

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 18/02/2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Rodrigo Rodrigues Evangelista

**Estudo da densidade e do comportamento reológico de suco de uva Malbec
(*Vitis vinifera*) em diferentes concentrações e temperaturas**

São José do Rio Preto
2020

Rodrigo Rodrigues Evangelista

**Estudo da densidade e do comportamento reológico de suco de uva Malbec
(*Vitis vinifera*) em diferentes concentrações e temperaturas**

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

Financiadora: CAPES

Orientador: Prof. Dr. Javier Telis Romero

Coorientador: Prof. Dr. Maurício Bonatto Machado de Castilhos

São José do Rio Preto
2020

E92e

Evangelista, Rodrigo Rodrigues

Estudo da densidade e do comportamento reológico de suco de uva Malbec (*Vitis vinifera*) em diferentes concentrações e temperaturas / Rodrigo Rodrigues Evangelista. -- São José do Rio Preto, 2020
145 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientador: Javier Telis Romero

Coorientador: Maurício Bonatto Machado de Castilhos

1. Reologia. 2. Propriedades físicas. 3. Indústria vinícola. 4. Indústria de suco de uva. I. Título.

Rodrigo Rodrigues Evangelista

**Estudo da densidade e do comportamento reológico de suco de uva Malbec
(*Vitis vinifera*) em diferentes concentrações e temperaturas**

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

Financiadora: CAPES

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Javier Telis Romero
UNESP – São José do Rio Preto
Orientador

Prof. Dr. Marcos Alexandre Polizelli
Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB)

Profa. Dra. Ana Carolina Conti e Silva
UNESP – São José do Rio Preto

São José do Rio Preto
18 de Fevereiro de 2020

Dedico este trabalho à minha família por acreditar sempre em minha capacidade e por sempre investir em mim.

À minha mãe Eliane Aparecida Rodrigues Evangelista, a qual com seus cuidados, amor e carinho foram essenciais para fornecer energia e forças para dar sequência em toda minha trajetória e a quem AMO infinitamente.

Às minhas irmãs Angélica Evangelista e Vitória Aparecida Rodrigues Evangelista; seus sorrisos e alegrias são fontes de inspiração para nunca desistir e sempre persistir.

A DEUS por conceder vida e sabedoria para trilhar esta jornada desafiadora.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS por me conceder vida, força, sabedoria e por me capacitar na elaboração desta dissertação e também por permitir fazer parte do curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos.

Agradeço a pessoa mais importante da minha vida: minha mãe Eliane. A ti mãe muito obrigado por acreditar em minha capacidade, meus esforços e por ser sempre meu alicerce em todas etapas da minha vida. Obrigado por ser meu exemplo de pessoa e meu porto seguro. Sua fé e seu amor sempre serão forças e exemplos para que eu siga somente em frente. Às minhas irmãs Angélica e Vitória que sempre estiveram presentes em todos momentos importantes da minha vida.

Agradeço às minhas amigas de longa data: Ana Carolina, Ana Paula, Michela e Sara por sempre confiarem em mim, acreditar em meu potencial e incentivar a seguir o caminho acadêmico. A vocês meninas que mesmo longe nunca hesitaram em dar ajuda nos momentos de dificuldades e alegrias, o meu muito obrigado!

Agradeço ao meu orientador, professor e amigo Prof. Dr. Javier Telis Romero pelos inúmeros momentos, ao meu desenvolvimento profissional e pessoal, aos projetos de pesquisas os quais pude aprender novos horizontes, agradeço pela confiança a mim destinada em oportunidades de poder ministrar aulas.

Agradeço ao meu coorientador Prof. Dr. Maurício Bonatto Machado de Castilhos por aceitar a coordenação, pelos conhecimentos e por despertar/desenvolver novos olhares aos trabalhos científicos.

Agradeço aos meus novos amigos Marcio Augusto, Kamilla e Adilson pelos inúmeros momentos, pela amizade, companheirismo e parceria. Aos funcionários e técnicos do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos que conferiu suporte quando necessário.

A todo corpo docente do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Ibilce, a todos muito obrigado pelos ensinamentos, pelo crescimento profissional e pelas experiências compartilhadas. Em especial agradeço à Professora Doutora Ana Carolina Conti e Silva pelos inúmeros momentos disponibilizados para ensinar, ajudar e aconselhar no

desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado professora por ser um exemplo de profissional e pessoa a ser seguido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“... Porque a fé que vocês têm é pequena. Eu asseguro que, se vocês tiverem fé do tamanho de um grão de mostarda, poderão dizer a este monte: “Vá daqui para lá”, e ele irá. Nada será impossível para vocês ...”

A Bíblia (MATEUS, 17:20)

RESUMO

A uva é uma das matérias-primas mais cultivadas em todo o mundo devido à produção de produtos com alto valor agregado, como vinhos e espumantes. Dentre as inúmeras variedades de uvas, destaca-se a uva Malbec (*Vitis vinifera*), classificada como uva tinta e aplicada na produção de vinhos finos. O presente estudo avaliou a influência da temperatura e concentração no comportamento reológico e da densidade do suco de uva Malbec. As análises foram realizadas em uma ampla faixa de concentração (13,6 a 45,0°Brix), de modo a utilizar o suco de uva concentrado como agente de chaptalização, e também em uma ampla faixa de temperatura (1 a 66°C), que simulam desde condições de armazenamento até a pasteurização do suco. Os parâmetros reológicos, bem como a densidade, foram modelados em função das variáveis temperatura e concentração. As análises reológicas foram realizadas no reômetro rotacional com cilindros concêntricos na taxa de deformação entre 0,84 a 212,1 s⁻¹ e a densidade em um densímetro digital. O suco de uva Malbec foi descrito pelo modelo de Ostwald-de Waele para todas as temperaturas e concentrações analisadas ($R_{Adj}^2 > 0,995$ e RQME < 1,3), sendo caracterizado como fluido pseudoplástico. Os índices de consistência foram significativamente reduzidos com o aumento da temperatura, seguindo uma relação tipo Arrhenius ($R_{Adj}^2 > 0,983$ e RQME < 0,14), com energia de ativação variando de 11,02 kJ/mol (45,0°Brix) até 11,54 kJ/mol (21,0°Brix). Em contraste, aumentaram significativamente a concentração, sendo o modelo potencial o que melhor descreveu os dados ($R_{Adj}^2 > 0,999$ e RQME < 0,11). Por outro lado, os índices de comportamento não apresentaram relação com a temperatura, mas os mesmos reduziram significativamente com o aumento da concentração, sendo descritos pelo modelo potencial ($R_{Adj}^2 > 0,950$ e RQME < 0,029). No efeito combinado da temperatura e concentração no índice de consistência, o modelo potencial com Arrhenius melhor ajustou-se aos dados apresentando energia única de ativação de 11,11 kJ/mol ($R_{Adj}^2 = 0,99972$ e RQME = 0,083). A viscosidade aparente do suco reduziu e aumentou com o aumento da temperatura e concentração, em uma taxa de deformação fixa, respectivamente. A densidade reduziu e aumentou significativamente com o aumento da temperatura e concentração, respectivamente, sendo descrita pelo modelo polinomial de segunda ordem. O coeficiente de expansão térmica foi determinado para explicar às variações da densidade com a temperatura, indicando que na temperatura de 4,12°C, em qualquer concentração, o suco atingirá sua máxima densidade. Os resultados obtidos podem ser adequados para o potencial uso do suco concentrado como agente de chaptalização na vinificação e instalações industriais para produção de suco e vinho.

Palavras-chaves: Reologia. Pseudoplástico. Chaptalização. Suco de fruta. Energia de ativação.

ABSTRACT

The grape is one of the raw materials largely produced worldwide due to its production of high added value products such as wines and sparkling wines. Among the many varieties, it is possible to highlight the Malbec grape (*Vitis vinifera*) classified as red grape and used for fine wines production. The present study evaluated the influence of temperature and concentration on rheological behavior and density of Malbec grape juice. The analyzes were performed in a wide range of concentration (13.6 to 45.0°Brix), in order to use the concentrates of Malbec as chaptalization agent, and also in a wide range of temperature (1 to 66°C), that simulate storage conditions up to pasteurization process of juice. The rheological parameter, as well the density, were modelling as function of variables temperature and concentration. The rheological analyzes were performed in a rotational rheometer with cylindrical geometric at the shear rate from 0.84 to 212.1 s⁻¹ and the density in a digital densimeter. The Malbec grape juice was described by Ostwald-de Waele model for all temperatures and concentrations analyzed ($R_{Adj}^2 > 0.995$ and RSME <1.3), being characterized as shear-thinning fluid type. The consistency coefficients were significantly reduced, following an Arrhenius relationship ($R_{Adj}^2 > 0.983$ and RSME <0.14), with activation energy ranging from 11.02 kJ/mol (45.0°Brix) to 11.54 kJ/mol (21.0°Brix). In contrast, they significantly increased the concentration, being the potential model the better described the data ($R_{Adj}^2 > 0.999$ e RSME <0.11). In the other hand, the flow behavior index was not influenced by temperature; however, it was closely related with the concentration, being described by potential model ($R_{Adj}^2 > 0.950$ e RSME <0.029). In the combined effect of temperature and concentration on the consistency coefficients, the potential with Arrhenius model better fitted to data showing the only activation energy of 11.11 kJ/mol ($R_{Adj}^2 = 0.99972$ and RSME = 0.083). The apparent viscosity of grape juice reduced and increased with the increasing of temperature and concentration, at the same shear rate, respectively. The density reduced and increased significantly with increasing of temperature and concentration, respectively, being describes by second-order polynomial model. The thermal expansion coefficient was determined to explain the changes on density with temperature, indicating at 4.12°C, in any concentration, the juice reach the higher density. The obtained results can be suitable for the potential use of juice concentrate as chaptalization agent in winemaking and industrial facilities for juice and wine production.

Key-words: Rheology. Pseudoplastic. Malbec. Chaptalization. Fruit juice. Activation energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da uva.....	22
Figura 2 – Formato das bagas.....	22
Figura 3 – Compacidade dos cachos.	22
Figura 4 – Uva Malbec.	32
Figura 5 – Classificação do suco de uva (a) suco de uva tinto; (b) suco de uva rosé e (c) suco de uva branca.....	34
Figura 6 – Fluxograma do processamento de uva para produção de suco.	36
Figura 7 – Classificação simplificada do comportamento reológico dos materiais.	42
Figura 8 – Curva característica de comportamento reológico Newtoniano.	43
Figura 9 – Curva característica de comportamento reológico pseudoplástico.	44
Figura 10 – Curva característica de comportamento reológico dilatante.	45
Figura 11 – Curvas de escoamento de comportamento reológico com tensão inicial de escoamento.	46
Figura 12 – Viscosidade aparente de fluidos independentes do tempo.	51
Figura 13 – Instrumento reológico dividido em duas categorias: rotacional e tubular.	55
Figura 14 – Reômetro rotacional de cilindro concêntricos tipo Searle.	57
Figura 15 – Reômetro rotacional de cone e placa.	58
Figura 16 – Reogramas do suco de uva Malbec concentrado a 13,6 °Brix em diferentes temperaturas.	68
Figura 17 – Reogramas do suco de uva Malbec concentrado a 21,0 °Brix em diferentes temperaturas.	69
Figura 18 – Reogramas do suco de uva Malbec concentrado a 29,0 °Brix em diferentes temperaturas.	69
Figura 19 – Reogramas do suco de uva Malbec concentrado a 37,0 °Brix em diferentes temperaturas.	70
Figura 20 – Reogramas do suco de uva Malbec concentrado a 45,0 °Brix em diferentes temperaturas.	70
Figura 21 – Efeito da temperatura em diferentes concentrações de suco concentrado de uva Malbec no parâmetro índice de consistência.....	74
Figura 22 – Efeito da concentração em diferentes temperaturas de suco concentrado de uva Malbec no parâmetro índice de comportamento.	78
Figura 23 – Efeito combinado da concentração e temperatura no índice de consistência.	82

Figura 24 – Viscosidade aparente do suco concentrado da uva Malbec a 13,6 °Brix em diferentes temperaturas.	84
Figura 25 – Viscosidade aparente do suco concentrado da uva Malbec a 21,0 °Brix em diferentes temperaturas.	84
Figura 26 – Viscosidade aparente do suco concentrado da uva Malbec a 29,0 °Brix em diferentes temperaturas.	85
Figura 27 – Viscosidade aparente do suco concentrado da uva Malbec a 37,0 °Brix em diferentes temperaturas.	85
Figura 28 – Viscosidade aparente do suco concentrado da uva Malbec a 45,0 °Brix em diferentes temperaturas.	86
Figura 29 – Gráfico da densidade como função da concentração e temperatura.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Zonas de viticultura e alguns exemplos das uvas cultivadas em cada região.....	23
Tabela 2 - Área cultivada com videiras, por estado, em hectares, 2015/2017.	24
Tabela 3 – Produção de uvas, por estado, em toneladas, 2015/2017.	25
Tabela 4 – Microrregião e municípios gaúchos e catarinenses com maior destaque na produção de uvas em 2013.	27
Tabela 5 – Modelos reológicos para descrever o comportamento de fluidos.	47
Tabela 6 – Modelos reológicos para fluidos independentes do tempo.	49
Tabela 7 – Viscosidade aparente de fluidos não newtonianos.	51
Tabela 8 – Modelos matemáticos polinomiais para descrever a densidade como função da temperatura e concentração.	66
Tabela 9 – Índice de consistência do modelo de Ostwald-de Waele (média $\pm$ desvio padrão) do suco concentrado de uva Malbec em diferentes temperaturas e concentrações.	73
Tabela 10 – Parâmetros da equação tipo Arrhenius para suco concentrado de uva Malbec em diferentes concentrações para o índice de consistência.	75
Tabela 11 – Índice de comportamento do fluido do modelo de Ostwald-de Waele (média $\pm$ desvio padrão) do suco concentrado de uva Malbec em diferentes temperaturas e concentrações.....	77
Tabela 12 – Parâmetros da equação tipo potência (média $\pm$ desvio padrão) do suco concentrado da uva Malbec em diferentes temperaturas para o índice de comportamento.	79
Tabela 13 – Parâmetros da equação tipo potência do suco concentrado da uva Malbec em diferentes temperaturas para o índice de consistência.	81
Tabela 14 – Densidade (média $\pm$ desvio padrão) do suco de uva Malbec em diferentes concentrações e temperatura.	88
Tabela 15 – Resultados das regressões múltiplas da densidade como função da temperatura e concentração.	89
Tabela 16 – Coeficiente de expansão térmica (β) de suco de uva Malbec em diferentes temperaturas e concentrações.	91
Tabela A 1 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 1°C.	104
Tabela A 2 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 10°C.	105
Tabela A 3 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 19°C.	106
Tabela A 4 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 28°C.	107

Tabela A 5 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 37°C.	108
Tabela A 6 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 46°C.	109
Tabela A 7 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 56°C.	110
Tabela A 8 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 13,6°Brix e 66°C.	111
Tabela A 9 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 1°C.	112
Tabela A 10 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 10°C.	113
Tabela A 11 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 19°C.	114
Tabela A 12 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 28°C.	115
Tabela A 13 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 37°C.	116
Tabela A 14 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 46°C.	117
Tabela A 15 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 56°C.	118
Tabela A 16 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 21,0°Brix e 66°C.	119
Tabela A 17 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 1°C.	120
Tabela A 18 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 10°C.	121
Tabela A 19 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 19°C.	122
Tabela A 20 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 28°C.	123
Tabela A 21 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 37°C.	124
Tabela A 22 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 46°C.	125
Tabela A 23 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 56°C.	126
Tabela A 24 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 29,0°Brix e 66°C.	127
Tabela A 25 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 1°C.	128
Tabela A 26 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 10°C.	129
Tabela A 27 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 19°C.	130
Tabela A 28 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 28°C.	131
Tabela A 29 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 37°C.	132
Tabela A 30 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 46°C.	133
Tabela A 31 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 56°C.	134
Tabela A 32 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 37,0°Brix e 66°C.	135
Tabela A 33 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 1°C.	136
Tabela A 34 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 10°C.	137
Tabela A 35 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 19°C.	138
Tabela A 36 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 28°C.	139
Tabela A 37 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 37°C.	140
Tabela A 38 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 46°C.	141

Tabela A 39 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 56°C.	142
Tabela A 40 – Dados reológicos do suco de uva Malbec a 45,0°Brix e 66°C.	143
Tabela B 1 – Densidade do suco de uva Malbec a 13,6°Brix em diferentes temperaturas. ...	144
Tabela B 2 – Densidade do suco de uva Malbec a 21,0°Brix em diferentes temperaturas. ...	144
Tabela B 3 – Densidade do suco de uva Malbec a 29,0°Brix em diferentes temperaturas. ...	144
Tabela B 4 – Densidade do suco de uva Malbec a 37,0°Brix em diferentes temperaturas. ...	145
Tabela B 5 – Densidade do suco de uva Malbec a 45,0°Brix em diferentes temperaturas. ...	145

LISTA DE SÍMBOLOS

a: constante empírica

A: constante empírica

b: constante empírica

B: constante empírica

C: concentração (°Brix)

E_a : energia de ativação (J/mol)

K: índice de consistência (Pa.sⁿ)

K_∞ : constante empírica

K_1 : constante empírica do modelo de Casson

K_2 : constante empírica do modelo de Ellis

n: índice de comportamento (adimensional)

n_1 : constante empírica do modelo de Casson

N: número de pontos experimentais

r: coeficiente de correlação de Pearson

R: constante universal dos gases (8,413 J/mol.K)

R_{Adj}^2 : coeficiente de determinação ajustado

RQME: raiz do erro médio quadrático

T: temperatura (°C ou K)

$v_{experimental}$: valor experimental

$v_{predito}$: valor predito

X: fração mássica de sólidos

LISTA DE LETRAS GREGAS

β : coeficiente de expansão térmica ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

$\dot{\gamma}$: taxa de deformação ou gradiente de velocidade (s^{-1})

μ : viscosidade dinâmica (Pa.s)

μ_{ap} : viscosidade aparente (Pa.s)

μ_{pl} : viscosidade plástica de Bingham (Pa.s)

μ_{∞} : viscosidade de corte infinita do modelo de Casson; constante empírica

μ_0 : viscosidade de referência (Pa.s)

τ : tensão de cisalhamento (Pa)

τ_0 : tensão inicial ou tensão residual (Pa)

ϕ_i : constante empírica para o modelo polinomial da densidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVO	20
2.1 Objetivos Específicos	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Generalidades.....	21
3.2 Panorama da produção de uvas no Brasil	24
3.2.1 Região Sul	26
3.2.2 Região Nordeste – Submédio do rio São Francisco	28
3.2.3 Região Sudeste	29
3.3 O gênero Vitis.....	29
3.4 Uva Malbec (Vitis vinifera).....	31
3.5 Tecnologia de processamento do suco de uva	33
3.5.1 Recepção da matéria-prima.....	36
3.5.2 Desengace e esmagamento.....	37
3.5.3 Extração.....	37
3.5.3.1 Processo de extração por sulfitação (Flanzy)	37
3.5.3.2 Processo de extração por calor (Welch)	38
3.5.4 Separação e prensagem	39
3.5.5 Clarificação	39
3.5.6 Filtração.....	40
3.5.7 Estabilização tartárica	41
3.6 Aspectos reológicos	41
3.6.1 Reologia de fluidos.....	42
3.6.2 Modelos Reológicos.....	47
3.6.3 Viscosidade	50
3.6.4 Influência da temperatura e concentração sobre o comportamento reológico de fluidos alimentícios.....	52
3.6.5 Equipamentos para medidas reológicas	55

3.6.5.1 Reômetros tubulares	55
3.6.5.2 Reômetro rotacional de cilindros concêntricos	56
3.6.5.3 Reômetro rotacional de cone e placa	57
3.6.5.4 Reômetro de agitador	59
3.7 Propriedades Termofísicas.....	59
4 MATERIAL E MÉTODOS	62
4.1 Material.....	62
4.1.1 Amostras de suco	62
4.2 Métodos.....	62
4.2.1 Caracterização reológica	63
4.2.2 Determinação da densidade.....	65
4.2.2.1 Coeficiente de expansão térmica	66
4.2.3 Análise estatística.....	67
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.1 Comportamento Reológico do Suco Concentrado da Uva Malbec	68
5.1.1 Efeito da temperatura sobre os parâmetros reológicos.....	72
5.1.2 Efeito da concentração sobre os parâmetros reológicos.....	78
5.1.3 Efeito combinado da temperatura e concentração nos parâmetros reológicos.....	81
5.1.4 Viscosidade aparente.....	83
5.2 Caracterização da Densidade	87
5.2.1 Coeficiente de expansão térmica.....	90
6 CONCLUSÃO.....	93
REFERÊNCIAS	94
APÊNDICE A – Dados reológicos do suco de uva Malbec (Vitis vinífera) em diferentes temperaturas e concentração.	104
APÊNDICE B – Dados da densidade do suco de uva Malbec (Vitis vinífera) em diferentes temperaturas e concentração.	144

1 INTRODUÇÃO

A uva é uma das cultivares mais produzidas em todo mundo com produção anual maior que 67 milhões de toneladas de bagas, as quais 80% desta produção destina-se à vinicultura, contudo o segmento de produção de vinhos apresenta grande importância para muitos países produtores de uvas (ANTONIOLLI; FONTANA; PICCOLI; BOTTINI, 2015). Diante do exposto, o Brasil se apresenta como país potencial na produção de uvas, visto que no ano de 2017, apesar das reduções em suas áreas de plantio, obteve produção recorde de 1,68 milhões de toneladas, sendo 48,74% destinada ao processamento de vinhos, sucos e derivados cujos estados que apresentaram maior destaque foram: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Pernambuco, Minas Gerais e Espírito Santo (MELLO, 2018).

Muitas cultivares de uvas, tintas ou não, são empregadas na elaboração de vinhos, sucos e seus derivados. Dentre as cultivares, a uva Malbec (*Vitis vinifera*), classificada como uva tinta, apesar de possuir origem francesa, é a cultivar emblema da vitivinicultura Argentina sendo a principal uva produzida no país para elaboração de vinhos finos (KING *et al.*, 2014). Em sua composição química, a uva Malbec apresenta compostos relevantes que geralmente são encontrados em uvas brancas, os quais desempenham papel funcional (FANZONE *et al.*, 2015).

A reologia é a ciência que estuda a deformação no escoamento da matéria, avaliando como os diversos materiais reagem quando são aplicadas determinadas forças sobre eles, sejam estes materiais sólidos, líquidos ou gasosos (STEFFE, 1996). Tendo em vista a importância desta ciência, o conhecimento do comportamento reológico dos materiais se faz necessário na indústria de bebidas e de alimentos, devido ao projeto de operações unitárias a fim de assegurar a alta qualidade com relação às características sensoriais. Desta forma, a análise reológica é aplicada como uma ferramenta para engenharia de alimentos, devido sua ligação com o processamento e estabilidade dos alimentos, bem como nas percepções sensoriais.

A elaboração do suco de uva e vinho é considerado um processo complexo que envolve muitas etapas, desde o controle da temperatura até o controle da concentração de açúcares (JACKSON, 2008). Devido a isso, o comportamento reológico torna-se indispensável na otimização de processos, como o processo de evaporação que resulta na produção de sucos concentrados. Durante o processamento do suco de uva e vinho, as mudanças que ocorrem na

concentração e temperatura afetam as propriedades termofísicas dos materiais como a densidade, por exemplo (GRATÃO; SILVEIRA JÚNIOR; POLIZELLI; TELIS-ROMERO, 2004).

A legislação brasileira permite, no processamento de vinhos, a adição de sacarose durante a fermentação do mosto como uma ferramenta alternativa para correção do conteúdo alcoólico dos vinhos. Esta tecnologia é denominada de chaptalização e é comumente aplicada na produção de vinhos no Brasil quando as uvas não atingem o conteúdo de açúcar necessário para elaboração do vinho, pois é indispensável para atingir o conteúdo alcoólico preconizado pela legislação (8,6 a 14,0% v/v de etanol) (BRASIL, 2005). Mediante esta possibilidade, uma alternativa para substituição da sacarose como agente de chaptalização é adicionar suco concentrado da mesma cultivar, permitindo manter as características sensoriais, tornando o estudo do comportamento reológico de sucos de uva concentrado relevante para as vinícolas.

Diante do exposto, o trabalho avaliou o comportamento reológico do suco concentrado da uva Malbec em diferentes concentrações e temperaturas, além de verificar o efeito da temperatura e concentração na densidade, de modo a obter modelos matemáticos que melhor descrevam o comportamento dos parâmetros reológicos e densidade sob a influência da temperatura e da concentração.

6 CONCLUSÃO

Concluiu-se que na modelagem do comportamento reológico do suco concentrado da uva Malbec foi possível obter ajuste satisfatório ao modelo de Ostwald-de Waele com elevados coeficientes de determinação e baixos resíduos, $R_{Adj}^2 \geq 0,99507$ e $RQME \leq 1,25$ respectivamente, quando comparado aos modelos de Newton, Bingham e Herschel-Bulkley. O suco de uva Malbec concentrado apresentou comportamento pseudoplástico ($n < 1$) na faixa de taxa de deformação estudada para todas temperaturas e concentrações. O índice de consistência (K) reduziu com o aumento da temperatura enquanto o índice de comportamento não foi influenciado pela temperatura. O efeito da temperatura no índice de consistência foi satisfatoriamente descrito por uma equação tipo Arrhenius e os valores de energia de ativação obtidos variaram de 11,02 kJ/mol a 11,54 kJ/mol. Os modelos que combinam os efeitos de temperatura e concentração ajustaram-se satisfatoriamente aos dados experimentais, no entanto o modelo combinado da equação tipo Arrhenius com potencial melhor descreveu os dados com $R_{Adj}^2 = 0,99972$ e $RQME = 0,083$, apresentando energia de ativação única de 11,11 kJ/mol. A viscosidade aparente do suco aumentou com aumento da concentração e reduziu com o aumento da temperatura.

Com relação à densidade do suco de uva Malbec, o mesmo diferiu significativamente com relação a temperatura e concentração, sendo o modelo polinomial de segunda ordem que melhor descreveu os dados experimentais da densidade como função da temperatura e concentração. De modo a explicar as variações da densidade em função da temperatura, foi determinado o coeficiente de expansão térmica o qual indicou que na temperatura de 4,12 °C o coeficiente apresenta valores nulos na faixa de concentração estudada, indicando que a máxima densidade será determinada nesta temperatura.

Os resultados obtidos evidenciam relevante importância aos produtores de vinhos, uma vez que os resultados referentes aos dados reológicos e de densidade irão otimizar operações unitárias envolvidas no processamento de vinhos na utilização do suco concentrado da uva Malbec como agente de chaptalização. O uso do suco concentrado de uva ao invés de sacarose como agente de chaptalização pode produzir vinhos de melhor qualidade, uma vez que o uso da sacarose pode ocasionar alterações nas características sensoriais, assim a aplicação do suco concentrado poderá ser uma medida alternativa para clássica técnica de chaptalização na produção de vinhos.

REFERÊNCIAS

- A BÍBLIA. **A cura de um lunático**. Tradução de João Ferreira Almeida. Rio de Janeiro: King Cross Publicações, 2008. 1110 p. Velho Testamento e Novo Testamento.
- ADORNO, R. A. C. **Reologia de sucos de frutas tropicais: manga, maracujá, mamão e goiaba**. 1997. 191f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, Campinas, 1997.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. Avaliação de genótipos de uva no semi-árido brasileiro. *In*: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. Embrapa Semi-Árido, Petrolina, 1999.
- AMARANTE, J. O. A. **Vinhos do Brasil e do mundo para conhecer e beber**. São Paulo: Summus Editorial, 1983. 157p.
- ANTONIOLLI, A.; FONTANA, A. R.; PICCOLI, P.; BOTTINI, R. Characterization of polyphenols and evaluation of antioxidant capacity in grape pomace of the cv. Malbec. **Food Chemistry**, v. 178, p. 172-178, 2015.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 88p. ISSN 1808-4931.
- ARAÚJO, A. J. B., DINIZ, B. C. R., BARRETO, J., OLIVEIRA, C. S., COSTA, T. R., NASCIMENTO, R. L., QUINTINO, C., ALVES, L. A., PEREIRA, G. E. Caracterização do perfil aromático de vinhos tropicais elaborados a partir de uvas Sauvignon Blanc e Chenin Blanc no Nordeste do Brasil. *In*: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 5, 2010, Petrolina. **Anais [...]** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25345/1/Ana-Julia-V-Jorn-de-Inic-Cient.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2019.
- ASTOLFI-FILHO, Z. **Propriedades reológicas e termofísicas de caldo de cana utilizados no processo de obtenção de bioetanol**. 2011. 143f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2011.
- ASTOLFI-FILHO, Z.; TELIS, V. R. N., OLIVEIRA, E. B., COIMBRA, J. S. R.; TELIS-ROMERO, J. Rheology and fluid dynamics properties of sugarcane juice. **Biochemical Engineering Journal**, v. 53, p. 260-265, 2011.
- AUGUSTO, P. E. D.; IBARZ, A.; CRISTIANINI, M. Effect of high pressure homogenization (HPH) on the rheological properties of a fruit juice serum model. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 474–477, 2012.
- BARRETO, T. L.; POLACHINI, T. C.; BARRETTO, A. C. S.; TELIS-ROMERO, J. Water sorption isotherms of cooked hams as affected by temperature and chemical composition. **Food Science and Technology**, v. 38, p.--, 2018.
- BARNABÉ, D.; MARZAROTTO, V. Sucos de Uva. *In*: VENTURINI FILHO, W. G. (coord.). **Bebidas não alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2. ed. v. 2. São Paulo: Blucher, 2018. 524p.

BEZERRA, C. V.; SILVA, L. H. M.; COSTA, R. D. S.; MATTIETTO, R. A.; RODRIGUES, A. M. C. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2013.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Transport phenomena**. New York: Wiley, 1960. 780p.

BIROLO, F.; ZENELLA, V. **Produção nacional**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/24428422/producao-nacional>. Acesso em: 5 mar. 2019.

BOFO, D. C. S. **Reologia de fluidos envolvidos no processo de obtenção de bioetanol**. 2015. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2011.

BOFO, D. C. S.; CABRAL, R. A. F.; ANDRIETTA, S. R.; TELIS-ROMERO, J. Rheological behavior of molasses for application in industry. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 35, p. 1545-1552, 2016.

BON, J.; VÁQUIRO, J.; TELIS-ROMERO, J. Thermophysical properties of mango pulp (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins). **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 4, p. 563-568, 2010.

BRASIL. **Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988**. Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) dos vinhos e derivados da uva e do vinho, incluindo padrões do suco de uva, polpa de uva, vinagre balsâmico e alcoólico composto. MAPA 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-atualiza-padroes-de-vinho-uva-e-derivados/INMAPA142018PIQVinhoseDerivados.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Altera dispositivos da Lei n. 7678 de 8 de novembro de 1988**. Brasília: Diário Oficial da União, 2005.

BUDIĆ-LETO, I.; MUCALO, A.; LJUBENKOV, I.; ZDUNIĆ, G. Anthocyanin profile of wild grape *Vitis vinifera* in the eastern Adriatic region. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 32-37, 2018.

CABRAL, R. A. F. **Influência da temperatura e fração de água nos parâmetros reológicos do extrato de café**. 2000. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2000.

CABRAL, R. A. F.; GUT, J. A. W.; TELIS, V. R. N.; TELIS-ROMERO, J. Non-newtonian flow and pressure drop of pineapple juice in plate heat exchanger. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 27, n. 4, p. 563-571, 2010.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. S. **Cultivares de videiras para processamento**. In: SILVEIRA, S. V.; HOFFMANN, A.; GARRIDO, L. R.; (Ed.). Produção integrada de uva para processamento: implantação do vinhedo, cultivares e manejo da planta. Brasília, DF: Embrapa, 2015. v. 3, cap. 2, p. 25-40. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1060142>. Acesso em: 7 mar. 2019.

CANCIAM, C. A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de algodão. **Revista Publicatio UEPG—Ciências exatas e da terra, ciências agrárias e engenharias**, v. 11, n. 3, p. 27-31, 2005.

CANCIAM, C. A. Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de soja (Glicine max). **Revista Tecnológica**, v. 17, p. 13-18, 2008.

CAPELLI, A. **Influência da faixa de taxas de deformação na precisão de caracterizações reológicas de fluidos**. 2012. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2011.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **As faces da física**. São Paulo: Editora Moderna, 1997. 277p.

CATALUÑA, E. **As uvas e os vinhos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 207p.

CEPEDA, E.; HERMOSA, M.; LLORENS, F.; VILLARÁN, M. C. Rheological behavior of blueberry cloudy juice (*Vaccinium corymbosum* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p. 271-276.

COMACHIO, V. **BRS Violeta conquista os vinhedos gaúchos**. A Vindima, v. 10, n. 96, p. 5, 2017. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161094/1/Comachio-Avindima-V10-N96-P5-2017.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2019.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; SILVA, M. J. R. **Demanda hídrica de videiras para a produção de uvas destinadas à elaboração de suco na região noroeste de São Paulo**. Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2018. 9p. ISSN 1808-6802. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181499/1/Comunicado-Tecnico-203-2018.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2019.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; TONIETTO, J. **Condições climáticas para produção de uvas na região de Jales (SP)**. Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. 4p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/998757>. Acesso em: 6 mar. 2019.

CORRÊA, N. F.; CAMARGO JÚNIOR, F. B.; IGNÁCIO, R. F.; LEONARDI, G. R. Avaliação do comportamento reológico de diferentes géis hidrofílicos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 1, p. 73-78, 2005.

COSTA, H. C. B.; SILVA, A. O.; VIEIRA, L. G. M. Physical properties of açai-berry pulp and kinetics study of its anthocyanin thermal degradation. **Journal of Food Engineering**, v. 239, p. 104-113.

DAHDOUH, L.; WISNIEWSKI, C.; RICCI, J.; VACHOUD, L.; DORNIER, M.; DELALONDE, M. Rheological study of orange juices for a better knowledge of their suspended solids interactions at low and high concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 174, p. 15-20, 2016.

DAK, M.; VERMA, R. C.; JAAFFREY, S. N. A. Effect of temperature and concentration on rheological properties of “kesar” mango juice. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 4, p. 1011-1015, 2007.

DA SILVA, F. C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005.

DE CASTILHOS, M. B. M.; BETIOL, L. F. L.; CARVALHO, G. R.; TELIS-ROMERO, J. Experimental study of physical and rheological properties of grape juice using different temperatures and concentrations. Part I: Cabernet Sauvignon. **Food Research International**, v. 100, p. 724-730, 2017.

DE CASTILHOS, M. B. M.; BETIOL, L. F. L.; CARVALHO, G. R.; TELIS-ROMERO, J. Experimental study of physical and rheological properties of grape juice using different temperatures and concentrations. Part II: Merlot. **Food Research International**, v. 105, p. 905-912, 2018.

DE MARIA, S; FERRARI, G.; MARESCA, P. Rheological characterization and modelling of high pressure processed Bovine Serum Albumin. **Journal of Food Engineering**, v. 153, p. 39-44, 2015.

DEMIRKOL, M.; TARAKCI, Z. Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. **LWT – Food Science and Technology**, v. 97, p. 770-777, 2018.

DITCHFIELD, C.; TADINI, C. C.; SINGH, R. K.; TOLEDO, R. Rheological properties of banana puree at high temperatures. **International Journal of Food Properties**, v. 7, n. 3, p. 571-584, 2004.

EMPRABA UVA E VINHO. **Viticultura Gaúcha quase dobra área plantada em 20 anos**. Agapomi, n. 278, p. 4, Jul. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162619/1/Embrapa-Agapomi-N278-P04-2017.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2019.

FANZONI, M.; GONZÁLEZ-MANZANO, S.; PÉREZ-ALONSO, J.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T.; JOFRÉ, V.; ASSOOF, M.; SANTOS-BUELGA, C. Evaluation of dihydroquercetin-3-O-glucoside from Malbec grapes as copigment of malvidin-3-O-glucoside. **Food Chemistry**, v. 175, p. 166-173, 2015.

FERREIRA, T. O., COSTA, R. R., ANDRADE NETO, E. R., LIMA, M. A. C. Qualidade das uvas "BRS Magna" associada a sistemas de condução e porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco: primeiro ciclo de produção. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 3, 2018, Petrolina. **Anais [...]** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190440/1/SDC284-229-233.pdf>. Acesso em: 12 feb. 2019.

FLAUZINO, R. D. **Influência da temperatura e do teor de gordura nos parâmetros reológicos do leite condensado e creme de leite**. 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2011.

FREDDI, N.; VELLOSO, G.; ALVES, R. **Malbec, a uva da moda**: recentemente descoberta pelo público brasileiro, a tradicional Malbec se transformou num dos maiores sucessos dos últimos tempos. Uva em Destaque, p. 36-39. Disponível em:

<http://www.artwine.com.br/edicoes/wine-style-2-malbec-a-uva-da-moda.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.

GABAS, A. L.; MENEZES, R. S.; TELIS-ROMERO, J. **Reologia na indústria de biocombustíveis**. Lavras: INDI, 2012.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery, and properties. **Biotechnology advances**, v. 18, n. 7, p. 549-579, 2000.

GINER, J.; IBARZ, A.; GARZA, S.; XHIAN-QUAN, S. Rheology of Clarified Cherry Juices. **Journal of Food Engineering**, v.30, p.147-154, 1996.

GOMES, D. **Efeitos da vibração na qualidade da uva “Niágara Rosada”**. 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, Campinas, 2006.

GRATÃO, A. C. A.; BERTO, M. I.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 652-656, 2004.

GRATÃO, A. C. A.; SILVEIRA JÚNIOR, V.; POLIZELLI, M. A., TELIS-ROMERO, J. Thermal properties of passion fruit juice as affected by temperature and water content. **Journal of Food Process Engineering**, v. 27, n. 6, p. 413-431, 2004.

GRATÃO, A. C. A.; SILVEIRA JÚNIOR, V.; TELIS-ROMERO, J. Laminar flow of soursop juice through concentric annuli: Friction factors and rheology. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 4, p. 1343-1354, 2007.

GUEDES, D. B.; RAMOS, A. M.; DINIZ, M. D. M. S. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas de polpa de melancia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 4, p. 279-285, 2010.

GUERRA, C.C. Vinhos finos do Brasil: diversidade de regiões, tipos e estilos de produtos. **Engarrafador Moderno**, São Caetano do Sul, v. 25, n. 280, p. 30-37, 2017. 1ª Parte. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165825/1/celito1parteartigo2017.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

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.

HAIR, J. F. Jr.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009, 688p.

HANCOCK, B. C.; YORK, P.; ROWE, R. C. An assessment of substrate-binder interactions in model wet masses. 1: Mixer torque rheometry. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 102, p. 167-176, 1994.

HIDALGO, J. **Seis fatos que talvez você não saiba sobre a Argentina**. ArtWine Consultoria de Vinhos, 2015. Disponível em: <http://www.artwine.com.br/artigos-e-reportagens/382/seis-fatos-que-talvez-voce-nao-saiba-sobre-a-argentina>. Acesso em: 18 mar. 2019.

HOFF, R., FALCADE, I., BERGMANN, M., ALBERTI, R., MODENA, R. C. C., DALCIN, M. Geologia, geomorfologia e paisagem vitícola: uma abordagem da identidade regional da viticultura na região vitivinícola campanha, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio Grande do Sul, v. 19, n. 4, p. 757-776, 2018.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 2, p. 393-418, 1971.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Unit Operations in Food Engineering**. Boca Raton Londres New York Washington, D.C., CRC press, 2002.

IGLEZ de SOUSA, J.S. **Uvas para o Brasil**. 2.ed. rev. atual. Piracicaba: FEALQ, 1996. 791p. il. (FEALQ. Biblioteca de Ciências Agrárias "Luiz de Queiroz", 1). Com a colaboração de: Antonio Ambrósio Amaro, Antonio Roque Dechen, Edyl de Domênico Pinheiro e outros.

INBRAVIN. **Saiba qual a diferença entre o verdadeiro suco de uva e as outras bebidas**. 100% Suco de uva do Brasil. Disponível em: http://www.sucodeuvadobrasil.com.br/view/pdf.php?i=YkCBN15dG7_-B2z5100ABzp9vzSqo8ipp25HbqxJ4ZE. Acesso em: 20 mar. 2019.

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

JEDIYI, H.; NAAMANI, K.; ELKOCH, A. A.; DIHAZI, A.; FELS, A. E. A. E.; ARKIZE, W. First study on technological maturity and phenols composition during the ripeness of five *Vitis vinifera* L grape varieties in Morocco. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 390-397, 2019.

JUSZCZAK, L.; FORTUNA, T. Effect of temperature and soluble solid content on the viscosity of cherry juice concentrate. **International Agrophysics**, v. 18, p. 17-21, 2004.

KAYA, A.; BELIBAĞLI, K. B. Rheology of solid Gaziantep Pekmez. **Journal of Food Engineering**, v. 54, n. 3, p. 221-226, 2002.

KAYA, A.; SÖZER, N. Rheological behaviour of sour pomegranate juice concentrates (*Punica granatum* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 223-227, 2005.

KING, E. S.; STOUMEN, M.; BUSCEMA, F.; HJELMELAND, A. K.; EBELER, S. E.; HEYMANN, H.; BOULTON, R. B. Regional sensory and chemical characteristics of Malbec wines from Mendoza and California. **Food Chemistry**, v. 143, p. 256-267, 2014.

LAGO-VANZELA, E. S. **Estudos bioquímicos, físico-químicos e tecnológicos de uvas paulistas**. 2011. 211f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2011.

LAGO-VANZELA, E. S., BAFFI, M. A., SILVA, R. (org.). **Uvas e vinhos: química, bioquímica e microbiologia**. São Paulo: Editora Unesp; Editora Senac, 2015. 194p.

LAMB, J. Influence of water on thermal properties of foods. **Chemistry & Industry**, v. 24, p. 1046-1048, 1976.

LAZZAROTTO, J. J.; TAFFAREL, J. C.; MONTEIRO, R. **Caracterização e análise de aspectos sociais, tecnológicos e econômico-financeiros da viticultura Gaúcha e**

Catarinense. Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016. 54p. ISSN 1808-4648. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144833/1/Doc97.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2019.

LIU, H.F.; WU, B. H.; FAN, P. G.; LI, S. H.; LI, L. S. Sugar and acid concentrations in 98 grape cultivars analyzed by principal component analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 1526-1536, 2006.

MAGNIN, A.; PIAU, J. M. Cone-and-plate rheometry of yield stress fluids. Study of an aqueous gel. **Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics**, v. 36, p. 85-108, 1990.

MANFROI, V. **Degustação de vinhos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 127p.

MELLO, L. M. R. **Evolução da viticultura do Rio Grande do Sul: 1996 a 2015**. In: MELLO, L. M. R. de; MACHADO, C. A. E. (Ed.). Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015. Brasília, DF: Embrapa, p. 53-74, 2017a. Capítulo 3. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176226/1/Evolucao-da-viticultura-Cap-3-ebookA4-5.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2019.

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2017**. Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2018. 11p. ISSN 1808-6802. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187913/1/Comunicado-Tecnico-207.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2016**. Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2017b. 7p. ISSN 1808-6802. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179393/1/Comunicado-Tecnico-199-versao-2018-06-21.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2019.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. **Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 85p. ISBN 978-85-7035-732-8. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176223/1/ebookA4-5.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2019.

MIZRAHI, S.; BERK, Z. Flow Behaviour of Concentrated Orange Juice: Mathematical Treatment. **Journal of Texture Studies**, v.3, n.1, p. 69-79, 1972.

MOURA, M. F. C. **Embrapa lança cultivares de uvas produtivas e adaptadas à Região Sul**. Embrapa Uva e Vinho. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/41413580/embrapa-lanca-cultivares-de-uvas-produtivas-e-adaptadas-a-regiao-sul>. Acesso em: 6 mar. 2019.

NARDUZZI, L.; STANSTRUP, J.; MATTIVI, F. Comparing wild American grapes with *Vitis vinifera*: A metabolomics study of grape composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 30, p. 6823-6834, 2015.

NASH, V.; RANADHEERA, C. S.; GEORGIOUSOPOULOU, E. N.; MELLOR, D. D.; PANAGIOTAKOS, D. B.; MCKUNE, A. J.; KELLETT, J.; NAUMOVSKI, N. The effects of grape and red wines polyphenols on gut microbiota – A systematic review. **Food Research International**, v. 113, p. 277-287, 2018.

OLIVEIRA, M. J. **Termodinâmica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. 365p.

PAGÁN, J.; IBARZ, A. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. **Journal of Food Engineering**, v.39, p.193-201, 1999.

PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C.; AMORIM, F. M.; NASCIMENTO, A. M. S.; SOUZA, J. F.; LIMA, L. L. A.; LIMA, L. M. S.; PADILHA, C. V. S.; PROTAS, J. F. S.; ZANUS, M. C.; TONIETTO, J. Vinhos tropicais do semiárido do Brasil: desvendando o potencial vitivinícola desta nova fronteira geográfica do vinho. **Territoires du Vin**, v. 9, p. 1-13, 2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1103067>. Acesso em: 7 mar. 2019.

POLACHINI, T. C.; SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L.; TELIS-ROMERO, J. Density and rheology of acid suspensions of peanut waste in different conditions: An engineering basis for bioethanol production. **Powder Technology**, v. 294, p. 168-176, 2016.

POLACHINI, T. C.; BETIOL, L. F. L.; BASTOS, M. G.; TELIS, V. R. N.; SOUZA, A. C.; TELIS-ROMERO, J. Density, thermal expansion coefficient, and rheological behavior of meat extract under different temperature and solids concentrations. **Canadian Journal Chemical Engineering**, v. 94, p. 988-994, 2016.

POLACHINI, T. C.; MULET, A.; CÁRCEL, J. A.; TELIS-ROMERO, J. Rheology of acid suspensions containing cassava bagasse: Effect of biomass loading, acid content and temperature. **Powder Technology**, v. 354, p. 271-280, 2019.

PONI, S.; GATTI, M.; PALLIOTTI, A.; DAI, Z.; DUCHÊNE, E.; TRUONG, T. T.; FERRARA, G.; MATARRESE, A. M. S.; GALLOTTA, A.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, F.; TOMBESI, S. Grapevine quality: A multiple choice issue. **Scientia Horticulturae**, v. 86, p. 445-462, 2018.

PROTAS, J. F. S., CAMARGO, U. A. **Viticultura brasileira: panorama setorial 2010**. Brasília, Distrito Federal: SEBRAE; Bento Gonçalves: IBRAVIN: Embrapa Uva e Vinho, 2011. 109p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58339/1/PROTAS-panoramaviticultura2010.pdf>. Acesso em: 12 feb. 2019.

QUEK, M. C.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Modelling of rheological behavior of soursop juice concentrates using shear rate-temperature-concentration superposition. **Journal of Food Engineering**, v. 118, p. 380-386, 2013.

RAO, M. A. **Rheology of Fluids and Semisolid Foods: principles and applications**. Food Engineering Series, 1 ed., Aspen Publishers, Inc., 1999.

RIBEIRO, E. F.; POLACHINI, T. C.; CARVALHO, G. R.; TELIS ROMERO, J.; CABRAL, R. A. F. Thermophysical and properties of different olive oils: evaluating density and rheology through a fluid dynamic approach. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 1, p. 1600316, 2017.

RITSCHER, P. S., MAIA, J. D. G., CAMARGO, U. A., ZANUS, M. C., SOUZA, R. T., FAJARDO, T. V. M. **‘BRS Magna’ Nova cultivar de uva para suco com ampla adaptação climática**. Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. 12p. ISSN 1516-8093. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71803/1/cot125.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2019.

RIZZON, L. A.; LINK, M. Composição do suco de uva caseiro de diferentes cultivares. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 689-692, 2006.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Características analíticas de sucos de uvas elaboradas no Rio Grande do Sul. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 129-133, 1995.

ROWE, R. C.; SADEGHNEJAD, G. R. The rheology of microcrystalline cellulose powder/water mixes – measurement using a mixer torque rheometer. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 38, p. 227-229; 1987.

RUOCCO, S.; STEFANINI, M.; STANSTRUP, J.; PERENZONI, D.; MATTIVI, F.; VRHOVESK, U. The metabolomic profile of red non-V. *vinifera* genotypes. **Food Research International**, v. 98, p. 10-19, 2017.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 890-896, 2007.

SATO, T. Rheology of suspensions. **Journal of coatings technology**, v. 67, n. 847, p. 69-79, 1995.

SCHARAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2006.

SEKA, M. A.; VERSTRAETE, W. Test for assessing shear sensitivity of activated sludge flocs: a feasibility study. **Water Research**, v. 37, n. 14, p. 3327-3334, 2003.

SHAMSUDIN, R.; MOHAMED, I. O.; YAMAN, N. K. M. Thermophysical properties of Thai seedless guava juice as affected by temperature and concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 3, p. 395-399, 2005.

SHAMSUDIN, R.; LING, C. S.; ADZAHAN, N. M.; DAUD, W. R. W. Rheological properties of ultraviolet-irradiated and thermally pasteurized Yankee pineapple juice. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 2, p. 548-553, 2013.

SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M. **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 626, 2007.

STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. 2. ed., 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.; DITCHFIELD, C. Reologia de produtos alimentícios. In: TADINI *et al.* **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 1, cap. 3, p.562.

TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N.; YAMASHITA, F. Friction factors and rheological properties of orange juice. **Journal of Food Engineering**, v. 40, p. 101-106, p. 1999.

URVIETA, R.; BUSCEMA, F.; BOTTINI, R.; COSTE, B.; FONTANA, A. Phenolic and sensory profiles discriminate geographical indication for Malbec wines from different regions of Mendoza, Argentina. **Food Chemistry**, v. 265, p. 120-127, 2018.

VANDRESEN, S.; QUADRI, M. G. N.; SOUZA, J. A. R., HOTZA, D. Temperature effect on the rheological behavior of carrot juice. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 3, p. 269-274, 2009.

VÉLEZ-RUIZ, J. F.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Effects of concentration and temperature on the rheology of concentrated milk. **American Society of Agriculture Engineers**, v. 40, p. 1113-1118, 1997.

VIDAL, J. R. M. B. **Estudo Reológico do suco de manga - Efeito dos sólidos insolúveis**. 1997. 81p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas - Unicamp. São Paulo, Campinas. 1997.

ZANELLA, V.; MOURA, M. F. C. **Novidades para vitivinicultura na Serra Gaúcha**. Embrapa Uva e Vinho. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/40988824/novidades-para-a-vitivinicultura-na-serra-gaucha>. Acesso em: 6 mar. 2019.

ZURITZ, C. A.; MUÑOZ PUNTES, E.; MATHEY, H. H.; PÉREZ, E. H.; GASCÓN, A.; RUBIO, L. A.; CARULLO, C. A.; CHERNIKOFF, R. E.; CABEZA, C. A. Density, viscosity and coefficient thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 71, n. 2, p. 143-149, 2005.