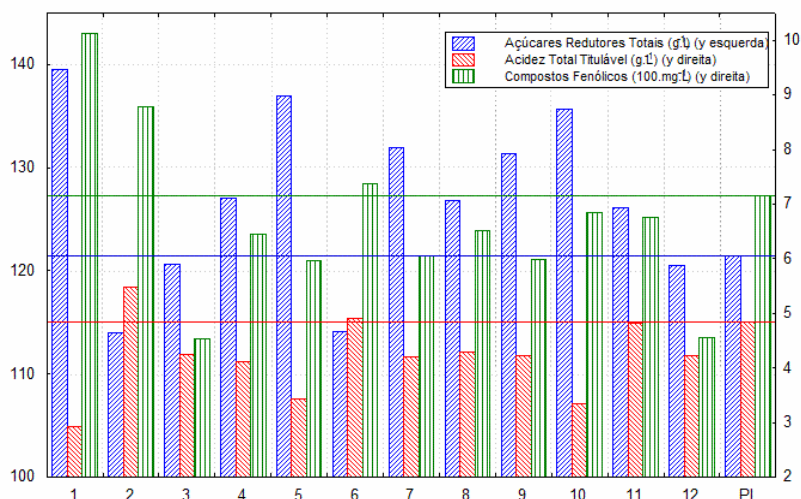


FIGURA 16 – Valores médios de ART, ATT e CF para os diferentes ensaios estabelecidos pelo delineamento experimental para mistura de componentes.

Legenda: ART - açúcares redutores totais (g.L⁻¹) no eixo y da esquerda; ATT - acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico) no eixo y da direita; CF - compostos fenólicos (10².mg.L⁻¹) no eixo y da direita. Valores relativos a todos os ensaios realizados (de 1 a 12) e para o ponto representante da região viável (Ponto de Intersecção – PI).

A partir dos resultados obtidos para as diferentes composições foi possível gerar modelos de regressão, em diferentes níveis, correlacionando as proporções dos sucos de maçãs com os resultados dos parâmetros estudados. Os modelos de cada parâmetro foram escolhidos a partir da validação dos mesmos em nível de significância de 95%, para tanto, eles foram avaliados quanto aos valores de R^2 , de F para regressão e ajuste e quanto à aleatoriedade dos gráficos de resíduos. A Tabela 13 apresenta os parâmetros estatísticos utilizados para analisar os modelos linear, quadrático e cúbico especial para todas as variáveis estudadas.

Os valores de F obtidos (relacionados à regressão e ao ajuste dos modelos) foram comparados com os respectivos valores de F tabelados e, segundo Box; Hunter e Hunter (2005), para apresentar uma regressão significativa, o modelo deve apresentar um valor de F calculado 3 vezes maior que o valor de F tabelado. Com relação ao valor do R^2 , para ser significativo, a variação explicada pelo modelo deve ser a mais próxima possível da máxima variação explicável. Os gráficos de resíduos de cada um dos modelos foram observados quanto aleatoriedade e, para uma melhor representatividade dos dados, o gráfico deve se apresentar aleatório. Tais parâmetros foram observados em todos os modelos de cada variável e o modelo que se apresentou significativo para todos os parâmetros citados, foi o escolhido para representar a variável em questão.

O aroma frutado é um importante parâmetro de definição do mosto, no entanto, como a análise de aroma possui resultados não numéricos, não foi possível acrescentá-la nas variáveis de estudo, contudo, esta característica foi levada em consideração no momento da escolha da formulação ideal.

Na análise da regressão para a variável açúcares redutores totais, o valor de F para o modelo cúbico especial foi 2,5 vezes maior que o valor de F tabelado (em nível de confiança de 95%) e, dentre os modelos avaliados, este foi o que mais se aproximou do valor ideal sugerido por Box; Hunter e Hunter (2005). Como, além disso, o modelo cúbico especial não demonstrou falta de ajuste e ainda apresentou a melhor explicação para a variação (90,1% dos 98,3% possíveis), este modelo foi escolhido para representar a variável em questão.

Para a variável acidez total titulável, todos os modelos foram significativos, uma vez que nenhum deles apresentou falta de ajuste e todos tiveram boa regressão, com valores de F pelo menos 25 vezes maiores que os valores de F tabelados. No entanto, os modelos quadrático e cúbico especial apresentaram interações de segunda e terceira ordem muito baixas, de 0,2 a 1,8, não influenciando significativamente nos modelos, sendo assim, o modelo linear foi o mais adequado para representar esta variável.

Para a variável compostos fenólicos, os modelos quadrático e cúbico especial se apresentaram significativos, visto que ambos apresentaram boa regressão e não apresentaram falta de ajuste, ao contrário do que ocorreu no modelo linear. No entanto, o modelo quadrático apresentou um valor de regressão maior e um valor de falta de ajuste menor que àqueles representantes do modelo cúbico especial, além disso, o modelo cúbico especial apresentou tendência linear no gráfico de resíduos, sendo assim, o modelo quadrático foi o mais adequado para representar esta variável.

TABELA 13 – Análise de variância (ANOVA) dos três níveis de modelos de regressão que descrevem as variáveis açúcares redutores totais, acidez total titulável e compostos fenólicos.

Variável	Modelo	Teste F	F tabelado (5%)	Teste F para falta de ajuste	F _{ta} tabelado (5%)	R ² Variação explicada	R ² _{ex} Variação explicável
Açúcares Redutores Totais	Linear	9,127 ^b	5,140	4,782 ^d	19,250	0,753	0,977
	Quadrático	10,668 ^b	4,120	2,832 ^d	19,300	0,859	0,983
	Cúbico especial	10,908 ^b	4,390	2,450 ^d	19,250	0,901	0,983
Acidez Total Titulável	Linear	197,373 ^a	5,140	6,510 ^d	19,250	0,985	0,999
	Quadrático	112,761 ^a	4,390	5,878 ^d	19,250	0,989	0,999
	Cúbico especial	124,643 ^a	4,950	4,665 ^d	19,160	0,993	0,999
Compostos Fenólicos	Linear	5,584 ^b	5,140	51,793 ^c	19,250	0,650	0,997
	Quadrático	21,136 ^a	4,390	3,603 ^d	19,250	0,946	0,993
	Cúbico especial	17,121 ^a	4,950	4,123 ^d	19,160	0,954	0,994

Legenda: Regressão significativa (^a) ou não significativa (^b) em nível de confiança de 95%; Modelo com (^c) ou sem (^d) falta de ajuste em nível de confiança de 95%.

Depois de descartados os coeficientes não significativos, foi obtida uma equação simplificada para cada uma das propriedades analisadas, sendo elas, do modelo cúbico especial para a variável açúcares redutores totais (Equação 10), linear para acidez total titulável (Equação 11) e quadrático para compostos fenólicos (Equação 12).

$$\text{Equação 10} \quad ART = 139,48 * x_1 + 114,00 * x_2 + 120,60 * x_3 + 27,79 * x_1 * x_3 - 12,65 * x_2 * x_3 + 145,18 * x_1 * x_2 * x_3$$

$$\text{Equação 11} \quad ATT = 2,93 * x_1 + 5,48 * x_2 + 4,24 * x_3$$

$$\text{Equação 12} \quad CF = 1015,48 * x_1 + 880,99 * x_2 + 456,22 * x_3 - 1201,07 * x_1 * x_2 - 543,28 * x_1 * x_3 + 290,28 * x_2 * x_3$$

A partir dos modelos de regressão (Equações 10, 11 e 12), foram formulados os diagramas ternários de superfícies de respostas para cada variável estudada. A Figura 17 representa os diagramas ternários de superfícies de respostas dos modelos de regressão de todas as variáveis estudadas, sendo a Figura 17a representativa da variável açúcares redutores totais, a Figura 17b da variável acidez total titulável e a Figura 17c da variável compostos fenólicos.

Conforme a Figura 17a, a quantidade de açúcares redutores totais na mistura aumenta quanto maior a proporção do cultivar Catarina, fato que pode ainda ser observado na Equação 10, onde o parâmetro de interação entre os sucos Granny Smith e Pink Lady ($x_2 * x_3$) apresenta um valor negativo, simbolizando uma interação antagônica, ou seja, esta interação binária contribui para diminuir o teor de açúcar na mistura, por outro lado, o alto valor representativo da interação ternária ($x_1 * x_2 * x_3$) demonstra a contribuição da interação entre os três cultivares para o aumento no teor de açúcar.

A acidez da mistura aumenta quanto maiores as proporções dos sucos Granny Smith e Pink Lady, como pode ser observado na Figura 17b. Do mesmo modo, na Equação 11, os maiores parâmetros são aquele que representam as proporções individuais dos sucos Granny Smith (x_2) e Pink Lady (x_3).

Na Figura 17c foi observado que o teor de compostos fenólicos da mistura aumenta quanto maiores as proporções individuais dos sucos Catarina e Granny Smith, fato que pode ainda ser observado na Equação 12, onde a maioria dos parâmetros de interações binárias apresentam valores negativos, ou seja, apresentam interação antagônica, contribuindo para a diminuição do teor de compostos fenólicos da mistura.

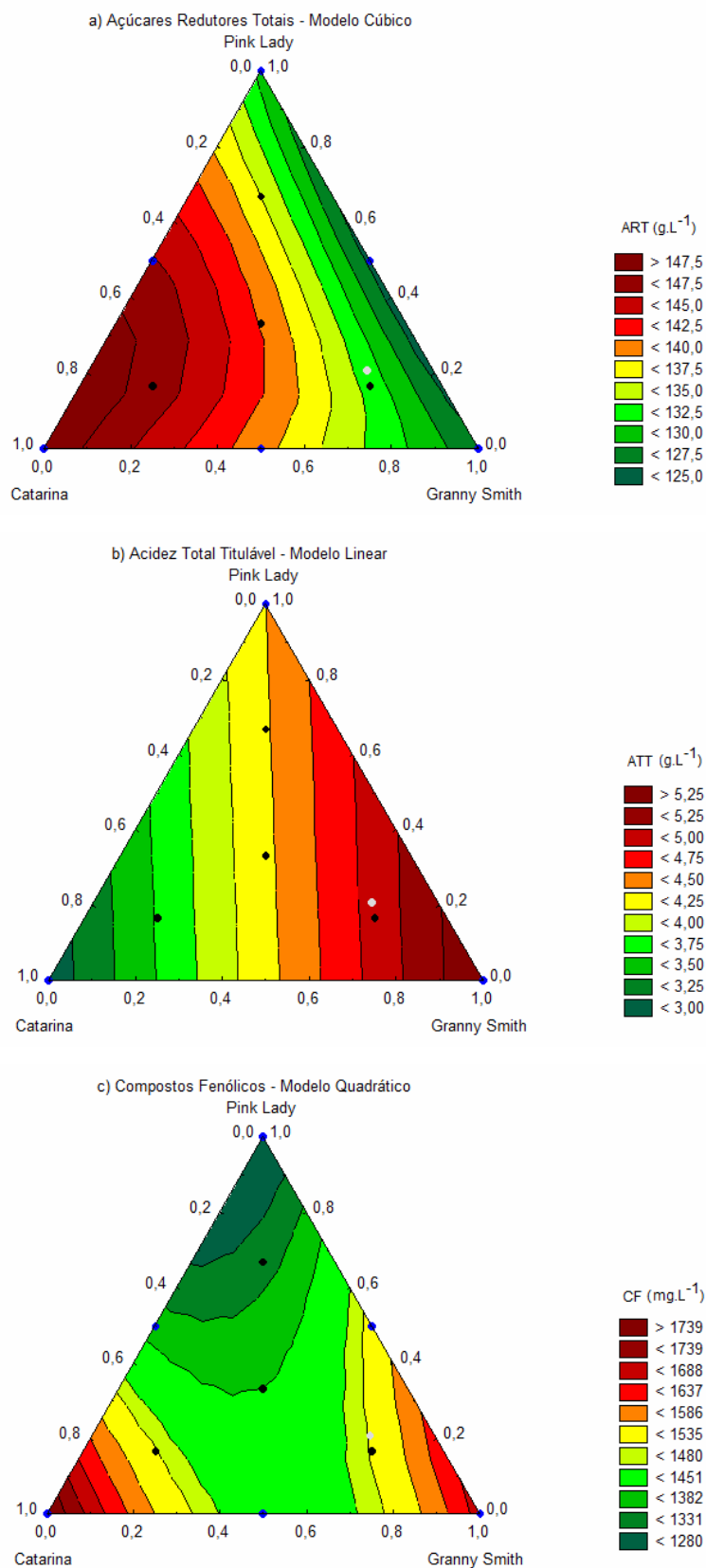


FIGURA 17 – Diagramas ternários de superfícies de respostas, relativos às variáveis: a) ART; b) ATT; c) CF. Legenda: ART - açúcares redutores totais ($10 \cdot \text{g.L}^{-1}$); b) ATT - acidez total titulável (g.L^{-1} ácido málico); c) CF - compostos fenólicos ($10^2 \cdot \text{mg.L}^{-1}$). Os pontos representam: os ensaios necessários para a elaboração dos modelos (azuis), os ensaios utilizados para testar a qualidade dos modelos (pretos) e o ponto de intersecção entre as superfícies de resposta (cinza).

A mistura ideal em estudo deve apresentar os maiores valores possíveis em todos os parâmetros estudados em conformidade com o que é necessário para um bom espumante. De acordo com Rizzon, Meneguzzo e Gasparin, (2005) o mosto deve apresentar alta acidez, elevado teor de compostos fenólicos e de açúcares, além de um aroma altamente frutado.

Para delimitar valores mínimos para tais parâmetros foram utilizados os seguintes valores: mínimo de $120,0 \text{ g.L}^{-1}$ de açúcares redutores totais, uma vez que para a obtenção de um vinho com 7,0 %v/v de álcool é necessário essa quantidade açúcar, considerando uma conversão de $17,5 \text{ g.L}^{-1}$ para cada grau alcoólico; mínimo de $4,75 \text{ g.L}^{-1}$ de acidez em ácido málico, visto que, segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), a acidez média de um espumante é de $70,0 \text{ meq.L}^{-1}$ de acidez total; e mínimo de $700,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de compostos fenólicos, visando obter um espumante com o maior valor possível deste composto dentro das limitações impostos pela interação entre as variáveis.

Com as delimitações, foi demarcada uma região viável (região em cinza na Figura 18) que representa uma área de intersecção entre todas as variáveis, onde é possível encontrar as proporções máximas e mínimas de cada um dos sucos utilizados, para que todas as variáveis apresentem valores dentro dos padrões pré-estabelecidos. Desta região, foi calculado um ponto central, o qual foi designado de Ponto de Intersecção (PI), sendo este ponto apenas uma das possíveis composições que satisfazem as restrições.

Analizando a região viável, observar-se que para satisfazer às restrições: i) o cultivar Catarina deve ser utilizada em no mínimo 9,02% e no máximo 22,26%; ii) o cultivar Granny Smith deve ser utilizada em no mínimo 50,59% e no máximo 77,27%; iii) o cultivar Pink Lady deve ser utilizada em no mínimo 0,47% e no máximo 40,39%.

O Ponto de Intersecção (PI), representado pelo ponto preto na Figura 18, representa as porcentagens de 15,15% do cultivar Catarina, 63,88% do cultivar Granny Smith e 20,97% do cultivar Pink Lady e foi escolhido para representar o resultado obtido. Esta proporção foi, portanto, escolhida para formular o mosto a ser utilizado no processo Asti (espumante AMM) e no processo de fermentação para a formulação do espumante gaseificado artificialmente (GMM) e para posteriormente ser refermentado para dar origem aos espumantes CaMM, pelo processo Charmat e CMM, pelo processo Champenoise.

Segundo os modelos obtidos, o mosto formulado com estas proporções deve apresentar as seguintes características: $121,40 \text{ g.L}^{-1}$ de açúcares redutores totais, $4,84 \text{ g.L}^{-1}$ de acidez total titulável em ácido málico e $714,48 \text{ mg.L}^{-1}$ de compostos fenólicos, valores que satisfazem as restrições estabelecidas neste trabalho para a elaboração de espumantes. A

utilização deste ponto foi justificada por estar dentro dos limites especificados pela região viável e por ser um ponto central desta área.

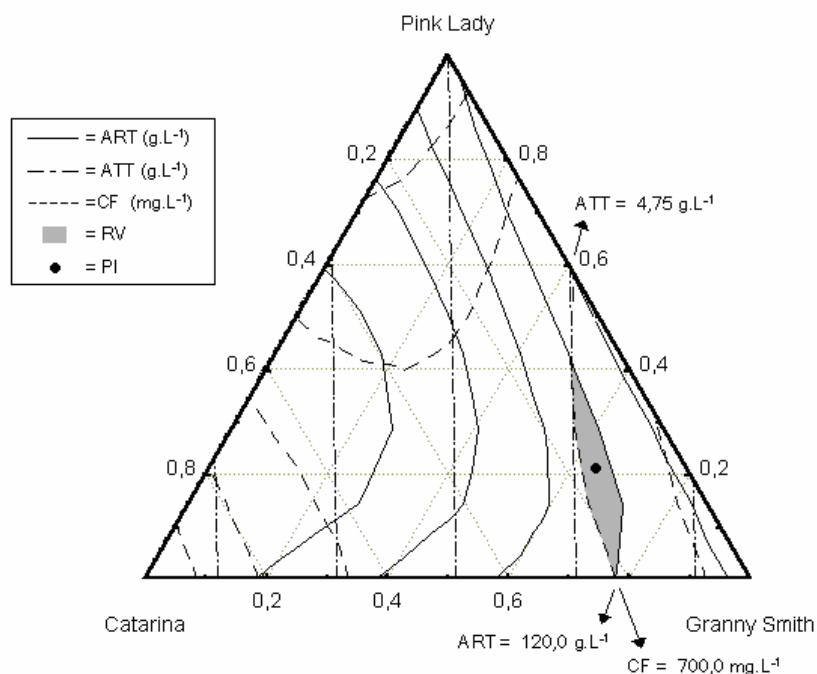


FIGURA 18 – Diagrama ternário de intersecção das superfícies de resposta para açúcares redutores totais (ART), acidez total titulável (ATT) e compostos fenólicos (CF), onde a parte cinza destacada representa a região viável (RV) e o ponto azul representa o ponto de intersecção (PI).

Paganini et al. (2004) e Wosiacki; Pholman e Nogueira (2004) analisaram seis e quinze cultivares de maçãs, respectivamente e, segundo estes estudos, os cultivares apresentaram valores médios de 132,3 e 117,8 g.L⁻¹ de açúcares redutores totais e 3,3 e 3,6 g.L⁻¹ de acidez total titulável, respectivamente. Com base nestes resultados, foi verificado que o valor de açúcares redutores totais do mosto formulado segundo a mistura se apresentou dentro dos valores médios apresentados pelos autores, por outro lado, o teor de acidez total titulável se apresentou acima da média indicada, sendo um ponto positivo da mistura, uma vez que a intenção é obter um mosto com alta acidez.

5.2.2 Parâmetros de Produção

Os sucos obtidos pelo processamento industrial foram medidos e misturados conforme o resultado do planejamento de mistura: 15% do suco do cultivar Catarina, 64% do suco do cultivar Granny Smith e 21% do suco do cultivar Pink Lady.

O volume total formulado foi dividido em duas partes, uma delas foi suplementada e encaminhada ao processo Asti e a outra foi também suplementada e encaminhada a fermentação primária. O fermentado obtido serviu de base para a elaboração do espumante gaseificado artificialmente e daqueles obtidos pelos métodos Charmat e Champenoise.

Segundo o resultado do planejamento de misturas, o mosto formulado pelas proporções sugeridas deveria apresentar 121,40 g.L⁻¹ de açúcares redutores totais, 4,84 g.L⁻¹ de acidez total titulável e 714,48 mg.L⁻¹ de compostos fenólicos. O mosto formulado apresentou valores muito próximos daqueles apresentados pelo planejamento, sendo eles 118,73 g.L⁻¹, 4,96 g.L⁻¹ e 732,65 mg.L⁻¹ de açúcares redutores totais, acidez total titulável e compostos fenólicos, respectivamente (Tabela 14), confirmando a significância dos modelos.

O mosto destinado à elaboração do fermentado que serviu de base para a elaboração dos três espumantes foi suplementado com uma fonte de nitrogênio antes de ser encaminhado à fermentação. Como o mosto formulado pela mistura apresentou 99,68 mg.L⁻¹ de nitrogênio assimilável (Tabela 14) ele foi suplementado com 26 g.hL⁻¹ do nutriente Fermoplus Blanc para que o valor de nitrogênio assimilável do mosto atingisse 115,0 mg.L⁻¹.

A fermentação aberta foi conduzida a uma temperatura média de 14,4°C durante 22 dias, tempo suficiente para que o teor de açúcares atingisse um valor baixo e constante, caracterizando o fim da fermentação. Por todo o período foram acompanhados diariamente a temperatura no interior da dorna, o consumo do substrato e a formação do produto para que a fermentação fosse controlada. Antes do início dos próximos processos, o fermentado foi clarificado com gelatina e bentonite e filtrado em filtro terra com os coadjuvantes diatocel e fibroxcel. Após o término dos processos de limpeza do fermentado, o mesmo foi caracterizado físico-quimicamente, e foi constatado que houve uma perda significativa no teor de compostos fenólicos (Tabela 14) devido basicamente aos processos de clarificação e filtração realizados.

TABELA 14 – Caracterização físico-química do mosto elaborado pela mistura dos três cultivares e de seu fermentado obtido por fermentação aberta.

Amostras	Parâmetros físico-químicos									
	ART	AR	SS	DNS	ALC	ATT	NA	CF	TD	COR
Mosto Mistura	118,73	109,22	13,0	1051,13	0,00	4,96	99,68	732,65	nd	1,701
Fermentado Mistura	3,80	2,62	4,6	997,40	6,8	3,32	0,00	560,03	13,0	0,337

Legenda: ART: açúcares redutores totais (g.L⁻¹); AR: açúcares redutores (g.L⁻¹); SS: sólidos solúveis (°Brix); DNS: densidade a 20°C (g.L⁻¹); ALC: teor alcoólico (%v/v); ATT: acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L⁻¹); CF: compostos fenólicos (mg.L⁻¹ de catequina); TD: turbidez (NTU); COR: cor (nm); nd: não determinado.

Gaseificação Artificial

Para a elaboração do espumante gaseificado artificialmente, foram utilizados cerca de 10 litros do fermentado obtido pela fermentação aberta do mosto formulado pela mistura dos três cultivares. O fermentado foi acrescido de 30 g.L^{-1} de açúcar comercial (sacarose) para que o teor residual de açúcares fosse ajustado aos demais espumantes, logo após, o produto foi filtrado com terra pela utilização de uma bomba de vácuo de uso laboratorial. As filtrações foram realizadas sucessivamente até que o produto atingisse uma turbidez menor que 2 NTU e, tal processo foi o principal responsável pela significativa perda de compostos fenólicos ocorrido, visto que o fermentado de origem apresentava $560,03 \text{ mg.L}^{-1}$ deste composto e o no produtos final foram identificados apenas $204,94 \text{ mg.L}^{-1}$.

Terminado o processo de filtração, o fermentado foi mantido sob refrigeração (aproximadamente 8°C) e gaseificado artificialmente com cerca de 5 Kg.f.cm^{-2} de CO_2 , com o auxílio de um gaseificador manual.

Processo Asti

330 litros do mosto destinado à elaboração do espumante pelo processo Asti foram suplementados com 26 g.hL^{-1} do nutriente Fermoplus Blanc, a fim de o mosto apresentar 115 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável, e com 58 g.L^{-1} de açúcar comercial (sacarose) uma vez que o suco apresentava $118,73 \text{ g.L}^{-1}$ e para este processo o mosto necessitava apresentar 178 g.L^{-1} de açúcares redutores totais. Esta quantidade foi calculada considerando-se que são necessários 120 g.L^{-1} de açúcares para a formação de 7 %v/v de álcool, 28 g.L^{-1} para a formação de 7 Kg.f.cm^{-2} de pressão e os 30 g.L^{-1} restantes serviram como açúcar residual.

A fermentação pelo processo Asti foi conduzida em dorna pressurizada a temperatura ambiente, por dois dias, até a formação de 4,8 %v/v de álcool. A temperatura da dorna foi então controlada e, nos próximos seis dias a fermentação foi desenvolvida a uma média de $14,8^{\circ}\text{C}$. Ao término do processo fermentativo, quando o produto apresentava $28,3 \text{ g.L}^{-1}$ de açúcares redutores totais, 8,3 %v/v de teor alcoólico e $6,8 \text{ Kg.f.cm}^{-2}$ de pressão (a 13°C), o produto foi acrescido de 60 g.hL^{-1} do clarificante Fort Benton (bentonite ativada) e resfriado a -5°C , temperatura na qual permaneceu em estabilização por 5 dias, para depois ser filtrado.

Para a adição da bentonite e nos processos de filtração, uma segunda dorna pressurizada foi utilizada. O clarificante foi adicionado no interior da dorna vazia e esta foi fechada para então ser preenchida com nitrogênio inerte até que a pressão interna se igualasse

à pressão do espumante armazenado na primeira dorna. As dornas foram conectadas por duas mangueiras, especiais para suportarem altas pressões, uma delas foi ligada a uma bomba pressurizada que promoveu a transferência do espumante carbonatado para a segunda dorna, ao passo que a segunda conexão promovia a passagem direta do nitrogênio da segunda dorna para a primeira, num processo contínuo.

Foram realizadas três filtrações com terra e duas com membranas, sendo a última uma membrana esterilizante, todas sob processo isobarométrico (Figura 19). Em todas as filtrações as duas dornas foram utilizadas, uma das conexões encaminhava o produto da primeira dorna à bomba e esta direcionava o produto aos filtros e, posteriormente, à segunda dorna, num processo contínuo, e a segunda conexão promovia a transferência do nitrogênio da segunda dorna para a primeira. Depois de atingido o parâmetro de turbidez requerido (0,42 NTU), o produto foi envasado isobarometricamente e neste caso, foi utilizado o mesmo método, porém a conexão foi realizada ao tanque da envasadora, a qual foi inicialmente preenchida com o nitrogênio. Todos os processos foram realizados isobarometricamente e com o líquido resfriado (entre -5 e 0°C), visto que quanto menor a temperatura, maior é a dissolução do gás carbônico no espumante e, conseqüentemente, menor é o risco de desprendimento de gás, ou seja, na descarbonatação do espumante.



FIGURA 19 – Processo de filtração isobarométrica.

Legenda: 1: dorna pressurizada de saída do espumante; 2: mangueira de saída do espumante; 3: bomba pressurizada; 4: filtro terra pressurizado; 5: filtro membrana pressurizado; 6: filtro membrana esterilizante pressurizado; 7: mangueira de entrada do espumante; 8: dorna pressurizada de entrada do espumante; 9: mangueira de saída do nitrogênio; 10: mangueira de entrada do nitrogênio.

Dentre os quatro espumantes elaborados com o mosto mistura, aquele obtido pelo processo Asti foi o que melhor preservou as características do suco, com relação aos parâmetros acidez e compostos fenólicos. O mosto originário dos quatro espumantes apresentava $4,96 \text{ g.L}^{-1}$ de acidez total titulável e $732,65 \text{ mg.L}^{-1}$ de compostos fenólicos, e o espumante Asti $4,67 \text{ g.L}^{-1}$ de acidez total titulável e $683,99 \text{ mg.L}^{-1}$ de compostos fenólicos, sendo este o espumante que demonstrou os maiores valores para estes dois parâmetros, os quais são de extrema importância para o produto em questão. A preservação das características está relacionada com o fato de o método ser realizado sob pressão durante todo o período e por realizar apenas uma etapa de filtração e não duas como ocorrem nos processos de refermentação nos quais tanto o fermentado-base quanto o espumante são filtrados.

Processo Champenoise

Para a elaboração do espumante pelo processo Champenoise, foram utilizados cerca de 3 litros do fermentado obtido pela fermentação aberta do mosto formulado pela mistura dos três cultivares. Como o fermentado não continha nitrogênio assimilável, ele foi acrescido de 100 g.hL^{-1} do nutriente Fermoplus, tendo por objetivo crescê-lo de 60 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável, visto que segundo Granès et al. (2006) e os resultados obtidos para as com os espumantes varietais, são necessários cerca de 30 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável para cada grau alcoólico. O fermentado-base foi acrescido ainda de 25 g.L^{-1} de açúcar comercial (sacarose), quantidade necessária para a formação de 5 atm de pressão. Como cada 17 g.L^{-1} de açúcares consumidos formam cerca de 1 %v/v de álcool, com 25 g.L^{-1} serão formados aproximadamente 1,5 %v/v de álcool, justificando a quantidade nutriente adicionada.

O período total de fermentação e maturação dos espumantes foi de 9 semanas, a uma temperatura ambiente média de $23,3^{\circ}\text{C}$ e, após este período, que compreendeu ainda a maturação do produto, as garrafas foram retiradas da estante e armazenadas com o gargalo voltado para baixo em câmara fria a 0°C , durante 10 dias, para a estabilização dos produtos. Após a estabilização, foi realizado o processo de limpeza do gargalo (*dégorgement*) e, em seguida, a adição do licor de expedição. Cada produto foi avaliado físico-quimicamente antes e após a adição do licor de expedição, visto que o produto com o licor representa o espumante finalizado, os resultados destas análises são apresentados na Tabela 15.

A adição do licor de expedição conferiu um aumento de $31,04 \text{ g.L}^{-1}$ no valor de açúcares redutores totais, conforme o objetivo, e de $52,03 \text{ mg.L}^{-1}$ no teor de compostos fenólicos aos espumantes. Assim como para os espumantes varietais, elaborados pelo método Champenoise, o espumante mistura elaborado por este método também apresentou defeito com relação à turbidez, a qual é elevada para um produto final ($33,0 \text{ NTU}$).

TABELA 15 – Caracterização físico-química do espumante CMM após 9 semanas de fermentação, antes e após a adição do licor de expedição.

Espumantes CMM	Parâmetros físico-químicos									
	ART	AR	SS	DNS	ALC	ATT	NA	CF	TD	COR
Sem licor	1,52	1,50	5,0	997,43	7,5	4,29	50,96	325,69	9,76	0,356
Com licor	32,56	11,64	8,0	1008,17	8,0	4,20	41,72	377,72	33,0	0,609

Legenda: ART: açúcares redutores totais (g.L^{-1}); AR: açúcares redutores (g.L^{-1}); SS: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$); DNS: densidade a 20°C (g.L^{-1}); ALC: teor alcoólico ($\%\text{v/v}$); ATT: acidez total titulável (g.L^{-1} em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L^{-1}); CF: compostos fenólicos (mg.L^{-1} de catequina); TD: turbidez (NTU); COR: cor (nm); nd: não determinado.

Processo Charmat

Para a elaboração do espumante pelo processo Charmat, foram utilizados cerca de 350 litros do fermentado obtido pela fermentação aberta do mosto formulado pela mistura dos três cultivares. Antes do início da refermentação, o fermentado-base foi suplementado com fontes de nitrogênio assimilável e açúcar. Foram acrescentados 100 g.h^{-1} do nutriente Fermoplus, para a obtenção de 60 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável, e 60 g.L^{-1} de açúcar comercial (sacarose), quantidade necessária para a formação de 7 atm de pressão e para que 30 g.L^{-1} sobrassem como açúcar residual.

A fermentação pelo processo Charmat foi conduzida em dorna pressurizada a uma temperatura média de $13,7^{\circ}\text{C}$, por um período de 20 dias. Ao término do processo fermentativo, quando o produto apresentava $40,8 \text{ g.L}^{-1}$ de açúcares redutores totais, $9,4 \%\text{v/v}$ de teor alcoólico e $6,4 \text{ Kgf.cm}^{-2}$ de pressão (a 14°C), o produto foi adicionado de 60 g.hL^{-1} do clarificante Fort Benton (bentonite ativada) e resfriado a -5°C , temperatura na qual permaneceu por 5 dias durante a estabilização, para depois ser filtrado e envasado. Os processos de adição da bentonite, filtração e envase de forma isobarométrica foram realizados do mesmo modo como descrito para o processo Asti.

5.2.3 Caracterização Enológica

No dia 10 de dezembro de 2008 foi realizada a degustação enológica dos espumantes de mistura desenvolvidos no decorrer do trabalho (GMM, AMM, CMM e CaMM) e de um espumante comercial produzido na Suíça (Möhl). O evento foi realizado num hotel da cidade de Videira (SC) e contou-se com a participação dos enólogos associados a ABE – Associação Brasileira de Enologia – regional de Videira e da equipe do controle de qualidade da Agrícola Fraiburgo. Os espumantes CMM e Möhl foram avaliados por um número menor de enólogos devido ao menor volume disponível destes produtos.

Para a degustação, cada um dos enólogos preencheu uma ficha enológica (Anexo 1) para cada um dos espumantes avaliados, os resultados são demonstrados nas Tabelas 16, 17, 18, 19 e 20 com base nos dados descritos por eles. O primeiro parâmetro avaliado foi o perfil visual dos espumantes, a Tabela 16 apresenta os resultados referentes a este exame, onde são apresentadas as porcentagens de votos dados pelos enólogos para cada descritor visual, em cada um dos espumantes.

Segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), o vinho Moscatel espumante deve apresentar cor amarela-palha com pouca intensidade e encontrar-se perfeitamente límpido e brilhante. Em uma entrevista à revista Veja de São Paulo em agosto de 2008 (ZANDONADI, 2008) o enólogo Philippe Mevel, da Chandon do Brasil, descreveu a coloração das sidras como amarelo-âmbar de média intensidade, podendo apresentar pequena turvação. Na avaliação enológica para o parâmetro “cor” não houve uma similaridade no julgamento dos enólogos, com exceção do espumante gaseificado artificialmente, no qual a coloração “dourada” foi escolhida por mais de 50% dos enólogos, os demais espumantes foram caracterizados com colorações que variaram de “amarelo-palha” a “âmbar”. O grupo de enólogos era constituído por especialistas em sidras, em vinhos e em espumantes e, devido às características dos produtos avaliados, sidras elaboradas por processos de vinificação, os enólogos demonstraram dificuldade para julgar os produtos quanto às características visuais.

Com relação aos parâmetros limpidez, transparência e brilho, o espumante Möhl foi classificado pela maioria dos enólogos como “muito límpido, muito transparente e com brilho intenso”, o espumante Asti como “turvo, opaco” e com brilho variando de “ausente a fraco” e os demais espumantes como “límpidos, transparentes e com brilho médio”. O espumante elaborado pelo processo Asti apresentava turbidez menor que 1 NTU no momento do envase

e, na degustação, realizada após um mês de armazenamento, o produto apresentava turvação, indicando que ocorreram modificações no produto após o envasamento.

As pequenas bolhas responsáveis pelo *perlage* são de dióxido de carbono e o tamanho e duração estão diretamente relacionados com a temperatura do vinho e o período de formação de espuma, além da viscosidade do vinho e do formato do copo utilizado (RIZZON; MENEGUZZO; GASPARIN, 2005). Com relação ao parâmetro viscosidade, o espumante Asti foi classificado como “escorregadio a denso” e os demais espumantes como “escorregadios”, visto que, quanto maior a viscosidade do vinho maior e mais demorado é o desprendimento do dióxido de carbono e, conseqüentemente, mais prolongada é a *perlage*.

Segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), um vinho espumante cuja formação de espuma foi conduzida à temperatura baixa apresentará uma *perlage* mais persistente, um desprendimento mais demorado e apresentará bolhas mais finas. Na análise para descrever a *perlage* dos produtos, a maioria dos enólogos determinaram que todos os espumantes apresentaram quantidade que variou de “escassa” a “razoável”. O espumante Möhl apresentou *perlage* com diâmetro “pequeno” e persistência que variou de “média a grande”, sendo este o espumante que melhor se enquadrou nos requisitos sugeridos pelos autores.

Os espumantes naturais (AMM, CMM e CaMM) apresentaram *perlage* com diâmetro “pequeno” e persistência “média” e o espumante gaseificado artificialmente (GMM) apresentou diâmetro “médio” e a persistência “fugaz a média”, sendo que as características que definiram a *perlage* do espumante GMM são relativas ao próprio método de gaseificação. Segundo o enólogo Philippe Mevel (ZANDONADI, 2008), as sidras apresentam efervescência intermediária aos vinhos espumante e frizante, desta forma, mais uma vez a avaliação dos enólogos foi influenciada pela especialização de cada um, visto que as sidras e os espumantes apresentam características distintas com relação à gaseificação e o espumante que melhor representou as sidras neste estudo foi o gaseificado artificialmente (GMM).

Como observações finais relativas ao exame visual, os enólogos destacaram os problemas relativos à filtração dos produtos, sobretudo nos espumantes elaborados pelos processos Asti e Champenoise, para os quais, por exemplo, foram destacadas as seguintes observações: “O maior problema é a turbidez.” e “A turvação impede a visualização dos outros parâmetros.”, respectivamente. Na impressão global referente a esse parâmetro, os produtos foram classificados como: “bom a muito bom” (notas 8 a 10) para o espumante Möhl, “bom” (nota 8) para os espumantes CMM e CaMM e “médio” (nota 5) para os espumantes GMM e AMM.

TABELA 16 – Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente ao exame visual.

Descritores		Espumantes				
		GMM (%)	AMM (%)	CMM (%)	CaMM (%)	Möhl (%)
Cor	Amarelo palha	9,09	14,29	0,00	4,35	25,00
	Amarelo palha com reflexos esverdeados	4,55	42,86	50,00	21,74	25,00
	Amarelo palha com reflexos dourados	22,73	19,05	50,00	43,48	25,00
	Dourado	54,55	9,52	0,00	26,09	25,00
	Âmbar	9,09	14,29	0,00	4,35	0,00
Limpidez	Muito límpido	15,00	0,00	25,00	28,5	75,00
	Límpido	70,00	5,2	50,00	71,43	25,00
	Turvo	15,00	94,74	25,00	0,00	0,00
Transparência	Muito transparente	4,55	0,00	0,00	9,09	75,00
	Transparente	68,18	5,26	75,00	81,82	25,00
	Pouco transparente	27,27	26,32	0,00	9,09	0,00
	Opaco	0,00	68,42	25,00	0,00	0,00
Brilho	Intenso	14,2	0,00	25,00	47,62	75,00
	Médio	66,67	5,88	75,00	52,38	25,00
	Fraco	19,05	58,82	0,00	0,00	0,00
	Ausente	0,00	35,29	0,00	0,00	0,00
Viscosidade	Muito escorregadio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Escorregadio	77,27	50,00	100,00	59,09	100,00
	Denso (chorão)	18,18	50,00	0,00	40,91	0,00
	Xaroposo	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00
Quantidade de perlage	Abundante	9,09	0,00	25,00	4,76	25,00
	Razoável	22,73	47,37	25,00	52,38	50,00
	Escassa	68,18	52,63	50,00	42,86	25,00
Diâmetro da perlage	Muito pequeno	13,64	0,00	0,00	9,09	25,00
	Pequeno	31,82	47,06	75,00	50,00	50,00
	Médio	50,00	41,18	25,00	31,82	25,00
	Grande	4,55	11,76	0,00	9,09	0,00
Persistência da perlage	Grande	10,00	0,00	25,00	5,00	50,00
	Média	50,00	64,71	50,00	65,00	50,00
	Fugaz	40,00	35,29	25,00	30,00	0,00
Impressão global	Muito boa (nota 10)	4,76	0,00	0,00	0,00	50,00
	Boa (nota 8)	38,10	0,00	75,00	63,64	50,00
	Média (nota 5)	57,14	57,89	25,00	36,36	0,00
	Baixa (nota 2)	0,00	42,11	0,00	0,00	0,00
	Péssima (nota 0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Legenda: GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura; Möhl: espumante comercial suíço.

O segundo parâmetro avaliado foi o perfil olfativo dos espumantes, a Tabela 17 apresenta os resultados referentes a este exame, onde são apresentadas as porcentagens de votos dados pelos enólogos para cada descritor olfativo, em cada um dos espumantes. E na Tabela 18 são apresentados os descritores aromáticos que definem cada um dos espumantes e as respectivas porcentagens de vezes que cada grupo de aromas foi identificado.

A primeira impressão relativo ao exame olfativo para todos os espumantes, com exceção do espumante Asti, foram essencialmente: “agradável”, “franco” e “simples”, visto que a franqueza do olfato representa a ausência de qualquer sensação desagradável. O espumante CMM foi definido ainda como “fresco” e o Möhl como “fresco e fragrante”. Tais descritores mostram que estes dois espumantes apresentavam ligeiro excesso de acidez, mas ainda assim apresentavam-se muito agradáveis, e que o espumante Möhl apresentava frescor olfativo (referente ao descritor “fragrante”). Por outro lado, o espumante AMM foi caracterizado pelos descritores “desagradável” e “defeituoso”, mostrando mais uma vez ocorreram alterações no produto elaborado pelo processo Asti.

Os aromas dos espumantes foram julgados quanto à qualidade, intensidade e persistência. Segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), a intensidade de olfato corresponde à quantidade de aroma liberado, e à persistência que esse aroma se detecta, quando o julgador cheira o copo com o vinho inicialmente parado e depois em agitação suave. Na análise enológica relacionada ao aroma, o espumante Möhl apresentou qualidade de aroma “bom a muito bom” e aroma “persistente”. Por outro lado, o espumante AMM apresentou “péssima a baixa” qualidade aromática, sendo este aroma definido como “persistente”. Os demais espumantes apresentaram “boa” qualidade aromática, com aromas “pouco persistentes a persistentes” e todos os espumantes apresentaram intensidade de aroma que variou de “média a intensa”.

Como parte do exame olfativo, foi apresentado aos enólogos uma listagem com grupos de aromas e os aromas específicos pertencentes a estes grupos, e foi solicitados aos provadores que indicassem o grupo ao qual o aroma identificado pertencia e, se possível, para que especificasse qual aroma específico havia sido identificado. Com base nestes resultados, foi criada a Tabela 18 na qual são apresentados as porcentagens de vezes que cada grupo de aromas foi identificado e seus respectivos descritores aromáticos que definem cada um dos espumantes avaliados.

O principal grupo de aromas identificado nos espumante CMM, CaMM e Möhl foi o de “Frutas frescas” e o principal aroma especificado dentro deste grupo foi o aroma de “abacaxi”, encontrado por 16,7% dos enólogos no espumante CMM, por 9,1% dos enólogos no espumante Möhl e por 5,4% dos enólogos no espumante CaMM. Segundo Simões (2008), o éster butanoato de etila é o composto responsável pela liberação de aromas de frutas remanescentes de abacaxi. Para o espumante Möhl, o aroma mais identificado foi o de “pêssego” (18,2%).

TABELA 17 – Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente ao exame olfativo.

Descritores		Espumantes				
		GMM (%)	AMM (%)	CMM (%)	CaMM(%)	Möhl (%)
Impressão Geral	Agradável	19,57	5,88	50,00	31,71	37,50
	Desagradável	4,35	29,41	0,00	0,00	0,00
	Franco (sem defeito)	21,74	5,88	16,67	14,63	25,00
	Defeituoso	2,17	29,41	0,00	0,00	0,00
	Simples	30,43	14,71	16,67	17,07	12,50
	Amplio (complexo)	4,35	0,00	0,00	12,20	0,00
	Vinoso	2,17	5,88	0,00	0,00	0,00
	Alcoólico	4,35	0,00	0,00	7,32	0,00
	Fresco	6,52	5,88	16,67	7,32	12,50
	Fragrante (frutas/flores)	4,35	2,94	0,00	9,76	12,50
Qualidade Aromática	Excepcional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muito boa	9,09	5,56	25,00	22,73	50,00
	Boa	59,09	22,22	75,00	72,73	50,00
	Baixa	31,82	44,44	0,00	4,55	0,00
	Péssima	0,00	27,78	0,00	0,00	0,00
Intensidade Aromática	Muito intenso	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00
	Intenso	27,27	38,89	75,00	33,33	50,00
	Médio	50,00	27,78	0,00	52,38	50,00
	Sutil	9,09	22,22	25,00	9,52	0,00
	Fugaz	9,09	11,11	0,00	4,76	0,00
Persistência Aromática	Muito persistente	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00
	Persistente	36,36	61,11	25,00	61,90	75,00
	Pouco persistente	36,36	16,67	50,00	28,57	25,00
	Sutil	13,64	11,11	25,00	9,52	0,00
	Fugaz	9,09	11,11	0,00	0,00	0,00
Impressão global	Muito boa (nota 10)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Boa (nota 8)	17,65	14,29	25,00	42,86	75,00
	Média (nota 5)	76,47	50,00	75,00	57,14	25,00
	Baixa (nota 2)	5,88	35,71	0,00	0,00	0,00
	Péssima (nota 0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0

Legenda: GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura; Möhl: espumante comercial suíço.

O aroma de “maçã” foi identificado em todos os espumantes e a menor porcentagem de identificação para este aroma foi de 5,4% dos enólogos no espumante CaMM e a maior de 16,7% no espumante CMM. O aroma de maçã é proveniente, especialmente, dos compostos 2-metil-butirato e 3-metil-butirato (SIMÕES, 2008).

No espumante elaborado pelo processo Asti o principal grupo de aromas identificado foi o de “Químicos e etéreos”, identificado por 31,4% dos enólogos. Os principais aromas encontrados neste produto foram: “grama”, identificado por 14,3% dos provadores, “enxofre”

(11,4%) e “suor” (9,8%). Tais descritores aromáticos mostram que o produto não apresentou qualidade olfativa e, segundo Simões (2008), o álcool cis-hexen-1-ol é o composto responsável por conferir aroma de grama fresca cortada.

Para os espumantes GMM e CaMM foram identificados aromas pertencentes a todos os grupos de aromas, mostrando a complexidade aromática destes com relação aos demais. O principal grupo identificado no espumante GMM foi o relativo a aromas de “Especiarias” e os principais aromas, além do de maçã, foram açúcar queimado (8,2%) e canela (6,6%).

Com exceção do espumante CMM, em todos os espumantes foi identificado o aroma de “compota”, o qual, em conjunto com o aroma de “maçã cozida” são, segundo o enólogo Philippe Mevel (ZANDONADI, 2008), os principais aromas característicos das sidras. E nos espumantes GMM e CaMM foi identificado o aroma de “mel”. Segundo Simões (2008), os compostos ácido-2-metil-butanóico, um ácido carboxílico, e octanoato de etila, um éster, são responsáveis pela liberação de aromas de frutas e doces.

Como observações finais relativas ao exame olfativo, os enólogos destacaram os principais aromas identificados nos espumantes avaliados, no espumante GMM, por exemplo, foram destacadas as seguintes observações: “Cheiro de favo de mel, de pipa quando é lavada (madeira velha), e de plástico.”, “Cheiro de petróleo, mineral e plástico ou mangueira.”, “Cheiro de açúcar mascavo e cera de abelha.”. O aroma de plástico identificado pelos enólogos pode estar relacionado com o processo de gaseificação, uma vez que a carbonatação foi realizada pela utilização de garrafas PET’s, as quais possivelmente transferiram aroma de plástico ao produto.

No espumante produzido pelo processo Asti, muitos enólogos destacaram a presença de um aroma de “sulfito”, tais como: “Problema de *sulfídrico*, mas no final aparece um aroma franco”. Para o espumante elaborado pelo processo Charmat, foram destacados os aromas mais frutados com relação aos demais espumantes: “Muito aroma de fruta”, “Aromas de fruta, especialmente de melão.”. Na impressão global referida à análise olfativa, os produtos foram classificados como: “bom” (nota 8) para o espumante Möhl, “médio a bom” (notas 5 a 8) para o espumante CaMM, “médio” (nota 5) para os espumantes CMM e GMM e “ruim a médio” (notas 2 a 5) para o espumante AMM.

TABELA 18 – Aromas reconhecidos em cada espumante durante o exame olfativo.

Grupos de aromas	Espumantes									
	GMM		AMM		CMM		CaMM		Möhl	
	% por grupo	Aromas reconhecidos no grupo	% por grupo	Aromas reconhecidos no grupo	% por grupo	Aromas reconhecidos no grupo	% por grupo	Aromas reconhecidos no grupo	% por grupo	Aromas reconhecidos no grupo
Frutas frescas	16,39%	Maçã, maracujá, pêra, pêssego	14,29%	Maçã, pêssego, damasco	50,00%	Abacaxi, maçã, limão	33,93%	Abacaxi, maçã, maracujá, amora, lima, pêra, laranja, melão, banana, pêssego	63,64%	Pêssego, melão, abacaxi, maçã, lima, pêra, pêssego
Frutas secas	8,20%	Amêndoa, uva passa	0,00%	-	0,00%	-	10,71%	Amêndoas, avelã, ameixa	0,00%	-
Florais	8,20%	Rosa, camélia, cravo	5,71%	Camélia, violeta	16,67%	Cravo	10,71%	Cravo, lírio, camélia	18,18%	Aromas não especificados
Especiarias	18,03%	Canela, cravo da Índia, noz moscado, louro	2,86%	Canela	0,00%	-	3,57%	Cravo da Índia	0,00%	-
Vegetais/herbáceos	4,92%	Feno	20,00%	Gramma, capim cortado, folha	16,67%	Aromas não especificados	10,71%	Gramma, folha, feno	9,09%	Aromas não especificados
Empireumáticos	11,48%	Açúcar queimado, melaço	5,71%	Açúcar queimado	0,00%	-	5,36%	Açúcar queimado	0,00%	-
Químicos e Etérios	9,84%	Fermento, enxofre, acetona, álcool	31,43%	Enxofre, fermento, borra ácidos, acetona, manteiga	16,67%	Aromas não especificados	5,36%	Pão, remédio	0,00%	-
Animais	4,92%	Suor	14,29%	Suor	0,00%	-	3,57%	Caça, suor	0,00%	-
Madeira	3,28%	Madeira velha, baunilha	0,00%	-	0,00%	-	1,79%	Aromas não especificados	0,00%	-
Minerais	1,64%	Plástico	2,86%	Aromas não especificados	0,00%	-	1,79%	Aromas não especificados	0,00%	-
Adocicados	13,11%	Mel, compota	2,86%	Compota	0,00%	-	12,50%	Mel, melado, compota	9,09%	Compota

Legenda: GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura; Möhl: espumante comercial suíço.

O terceiro parâmetro avaliado foi o perfil gustativo dos espumantes, a Tabela 19 apresenta os resultados referentes a este exame, onde são apresentadas as porcentagens de votos dados pelos enólogos para cada descritor gustativo, em cada um dos espumantes.

Com relação aos açúcares, todos os espumantes foram classificados pela maioria dos provadores como “suave”, o que está de acordo com a classificação de espumantes com teores de açúcar entre 30 e 40 g.L⁻¹, faixa de valores em que se encontram os teores de açúcares redutores totais nos espumantes avaliados, além disso, a textura dos produtos foi descrita pela maioria como “macia e sedosa”, o que indica que os produtos possuem um bom teor de glicerina e de álcool, além de acidez razoável.

Todos os espumantes apresentaram, para a maioria dos enólogos, amargor que variou de “sutil a médio”, em exceção, o espumante CMM foi descrito como contendo amargor “fugaz”, indicando a necessidade de aumento no amargor nos produtos avaliados. Com relação à adstringência, que descreve sensorialmente a quantidade de taninos presentes, os espumantes CMM e CaMM foram descritos como “pouco tânico”, os espumantes GMM e AMM apresentaram adstringência de “pouco tânica a adequada” e o espumante Möhl apresentou adstringência “adequada” e físico-quimicamente este espumante apresentou em torno de 400 mg.L⁻¹ de compostos fenólicos. Os taninos presentes em todos os espumantes foram caracterizados como “bons e agradáveis”. Na análise do corpo das bebidas, que expressa as sensações de gosto e olfato em conjunto, o espumante CaMM foi o único classificado pela maioria dos provadores como “encorpado”, sendo os demais classificados como “pouco encorpados”.

Segundo o enólogo Philippe Mevel (ZANDONADI, 2008), as sidras contêm leve acidez e leve amargor, no entanto, os espumantes apresentam teores mais expressivos para estes dois parâmetros. Os espumantes GMM, AMM e CMM foram caracterizados pela maioria dos enólogos como contendo uma acidez que variou de “chata a adequada”. Os demais espumantes foram caracterizados como contendo uma acidez “adequada” e nas análises físico-químicas, o teor de acidez titulável variou de 3,5 g.L⁻¹ no espumante GMM a 6,7 g.L⁻¹ no espumante Möhl.

Os espumantes GMM e CMM foram classificados como “razoável a equilibrado” para o parâmetro “álcool”, e os espumantes Möhl, AMM e CaMM, que apresentaram teor alcoólico de 7,4, 8,5 e 8,9 %v/v, respectivamente, foram classificados pela maioria dos enólogos como “equilibrado”, destacando a faixa ideal de álcool para estes produtos no parâmetro sensorial. As agulhas, que descrevem a sensação de picadas na língua produzidas

pelo CO₂, foram descritas pela maioria dos enólogos como “boas e agradáveis” em todos os espumantes. E para os espumante GMM, AMM e CaMM, as agulhas forma caracterizadas ainda como “razoavelmente persistentes”.

Com relação à característica de equilíbrio, todos os produtos foram caracterizados como “equilibrados”, o que indica que todos os componentes do produto apresentaram-se na proporção correta, sobretudo os álcoois e os ácidos. No entanto, para o espumante AMM a classificação ficou dividida entre “pouco equilibrado” e “equilibrado”.

O aroma de boca, ou retrogosto, é definido como a impressão sensorial que se tem após a degustação do vinho. O espumante AMM apresentou, para a maioria dos enólogos, qualidade de aroma de boca que variou de “baixa a boa” e uma intensidade que variou de “média a intensa”. Os espumantes GMM, CMM e CaMM apresentaram qualidade “boa” e o espumante Möhl apresentou uma qualidade de aroma que variou de “boa a muito boa”, para a maioria dos provadores. Com relação ao parâmetro intensidade de aroma, o espumante CMM foi classificado como contendo intensidade “sutil” e os demais apresentaram intensidade “média” de aroma. E a característica evolução foi definida como “muito boa” para o espumante Möhl, como “boa” para os espumantes CMM e CaMM e como “regular a boa” para os espumantes GMM e AMM.

Segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), a sensação final deixada pelo vinho espumante é devida aos estímulos produzidos pela reação química da saliva com o resto de vinho que fica na boca, esta sensação é positiva quando se percebe um aroma fino, frutado e suave, formando um conjunto harmônico e perfeito. Os enólogos encontraram aromas de boca pertencentes ao grupo “frutados” em todos os espumantes avaliados. Além deste grupo, no espumante GMM foram encontrados, pela maioria dos provadores, aromas pertencentes ao grupo “adocicados” e no espumante AMM aromas do grupo “vegetais”.

Na impressão global referida à análise gustativa, os produtos foram classificados como: “bom” (notas 8) para o espumante Möhl, “médio a bom” (notas 5 a 8) para os espumantes GMM e CaMM e “médio” (nota 5) para os espumantes CMM e AMM. Como observações finais relativas a este exame, os enólogos destacaram as sensações de acidez e amargor observadas nos produtos. Para o espumante GMM, por exemplo, foi destacada a seguinte observação: “O produto apresenta pouco frescor, deve aumentar a acidez total.”. Para o espumante AMM: “No início o produto é doce, após permanecer na boca passa para o amargo, mantendo essa característica de amargor.”. Para o espumante CMM: “Falta acidez.”.

E para o espumante CaMM: “O produto apresenta muito gosto de mel.” e “É macio, mas no fim de boca apresenta um pouco amargo.”.

TABELA 19 – Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente ao exame gustativo.

(continua)

Descritores		Espumantes				
		GMM (%)	AMM (%)	CMM (%)	CaMM(%)	Möhl (%)
Açúcares	Seco	9,52	0,00	0,00	13,04	25,00
	Suave	80,95	64,71	75,00	78,26	75,00
	Doce	9,52	35,29	25,00	8,70	0,00
	Licoroso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidez	Mole	4,55	5,56	0,00	4,55	0,00
	Chato/ plano	36,36	33,33	50,00	18,18	25,00
	Adequado	54,55	55,56	50,00	72,73	75,00
	Sápido	4,55	5,56	0,00	4,55	0,00
	Nervoso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amargor	Fugaz/ ausente	14,29	11,76	50,00	9,09	0,00
	Sutil	47,62	47,06	25,00	22,73	75,00
	Médio	28,57	35,29	25,00	63,64	25,00
	Intenso	9,52	5,88	0,00	4,55	0,00
	Muito intenso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adstringência (tanicidade)	Ausente	19,05	18,75	25,00	5,00	0,00
	Pouco tânico	57,14	56,25	75,00	65,00	33,33
	Adequado	23,81	18,75	0,00	30,00	66,67
	Tânico	0,00	6,25	0,00	0,00	0,00
	Muito tânico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Característica dos taninos	Finos/ muito agradáveis	6,25	13,33	0,00	15,79	0,00
	Bons/ agradáveis	87,50	60,00	100,00	84,21	100,00
	Grosseiros/ desagradáveis	6,25	26,67	0,00	0,00	0,00
Textura	Rude/ muito rascante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Áspero/ rascante	5,26	23,53	0,00	15,79	0,00
	Macio/ sedoso	73,68	58,82	100,00	78,95	100,00
	Aveludado/ redondo	10,53	11,76	0,00	0,00	0,00
	Untoso	10,53	5,88	0,00	5,26	0,00
Álcool	Fraco	4,76	5,88	0,00	0,00	25,00
	Razoável	38,10	29,41	50,00	38,10	25,00
	Equilibrado	52,38	64,71	50,00	61,90	50,00
	Quente	4,76	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muito quente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
"Agulha"	Delicada/ elegante	10,53	5,88	0,00	9,52	0,00
	Boa/ agradável	63,16	29,41	100,00	57,14	100,00
	Grosseira/ desagradável	0,00	11,76	0,00	9,52	0,00
	Muito persistente	0,00	11,76	0,00	0,00	0,00
	Razoavelmente persistente	21,05	35,29	0,00	14,29	0,00
	Fugaz	5,26	5,88	0,00	9,52	0,00
Corpo	Robusto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Encorpado	30,00	35,29	0,00	58,82	33,33
	Pouco encorpado	60,00	58,82	100,00	41,18	66,67
	Magro	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aguado	0,00	5,88	0,00	0,00	0,00

TABELA 19 – Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente ao exame gustativo.

(conclusão)

Descritores		Espumantes				
		GMM (%)	AMM (%)	CMM (%)	CaMM (%)	Möhl (%)
Equilíbrio	Muito equilibrado	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00
	Equilibrado	57,89	47,06	66,67	55,00	100,00
	Pouco equilibrado	31,58	47,06	33,33	40,00	0,00
	Desequilibrado	5,26	5,88	0,00	5,00	0,00
	Muito desequilibrado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Evolução	Excelente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muito boa	17,65	6,25	0,00	23,81	100,00
	Boa	41,18	37,50	66,67	57,14	0,00
	Regular	41,18	43,75	33,33	19,05	0,00
	Incorreta	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00
Qualidade de aroma de boca	Excepcional	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00
	Muito boa	14,29	5,88	0,00	25,00	40,00
	Boa	57,14	47,06	75,00	50,00	40,00
	Baixa	28,57	35,29	25,00	20,00	20,00
	Péssima	0,00	11,76	0,00	0,00	0,00
Intensidade de aroma de boca	Muito intenso	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00
	Intenso	21,05	38,89	25,00	38,10	0,00
	Médio	52,63	33,33	25,00	57,14	100,00
	Sutil	15,79	27,78	50,00	4,76	0,00
	Fugaz	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00
Aromas de boca identificados	Frutados	24,39	20,00	42,86	28,57	42,86
	Florais	4,88	3,33	0,00	4,76	14,29
	Especiarias	7,32	10,00	14,29	14,29	14,29
	Vegetais/ herbáceos	4,88	26,67	14,29	4,76	0,00
	Empireumáticos	7,32	3,33	0,00	11,90	0,00
	Químicos e etérios	9,76	13,33	14,29	9,52	0,00
	Animais	4,88	13,33	0,00	4,76	0,00
	Madeira	7,32	3,33	0,00	4,76	14,29
	Minerais	7,32	0,00	0,00	2,38	0,00
	Adocicados	21,95	6,67	14,29	14,29	14,29
Impressão global	Muito boa (nota 10)	0,00	5,56	0,00	9,09	0,00
	Boa (nota 8)	45,45	27,78	25,00	45,45	100,00
	Média (nota 5)	45,45	50,00	75,00	45,45	0,00
	Baixa (nota 2)	9,09	16,67	0,00	0,00	0,00
	Péssima (nota 0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Legenda: GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura; Möhl: espumante comercial suíço.

Os últimos parâmetros avaliados foram relativos às observações finais do produto, a Tabela 20 apresenta as porcentagens de votos recebidos em cada descritor. Para a característica tipicidade, os espumantes GMM e AMM foram classificados pela maioria dos enólogos como “pouco típico” e os espumantes CaMM e Möhl foram classificados como “típicos”, visto que um vinho típico é aquele em que os caracteres de tipicidade são

decisivamente marcados. Para o espumante CMM os provadores ficaram divididos entre as caracterizações de “pouco típico” e “típico”.

Com relação à harmonia dos produtos, os espumantes GMM, CaMM e Möhl foram classificados como “harmônicos”, indicando que os produtos apresentavam equilíbrio de álcool, acidez e açúcar, deixando na boca uma agradável sensação. O espumante AMM foi caracterizado como “pouco harmônico”, caracterizando um desequilíbrio nas sensações apresentadas pelo produto e o espumante CMM foi caracterizado num intervalo de “pouco harmônico a harmônico”.

Na impressão global dos produtos, referente à análise de todos os parâmetros em conjunto, os produtos Möhl e CaMM foram classificados como: “bom”, os espumantes CMM e GMM foram classificados como “médio” e o espumante AMM foi caracterizado como “ruim a médio”. Tais classificações estão de acordo com as notas finais dadas aos espumantes, onde o produto mais apreciado foi o espumante comercial Möhl, com 61 pontos, e o menos apreciado foi o espumante elaborado pelo processo Asti, com 33 pontos, sendo a pontuação referente à faixa de 0 a 100.

TABELA 20 – Porcentagens de votos recebidos em cada descritor referente às observações finais.

Descritores		Espumantes				
		GMM (%)	AMM (%)	CMM (%)	CaMM (%)	Möhl (%)
Tipicidade	Muito típico	9,52	0,00	0,00	0,00	25,00
	Típico	33,33	33,33	50,00	68,18	75,00
	Pouco típico	52,38	50,00	50,00	27,27	0,00
	Atípico	4,76	16,67	0,00	4,55	0,00
Harmonia	Muito harmônico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Harmônico	61,90	27,78	50,00	81,82	100,00
	Pouco harmônico	33,33	50,00	50,00	18,18	0,00
	Não harmônico	4,76	22,22	0,00	0,00	0,00
Impressão global	Muito boa (nota 10)	0,00	0,00	0,00	4,55	0,00
	Boa (nota 8)	33,33	16,67	25,00	54,55	100,00
	Média (nota 5)	66,67	50,00	75,00	40,91	0,0
	Baixa (nota 2)	0,00	33,33	0,00	0,00	0,00
	Péssima (nota 0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pontuação Média Final (de 0 a 100)		46	33	49	54	61

Legenda: GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura; Möhl: espumante comercial suíço.

Ao final da degustação, foi aberto um debate entre os enólogos para que fossem expressas algumas opiniões referentes aos produtos, de um modo geral. Com tais observações, foi possível concluir que a utilização de maçãs armazenadas em câmara pode ter sido o principal fator que prejudicou a qualidade sensorial dos produtos.

Segundo os enólogos, o produto que apresentou notas mais aromáticas foi aquele obtido pelo processo Charmat (CaMM), tendo como exemplo a observação: “Aroma bom, lembra muitas frutas e flores.”. Além disso, o espumante Gaseificado Artificialmente (GMM) apresentou aromas de maçã e mel, característicos das sidras.

Em todos os produtos foi destacada a falta de frescor, parâmetro relacionado à acidez. A baixa acidez dos produtos esta relacionada com a utilização de maçãs armazenadas em câmaras frias e não de maçãs frescas (sem armazenamento). No momento da recepção foi verificada que as maçãs estavam maduras e, mesmo com controle de temperatura durante os seis meses de armazenamento, ocorreram modificações na composição das maçãs, inclusive com relação à acidez (Tabela 21).

As maçãs frescas foram utilizadas na elaboração dos espumantes varietais e as armazenadas na elaboração dos espumantes de mistura. Com relação ao frescor dos espumantes foram destacadas as seguintes observações: “A acidez esta baixa, o que causa desequilíbrio na boca.”, para o produto CMM, “Agradável, mas com pouca acidez (falta frescor).” para o espumante CaMM, e “Falta frescor (um pouco de acidez) e apresenta oxidação.” para o espumante GMM. Com relação à doçura dos produtos, foi destacado que, conforme o objetivo de venda, o teor de açúcar pode ser ajustado, visto que um Charmat deve ser um pouco mais seco, um Asti pode apresentar característica mais suave e uma sidra deve ser um pouco mais doce.

TABELA 21 – Caracterização físico-química dos sucos dos cultivares Catarina, Granny Smith e Pink Lady, obtidos a partir de maçãs frescas e após seis meses de armazenamento em câmara fria.

Análises	Cultivares de maçãs utilizadas na elaboração dos sucos					
	Catarina		Granny Smith		Pink Lady	
	Fresca	Armazenada	Fresca	Armazenada	Fresca	Armazenada
ART	142,86	139,48	116,89	114,03	122,18	120,60
ATT	3,59	2,93	5,52	5,48	4,70	4,24

Legenda: ART: açúcares redutores totais (g.L^{-1}); ATT: acidez total titulável (g.L^{-1} em ácido málico).

Com relação ao processo de elaboração, a principal interferência foi relativa à coloração dos produtos, nos processos Charmat, Champenise e de gaseificação artificial, os produtos apresentaram oxidação, devido a parte do processo ter sido realizado em dornas abertas. Tal parâmetro se destaca nas observações: “O produto apresenta forte oxidação, comprometendo a apreciação final.” e “Aspecto um pouco deficiente (tonalidade muito acentuada)” para o espumante GMM.

Por outro lado, o espumante elaborado pelo processo Asti não apresentou oxidação em razão de todo o processo de elaboração ter sido conduzido em dornas fechadas, no entanto, o produto Asti apresentou turvação, e tal fato deve-se às modificações ocorridas no produto após seu envase. No espumante comercial (Möhl) foi destacado o equilíbrio do produto e a boas notas de aroma, como descrito nas observações: “Acidez bem equilibrada, com pequeno amargor no final da boca.” e “Aroma muito bom”.

5.3 CLASSIFICAÇÃO DOS ESPUMANTES DE MAÇÃ VIA PCA

Após as caracterizações dos espumantes varietais e de mistura foram utilizados os dados das análises físico-químicas e cromatográficas para analisar e classificar os espumantes quanto à origem da matéria-prima empregada e ao processo de elaboração utilizado. O espumante comercial produzido na Suíça foi utilizado como base para verificar a qualidade dos espumantes produzidos durante o desenvolvimento do trabalho. A Tabela 22 descreve os parâmetros utilizados na classificação pela análise exploratória de dados PCA, a qual permitiu uma análise global dos resultados e sugeriu quais atributos ou descritores mais caracterizaram as amostras estudadas.

A análise de perfil de aromas, realizada por cromatografia em fase gasosa, foi utilizada para a determinação do etanal, metanol, acetato de etila e álcoois superiores presentes nos produtos. Cada espumante foi avaliado por três repetições e as concentrações nas amostras foram calculadas a partir do cromatograma obtido pela solução de referência, os resultados das concentrações médias obtidas são apresentados na Tabela 22.

Segundo Ferreira et al. (1999) e Matos et al. (2003), é aconselhável realizar uma manipulação matemática prévia do conjunto de dados para melhor adequação dos mesmos. Os dados estudados apresentaram variáveis com diferentes dimensões e amplitudes (Figura 20a) e, portanto, foi necessária a aplicação de um tratamento prévio para expressar cada observação em dimensões e amplitudes equivalentes, sem perda de informações. Aos dados originais foi aplicado o pré-processamento autoescalamento (Figura 20b), desta forma foi dada a mesma importância para todas as variáveis (MATOS et al., 2003).

TABELA 22 – Concentrações médias das caracterizações físico-químicas e cromatográficas dos espumantes variedades e de mistura obtidos neste trabalho e do espumante comercial produzido na Suíça.

Caracterizações	Espumantes Varietais						Espumantes de Mistura				Espumante Comercial
	CCA	CCC	CGA	CGC	CPA	CPC	GMM	AMM	CMM	CaMM	Möhl
Físico-Química											
<i>ART</i>	30,238	30,060	39,464	31,392	34,381	28,938	33,014	28,202	32,562	37,785	37,571
<i>AR</i>	29,664	26,790	31,372	29,881	34,029	28,571	31,542	26,528	11,637	33,633	36,009
<i>SS</i>	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,8	7,2	7,2	8,0	8,2	8,0
<i>DNS</i>	1005,82	1006,56	1006,69	1006,69	1006,69	1006,36	1010,69	1008,81	1008,17	1008,00	1012,80
<i>ALC</i>	9,3	9,2	8,2	8,1	8,3	8,7	6,5	8,5	8,0	8,9	7,4
<i>ATT</i>	3,203	3,722	5,617	5,031	3,158	3,248	3,452	4,670	4,196	4,309	6,723
<i>NA</i>	31,080	43,120	12,600	35,560	26,880	25,760	0,00	0,00	41,72	41,16	22,68
<i>CF</i>	361,176	403,529	389,706	429,412	317,353	347,059	204,940	683,987	377,724	215,793	402,151
<i>TD</i>	37,30	50,80	25,60	16,20	36,90	23,20	2,77	0,42	48,10	1,63	0,27
<i>COR</i>	0,715	1,030	0,484	0,472	0,607	0,488	0,359	0,094	0,609	0,290	0,147
Cromatográfica											
<i>AE</i>	22,267	19,846	51,773	16,597	15,261	44,665	109,697	105,426	133,117	114,188	13,866
<i>AI</i>	243,355	215,358	284,425	243,383	269,654	265,941	282,039	320,639	320,863	318,291	246,724
<i>ET</i>	90,629	77,039	71,686	34,892	71,132	59,017	38,911	68,919	45,460	68,261	48,271
<i>MT</i>	16,451	20,336	24,265	26,237	22,441	28,459	60,391	55,507	59,241	60,781	9,637
<i>MP</i>	85,409	51,954	71,931	44,436	60,01	69,965	157,979	240,003	114,902	117,613	89,507
<i>PP</i>	3,455	3,524	2,224	2,685	2,196	2,674	1,415	2,240	4,211	5,719	1,598

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado; GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura; Möhl: espumante comercial suíço; ART: açúcares redutores totais (g.L⁻¹); AR: açúcares redutores (g.L⁻¹); SS: sólidos solúveis (°Brix); DNS: densidade a 20°C (g.L⁻¹); ALC: teor alcoólico (%v/v); ATT: acidez total titulável (g.L⁻¹ em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L⁻¹); CF: compostos fenólicos (mg.L⁻¹ de catequina); TD: turbidez (NTU); COR: cor (nm); AE: acetato de etila (mg.L⁻¹); AI: álcoois isoamílicos (mg.L⁻¹); ET: etanal (mg.L⁻¹); MT: metanol (mg.L⁻¹); MP: 2-metil-1-propanol (mg.L⁻¹); PP: 1-propanol (mg.L⁻¹).

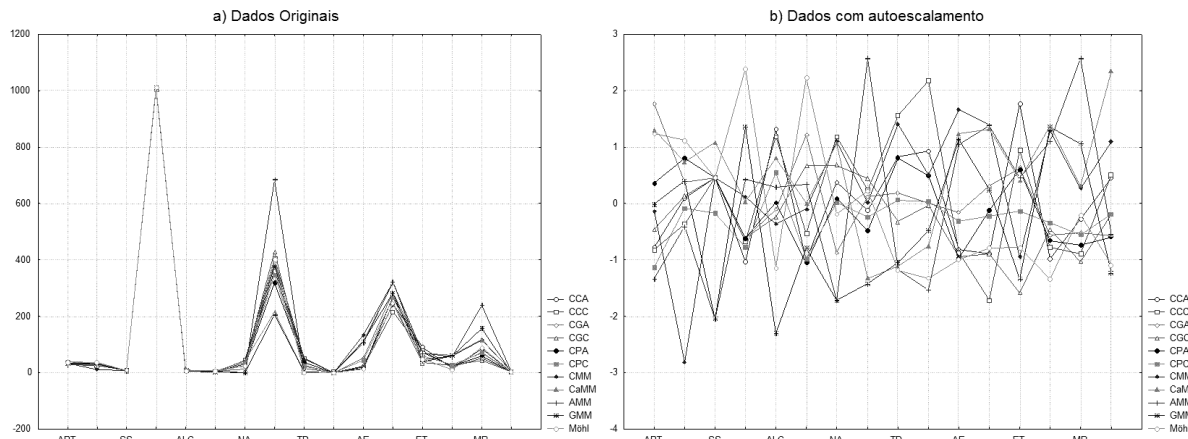


FIGURA 20 – Dados originais (a) e dados submetidos ao pré-processamento autoescalamento (b).

Antes de visualização dos gráficos de *scores* e *loadings*, foi escolhido o número de componentes principais que melhor caracterizaram os dados originais. A Figura 21, que mostra um gráfico da variância explicada em cada componente, foi utilizado para definir a dimensionalidade intrínseca dos dados. Neste, a partir da componente 6, não há uma grande variação da variância explicada, assim, ao se aplicar a PCA, foi possível reduzir a dimensão original dos dados de 10 (10 variáveis) para 5 (5 componentes principais). A componente 1 explica cerca de 36,4% da variância dos dados originais, as componentes principais 2, 3, 4 e 5 explicam 21,8, 15,1, 10,0 e 8,3%, respectivamente e os demais componentes explicam muito pouco dos dados originais, apenas 8,5% ao todo. A componente 6 não foi escolhido por apresentar uma variância explicada muito próxima às demais componentes subsequentes, o que não justificaria a exclusão das demais e, apenas com as cinco primeiros componentes principais há uma boa explicabilidade dos termos, sendo ela de aproximadamente 91,5%.

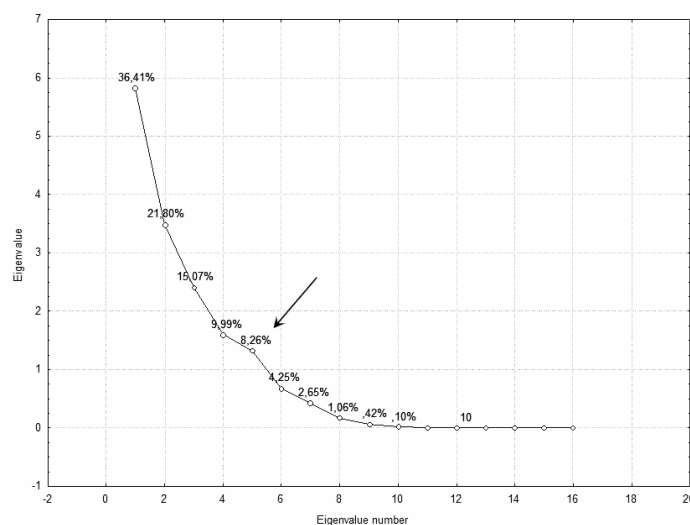


FIGURA 21 – Variância explicada para cada componente principal. A seta indica o número ideal de componentes principais para representar os dados originais.

A Figura 22 ilustra os gráficos de *scores* e *loadings* para os componentes principais 1 e 2, as quais explicam, respectivamente, 36,4 e 21,8% da variância. Estas duas componentes principais foram suficientes para a classificação dos espumantes em três grupos distintos. Assim, dentre as cinco componentes que explicam o conjunto de dados, apenas as duas primeiras são responsáveis pela diferenciação entre os espumantes estudados. O gráfico de *scores* (Figura 22a) traz informações sobre as amostras e o gráfico de *loadings* (Figura 22b) traz informações sobre as variáveis, para a interpretação dos dados os gráficos de *scores* e *loadings* foram analisados em conjunto.

As componentes principais 1 e 2 promoveram a separação dos espumantes em três grupos: um formado pelos espumantes varietais obtidos pelo processo Champenoise (CCA, CCC, CGA, CGC, CPA e CPC), identificados no quadrante um; um outro formado somente pelo espumante comercial produzido na Suíça (Möhl), no quadrante dois; e um último formado pelos espumantes elaborados pela mistura dos três cultivares (GMM, AMM, CMM e CaMM), identificados no quadrante três (Figura 22).

As variáveis do perfil cromatográfico foram as principais responsáveis pela formação dos grupos varietais e de mistura, sendo estes grupos caracterizados por concentrações exatamente opostos com relação aos compostos de aroma e as variáveis da análise físico-química foram as principais responsáveis pelo isolamento do espumante comercial num terceiro grupo.

Pela utilização da PCA foi possível organizar os espumantes elaborados neste trabalho de acordo com o mosto utilizado, ou seja, um grupo varietal e um de mistura. Para a produção dos espumantes de mistura foram utilizados quatro métodos diferentes de elaboração, no entanto, pela PCA não foi possível evidenciar diferenças significativas entre um produto e outro com relação ao processo de produção.

O estudo conjunto dos gráficos de *scores* e *loadings* (Figura 22) demonstra que o espumante comercial (Möhl) se diferenciou dos demais espumantes especialmente por apresentar altos teores de acidez total titulável, açúcares redutores, açúcares redutores totais e densidade. Além disso, o espumante apresentou teores bem inferiores de 1-propanol quando comparado aos demais espumantes.

As variáveis físico-químicas que definiram o espumante comercial estão de acordo com os resultados encontrados na caracterização físico-química do mesmo (Tabela 22). O teor de acidez identificado neste espumante foi de $6,72 \text{ g.L}^{-1}$, o maior valor para esta variável dentre todos os espumantes avaliados, que apresentaram um teor de acidez que variou de 3,15

g.L^{-1} para um espumantes do cultivar Pink Lady a $5,60 \text{ g.L}^{-1}$ para um espumante do cultivar Granny Smith. Sendo a alta acidez uma característica importante para os vinhos espumantes, o espumante comercial foi o que melhor se enquadrou neste parâmetro. O espumante comercial apresentou ainda um teor de açúcar (40 g.L^{-1} em média) maior que os espumantes elaborados neste trabalho (30 g.L^{-1} em média), tal parâmetro influenciou a variável densidade.

Segundo Vidrih e Hribar (1999), o 1-propanol é um álcool superior encontrado naturalmente na fruta, mas que pode ser formado durante a fermentação. Os fatores que influenciam a concentração deste composto são nitrogênio total e oxigênio presentes no meio e temperatura de fermentação, sendo estas correlações positivas (SIMÕES, 2008; SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000). O espumante comercial apresentou apenas $1,6 \text{ mg.L}^{-1}$ deste componente, e os espumantes varietais e de mistura apresentaram em média, respectivamente, 2,8 e $3,4 \text{ mg.L}^{-1}$, evidenciando que as fermentações foram conduzidas a baixa temperatura. As concentrações encontradas foram consideradas baixas quando comparadas àquelas obtidas por Silva (1997), em que sidras do cultivar Belgolden, suplementadas com diferentes nutrientes comerciais, apresentaram valores que variaram de 15,92 a $24,39 \text{ mg.L}^{-1}$ para o composto 1-propanol.

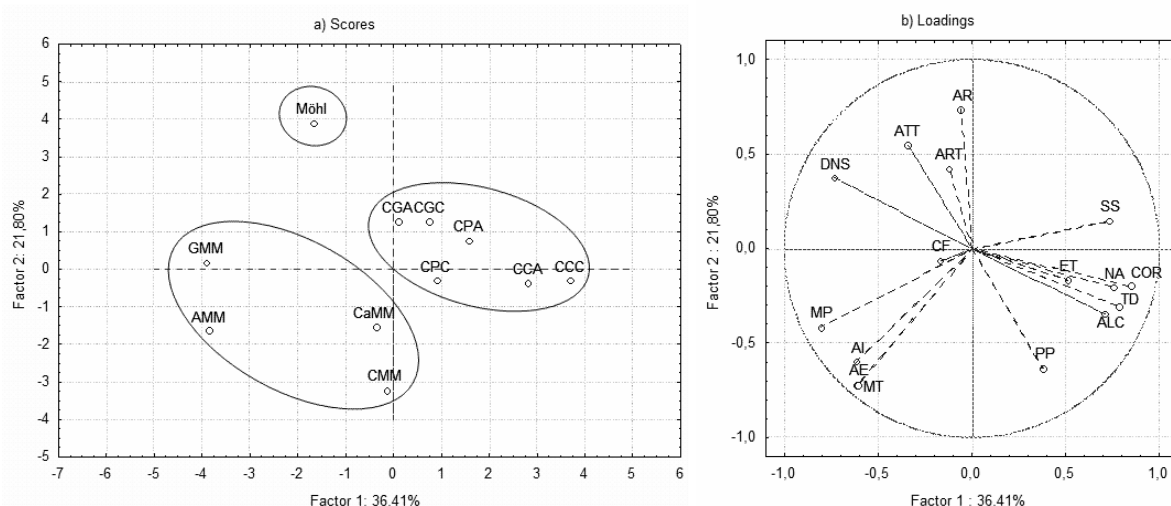


FIGURA 22 – Gráficos de *scores* (a) e *loadings* (b) para os componentes principais 1 e 2.

Legenda: CCA: Champenoise Catarina açúcar; CCC: Champenoise Catarina concentrado; CGA: Champenoise Granny Smith açúcar; CGC: Champenoise Granny Smith concentrado; CPA: Champenoise Pink Lady açúcar; CPC: Champenoise Pink Lady concentrado; GMM: Gaseificado mosto mistura; AMM: Asti mosto mistura; CMM: Champenoise mosto mistura; CaMM: Charmat mosto mistura; Möhl: espumante comercial suíço; ART: açúcares redutores totais (g.L^{-1}); AR: açúcares redutores (g.L^{-1}); SS: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$); DNS: densidade a 20°C (g.L^{-1}); ALC: teor alcoólico ($\%v/v$); ATT: acidez total titulável (g.L^{-1} em ácido málico); NA: nitrogênio assimilável (mg.L^{-1}); CF: compostos fenólicos (mg.L^{-1} de catequina); TD: turbidez (NTU); COR: cor (nm); AE: acetato de etila (mg.L^{-1}); AI: álcoois isoamílicos (mg.L^{-1}); ET: etanal (mg.L^{-1}); MT: metanol (mg.L^{-1}); MP: 2-metil-1-propanol (mg.L^{-1}); PP: 1-propanol (mg.L^{-1}).

O segundo grupo foi formado pelos espumantes varietais. Na Figura 22a verifica-se que dentro deste grupo, os espumantes varietais foram distribuídos por subgrupos formados pelos cultivares de origem dos espumantes, confirmando a possibilidade de distinção entre eles, como visto anteriormente. Este grupo foi caracterizado pelos altos teores de etanal, nitrogênio assimilável, álcool, sólidos solúveis, turbidez e cor. A alta turbidez e cor apresentada por estes espumantes esta relacionada com o método de elaboração, visto que todos foram elaborados pelo processo Champenoise, no qual não foi realizado filtração.

O etanal é um composto volátil originário do processo fermentativo e, portanto, muito encontrado em bebidas alcoólicas. Sua formação ocorre durante a produção do etanol a partir de açúcares e seu acúmulo está relacionado com a fermentação glicéropirúvica. É possível que a oxidação química do etanol possa influenciar no aumento do teor de etanal na bebida (SIMÕES, 2008, SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000). Segundo Ribéreau-Gayon et al. (1998), a concentração média deste composto nas bebidas alcoólicas encontra-se em torno de 50 mg.L^{-1} e nos espumantes varietais foram encontrados em média $67,4 \text{ mg.L}^{-1}$ de etanal. Segundo Zoecklein et al. (2001) o limite sensorial do etanal no vinho oscila entre 100 e 120 mg.L^{-1} , em baixos níveis o etanal contribui para um aroma frutal apreciável mas, em concentrações superiores, pode conferir um odor característico descrito como de frutos secos ou maçã ralada e demasiadamente madura.

O último grupo foi formado pelos espumantes elaborados pela mistura dos três cultivares. Na Figura 22a é possível verificar que, dentro deste grupo, os espumantes formulados pelos processos Champenoise e Charmat (CMM e CaMM, respectivamente) apresentaram maior semelhança entre si, tal semelhança esta relacionada ao próprio processo de elaboração, uma vez que ambos são processos de refermentação e a principal diferença entre eles é somente a escala de produção; com relação aos parâmetros acidez e nitrogênio assimilável estes espumantes apresentaram valores bem aproximados, sendo eles 4,20 e 4,31 g.L^{-1} de acidez total titulável e 41,72 e 41,16 mg.L^{-1} de nitrogênio assimilável, para os espumantes CMM e CaMM, respectivamente. Além disso, graficamente este dois espumantes apresentaram-se mais próximos dos espumantes varietais, os quais foram formulados pelo processo Champenoise, justificando a semelhança indicada.

Os espumantes pertencentes ao terceiro grupo foram caracterizados por apresentarem altas concentrações de acetato de etila, metanol, 2-metil-1-propanol e álcoois isoamílicos, e estes mesmos parâmetros classificaram os espumantes varietais pelas baixas concentrações encontradas. Os espumantes de mistura apresentaram uma concentração quatro vezes maior

do composto acetato de etila que os espumantes varietais e, com relação aos compostos 2-metil-1-propanol e metanal, os espumantes de mistura apresentaram uma concentração 2,5 vezes maior.

Como parte do metabolismo microbiano, as leveduras produzem um grande número de ésteres, em especial o acetato de etila, que representa cerca de 80% dos ésteres voláteis dos vinhos. Dos ésteres presentes nos vinhos, este é o único que participa de forma negativa na constituição do aroma e sabor. Os fatores que influenciam a síntese dos ésteres são: maturação da fruta, quantidade de açúcar presente, temperatura de fermentação e claridade do mosto (VIDRIH e HRIBAR, 1999; SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000).

Segundo Rizzon (1987), as leveduras do gênero *Saccharomyces* são responsáveis pela formação de pequenas quantidades de acetato de etila, ao passo que outras, do tipo oxidativas, caracterizam pela formação elevada. Mamede e Pastore (2007), ao avaliarem a fermentação a 15 e 20°C de mostos formados pelas uvas Chardonnay e Pinot Noir, verificaram que as fermentações conduzidas a 20°C produziram concentrações de acetato de etila superiores a 200 mg.L⁻¹, atuando negativamente na qualidade do aroma do vinho. Por outro lado, a fermentação conduzida a 15°C produziu uma quantidade de acetato de etila que não causou odor desagradável. Vidrih e Hribar (1999) evidenciaram uma maior produção deste componente no fim do processo fermentativo, sobretudo quando ocorre a fermentação malolática.

Rizzon (1987) encontrou valores médios de acetato de etila de 73,0 mg.L⁻¹ e 131,2 mg.L⁻¹, para vinhos brancos e tintos, respectivamente, sendo estes, valores próximos à concentração média encontrada nos espumantes de mistura (115,6 mg.L⁻¹). Em concentrações muito elevadas, acima de 180,0 m.L⁻¹, o acetato de etila confere gosto acético e odor picante ao produto, prejudicando sua qualidade, entretanto, em concentrações inferiores a 100 mg.L⁻¹, seu odor é mascarado pelos outros odores e sua presença é benéfica ao aroma dos vinhos, dando-os notas florais (SIMÕES, 2008). O teor médio de acetato de etila do vinho Moscatel espumante encontrado por Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005) foi de 40,1 mg.L⁻¹ e, nos espumantes varietais, a média deste componente foi de 28,4 mg.L⁻¹; o baixo teor deste composto mostra que os espumantes foram elaborados sem a participação de bactérias acéticas e que as matérias-primas apresentavam em estado sanitário adequado. Os espumantes varietais foram elaborados com maçãs frescas, ou seja, maçãs que não foram armazenadas após a colheita, portanto, apresentavam ótimo estado sanitário, concordando com o que foi descrito pelos autores.

O metanol está presente regularmente nos vinhos e destilados em baixos teores e, apesar de não apresentar características sensoriais perceptíveis quando presente, devido à sua toxicidade, é considerado como elemento prejudicial à saúde (SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000). Segundo Vidrih e Hribar (1999), o composto está presente naturalmente em frutas e é resultado da hidrólise das pectinas ocorrida pela ação da enzima pectinametilesterase e a concentração deste composto está relacionada com o tipo de mosto e à tecnologia de vinificação empregada. Quanto maior a maceração, maior o teor desse composto, graças a maior atuação da enzima e, do mesmo modo, quanto maior a concentração em pectina, maior a probabilidade da formação do metanol (SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000).

Os sucos de maçãs utilizados neste trabalho foram despectinizados antes da fermentação pela utilização da enzima Pectinex que apresenta alta atividade pectinolítica. A concentração deste composto nos espumantes varietais e de mistura foram, respectivamente, 23,0 e 59,0 mg.L⁻¹, o que evidencia uma nítida diferença entre os dois grupos. A legislação brasileira estabelece um máximo de 350 mg.L⁻¹ de metanol em vinhos, sendo assim, os espumantes elaborados encontram-se dentro do limite estipulado pela legislação.

Os espumantes de mistura foram elaborados pela mistura dos três cultivares e, para tanto, foram utilizadas as mesmas maçãs utilizadas na formulação dos espumantes varietais, porém com mais de seis meses de armazenamento em câmara fria, o que pode ter sido o fator responsável pelos altos valores de metanol e acetato de etila encontrados nestes espumantes.

As altas concentrações dos compostos 2-metil-1-propanol e álcoois isoamílicos (2-metil-1-butanol e 3-metil-1-butanol) foram outras variáveis responsáveis pela formação do grupo dos espumantes de mistura. Segundo Fugelsang e Edwards (2007), durante a fermentação, as leveduras produzem proporções que variam de 140 a 420 mg.L⁻¹ de álcoois superiores, deste total, cerca de 50% são álcoois isoamílicos. A produção deste composto se correlaciona negativamente com a quantidade de nitrogênio e aminoácidos presentes no mosto e com a temperatura de fermentação e positivamente com teor de sólidos insolúveis ou em suspensão (VIDRIH; HRIBAR, 1999). O 2-metil-1-propanol é, entre os álcoois superiores, aquele que sofre maior influência devido às condições de fermentação, especialmente limpidez do mosto, temperatura, oxigenação (SALTON; DAUDT; RIZZON, 2000).

Em conjunto, os compostos 2-metil-1-propanol e álcoois isoamílicos constituem os álcoois superiores. Segundo Rizzon; Meneguzzo e Gasparin (2005), concentrações superiores a 300 mg.L⁻¹ proporcionam a diminuição da qualidade aromática e, baixos teores destes componentes evidenciam que a temperatura de fermentação foi baixa. Segundo Fugelsang e

Edwards (2007), um grande número de fatores influenciam na formação de álcoois superiores, incluindo a quantidade de nitrogênio e aminoácidos presentes no mosto; em geral, elevados níveis de nitrogênio no mosto promovem um decréscimo na formação de álcoois superiores. Outros fatores que influenciam a formação deste composto são temperatura de fermentação, sólidos insolúveis ou em suspensão e concentração de oxigênio no mosto.

Os espumantes varietais apresentaram em média 320,4 mg.L⁻¹ de álcoois superiores e os espumantes de mistura apresentaram em média 471,5 mg.L⁻¹, sendo assim, devido às concentrações encontradas, em ambos os casos, os álcoois superiores promoveram a diminuição da qualidade aromática dos espumantes.

A variável físico-química compostos fenólicos não influenciou a formação de nenhum dos grupos. Na Figura 22b esta variável encontra-se no centro do gráfico, representando que os produtos apresentaram valores aproximados para este composto, em média, os espumantes avaliados apresentaram uma concentração de 387,6 mg.L⁻¹ de composto fenólicos.

No grupo dos espumantes de mistura, aqueles elaborados pelos processos Asti e gaseificação artificial apresentaram baixos teores de cor, turbidez, sólidos solúveis e álcoois. Os baixos valores para os parâmetros de cor e turbidez são justificados pela realização sucessiva de filtrações efetuadas em ambos os produtos. Na fermentação primária, o mosto não foi suplementado com uma fonte de glucose, assim a fermentação foi realizada apenas pelo consumo dos açúcares presentes naturalmente no suco, desta forma, como o espumante gaseificado foi elaborado pela gaseificação artificial do fermentado obtido, e não por um processo de refermentação, este produto apresentou teor alcoólico inferior (6,5 %v/v) aos demais espumantes, que apresentaram 8,5, 8,0 e 8,9 %v/v de álcool para o Asti, Champenoise e Charmat, respectivamente.

Com a PCA foi possível classificar os espumantes em três grupos distintos. O isolamento do espumante comercial, devido sobretudo à sua acidez e turbidez, evidenciou que os espumantes formulados neste trabalho não estão prontos para serem comercializados sem a adaptação destes parâmetros. A formação de grupos distintos para os espumantes varietais e de mistura, evidenciou a diferença significativa entre eles, visto que os parâmetros cromatográficos foram os principais responsáveis por esta classificação.

As variáveis cromatográficas 2-metil-1-propanol, álcoois isoamílicos, acetato de etila e metanol foram as principais características responsáveis pela formação do grupo constituído pelos espumantes de mistura. Tais compostos, em altas concentrações, demonstram uma menor qualidade do produto e/ou matéria-prima utilizada, sendo assim, a utilização de maçãs

armazenadas em câmara promoveu o deslocamento deste grupo para uma área graficamente mais afastada do espumante comercial, evidenciando a diferença significativa entre eles. Tal fato é verificado ainda quando o grupo de espumantes varietais é observado; estes espumantes foram elaborados com maçãs frescas, sem armazenamento e, portanto, com maior qualidade e, graficamente, este grupo se apresentou mais próximo ao espumante comercial.

Portanto, os espumantes de maçã poderão apresentar características mais semelhantes às aquelas apresentadas pelo espumante Suíço se na elaboração forem utilizadas maçãs de boa qualidade e com alta acidez, e se os métodos de filtração utilizados forem adaptados à obtenção de espumantes com baixa turbidez.

6 CONCLUSÕES

Os mostos dos cultivares Catarina, Granny Smith e Pink Lady, dos sete cultivares analisados, foram os que apresentam características físico-químicas mais adequadas ao processamento. Os espumantes obtidos pelos mostos varietais apresentaram características físico-químicas e cromatográficas específicas, de maneira que foi possível classificá-los (via PCA) em grupos formados pelos cultivares utilizados e pela fonte de glucose adicionada nos fermentados-base. A caracterização enológica dos produtos confirmou as análises laboratoriais, destacando características específicas para cada grupo. Tais observações demonstraram a necessidade de elaboração de um mosto formulado pela mistura dos três cultivares.

A aplicação da modelagem de misturas de componentes, aliada ao método de superfícies de resposta, permitiu definir as proporções de cada cultivar na elaboração de um mosto mistura apto físico-quimicamente à elaboração de espumantes. Os espumantes formulados a partir deste mosto, pelos diferentes processos, apresentaram semelhança entre si, no entanto, apresentaram algumas peculiaridades segundo os resultados da degustação enológica. O processo Asti permitiu a obtenção de espumantes sem oxidação na cor, ao passo que os obtidos pelos processos Charmat e Champenoise resultaram em produtos mais aromáticos. A gaseificação artificial conferiu aos espumantes um menor teor alcoólico e características inferiores relacionadas à *perlage*.

A aplicação da PCA permitiu classificar os espumantes em três grupos distintos, sendo eles formados pelos espumantes varietais, de mistura e pelo espumante comercial. Os parâmetros cromatográficos foram os principais responsáveis pela formação dos grupos varietais e de mistura, e os parâmetros físico-químicos, em especial a acidez e a turbidez, foram os principais responsáveis pelo isolamento do espumante comercial num terceiro grupo. As variáveis que caracterizaram os espumantes de mistura demonstraram a menor qualidade sanitária da matéria-prima utilizada e este foi o principal motivo da diferenciação destes com relação aos espumantes varietais. Não houve diferença significativa entre os processos de elaboração utilizados.

A utilização de processos naturais de gaseificação e de mostos formulados por misturas de cultivares de maçã selecionados foram medidas promissoras na obtenção de espumantes naturais de maçã de qualidade.

REFERÊNCIAS

- AEB group. **Enologia:** produtos para enologia. Disponível em: <<http://www.aeb-group.com/or4/or?uid=aeb.main.index&oid=189742>>. Acesso em: 9 nov. 2008.
- AERNY, J. Composés azotés des moûts et des vins. **Revue suisse de viticulture, d'arboriculture et d'horticulture**, v. 28, n. 3, p. 161-165, 1996.
- ALMEIDA, A. P. de; **Curso de cromatografia gasosa**. Universidade Estadual de Ponta Grossa, dez. 2003.
- ALMEIDA, G. V. B. de; ALVES, A. A. **A maçã no mundo, no Brasil e no ETSP da CEAGESP**. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=12448>. Acesso em: 26 jun. 2007.
- ARTHEY, D.; ASHURST, P. R. **Fruit processing:** nutrition, products, and quality management. 2. ed. Gaithersburg, Maryland: An Aspen Publication, 2001. 312 p.
- BONETI, J. I. et al. Epagri 402-Catarina: nova cultivar de macieira resistente à sarna. **Agropecuária Catarinense**, v. 9, n.2, p.51-54, jun. 1996.
- BOURGEOIS, C. M.; LARPENT, J. P. **Microbiologie alimentaires:** les fermentations alimentaires. v. 2. Zaragoza: Acribia S.A., 1995. 366 p.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters:** design, innovation and discovery. 2. ed. Wiley, 2005. 633 p.
- BRACKMANN, A. et al. Condições de atmosfera controlada para a maçã 'Pink Lady'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 504-509, maio/jun. 2005.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988. **Complementação dos padrões de identidade e qualidade de vinho**. Brasília, 1988. 21 p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008. **Regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para sidra**. Brasília, 2008. p. 5-6.
- BRUNS, R. E.; SCARMINIO, I. S.; BARROS NETO, B. **Como fazer experimentos:** pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas: Unicamp, 2001.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. ed. 2. Curitiba: Champagnat, 2007. 239 p.
- FEDERICO, E. Curso avançado de vinhos. Disponível em: <http://winexperts.terra.com.br/arquivos/cursoavancado_07.asp>. Acesso em: 20 jun. 2007.

- FUGELSANG, K. C.; EDWARDS, C. G. **Wine microbiology**: practical applications and procedures. 2. ed. New York: Springer, 2007. 408 p.
- FERREIRA, M. M. C. et al. Quimiometria I: calibração multivariada, um tutorial. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n. 5, set./out. 1999.
- GIRARDI, C. L.; SANHUEZA, R. M. V.; BENDER, R. J. **Circular técnica para o manejo pós-colheita e rastreabilidade na produção integrada de maçã**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Bento Gonçalves, jun. 2002. 24 p.
- GÓMEZ, M. P. **ACAV**: Associação Cearense dos Amantes do Vinho. Disponível em: <<http://www.acavnet.com.br/vinho.asp>>. Acesso em: 14 jun. 2007.
- GRANÈS, D. et al. Alimentação azotada da levedura. **InfoWine – Revista Internet da Viticultura e enologia**, p. 1-7, set., 2006.
- HASHIZUME, T. Tecnologia da sidra. In: AQUARONE, E. (coord.) et al. **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. v. 4. cap. 3. p. 69-90.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. In: _____. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.
- JORGE, Z. L. C.; TREPTOW, R. O.; ANTUNES, P. L. Avaliação físico-química e sensorial de suco de maçãs cultivares fuji, granny smith e seus “blends”. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 4, n. 1, p. 15-19, jan./abr. 1998.
- LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Tecnologia das fermentações**. v. 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. 285 p.
- MAMEDE, M. E. de O.; PASTORE, G. M. Avaliação de mosto de uva fermentado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n. 2, p. 281-284, abr./jun. 2007.
- MARTENS, H.; NAES, T. **Multivariate Calibration**. John Wiley & Sons, New York, 1996.
- MASNEUF, I.; DUBOURDIEU, D. L'azote assimilable: intérêt de son dosage par formoltitration ; Etude de quelques paramètres à l'origine des variations de sa teneur dans les moûts. **Revue des Oenologues**, n. 93, p. 31-32, 1999.
- MATOS, G. D. et al. Análise exploratória em química analítica com emprego de quimiometria: PCA e PCA de imagens. **Revista Analytica**, Campinas, n. 6, p. 38-50, ago/set., 2003.
- NOGUEIRA, A. et al. Análise dos indicadores físico-químicos de qualidade da sidra brasileira. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 289-298, jul./dez. 2003.
- NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Sidra. In: FILHO, W. G. V. (Org.). **Tecnologia de bebidas**: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 16. p. 383-422.

- OLIVEIRA, M. C. S. de. **Avaliação do processo de fermentação alcoólica de suco de maçã obtido por liquefação enzimática**. 2006, 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.
- PACHECO, A. O.; SILVA, S. H. **Vinhos e uvas: guia internacional com mais de 2.000 citações**. 4. ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2005. 253 p.
- PAGANINI, C. et al. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas (dados da safra 2001/2002). **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1336-1343, nov./dez. 2004.
- PETRI, J. L.; LEITE, G. B. **Raleio em maçã**. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=12621>. Acesso em: 22 abr. 2008.
- REAL, M. C. O vocabulário do vinho. **Revista do Vinho**. Bento Gonçalves, v. 4, n. 22, p. 2-8, jan./fev. 1991.
- RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Traité d' enologie: 1. microbiologie du vin vinifications**. \Dunod, Paris: La Vigne, 1998. 617 p.
- RIZZON, L. A. Composição química dos vinhos da microrregião homogenia vinicultora de Caxias do Sul (MRH – 311) – compostos voláteis. **Embrapa**, n.5, p.1-4, nov. 1987.
- RIZZON, L. A; MENEGUZZO, J.; GASPARIN, A. M. **Elaboração do vinho moscatel espumante**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 42 p.
- RODRIGUES, M, I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processo: uma estratégia sequencial de planejamento**. Campinas: Casa do Pão, 2005. 326 p.
- SALTON, A. A. Dados estatísticos de importação de vinhos e espumantes da UVIBRA - União Brasileira de Vitivinicultura. Disponível em: <http://www.uvibra.com.br/dados_estatisticos.htm>. Acesso em: 22 abr. 2008.
- SALTON, M. A.; DAUDT, C. E.; RIZZON, L. A. Influência do dióxido de enxofre e cultivares de videira na formação de alguns compostos voláteis e na qualidade sensorial do destilado de vinho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 20, n. 3, p. 302-308, set./dez. 2000.
- SILVA, N. C. C. **Produto vinificado espumante de maçã obtido com células imobilizadas**. 1997, 102 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- SIMÕES, D. R. S. **Abordagem tecnológica e sensorial nos produtos de maçã: suco, fermentado e sidra**. 2008, 192 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELARAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, [S.l.], v. 299, p. 178-184, 1999.
- SOTOMAYOR, M. F. G. **Manejo del desorden de pardeamiento interno en Pink Lady™ con 1-metilciclopropeno y manipulación térmica del fruto**. 2006, 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomía e Ingeniería Forestal) – Pontífica Universidad Católica de Chile, Chile, 2006.
- TANNER, H.; BRUNNER, H. R. **Getränke analytik: untersuchungsmethode für die Labor und Betriebspraxis**. Wädenswil: Verlag Helles, 1985. 206 p.
- VIDRIH, R.; HRIBAR, J. Synthesis of higher alcohols during cider processing. **Food Chemistry**, v. 67, p. 287-294, maio 1999.
- WIECHETECK, F. V. B. et al. Efeito da crioconcentração sobre o teor de compostos fenólicos em mostos industriais de maçãs. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 11, n.1, p. 27-34, abr. 2005.
- WOSIACKI, G. et al. Apple varieties growing in subtropical areas: the situation in Santa Catarina – Brazil. **Fruit Processing**, Schönborn, v. 12, n. 1, p. 19-28, jan. 2002.
- WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Suco de maçã. In: FILHO, W. G. V. (Org.). **Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 12. p. 255-292.
- WOSIACKI, G.; PHOLMAN, B. C.; NOGUEIRA, A. Características de qualidade de cultivares de maçã: avaliação físico-química e sensorial de quinze cultivares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 24, n. 3, p. 347-352, jul./set. 2004.
- ZANDONADI, V.; Turismo e gastronomia: o charme da sidra (na panela e nas taças). Veja São Paulo, São Paulo, 7 ago. 2008. Disponível em: <<http://vejasaopaulo.abril.com.br/red/blogs/omelhordobrasil/2008/08/o-charme-da-sidra-na-panela-e-nas-taas.shtml>>. Acesso em: 9 maio 2009.
- ZOECKLEIN, B. W. et al. **Análisis y producción de vino**. Acribia, Zaragoza, 2001. 634 p.

ANEXO

Anexo 1 – Ficha enológica utilizada na degustação dos espumantes.

FICHA DE DEGUSTAÇÃO

Amostra n° _____

Data: ____/____/____

Degustador (a): _____

1 - EXAME VISUAL**COR**

- ☐ Amarelo palha
☐ Amarelo palha com reflexos esverdeados
☐ Amarelo palha com reflexos dourados
☐ Dourado
☐ Âmbar

LIMPIDEZ

- ☐ Muito límpido
☐ Límpido
☐ Turvo

TRANSPARÊNCIA

- ☐ Muito transparente
☐ Transparente
☐ Pouco transparente
☐ Opaco

BRILHO

- ☐ Intenso
☐ Médio
☐ Fraco
☐ Ausente

VISCOSIDADE

- ☐ Muito escorregadio
☐ Escorregadio
☐ Denso (chorão)
☐ Xaroposo

“PÉRLAGE”**a) QUANTIDADE**

- ☐ Abundante
☐ Razoável
☐ Escassa

b) DIÂMETRO

- ☐ Muito pequeno
☐ Pequeno
☐ Médio
☐ Grande

c) PERSISTÊNCIA

- ☐ Grande
☐ Média
☐ Fugaz

IMPRESSÃO GLOBAL – EXAME VISUAL

Muito boa	Boa	Média	Baixa	Péssima
10	8	5	2	0

OBS: _____

2 - EXAME OLFATIVO**IMPRESSÃO GERAL**

- ☐ Agradável
☐ Desagradável
☐ Franco (sem defeito)
- ☐ Defeituoso
☐ Simples
☐ Amplo (complexo)
- ☐ Vinoso
☐ Alcoólico
☐ Fresco
- ☐ Fragrante (frutas/ flores)

QUALIDADE AROMÁTICA

- ☐ Excepcional
☐ Muito Boa
☐ Boa
☐ Baixa
☐ Péssima

INTENSIDADE AROMÁTICA

- ☐ Muito intenso
☐ Intenso
☐ Médio
☐ Sutil
☐ Fugaz

PERSISTÊNCIA AROMÁTICA

- ☐ Muito persistente
☐ Persistente
☐ Pouco persistente
☐ Sutil
☐ Fugaz

RECONHECIMENTO DOS AROMAS**☐ Frutados:**

Frutas frescas: abacaxi, amora, ameixa, banana, carambola, cassis, cereja, damasco, figo, framboesa, goiaba, groselha, groselha preta, kiwi, laranja, lima, limão, jabuticaba, jaca, maçã, manga, maracujá, melancia, melão, morango, pêra, pêssego, pitanga, tangerina, etc.

Frutas secas: ameixa, amêndoa, avelã, castanha, noz, tâmara, uva passa, etc.

☐ **Florais:** acácia, camélia, cravo, dama da noite, hortênsia, jasmim, lírio, rosa, violeta, etc.

☐ **Especiarias:** alcaçuz, anis, astragão, canela, cravo da Índia, cominho, dendê, louro, manjerição, manjerona, noz moscada, orégano, pimenta, pimentão, sálvia, tomilho, etc.

☐ **Vegetais / herbáceos:** feno, folha, funcho, grama, hortelã, menta, etc.

☐ **Empireumáticos:** torrefação, tostado, defumado, tabaco, café, chocolate, açúcar queimado, melaço, etc.

☐ **Químicos e Etéreos:** acetona, álcool, enxofre, fermento, pão, leite, iogurte, manteiga, etc.

☐ **Animais:** couro, caça, suor, etc.

☐ **Minerais:** petróleo, etc.

☐ **Madeira:** baunilha, serragem, etc.

☐ **Adocicados** compota, mel, melado, etc.

IMPRESSÃO GLOBAL – EXAME OLFATIVO				
Muito boa	Boa	Média	Baixa	Péssima
10	8	5	2	0

OBS: _____

3 - EXAME GUSTATIVO

AÇÚCARES

- ☐ Seco
☐ Suave (meio-seco ou meio-doce)
☐ Doce
☐ Licoroso

ACIDEZ

- ☐ Mole
☐ Chato/plano
☐ Adequado
☐ Sápido
☐ Nervoso

AMARGOR

- ☐ Fugaz/ausente
☐ Sutil
☐ Médio
☐ Intenso
☐ Muito intenso

ADSTRINGÊNCIA (TANICIDADE)

- ☐ Ausente
☐ Pouco tânico
☐ Adequado
☐ Tânico
☐ Muito tânico

CARACTERÍSTICAS DOS TANINOS:

- ☐ Finos/ muito agradáveis
☐ Bons/ agradáveis
☐ Grosseiros/ desagradáveis

TEXTURA

- ☐ Rude/ Muito rascante
☐ Áspero/ rascante
☐ Macio/ sedoso
☐ Aveludado/ Redondo
☐ Untuoso

ÁLCOOL

- ☐ Fraco
☐ Razoável
☐ Equilibrado
☐ Quente
☐ Muito quente

“AGULHA”

- ☐ Delicada/elegante
☐ Boa/agradável
☐ Grosseira/ desagradável
☐ Muito persistente
☐ Razoavelmente persistente
☐ Fugaz

CORPO

- ☐ Robusto
☐ Encorpado
☐ Pouco encorpado
☐ Magro
☐ Aguado

EQUILÍBRIO

- ☐ Muito equilibrado
☐ Equilibrado
☐ Pouco equilibrado
☐ Desequilibrado
☐ Muito desequilibrado

EVOLUÇÃO

- ☐ Excelente
☐ Muito Boa
☐ Boa
☐ Regular
☐ Incorreta

QUALIDADE DE AROMA DE BOCA

- ☐ Excepcional
☐ Muito Boa
☐ Boa
☐ Baixa
☐ Péssima

INTENSIDADE DE AROMA DE BOCA

- ☐ Muito intenso
☐ Intenso
☐ Médio
☐ Sutil
☐ Fugaz

AROMAS DE BOCA IDENTIFICADOS

- ☐ Frutados
☐ Florais
☐ Especiarias
☐ Vegetais/ herbáceos
☐ Empíreumáticos
☐ Químicos e etérios
☐ Animais
☐ Madeira
☐ Minerais
☐ Adocados
☐ Outros: _____

IMPRESSÃO GLOBAL – EXAME GUSTATIVO				
Muito boa	Boa	Média	Baixa	Péssima
10	8	5	2	0

OBS: _____

4 – OBSERVAÇÕES FINAIS

TIPICIDADE

- ☐ Muito típico
☐ Típico
☐ Pouco típico
☐ Atípico

HARMONIA

- ☐ Muito harmônico
☐ Harmônico
☐ Pouco harmônico
☐ Não harmônico

IMPRESSÃO GLOBAL – PRODUTO FINAL				
Muito boa	Boa	Média	Baixa	Péssima
10	8	5	2	0

OBS: _____

Pontuação final (de 0 a 100): _____