

FLÁVIA SANCHEZ PENALVA PINTO NETO

**REOLOGIA DE VINHOS TINTOS SECOS PRODUZIDOS NO SUL DO
BRASIL**

São José do Rio Preto
2013

FLÁVIA SANCHEZ PENALVA PINTO NETO

**REOLOGIA DE VINHOS TINTOS SECOS PRODUZIDOS NO SUL DO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências,
Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São
José do Rio Preto – SP, para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área
de Concentração de Engenharia de Alimentos).

Orientador: Prof. Dr. Javier Telis Romero

Co-orientador: Prof.Dr.Renato Alexandre Ferreira
Cabral

São José do Rio Preto
2013

Neto, Flávia Sanchez Penalva Pinto.

Reologia de vinhos tintos secos produzidos no Sul do Brasil / Flávia Sanchez Penalva Pinto Neto. - São José do Rio Preto: [s.n.], 2013.

106 f. ; il. ; 30 cm.

Orientador: Javier Telis Romero

Co-orientador: Renato Alexandre Ferreira Cabral

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Reologia. 2. Vinho e vinificação - Análise. 3. Vinho - Densidade. 4. Vinho - Viscosidade. I. Pinto Neto, Flávia Sanchez Penalva. II. Telis Romero, Javier. III. Cabral, Renato Alexandre Ferreira. IV. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. V. Título.

CDU - 531.828

FLÁVIA SANCHEZ PENALVA PINTO NETO

**REOLOGIA DE VINHOS TINTOS SECOS PRODUZIDOS NO SUL
DO BRASIL**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Engenharia de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Javier Telis Romero
Professor Titular
UNESP – São José do Rio Preto - SP.
javier@ibilce.unesp.br
Orientador

Prof. Dr. Paulo José do Amaral Sobral
Professor Titular
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo FZEA – USP-
Pirassununga - SP. pjsobral@usp.br

Prof^a. Dr^a. Cássia Roberta Malacrida
Professora Adjunta
UNESP – São José do Rio Preto - SP.
cmalacrida@terra.com.br

São José do Rio Preto, 15 de Fevereiro de 2013.

DADOS CURRICULARES

FLÁVIA SANCHEZ PENALVA PINTO NETO

NASCIMENTO	07.03.1974 – Poconé - MT
FILIAÇÃO	Valter Sanchez Penalva (<i>in memoriam</i>) Cecília Vicência de Arruda Penalva
1992/1996	Curso de Graduação Engenharia de Alimentos FEB / UNIFEB – Barretos
2010/2013	Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, nível Mestrado UNESP – São José do Rio Preto/SP

DEDICO

Esse trabalho aos meus pais Válter Sanchez Penalva (*in memoriam*) e Cecília Vicência de Arruda Penalva, pela presença marcante em todos os momentos de minha vida e por serem os motivadores de um grande sonho.

Ao meu marido Sandro Pinto Neto, pelo amor, carinho, compreensão e principalmente por ser o maior incentivador para a realização desse sonho.

Aos meus queridos filhos Thomás Sanchez Pinto Neto e Lívia Maria Sanchez Pinto Neto, pelo carinho, compreensão pelos momentos de ausências e interesse pela pesquisa.

Às minhas irmãs pelo grande incentivo.

A todas essas pessoas, que jamais deixaram de incentivar-me, e que sem elas não teria chegado até aqui. Amo muito todos vocês.

Flávia Sanchez Penalva Pinto Neto

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS

A possível realização deste trabalho foi graças à colaboração de várias pessoas, direta ou indiretamente. Minha gratidão a todas elas de forma particular:

em especial à Deus, por me conferir saúde, motivação e oportunidades na busca de novos desafios no desenvolvimento profissional e pessoal;

aos meus pais Válder (*in memoriam*) e Cecília, que não mediram esforços em toda minha formação acadêmica, principalmente ao meu pai, que infelizmente não pode ver essa grande realização; e minhas irmãs, Patrícia, Lana e Márcia pelo incentivo e amor demonstrados em toda minha vida.

em especial ao meu querido orientador Prof. Dr. Javier Telis Romero, pela dedicação, sabedoria e paciência na condução desse trabalho e sua grande e importante contribuição no meu crescimento científico e profissional, que serão guardados com muito carinho. Agradeço por essa parceria;

ao Prof. Dr. Renato Alexandre Ferreira Cabral, meu co-orientador, pela sabedoria e dedicação;

à minha grande amiga Daniele Bofo, que esteve sempre presente me auxiliando e aconselhando com sua experiência e dedicação.

à Prof.^a Dr.^a Roseane Lopes da Cunha, da Universidade Estadual de Campinas, pela participação nas comparações dos dados da viscosidade;

ao Prof. Dr. Roger Darros Barbosa, pela oportunidade e conselhos;

à coordenação e colaboradores do departamento de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pela colaboração e auxílio na apresentação de qualificação;

a todos os professores e funcionários do DETA, que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desta pesquisa;

aos professores da banca examinadora pelas sugestões que contribuíram para a correção do meu trabalho;

ao Prof. Dr. Vanildo Luiz Del Bianchi e a Dr^a. Cássia Roberta Malacrida pela participação na banca examinadora da qualificação, proporcionando discussões e sugestões para a melhoria deste trabalho;

aos funcionários da Usina Bela Vista, em especial ao gerente industrial, Luís Nazaré Alves e ao encarregado do laboratório, Sebastião dos Reis por seus ensinamentos, dedicação e amizade, que serão guardados com muito carinho, adoro vocês;

ao meu marido Sandro e aos meus filhos Thomás e Livia Maria, pela compreensão, amor e paciência em toda essa jornada. Amo vocês.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	19
2. OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo geral	22
2.2. Objetivos específicos	22
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3.1. Histórico	23
3.2. Conceito	24
3.3. Vinho	24
3.3.1. Composição do Vinho	25
3.3.1.1. Água	25
3.3.1.2. Açúcares	26
3.3.1.3. Alcoois	26
3.3.1.4. Ácidos Orgânicos	26
3.3.1.5. Compostos Fenólicos	27
3.3.1.6. Terpenóides	27
3.3.1.7. Substâncias Nitrogenadas	27
3.3.1.8. Ésteres, Aldeídos e Cetonas	28
3.3.1.9. Outras Substâncias	28
3.3.1.10. Anidrido Sulfuroso	29
3.3.2. Classificação dos Vinhos	29
3.3.2.1. Quanto a Classe	29
3.3.2.2. Quanto a Cor:	30
3.3.2.3. Quanto ao Teor de Açúcar:	30
3.3.3. Processo de Vinificação	31
3.3.3.1. Recebimento da Uva	32
3.3.3.2. Desengace	32

3.3.3.3. Esmagamento	32
3.3.3.4. Sulfitagem do Mosto	33
3.3.3.5. Fermentação Alcoólica - Fase Tumultuosa	33
3.3.3.6. Remontagem	35
3.3.3.7. Maceração	35
3.3.3.8. Descuba.....	36
3.3.3.9. Fermentação Alcoólica - Fase Lenta.....	37
3.3.3.10. Trasegas	37
3.3.3.11. Atesto	38
3.3.3.12. Fermentação Malolática.....	38
3.3.3.13. Sulfitagem do Vinho	39
3.3.3.14. Colagem	39
3.3.3.15. Filtração.....	40
3.3.3.16. Tratamento de Frio	40
3.3.3.17. Envelhecimento na Madeira	41
3.3.3.18. Corte	41
3.3.3.19. Engarrafamento.....	42
3.3.3.20. Envelhecimento do Vinho na Garrafa.....	43
3.3.3.21. Aspectos Sensoriais.....	43
3.4. Uvas Utilizadas na Produção de Vinho	44
3.4.1. Composição Química das Uvas	44
3.4.2. Classificação das Uvas no Brasil:.....	46
3.4.3. Uvas Utilizadas Neste Trabalho	47
3.4.3.1. Nebbiolo.....	47
3.4.3.2. Cabernet Sauvignon	48
3.4.3.3. Malbec	49
3.4.3.4. Tannat.....	49

3.4.3.5. Teroldego.....	50
3.4.3.6. Barbera.....	51
3.4.3.7. Pinotage.....	52
3.4.3.8. Merlot.....	53
3.5. Reologia de Fluidos Alimentícios.....	54
3.5.1. Classificação dos Fluidos.....	55
3.5.2. Modelos Reológicos.....	57
3.5.2.1. Modelos sem Tensão Residual.....	59
3.5.2.1.1. Modelo Newtoniano.....	59
3.5.2.1.2. Modelo da Lei da Potência.....	59
3.5.2.1.3. Modelos com Tensão Residual.....	60
3.5.2.1.4. Modelo de Bingham.....	60
3.5.2.1.5. Modelo de Hershey-Bulkley.....	61
3.5.3. Reologia e Viscosidade.....	61
3.5.4. Influência da Temperatura sobre o Comportamento Reológico dos Líquidos.....	62
3.5.5. Influência da Composição de Extrato Seco e Etanol.....	63
3.5.6. Influência da Concentração de Sólidos Solúveis sobre o Comportamento Reológico dos Líquidos.....	64
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	65
4.1. Material.....	65
4.1.1. Matéria-prima.....	65
4.1.2. Reômetro.....	65
4.1.3. Densímetro ANTON PAAR.....	66
4.2. Métodos.....	67
4.2.1. Determinação das Propriedades Reológicas.....	67
4.2.2. Determinação de Extrato Seco.....	67

4.2.3.	Determinação dos Açúcares Redutores (AR).....	68
4.2.4.	Determinação de Etanol.....	68
4.2.5.	Determinação da Densidade	68
4.2.6.	Determinação da Viscosidade e Densidade nas Temperaturas de Degustação dos Vinhos	69
4.2.7.	Análises Estatísticas.....	69
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5.1.	Reologia.....	70
5.1.1.	Ajuste do modelo reológico.....	72
5.2.	Viscosidade.....	74
5.2.1.	Influência da temperatura na viscosidade dos vinhos.....	74
5.2.2.	Determinação da energia de ativação	79
5.2.3.	Influência do extrato seco na viscosidade dos vinhos.....	80
5.2.4.	Influência do etanol na viscosidade dos vinhos.....	82
5.2.5.	Influência dos açúcares redutores residuais na viscosidade dos vinhos.....	84
5.2.6.	Ajuste do modelo para viscosidade em função das variáveis	86
5.3.	Densidade	87
5.3.1.	Influência da temperatura na densidade dos vinhos.....	87
5.3.2.	Influência do extrato seco na densidade dos vinhos	92
5.3.3.	Influência do etanol na densidade dos vinhos.....	93
5.3.4.	Influência dos açúcares redutores residuais na densidade dos vinhos	94
5.3.5.	Ajuste de um modelo em função das variáveis	96
	CONCLUSÃO.....	97
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

RESUMO

A Reologia é uma ciência que tem como principal propósito o estudo das deformações e do escoamento dos materiais. Seu objetivo consiste no estudo do comportamento mecânico da matéria, ou seja, no estabelecimento de relações entre as forças aplicadas e as deformações resultantes. Em algumas operações realizadas no processo de elaboração de vinhos (bombeamento, filtração, troca térmica, entre outras), é necessário o conhecimento de um projeto adequado para garantir melhor desempenho do processo. O conhecimento das propriedades reológicas do fluido é de fundamental importância para o desenvolvimento e modelagem de processos de engenharia e também para evitar erros no dimensionamento de trocadores de calor, bombas, tubulações, filtros, etc..., os quais resultariam em mau funcionamento de equipamentos e custos elevados do processo. Estas propriedades variam de acordo com a temperatura e composição do fluido além de determinar o comportamento do fluxo. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo estudar a influência de diferentes temperaturas (2°C, 8°C, 14°C, 20°C e 26°C) nos parâmetros reológicos de vinhos comerciais tintos secos, construir modelos matemáticos para a viscosidade e densidade dos vinhos em função da temperatura, do conteúdo de extrato seco, açúcares redutores residuais e teor de álcool e estudar a influência desses componentes na viscosidade e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação (16°C e 18°C). Os testes para determinação do fluxo foram realizados em um Reômetro AR-2000EX, utilizando geometria de cilindros concêntricos com gap de 5920µm e taxa de deformação de 1 a 250 s⁻¹. Foram utilizados nove tipos comerciais de vinhos finos de mesa tintos secos, elaborados a partir de diferentes variedades de uvas. Posteriormente, a partir dos resultados obtidos, foram plotados os gráficos da taxa de deformação versus tensão de cisalhamento em função da temperatura, e ajustados em dois modelos reológicos. O conteúdo de extrato seco, etanol e açúcar redutor residual mostrou ter influência na densidade e viscosidade dos vinhos. A partir dos resultados obtidos foram determinadas equações matemáticas da densidade e viscosidade em função da composição dos vinhos e da temperatura. Pode-se observar que todos os vinhos analisados apresentaram comportamento Newtoniano nas diferentes temperaturas estudadas e posteriormente foi calculada a energia de ativação pela equação de Arrhenius, variando de 20138 a 23240 J/mol.

Palavras-Chave: Reologia, vinho tinto seco, viscosidade, densidade.

ABSTRACT

The rheology is a science that has as its primary purpose the study of the deformation and flow of materials. Your goal is to study the mechanical behavior of matter, in other words, the establishment of relationships between the applied forces and the resulting deformations. In some transactions achieved in the process of wine (pumping, filtration, heat exchange, etc.), it's necessary the knowledge of a suitable project to ensure the best process performance. The knowledge of the rheological properties of the fluid has a fundamental importance for the development and modeling of engineering processes and to avoid errors in the design of heat exchangers, pumps, pipes, filters, etc ..., which would result in a bad function equipment and high costs of the process. These properties vary with the temperature and fluid composition also determine the flow behavior. Thus, the present work aims to study the influence of different temperatures (2°C, 8°C, 14°C, 20°C and 26°C) on the rheological parameters of red dry commercial wines, build mathematical models for the viscosity and density of wines depending on the temperature, content of solids, reducing sugars and residual alcohol content and study the influence of these components on the viscosity and density of the wines in the tasting temperatures (16°C and 18°C). Tests for determining the flow were performed with a Rheometer AR-2000EX, using a concentric cylinder geometry with 5920µm gap and strain rate 1-250 s⁻¹. We used nine types of commercial fine dry red table wine, made from different varieties of grapes. Subsequently, from the results obtained, graphs were plotted in shear rate versus shear stress as a function of temperature, and adjusted in two rheological models. The dry extract, reducing sugar and ethanol showed to have an influence on the density and viscosity of the wine. From the results obtained were determined the mathematical equations of density and viscosity in function of the wine composition and the temperature. It can be observed that all wines studied showed Newtonian behavior at different temperatures and after the activation energy was calculated by the Arrhenius equation, ranging from 20,138 to 23,240 J / mol.

Keywords: Rheology, dry red wine, viscosity, density.

LISTA DE FIGURAS

Figura1: Fluxograma do processo de produção de vinho.....	31
Figura2: Uva Nebbiolo	47
Figura3: Uva Cabernet Sauvignon	48
Figura4: Uva Malbec	49
Figura5: Uva Tannat.....	50
Figura6: Uva Teroldego.....	51
Figura7: Uva Barbera	52
Figura8: Uva Pinotage	53
Figura9: Uva Merlot.....	53
Figura10: Curvas de escoamento típicas de fluidos (SATO, 2002).	55
Figura11: Reômetro AR-2000 EX.....	66
Figura12: Densímetro eletrônico ANTON PAAR DMA-4500 M	66
Figura 13 ^a : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 1 (V1) em diferentes temperaturas	71
Figura 13 ^b : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 2 (V2) em diferentes temperaturas	71
Figura 13 ^c : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 3 (V3) em diferentes temperaturas.	71
Figura 13 ^d : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 4 (V4) em diferentes temperaturas.	71
Figura 13 ^e : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 5 (V5) em diferentes temperaturas.	71
Figura 13 ^f : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 6 (V6) em diferentes temperaturas.	71
Figura 13 ^g : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 7 (V7) em diferentes temperaturas.	72
Figura 13 ^h : Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 8 (V8) em diferentes temperaturas.	72
Figura 13 i: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento.....	72
Figura 14 ^a : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 1 (V1).....	77
Figura 14 ^b : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 3 (V3).	77

Figura 14 ^c : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 2 (V2).	77
Figura 14 ^d : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 4 (V4).	77
Figura 14 ^e : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 5 (V5).	78
Figura 14 ^f : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 7 (V7).....	78
Figura 14 ^g : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 6 (V6).	78
Figura 14 ^h : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 8 (V8).....	78
Figura 14 ⁱ : Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 9 (V9).....	78
Figura 15: Linearização da viscosidade e temperatura para obtenção das energias de ativação dos vinhos testados.	79
Figura 16: Influência do extrato seco na viscosidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.	81
Figura 17: Influência do conteúdo de álcool na viscosidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.....	83
Figura 18: Influência dos açúcares redutores residuais na viscosidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.	85
Figura 19: Valores predito da viscosidade obtidos na Eq. (8) versus valores experimentais... 87	
Figura 20 ^a : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V1.	90
Figura 20 ^b : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V2.	90
Figura 20 ^c : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V3.	90
Figura 20 ^d : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V5.	90
Figura 20 ^e : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V7.	91
Figura 20 ^f : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V4.	91
Figura 20 ^g : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V6.	91
Figura 20 ^h : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V8.	91
Figura 20 ⁱ : Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V9.....	91
Figura 21: Influência do extrato seco na densidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.	92
Figura 22: Influência do álcool na densidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.	94
Figura 23: Influência dos açúcares redutores residuais na densidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.	95
Figura 24: Valores predito da densidade obtidos na Eq. (9) versus valores experimentais.	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros reológicos dos vinhos	73
Tabela 2: Teste de Tukey entre as médias das viscosidades dos vinhos.	75
Tabela 3: Teste de Tukey entre as médias das viscosidades com relação à temperatura.	76
Tabela 4: Viscosidade (mPa.s) dos vinhos em triplicata, média e desvio padrão.	76
Tabela 5: Energia de ativação dos vinhos.	80
Tabela 6: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de extrato seco, e viscosidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.	81
Tabela 7: Teste de Tukey entre as médias do conteúdo de extrato seco dos vinhos	82
Tabela 8: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de etanol, e viscosidade dos vinhos nas temperaturas de 16°C e 18°C.	83
Tabela 9: Teste de Tukey entre as médias do conteúdo de álcool dos vinhos	84
Tabela 10: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de açúcares redutores residuais, e viscosidade dos vinhos nas temperaturas de 16°C e 18°C.	85
Tabela 11: Teste de Tukey entre as médias do conteúdo de açúcar redutor residual dos vinhos.	86
Tabela 12: Teste de Tukey entre as médias das densidades dos vinhos.	88
Tabela 13: Teste de Tukey entre as médias das densidades dos vinhos em relação à temperatura	89
Tabela 14: Valores das triplicatas, médias e desvios da densidade dos vinhos nas temperaturas analisadas.	89
Tabela 15: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de extrato seco, e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.	93
Tabela 16: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de álcool e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.	94
Tabela 17: Valores das triplicatas, média e desvio padrão dos açúcares redutores residuais, e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.	95

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	58
Equação 2	59
Equação 3	59
Equação 4	60
Equação 5	60
Equação 6	61
Equação 7	62
Equação 8	87
Equação 9	96

LISTA DE SÍMBOLOS

$\dot{\gamma}$ -Taxa de deformação (s^{-1})

τ - Tensão de cisalhamento (Pa)

τ_0 -Tensão residual (Pa)

μ - Viscosidade do fluido (Pa.s)

k - Índice de consistência (Pa.sⁿ)

n - Índice de comportamento do escoamento (adimensional)

μ_a - Viscosidade aparente do fluido (Pa.s)

μ_p - Viscosidade plástica de Bingham (Pa.s)

τ_{oh} - Tensão residual de Hershey-Bulkley (Pa)

k_h - Índice de consistência de Hershey-Bulkley (Pa.sⁿ)

n_h - Índice de comportamento do escoamento de Hershey-Bulkley (adimensional)

B - Parâmetro de ajuste

E_a - Energia de ativação (J/mol)

R - Constante dos gases (8,314J/mol K)

T - Temperatura absoluta (K)

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A produção brasileira de vinhos está concentrada no sul do país e o Rio Grande do Sul é o maior e o mais tradicional estado produtor (REVISTA GLOBO RURAL, 2011). Segundo dados obtidos da União Brasileira de Vitivinicultura (UVIBRA), em 2011, a comercialização de vinho de mesa no mercado interno brasileiro foi de 230 milhões de litros.

Até o século XIX, pouco se sabia sobre o processo de fermentação da uva ou de deterioração do vinho. Tanto os gregos como os romanos bebiam todos os seus vinhos logo no primeiro ano após o preparo, pois não haviam técnicas para uma conservação eficaz. Eles costumavam adicionar flavorizantes, como ervas, mel, queijo ou até mesmo sal, para disfarçar o gosto do vinagre. Pasteur foi quem demonstrou cientificamente a fermentação, dando origem à moderna enologia (GALVÃO, 1999).

O vinho é uma bebida alcoólica resultante da fermentação do mosto de uvas frescas, sãs e maduras pelas leveduras, as quais transformam o açúcar do sumo da uva em álcool etílico e uma série de elementos secundários em quantidades variadas. Em função disto, essa bebida é considerada um produto elaborado, diferenciando-se dos produtos fabricados, que são caracterizados por misturas de diversas matérias-primas (ROSIER, 1993). Segundo Camargo (2003), a fermentação é realizada por microrganismos do gênero *Saccharomyces*, destacando-se as espécies *S. ellipsoideus* (ou *cerevisiae* ou *vini*), *S. chevalieri* e *S. oviformis* (ou *bayanus*).

A Reologia é uma ciência que estuda o comportamento mecânico da matéria, ou seja, estabelece relações entre as forças aplicadas e as deformações resultantes. Sabe-se que o entendimento e o controle das propriedades reológicas são de fundamental importância na fabricação e no manuseio de uma grande variedade de materiais (borrachas, plásticos, alimentos, cosméticos, tintas, óleos lubrificantes, dentre outros) e de processos (bombeamento de líquidos em tubulações, moldagem de plásticos). Segundo Alvarado e Aguilera (2001), na área alimentícia, as propriedades reológicas são utilizadas no controle de qualidade, avaliação da textura, projetos de controle e processos e determinação da estrutura

do alimento, incluindo-se as mudanças físico-químicas que ocorrem durante o processamento e armazenamento.

O dimensionamento de equipamentos para processamento de vinhos envolve problemas relativos ao seu escoamento. Ter-se o conhecimento do comportamento reológico é útil não só para o controle de qualidade do produto, mas principalmente para a adequação correta de sistemas de tubulação, trocadores de calor, filtros, bombas, entre outros. Assim com esse conhecimento evitaria erros de dimensionamento de equipamentos, o que acarretaria aumento de custos do processo (QUEIROZ; VIDAL; GASPARETTO, 2000).

Segundo Costell e Duran (1982), os principais componentes responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são: o tipo da fruta, temperatura e teor de sólidos (açúcares, pectina e fibras).

É de suma importância o conhecimento da viscosidade para o desenvolvimento e modelagem de processos de engenharia. Esta propriedade reológica é correspondente ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular. Assim quanto maior a viscosidade, menor a velocidade em que o fluido se movimenta. É comumente percebida como a "grossura", ou resistência ao despejamento, descrevendo a resistência interna para fluir de um fluido, é uma medida do atrito do fluido.

Jackson (2008) definiu corpo do vinho como a sensação tátil induzida principalmente pela presença de álcool, mas claramente influenciada pela presença de açúcares, glicerol (em alta concentração) e compostos fenólicos. O corpo do vinho é uma sensação gustativa e está relacionado com o conteúdo de álcool e extrato seco, dessa forma, quanto mais álcool e extrato seco mais completo será o corpo.

A viscosidade é também uma importante propriedade relacionada com os aspectos sensoriais da visão e paladar. Ela é provavelmente a propriedade que se correlaciona mais com o corpo do vinho, uma vez que afeta a sensação de espessura na boca. Quando um vinho é encorpado significa que tem uma percepção positiva, pois dá uma sensação de espessura na boca. Ao contrário, quando um vinho é aguado, possui uma percepção negativa ou ausência de corpo suficiente, pois devido à baixa viscosidade tendem a se espalhar mais rapidamente, como água. No entanto essas diferenças, não são consideradas e até ignoradas pela maioria dos provadores profissionais. Uma vez que a viscosidade é uma propriedade que pode ser facilmente medida objetivamente com um viscosímetro, o conhecimento dos fatores que afetam a viscosidade do vinho pode ter valor prático na otimização de seu corpo. Embora os fabricantes e escritores de vinhos considerem o etanol, o glicerol e particularmente o

açúcar como os principais componentes gustativos do vinho, são raras as pesquisas sobre a contribuição de cada um destes componentes químicos. Peckering et al. (1998), Nurgel e Peckering (2005) e Yanniotis et al. (2007) estudaram a influência da concentração de etanol, glicerol (solução modelo), extrato seco e açúcar na viscosidade dos vinhos, constataram que com o aumento da concentração de etanol, extrato seco e açúcar a viscosidade aumentou, enquanto que o glicerol só influencia a viscosidade em altas concentrações.

A densidade é uma propriedade termofísica que está diretamente relacionada com a viscosidade, temperatura e composição do vinho, sendo também uma propriedade de extrema importância no processo de elaboração dos mesmos.

Dessa forma, sabendo-se que existe a necessidade de otimização do processo de vinificação e melhoria nos aspectos sensoriais, este trabalho pretende determinar a reologia e elucidar o efeito do extrato seco, etanol e açúcar redutor residual na viscosidade e densidade dos vinhos finos tintos secos nas temperaturas de processo e de consumo do vinho.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estudar a influência de diferentes temperaturas (2°C, 8°C, 14°C, 20°C e 26°C) nos parâmetros reológicos de vinhos finos tintos secos de mesa e determinar o melhor modelo reológico.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar o conteúdo de açúcar redutor residual, extrato seco e etanol em cada um dos vinhos estudados;
- Avaliar o efeito destes componentes na viscosidade e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação do vinho (16°C e 18°C);
- Determinar uma equação matemática para a viscosidade em função dos componentes do vinho, temperatura e sua energia de ativação;
- Determinar uma equação matemática que relacione a densidade em função dos componentes analisados e temperatura.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Histórico

A história da uva e do vinho é mais antiga do que o próprio homem, e a origem de ambos ainda não é definitiva. Ainda não se sabe a data e a localidade em que o homem elaborou o primeiro vinho. Segundo Brunello et al. (2001), as primeiras videiras teriam sido encontradas na Ásia Ocidental e na Europa, pois nestes locais foram encontradas folhas de videiras e sementes de uvas em cavernas pré-históricas.

A origem da vitivinicultura deu-se nas planícies da Suméria e nas margens do Nilo. Contudo, foi por intermédio dos Fenícios e dos Gregos que o vinho chegou à Europa. Devido à ocupação romana, a cultura do vinho consolidou-se na Europa Central, onde até hoje são produzidos os melhores vinhos. Sendo assim, as vinhas italianas são de origem grega, as francesas de origem romana e as espanholas de origem fenícia.

O vinho, como a maioria das bebidas alcoólicas existentes na Idade Média, era usado na medicina, no tratamento de feridas e outros males. Pode-se dizer que o vinho não teve que esperar para ser inventado, pois uva colhida e armazenada em recipiente, que possa reter seu suco transforma-se em um tipo de vinho facilmente (MANFROI, 2004).

Cristóvão Colombo, na sua segunda viagem para às Antilhas em 1493, foi quem trouxe sementes de uvas para a América, que se espalhou a seguir para o México, sul dos Estados Unidos e às colônias espanholas da América do Sul. No Brasil as videiras foram trazidas da Ilha da Madeira (Portugal) em 1532 por Martim Afonso de Souza e plantadas por Brás Cubas inicialmente em São Vicente no litoral paulista, e depois, em 1551, na região de Tatuapé (MANFROI, 2004). Posteriormente, parreiras foram plantadas em outros estados como Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a qual frutificou de forma mais expressiva (AMARANTE, 1983). Atualmente o estado de São Paulo, como outras regiões, vem se destacando no cenário vitivinícola brasileiro, devido à produção de uvas rústicas que se adaptam ao clima tropical (UVIBRA, 2011).

Até o século XIX, pouco se sabia sobre o processo de elaboração do vinho. No século XVII, com a invenção do saca-rolha e com a produção em massa de garrafas de vidro, os vinhos começaram a ser armazenados por vários anos. Mas foi somente na metade do século XIX que a produção do vinho ganhou requintes científicos: o químico francês Louis Pasteur explicou e demonstrou cientificamente a origem química da fermentação, e identificou os agentes responsáveis por este processo, dando origem à moderna enologia. Com o passar dos anos, a ciência se adentrou mais na vitivinicultura, houve avanços na fisiologia das plantas, nos conhecimentos de patologias das videiras, e maior controle do processo de fermentação. Logo, vieram os tanques de aço inoxidável, que além de poder ser limpos facilmente também permitem controlar a temperatura do vinho sem dificuldade (GALVÃO, 1999; BRUNELLO et al., 2001).

Segundo Manfroi (2004), o grande cientista Louis Pasteur definiu o vinho como a mais sã e a mais higiênica das bebidas e também escreveu que existe mais filosofia em uma garrafa de vinho do que em todos os livros de sua biblioteca. Assim podemos observar, com essas palavras de Pasteur, o significado da essência do vinho. Ele é um produto elaborado resultante da ação da natureza, e não da mistura de várias matérias-primas, em toda sua plenitude.

3.2. Conceito

O vinho é definido pela Office International de laVigne et duVin (O.I.V.) como a bebida resultante da fermentação do mosto (suco) de uvas frescas, sãs e maduras. Assim, oficialmente, qualquer outra bebida fermentada não obtida dessa forma não pode ser denominada vinho.

3.3. Vinho

O vinho é basicamente feito a partir de uva. A uva utilizada para elaborar vinhos finos, independentemente da variedade, deve ser de excelente qualidade. É

fundamental que a fruta tenha um bom estado sanitário e grau de maturidade. Estes dois fatores, os quais o enólogo deve observar, terão uma enorme importância na qualidade final do vinho. É fundamental ainda que as uvas tenham uma boa relação açúcar / acidez, pois é a característica ácida que faz com que os vinhos brasileiros sejam considerados de alta qualidade e reconhecidos por seus aspectos de juventude, frescor e aromas frutados (CAMARGO, 2003).

Várias pesquisas já demonstraram os efeitos benéficos à saúde humana pelo consumo moderado de vinho (ABE, 2011).

3.3.1. Composição do Vinho

O vinho é o produto obtido pela fermentação alcoólica da uva madura. Verificamos assim, que ele é o resultado de uma atividade biológica exercida pelo *Saccharomyces cerevisiae ellipsoideus*, que atuando sobre o açúcar da uva (glicose e frutose) o transforma em álcool e gás carbônico. Como subproduto dessa fermentação, encontra-se a glicerina, ácido succínico, ácido acético e outros alcóois e aldeídos (VOGT et al., 1986).

Segundo Hashizume (1983), o conhecimento da composição química do vinho permite compreender melhor os fenômenos que ocorrem durante a maturação da uva, na elaboração do vinho, em sua conservação e em seus tratamentos. O vinho é composto por água, açúcares, alcóois, ácidos voláteis, compostos fenólicos, terpenóides, aldeídos, cetonas e ésteres, substâncias nitrogenadas, anidrido sulfuroso e outras substâncias.

3.3.1.1. Água

É o maior componente do vinho, contribuindo com aproximadamente 85 a 90% de seu volume.

3.3.1.2. Açúcares

Os açúcares que compreendem o vinho são os açúcares redutores ou não-fermentecíveis, os quais são em sua maioria pentoses, como arabinose, ramnose e xilose e pequenas quantidades de glicose e frutose não fermentadas (ZOECKLEIN et al., 1994). De acordo com Jackson (2008), esses açúcares com níveis superiores a 1,5 g/L promovem percepção da sensação de doçura. Sorrentino et al. (1986) mostraram que a concentração de açúcares pode aumentar a volatilização de compostos aromáticos nos vinhos secos.

3.3.1.3. Álcoois

O álcool etílico é o constituinte mais importante do vinho após a água, e representa 99,5% do álcool contido no vinho. Admitindo-se que o grau alcoólico dos vinhos varia entre 9° GL e 15° GL, o álcool etílico representa de 72 a 120 g/L. Deste total, cerca de 0,5% é representado por outros álcoois. Estudos mostram que o teor de álcool etílico modifica, indiretamente, o sabor ácido dos vinhos. Sendo que em altas concentrações promovem sensação de ardor na boca, o que ocorre nos vinhos secos (JACKSON, 2008). O glicerol é um produto da fermentação alcoólica, e após o álcool etílico, é o constituinte do vinho mais importante, em proporção de 5 a 10 g/L. Possui sabor adocicado, quase igual ao da glicose, o qual contribui para a maciez do vinho. Sua oleosidade influencia positivamente no corpo e na estrutura da bebida (AMERINE; BERG; CRUSSES, 1967; NIEUWOUDT et al., 2002).

3.3.1.4. Ácidos Orgânicos

Segundo Barnabé (2006), os ácidos orgânicos dos vinhos são provenientes da:

- Uva: málico, cítrico e tartárico. Esses ácidos são responsáveis pelo controle do pH. O pH tem a função de manter a cor dos vinhos;

- Fermentação: succínico, láctico, butírico, fórmico, propiônico, carbônico e acético.

3.3.1.5. Compostos Fenólicos

Essas substâncias são denominadas matéria corante, matéria tânica ou enotaninos, e são produzidas pela uva e também podem ser provenientes da madeira durante o envelhecimento. Apresentam uma grande importância, pois conferem aos vinhos a coloração e grande parte do sabor. Os compostos fenólicos englobam cinco grupos químicos: antocianinas, flavonas, ácidos fenólicos, taninos condensados, taninos catéquicos (FRANCIS, 2000). Os vinhos tintos e brancos são diferenciados pela presença de compostos fenólicos em proporções mais elevadas nos primeiros (AQUARONE; BORZANI; LIMA, 2001).

3.3.1.6. Terpenóides

Estudos sugerem que grande parte da expressão sensorial do “bouquet” do vinho se deve à presença de compostos terpenóides ou monoterpenos. Os terpenos estão principalmente nas cascas e, na maioria das vezes, ligados covalentemente aos açúcares. Estes compostos não sofrem alterações durante as fermentações. Portanto eles são, de fato, características do vinho, que vem da variedade de uva escolhida (AQUARONE; BORZANI; LIMA, 2001).

3.3.1.7. Substâncias Nitrogenadas

No vinho existem de 1 a 3 g/L de substâncias nitrogenadas. Sua importância no sabor é reduzida, porém é muito importante como substância nutritiva indispensável a

leveduras e bactérias. Entre elas estão as proteínas, os polipeptídios e os aminoácidos (SASSO; BASSIN; RONCHI, 2004).

3.3.1.8. Ésteres, Aldeídos e Cetonas

Os ésteres são normalmente formados durante a fermentação pelas leveduras, e pelas bactérias lácticas e acéticas durante o envelhecimento na madeira ou na garrafa, ou ainda podem ser provenientes da própria uva. Os ésteres proporcionam sabor frutado ao vinho. Em baixa concentração é considerado como constituinte favorável ao aroma do vinho (MEYEN; URSO; IKUNO, 2005).

Segundo Meyen, Urso e Ikuno (2005), o teor de acetaldeído indica o grau de aeração a que o vinho foi submetido. Em tintos sua concentração é bem mais reduzida que em vinhos brancos, devido à presença de taninos e antocianinas. Os aldeídos são compostos orgânicos que resultam da oxidação parcial de álcoois primários. As cetonas são formadas pela oxidação dos álcoois secundários e os ésteres resultam da combinação de ácidos e álcoois.

3.3.1.9. Outras Substâncias

Outras substâncias estão presentes no vinho em pequenas quantidades, porém, não deixam de ter seu valor. São elas:

→ Glicerina

→ Vitaminas A, C, B1, B2, B6, Biotina, Niacina

→ Sais minerais (Na, K, Cl, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Si, I, B, Mo, Ti, V) quando presentes em elevadas concentrações podem proporcionar gosto amargo, adstringente e metálico ao vinho (JACKSON, 2008).

→ Conservantes P-V (SO₂ ou anidrido sulfuroso)

3.3.1.10. Anidrido Sulfuroso

É um produto indispensável na elaboração do vinho. Atua sobre os microrganismos que se desenvolvem nesta bebida, agindo como elemento seletivo dos mesmos (AQUARONE; BORZANI; LIMA, 2001).

3.3.2. Classificação dos Vinhos

De acordo com a Legislação vigente, os vinhos podem ser classificados de três formas: quanto à classe, a cor e ao teor de açúcar (NOVAKOSKI; FREITAS, 2003; BRASIL, 2004; MANFROI, 2004).

3.3.2.1. Quanto a Classe

Vinhos de Mesa: é um vinho com graduação alcoólica de 10° a 13° GL. E estes se classificam em:

- Especiais: são os vinhos mistos produzidos de uvas viníferas e uvas híbridas ou americanas;
- Comuns: são os vinhos com características predominantes de variedades híbridas ou americanas;
- Frisantes ou Gaseificados: são os vinhos de mesa com gaseificação mínima de 0,5 atmosferas e máxima de 2 atmosferas;

Vinhos Leves: é o vinho com graduação alcoólica de 7° a 9,9° GL. Elaborado de uvas viníferas;

Champanha: É o vinho espumante, cujo anidrido carbônico é resultante unicamente de uma segunda fermentação alcoólica de vinho com graduação alcoólica de 10° a 13° GL;

Vinho Licoroso: É o vinho doce ou seco, com graduação alcoólica de 14° a 18° GL. Adicionado ou não de álcool potável, mosto concentrado, caramelo e sacarose;

Vinho Composto: É bebida com graduação alcoólica de 15° a 18° GL, obtida pela adição ao vinho de macerados e/ou concentrados de plantas amargas ou aromáticas, substâncias de origem animal ou mineral, álcool etílico e açúcares. São o vermute, o quinado, o gemado, a jurubeba, a ferroquina e outros.

3.3.2.2. Quanto a Cor:

Vinho Tinto: esse vinho é elaborado a partir de variedades de uvas tintas e a diferença de tonalidade depende do tipo de fruto e de sua maturidade.

Vinho Rosado ou Rosé: é um tipo de vinho produzido de uvas tintas, porém após breve contato, as cascas que dão a pigmentação ao vinho são separadas. Obtém-se também um vinho rosado pelo corte, isto é, pela mistura, de um vinho branco com um vinho tinto.

Vinho Branco: esse vinho é produzido a partir de uvas brancas ou tintas, mas o processo fermentativo é feito com a ausência das cascas.

3.3.2.3. Quanto ao Teor de Açúcar:

A Legislação Brasileira, conforme a portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988, define os teores de açúcar para os vinhos:

- Secos: < 5g/L;
- Meio secos: 5 a 20 g/L;
- Suaves e doces: > 20 g/L.

3.3.3. Processo de Vinificação

O processo de vinificação é complexo do ponto de vista tecnológico, devido ao fato de envolver várias etapas que ocorrem simultaneamente. O fluxograma e as principais etapas desse processo estão descritas a seguir.

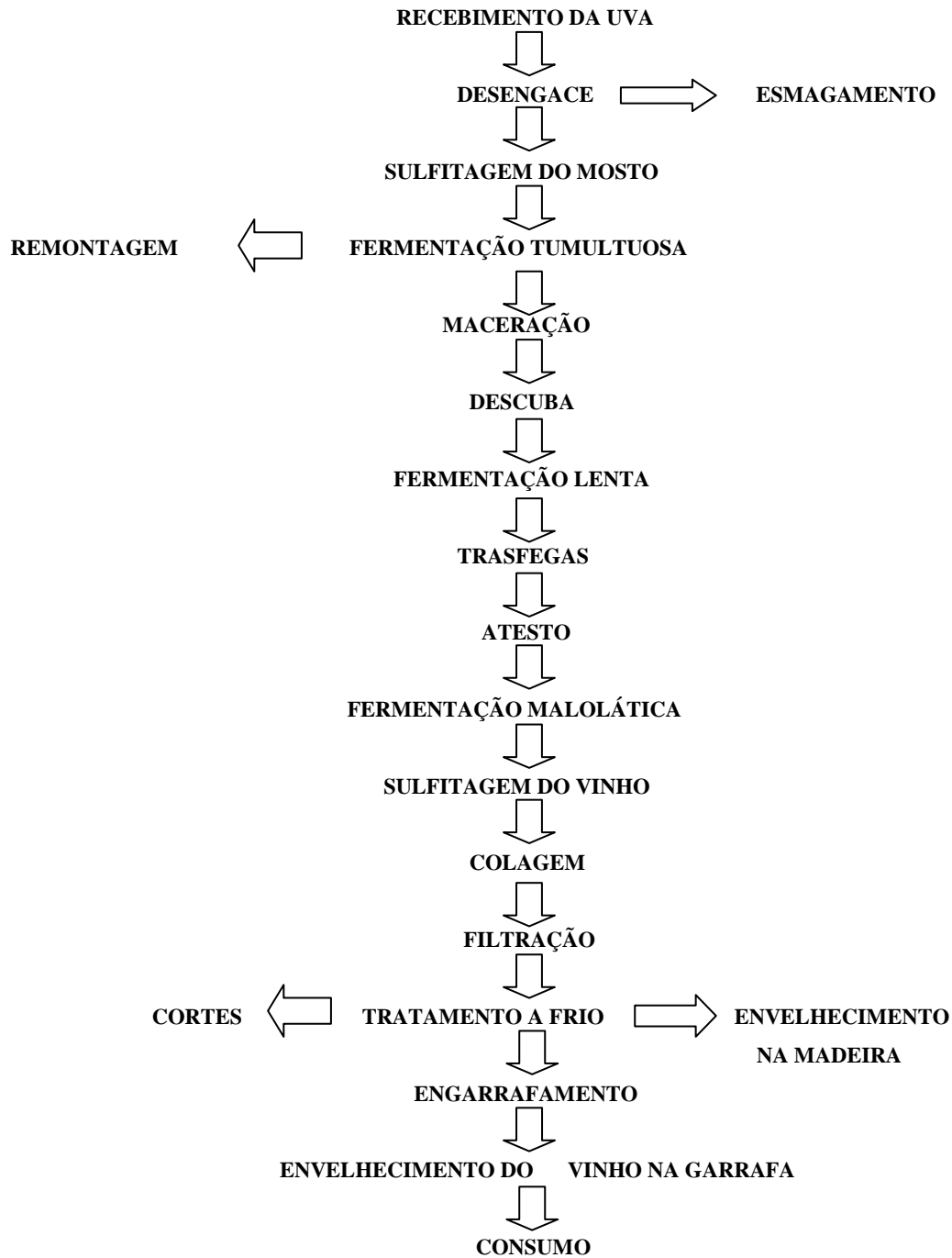


Figura1: Fluxograma do processo de produção de vinho
Fonte: ROSIER, 1993.

3.3.3.1. Recebimento da Uva

Essa etapa se inicia com o recebimento, classificação e pesagem da uva. São realizadas avaliações do estado sanitário e da cultivar utilizada. Ainda nessa etapa retira-se uma amostra para posterior determinação do teor de açúcar e acidez total para verificar o estágio de maturação e a necessidade de chaptalização (BARNABÉ, 2006; RIZZON, 2006).

3.3.3.2. Desengace

Segundo Vogt et al. (1986), o desengace tem por finalidade separar o engaço (talo) das bagas antes de entrarem no recipiente de fermentação, visto que o engaço pode conferir características indesejáveis ao vinho. A principal ação do engace reside na sua influência sobre a temperatura de fermentação e sobre a acidez do mosto.

3.3.3.3. Esmagamento

O esmagamento refere-se ao processo de trituração de uvas, resultando na liberação de mosto pela ruptura das películas ou bagas. Também são dispersas as células de leveduras, que provocam aeração favorável para sua multiplicação. Sem esta operação, a fermentação não se iniciaria. As uvas quando intactas não fermentam. Essa etapa também permite um aumento da superfície de contato entre o mosto e a parte sólida, o que facilita a dissolução do tanino e da matéria corante. O esmagamento é o momento indicado para se realizar a sulfitagem do mosto (ROSIER, 1993; RIZZON, 2006).

3.3.3.4. Sulfitagem do Mosto

O anidrido sulfuroso ou dióxido de enxofre é acrescentado ao mosto antes de sua fermentação, pois apresenta ação seletiva, inibindo o crescimento de bactérias e leveduras indesejáveis, facilitando o crescimento das desejáveis. Atua como antioxidante protegendo o mosto do ar e também facilita a dissolução das matérias corantes, permitindo obter vinhos mais coloridos. Também auxilia na ativação da reação de transformação do açúcar em álcool e dióxido de carbono, quando empregado em doses baixas, favorecendo a produção de um vinho com maior teor alcoólico e com menos açúcar. A dose utilizada varia em função do grau de maturação da uva, seu estado sanitário, sua temperatura, seu teor de açúcar e de acidez (AQUARONE; BORZANI; LIMA, 2001).

Alguns estudos mostram que o metabissulfito de potássio também pode ser empregado para essa finalidade, e que a quantidade a ser incorporada no mosto é por quantidade de uva esmagada, sendo 10g de metabissulfito para 100 kg de uva esmagada (BARNABÉ, 2006).

3.3.3.5. Fermentação Alcoólica - Fase Tumultuosa

Uma das principais etapas do processo de vinificação é a fermentação alcoólica que ocorre simultaneamente com a maceração.

De acordo com Rizzon e Manfroi (2006a), um mosto de uva quando em contato com oxigênio e com temperatura adequada, em poucas horas faz com que inicie o processo fermentativo, o qual consiste na formação de álcool etílico ou etanol, principal componente, e desprendimento de gás carbônico. A fermentação é iniciada após o esmagamento, pois assim há o contato do mosto com as leveduras existentes na pruína.

O processo fermentativo pode ser determinado pela ação das leveduras autóctones ou pela inoculação de leveduras. Barnabé (2006), em seu estudo, mostrou que a fermentação foi realizada com a inoculação de 20g de *Saccharomyces cerevisiae* para cada 100L de mosto. Manfroi et al. (2006) utilizaram 200mg de leveduras liofilizadas da mesma espécie por quilograma de uva.

A distribuição uniforme das células de levedura no mosto é feita pelo processo de remontagem. A fermentação traduz-se, principalmente, pelo desdobramento do açúcar que o mosto possui em CO_2 e álcool, que caracterizam o vinho. Durante a fermentação, além de se originar álcool e CO_2 , formam-se outros compostos, tais como a glicerina, o ácido succínico, ácido acético, ácido láctico, os ésteres, entre outros; que, apesar de entrarem em pequenas quantidades, desempenham um papel muito importante na qualidade do vinho (ROSIER, 1993).

A temperatura ótima para a fermentação da maioria das leveduras para produção de vinho é de 25 a 30°C. Para a fermentação de vinho branco recomenda-se manter a temperatura de fermentação abaixo de 20°C. Quando a temperatura é superior a 32°C há um maior desenvolvimento das bactérias e redução da atividade das leveduras. Também há perdas de perfume e álcool, e a sanidade do produto por vezes ressentir-se, mas em contrapartida os vinhos são encorpados e ricos em cor. Esse controle da temperatura é automatizado, as pipas contém sistema de trocador de calor, e todo o processo é termostatizado (TORIJA et al., 2003). Outro fator importante no decorrer do processo fermentativo é a densidade que diminui ao longo do processo pelo desdobramento dos açúcares (SASSO; BASSIN; RONCHI, 2004).

A primeira fase da fermentação (com bagaço) é denominada fermentação tumultuosa dura poucos dias, e se manifesta por um grande desprendimento de gás carbônico e pela elevação da temperatura do meio. O desdobramento do açúcar começa lentamente e vai aumentando gradativamente. Essa etapa é caracterizada pela intensa formação de álcool etílico (MENEGUZZO; MANFROI; RIZZON, 2006).

Para reduzir as perdas de álcool e outros compostos voláteis por evaporação, assim como os riscos de contaminação microbiana, o recipiente a ser adotado para a fermentação é o tanque fechado com chapéu flutuante. Esse sistema permite macerações mais longas; mas requer muita atenção no aumento de temperatura de fermentação (MENEGUZZO; MANFROI; RIZZON, 2006).

Nas safras, quando necessário, é feita a correção do teor de açúcar do mosto com sacarose (chaptalização). Esse procedimento é feito para estimar o grau alcoólico do vinho elaborado, conforme preconiza a legislação. O grau alcoólico que se deseja obter é calculado através do brix do mosto pela seguinte regra: cada dois graus brix do mosto resulta em um grau GL no vinho produzido. Para melhorar a homogeneização, a chaptalização é um processo que, além de favorecer o equilíbrio do vinho pelo fato de aumentar o teor alcoólico, promove maior extração dos compostos fenólicos e aromáticos na etapa de maceração. Ela

deve ser efetuada entre o segundo e o terceiro dia após iniciada a fermentação, juntamente com a remontagem (CHAPTAL, 1981).

3.3.3.6. Remontagem

Segundo Sasso, Bassin e Ronchi (2004), nesta etapa a uva encontra-se em reservatórios durante algumas horas, onde as cascas e outras substâncias mais grosseiras se concentram na parte superior do reservatório, formando a chamada manta, transmitindo cor apenas à porção superior do líquido. Portanto, torna-se necessário a operação de remontagem, a qual deve ser feita de forma suave, pelo menos duas vezes ao dia, para extrair os componentes da parte sólida da uva, homogeneizar a massa vínica em fermentação, controlar a temperatura de fermentação e evitar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis na parte superior da parte sólida da uva. Esse trabalho consiste em retirar o mosto da parte inferior do recipiente e colocá-lo novamente na parte superior, com o auxílio de uma bomba. É importante cuidar para que a parte sólida fique submersa por um período de 30 minutos para cada operação.

As primeiras remontagens ocorrem, normalmente, na fermentação tumultuosa para favorecer a multiplicação das leveduras, que necessitam de oxigênio para o seu desenvolvimento e multiplicação, bem como extrair a maior quantidade de substâncias corantes. Nestas primeiras remontagens, antes da descuba, o ar deve ser um elemento de contato, pois favorece o processo. De acordo com Rizzon, Zanuz e Manfredini (1994), a remontagem evita o ressecamento da parte sólida que, por sua vez, facilita o desenvolvimento de bactérias e a oxidação do vinho.

3.3.3.7. Maceração

A maceração é uma das etapas mais importantes do processo de fermentação alcoólica do vinho, onde são extraídos todos os componentes da cor. É o período em que a parte sólida da uva, película e semente permanecem em contato com o mosto. Nesse

período ocorre a diluição seletiva e a difusão desses compostos para o mosto, tornando o líquido mais incorporado. Para vinhos tintos, o processo de maceração deve ser realizado em temperaturas entre 25°C e 30°C, pois nessa faixa a extração dos compostos polifenólicos é otimizada (VOGT, 1986; RIZZON; ZANUZ e MANFREDINI, 1994). O período de maceração de 3 a 5 dias, promove boa coloração ao vinho, evita taninos ásperos ao paladar e extrai taninos das cascas da uva, promovendo estabilidade da cor e adstringência desejada. Essa etapa é fundamental na caracterização dos vinhos (JACKSON, 2008; CASTILHOS, 2012).

3.3.3.8. Descuba

A descuba é a operação na qual se separa o mosto em fermentação das substâncias sólidas mais grosseiras em suspensão. O conjunto destas substâncias denomina-se bagaço, e é composto em sua maior parte pela película das bagas. O momento de descuba é fixado pela queda da temperatura de fermentação, pela paralização no desprendimento de gás carbônico, pela diminuição da densidade do mosto que deverá estar compreendida entre 1,030 e 1,040 g/cm³ segundo Rosier (1993); 1,010 e 1,015 g/cm³ segundo Rizzon e Manfroi (2006a) e Cataluña (1988) e 1,020 e 1,025 g/cm³ conforme Amarante (1983), ou intensidade da cor. Inicialmente, devem-se interromper as remontagens um dia antes da descuba, para favorecer a separação do mosto. A parte sólida da descuba pode ser submetida a processos de prensagem para extrair o mosto secundário para posterior incorporação ao vinho primário.

A prensagem do bagaço pode resultar em um aumento de rendimento do processo de vinificação de 10 a 15% através da extração do vinho retido na parte sólida. Mas esse vinho retirado através da prensagem apresenta uma qualidade inferior ao que foi separado pela descuba, por isso são destinados à produção de vinhos de qualidade secundária ou produtos destilados (AMARANTE, 1986; RIZZON; MANFROI; MENEGUZZO, 2003; GUERRA; BARNABÉ, 2005; CASTILHOS, 2012).

3.3.3.9. Fermentação Alcoólica - Fase Lenta

Após a descuba, o mosto é enviado para outro recipiente, para completar a fermentação alcoólica, a qual ainda persiste por alguns dias, apesar de diminuir a intensidade gradativamente devido à falta de açúcar consumido na fase anterior. Essa fermentação lenta inicia-se quando o líquido já está separado do bagaço. Nesta etapa os últimos traços de glicose são transformados em álcool e demais componentes da fermentação. Os açúcares que ainda restam são normalmente pentoses e o mosto é definitivamente transformado em vinho (SASSO; BASSIN; RONCHI, 2004).

Segundo Vogt (1986) e Rizzon; Manfroi (2006a), a complementação da fermentação alcoólica deve ser conduzida com muita atenção. O enólogo deve acompanhar o desprendimento do dióxido de carbono, a temperatura de fermentação e efetuar as análises da densidade, dos teores de açúcar, álcool e acidez total. A fermentação alcoólica é concluída quando cessa o desprendimento de gás carbônico e o teor de açúcar total for inferior a 3,0 g/L. Essa fermentação dura de 10 a 30 dias, e o vinho se torna seco.

3.3.3.10. Trásfegas

A trásfega consiste apenas em translocar o vinho de um recipiente para outro, com objetivo de separá-lo das precipitações que, ao término da fermentação, devido ao esgotamento do açúcar e a consequente paralisação da liberação de gás carbônico, decantam por ação da gravidade. Este depósito recebe o nome de borra, e é composto de vestígios da casca da uva, pequenas sementes, leveduras, pectinas, terras e outras substâncias sólidas que compuseram o mosto. O contato com a borra por algum tempo pode proporcionar problemas de aceitação (AMARANTE, 1983; ROSIER, 1993).

As trásfegas são realizadas por intermédio de bombas ou quando possível por gravidade. Normalmente se realizam três trásfegas no primeiro ano de um vinho. A primeira é realizada dez dias após o término da fermentação lenta, o suficiente para decantação das borras. A segunda trásfega, realizada dez dias após a primeira, tem como finalidade remover os depósitos naturais que não haviam ainda sedimentado por ocasião da

primeira trasfega e para que o vinho permaneça limpo no repouso de inverno. A terceira trasfega é feita após o tratamento de frio, com a finalidade de separar os resíduos precipitados. Ao final de cada trasfega, o volume de vinho deve ser completado para evitar o espaço vazio do recipiente, o que pode acarretar o processo de oxidação (ROSIER, 1993).

3.3.3.11. Atesto

O vinho proveniente de uma trasfega é colocado num recipiente que deverá permanecer completamente cheio. O atesto consiste em preencher os tanques periodicamente, pois a tendência de um vinho após a fermentação é perder volume, devido à fuga do gás carbônico, menor temperatura e evaporação de substâncias voláteis. Esse espaço vazio que tende a ser preenchido pelo ar e em presença de bactérias acéticas resultaria em formação de vinagre (ROSIER, 1993). Dependendo do tamanho do recipiente, o atesto deve ser feito semanalmente. Esta é uma prática simples, mas de grande importância, pois o vinho utilizado no atesto deve ter a mesma qualidade superior do que aquele que está na pipa. Deve estar límpido e, de preferência, estabilizado. Se não tiver esses cuidados, todo recipiente pode ser contaminado por alteração acética ou oxidação (ROSIER, 1993; RIZZON; MENEGUZZO, 2006a).

3.3.3.12. Fermentação Malolática

Segundo Guerra e Barnabé (2005), essa etapa é a segunda fermentação que ocorre no processo de vinificação. A fermentação malolática constitui um processo biológico de desacidificação dos vinhos. Pode ocorrer de forma espontânea ou de forma induzida pela inoculação de bactérias lácticas. Trata-se da transformação do ácido málico (mais duro ao paladar) em ácido láctico (macio ao paladar), o qual é quimicamente mais fraco, liberando dióxido de carbono.

O início da fermentação malolática é constatado quando há desprendimento de dióxido de carbono na parte superior do recipiente, ou na degustação, ou quando o vinho

apresenta-se turvo. Esta fermentação pode ocorrer tanto em aerobiose como anaerobiose, embora a anaerobiose absoluta seja desfavorável (CATALUÑA, 1988; GUERRA; BARNABÉ, 2005).

A conclusão da fermentação malolática determina o final do processo de vinificação. Neste momento, o vinho adquiriu estabilidade, maior complexidade aromática, suavidade e maciez gustativa (MENEGUZZO; MANFROI; RIZZON, 2006).

3.3.3.13. Sulfitagem do Vinho

O uso de SO_2 , anidrido sulfuroso ou dióxido de enxofre é considerado benéfico por muitos enólogos, pois serve para estabilizar o vinho e evita que haja uma adulteração da sua qualidade. Quando adicionado ao vinho, diminui a cor no início, que volta a ser mais intensa e viva quando o SO_2 se volatiliza posteriormente. Esta intensificação é consequência da ação corrosiva do gás sobre as paredes das células que contém a matéria corante (CATALUÑA, 1988; ROSIER, 1993).

3.3.3.14. Colagem

Esta operação consiste na clarificação do vinho, através de um produto orgânico ou mineral, que por adsorção eletrostática coagula, floccula e arrasta as partículas em suspensão.

A colagem é utilizada com a finalidade de se obter uma rápida limpidez no vinho e evitar que se corra o risco de conservar um vinho turvo e mal acabado (ROSIER, 1993).

Em vinhos tintos, podem ser empregados vários clarificantes como clara de ovo, gelatina. Dentre os diversos clarificantes observa-se que o bentonite é o mais indicado para essa operação (AMARANTE, 1983).

3.3.3.15. Filtração

O processo de filtração pode ser utilizado de forma conjunta com a colagem, com a finalidade de minimizar a turbidez. É uma técnica que consiste em passar o vinho através de uma camada ou meio filtrante, com porosidade reduzida, para eliminar todas as substâncias em suspensão, outras em dissolução e microrganismos prejudiciais ao produto existentes nos vinhos. Com isso torna o produto límpido e cristalino, porém não estabilizado, pois certamente ocorrerão novas precipitações de cristais quando o vinho for submetido a baixas temperaturas (ROSIER, 1993; MEYEN; URSO; IKUNO, 2005).

Segundo Rosier (1993), muitas vinícolas substituem o processo de colagem pela filtração, pois um vinho não filtrado apresenta uma quantidade de partículas em suspensão que devem ser separadas rapidamente para não acarretar gosto e aroma desagradáveis ao vinho.

Guerra e Barnabé (2005) mostraram que a filtração é evitada por vinícolas que produzem vinhos de qualidade, pois essa prática pode retirar boa parte dos atributos desejáveis ao vinho, como compostos aromáticos. Devido a isso, para fins científicos a filtração não é utilizada, como verificado nos trabalhos de Rizzon e Miele (2005); Barnabé (2006); Manfroi et al. (2006); Manfroi et al. (2010).

3.3.3.16. Tratamento de Frio

Segundo Guerra e Barnabé (2005) e Rosier (1993), os vinhos, quando resfriados, sofrem um processo de formação de sais de potássio e cálcio. Esses sais influenciam de forma negativa no aspecto visual dessa bebida, pois ficam depositados no fundo da garrafa. O tratamento de frio, também chamado de estabilização física do vinho, visa atingir a estabilidade tartárica. Trata-se da insolubilização dos sais de bitartarato de potássio, que em vinhos não tratados são encontrados no fundo das garrafas. A mais importante função da precipitação destes sais é a redução da acidez total dos vinhos. Essa redução ocorre devido à separação do sal de bitartarato de potássio, o qual tem sua origem no ácido tartárico que é um dos principais componentes ácidos da uva. O tempo necessário para que a estabilização

física se concretize, dependendo da forma de obtenção das baixas temperaturas, pode variar de 10 a 30 dias. A temperatura do tratamento de frio depende do teor alcoólico do vinho.

3.3.3.17. Envelhecimento na Madeira

Adstringência é a sensação provocada pela reação dos taninos do vinho com as proteínas da boca, quando perdemos momentaneamente o poder lubrificante da saliva provocada pela possível presença do engajo. Esta sensação é desagradável, quando muito intensa e é própria dos vinhos novos e imaturos. Por isso é necessário o amadurecimento dos vinhos tintos, que é feito com a finalidade de transformar os taninos fortes, adstringentes, em suaves, “aveludados”, transmitindo ao vinho resultante a característica de “macio” e fácil de tomar. O amadurecimento se produz através da polimerização dos taninos, que se intensifica com a oxigenação ou arejamento do vinho (ABE et al., 2007). Esse arejamento é feito passando o vinho de pipa para pipa ou com o uso das barricas de carvalho de pequeno volume, geralmente de 225 litros. Esta fase dura de 6 a 12 meses.

Já os vinhos brancos quando envelhecidos só tendem a perder qualidade, pois o frescor e o aroma frutado que se buscam nestes vinhos diminuem de intensidade, e eles adquirem características que não são desejáveis. O mesmo ocorre com os vinhos rosados. Estes vinhos são armazenados em tanques de aço inox ou concreto, revestidos de resina epóxi ou com plástico reforçado com fibra de vidro. Alguns enólogos, consideram 2 anos o tempo ideal para o envelhecimento dos vinhos tintos finos (ROSIER, 1993; BRUNELLO et al., 2001).

3.3.3.18. Corte

Nessa etapa do processo é necessário misturar dois ou mais vinhos com a finalidade de obter um produto bem equilibrado e harmonioso. Quando um vinho atinge um padrão qualitativo, essa etapa é dispensada, porém quando realizada obtém-se um produto

com um incremento positivo. É importante salientar que a operação de corte exige bastante experiência do produtor, demandando, dessa forma, muitos cuidados (ROSIER, 1993).

3.3.3.19. Engarrafamento

Antes de ser engarrafado, o vinho ainda passa por algumas etapas que visam corrigir o pH, a cor ou concentração de O₂ dissolvido.

Na etapa de engarrafamento é adicionada certa quantidade de vinho na garrafa, deixando um espaço vazio, para eventual dilatação e para aplicar a vedação. A principal função da vedação da garrafa utilizando rolha de cortiça é proteger o vinho das contaminações microbianas e das oxidações, e também para que a bebida amadureça no ritmo certo. A rolha deve ser colocada na garrafa sem danificá-la. Posteriormente é feita a capsulagem que visa encobrir o bico da garrafa para evitar o contato do vinho com o ar (ROSIER, 1993; RIZZON; MANFROI, 2006b). Segundo Guerra e Barnabé (2005), para evitar possíveis entradas de ar na garrafa, após a colocação da rolha, o vinho deve ser deixado na posição vertical por 24 horas com o objetivo de adaptação da rolha ao gargalo. Após esse período, as garrafas devem ser armazenadas em posição horizontal para manter a rolha úmida.

A cor das garrafas deve ser preferencialmente escura, verdes ou castanhas, de modo a impedir que a incidência de luz possa exercer uma ação negativa sobre a estabilidade do vinho, causando a sua oxidação (MEYEN; URSO; IKUNO, 2005).

Nenhum vinho deve ser bebido imediatamente após ter sido engarrafado. Este deve ser deixado repousar de um a três meses dependendo do tipo para reencontrar o seu equilíbrio. O engarrafamento por mais cuidadoso que tenha sido, causa um choque ao vinho que reencontra seu equilíbrio quando cessa o efeito oxidante do ar. Determinados vinhos finos passam por um envelhecimento adicional na garrafa, antes de serem comercializados (MEYEN; URSO; IKUNO, 2005).

3.3.3.20. Envelhecimento do Vinho na Garrafa

O envelhecimento na garrafa só acrescenta qualidade em vinhos que possuem potencial para isto. É neste recipiente que o vinho encontra um meio redutor onde realmente se verifica a transformação do seu aroma, tornando-o mais fino e agradável devido principalmente ao fenômeno de esterificação (RIZZON; MANFROI, 2006b).

Segundo Rosier (1993), no que diz respeito à cor, também ocorrem mudanças, devido às alterações das antocianinas, que em ambiente redutor modifica a coloração de vinhos de tons avermelhados para tons acastanhados. Quanto ao sabor, os vinhos envelhecidos beneficiam-se de um arredondamento, salientando a harmonia de suas qualidades. A temperatura ideal de armazenamento varia de 16°C a 18°C, sendo importante evitar grandes variações térmicas no local. Daí o fato de muitas adegas armazenarem as garrafas de vinhos no subsolo, pois a temperatura deste local é mais amena, fazendo com que haja mais ventilação e evite a necessidade de dispositivo de refrigeração de ar.

As sucintas etapas do processo de vinificação mencionadas anteriormente foram importantes no que se refere às variações ao longo do processo. Cada uma delas apresenta suas peculiaridades e o produtor necessita ficar atento às mudanças no processo para que o vinho resultante apresente boa qualidade para ser consumido.

3.3.3.21. Aspectos Sensoriais

A análise sensorial tem como objetivo classificar determinado vinho, avaliar componentes desejáveis e indesejáveis e estabelecer a qualidade como um todo. Essa análise pode ser realizada de diversas maneiras, desde uma simples análise superficial até uma mais elaborada e complexa (AMERINE; BERG; CRUESS, 1967).

O vinho é elaborado a partir da uva, porém, em sua composição estão presentes alguns constituintes que influenciam sua viscosidade.

A relação entre a composição química e a avaliação sensorial do vinho é bastante complexa. Vários compostos orgânicos como ésteres, alcoóis, cetonas, ácidos

orgânicos são importantes contribuintes para o aroma do vinho (HOWARD; MIKE; RIESEN, 2005).

Os compostos voláteis surgem de várias fontes: extraídos da uva, durante a fermentação, armazenamento e processamento. Segundo Callejón et al. (2012), estudaram os efeitos de diferentes tempos de maceração nas concentrações de compostos voláteis durante a fermentação de uvas Cabernet Sauvignon, e demonstraram que alguns compostos atingiram concentrações mais elevadas nas fermentações realizadas com as cascas.

No caso particular dos vinhos, são avaliados três aspectos sensoriais de qualidade, a visão, o olfato e o paladar. Para os enólogos o olfato é o sentido mais importante e está relacionado com o caráter volátil, solubilidade e propriedades aromáticas do vinho. A visão está relacionada com limpidez (presença de materiais suspensos), brilho, cor, viscosidade (formação de “lágrimas” na parede da taça) e presença de gás (MANFROI, 2004; MIELE, 2006). A análise gustativa é a que informa as sensações gusto-olfativas e táteis da bebida através das papilas gustativas, as quais identificam as quatro sensações básicas: doce, salgado, amargo e ácido. A sensação de calor, provocada pelo teor alcoólico, a adstringência, provocada pelos taninos, e a pungência, ou sensação de agulha característica da presença de gás carbônico, são sensações que exercem funções importantes na degustação de vinhos (MANFROI, 2004; JACKSON, 2008).

Todas essas características sensoriais são avaliadas de diversas formas, desde provadores treinados que utilizam metodologias técnicas até por meros consumidores.

3.4. Uvas Utilizadas na Produção de Vinho

3.4.1. Composição Química das Uvas

Segundo Pacheco (1995), o cacho de uva é composto de duas partes básicas, o engaço e as bagas ou grãos. O engaço, quando não é usado na vinificação, volta para a terra para conter a erosão. As bagas possuem três partes, película, polpa e sementes, cada uma com propriedades distintas.

A película, pele ou casca, responsável por 7 a 8% do peso do grão, é de importância fundamental na vinificação, pois contém uma substância cerosa que adere

microrganismos presentes no ar incluindo as leveduras, que provocam uma fermentação espontânea. Além disso, possui ainda as matérias corantes que dão a cor desejada ao vinho. Outros componentes importantes da película são os aromas característicos, que se transferem para o mosto, geralmente pouco aromático. Sendo assim a película influencia de forma decisiva sobre o sabor dos vinhos (VOGT et al., 1986; BRUNELLO et al., 2001).

A polpa tem uma consistência variável de acordo com a qualidade das uvas. Esta pode ser macia ou dura, sucosa ou carnosa, dependendo da variedade. Do ponto de vista técnico e econômico, é a parte mais interessante da baga, porque contém o mosto cujo componente maior é a água (70 - 80% do volume total). O mosto é um líquido mais denso do que a água e contém açúcares (glicose e frutose 12 a 15%), ácidos orgânicos (málico, cítrico 0,4 a 1,3%), substâncias nitrogenadas e matérias pécnicas (0,03 a 0,17%), sais minerais (0,3 a 0,5%), taninos e matérias corantes (0,01 a 0,10%). As substâncias minerais de maior importância são os sulfatos, tártaros e fosfatos. Esses últimos são os mais significativos, pois exercem grande importância na alimentação das leveduras (VOGT et al., 1986).

O açúcar encontra-se distribuído na baga da uva em proporções desiguais. Durante o amadurecimento, a parte mais próxima da casca é a que contém maior quantidade desse carboidrato. Os açúcares do mosto, glicose e frutose, são de fácil fermentação pela ação da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, produzindo etanol e anidrido carbônico. No período de maturação da uva, o teor de açúcares aumenta rapidamente e seu peso pode passar de 10g a 180 g em um mês (CATALUÑA, 1988). A glicose predomina no início da maturação da uva, mas no final há praticamente as mesmas proporções de glicose e frutose (BRUNELLO et al., 2001).

A quantidade de açúcar da uva depende de vários fatores como variedade, sanidade e maturidade da fruta. Quando essa quantidade não atinge o nível desejável de concentração de açúcar para a fermentação, faz-se necessário a adição de sacarose para atingir o teor alcoólico preconizado pela legislação (JACKSON, 2008). Os açúcares redutores não fermentescíveis, quando atingem níveis superiores a 1,5 g/L promovem percepção da sensação de doçura (JACKSON, 2008).

As sementes encontram-se no centro da baga e geralmente são quatro no máximo, contribuindo entre 3 a 4% do peso total da baga, e nelas são encontrados água, óleos, celulose, substâncias tânicas e minerais (VOGT et al., 1986).

Na vinificação atual, as sementes não devem ser esmagadas para evitar o excesso de taninos, óleo e ácidos, devido ao gosto adstringente e o prejuízo nas qualidades

sensoriais do vinho. Entretanto, mesmo não sendo esmagadas ainda dão uma pequena percentagem de taninos no vinho. Essas substâncias gordurosas podem ser extraídas por pressão ou solvente e usadas para fins industriais ou alimentícios (PACHECO, 1995).

3.4.2. Classificação das Uvas no Brasil:

Existem inúmeras variedades de uvas para a elaboração de vinho em diferentes regiões vitivinícolas.

De acordo com a portaria n.º 164 de 17/02/78 do Ministério da Agricultura, as uvas brasileiras foram classificadas oficialmente em cinco grupos.

Grupo I - Viníferas nobres, Européias, *Vitis Viníferas*

Tintas: Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Gamay Beaujolais, Merlot, Pinot Noir.

Branças: Chardonnay Gewurstraminer, Pinot Blanc, Riesling renano, Riesling itálico, Semillon, Sauvignon blanc, Sylvaner.

Grupo II - Viníferas superiores, Européias, *Vitis Viníferas*

Tintas: Canaiolo, Carmenore, Grenache, Lambrusco, Malbec, Nebbiolo, Petit Syrah (ou Duriff), Sangiovese.

Branças: Aligoté, Cheninblanc, Malvasia, Palomino, Peverella, Trebbiano (ou Saint Emilion), Vernaccia.

Grupo III - Viníferas Especiais - Européias - *Vitis Viníferas*

Tintas: Aramon (ou Valdiguié), Barbera, Bonardia, Caringnane, Cinsault, Freisa, Grand Noir, Marzemina, Rubi Carbenet, Syrah, Tannat (ou Harrinague).

Branças: ClairetteMoscato, Verdiso, Verdea, Vermentino.

Grupo IV - Comuns Superiores - Americanas- Híbridas

Tintas: Bordô (York madeira ou folha de figo), Concord, Herbemont, Isabel, Jacques, Seibel.

Branças: Baco blanc, Courdec, Dutches, AC, Niagara, Seibel, SeyveVillard.

Grupo V -Comuns - Americanas - Híbridas

Tintas: Boudin, Clinton, Cyintia, Landot, Oberlin, Otelo, Santiago, Zeperina.

Branças: Boudin, Goethe, Martha.

3.4.3. Uvas Utilizadas Neste Trabalho

3.4.3.1. Nebbiolo

As uvas Nebbiolo (Figura 2) são oriundas da bacia do Mediterrâneo e intensamente cultivadas nos países da Europa, sendo por isso, conhecidas como *vitis viníferas* ou européias. Essas videiras produzem uvas de casca fina, de alta qualidade para produção de vinhos finos. No Brasil, a proporção atual da produção dessas uvas é de 30 a 40%, aproximadamente, cultivada na região de Encruzilhada do Sul, enquanto na França, Chile e Argentina é de quase 100%.

O vinho elaborado a partir dessa uva possui um aroma misto de frutas silvestres, como pitanga e cereja. Apresenta taninos firmes e maduros que envolvem a boca transmitindo força e harmonia, aromas maduros e complexos, e coloração vermelho cereja com reflexos alaranjados próprios da variedade (LA UVA NEBBIOLO, 2009).



Figura2: Uva Nebbiolo

Fonte: La uva Nebbiolo

3.4.3.2. Cabernet Sauvignon

A uva Cabernet Sauvignon (Figura 3) é uma das mais populares do mundo. É originária de Bordeaux (França) e considerada a mais nobre cultivar francesa para elaboração de vinho tinto. Constitui base dos mais famosos vinhos tintos da região de Bordeaux, participando com até 75% do seu volume. Registros indicam que essa uva tenha sido introduzida no Rio Grande do Sul em 1921 e várias tentativas foram feitas para difundir seu cultivo na Serra Gaúcha, especialmente nas décadas de 30 e 40. Entretanto, foi a partir de 1982 que seu cultivo aumentou consideravelmente. A difusão dessa uva no estado prossegue em bom ritmo e é a vinífera tinta que ocupa, atualmente, o primeiro lugar na formação de novos vinhedos. É combinada com outras uvas para amenizar seu bouquet extremamente marcante (RIZZON; MIELE, 2005). Segundo Guerra et al. (2009), o vinho elaborado com Cabernet Sauvignon é rico em cor, extrato e tanino, é também chamado de vinho encorpado, e exige um tempo de envelhecimento para ser consumido, pois seu aroma e “bouquet” característicos evoluem com o passar dos dias. Límpido e brilhante, de tonalidade violeta, aromas de frutas vermelhas maduras como cassis e um suave toque de especiarias provenientes da própria uva, com notas suaves de baunilha, café e chocolate obtidos da maturação por 12 meses em barrica de carvalho francês. Na boca, é marcante e de bom corpo, com taninos maduros que oferecem persistência gustativa longa e agradável.



Figura3: Uva Cabernet Sauvignon
Fonte:Tipos de uvas – Vinhos net

3.4.3.3. Malbec

A uva Malbec (Figura 4) é originária da região de Bordeaux (França). Ela foi difundida com êxito para fora da França, principalmente para a Argentina. Essa uva possui boa acidez e de coloração vermelho rubi. Com este tipo de uva, é elaborado um vinho de aromas frutados, bom corpo e acidez balanceada. Seus vinhos possuem características de jovialidade, intensidade e ternura, possui coloração vermelho rubi, brilhante e vivo, costumam apresentar aromas de ameixa, cereja em compota e notas florais e, além do perfume, são densos e escuros. Possui taninos fortes aveludados, envolvente em boca, é um vinho equilibrado e persistente. Vinhos elaborados a partir de um corte de 80% Cabernet Sauvignon e 20% Malbec, tem a valorização da sinergia e da cumplicidade para inspirar o sentido e a força da união. As videiras são conduzidas pelo sistema de espaldeira. Essa uva pode ganhar complexidade se amadurecida em carvalho (ENOLEIGOS: SÉRIE UVAS, 2010).



Figura4: Uva Malbec
Fonte: Enoleigos, 2010.

3.4.3.4. Tannat

A uva Tannat (Figura 5) é originária da região Basca, sudoeste da França, e adaptou-se muito bem no Uruguai, onde é a principal vinífera cultivada. Foi introduzida no Rio Grande do Sul pela Estação Experimental de Caxias do Sul, em 1947. Tem cacho grande e bagas médias ou pequenas. Essa uva possui coloração vermelho rubi intenso e profundo de

grande vivacidade, o que permite ser usada também em cortes com outros vinhos deficientes em cor. O vinho de Tannat é rico em cor, extrato, compostos fenólicos, estruturado e de coloração muito intensa. Sua riqueza aromática demonstra potência através de notas intensas de ameixas secas e marmelo, frutas vermelhas, framboesa, cassis e especiarias, aromas que com a evolução na taça transformam-se em sensações de café, cacau e notas balsâmicas. De paladar opulente, possui grande caráter com taninos firmes e maduros transmitindo força e vigor. A sua estrutura envolve plenamente a boca, em grande harmonia com seus constituintes de corpo e acidez, oferecendo sensações que se prolongam. Uma particularidade deste vinho é a longa maturação das suas uvas. Se a uva é madura, o vinho envelhecido em barrica de carvalho torna-se relativamente redondo, mais suave e agradável. É uma bebida bastante adstringente e, portanto necessita de envelhecimento prolongado (GUERRA et al., 2009).



Figura5: Uva Tannat
Fonte:Tipos de uvas – Vinhos net

3.4.3.5. Teroldego

A uva Teroldego é originária da região Trentina (Figura 6), norte da Itália. É uma das mais espetaculares cepas de todo o país. Em Encruzilhada do Sul – RS, esta uva encontrou um ambiente extremamente favorável para seu cultivo. A Teroldego tem características muito interessantes, produzindo desde vinhos jovens e agradáveis, até monumentos que podem envelhecer por décadas. Seus fermentados possuem aromas intensos

e complexos, e um paladar rico e volumoso e são comumente carregados de tons terrosos e levemente herbáceos. Envolvente na sua coloração violácea intensa, seu aroma misterioso revela notas de ameixa em passa, evoluindo para o chocolate, baunilha e tabaco. Encanta por sua complexidade de força. Seu sabor é encorpado, com acidez equilibrada, taninos macios e adocicados (ANGHEBEN VINHOS FINOS, 1999).



Figura6: Uva Teroldego
Fonte: Angheben vinhos finos, 1999

3.4.3.6. Barbera

A uva Barbera (Figura 7) é originária da região norte da Itália, sendo a mais cultivada nessa região. Além de grande expressão em seu país de origem, a Barbera também é cultivada na Argentina e no Brasil. Foi introduzida no Rio Grande do Sul no início do século XX, e seu cultivo se difundiu na Serra Gaúcha, a partir de 1925. Foi a principal vinífera tinta da região até 1983. A partir daí, cedeu espaço para viníferas tintas francesas como Cabernet Franc, Merlot e Cabernet Sauvignon. É uma cultivar produtiva e bem adaptada no Rio Grande do Sul. É uma variedade que amadurece relativamente tarde. Sua principal característica é o alto nível de acidez natural e elevado teor de açúcar, ainda que muito madura. É sensível às podridões do cacho, havendo prejuízos em anos chuvosos durante o período de maturação. Essas características a torna uma ótima opção para regiões de clima quente desde que sua produtividade seja controlada. Algumas características comuns aos vinhos originados da uva Barbera, são a coloração rubi intenso e profundo, acidez elevada, bom corpo ainda que com

moderada presença de taninos, rico em extrato e teor alcoólico relativamente baixo, podendo variar de acordo com as regiões onde é cultivada. Este vinho poderá conter pequenas quantidades de depósitos decorrentes de seu processo natural de estabilização (TIPOS DE UVAS – VINHOS, 2010).



Figura7: Uva Barbera
Fonte:Tipos de uvas – Vinhos net

3.4.3.7. Pinotage

A uva Pinotage (Figura 8), originária da África do Sul, é um híbrido que uniu as qualidades organolépticas de Pinot Noir com a notável produtividade e a resistência da Cinsault. Foi trazida para o Brasil em 1979, pela Maison Forestier, sendo cultivada experimentalmente nos vinhedos da empresa, em Garibaldi. A partir de 1990 começou a ser plantada comercialmente na Serra Gaúcha. É produtiva, resistente a podridões do cacho. A Pinotage é uma uva de coloração rubi-violeta de difícil trato, que pode originar vinhos de alta qualidade. O vinho de Pinotage é de coloração vermelho rubi intenso, com alta quantidade de taninos, corpo robusto, mas ao mesmo tempo macio e delicado, límpido e brilhante, luxuriante e sedutor. Seu aroma característico exhibe notas de amêndoas tostadas e o sabor difere de qualquer outro tipo de vinho. Os melhores produtores conseguem elaborar vinhos de longa guarda de excelentes qualidades (GUERRA et al., 2009).



Figura8: Uva Pinotage
Fonte:Tipos de uvas – Vinhos net

3.4.3.8. Merlot

A uva Merlot (Figura 9) é também originária da região do Medóc (França), onde é cultivada desde 1950. Possui cacho geralmente alado de tamanho médio e bagas pequenas. Esta uva dá origem a um vinho seco, aveludado, rico em álcool e de coloração intensa. Devido à sua constituição fenólica, pode ser fermentado e amadurecido em barrica de carvalho. É um vinho que pode ser consumido puro ou cortado com outros varietais, principalmente, com o Cabernet Sauvignon. Os vinhos mais complexos lembram trufas e são frutados, com características de ameixa, cereja preta, framboesa e groselha (GUERRA et al., 2009).



Figura9: Uva Merlot
Fonte: Tipos de uvas – Vinhos net

3.5. Reologia de Fluidos Alimentícios

A Reologia é uma Ciência que surgiu no início do século XX e tem como principal propósito o estudo das deformações e do escoamento dos materiais, como indicado pelos radicais de origem grega *rheos* (fluir) e *logos* (estudo). Seu objetivo consiste no estudo do comportamento mecânico da matéria, ou seja, no estabelecimento de relações entre as forças aplicadas e as deformações resultantes (MACOSCO, 1994). Em outras palavras, a reologia é o estudo da maneira como os materiais respondem à aplicação de alguma tensão ou deformação (STEFFE, 1996; TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

Como todos os materiais possuem propriedades reológicas, além da engenharia de alimentos, o conhecimento da reologia é de fundamental importância para muitas áreas de estudo, tais como geologia, bioengenharia, indústria farmacêutica, entre outras (ASTOLFI-FILHO, 2011).

Na área de alimentos, o conhecimento das propriedades reológicas dos materiais é essencial no controle de qualidade do produto final ou controle intermediário, avaliação da textura do alimento, projeto de equipamentos como tubulações, bombas, trocadores de calor, evaporadores, etc, definição de vida de prateleira do produto, desenvolvimento de produto, determinação da estrutura do alimento, incluindo mudanças físico-químicas que ocorrem durante o processamento e armazenamento (BOURNE, 1992; GUERRERO; ALZAMORA, 1997; ALVARADO; AGUILERA, 2001).

O dimensionamento de equipamentos para processamento de vinho envolve problemas relativos ao seu escoamento (QUEIROZ; VIDAL; GASPARETTO, 2000), e ter-se o conhecimento do comportamento reológico é útil não só para o controle de qualidade do produto, mas principalmente para a adequação correta do processo.

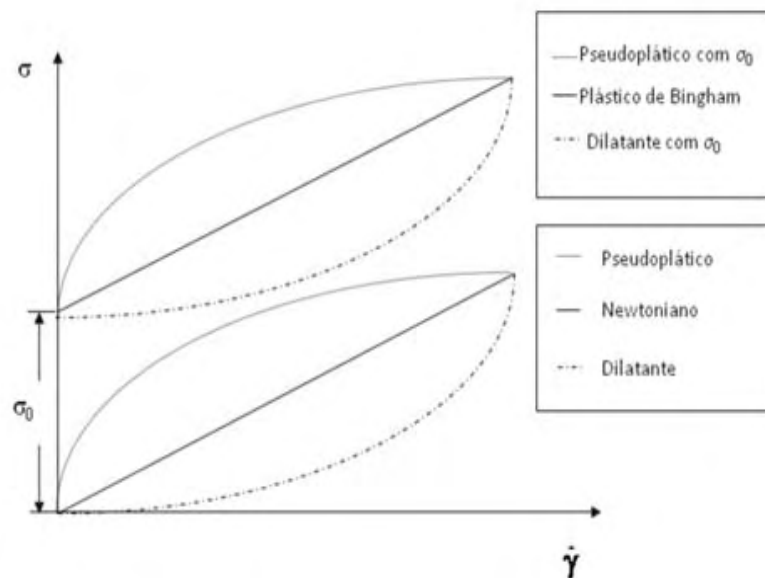
Segundo Costell e Duran (1982), os principais responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são: o tipo da fruta, temperatura e teor de sólidos. Uma vez que os sucos, polpas e néctares de frutas são sistemas bifásicos constituídos por partículas sólidas dispersas em meio aquoso, o seu comportamento reológico também será influenciado pela concentração, composição química, tamanho, forma e distribuição das partículas que compõem a fase dispersa. Macosco (1994) salienta a importância do conhecimento do comportamento reológico dos derivados de frutas, que deve

ser utilizado nos parâmetros de qualidade, de avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos.

3.5.1. Classificação dos Fluidos

Um fluido é uma substância que deforma continuamente quando submetida a uma tensão de cisalhamento. A viscosidade pode ser utilizada para classificar o comportamento de diversos fluidos. Do ponto de vista reológico, os fluidos podem ser classificados em diferentes categorias, e devido à sua grande variedade em estrutura e composição, apresentam características reológicas que vão desde um simples comportamento Newtoniano a um não-Newtoniano que pode ou não ser dependente do tempo (ARAÚJO, 2003).

A Figura 10 demonstra o comportamento reológico dos principais tipos de fluidos .



$\dot{\gamma}$ = Taxa de deformação (1/s); τ = tensão de cisalhamento (Pa); τ_0 = tensão residual (Pa).

Figura10: Curvas de escoamento típicas de fluidos (SATO, 2002).

Os fluidos que obedecem à lei de Newton, isto é, aqueles cuja razão entre tensão de cisalhamento e gradiente de velocidade (taxa de deformação) é constante, linear

(sem a tensão inicial), para determinadas temperatura e pressão, as quais influenciam sua viscosidade, são denominados Newtonianos. Assim, uma única determinação experimental é suficiente para definir o parâmetro reológico do fluido (ARAÚJO, 2003). Esses fluidos são geralmente: água, solventes orgânicos, óleos e soluções de compostos de baixo peso molecular, como a glicose, sacarose, entre outros. Um tipo de alimento com comportamento newtoniano pode mudar a não-Newtoniano, dependendo de sua origem, concentração de sólidos e outras propriedades relacionadas a interações moleculares (RAO, 1977; ALVARADO; AGUILERA, 2001).

Fluidos que não possuem o comportamento Newtoniano são chamados de fluidos não-Newtonianos. Nesta classificação encontram-se a maioria dos alimentos de interesse industrial. Estes fluidos mostram uma relação mais complicada entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento, ou seja, para cada taxa de deformação aplicada ao fluido, temos uma viscosidade aparente (μ_a). Desta forma, as propriedades dos fluidos não-Newtonianos são influenciadas também pela taxa de deformação (TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

Os fluidos não-Newtonianos são divididos em duas categorias: dependentes do tempo e independentes do tempo (HOLDSWORTH, 1971; RAO, 1977).

A grande maioria dos fluidos não-Newtonianos é independente do tempo, e denomina-se pseudoplástico quando a taxa de acréscimo na tensão de cisalhamento diminui com o aumento da taxa de deformação. Holdsworth (1971) descreve que o comportamento de um fluido pseudoplástico é explicado pela modificação da estrutura de cadeias longas de moléculas com o aumento do gradiente de velocidade. Essas cadeias tendem a se alinhar paralelamente às linhas de corrente, diminuindo a resistência ao escoamento. Em altos gradientes de velocidade, esses fluidos tendem a um comportamento Newtoniano, devido à completa orientação das cadeias ou partículas, e para baixos gradientes de velocidade, esses fluidos também apresentam comportamento Newtoniano devido à completa distribuição ao acaso da orientação das partículas.

Os fluidos dilatantes é uma outra categoria de fluidos não-Newtonianos independentes do tempo, e estes exibem um comportamento oposto ao pseudoplástico, ou seja, a taxa de acréscimo na tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de deformação (SCHARAMM, 2006). Esses fluidos são mais raros, e podem ser representados por: amido, suspensões de areia, méis de abelha de flores de certas espécies de eucaliptos, entre outros (RAO, 1977).

O fenômeno da dilatância é explicado pela existência, no líquido, de um sistema de partículas densamente empacotado. Se esse sistema for submetido ao cisalhamento, deverá ocorrer certa separação das partículas, antes que elas comecem a deslizar umas sobre as outras. Como consequência, ocorrerá um aumento global de volume. Assim à medida que as tensões aumentam, as partículas passam a interagir entre si, aumentando a viscosidade do sistema (HOLDSWORTH, 1971).

Os fluidos de Bingham, também não-Newtonianos independentes do tempo, apresentam tensão inicial e um comportamento linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. Geralmente são soluções concentradas de polímeros ou dispersões de proteínas.

Os fluidos de Hershey-Bulkley apresentam uma tensão inicial como os fluidos de Bingham, porém apresentam um comportamento reológico semelhante ao dos pseudoplásticos após ultrapassar a tensão inicial.

Os fluidos não-Newtonianos dependentes do tempo, cuja viscosidade para um gradiente de velocidade constante aumenta ou diminui com o tempo, podem ser subdivididos em tixotrópicos e reopéticos (HOLDSWORTH, 1971). Os fluidos tixotrópicos (afinantes) são os materiais que possuem uma estrutura que é quebrada em função do tempo e da taxa de deformação. Já os fluidos reopéticos (espessantes), inclui poucos materiais que são capazes de desenvolver ou rearranjar uma estrutura enquanto são submetidos a uma tensão de cisalhamento.

Os fluidos que não se enquadram nas classes anteriores são os fluidos viscoelásticos, os quais podem agir como sólido (elasticidade) ou fluido (plasticidade) puramente viscosos não-Newtonianos, conforme as tensões aplicadas. A determinação do comportamento viscoelástico exige equipamentos caros que se usam nos laboratórios de desenvolvimento de produtos (ARAÚJO, 2003).

3.5.2. Modelos Reológicos

Os modelos reológicos baseiam-se em aspectos teóricos relacionados com a estrutura do fluido, e são utilizados para relacionar propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas, como concentração, temperatura, pH, índice de maturação, etc. Ter-se esse

conhecimento é de fundamental importância e indispensável para o dimensionamento de equipamentos tais como, bombas, tubulações, trocadores de calor, evaporadores, entre outros, no controle de qualidade, nas linhas de produção e no projeto de processos (ARAÚJO, 2003). Para a realização dessas atividades, é necessária a disponibilidade de equações matemáticas que relacionam estas grandezas. Bird et al. (1960) definiram que as propriedades reológicas dos fluidos podem ser definidas, em geral, por uma equação:

$$\tau = f(\dot{\gamma}) \quad \text{(Equação 1)}$$

que relaciona a tensão de cisalhamento (τ) aplicada ao fluido, com o gradiente de velocidade ($\dot{\gamma}$) resultante.

A importância de um modelo reológico é a representação matemática da relação entre os valores experimentais de tensão de cisalhamento (τ) e taxa de deformação ($\dot{\gamma}$). Os modelos reológicos, de um modo geral, são isotérmicos, pois descrevem um comportamento de um fluido a uma temperatura fixa, e os parâmetros do modelo são relacionados com a temperatura através de equações específicas. Mas, alguns modelos, conhecidos como não isotérmicos, já incluem as relações com a temperatura (QUEIROZ, 1998; ARAÚJO, 2003).

Na maioria dos alimentos, o comportamento reológico é independente do tempo. Os fluidos se classificam em duas categorias principais: aqueles que não necessitam de uma tensão inicial (τ_0) para escoar (fluidos pseudoplásticos e dilatantes) e aqueles que necessitam de uma tensão inicial ou residual (τ_0) para escoar (fluidos Bingham e Hershey-Bulkley). O modelo reológico mais largamente utilizado para descrever o escoamento de fluidos não newtonianos é o modelo de Ostwald De Waelle mais conhecido como Lei da Potência. É recomendado para fluidos que iniciam o processo de escoamento quando a tensão de cisalhamento aplicada supera a tensão inicial característica de cada um desses fluidos (QUEIROZ, 1998).

3.5.2.1. Modelos sem Tensão Residual

Neste caso, são utilizados dois modelos: Newtoniano e o de Ostwald De Waelle ou Lei da Potência.

3.5.2.1.1. Modelo Newtoniano

Os fluidos Newtonianos apresentam relação linear entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento (RAO, 1999). A equação matemática que descreve um fluido Newtoniano está representada pela Equação 2:

$$\tau = \mu * \dot{\gamma} \quad (\text{Equação 2})$$

onde: μ é a viscosidade do fluido.

No caso de fluidos não-newtonianos, a relação $\mu_a = \tau/\dot{\gamma}$ denomina-se viscosidade aparente, e esta passa a ser função do gradiente de velocidade e/ou tensão de cisalhamento.

3.5.2.1.2. Modelo da Lei da Potência

O modelo mais comum de um fluido não-Newtoniano é descrito pela equação empírica de Ostwald De Waelle, conhecido como Lei da Potência, e está representado pela Equação 3:

$$\tau = k * \dot{\gamma}^n \quad (\text{Equação 3})$$

onde: k = índice de consistência e n = índice de comportamento do escoamento.

Neste caso a viscosidade aparente é dada pela Equação 4:

$$\mu_a = k * \dot{\gamma}^{n-1} \quad \text{(Equação 4)}$$

onde: μ_a é função de $\dot{\gamma}$ e/ou tensão de cisalhamento.

De acordo com o valor de n , o qual pode assumir valores maiores, iguais ou menores que 1, os fluidos podem ser classificados em pseudoplásticos, dilatantes ou Newtonianos. Para valores de n menores que 1, a viscosidade aparente decresce com a taxa de deformação e o fluido é caracterizado como pseudoplástico. A maior parte dos alimentos não-Newtonianos apresentam este comportamento (STEFFE, 1996; ARAÚJO, 2003).

Para o valor de n igual a 1, tem-se um fluido Newtoniano, com k igual à viscosidade. Quando n for maior que 1, a viscosidade aparente aumenta com o aumento da taxa de deformação (gradiente de velocidade) e o fluido é caracterizado como dilatante (ARAÚJO, 2003).

3.5.2.1.3. Modelos com Tensão Residual

Quando um fluido não-Newtoniano possuir uma tensão inicial de escoamento, este não poderá ser representado pelo modelo da Lei da Potência. Existem outros modelos a serem utilizados neste caso, como o modelo de Bingham e de Hershey-Bulkley.

3.5.2.1.4. Modelo de Bingham

É o mais simples dessa categoria. Mostram a relação linear entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação, após vencer a tensão de cisalhamento inicial (τ_0). A representação matemática desses fluidos é dada pela Equação 5.

$$\tau = \tau_0 + \mu_p * \dot{\gamma} \quad \text{(Equação 5)}$$

Para $\tau > \tau_0$

onde: τ_0 = tensão de cisalhamento residual ou inicial e μ_p = viscosidade plástica de Bingham.

3.5.2.1.5. Modelo de Hershey-Bulkley

Esse modelo é uma extensão do modelo da lei da potência com tensão de cisalhamento inicial, e é representado pela Equação 6.

$$\tau = \tau_{oh} + k_h * \dot{\gamma}^{n_h} \quad \text{(Equação 6)}$$

onde: τ_{oh} = tensão residual; k_h = índice de consistência; n_h = índice de comportamento do escoamento.

3.5.3. Reologia e Viscosidade

A viscosidade é considerada a principal propriedade reológica de um fluido. Em muitas operações das indústrias de alimentos, conhecer a viscosidade do fluido é essencial para a definição do equipamento mais apropriado.

No processamento de alimentos, a medição da viscosidade permite controlar a qualidade das matérias-primas, avaliar o efeito das variações nas condições de processamento sobre os produtos durante a fabricação e estimar o produto final. Essa medição constitui uma valiosa informação para a otimização das propriedades dos produtos na indústria alimentícia, para a redução dos custos nos ingredientes, e para garantir uma melhor consistência do produto.

O termo viscosidade é comumente utilizado para fluidos Newtonianos, enquanto para fluidos não-Newtonianos o termo mais apropriado a se utilizar é viscosidade aparente, a qual depende somente da magnitude da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento.

A viscosidade pode mudar consideravelmente em algumas operações, em particular, nos processos que envolvem aquecimento, resfriamento, homogeneização e concentração, bem como durante fermentações industriais (LEWIS, 1993).

3.5.4. Influência da Temperatura sobre o Comportamento Reológico dos Líquidos

A temperatura é um parâmetro relacionado com a energia interna da substância ou mistura. Ela exerce grande influência sobre o comportamento reológico dos alimentos. Durante o processamento, armazenamento, transporte e consumo, os alimentos fluidos são submetidos a diversas temperaturas. A experiência tem mostrado que a viscosidade de um líquido é altamente influenciada por mudanças da temperatura (RAO, 1984).

Em geral, o efeito da temperatura na viscosidade ou na viscosidade aparente pode ser representada pela equação de Arrhenius (Equação 7):

$$\mu_a = B * \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad \text{(Equação 7)}$$

onde: B = parâmetro de ajuste ou viscosidade referência; E_a = energia de ativação do escoamento (J/mol); R = constante dos gases $\left(\frac{8,314J}{mol*K}\right)$, μ_a = viscosidade aparente (Pa.s) e T = temperatura absoluta (K).

O modelo de Arrhenius relaciona o efeito da temperatura na viscosidade de diversos alimentos líquidos (RIGO; BEZERRA; CÓRDOVA, 2010). Rao et al. (1984), avaliando os efeitos da temperatura e da concentração do suco de laranja concentrado, verificaram que este produto tem comportamento pseudoplástico e que o modelo de Arrhenius descreve muito bem o efeito da temperatura sobre a viscosidade.

Segundo Telis-Romero (1992), de maneira geral, um aumento na temperatura resulta na diminuição do valor do índice de consistência (k), enquanto que o índice de comportamento do fluido (n) é pouco afetado.

Rigo, Bezerra e Córdova (2010), em seu trabalho estudaram o efeito de diferentes temperaturas (10°C a 60°C) no comportamento reológico da polpa integral de

butiá, e a influência da geometria (placas paralelas e cilindro concêntrico) de medida na determinação da reologia. Constataram que o melhor ajuste se deu pelo modelo de Hershey-Bulkley e que a viscosidade diminui com o aumento da temperatura. O comportamento da polpa foi pseudoplástico, pois os índices de comportamento obtidos foram menores do que um. Com relação à geometria constataram que o sistema de placas paralelas se mostrou inadequado para a polpa de butiá. E para descrever o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente da polpa utilizou o modelo de Arrhenius.

3.5.5. Influência da Composição de Extrato Seco e Etanol

O extrato seco total do vinho corresponde ao peso do resíduo seco obtido pela evaporação dos compostos voláteis (OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN, 1978). Representa a soma das substâncias que em determinadas condições físicas não se volatilizam. Os principais grupos que compõem o extrato seco são os ácidos fixos, sais orgânicos e minerais, poliálcoois, compostos fenólicos, compostos nitrogenados, açúcares e polissacarídeos (RIZZON; MIELE, 1996).

O teor de extrato seco é uma importante característica para avaliar o vinho, ou seja, a qualidade da uva e o sistema de vinificação. Ele está relacionado com a estrutura e o corpo do vinho, sob o ponto de vista organoléptico. Quanto maior o teor de extrato seco, maior será a sensação de textura proporcionada pelo vinho e, além disso, maior será sua densidade.

A legislação brasileira não estabelece limites para o extrato seco total dos vinhos, mas determina valores máximos para a relação álcool em peso/ extrato seco reduzido. A partir de 1988, os valores máximos dessa relação foram para vinhos comuns tintos, rosados e brancos de 4,8; 6,0 e 6,5; e para vinhos finos tintos, rosados e brancos de 5,2; 6,5 e 6,7, respectivamente (RIZZON; MIELE, 1996).

Rizzon e Bressan (1982) demonstraram que a intensidade de chaptalização interfere na relação álcool em peso/ extrato seco reduzido dos vinhos tintos brasileiros. Em seu experimento ele comparou os valores de extrato seco obtido pelo do método direto de pesagem do resíduo seco com o método densimétrico indireto. A partir dos resultados obtidos concluíram que o método densimétrico, para a determinação do extrato seco total, origina

valores mais elevados para vinhos secos, não se justificando os valores limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira para a relação álcool em peso/extrato seco reduzido, por serem excessivamente elevados.

Yanniotis et al. (2007) estudaram o efeito da concentração de etanol, extrato seco e glicerol na viscosidade de vinhos tintos secos e suaves e vinhos brancos. Os autores verificaram que a viscosidade dos vinhos é influenciada pelo conteúdo de etanol e de extrato seco. Demonstraram que com o aumento do conteúdo de extrato seco e de etanol a viscosidade aumentou. No caso do glicerol, constataram que este componente contribui menos que os demais, devido à sua baixa concentração, tendo um efeito insignificante sobre a viscosidade de vinhos.

3.5.6. Influência da Concentração de Sólidos Solúveis sobre o Comportamento Reológico dos Líquidos

A viscosidade é uma propriedade dependente da concentração de sólidos solúveis, tornando-se maior com o aumento da concentração desses sólidos.

Em soluções que contém açúcar, a viscosidade aumenta rapidamente nas altas concentrações, pois as moléculas de sacarose formam agregados hidratados em altas concentrações e baixas temperaturas, diminuindo a quantidade de água livre disponível. Com o aumento da temperatura, esses agregados são destruídos rapidamente, diminuindo de modo acentuado a viscosidade aparente. Assim, como resultado, a viscosidade varia bastante com a temperatura em altas concentrações, indicando uma alta energia de ativação (ARAÚJO, 2003).

Nindo et al. (2005), em estudos sobre a viscosidade de sucos concentrados de uvas, verificaram comportamento newtoniano e que os modelos matemáticos dependem somente do conteúdo de sólidos e das temperaturas utilizadas.

Ao estudar o efeito da concentração sobre as propriedades físicas de suco de caju, Azoubel et al. (2005), verificaram que as propriedades físicas dependem diretamente da concentração, com o aumento da viscosidade a medida que aumenta o conteúdo de sólidos solúveis. Para o suco de caju, verificaram comportamento não-Newtoniano com características pseudoplásticas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Matéria-prima

No presente trabalho foram utilizados nove tipos de vinhos finos tintos secos de mesa adquiridos comercialmente. Foram utilizadas três garrafas de cada tipo de vinho provenientes de um mesmo lote. Os vinhos estudados foram elaborados a partir de diferentes variedades de uvas e enumerados para melhor elucidação como descrito a seguir: Nebbiolo (vinho - V1), Cabernet Sauvignon (Vinho - V2), Malbec/Cabernet Sauvignon (vinho - V3), Tannat (vinho - V4), Teroldego (vinho - V5), Cabernet Sauvignon (vinho - V6), Barbera (vinho - V7), Pinotage (vinho - V8) e Merlot (vinho - V9).

4.1.2. Reômetro

O equipamento utilizado nos ensaios, para determinação do comportamento reológico, foi um Reômetro modelo AR-2000EX (TA Instruments, New Castle, USA) com geometria de cilindros concêntricos (Figura 11). Este instrumento se caracteriza por conter a amostra em um cilindro copo e um segundo cilindro imerso no primeiro, de diâmetro menor e coaxial. O cilindro interno se movimenta a uma velocidade constante e o líquido entre os dois cilindros sofre uma taxa de deformação constante.



Figura11: Reômetro AR-2000EX

4.1.3. Densímetro ANTON PAAR

Para a determinação da concentração de etanol presente nas amostras analisadas e a densidade de cada uma delas, foi utilizado o densímetro ANTON PAAR DMA-4500 M (Figura 12).



Figura12: Densímetro eletrônico ANTON PAAR DMA-4500 M.

4.2. Métodos

4.2.1. Determinação das Propriedades Reológicas

Os ensaios reológicos em cisalhamento foram conduzidos em um reômetro de tensão controlada, modelo AR-2000EX (TA Instruments, New Castle, USA), utilizando geometria de cilindro concêntrico, com Gap de 5920 μm e taxa de deformação de 1 a 250 s^{-1} , em diferentes temperaturas (2°C, 8°C, 14°C, 20°C e 26°C). Essas temperaturas foram definidas uma vez que essa faixa de temperatura faz parte do processo de vinificação. No início os testes foram realizados em duas rampas ascendente e descendente, para verificar se ocorria tixotropia. Como não houve tixotropia, os ensaios foram realizados apenas com rampa ascendente. Os resultados foram analisados pelo software Rheology Advantage. A partir dos dados obtidos de tensão de cisalhamento e taxa de deformação, foram ajustados aos modelos de escoamento de Newton e Ostwald De Waele utilizando do software Origin 6.0, permitindo assim o cálculo dos parâmetros reológicos característicos de cada sistema e da viscosidade, os quais puderam ser correlacionados em função da temperatura. Os parâmetros foram selecionados de acordo com o modelo reológico que melhor se ajustou aos dados de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação. Através desse teste foi obtido o parâmetro reológico da viscosidade. Os ensaios foram realizados em triplicata, utilizando uma amostra de cada garrafa para cada análise. A partir das triplicatas foram calculados a média e o desvio padrão.

4.2.2. Determinação de Extrato Seco

O conteúdo de extrato seco foi determinado pela metodologia da AOAC método-920.62 official method (CUNNIFF, 1995). Inicialmente foram pesados 50 ml de cada uma das amostras, em béquer, e colocadas em banho-maria à 100°C até se obter uma consistência de xarope. Em seguida as amostras foram colocadas em estufa a 100°C, por duas horas, e então foram pesadas. Esse procedimento foi realizado até obtenção de peso constante. Após obtenção de peso constante, foi anotado o conteúdo de extrato seco de cada um dos

vinhos estudados. Os testes foram realizados em triplicata, utilizando uma amostra de cada garrafa para cada análise. A partir das triplicatas foram calculados a média e o desvio padrão.

4.2.3. Determinação dos Açúcares Redutores (AR)

O teor de açúcares redutores dos vinhos foi determinado pelo método titulométrico Lane & Eynon (1923). Este método consiste na medição do volume da solução dos açúcares necessários para reduzir completamente um volume conhecido da solução ou reagente de Fehling. O ponto término é dado pela mudança de cor da solução de Fehling que passa de azul a vermelho tijolo.

Os testes foram realizados em triplicata, utilizando uma amostra de cada garrafa para cada análise. A partir das triplicatas foi calculado a média e o desvio padrão.

4.2.4. Determinação de Etanol

A porcentagem em volume de etanol presente nos vinhos foi determinada pela metodologia do densímetro eletrônico. Uma amostra de 25 ml de vinho foi destilada em um microdestilador até obtenção de 50 ml de destilado. O destilado obtido foi inserido em um densímetro eletrônico ANTON PAAR DMA-4500 M para obtenção do grau alcoólico do vinho à 20°C. Os testes foram realizados em triplicata, utilizando uma amostra de cada garrafa para cada análise. A partir das triplicatas foram calculados a média e o desvio padrão.

4.2.5. Determinação da Densidade

A densidade foi determinada em um densímetro eletrônico digital ANTON PAAR modelo DMA-4500 M, em diferentes temperaturas (2°C, 8°C, 14°C, 20°C e 26°C), ajustado no próprio equipamento. Uma amostra de 50 ml de cada vinho foi inserida no

densímetro, onde obteve a leitura da densidade em cada temperatura. Os testes foram realizados em triplicata, utilizando uma amostra de cada garrafa para cada análise. A partir das triplicatas foram calculados a média e o desvio padrão, a fim de avaliar a precisão dos resultados.

4.2.6. Determinação da Viscosidade e Densidade nas Temperaturas de Degustação dos Vinhos

As viscosidades e as densidades dos vinhos nas temperaturas de degustação (16°C e 18°C) foram determinadas por interpolação a partir das médias obtidas.

4.2.7. Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram determinadas utilizando o software SAS (Statistical Analysis System). Foram realizadas, para a densidade e viscosidade, as Análises de Variância e Teste de Tukey em relação aos vinhos e temperaturas analisadas. Para os componentes analisados (extrato seco, etanol e açúcar redutor residual) foi realizado o Teste de Tukey. Essas análises foram realizadas para verificar se há diferença significativa entre as médias obtidas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Reologia

O vinho é elaborado a partir da uva, porém, em sua composição estão presentes alguns constituintes que influenciam sua viscosidade.

O conhecimento dos fatores que afetam a viscosidade do vinho pode ter valor prático na otimização de seu corpo.

Os ensaios reológicos foram realizados a partir das variações das temperaturas do processo de vinificação (2°C, 8°C, 14°C, 20°C e 26°C), em um reômetro de cilindro concêntrico com gap de 5920 μm e taxa de deformação de 1 a 250 s^{-1} , em triplicata. O comportamento reológico foi avaliado, no início, a partir de duas rampas ascendente e descendente, a fim de verificar se ocorria tixotropia. Como não houve, os ensaios foram realizados apenas em rampa ascendente. Através dos dados obtidos de tensão de cisalhamento e taxa de deformação foram plotados para verificação do comportamento do fluido em análise (Figuras 13^a a 13ⁱ). Observa-se que o comportamento dos vinhos em todas as temperaturas estudadas é de fluido Newtoniano, uma vez que a relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento é linear.

Nas Figuras de 13^a a 13ⁱ pode-se observar os dados obtidos dos ensaios reológicos ajustados conforme o Modelo de Newton, em função das diferentes temperaturas, para cada um dos vinhos testados.

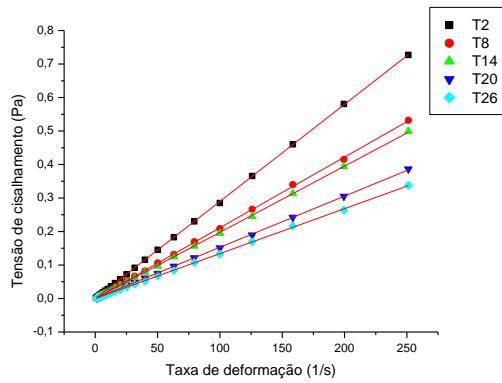


Figura 13^a: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 1 (V1) em diferentes temperaturas

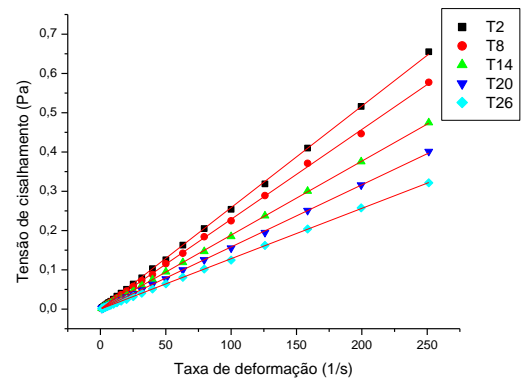


Figura 13^d: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 4 (V4) em diferentes temperaturas.

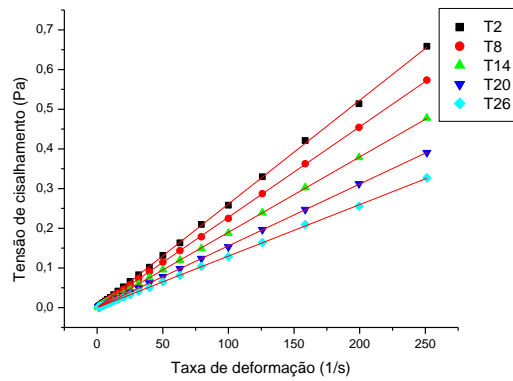


Figura 13^b: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 2 (V2) em diferentes temperaturas

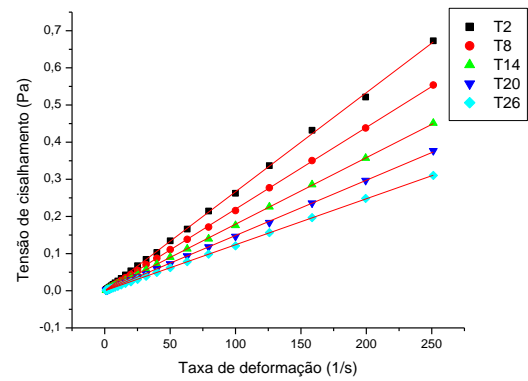


Figura 13^e: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 5 (V5) em diferentes temperaturas.

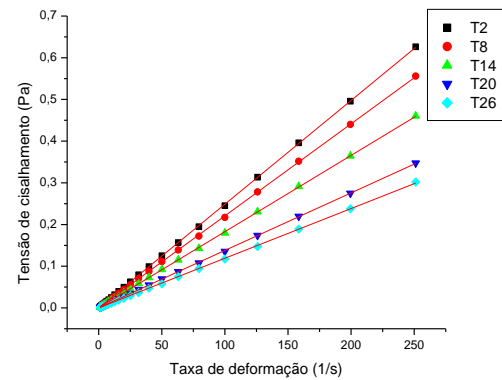


Figura 13^c: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 3 (V3) em diferentes temperaturas.

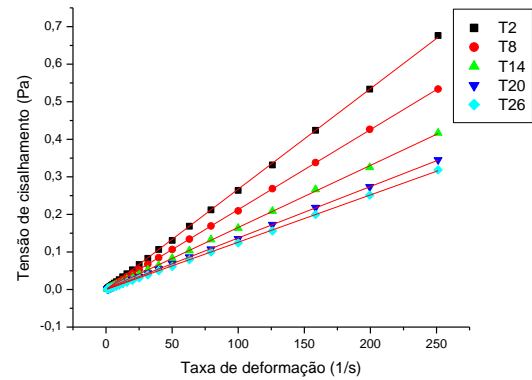


Figura 13^f: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 6 (V6) em diferentes temperaturas.

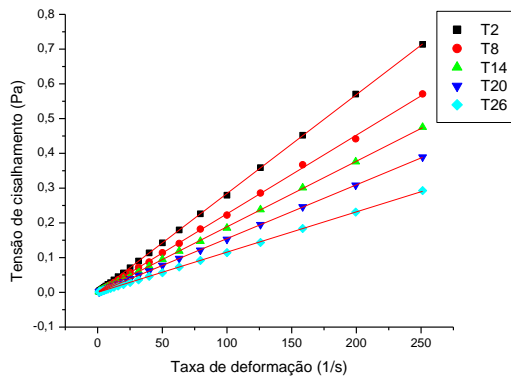


Figura 13 g: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 7 (V7) em diferentes temperaturas.

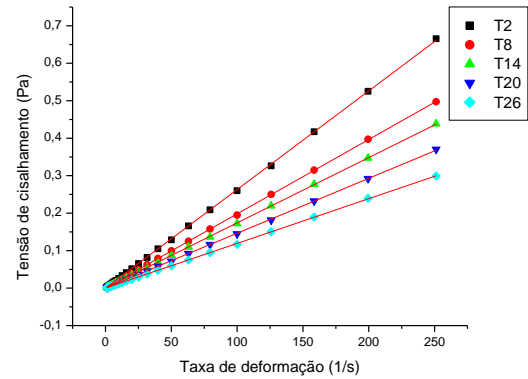


Figura 13 h: Taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, ajustado no modelo de Newton para o vinho tinto 8 (V8) em diferentes temperaturas.

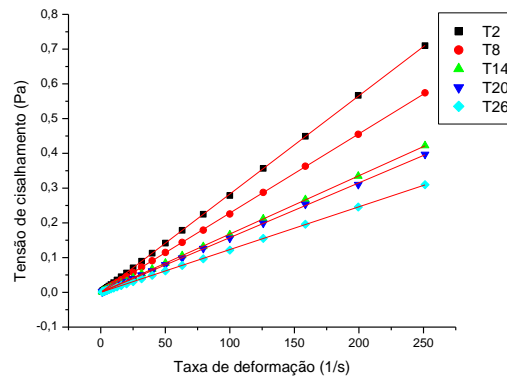


Figura 13 i: Taxa de deformação versus tensão de Cisalhamento, ajustado no modelo Newton para o vinho tinto 9 (V9) em diferentes temperaturas.

5.1.1. Ajuste do modelo reológico

Após a realização dos ensaios reológicos das nove amostras de vinhos tintos secos, foi realizado o ajuste dos dados obtidos nos modelos de Newton e Ostwald De Waelle, como observado na Tabela 1, o que possibilitou a estimativa dos parâmetros reológicos empíricos (μ , K e n), os quais foram descritos em função da temperatura.

Na Tabela 1 pode-se observar que os dois modelos ajustaram-se muito bem aos dados ($R^2 > 0,99$), nas temperaturas avaliadas. Entretanto o modelo de Ostwald De Waelle

apresentou um índice de comportamento do escoamento (n) próximo de 1, podendo-se considerar, dessa forma, que todas as amostras analisadas comportam-se como fluidos Newtonianos. Os parâmetros reológicos dos vinhos, como a viscosidade (μ) e o índice de consistência (k) também mostraram-se dependentes da temperatura, diminuindo com o aumento da mesma.

Tabela 1: Parâmetros reológicos dos vinhos

Amostra Vinho	Temperatura (°C)	Newton		Ostwald de Waelle		
		μ	R^2	k	n	R^2
V1	2	0,00289	0,99996	0,00286	1,00232	0,99997
	8	0,00211	0,99983	0,00210	1,00099	0,99983
	14	0,00198	0,99991	0,00185	1,01128	0,99995
	20	0,00153	0,99991	0,00144	1,01114	0,99995
	26	0,00134	0,99983	0,00133	1,00086	0,99983
V2	2	0,00261	0,99983	0,00260	1,00081	0,99983
	8	0,00228	0,99997	0,00223	1,00345	0,99997
	14	0,00189	0,99997	0,00186	1,00351	0,99997
	20	0,00156	0,99996	0,00154	1,00232	0,99996
	26	0,00129	0,99983	0,00129	1,00110	0,99983
V3	2	0,00249	0,99996	0,00243	1,00379	0,99997
	8	0,00221	0,99995	0,00215	1,00440	0,99995
	14	0,00183	0,99995	0,00178	1,00430	0,99995
	20	0,00138	0,99995	0,00135	1,00432	0,99995
	26	0,00119	0,99985	0,00111	1,01428	0,99993
V4	2	0,00266	0,99968	0,00265	1,00122	0,99968
	8	0,00219	0,99994	0,00214	1,00467	0,99995
	14	0,00179	0,99994	0,00174	1,00469	0,99995
	20	0,00149	0,99983	0,00137	1,01527	0,99992
	26	0,00123	0,99993	0,00122	1,00326	0,99993
V5	2	0,00258	0,99983	0,00236	1,01526	0,99992
	8	0,00229	0,99964	0,00227	1,00140	0,99964
	14	0,00188	0,99993	0,00183	1,00512	0,99994
	20	0,00158	0,99981	0,00144	1,01631	0,99990
	26	0,00128	0,99999	0,00126	1,00385	0,99991
V6	2	0,00267	0,99991	0,00249	1,01133	0,99995
	8	0,00213	0,99996	0,00210	1,00226	0,99997
	14	0,00165	0,99983	0,00164	1,00092	0,99983
	20	0,00137	0,99997	0,00134	1,00346	0,99997
	26	0,00126	0,99989	0,00118	1,01210	0,99995
V7	2	0,00284	0,99996	0,00280	1,00248	0,99996
	8	0,00226	0,99964	0,00224	1,00134	0,99964
	14	0,00189	0,99993	0,00183	1,00496	0,99994
	20	0,00155	0,99997	0,00152	1,00330	0,99997
	26	0,00116	0,99991	0,00109	1,01119	0,99995

V8	2	0,00263	0,99991	0,00246	1,01114	0,99995
	8	0,00198	0,99996	0,00196	1,00229	0,99996
	14	0,00174	0,99997	0,00171	1,00355	0,99997
	20	0,00146	0,99991	0,00138	1,01129	0,99995
	26	0,00119	0,99994	0,00117	1,00296	0,99994
V9	2	0,00283	0,99997	0,00279	1,00210	0,99997
	8	0,00228	0,99997	0,00224	1,00315	0,99998
	14	0,00168	0,99997	0,00165	1,00311	0,99998
	20	0,00157	0,99986	0,00157	1,00086	0,99986
	26	0,00123	0,99997	0,00121	1,00303	0,99998

μ = viscosidade do fluido (Pa.s); k = índice de consistência (Pa.sⁿ); n = índice de comportamento do escoamento (adimensional); R^2 = coeficiente de determinação.

5.2. Viscosidade

5.2.1. Influência da temperatura na viscosidade dos vinhos

A viscosidade foi calculada, a partir das triplicatas, pelo modelo de Newton (Equação 2), e posteriormente determinados a média e o desvio padrão como observado na Tabela 4. A viscosidade diminuiu consideravelmente com o aumento da temperatura para todos os vinhos (Figuras 14^a a 14ⁱ), comprovando o comportamento Newtoniano das bebidas testadas. Segundo Vidal et al. (2006), o aumento da temperatura promove a diminuição da viscosidade de líquidos devido ao aumento da mobilidade das partículas em suspensão.

A taxa de deformação em estudo não teve grande influência na viscosidade, uma vez que essa propriedade manteve-se constante com o aumento da taxa. Isso indica que a temperatura tem maior efeito, fato que demonstra que a viscosidade de fluidos Newtonianos depende essencialmente da temperatura.

A viscosidade é também uma importante característica de qualidade, influenciando bastante o paladar e modificando outras sensações como sabor, doçura, amargor e adstringência (YANNIOTIS et al., 2007). É provavelmente a propriedade que se correlaciona com o corpo do vinho, pois afeta a sensação de espessura na boca. Quando o vinho possui baixa viscosidade eles tendem a se espalhar e serem engolidos mais rapidamente,

como água, caracterizando como vinho de corpo fino ou menos encorpado. Ao contrário de vinhos com alta viscosidade que possui maior resistência para fluir na boca.

As análises mostraram que a viscosidade diminuiu com o aumento da temperatura, mas esta propriedade é afetada não só pela temperatura, mas também pela composição do vinho.

As análises estatísticas da viscosidade mostraram que há diferença significativa entre as médias. Segundo o Teste de Análise de Variância, o valor do índice ($P > F$) é menor que 0,0001 (0,01%), portando conclui-se que há evidências para dizer que pelo menos duas médias diferem entre si segundo o nível de significância de 5%. Devido a essa diferença, foi realizado a Análise de Variância discriminando os fatores envolvidos no experimento e as possíveis interações entre eles. Através do Teste de Tukey, pode-se concluir que a variação da temperatura (Tabela 3) resultou em diferenças significativas nas médias das viscosidades dos vinhos.

O Teste de Tukey (Tabela 2) mostrou que os vinhos (V5 e V9) e (V6 e V3) não apresentaram diferenças significativas entre suas viscosidades, considerando um nível de significância de 5%, enquanto que os demais apresentaram uma diferença significativa.

Tabela 2: Teste de Tukey entre as médias das viscosidades dos vinhos.

As médias com mesma letra não são significativamente diferentes			
Tukey	Média μ (mPa.s)	N	vinhos
A	1,970853	15	1
B	1,939773	15	7
C	1,931347	15	2
D	1,92354	15	5
D	1,91946	15	9
E	1,8763	15	4
F	1,816933	15	6
F	1,81434	15	3
G	1,802453	15	8

Tabela 3: Teste de Tukey entre as médias das viscosidades com relação à temperatura.

As médias com mesma letra não são significativamente diferentes			
Tukey	Média μ (mPa.s)	N	Temperatura
A	2.692.974	27	1
B	2.192.241	27	2
C	1.814.496	27	3
D	1.498.726	27	4
E	1.243.230	27	5

Tabela 4: Viscosidade (mPa.s) dos vinhos em triplicata, média e desvio padrão.

Amostra Vinho	Temperatura (oC)	μ_1 (mPa.s)	μ_2 (mPa.s)	μ_3 (mPa.s)	μ_m (mPa.s)
V1	2	2,8942	2,8992	2,9019	2,8984 \pm 0,00393
	8	2,1116	2,1146	2,1069	2,1110 \pm 0,00390
	14	1,9757	1,9723	1,9775	1,9751 \pm 0,00268
	20	1,5312	1,5263	1,5279	1,5285 \pm 0,00246
	26	1,3435	1,3414	1,3386	1,3412 \pm 0,00244
V2	2	2,6227	2,6359	2,6177	2,6254 \pm 0,00938
	8	2,2731	2,2636	2,2901	2,2756 \pm 0,01342
	14	1,9030	1,8859	1,8989	1,8959 \pm 0,00896
	20	1,5611	1,5469	1,5573	1,5551 \pm 0,00737
	26	1,2978	1,3099	1,3063	1,3047 \pm 0,00623
V3	2	2,4710	2,4815	2,4996	2,4840 \pm 0,01447
	8	2,1906	2,2012	2,2201	2,2039 \pm 0,14890
	14	1,8334	1,8232	1,8196	1,8254 \pm 0,00718
	20	1,3831	1,3753	1,3726	1,3770 \pm 0,00543
	26	1,1798	1,1798	1,1843	1,1813 \pm 0,00254
V4	2	2,6710	2,6714	2,6551	2,6658 \pm 0,00930
	8	2,1951	2,1992	2,2018	2,1987 \pm 0,00338
	14	1,7921	1,7919	1,7905	1,7915 \pm 0,00085
	20	1,4849	1,4876	1,4893	1,4872 \pm 0,00224
	26	1,2384	1,2357	1,2405	1,2382 \pm 0,00241
V5	2	2,5794	2,5847	2,5871	2,5837 \pm 0,00389
	8	2,2829	2,2873	2,2889	2,2863 \pm 0,00309
	14	1,8806	1,8881	1,8821	1,8836 \pm 0,00398
	20	1,5822	1,5858	1,5772	1,5817 \pm 0,00430
	26	1,2826	1,2796	1,2846	1,2823 \pm 0,00251
V6	2	2,6741	2,6799	2,6661	2,6734 \pm 0,00698
	8	2,1247	2,1333	2,1267	2,1282 \pm 0,00448
	14	1,6531	1,6566	1,6482	1,6526 \pm 0,00422
	20	1,3739	1,3718	1,3681	1,3713 \pm 0,00294
	26	1,2618	1,2594	1,2563	1,2592 \pm 0,00279

V7	2	2,8514	2,8460	2,8389	2,8455 ±0,00623
	8	2,2663	2,2663	2,2521	2,2615 ±0,00818
	14	1,8833	1,8872	1,8893	1,8866 ±0,00308
	20	1,5447	1,5478	1,5497	1,5474 ±0,00252
	26	1,1582	1,1582	1,1572	1,1579 ±0,00055
V8	2	2,6319	2,6315	2,6300	2,6311 ±0,00099
	8	1,9794	1,9826	1,9847	1,9822 ±0,00263
	14	1,7389	1,7442	1,7409	1,7414 ±0,00262
	20	1,4647	1,4645	1,4638	1,4643 ±0,00045
	26	1,1936	1,1934	1,1927	1,1932 ±0,00050
V9	2	2,8300	2,8300	2,8281	2,8294 ±0,00109
	8	2,2862	2,2830	2,2782	2,2825 ±0,00404
	14	1,6811	1,6786	1,6752	1,6783 ±0,00292
	20	1,5786	1,5741	1,5752	1,5759 ±0,00234
	26	1,2295	1,2296	1,2345	1,2312 ±0,00287

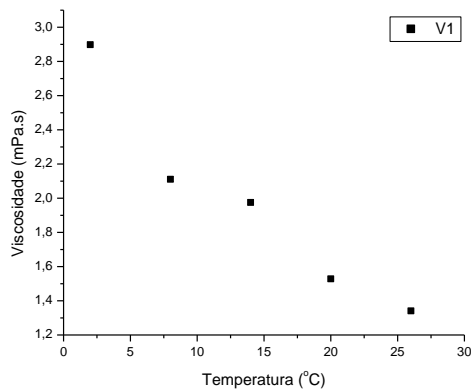


Figura 14^a: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 1 (V1).

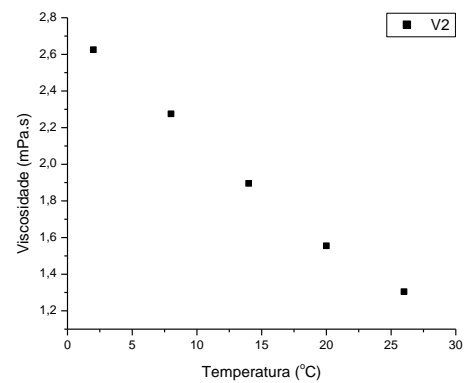


Figura 14^c: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 2 (V2).

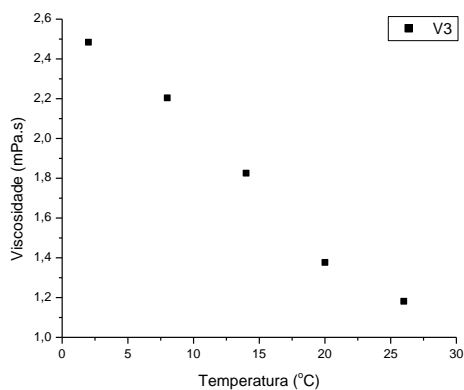


Figura 14^b: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 3 (V3).

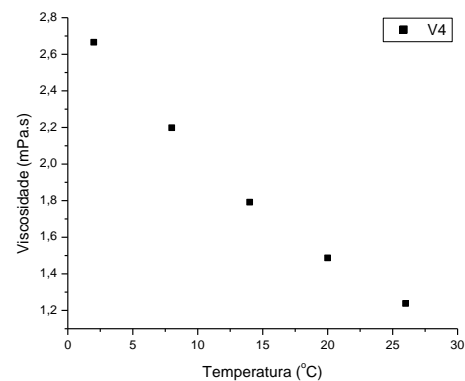


Figura 14^d: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 4 (V4).

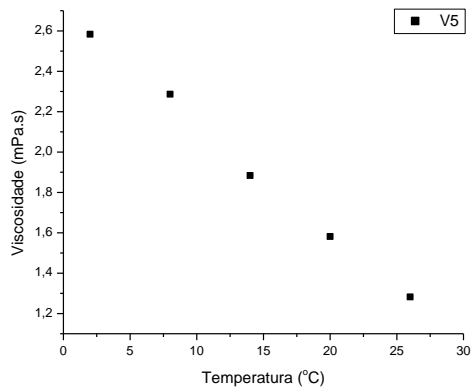


Figura 14^e: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 5 (V5).

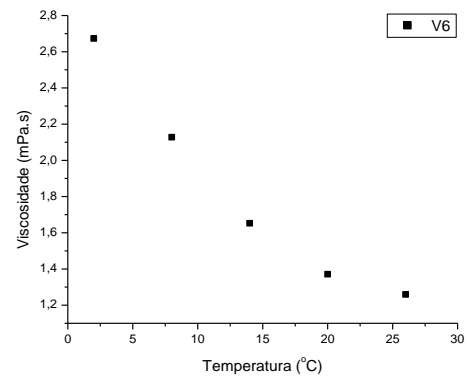


Figura 14^e: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 6 (V6).

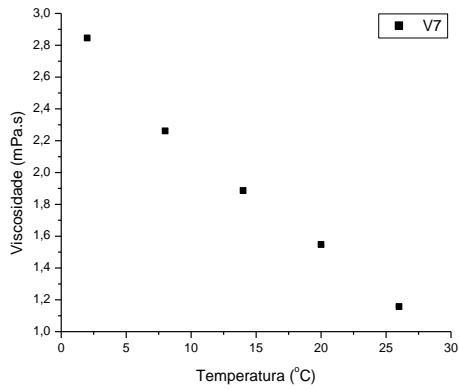


Figura 14^f: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 7 (V7).

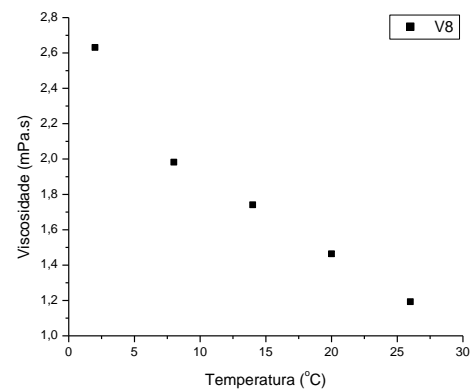


Figura 14^h: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 8 (V8).

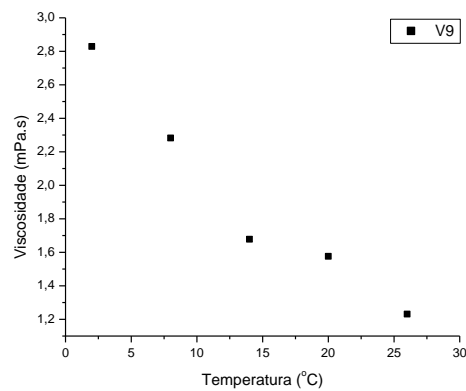


Figura 14ⁱ: Efeito da temperatura na viscosidade do vinho tinto seco 9 (V9).

5.2.2. Determinação da energia de ativação

Sabe-se que a viscosidade é uma propriedade que depende da temperatura e devido a isso utilizou-se uma equação exponencial para correlacionar essa variável para cada temperatura avaliada. O modelo de Arrhenius foi aplicado para descrever essa variação da viscosidade dos vinhos em função da temperatura. Para obtenção da energia de ativação, os dados de viscosidade e temperatura foram linearizados (Figura 15).

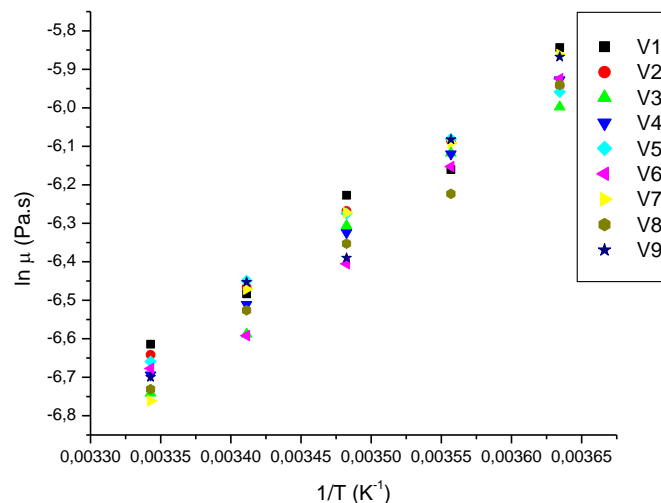


Figura 15: Linearização da viscosidade e temperatura para obtenção das energias de ativação dos vinhos testados.

O modelo utilizado se ajustou aos dados dos nove vinhos testados com coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,9848 a 0,9999. Os valores de energia de ativação indicam a sensibilidade da viscosidade com relação a alteração da temperatura. De uma forma geral pode-se dizer que quanto maior for a energia de ativação (E_a), maior será a dependência da viscosidade com a temperatura, ou seja, maior será a sua variação (HOLDSWORTH, 1971). Os valores experimentais de E_a , B (parâmetro de ajuste) e R^2 (coeficiente de determinação) são apresentados na Tabela 5. Observa-se que a energia de ativação variou pouco quando observado os diversos vinhos estudados.

Tabela 5: Energia de ativação dos vinhos.

Amostras	Ea (J/mol)	B	R²
V1	21298,72	2561,790	0,9848
V2	20267,12	2437,710	0,9973
V3	22271,71	2678,820	0,9894
V4	21952,78	2640,460	0,9999
V5	20138,84	2422,280	0,9944
V6	22262,48	2677,713	0,9898
V7	24797,92	2982,677	0,9949
V8	21512,56	2587,510	0,9941
V9	23240,04	2795,291	0,9879

5.2.3. Influência do extrato seco na viscosidade dos vinhos

Para avaliar a influência do conteúdo de extrato seco na viscosidade dos vinhos, o mesmo foi analisado nas temperaturas de degustação ou de consumo (16°C e 18°C), uma vez que a viscosidade é uma importante característica sensorial. A Figura 16 mostra a influência do extrato seco na viscosidade dos vinhos na temperatura de degustação.

É importante salientar que o extrato seco caracteriza a quantidade de resíduo da casca e semente proveniente do processo de maceração em vinhos tintos. Os vinhos tintos secos também possuem uma quantidade considerável de taninos, os quais contribuem para o aumento do conteúdo de extrato seco, influenciando assim sua viscosidade.

Segundo Yanniotis et al. (2007), em seu trabalho analisaram o efeito do conteúdo de extrato seco, glicerol e etanol na viscosidade de vinhos, tintos secos e suaves e vinhos brancos, e constataram que o extrato seco tem maior influência na viscosidade do vinho tinto seco do que o glicerol, uma vez que o conteúdo deste último não interfere nessa propriedade.

Analisando a influência do conteúdo de extrato seco na viscosidade dos vinhos e nas temperaturas de consumo ou degustação (16°C e 18°C), através dos resultados

obtidos observa-se que quanto maior o conteúdo de extrato seco, maior a viscosidade, isso foi constatado entre os vinhos (V1) que contém mais extrato, e (V8) menos extrato, conforme a Tabela 6.

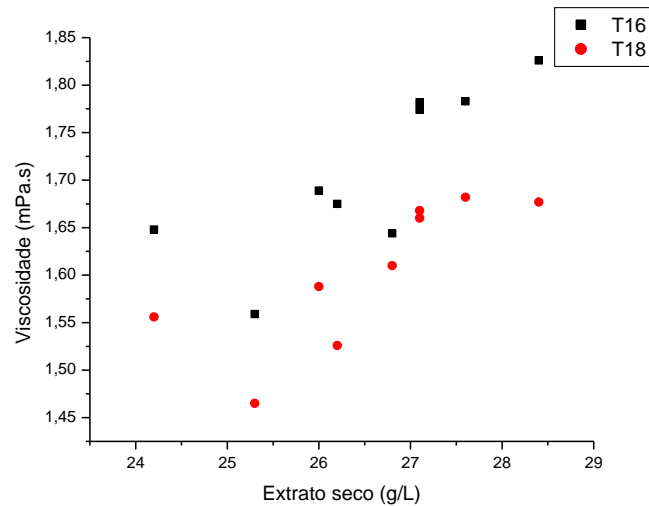


Figura 16: Influência do extrato seco na viscosidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.

Tabela 6: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de extrato seco, e viscosidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.

Amostra	ES1	ES2	ES3	ES Médio	μ_m (16°C)	μ_m (18°C)
Vinhos	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(mPa.s)	(mPa.s)
V1	28,4	28,4	28,4	28,4 \pm 0	1,826	1,677
V2	26,7	26,7	27,8	27,1 \pm 0,6	1,782	1,668
V3	25,7	25,7	27,1	26,2 \pm 0,9	1,675	1,526
V4	25,5	26	26,5	26,0 \pm 0,5	1,689	1,588
V5	27,3	27,1	28,4	27,6 \pm 0,7	1,783	1,682
V6	25	25,4	25,5	25,3 \pm 0,3	1,559	1,465
V7	27,1	27,2	27	27,1 \pm 0,1	1,774	1,660
V8	24,3	24,3	24	24,2 \pm 0,2	1,648	1,556
V9	26,5	26,9	27,1	26,8 \pm 0,3	1,644	1,610

A análise estatística realizada através do Teste de Tukey mostrou que há diferença significativa entre as médias de extrato seco, com pelo menos três vinhos analisados (Tabela 7), para um nível de significância de 5%.

Tabela 7: Teste de Tukey entre as médias do conteúdo de extrato seco dos vinhos

As médias com mesma letra não são significativamente diferentes					
Tukey			Média ES (g/L)	N	vinho
	A		28,4	3	1
B	A		27,6	3	5
B	A	C	27,1	3	7
B	A	C	27,0667	3	2
B		C	26,8333	3	9
	D	C	26,1667	3	3
	D	C	26	3	4
E	D		25,3	3	6
E			24,2	3	8

5.2.4. Influência do etanol na viscosidade dos vinhos

O conteúdo de etanol representa a quantidade de álcool que o vinho possui, proveniente da quantidade de açúcares da uva. O álcool exerce um efeito importante sobre o gosto. Nos vinhos secos, uma quantidade elevada de álcool transmite uma sensação de calor, além de ter grande influência na sua viscosidade.

YANNIOTIS et al. (2007), analisaram o efeito do conteúdo de extrato seco, glicerol e etanol na viscosidade de vinhos, tintos secos e suaves e vinhos brancos. Determinaram a viscosidade em função da concentração de glicerol e etanol em uma solução modelo, e constataram que com o aumento da concentração de etanol há o aumento da viscosidade do vinho, sendo que para cada aumento de 1% (v/v) de etanol a viscosidade aumenta de 0,047mPa.s.

As análises mostraram que a viscosidade aumentou com o aumento da quantidade de álcool. Isso foi constatado quando comparamos os vinhos de maior (V4) e menor (V8) teor de etanol, estando de acordo com Yanniotis et al. (2007).

Observa-se na Tabela 8 o vinho que contém elevado conteúdo de etanol (V4) obteve maior viscosidade quando comparado ao vinho (V8) que contém menos álcool. Mas quando comparamos o vinho V4 com o vinho V1, ambos com elevado teor de álcool,

observa-se que o vinho V1 adquiriu maior viscosidade, entretanto nesse caso, o fato do V1 conter mais extrato seco (Tabela 6), é quem influenciou a viscosidade.

Assim, pode-se perceber que a avaliação da viscosidade não é dependente de fatores separados e sim do conjunto destes.

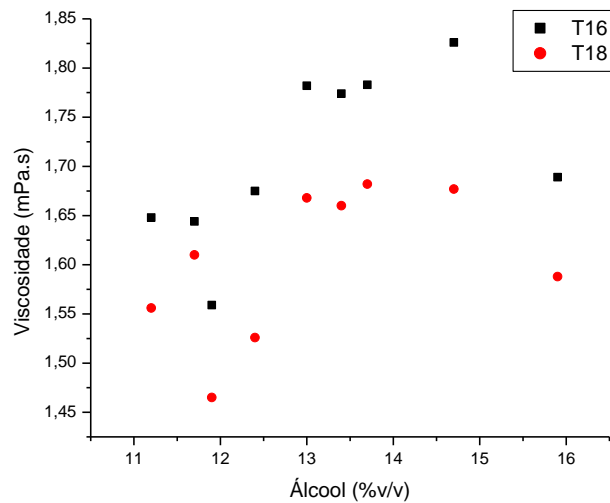


Figura 17: Influência do conteúdo de álcool na viscosidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.

Tabela 8: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de etanol, e viscosidade dos vinhos nas temperaturas de 16°C e 18°C.

Amostra	Álcool1	Álcool2	Álcool3	Média	μ_m	μ_m
vinho	(% v/v)	(% v/v)	(% v/v)	Álcool	(16°C)	(18°C)
	(% v/v)	(% v/v)	(% v/v)	(% v/v)	(mPa.s)	(mPa.s)
V1	14,7	14,7	14,7	14,7 \pm 0	1,826	1,677
V2	12,9	12,9	13,2	13,0 \pm 0,2	1,782	1,668
V3	12,2	12,4	12,6	12,4 \pm 0,1	1,675	1,526
V4	15,9	16	15,8	15,9 \pm 0,1	1,689	1,588
V5	13,5	13,5	14,1	13,7 \pm 0,3	1,783	1,682
V6	11,9	11,9	11,9	11,9 \pm 0	1,559	1,465
V7	13,2	13,2	13,7	13,4 \pm 0,3	1,774	1,660
V8	11	11,2	11,4	11,2 \pm 0,2	1,649	1,556
V9	11,7	11,8	11,6	11,7 \pm 0,1	1,644	1,610

A análise estatística realizada através do Teste de Tukey mostrou que há diferença significativa entre as médias do conteúdo de álcool com pelo menos seis vinhos analisados (Tabela 9), para um nível de significância de 5%.

Tabela 9: Teste de Tukey entre as médias do conteúdo de álcool dos vinhos

As médias com mesma letra não são significativamente diferentes				
	Tukey	Média álcool (g/L)	N	vinho
	A	15,9	3	4
	B	14,7	3	1
	C	13,7	3	5
D	C	13,3667	3	7
D		13	3	2
	E	12,4	3	3
F	E	11,9	3	6
F	G	11,7	3	9
	G	11,2	3	8

5.2.5. Influência dos açúcares redutores residuais na viscosidade dos vinhos

Os açúcares redutores residuais estão contidos no extrato seco, e representam os açúcares não fermentáveis, geralmente são as pentoses e a glicose e frutose que não foram fermentadas.

Através dos dados obtidos da Tabela 10, observa-se que na temperatura de 16°C, o vinho V4 com menor conteúdo de açúcar redutor residual e maior teor de etanol (Tabela 8), obteve maior viscosidade em relação ao vinho V9, mas na temperatura de 18°C o vinho V9 passou a adquirir maior viscosidade. Nesse caso o que mais influenciou a viscosidade na temperatura de 16°C foi o teor de álcool (Tabela 8), enquanto que na temperatura de 18°C foi o conteúdo de açúcar redutor residual, além da própria temperatura.

Na Figura 18, observa-se o comportamento da viscosidade dos vinhos em relação ao conteúdo de açúcares nas temperaturas de consumo.

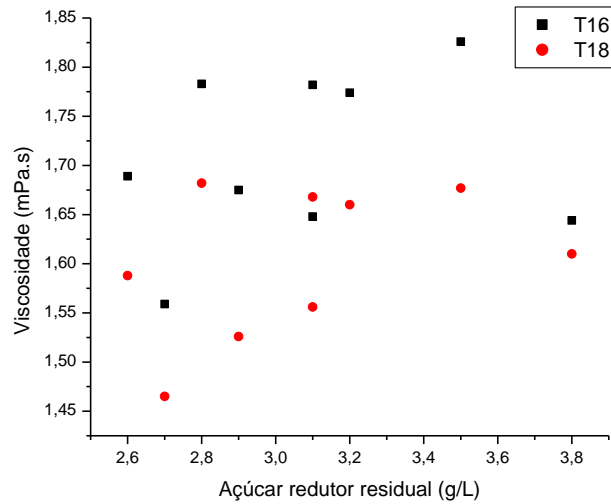


Figura 18: Influência dos açúcares redutores residuais na viscosidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.

Tabela 10: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de açúcares redutores residuais, e viscosidade dos vinhos nas temperaturas de 16°C e 18°C.

Amostra	AR1	AR2	AR3	AR Médio	μ_m (16°C)	μ_m (18°C)
de vinho	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(mPa.s)	(mPa.s)
V1	3,5	3,5	3,5	3,5 ±0	1,826	1,677
V2	3,1	3,1	3,2	3,1 ±0,06	1,782	1,668
V3	2,8	2,8	3	2,9 ±0,1	1,675	1,526
V4	2,6	2,6	2,6	2,6 ±0	1,689	1,588
V5	2,8	2,8	2,9	2,8 ±0,06	1,783	1,682
V6	2,7	2,7	2,7	2,7 ±0	1,559	1,465
V7	3,2	3,2	3,2	3,2 ±0	1,774	1,660
V8	3	3,1	3,1	3,1 ±0	1,649	1,556
V9	3,8	3,8	3,8	3,8 ±0	1,644	1,610

A análise estatística realizada através do Teste de Tukey mostrou que há diferença significativa entre as médias do conteúdo de açúcar redutor residual com pelo menos cinco vinhos analisados (Tabela 11), para um nível de significância de 5%.

Tabela 11: Teste de Tukey entre as médias do conteúdo de açúcar redutor residual dos vinhos.

As médias com mesma letra não são significativamente diferentes				
	Tukey	Média AR(g/L)	N	vinho
	A	3,8	3	9
	B	3,5	3	1
	C	3,2	3	7
	C	3,13333	3	2
	C	3,06667	3	8
	D	2,86667	3	3
E	D	2,83333	3	5
E	F	2,7	3	6
	F	2,6	3	4

5.2.6. Ajuste do modelo para viscosidade em função das variáveis

O modelo matemático para a viscosidade em função da composição analisada do vinho, temperatura e energia de ativação, foi obtido a partir de testes com vários modelos. Foram testados os seguintes modelos: linear, polinomial e exponencial, utilizando o software Statistic. É importante salientar que os açúcares não apareceram no modelo devido ao fato destes fazerem parte do extrato seco.

O modelo matemático de melhor ajuste para a viscosidade foi o modelo exponencial multivariável, uma vez que este determina uma energia de ativação geral para os vinhos analisados.

$$\mu = 2,6 \cdot 10^{-5} \cdot (ET)^{0,00583} \cdot (ES)^{0,603817} \cdot \exp\left(\frac{21872,4}{8,314 \cdot T}\right) \quad (\text{Equação 8})$$

$$R^2 = 0,988$$

Onde: μ = viscosidade (mpa.s), ET = etanol (g/l), ES = extrato seco (g/l), T = temperatura (K) e E_a = energia de ativação geral (J/mol).

Comparando os valores da viscosidade experimental e predita (Figura 19), observa-se que os pontos ficaram muito próximos, comprovando o bom ajuste do modelo.

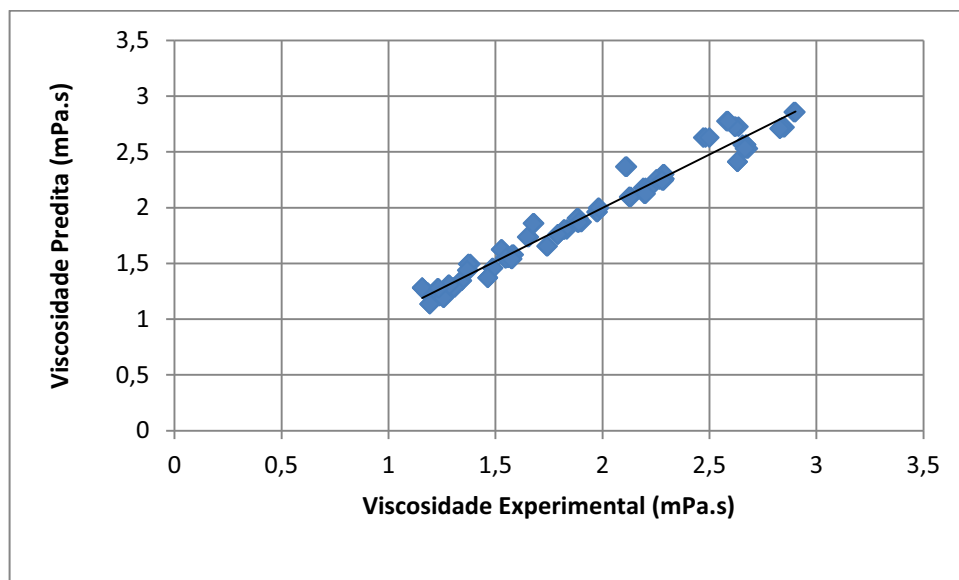


Figura 19: Valores predito da viscosidade obtidos na Eq. (8) versus valores experimentais.

5.3. Densidade

5.3.1. Influência da temperatura na densidade dos vinhos

A densidade é uma propriedade termofísica de fluidos, e esta exhibe mudança com a temperatura durante o processamento.

A densidade foi determinada em um densímetro Anton Paar modelo DMA-4500 M, variando a temperatura, em triplicata. A partir das triplicatas foram determinados a média e o desvio padrão como observado na Tabela 14.

Os ensaios realizados mostraram a dependência da densidade dos vinhos com a temperatura (Figuras 20^a a 20ⁱ) observando que a densidade diminuiu consideravelmente com o aumento da temperatura para todos os vinhos testados. É importante salientar que a densidade não é influenciada apenas pela temperatura, mas também pela composição do vinho.

As análises estatísticas da densidade mostraram que há diferença significativa entre as médias. Segundo o Teste de Análise de Variância, o valor do índice ($Pr > F$) é menor que 0,0003 (0,03%), portando conclui-se que há evidências para dizer que pelo menos duas médias diferem entre si segundo o nível de significância de 5%. Devido a essa diferença, foi realizado a Análise de Variância discriminando os fatores envolvidos no experimento e as possíveis interações entre eles. Com relação à temperatura, três vinhos apresentaram diferenças significativas entre as médias das densidades (Tabela 13).

O Teste de Tukey mostrou que quatro vinhos apresentaram diferenças significativas entre suas densidades (Tabela 12), considerando um nível de significância de 5%.

Tabela 12: Teste de Tukey entre as médias das densidades dos vinhos.

As médias com mesma letra não são significativamente diferentes				
	Tukey	Média ρ (g/cm³)	N	vinho
	A	1,0017667	15	1
	A	1,00168	15	5
	A	1,0012533	15	2
	A	1,0012333	15	7
B	A	1,0011	15	4
B	A	1,00088	15	3
B	A	1,0007267	15	9
B	A	1,00048	15	6
B		0,9996933	15	8

Tabela 13: Teste de Tukey entre as médias das densidades dos vinhos em relação à temperatura

As médias com mesma letra não são significativamente diferentes				
	Tukey	Média $\rho(\text{g/cm}^3)$	N	Temperatura
	A	1,0019111	27	1
	A	1,0017222	27	2
B	A	1,0012889	27	3
B		1,0005259	27	4
B	C	0,9994481	27	5

Tabela 14: Valores das triplicatas, médias e desvios da densidade dos vinhos nas temperaturas analisadas.

Amostra de vinho	Temperatura (oC)	ρ_1 (g/cm ³)	ρ_2 (g/cm ³)	ρ_3 (g/cm ³)	ρ_M (g/cm ³)
V1	2	1,0028	1,0028	1,0028	1,0028 ±0
	8	1,0028	1,0028	1,0022	1,0026 ±0,00035
	14	0,9997	1,0019	1,0041	1,0019 ±0,00220
	20	1,0014	1,0014	1,0013	1,0014 ±0,00006
	26	0,9985	1,0005	1,0015	1,0002 ±0,00153
V2	2	1,0010	1,0016	1,0038	1,0021 ±0,00147
	8	1,0006	1,0021	1,0030	1,0019 ±0,00035
	14	1,0018	1,0018	1,0012	1,0016 ±0,00035
	20	1,0010	1,0013	1,0002	1,0008 ±0,00057
	26	1,0000	0,9997	0,9997	0,9998 ±0,00017
V3	2	0,9999	1,0019	1,0033	1,0017 ±0,00171
	8	1,0004	1,0020	1,0022	1,0016 ±0,00099
	14	1,0017	1,0017	1,0004	1,0012 ±0,00075
	20	1,0008	1,0007	0,9999	1,0005 ±0,00049
	26	0,9997	0,9993	0,9993	0,9994 ±0,00023
V4	2	1,0021	1,0030	1,0012	1,0021 ±0,00089
	8	0,9993	1,0015	1,0042	1,0017 ±0,00245
	14	1,0018	1,0018	1,0008	1,0015 ±0,00058
	20	0,9994	1,0004	1,0018	1,0006 ±0,00121
	26	1,0006	0,9984	1,0002	0,9997 ±0,00117
V5	2	1,0012	1,0012	1,0052	1,0025 ±0,00231
	8	1,0026	1,0026	1,0022	1,0025 ±0,00023
	14	1,0036	1,0026	1,0002	1,0021 ±0,00175
	20	0,9995	1,0010	1,0027	1,0011 ±0,00160
	26	1,0004	1,0004	0,9998	1,0002 ±0,00035

V6	2	1,0014	1,0015	1,0016	1,0015 \pm 0,00010
	8	1,0023	0,9990	1,0029	1,0014 \pm 0,00210
	14	1,0007	1,0012	1,0006	1,0008 \pm 0,00032
	20	1,0005	0,9990	1,0009	1,0001 \pm 0,00100
	26	0,9984	0,9994	0,9978	0,9985 \pm 0,00081
V7	2	1,0008	1,0008	1,0047	1,0021 \pm 0,00225
	8	1,0006	1,0020	1,0031	1,0019 \pm 0,00125
	14	1,0017	1,0031	0,9999	1,0016 \pm 0,00160
	20	1,0013	0,9992	1,0020	1,0008 \pm 0,00146
	26	0,9997	1,0000	0,9996	0,9998 \pm 0,00021
V8	2	0,9988	1,0005	1,0025	1,0006 \pm 0,00185
	8	0,9994	1,0020	1,0001	1,0005 \pm 0,00135
	14	0,9981	0,9983	1,0033	0,9999 \pm 0,00295
	20	0,9996	0,9996	0,9989	0,9994 \pm 0,00040
	26	0,9959	0,9980	1,0004	0,9981 \pm 0,00225
V9	2	1,0018	1,0026	1,0008	1,0017 \pm 0,00090
	8	1,0016	1,0014	1,0016	1,0015 \pm 0,00012
	14	0,9998	1,0013	1,0017	1,0009 \pm 0,00100
	20	0,9988	1,0000	1,0016	1,0001 \pm 0,00140
	26	0,9995	0,9980	1,0004	0,9993 \pm 0,00121

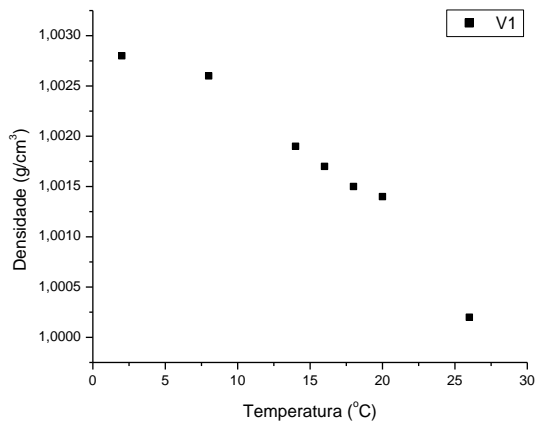


Figura 20^a: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V1.

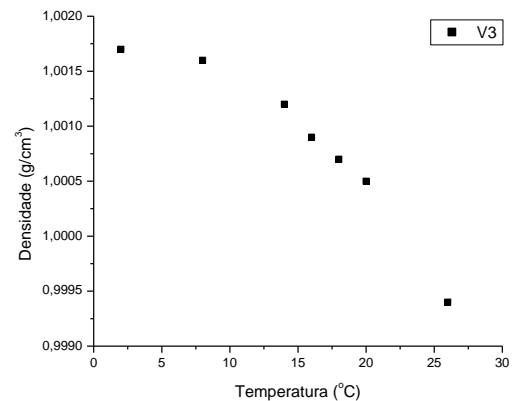


Figura 20^c: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V3.

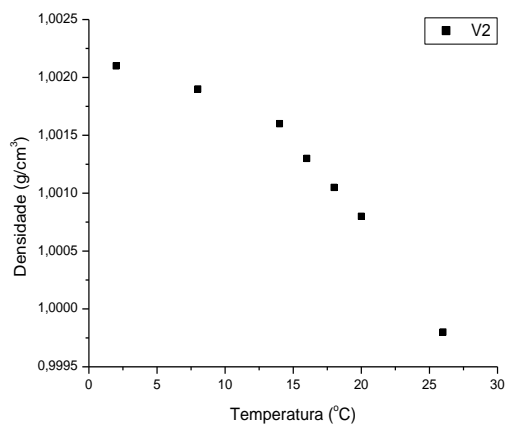


Figura 20^b: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V2.

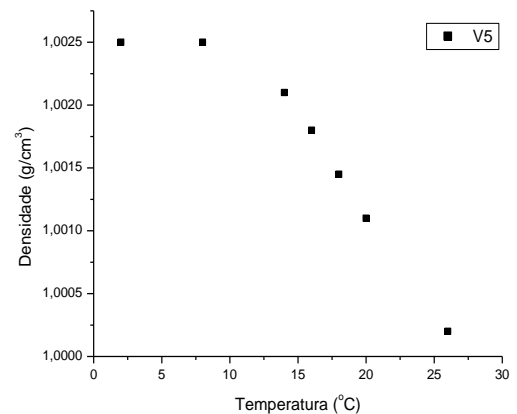


Figura 20^d: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V5.

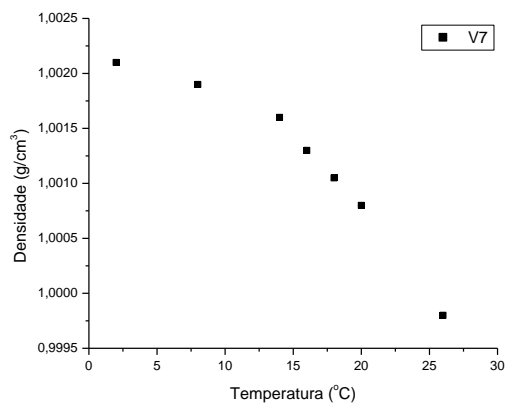


Figura 20 ^e: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V7.

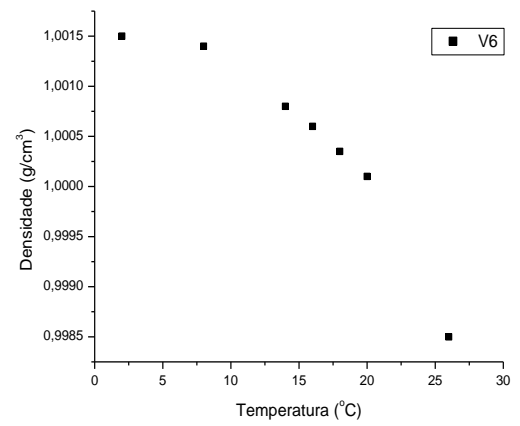


Figura 20 ^g: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V6.

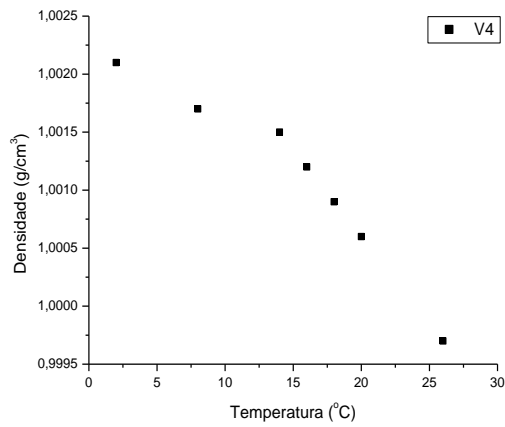


Figura 20 ^f: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V4.

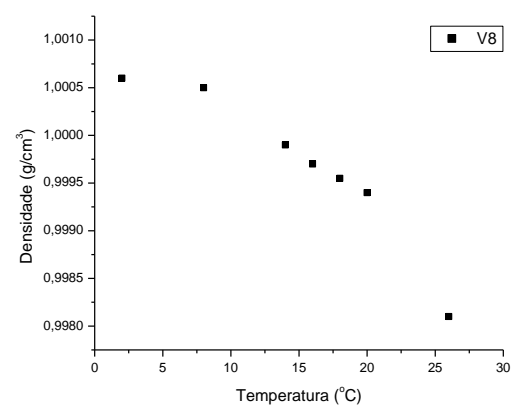


Figura 20 ^h: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V8.

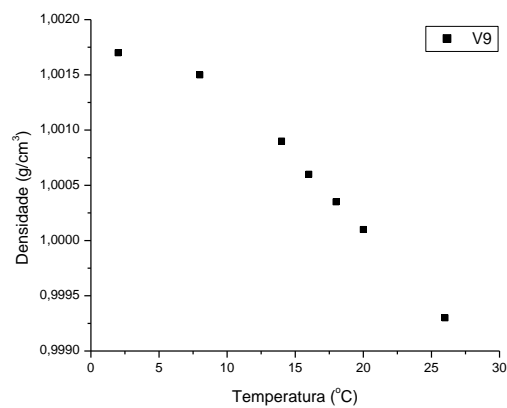


Figura 20 ⁱ: Influência da temperatura na densidade do vinho tinto seco V9.

5.3.2. Influência do extrato seco na densidade dos vinhos

A densidade é também uma importante característica sensorial. A influência do conteúdo de extrato seco na densidade dos vinhos foi analisada nas temperaturas de degustação ou de consumo (16°C e 18°C).

No caso dos vinhos tintos secos, o conteúdo de extrato seco tem maior influência na densidade, pois contém quantidades de taninos consideráveis. Valores altos de extrato são esperados devido à presença de substâncias da pele e semente da uva que são extraídas durante a maceração, fazendo com que aumente a densidade.

Foi constatado pelos dados obtidos (Figura 21 e Tabela 15) que com o aumento do extrato seco há o aumento da densidade. Isso pode ser visto através das comparações entre os vinhos V1 com maior extrato e V8 com menor extrato.

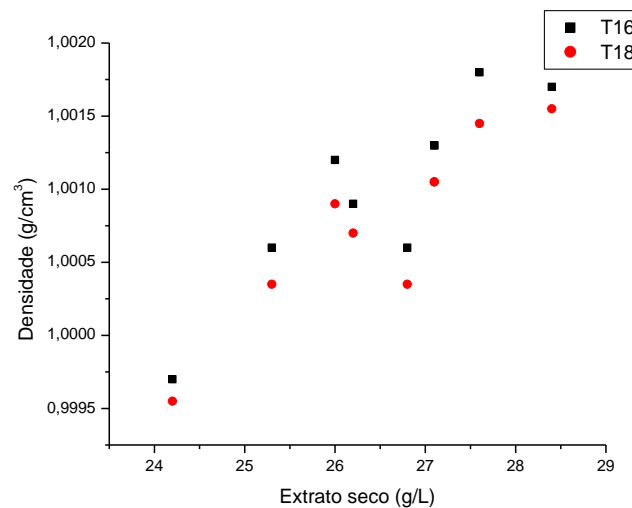


Figura 21: Influência do extrato seco na densidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.

Tabela 15: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de extrato seco, e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.

Amostra	ES1	ES2	ES3	ES Médio	ρ (16°C)	ρ (18°C)
vinho	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(g/cm³)	(g/cm³)
V1	28,4	28,4	28,4	28,4 ±0	1,0017	1,00155
V2	26,7	26,7	27,8	27,1 ±0,6	1,0013	1,00105
V3	25,7	25,7	27,1	26,2 ±0,9	1,0009	1,00070
V4	25,5	26	26,5	26,0 ±0,5	1,0012	1,00090
V5	27,3	27,1	28,4	27,6 ±0,7	1,0018	1,00145
V6	25	25,4	25,5	25,3 ±0,3	1,0006	1,00035
V7	27,1	27,2	27	27,1 ±0,1	1,0013	1,00105
V8	24,3	24,3	24	24,2 ±0,2	0,9997	0,99955
V9	26,5	26,9	27,1	26,8 ±0,3	1,0006	1,00035

5.3.3. Influência do etanol na densidade dos vinhos

Sabe-se que o aumento do conteúdo de álcool diminui a densidade. Observa-se isso quando comparamos os vinhos V4 e V5 (Tabela 16), estando de acordo com Yanniotis et al. (2007). Entretanto na temperatura de 18°C o vinho V1 obteve maior densidade mesmo tendo uma quantidade de álcool elevada (Tabela 16). Assim, nesse caso o extrato seco é quem está influenciando o aumento da densidade, uma vez que o V1 possui altos teores de extrato (Tabela 15).

Assim, pode-se perceber que a avaliação da densidade é dependente de fatores conjuntos, como temperatura, extrato seco, álcool e açúcares.

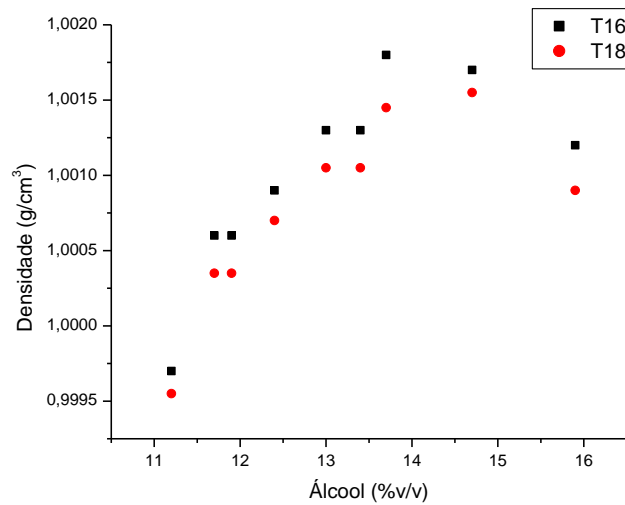


Figura 22: Influência do álcool na densidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.

Tabela 16: Valores das triplicatas, média e desvio padrão de álcool e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.

Amostra	Álcool1	Álcool2	Álcool3	Média Álcool	ρ (16°C)	P (18°C)
vinho	(% v/v)	(% v/v)	(% v/v)	(%v/v)	(g/cm ³)	(g/cm ³)
V1	14,7	14,7	14,7	14,7 ±0	1,0017	1,00155
V2	12,9	12,9	13,2	13,0 ±0,2	1,0013	1,00105
V3	12,2	12,4	12,6	12,4 ±0,1	1,0009	1,00070
V4	15,9	16	15,8	15,9 ±0,1	1,0012	1,00090
V5	13,5	13,5	14,1	13,7 ±0,3	1,0018	1,00145
V6	11,9	11,9	11,9	11,9 ±0	1,0006	1,00035
V7	13,2	13,2	13,7	13,4 ±0,3	1,0013	1,00105
V8	11	11,2	11,4	11,2 ±0,2	0,9997	0,99955
V9	11,7	11,8	11,6	11,7 ±0,1	1,0006	1,00035

5.3.4. Influência dos açúcares redutores residuais na densidade dos vinhos

Com relação ao conteúdo de açúcares redutores residuais, os quais fazem parte do extrato seco, observa-se na Tabela 17 que o vinho V4 com menor conteúdo de

açúcares redutores residuais e maior conteúdo de etanol (Tabela 16) obteve uma densidade maior em relação ao vinho V9 (Tabela 17). Nesse caso, outros componentes presentes no extrato, como por exemplo os taninos, podem estar influenciando a densidade do vinho V4, uma vez que estes aumentam a densidade.

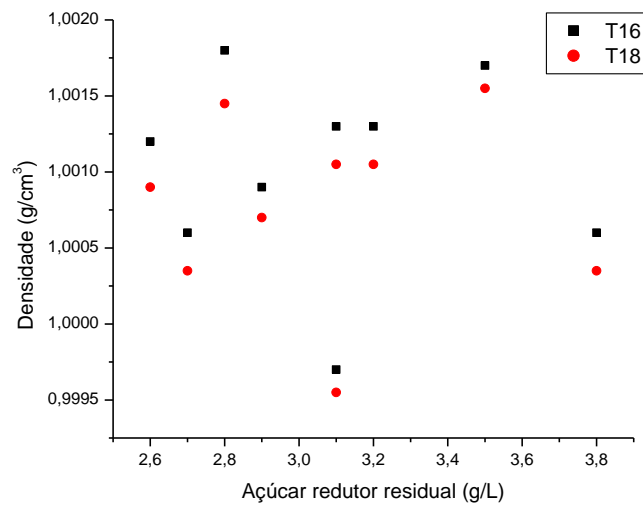


Figura 23: Influência dos açúcares redutores residuais na densidade dos vinhos nas temperaturas de consumo.

Tabela 17: Valores das triplicatas, média e desvio padrão dos açúcares redutores residuais, e densidade dos vinhos nas temperaturas de degustação de 16°C e 18°C.

Amostra de vinho	AR1 (g/L)	AR2 (g/L)	AR3 (g/L)	AR Médio (g/L)	ρ (16°C) (g/cm ³)	ρ (18°C) (g/cm ³)
V1	3,5	3,5	3,5	3,5 ±0	1,0017	1,00155
V2	3,1	3,1	3,2	3,1 ±0,06	1,0013	1,00105
V3	2,8	2,8	3	2,9 ±0,1	1,0009	1,0007
V4	2,6	2,6	2,6	2,6 ±0	1,0012	1,0009
V5	2,8	2,8	2,9	2,8 ±0,06	1,0018	1,00145
V6	2,7	2,7	2,7	2,7 ±0	1,0006	1,00035
V7	3,2	3,2	3,2	3,2 ±0	1,0013	1,00105
V8	3	3,1	3,1	3,1 ±0	0,9997	0,99955
V9	3,8	3,8	3,8	3,8 ±0	1,0006	1,00035

5.3.5. Ajuste de um modelo em função das variáveis

Foi construído um modelo matemático para a densidade em função da temperatura e da composição dos vinhos apenas em termos de conteúdo de etanol e extrato seco, uma vez que o açúcar está contido no extrato.

Para a determinação do modelo matemático, foram testados vários modelos do tipo linear, polinomial e exponencial, utilizando o software Statistic.

O modelo de melhor ajuste foi o modelo linear multivariável.

$$\rho = - 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot T + 1,49 \cdot 10^{-4} \cdot ET + 3,69 \cdot 10^{-4} \cdot ES + 0,99 \quad (\text{Equação 9})$$

$$R^2 = 0,988$$

onde: ρ = densidade (g/cm^3), T = temperatura ($^{\circ}\text{C}$), ET = Etanol (g/L), ES = extrato seco (g/L).

Comparando os valores da densidade experimental e predita (Figura 24), observa-se que os pontos ficaram muito próximos, comprovando o bom ajuste do modelo.

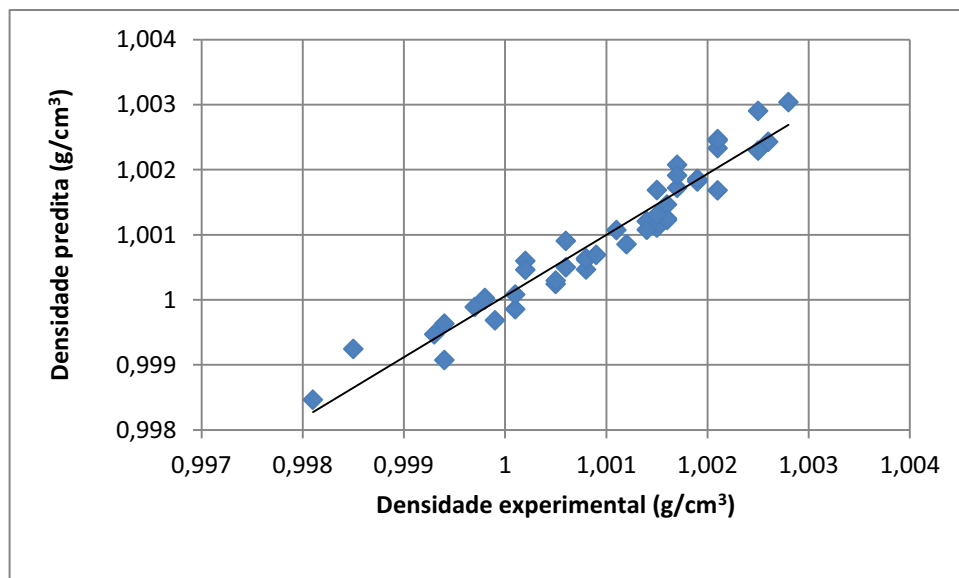


Figura 24: Valores predito da densidade obtidos na Eq. (9) versus valores experimentais.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado um estudo do comportamento reológico e da propriedade termofísica (densidade) dos vinhos tintos secos numa faixa de temperaturas entre 2°C a 26°C. Também estudou a influência do conteúdo de extrato seco, açúcar redutor e álcool na densidade e viscosidade dos vinhos nas temperaturas de degustação. Os resultados nos levam a concluir que:

- ✓ O comportamento reológico dos vinhos tintos secos na faixa de temperaturas de 2°C a 26°C, mostraram comportamento Newtoniano, com a viscosidade diminuindo com o aumento da temperatura. O modelo de Newton da viscosidade se ajustou muito bem aos reogramas experimentais. Foi significativo o efeito da temperatura na viscosidade dos vinhos.
- ✓ O efeito da temperatura na propriedade termofísica dos vinhos foi significativa. A densidade diminuiu com o aumento da temperatura. Essa propriedade é de grande importância, uma vez que causa impacto no cálculo da potência de bomba.
- ✓ O modelo de Arrhenius ajustou bem aos dados experimentais para verificarmos a influência da temperatura na reologia dos vinhos tintos secos estudados, variando de 20138,84 a 23240,04 J/mol.
- ✓ A viscosidade e a densidade dos vinhos mostraram-se dependentes da temperatura, do conteúdo de extrato seco, do álcool e dos açúcares redutores residuais. A viscosidade variou de (1,465 a 1,826) mPa.s e a densidade de (0,9995 a 1,0018) g/cm³, nas temperaturas de degustação (16°C e 18°C).
- ✓ Foi encontrado um modelo linear multivariável para a densidade em função da temperatura e composição (extrato seco e etanol) analisada dos vinhos.
- ✓ Para a viscosidade foi encontrado o modelo exponencial multivariável que relaciona uma energia de ativação geral para os vinhos estudados em função da temperatura e composição (extrato seco e etanol) dos mesmos.
- ✓ O bom ajuste entre os valores preditos e experimentais confirma a validade das equações obtidas para descrever a viscosidade e a densidade em função da temperatura e composição dos vinhos tintos secos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE-Associação brasileira de enologia. 2011. **Artigo: Pesquisas apontam benefícios à saúde do consumo moderado de vinho e suco de uva.** II Simpósio internacional vinho e saúde.

ABE, L.T.; DA MOTA, R.V.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p. 394-400, 2007.

ALVARADO, J.D.; AGUILERA, J.M. **Métodos para medir Propriedades Físicas em Indústrias de Alimentos.** Ed. Acribia S.A. Zaragoza, p.410, 2001.

AMARANTE, J.O.A. **Vinhos e vinícolas do Brasil:** guia completo. São Paulo: Summus, 1986.

AMARANTE, J.O.A. **Vinhos:** do Brasil e do mundo, para conhecer e beber. São Paulo: Summus Editorial, 1983. 157p.

AMERINE, M.A.; BERG, H.W.; CRUSESS, W.V. **The technology of wine making.**2.ed. westport: AVI, 1967. 797p.

ANGHEBEN VINHOS FINOS. Disponível em:

<<http://www.angheben.com.br/default.asp?link=vinhos&vinho=teroldego>>.1999. Acesso em: mar. 2011.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA W.S.U.A. **Biotechnologia Industrial.** Vol. IV. Biotechnologia na Produção de Alimentos. Ed. Edgar Blucher Ltda. São Paulo, 2001.

ARAÚJO, B.M.M. **Influência de impurezas na cinética de cristalização de sacarose avaliada através da reologia de solução de sacarose.** 2003.67-90p. Dissertação (Mestrado-Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto-SP, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis.** 16a edição, chapter 28, p.4. Washington, 1995.

ASTOLFI-FILHO, Z. **Propriedades reológicas e termofísicas de caldos de cana utilizados no processo de obtenção de bioetanol**. 2011, p.30-46. Dissertação (Doutorado-Engenharia e Ciências de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto-SP, 2011.

AZOUBEL, P.M.; CIPRIANI, D.C.; EL-AOUAR, A.A.; ANTONIO, G.C.; MURR, F.E.X. Effect of concentration on the physical properties of cashew juice. **Journal of Food Engineering**. v. 66, n. 4, p. 413–417, 2005.

BARNABÉ, D. **Produção de vinho de uvas dos cultivares Niágara Rosada e Bordô: análises físico-químicas, sensorial e recuperação de etanol a partir do bagaço**. 2006. 106f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, 2006.

BIRD, R.B.; STEWART, W.E. e LIGHTFOOT, E.N.; **Transporte phenomena**; John Willey & Sons Inc. New York, 1960.

BOURNE, M.C. Calibration of rheological techniques used for foods. **Journal of Food Engineering**, v.16, p.151-163, 1992.

BRASIL. Lei n. 10970 de 12 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei n. 7678 de 8 de novembro, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados de uva e do vinho, e dá outras providências. **DOU**: Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2004.

BRUNELLO, T.; CAMPOS, T.; CHINO, M.; DAMMOUS, R.; MORETTI, D.; NERI, L.; PRATES, A.; ARAÚJO, T. **Uvas e vinhos como alimentos funcionais**. São Paulo, 2001.

CALLEJÓN, R.M.; MARGULIES, B.; HIRSON, G. D.; EBELER, S. Dynamic Changes in Volatile Compounds during Fermentation of Cabernet Sauvignon Grapes with and without Skins. **American Journal of Enology and Viticulture**. September 2012 63:301-312.

CAMARGO, U.A. **Tecnologia vitícola: novas variedades**. X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia. Disponível em:
<www.cnpuv.embrapa.br>2003. Acesso em: fev. 2011.

CASTILHOS, M.B.M. de. **“Desenvolvimento e caracterização de vinhos tintos a partir de uvas cultivadas no noroeste paulista”**. 2012.20-48p. Dissertação (Mestrado- Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto-SP, 2012.

CATALUÑA, E. **As uvas e os vinhos**, Rio de Janeiro: Editora Globo, 1988. 207p.

CHAPTAL, J.A. **L'art de faire le vin**. Marseille: Jeanne Laffitte, 1982. 381p.

COSTELL, E.; DURÁN, L. Reología físico química de los zumos y purés de frutas. **Revista de agroquímica y tecnología de alimentos**. v. 22, n. 1, p. 81-94, 1982.

CUNNIFF, P. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16thed Vol. I. Washington, 1995.

ENOLEIGOS: SÉRIE UVAS – A MALBEC. Disponível em:
<<http://www.enoleigos.com.br/2010/10/serie-uvras-tinta-malbec.html>>. Acesso em: mar. 2011.

FRANCIS, F.J. Anthocyanins and betalains: composition and applications. **Cereal Foods Word**, v.45, p.208-213, 2000.

GALVÃO, S. **A cozinha e seus vinhos: receitas rápidas com muita classe**. 2^o ed. Editora Senac: São Paulo, 1999.

GUERRA, C.C.; BARNABÉ, D. **Tecnologia de bebidas**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005, 550p.

GUERRA, C.C.; MANDELLI, F.; TONIETTO, J.; ZANUS, M.C.; CAMARGO, U.A. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. EMBRAPA Uva e Vinho – CNPUV (Documentos). Cento Gonçalves, 2009. Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/documentos/doc048.pdf>>. Acesso em: mar. 2012.

GUERRERO, S.N.; ALZAMORA, S.M. Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behavior of fruit purées: I. Banana purée. **Journal of Food Engineering**, v.33, p. 239-256, 1997.

HASHIZUME, T. **Fundamentos de tecnologia do vinho**. In: AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. São Paulo: Edgar Blücher, 1983.

HERZBERG, P. A. **How SAS works: a comprehensive introduction to the SAS system**. Ottawa: Captus Press, 1990. 193p

HOLDSWORTH, S.D. Aplicabilidade dos modelos reológicos à interpretação do comportamento de fluxo e processamento de produtos fluidos. **Journal of Texture Studies**. v.2, n.4, p.393-418, 1971.

HOWARD, K.L.; MIKE, J.H.; RIESEN, R. Validação de um método de extração em fase sólida para análise de compostos aromáticos de vinho por análise de espaço de cabeça. **American Journal of Enology and Viticulture**. Março 2005 56:37-45.

JACKSON, R.S. **Wine science: principles and applications**. 3ed. San Diego: Academic Press, 2008. 751p.

LANE, H.; EYNON, L. Determinação de açúcar reduzido por meio da solução de Fehling com metileno azul como indicador interno. **Journal of the Society of Chemistry Industry**, London, v. 42, p. 32T-37T, 1923.

LA UVA NEBIOLLO. Disponível em:
<<http://vinisfera.com/r/archivo/806> . 2009>. Acesso em: mar. 2011.

LEWIS, M.J. **Propiedades Físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado**. 1ª ed. Ed. Acribia. Zaragoza, 1993.

MACOSCO, C. W. **Reology: principles, Measurements and applications**. Minneapolis, VCH publishers, inc., 1994.

MANFROI, V. **“Degustação de Vinhos”**. 1ª ed. Porto Alegre-RS. Editora da UFRGS, 2004, 127p.

MANFROI, L.; MIELE, A.; RIZZON, L.A.; BARRADAS, C.I.N. Composição físico-química do vinho Cabernet Franc proveniente de videiras conduzidas no sistema lira aberta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.290-296, 2006.

MANFROI, V.; RIZZON, L.A.; GUERRA, C.C.; FIALHO, F.B.; DALL’AGNOL, I.; FERRI, V.C.; ROMBALDI, C.V. Influência de taninos enológicos em diferentes dosagens e épocas distintas de aplicação nas características físico-químicas do vinho Cabernet Sauvignon. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.1, p.127-135, 2010.

MEYEN, C.G.; URSO, D.B.; IKUNO, L.L. **Produção de Vinhos**. Universidade Federal de Santa Catarina-SC. abril, 2005. Disponível em:
<www.eng.ufsc.br> Acesso em: jan. 2011.

MENEGUZZO, J.; MANFROI, L.; RIZZON, L.A. **Sistema de Produção de vinho tinto**. 2006. Disponível em: <http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: jan 2011.

MIELE, A. Técnicas de análise sensorial de vinhos e espumantes. Embrapa Uva e Vinho: Artigos. 2006. Disponível em: http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/analise_sensorial_vinhos_espumantes.pdf. Acesso em: 10 fev. 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. 1988. Lei do Vinho n. 7678

MOTA, R.V.; AMORIM, D.A.; FÁVERO, A.C.; GLORIA, M.B.A.; REGINA, M.A. Caracterização físico-química e amins bioativas em vinhos da cv. Syrah I-Efeito do ciclo de produção. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. v. 29, n.2, p. 380-385, 2009.

NINDO, C.I.; TANG, J.; POWERS, J.R.; SINGH, P. Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications. **Journal of Food Engineering**, v. 69, 343-350, 2005.

NIEUWOUDT, H.; PRIOR, B.; PRETORIUS, I.; BAUER, F. G. Glycerol and wine quality: fact and fiction. **Wynboer**, v.9, p. 96-101, 2002.

NOVAKOSKI, D.; FREITAS, A. **Vinho: castas, regiões produtoras e serviço**. Rio de Janeiro: Ed. Senac I, 2003. 176 p.

NURGEL, C. and PICKERING, G. Contribution of glycerol, ethanol and sugar to the perception of viscosity and density elicited by model white wines. **Journal of Texture Studies** 36, 303–323. June, 2005.

O.I.V. Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins. **OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN**. Paris, France. p.348, 1978.

PACHECO, A.O. **Iniciação à Enologia**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1995.

PICKERING, G.J., HEATHERBELL, D.A., VANHANEN, L.P. and BARNES, M.F. 1998. The effect of ethanol concentration on the temporal perception of viscosity and density in white wine. **American Journal of Enology and Viticulture** 49, 306–318. 1998.

QUEIROZ, A.J.M. **Estudo do comportamento reológico dos sucos de abacaxi e manga.** Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, 1998. 170 p. Tese de Doutorado.

QUEIROZ, A.J.M.; VIDAL, J.R.M.; GASPARETTO, C.A. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas: Influência de diferentes teores de sólidos insolúveis suspensos nas características reológicas de sucos de abacaxi naturais e despectinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, 2000.

RAO, M.A.; COOLEY, H.J.; VITALI, A.A. **Flow properties of concentrated juices at low temperatures.** Food technology, v.38, n.3, p.113-119, 1984.

RAO, M.A. **Rheology of fluid and semi solid foods – Principle and Applications.** Food Engineering series, 1ª ed., Aspen Publishers, inc., 1999.

RAO, M.A. Rheology of liquid foods – A review. **Journal of Texture Studies**, v.8, p.135-168, 1977.

REVISTA GLOBO RURAL. Disponível em:
<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI249987-18077,00-RIO+GRANDE+DO+SUL+COLHE+A+MAIOR+SAFRA+DE+UVA+DA+HISTORIA.html>
 , 19/07/2011. Acesso em: 25 mar. 2012.

RIGO, M.; BEZERRA, J.R.M.V.; CÓRDOVA, K.R.V. Estudo do Efeito da Temperatura na Propriedades Reológicas da Polpa de Butiá (*Butiaeriospatha*). **Revista do Setor Agrárias e Ambientais.** Ambiência Guarapuava-PR. v.6, n.1, p.25-36. 2010.

RIZZON, L.A. **Sistema de produção de vinho tinto: Recebimento da uva.** Sistema de Produção – EMBRAPA Uva e Vinho – CNPUV – Bento Gonçalves, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/VinhoTinto/recebimento.htm>>
 Acesso em: 29 mar. 2011.

RIZZON, A.M.; MIELE, A. **Extrato seco total de vinhos brasileiros: Comparação de métodos analíticos.** Ciência Rural, v.26, n.2, p. 297-300. Santa Maria, 1996.

RIZZON, A.M.; MIELE, A. Correção do mosto da uva Isabel com diferentes produtos na Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.450-454, 2005.

RIZZON, L.A., BRESSAN, W. **Relação álcool em peso/extrato seco reduzido dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Franc.** EMBRAPA-UEPAE de Bento Gonçalves- RS. p.3, 1982

RIZZON, L.A.; MANFROI, V. MENEGUZZO, J. **Planejamento e instalação de uma cantina para elaboração de vinho tinto.** Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2003. 75p.

RIZZON, L.A.; MANFROI, L. **Sistema de produção de vinho tinto: Envelhecimento do vinho na garrafa.** Sistema de Produção – EMBRAPA Uva e Vinho – CNPUV. Bento Gonçalves, 2006b. Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/VinhoTinto/envelhecimento.htm>> Acesso em: 28 mar. 2011.

RIZZON, L.A.; MANFROI, L. **Sistema de produção de vinho tinto: Fermentação.** Sistemas de Produção – EMBRAPA Uva e Vinho – CNPUV. Bento Gonçalves, 2006a. Disponível em:<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/aprod/VinhoTinto/fermentacao.htm>> Acesso em: 28 mar. 2011.

RIZZON, L.A.; MENEGUZZO, J. **Sistema de produção de vinho tinto: Estabilização do vinho.** Sistema de Produção – EMBRAPA Uva e Vinho – CNPUV. Bento Gonçalves, 2006a. Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/VinhoTinto/estabilizacao.htm>> Acesso em: 30 mar. 2011.

RIZZON, L.A.; ZANUZ, M.C.; MANFREDINI, S. **Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade.** Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 1994. 36p.

ROSIER, J.P. **Manual de elaboração de vinho para pequenas cantinas.** 2.ed. Florianópolis: EPAGRI, 1993. 72p.

SASSO, C.; BASSIN, J.P.; RONCHI, J.C.S. **Vinhos.** Disponível em:
<www.eng.ufsc.br> 2004. Acesso em: jan. 2011.

SATO, A.C.K. **Reologia de suspensões-modelo: efeito da concentração de sólidos e da matriz dispersante.** 2002. Dissertação (Doutorado-Engenharia e Ciências de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto - SP,

SCHARAMM, G. **Reologia e Reometria – Fundamentos teóricos e práticos,** Ed. Artliber, 2006. 232p.

SORRENTINO, F; VOILLEY, A.; RICHON, D. Activity coefficients of aroma compounds in model food systems. **Alche Journal**, v.32, n.12, 1986.

STEFFE, J.F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. Segunda edição. USA: Freeman Press, p.418, 1996.

TABILO-MUNIZAGA,G.; BARBOSA-CÁNOVAS,G.V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v.67, p.147-156, 2005.

TELIS-ROMERO, J. **Hidrodinâmica e transferência de calor do escoamento laminar de fluidos não-Newtonianos em tubos**. 125p. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1992.

TIPOS DE UVAS – VINHOS NET. Disponível em:
<<http://www.vinhosnet.com.br/paginas.php?cidigo-20>> Acesso em: mar. 2012.

TORIJA, M. J.; POBLET, M.; NOVO, M.; BELTRAN, G.; GUILLAMÓN, J. M.; MAS, A.; ROZÈS, N. Effects of fermentation temperature and *Saccharomyces* species on the cell fatty acid composition and presence of volatile compounds in wine. Inter. **Journal of Food Microbiology**, v.85, p. 127-136, 2003.

UVIBRA- união brasileira de vitivinicultura. Bento Gonçalves RS. Disponível em:
<<http://www.uvibra.com.br/legislacao.htm>> Acesso em: abr. 2011.

VIDAL, J.R.M.B.; SIERAKOWSKI, M.R.; HAMINIUK, C.W.I.; MASSON, M.L. Propriedade reológicas da polpa de manga centrifugada. **Revista de Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.

VOGT, E.; JAKOB, L.; LEMPERLE, E.; WEISS, E. **El Vino – Obtención, elaboración y análisis**. Zaragoza-Espanha, Acribia.1986.

YANNIOTIS,S.; KOTSERIDIS,A.; ORFANIDOU,A.; PETRAKI,A. Effect of ethanol, dry extract and glycerol on the viscosity of wine. **Journal of Food Engineering, Elsevier**. Athens, Greece. 81.p.399-403, 2007.

ZAGO, E.A.; SILVA, L.F.L.F.; BERNADINO, C.D.; AMORIM, H.V. Métodos Analíticos para o controle da produção de álcool e açúcar. 2ed. Piracicaba: **Fermentec/Fealq/Esalq/USP**,1996. 194p.

ZOECKLEIN, B. W.; FUGELSANG, K. C.; GUMP, B. H.; NURY, F. S. **Wine analysis and production.** Chapman & Hall, New York, NY, USA, 1994.