



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE ALIMENTOS**



AMANDA GRAZIELY DA SILVA

**ESTUDO REOLÓGICO DE SOLUÇÃO FILMOGÊNICA UTILIZANDO
FÉCULA DE ARARUTA (*Marantha Arudinacea*)**

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE ALIMENTOS**



AMANDA GRAZIELY DA SILVA

**ESTUDO REOLÓGICO DE SOLUÇÃO FILMOGÊNICA UTILIZANDO
FÉCULA DE ARARUTA (*Marantha Arudinacea*)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Severina de Sousa

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

S586e Silva, Amanda Graziely da.

Estudo reológico de solução filmogênica utilizando fécula de araruta (*Marantha Arudinacea*) / Amanda Graziely da Silva. – Campina Grande, 2023.

91 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Profª. Dra. Severina de Sousa".

Referências.

1. Desenvolvimento de Produtos e Processos. 2. Comportamento Reológico – Soluções à Base – Fécula de Araruta. 3. Engenharia de Alimentos. 4. Biodegradável. 5. Embalagem. 6. Sustentabilidade. I. Sousa, Severina de. II. Título.

CDU 664.27(043)

Amanda Graziely da Silva

**ESTUDO REOLÓGICO DE SOLUÇÃO FILMOGÊNICA UTILIZANDO
FÉCULA DE ARARUTA (*Marantha Arudinacea*)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Engenharia
de Alimentos como requisito à obtenção do
título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em: 17/07/2023

Prof.^a Dr.^a Severina de Sousa
Orientador

Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos - Centro de Tecnologia e Recursos
Naturais (UFCEG/CTRN/UAEAli)

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Trindade Rocha
(Examinadora Interna)

Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos - Centro de Tecnologia e Recursos
Naturais (UFCEG/CTRN/UAEAli)

Prof.^a Dr.^a Deyzi Santos Gouveia
(Examinadora Interna)

Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos - Centro de Tecnologia e Recursos
Naturais (UFCEG/CTRN/UAEAli)

Dr.^a Renata Duarte Almeida
(Examinadora Externa)

Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos - Centro de Tecnologia e Recursos
Naturais (CTRN)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, REALIZADA EM 17 DE JULHO DE 2023.

Ao dia 17 de Julho de 2023, às 10:00 horas, em sessão aberta ao público, realizada no Bloco de Engenharia de Alimentos - LEA, na presença da Banca Examinadora presidida pela orientadora Prof.Dra. **Severina de Sousa** (Orientadora) e composta pelos Examinadores: Dr^a. Ana Paula Trindade Rocha (Avaliadora/Membro Interno), a professora **Dra. Deyzi Santos Gouveia** (Avaliadora-Membro Interno) - Matrícula/SIAPE nº 1805305, a professora **Dra. Renata Duarte Almeida** (Avaliador/Membro Externo), a aluna **Amanda Graziely da Silva**, Mat.203173020027 defendeu sua Dissertação de Mestrado intitulada "**PRODUÇÃO DE SOLUÇÃO FILMOGÊNICA UTILIZANDO FÉCULA DE ARARUTA (Marantha Arudinacea)**", como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Alimentos. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela **APROVAÇÃO** da referida Dissertação, divulgando o resultado formalmente ao aluno(a) e demais presentes e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente Ata que será assinada por mim, pelos demais Examinadores e pela aluna.



Documento assinado eletronicamente por **SEVERINA DE SOUSA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/08/2023, às 09:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **DEYZI SANTOS GOUVEIA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/08/2023, às 15:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **RENATA DUARTE ALMEIDA, ENGENHEIRO-AREA**, em 22/08/2023, às 15:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, COORDENADOR(A)**, em 04/09/2023, às 08:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Graziely da Silva, Usuário Externo**, em 04/09/2023, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3609999** e o código CRC **BCD0F30F**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por confirmar a Sua Eterna Aliança, firmando meus passos Nele; dando a mim segurança nas coisas incorruptíveis e eternas, na majestade da Sua criação. “Porque eu sei que o meu Redentor vive, e que por fim se levantará sobre a terra (Jó 19:25). Obrigada meu Bom Pastor, Teus sonhos são infinitamente melhores que os meus.

Ao meu esposo e companheiro, Bruno Gomes, pelo apoio e torcida. Certamente, sem o seu apoio incondicional eu não conseguiria está fechando mais esse ciclo de forma vitoriosa, obrigada, amo você.

Ao meu filho, Breno. Por me levar a encontrar forças onde humanamente não era possível não fosse o elo de amor que construímos. Filho, você ressignificou minha vida, te amo infinito.

A minha família em especial, minha mãe Ana Lúcia. Pelo o incentivo e apoio durante toda minha vida acadêmica. Pelo amor, carinho e cuidado mesmo a distancia. Por todas as lições de honestidade e bondade que moldaram minha moral e meu caráter. Muito obrigada, eu amo vocês!

A mãe que me adotou e sem medir esforços procurou sonhar e sorrir com as minhas vitórias. Dona Maria do Socorro à senhora é extensão de Deus em minha vida, obrigada!

À minha orientadora, professora Severina, pela orientação na construção da dissertação, pelos ensinamentos e incentivo que me permitiram, não só, me tornar mestre, mas crescer como pessoa e profissional.

Ao Laboratório engenharia de alimentos, o LEA, representados pelas técnicas de laboratório, Renata e Leila, pela disposição de espaço, material e contribuições para a execução do meu projeto.

A todos os colegas que dividiram suas experiências de pesquisa comigo, em especial a Ryan e Amanda que me auxiliaram nas análises e somaram a pesquisa.

Ao corpo docente da engenharia de alimentos que compartilharam os seus conhecimentos, foi uma troca incrível em todo o curso.

A banca avaliadora, pelas correções e contribuições para o desenvolvimento da pesquisa.

A todos os colaboradores, em especial: Gustavo, Roberta, Betânia, Manoel, e Lúcio que estenderam os braços recebendo com paciência minha família, sendo compreensíveis nos momentos mais delicados, gratidão.

A Capes pelo financiamento das bolsas de mestrado.

A todos minha eterna gratidão!

RESUMO

Os amidos são muito utilizados nas indústrias alimentícias como matéria-prima em vários produtos, principalmente para conferir maior consistência aos alimentos. As principais fontes de amido comercial no mundo são o milho, a batata e a mandioca. O uso e produção do amido da fécula de araruta, uma planta alimentícia não convencional, ainda é escasso, havendo poucos estudos sobre a reologia de soluções de fécula de araruta. Assim, este trabalho teve o objetivo de estudar o comportamento reológico de soluções à base de fécula de araruta em diferentes temperaturas 40, 50, 60, e 70°C em diferentes velocidades de rotações: 50, 60, 70, 75, 80, 90, 100, 105, 120, 135, 140, 150, 160, 180 e 200 rpm. Os experimentos foram conduzidos em duas etapas: caracterização da matéria prima; preparo e análise da solução filmogênica. A matéria prima foi caracterizada quanto ao teor de água, cinzas, acidez, pH e microscopia eletrônica de varredura. As diferentes formulações da solução filmogênica foram produzidas utilizando um planejamento fatorial completo 2² com 4 pontos axiais e três repetições no ponto central para estudar o efeito da concentração de plastificante e da fécula de araruta sobre as propriedades reológicas das soluções. Os resultados demonstraram que a fécula de araruta apresentou um valor para o teor de água abaixo de todas as percentagens máximas exigidas pela legislação, estando dentro do recomendado e permitindo um armazenamento seguro. Os valores de pH foi igual a 5,89, enquanto a acidez apresentou um valor igual a 0,9 g/100g. A quantidade de cinzas encontrada foi de 0,5 g 100 g⁻¹, o que indica uma matéria prima pura. Os resultados da morfologia do amido de araruta revelaram os grânulos de amido possuem formato arredondado e superfície lisa sem ranhuras ou poros, com tamanhos médios iguais a 18,65 ± 2,80 µm aproximadamente. O comportamento reológico das soluções filmogênicas do fluido apresentou caráter não newtoniano e comportamento pseudoplástico, os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk apresentaram ajustes semelhantes e também foram os melhores modelos para todas as formulações estudadas com R² > 98%.e valores de DQM baixos.

Palavras-chave: Cobertura, biodegradável, embalagem, sustentabilidade.

ABSTRACT

Starches are widely used in the food industry as a raw material in various products, mainly to provide greater consistency to foods. The main sources of commercial starch in the world are corn, potatoes and cassava. The use and production of starch from arrowroot starch, an unconventional food plant, is still scarce, with few studies on the rheology of arrowroot starch solutions. Thus, this work aimed to rheologically characterize solutions based on arrowroot starch at different temperatures 40, 50, 60, and 70°C and at different rotation speeds: 50, 60, 70, 75, 80, 90, 100, 105, 120, 135, 140, 150, 160, 180 and 200 rpm. The experiments were conducted in two stages: characterization of the raw material; preparation and analysis of the filmogenic solution. The raw material was characterized regarding water content, ash, acidity, pH and scanning electron microscopy. The different formulations of the film-forming solution were produced using a complete 2² factorial design with 4 axial points and three replications at the central point to study the effect of plasticizer and arrowroot starch concentration on the rheological properties of the solutions. The results demonstrated that arrowroot starch presented a value for water content below all the maximum percentages required by legislation, being within the recommended range and allowing safe storage. The pH values were equal to 5.89, while the acidity presented a value equal to 0.9 g/100g. The amount of ash found was 0.5 g 100 g⁻¹, which indicates a pure raw material. The results of the morphology of arrowroot starch revealed that the starch granules have a rounded shape and a smooth surface without grooves or pores, with average sizes equal to approximately 18.65 ± 2.80 µm. The rheological behavior of the film-forming solutions of the fluid presented a non-Newtonian character and pseudoplastic behavior, the Herschel-Bulkley and Mizrahi-Berk models presented similar adjustments and were also the best models for all formulations studied with R² > 98%. and DQM values lows.

Key words: Cover, biodegradable, packaging, sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura química (a) Amilose e (b) Amilopectina. CORRADINI et al., 2005.	20
Figura 2: Rizomas de Araruta. Araruta imagem, 2022..... Erro! Indicador não definido.	
Figura 3: Comportamento dos fluidos Não-Newtonianos e Newtonianos (GEANKOPLIS, (2003)).	25
Figura 4: Microscopia eletrônica de varredura do amido de araruta (A): 100 x; (B): 400 x; (C): 500 x; (D):1000 x.....	33
Figura 5: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura de 40°C.....	35
Figura 6: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura fixa de 50°C	35
Figura 7: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura fixa de 60°C	36
Figura 8: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura fixa de 70°.....	36
Figura 9: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 40°C.....	37
Figura 10: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 50°C.....	37
Figura 11: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 60°C.....	38
Figura 12: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 70°C.....	38
Figura 13: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 40°C	39
Figura 14: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 50°C	39
Figura 15: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 60°C	40
Figura 16: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 70°C	40
Figura 17: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	41
Figura 18: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	42

Figura 19: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	42
Figura 20: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	43
Figura 21: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	44
Figura 22: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	44
Figura 23: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	45
Figura 24: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	45
Figura 25: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	46
Figura 26: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	47
Figura 27: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	47
Figura 28: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	48
Figura 29: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	49

Figura 30: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	49
Figura 31: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	50
Figura 32: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	51
Figura 33: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	52
Figura 34: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	52
Figura 35: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	53
Figura 36: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	54
Figura 37: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	55
Figura 38: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	55
Figura 39: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	56
Figura 40: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	56

Figura 41: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	57
Figura 42: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	58
Figura 43: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	58
Figura 44: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	59
Figura 45: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	60
Figura 46: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	60
Figura 47: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele.....	61
Figura 48: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	61
Figura 49: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley.....	62
Figura 50: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	63
Figura 51: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	63

Figura 52: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	64
Figura 53: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	65
Figura 54: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	65
Figura 55: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	66
Figura 56: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	66
Figura 57: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley	67
Figura 58: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk	68
Figura 59: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele	68
Figura 60: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz do planejamento experimental das soluções filmogênicas de fécula de araruta com glicerol	29
Tabela 2: Composição média da fécula de araruta	30
Tabela 3: Parâmetros do modelo reológico de Herschel-Bulkley	70
Tabela 4: Parâmetros do modelo reológico de Mizrahi & Berk.....	71
Tabela 5: Parâmetros do modelo reológico de Ostwald-de-Waele	72
Tabela 6: Parâmetros do modelo reológico de Casson.....	73

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo geral.....	19
2.2. Objetivos específicos.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1. Amido.....	20
3.2. Araruta.....	22
3.3. Reologia	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. Local de realização dos experimentos.....	27
4.2. Matéria-prima.....	27
4.3. Caracterização da Matéria-Prima	27
4.3.1. Teor de Água.....	27
4.3.2. Cinzas	28
4.3.3. Acidez Titulável	28
4.3.4. pH.....	28
4.3.5. Microscopia Eletrônica de Varredura.....	28
4.4. Preparação das Soluções Filmogênicas	28
4.4.1. Ensaio reológico.....	30
4.4.2. Ajuste matemático aos dados experimentais de reologia	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Caracterização da fécula de Araruta.....	30
5.2. Morfologia do grânulo de amido.....	32
.....	33
5.3. Reologia	34
6. CONCLUSÃO	76
7. REFERÊNCIAS	77

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da horticultura é a conservação da qualidade dos produtos após a colheita. Acompanhando a crescente demanda mundial por alimentos, não basta apenas o aumento da produção, mas a conservação da qualidade destes alimentos por um maior período de tempo. (IRTWANGE, 2006).

Considerando-se que as frutas e as hortaliças são produtos altamente perecíveis, o emprego de técnicas adequadas no período pós-colheita tem papel fundamental em minimizar as perdas, que são estimadas em até 50% para alguns produtos (CHITARRA & CHITARRA, 2005), uma vez que, os processos fisiológicos não podem ser interrompidos, contudo podem ser minimizados por procedimentos exógenos que retardam ou reduzam a intensidade de suas reações.

A prática mais usualmente empregada na conservação de produtos de origem vegetal é o controle da temperatura, cuja condição ideal é que esta seja reduzida logo após a colheita e a cadeia do frio mantida até a comercialização e consumo, o que não ocorre na prática, pois demanda uma estrutura muito complexa para que estas condições sejam observadas. Desta forma, tecnologias alternativas e de baixo custo têm sido pesquisadas com o intuito de minimizar os processos de maturação e principalmente reduzir as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças.

Entre as possibilidades existentes, o uso de coberturas comestíveis protetoras tem sido empregado como um procedimento auxiliar na redução dos processos metabólicos e no aumento da vida de prateleira. Os revestimentos comestíveis têm como objetivo atuar de maneira funcional e coadjuvante ao uso dos materiais convencionais de embalagens, contribuindo para a preservação da textura e na manutenção do valor nutricional, reduzindo as trocas gasosas superficiais e a perda ou ganho excessivo de água.

A permeabilidade de um filme e demais propriedades dependem da natureza do polímero, da formulação, do processo de obtenção e da forma de aplicação no produto. A fécula de mandioca é considerada a matéria-prima mais utilizada na elaboração de biofilmes comestíveis, por formar películas resistentes e transparentes, eficientes barreiras à perda de água, proporcionando bom aspecto e brilho intenso, tornando frutos e hortaliças comercialmente atrativos (CEREDA et al., 1992; VILA, 2004).

Uma das hortaliças não convencionais é a araruta (*Maranta arundinacea* L.), planta que produz rizomas que acumulam amido. Esse amido tem características consideradas inigualáveis, o que faz com que alcance preços elevados no mercado internacional, apesar de sua baixa produção mundial. São poucos os estudos sobre essa espécie, com escassos dados de produção (CUNHA, 2016).

Apesar de existir diversos estudos que utilizam outros biopolímeros para produção de filmes biodegradáveis tais como a celulose, quitosana e o glúten, a literatura ainda é escassa de coberturas biodegradáveis a base de araruta. Nestas circunstâncias, o desenvolvimento de coberturas biodegradáveis a partir desse rizoma tem um grande potencial de diversificação do mercado para a utilização dessa fonte amilácea. Além de estimular a produção e o consumo da araruta, possibilitando o resgate do seu cultivo para a cultura brasileira e para a agricultura familiar.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o comportamento reológico das soluções filmogênicas à base de fécula de araruta e glicerol.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o comportamento reológico das soluções filmogênicas.
- Caracterizar a fécula de araruta com base nas análises de teor de água, cinzas, acidez titulável, e pH;
- Avaliar a morfologia da fécula de araruta através da análise de Microscopia eletrônica de Varredura;
- Elaborar soluções filmogênicas utilizando um planejamento fatorial completo 2^2 com 4 pontos axiais e três repetições no ponto central;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Amido

O amido é um polissacarídeo natural biodegradável, facilmente encontrado, amplamente disponível e de fácil obtenção (CAZÓN et al., 2017). Constitui a mais importante reserva de nutrição de todos os vegetais superiores, encontrado principalmente em sementes, tubérculos, rizomas e bulbos (ALVES; KLOSOSKI; MONTANHINI, 2006; HEMAMALINI; GIRI DEV, 2018).

Fornece cerca de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem e é composto principalmente por dois polímeros, a amilose e a amilopectina conforme a Figura 4, que se apresentam em proporções diferentes de acordo com a fonte botânica. O amido deve muito de sua funcionalidade e organização física a estas duas macromoléculas (ARAUJO, 2008; DAIUTO et al., 2005).

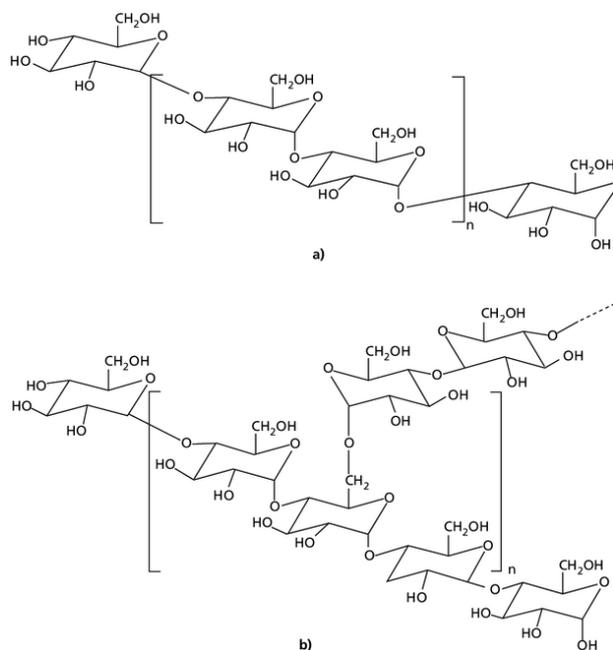


Figura 1: Estrutura química (a) Amilose e (b) Amilopectina. CORRADINI et al., 2005.

Uma das propriedades mais requeridas do amido é sua capacidade de gelatinização, e é utilizado principalmente na indústria de fármacos e alimentos. Esse processo consiste na transformação irreversível do amido granular em uma

pasta visco-elástica (MALI et al., 2010). Quando o amido é submetido ao aquecimento em um meio aquoso, algumas ligações internas de hidrogênio que são responsáveis pela estrutura do grânulo são rompidas, fazendo com que a água entre na sua estrutura molecular, provocando assim o rompimento do grão. A partir daí ocorre a gelatinização do amido, que se transforma em uma espécie de pasta ou gel elástico opaco (MOREIRA et al., 2013). O resfriamento do gel possibilita a formação de novas ligações de hidrogênio e, com isso, ocorre o reagrupamento das regiões cristalinas com perda de água (sinérese) e aumento da firmeza do gel. Esse fenômeno é conhecido como retrogradação e é irreversível (DAMODARAN et al., 2010).

O teor de amilose, a capacidade de formar gel e retrograda-se são determinantes para a aplicação do amido em filme. A estrutura mais linear da amilose, comparada à da amilopectina, permite que se formem ligações de hidrogênio entre grupos adjacentes de hidroxila das cadeias poliméricas do amido, contribuindo para que suas moléculas sejam orientadas em paralelo. O resultado desse processo é a formação de estruturas cristalinas coesas também denominadas de matrizes (VIEIRA et al., 2011; GORDILLO et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2018). Essa e outras vantagens como o baixo custo, abundância e por ser de fonte renovável fazem com que amido seja um dos biopolímeros mais estudados na atualidade para aplicações em bioplásticos (ZAVAREZE et al., 2012; GORDILLO et al., 2014; SAGNELLI et al., 2016; NOGUEIRA et al., 2018).

As principais fontes de amido comercial são o milho, o trigo, a batata e a mandioca. Contudo, pela crescente demanda novas fontes de amido vêm sendo estudadas (YAMANI, 2010). A principal desvantagem de usar amidos convencionais para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis/membranas é porque essas matérias-primas têm sido usadas principalmente para aplicações industriais de alimentos. Portanto, a falta de equilíbrio entre oferta e demanda para comercialização de amido é relatada em vários países (GORDILLO et al., 2014).

O Brasil possui uma grande diversidade de fontes de amido, que precisam ser estudadas, visto que cada tipo de amido possui propriedades físico-químicas distintas. Uma das fontes alternativas de amido é a araruta (*Maranta arundacea L.*), planta que produz rizomas em que o amido é armazenado (SILVA, 2018).

3.2. Araruta

A procura dos consumidores por alimentos naturais que atendam aos critérios de alta qualidade e segurança tem requerido de empresas e pesquisadores a exploração de formas de melhoria da produtividade, com manutenção de qualidade, frescor e segurança alimentar. Os ganhos em qualidade podem ser obtidos com o uso, por exemplo, de filmes e recobrimentos biodegradáveis (ESPITIA *et al.*, 2014). Ambos podem ser constituídos por proteínas, polissacarídeos, lipídeos ou uma mistura destes. Entre os polissacarídeos, o amido é um dos principais destaques (HAN, 2014).

O amido está entre os produtos vegetais mais abundantes, constituindo a principal fonte de reserva da maioria das plantas, fornecendo energia de baixo custo para a nutrição humana e sendo importante na formulação de filmes e recobrimentos comestíveis (BALDWIN *et al.*, 2011). A composição do amido varia entre as espécies vegetais (CABALLERO *et al.*, 2015).

A araruta (*Maranta arundinacea* L.), família Marantaceae, é uma planta herbácea, de 0,60 a 1,20 m de altura, de ciclo perene, ereta, com folhas em formato de lança, com formação de rizomas e que apresenta pouco ou nenhum florescimento em condições tropicais (MONTEIRO e PERESSIN, 2002; FELTRAN e PERESSIN, 2014). Seus rizomas possuem aspecto fusiforme, com casca brilhante e escamosa, muito fibrosos (Figura-5). e que armazenam amido como reserva energética vegetal (MONTEIRO e PERESSIN, 2002; KUMALASARI *et al.* 2012). Sua colheita é realizada de 9 a 12 meses após o plantio, com produção média de 8 a 12 Mg ha⁻¹, dependendo das condições edafoclimáticas do local (FELTRAN e PERESSIN, 2014).



Figura 2: Rizomas de Araruta. Araruta imagem, 2022.

A araruta faz parte do grupo de plantas alimentícias classificadas como não convencionais sendo apreciada principalmente pelas características peculiares do seu amido, que não contém glúten, de boa digestibilidade e de elevado valor econômico (LEONEL e CEREDA, 2002), sendo indicado preferencialmente para pessoas com doenças celíacas e que possuam desconforto gastrointestinal (COELHO et al., 2005). O amido pode ser usado no preparo de diversos pratos culinários como pães, bolos, biscoitos e mingal (LEONEL e CEREDA, 2002; LESTARI et al., 2017) ou no preparo de estabilizadores de sorvete, em espessante de molhos e em comidas para bebês (JYOTHI et al., 2010) ou na fabricação de cosméticos (SWADIJA et al., 2013). Como subproduto da fabricação do amido tem-se a fibra, que pode ser usada para confecção de farinhas, na alimentação de animais ou ser utilizada na fabricação de papel (COELHO et al., 2005).

No Brasil, são produzidas três variedades de araruta: a creoula, a banana e a comum. A variedade comum é a mais difundida, pois produz um rizoma de cores claras, em forma de fuso, que medem de 10 a 25 cm e são cobertos por uma escama delicada na qual se extrai um amido claro com ótima digestibilidade, o que faz com que seja bastante apreciado (CHARLES et al., 2016).

A produção mundial de araruta é pequena, tornando-a escassa. Esse e outros aspectos, relacionados à dificuldade de obter seu amido com maior grau de pureza fez com que este produto perdesse espaço no mercado para outros tipos de amidos, como o de mandioca, deixando o amido de araruta próximo à extinção. No entanto, as qualidades funcionais e tecnológicas do amido de araruta atraíram novamente a atenção da indústria e também de pesquisadores para novas aplicações, fazendo com que ressurgisse o interesse pelo cultivo da araruta, trazendo o seu amido de volta ao mercado (GORDILLO et al., 2014; RODRIGUES et al., 2018).

O amido de araruta é reconhecido pela leveza, alta digestibilidade e capacidade de geleificação, características que agregam qualidade aos produtos na qual são aplicadas. As aplicações mais comuns desse amido são: em biscoitos, mingaus, produtos destinados à alimentação infantil, de idosos e pessoas com debilidades que dificultam a digestão. Esse amido também vem sendo muito utilizado como um aditivo com a finalidade de melhorar a estabilidade de géis de

diferentes pastas alimentares (PEPE et al., 2015; VILLAS-BOAS & FRANCO, 2016; RODRIGUES et al., 2018).

O amido extraído da araruta possui características únicas, que o tornam de melhor digestão, além do fato de não conter glúten. O amido de araruta apresenta temperatura de gelatinização por volta de 75°C, o que pode ser considerado elevado quando comparado aos amidos de outras fontes, como o de batata doce que tem temperatura de gelatinização a 61°C e o amido de mandioca a 65°C (HERNÁNDEZMEDINA et al., 2008). Seu teor de amilose varia entre 16 e 27%, como no estudo de (WANG; REDDY; XU, 2018) que encontrou 21,25% de teor de amilose para o amido de araruta.

3.3. Reologia

O Conceito de reologia é fundamental para compreensão das características da solução filmogênica. Segundo DIAZ, VENDRUSCOLO E VENDRUSCOLO (2004), a reologia é definida como o estudo do comportamento deformacional e do escoamento da matéria quando esta é submetida à tensão de cisalhamento. A viscosidade é a propriedade reológica de fluido Newtonianos e representa a resistência interna do líquido ao escoamento (ÇENGEL; CIMBALA, 2015).

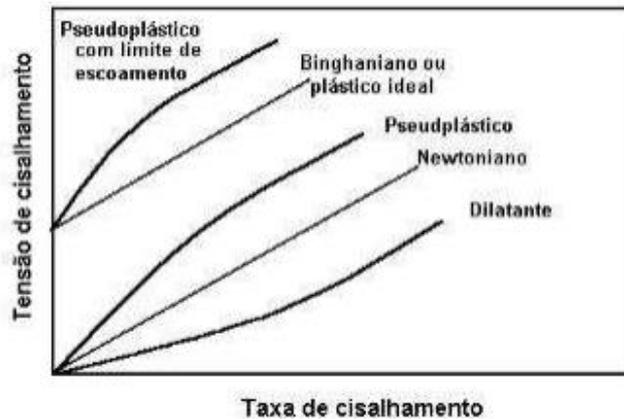
De uma maneira geral, é possível classificar o comportamento reológico dos materiais, através de dois extremos idealizados: sólidos perfeitos (hookeanos) e fluidos perfeitos (newtonianos). Enquanto os sólidos ideais se deformam, elasticamente, e a energia de deformação é, completamente, recuperada, quando cessa o estado de tensão, fluidos ideais escoam, ou seja, se deformam de forma irreversível e a energia de deformação é dissipada na forma de calor. Dessa maneira, em fluidos, a energia de deformação não é recuperada, após o alívio da tensão (TONELI, 2005).

Quando os Fluidos Newtonianos são deformados a tensão de cisalhamento gerada é proporcional à taxa de cisalhamento, e a viscosidade mantém-se constante com a alteração da taxa de cisalhamento, que só se altera com a variação de temperatura. Assim, a tensão de cisalhamento (τ) é diretamente proporcional à taxa de deformação (Equação 1), de modo que a viscosidade (η) do sistema independe da taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) e da tensão de cisalhamento, dependendo apenas da

composição e temperatura, e o escoamento se inicia assim que a tensão é aplicada (FERREIRA, 2008).

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \cdot 1)$$

Os Fluidos Não-Newtonianos podem ser descritos com as características de fluidos e de sólidos ao mesmo tempo, ou não dependentes e a viscosidade, em



sólidos ao mesmo tempo, ou não dependentes do tempo mesmo

temperaturas fixas, não é uma constante (GALLO, 2013; TONELI, 2005). Para fluidos não-newtonianos o termo viscosidade é substituído por η_{ap} (Equação 2) que é a viscosidade aparente e é função do gradiente de velocidade (HAMINIUK, 2005).

$$\eta_{ap} = \tau \dot{\gamma} (2)$$

De acordo com a Figura 3, os fluidos podem ser:

Figura 3: Comportamento dos fluidos Não-Newtonianos e Newtonianos (GEANKOPLIS, 2003).

Plásticos de Bingham: caracterizam-se por apresentarem uma tensão inicial ou residual, a partir da qual o fluido apresenta uma relação linear entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação (GEANKOPLIS, 2003).

Fluidos pseudoplásticos: caracterizam-se pela diminuição na viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação. Geralmente, começam a escoar sob a ação de tensões de cisalhamento infinitesimais, não havendo a presença de uma tensão residual. No entanto, alguns fluidos podem apresentar uma tensão inicial, a partir da qual o comportamento reológico passa a ser semelhante ao dos pseudoplásticos (GEANKOPLIS, 2003).

Dilatantes: caracterizam-se por apresentar um aumento na viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação. Analogamente ao mencionado para os pseudoplásticos, em alguns casos é possível observar a presença de uma tensão residual, a partir da qual o fluido começa a escoar, apresentando comportamento análogo ao dos fluidos dilatantes (GEANKOPLIS, 2003).

A relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação define o comportamento reológico dos fluidos (SCHRAMM, 2000).

De modo geral, os fluidos não-newtonianos podem ser:

- Fluidos dilatantes: a viscosidade aparente aumenta com a taxa de deformação;
- Fluidos pseudoplásticos: a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação;
- Fluidos plástico (Bingham e Herschel-Bulkley): estes fluidos não fluem até que uma tensão de cisalhamento crítica seja excedida, a partir de então se a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação for linear, trata-se de um plástico de Bingham, caso contrário, o fluido será do tipo Herschel-Bulkley;
- Fluidos tixotrópicos: apresenta menor viscosidade com o tempo para uma taxa de deformação constante;
- Fluidos reopéticos: neste caso, a estrutura se fortalece com o tempo e a viscosidade aumenta com o tempo a uma taxa de deformação constante;
- Fluidos viscoelásticos: estes exibem propriedades viscosas e elásticas ao mesmo tempo.

Dentre os modelos matemáticos utilizados para estimar a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação estão os Modelos de Herschel-Bulkley e o de Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência representados pelas Equações 3 e 4.

$$\tau = \tau_0 + k_{hb} \cdot \dot{\gamma}^{n_{hb}} \quad (3)$$

$$\tau = k_{lp} \cdot \dot{\gamma}^{n_{lp}} \quad (4)$$

Em que: τ = tensão de cisalhamento (Pa);

τ_0 = tensão de cisalhamento inicial (Pa);

k_{hb} = índice de consistência para modelo de Herschel-Bulkley (Pa.s^{*nhb*});

k_{lp} = índice de consistência para modelo Lei da Potência (Pa.s^{*nlp*});

γ = taxa de deformação (s⁻¹);

n_{hb} = índice de comportamento do fluido para modelo de Herschel-Bulkley (adimensional);

n_{lp} = índice de comportamento do fluido para modelo Lei da Potência (adimensional).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de realização dos experimentos

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

4.2. Matéria-prima

Para o desenvolvimento da pesquisa utilizou-se fécula de araruta e glicerol adquiridos no mercado local, na cidade de Campina Grande, Paraíba.

4.3. Caracterização da Matéria-Prima

4.3.1. Teor de Água

O teor de água foi determinado pelo método gravimétrico, baseando-se na perda de massa do material submetido ao aquecimento em estufa, a 105 °C, por 24h, segundo metodologia descrita por IAL (2008), e os valores expressos em g/100g, em base úmida.

4.3.2. Cinzas

O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado segundo a metodologia descrita por IAL (2008) que consiste na incineração do material em mufla a 550°C até completa incineração.

4.3.3. Acidez Titulável

Consiste na titulação da solução de 10g de amostra diluída em água destilada com NaOH 0,1N, padronizado segundo técnica estabelecida pelas normas do Instituto Adolfo Lutz (2008) e os resultados expressos em g/100g.

4.3.4. pH

O pH foi determinado em potenciômetro, com inserção do eletrodo diretamente na solução contendo 10 g de fécula diluído em 100 mL de água destilada, segundo as norma do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.3.5. Microscopia Eletrônica de Varredura

Para a análise da forma e tamanho dos grânulos de fécula de araruta, utilizou-se a microscopia eletrônica de varredura e a microscopia ótica. A fécula foi previamente seca, em seguida foi espalhada sobre os portas amostras. O material foi analisado em um Microscópio Eletrônico de Varredura modelo VEGA3 TESCAN sob a voltagem de aceleração de 3,0KV.

4.4. Preparação das Soluções Filmogênicas

As suspensões foram obtidas utilizando fécula de araruta, glicerol como plastificante e água destilada. Para elaboração da solução filmogênica utilizou-se um planejamento fatorial completo 2^2 com 4 pontos axiais e três repetições no ponto central para estudar o efeito da concentração de plastificante e do amido de araruta

nas propriedades reológicas das soluções filmogênicas de amido de araruta. Na tabela 1 apresenta-se o planejamento fatorial completo para as soluções à base de araruta e glicerol considerando as variáveis codificadas (-1, 414, -1, 0, +1, e +1, 414) e as respectivas variáveis reais.

Tabela 1: Matriz do planejamento experimental das soluções filmogênicas de fécula de araruta com glicerol

Ensaio	Cg (%) (X1)	A (%) (X2)
1	20 (-1)	4(-1)
2	30(+1)	4(-1)
3	20 (-1)	8(+1)
4	30(+1)	8(+1)
5	17,93(-1,414)	6(0)
6	32,07(+1,414)	6(0)
7	25 (0)	3,172(-1,414)
8	25 (0)	8,828(+1,414)
9 (C)	25 (0)	6(0)
10 (C)	25 (0)	6(0)
11 (C)	25 (0)	6(0)

X1 e X2: valores codificados; Cg (glicerol); A (araruta)

Para o preparo das soluções filmogênicas, a de araruta foi homogeneizado em água destilada a temperatura ambiente. Em seguida as soluções foram aquecidas em banho-maria a 80°C, sendo agitadas por 20 minutos, a fim de se obter a temperatura de gelatinização do amido. A incorporação do glicerol foi feita após a gelatinização

do amido. Para isso a massa de glicerol foi previamente pesada e em seguida adicionada à solução filmogênica sob agitação por 5 minutos.

4.4.1. Ensaio reológico

Para determinação do estudo reológico das formulações da solução filmogênica, utilizou-se um viscosímetro Brookfield modelo DV II + Pro, para efetuar as leituras dos valores de viscosidade aparente e porcentagem de torque de cada amostra nas seguintes temperaturas: 40, 50, 60, e 70°C e em diferentes velocidades de rotações: 50, 60, 70, 75, 80, 90, 100, 105, 120, 135, 140, 150, 160, 180 e 200 rpm. Os dados de velocidade de rotação, viscosidade aparente e torque obtidos no viscosímetro foram utilizados para obtenção das medidas reológicas (tensão de cisalhamento e taxa de deformação) seguindo-se a metodologia de MITSCHKA (1982).

4.4.2. Ajuste matemático aos dados experimentais de reologia

Os modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Casson, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk foram ajustados aos valores experimentais de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando o software STATISTICA 10.0. Para a definição do melhor ajuste foram analisados os coeficientes de determinação (R^2) que mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão e desvios quadrados médios (DQM), que expressa a diferença entre os valores previstos pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da fécula de Araruta

Os resultados obtidos para a composição média da fécula de araruta, referentes aos valores do teor de água, pH, acidez titulável e cinzas, estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Composição média da fécula de araruta

Parâmetro	Araruta
------------------	----------------

Teor de água	10,66±0,030
pH	5,89±0,010
Acidez	0,9±0,005
Cinzas	0,5±0,025

Pode-se observar na Tabela 2 que os resultados para os parâmetros do teor de água e de cinzas encontram-se dentro do recomendado para amido pela RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que devem ser, no mínimo, 14,0% para o teor de água e 0,50% de cinzas (BRASIL, 2005).

De modo geral, a fécula apresentou em sua composição um valor de 10,66 g 100 g⁻¹, para o teor de água, semelhantes aos resultados encontrados por CLEMENTE GRANADOS et al. (2014), que encontraram 10,4 g 100 g⁻¹; por HERNANDEZ-MEDINA et al. (2008), 10,5 g 100 g⁻¹ e por SOARES et al. (2014), de 10,2 g 100 g⁻¹. A fécula apresentou um valor para o teor de água abaixo de todas as percentagens máximas exigidas pela legislação, estando dentro do recomendado e permitindo um armazenamento seguro.

Observa-se que o valor do pH encontrado para a fécula de araruta foi inferior a 7,0, como mostrado na Tabela 2. Segundo FELTRAN, LEMOS E VIEITES (2004) E NARDIN (2009), o valor de pH para tubérculos em bom estado de maturação se encontra em/ou acima de 6,0, sendo que pH entre 4,7 e 5,5 é ótimo para a ação de enzimas que degradam o amido. Neste trabalho foi encontrado valor de pH igual a 5,89 indicando um fator positivo para sua conservação. O conhecimento do valor de pH do amido é muito importante visto que pode influenciar nas suas propriedades térmicas, de pasta e aplicação (AGUDELO, VARELA, SANZ, & FISZMAN, 2014).

A acidez titulável apresentada foi igual a 0,91. Na literatura, para amidos de araruta encontram-se valores de acidez titulável que variam de 0,027% a 1,24%, segundo SOARES et al. (2014) e COSTA (2015), respectivamente. O valor de acidez relatado por LEONEL et al. (2003), para amido de jacatupé, foi o que mais se aproximou com a acidez da amostra deste estudo, que foi 0,67. Essas variações caracterizam que dentro de uma mesma espécie podem ocorrer diferenças em função da época do plantio, do tipo de solo, da estação, da localização, da nutrição mineral e do tempo de colheita.

A quantidade de cinzas encontrada foi $0,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, para a fécula de araruta de acordo com a Tabela 2. Na literatura foram encontrados 0,12% de cinzas em mandioquinha-salsa (ROCHA; DEMIATE; FRANCO, 2008), 0,21% em amido de araruta (FERRARI; LEONEL; SARMENTO, 2005) e 0,35% amido de taro (ALMEIDA, 2012). De acordo com Leonel e Cereda (2002), quanto menor o teor de cinzas, melhor a qualidade do amido, tendo em vista que é contabilizada a quantidade de minerais na amostra.

5.2. Morfologia do grânulo de amido

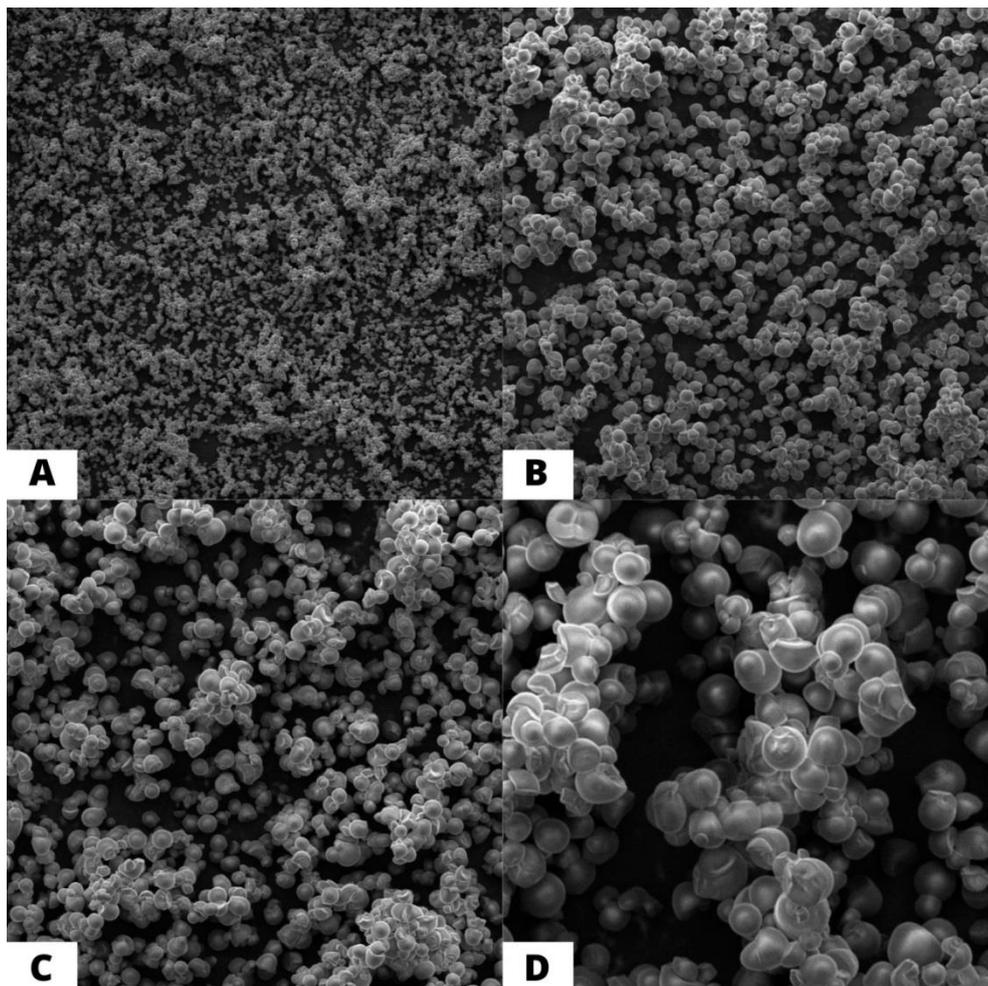


Figura 4: Microscopia eletrônica de varredura do amido de araruta (A): 100 x; (B): 400 x; (C): 500 x; (D):1000 x

A micrografia de MEV (Figura 6) mostra que os grânulos possuem formato arredondado e superfície lisa sem ranhuras ou poros, com tamanhos médios $18,65 \pm 2,80 \mu\text{m}$ aproximadamente. A fécula de araruta utilizada neste trabalho se aproximou do tamanho dos grânulos de amido de batata ($18,5 \mu\text{m}$) e mandioca ($16,9\text{-}18,0 \mu\text{m}$) observados por NIU et al. (2019) e GOMAND et al. (2010), respectivamente.

O tamanho e a forma de grânulos de amido estão entre os fatores de importância na determinação de usos potenciais de amidos. De acordo com LEONEL, (2007) grânulos pequenos ($2,0 \mu\text{m}$) podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho ser semelhante ao dos lipídeos.

A morfologia do grânulo pode ser utilizada como um método de identificação do amido, visto que o tamanho, distribuição e forma do amido, de maneira singular,

desempenham um papel significativo na determinação das suas propriedades funcionais (FRANKLIN *et al.*, 2017).

Essas mesmas características morfológicas também foram observadas por NOGUEIRA *et al.* (2018) e CHARLES *et al.* (2016), que avaliaram grânulos de fécula de araruta de cultivo convencional. A superfície lisa e sem fissuras, observada na fécula, remete à pureza do produto extraído (OYHEYINKA & OYHEYINKA, 2018).

LEONEL *et al.* (2001), utilizando a microscopia eletrônica de varredura para análise da forma e tamanho de grânulos de fécula de araruta (*Maranta arundinacea*) e biri (*Canna edulis*), observaram grânulos das formas ovalada e circular com espessura visível e diâmetro maior médio variável de 9 a 65 μm para amido de biri. Para a fécula de araruta observaram grânulos circulares e ovalados com diâmetro maior médio de 9 a 42 μm).

5.3. Reologia

Os efeitos da temperatura, do agente plastificante glicerol e a variação da concentração de fécula de araruta presente em todos os ensaios foram estudados devido a sua importância no processo de elaboração da cobertura, e para avaliar as implicações sobre a viscosidade do fluido.

Nas Figuras 7 a 10, estão plotados os valores experimentais da viscosidade (m.Pa.s) para as temperaturas 40°, 50°, 60°, 70°C para todos os ensaios da solução filmogênica de araruta.

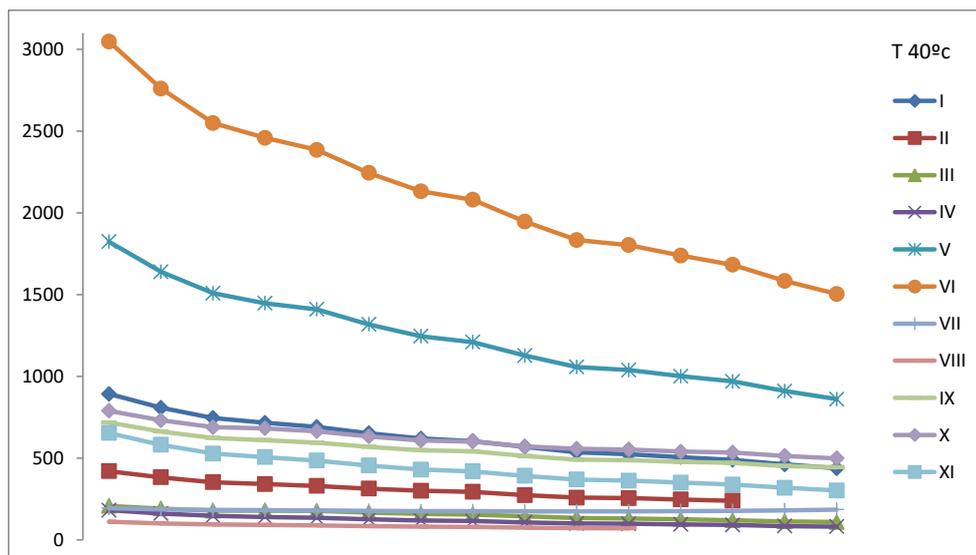


Figura 5: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura de 40°C

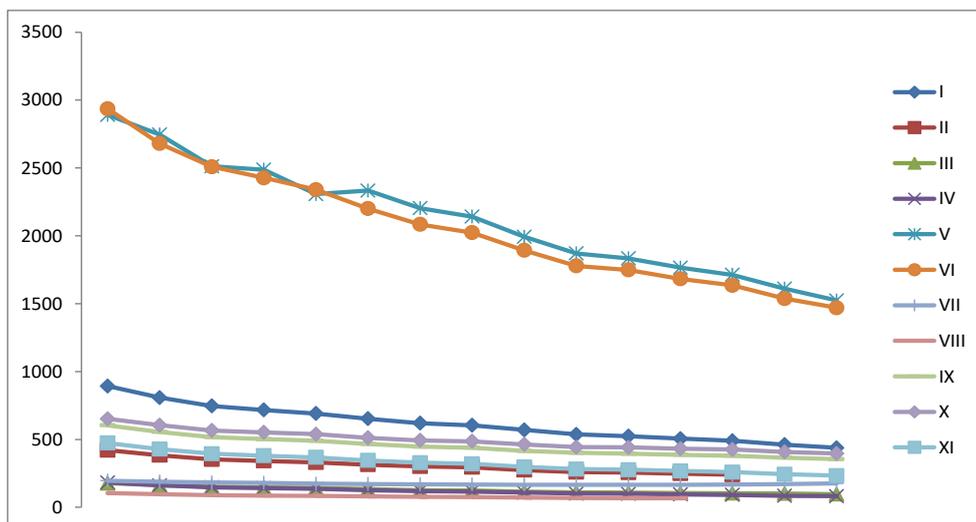


Figura 6: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura fixa de 50°C

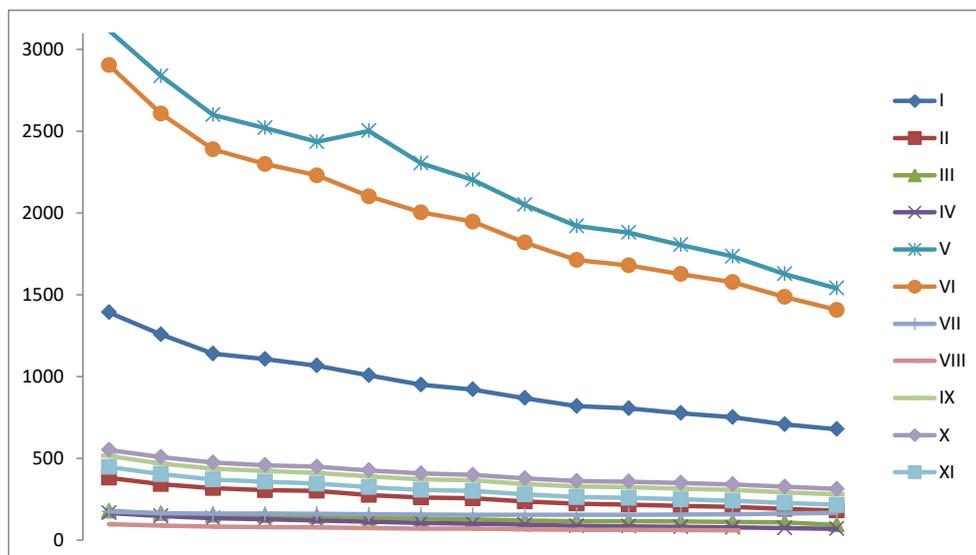


Figura 7: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura fixa de 60°C

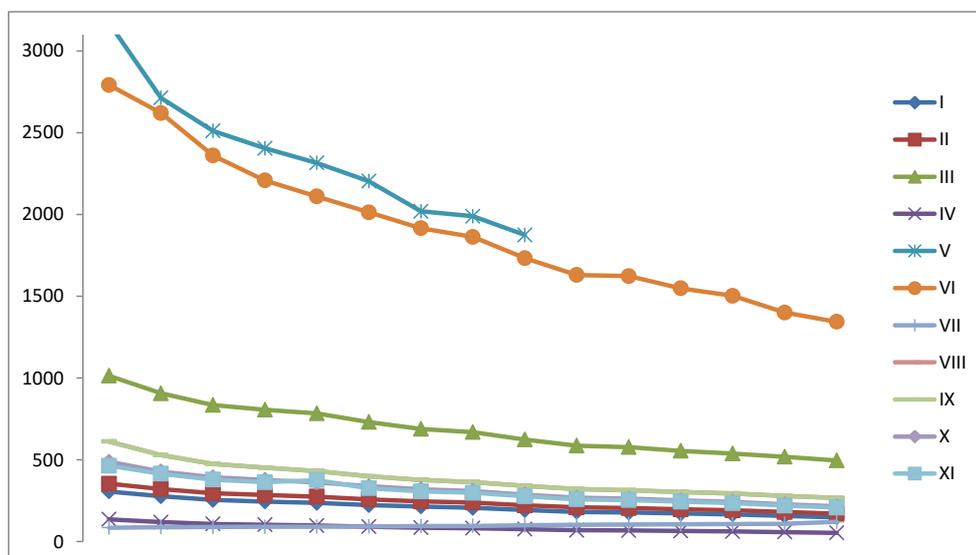


Figura 8: Curva de viscosidade (mPa.s) a uma temperatura fixa de 70°

Observou-se que os dados de viscosidade diminuíram com o aumento da temperatura para a maioria das formulações. Isso ocorre por que a temperatura é o parâmetro que influencia o índice de consistência, e consequentemente a viscosidade, e este último é diretamente proporcional à força de atração entre as moléculas. A elevação da temperatura reduz a viscosidade, isso se deve ao aumento das distâncias intermoleculares, ocasionando a redução da força de atração entre as moléculas (OLIVEIRA; BARROS; ROSSI, 2009).

O decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação pode ser explicado pela mudança estrutural da amostra devido às forças hidrodinâmicas geradas e o maior alinhamento das moléculas na direção da tensão aplicada (ALPARSLAN & HAYTA, 2002).

Nas Figuras 11 a 14, estão plotados os valores experimentais da taxa de deformação (s^{-1}) para as temperaturas 40°, 50°, 60°, 70°C para todos os ensaios da solução filmogênica de araruta.

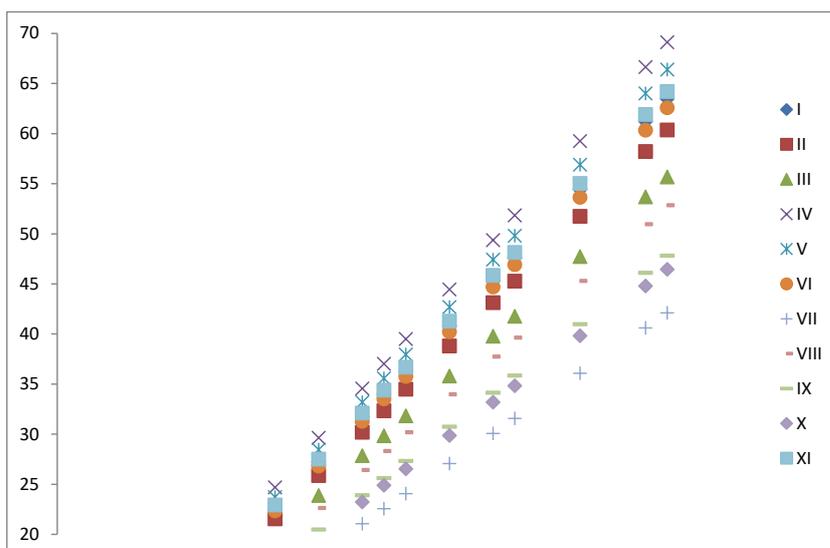


Figura 9: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 40°C

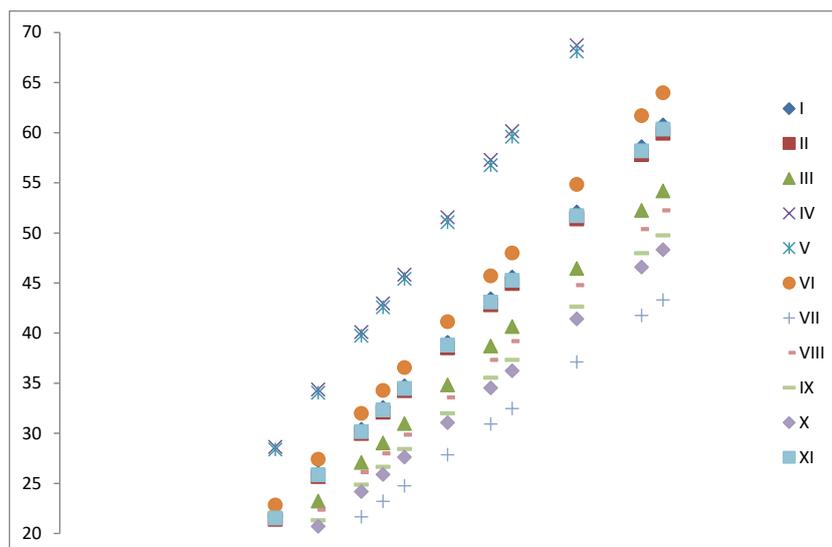


Figura 10: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 50°C

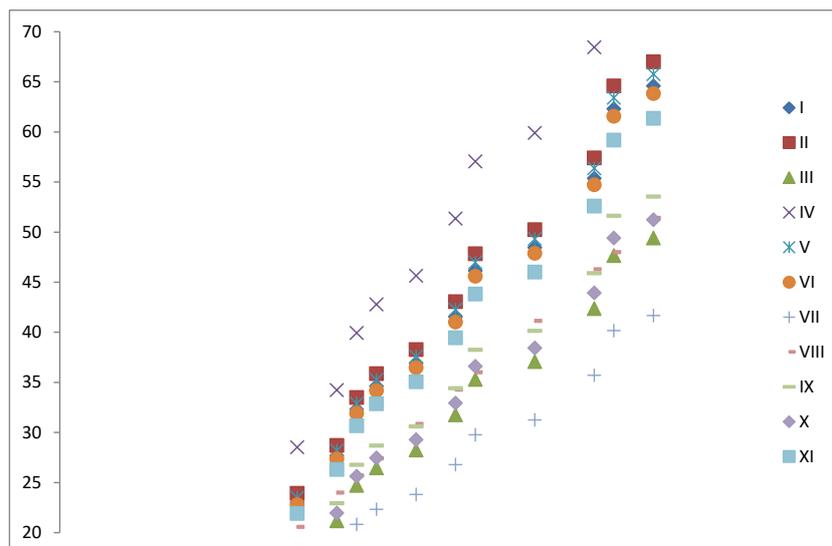


Figura 11: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 60°C

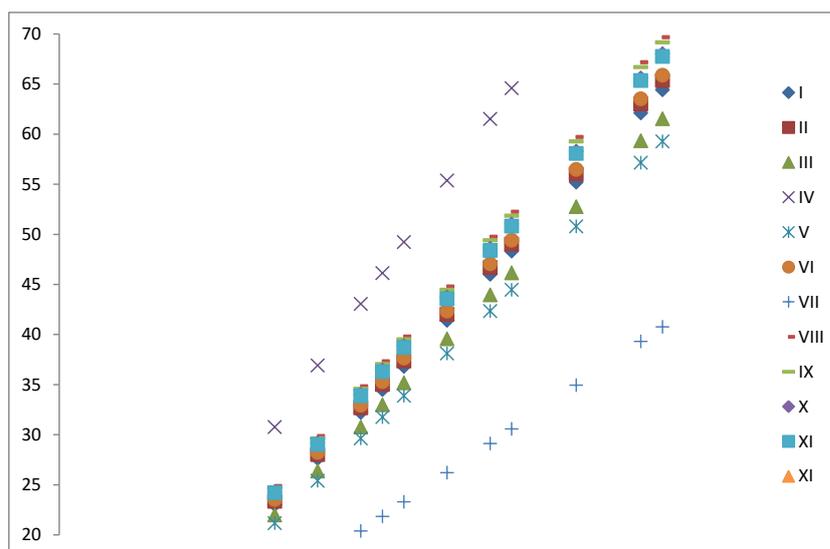


Figura 12: Taxa de deformação (s^{-1}) a uma temperatura fixa 70°C

Percebe-se um aumento da taxa de deformação para todas as formulações da solução filmogênica. De acordo com THOMAS, (2002) ocorre 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.

Nas Figuras 15 a 18, estão plotados os valores experimentais da tensão de cisalhamento (mPa) para as temperaturas 40°, 50°, 60°, 70°C para todos os ensaios da solução filmogênica de araruta.

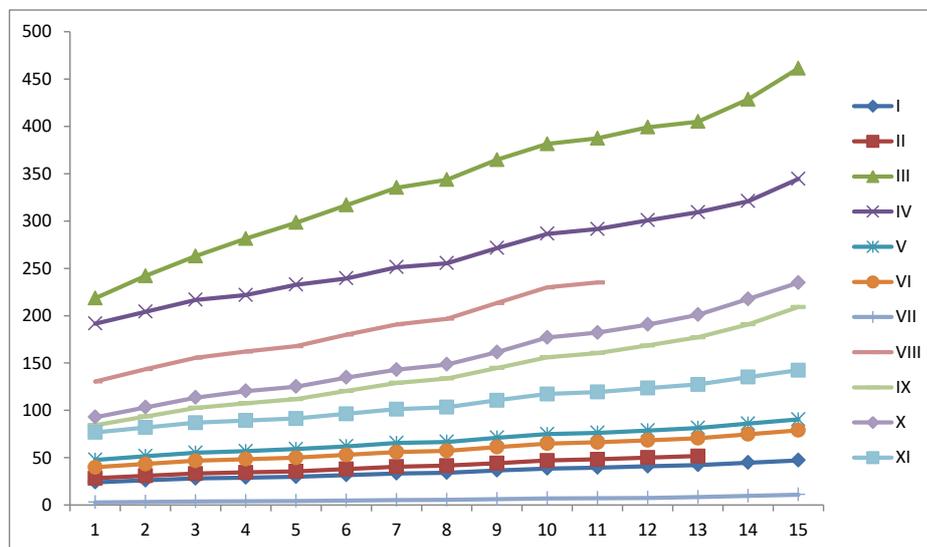


Figura 13: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 40°C

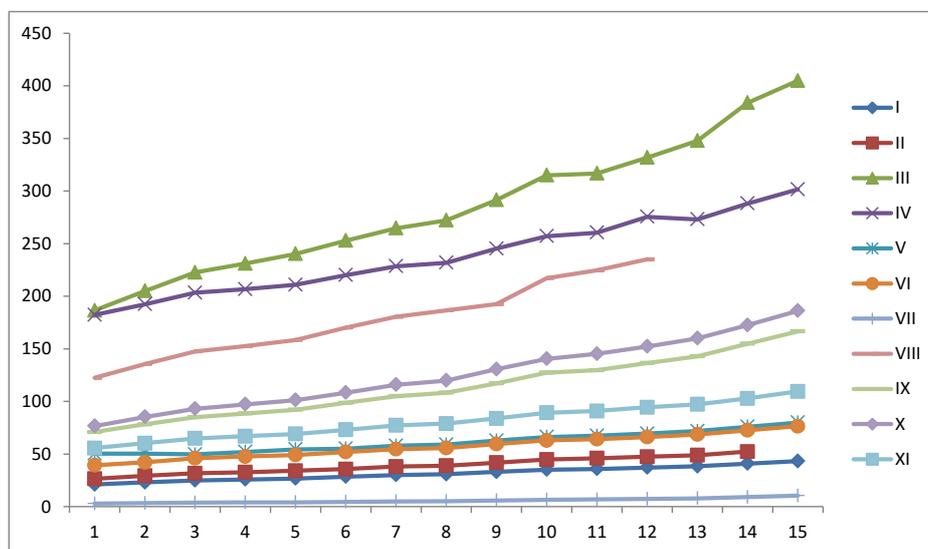


Figura 14: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 50°C

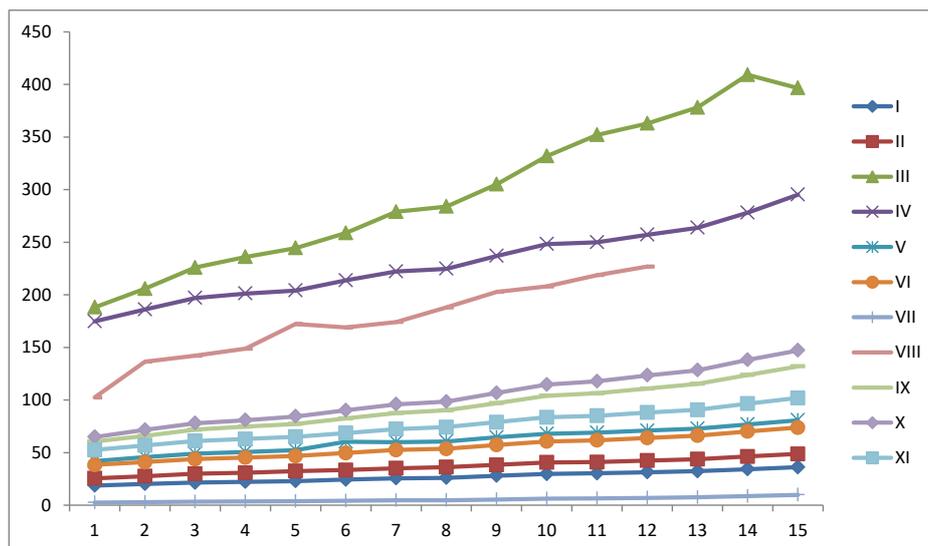


Figura 15: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 60°C

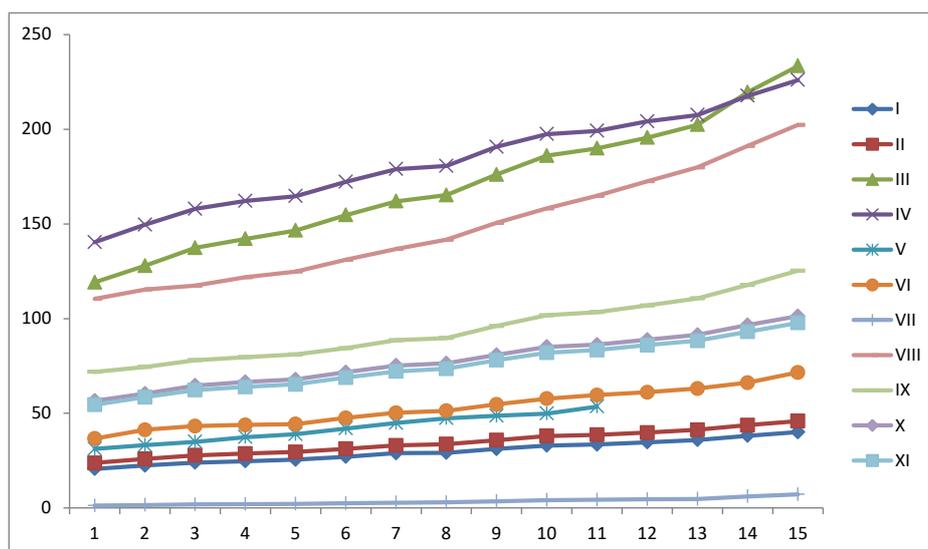


Figura 16: Avaliação do comportamento da tensão de cisalhamento (mPa) para uma temperatura fixa a 70°C

Observa-se que de acordo com as figuras 15 a 18 que a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da temperatura. Contudo, percebe-se que o ensaio III apresentou um maior valor para a tensão cisalhante. Uma possível análise a este comportamento é influência da concentração de fécula de araruta na formulação, uma vez que para ensaios com maior teor de fécula a tensão de cisalhamento é maior. Comportamento que ocorre para todas as temperaturas.

A descrição do comportamento reológico dos materiais é feita através de modelos que relacionam como a tensão de cisalhamento varia com a taxa de

deformação (BARNES, 1999). Quando fluidos Newtonianos são deformados, a tensão de cisalhamento gerada é, diretamente, proporcional à taxa de deformação. Fluidos Não-Newtonianos podem ser classificados de acordo com a maneira com que a viscosidade aparente varia com a taxa de deformação, ou seja, se ela aumenta ou diminui com o aumento da taxa de deformação (STEFFE, 1996).

Nas Figuras 19 a 22, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

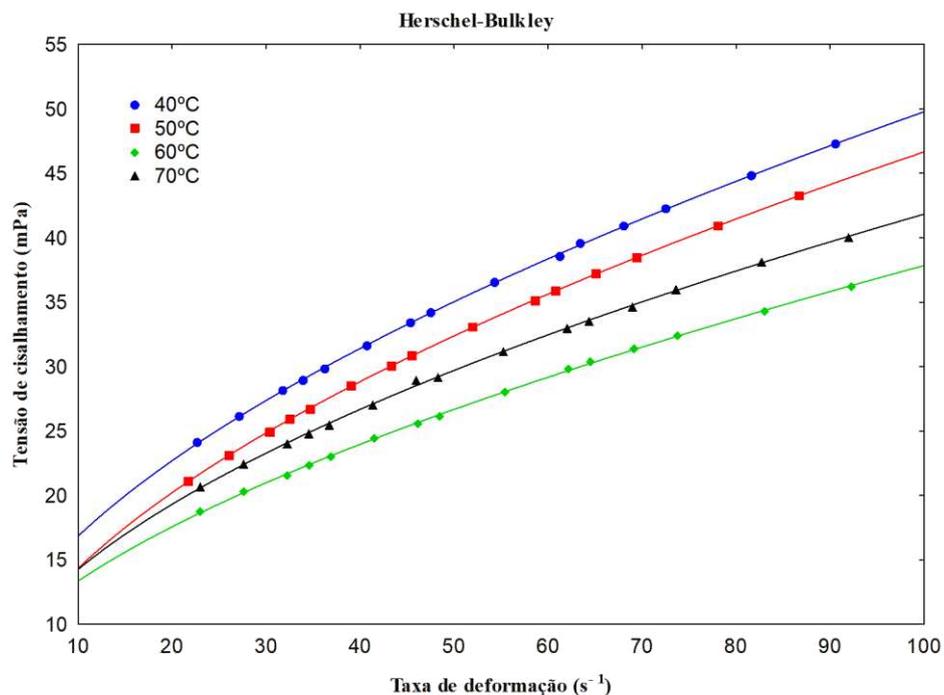


Figura 17: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

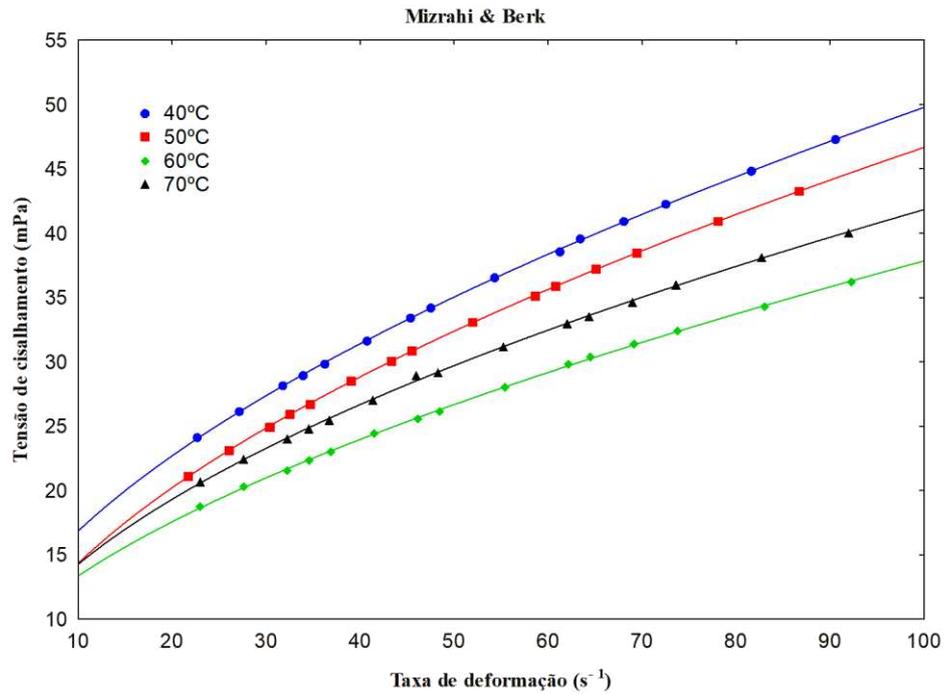


Figura 18: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

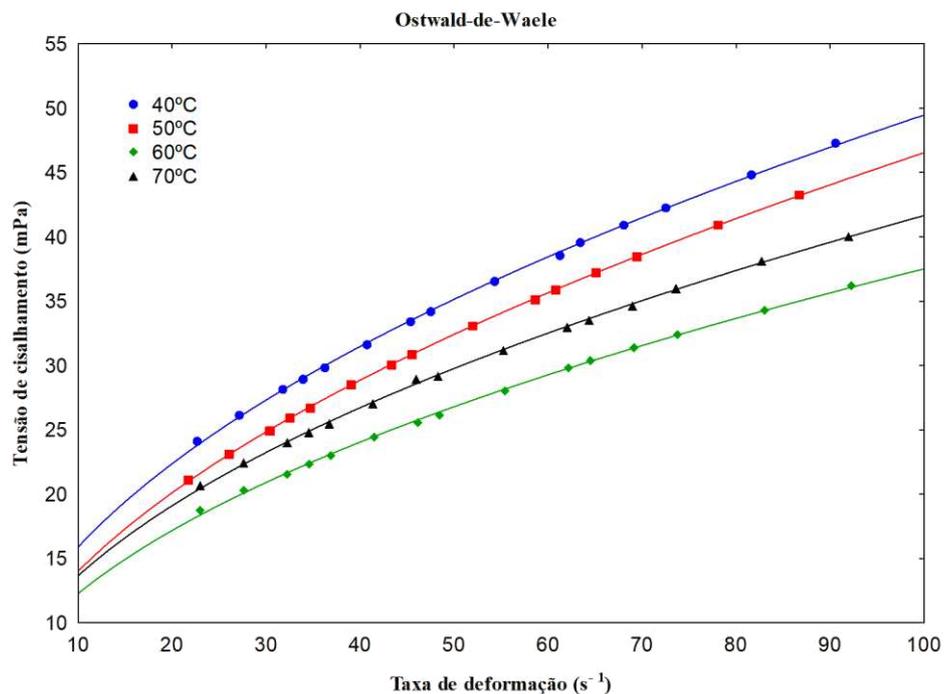


Figura 19: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

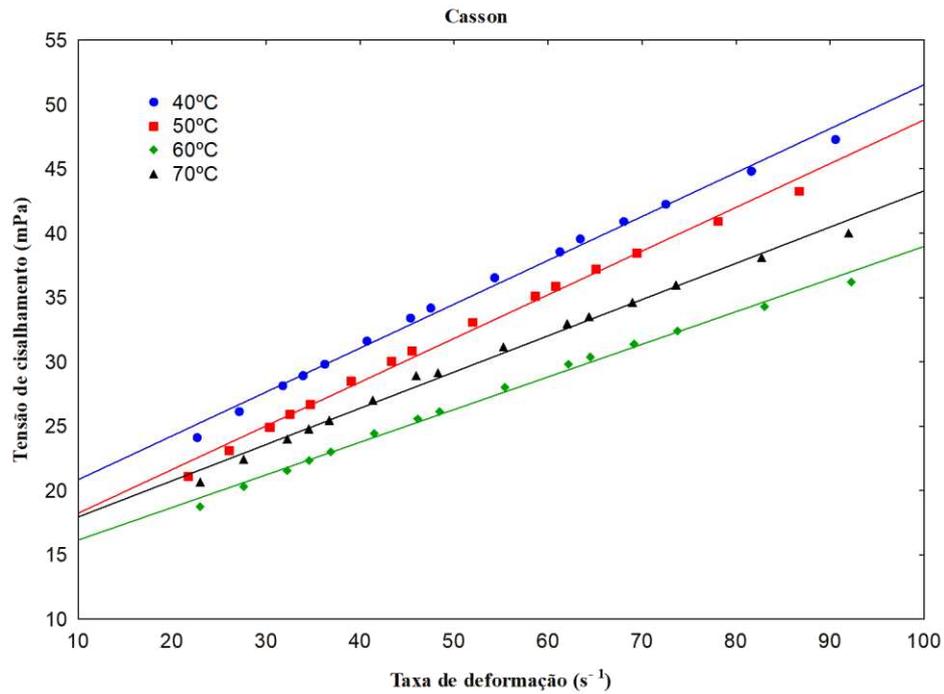


Figura 20: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio I (20% glicerol, 4% de fécula de araruta e 76% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 23 a 26, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

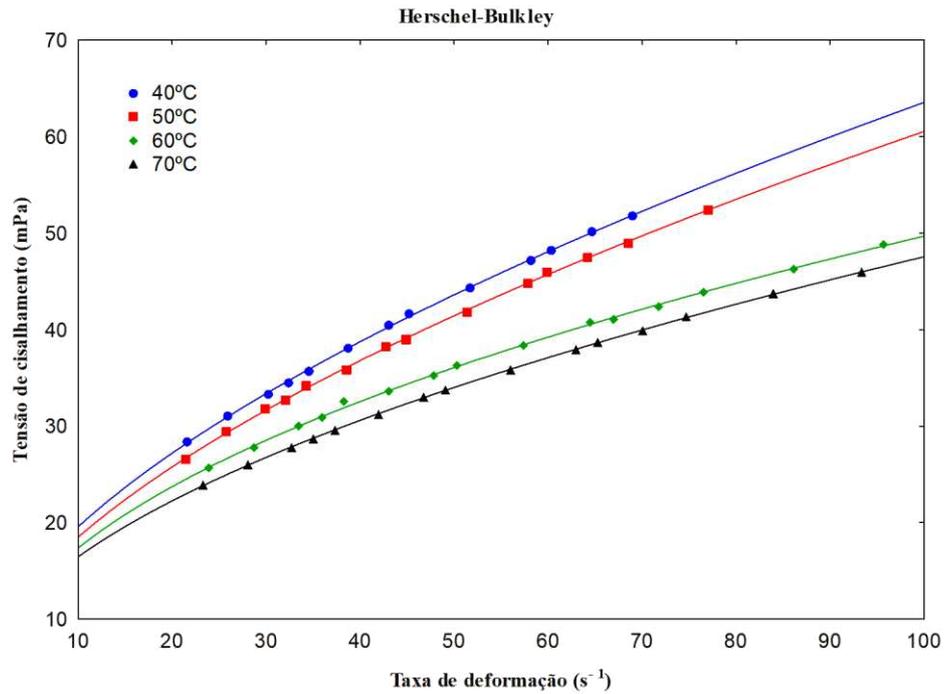


Figura 21: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

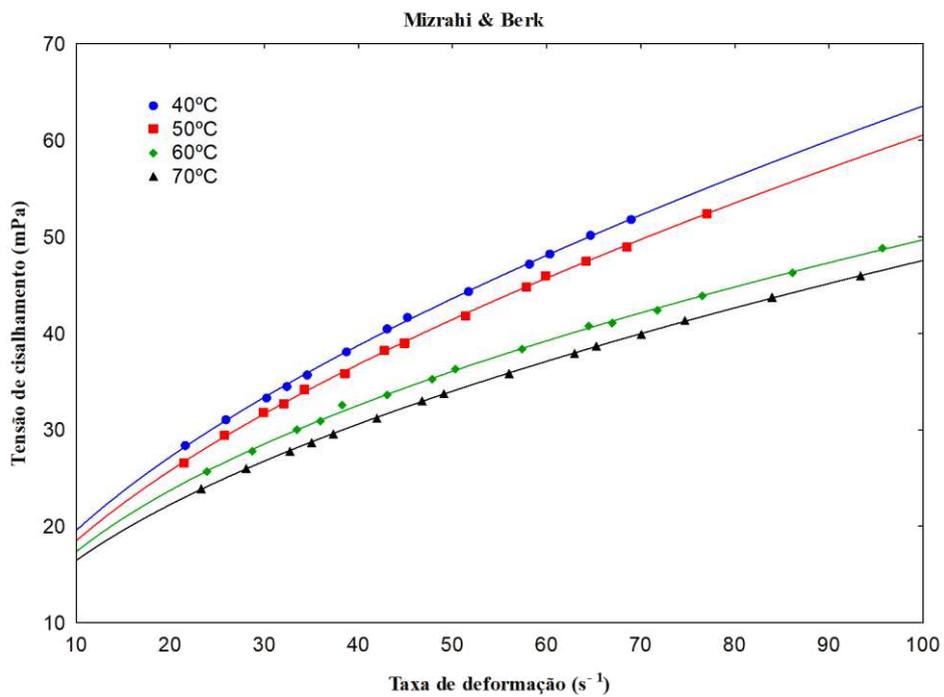


Figura 22: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

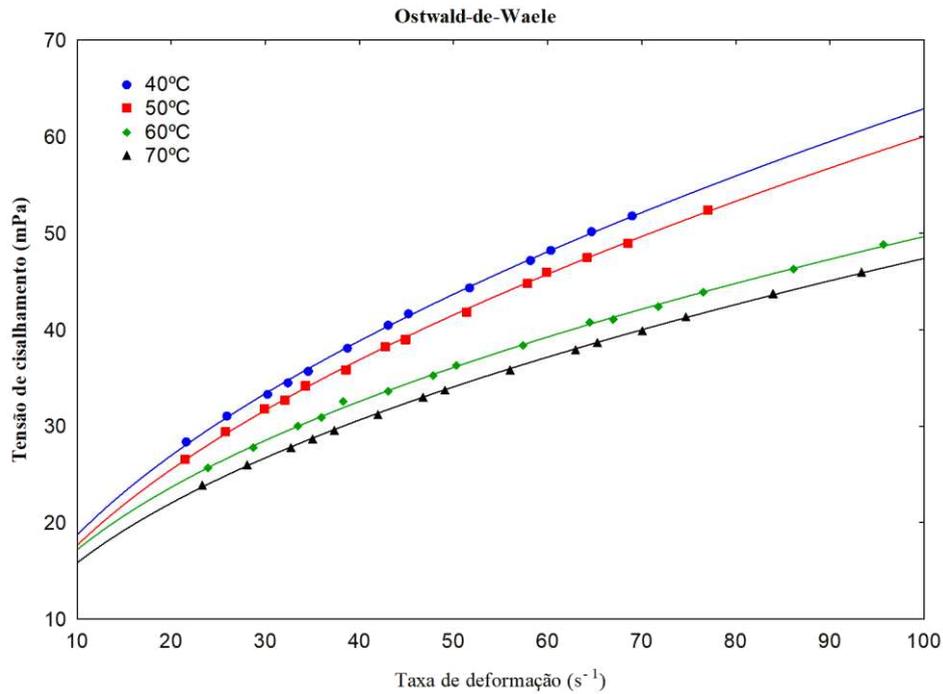


Figura 23: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

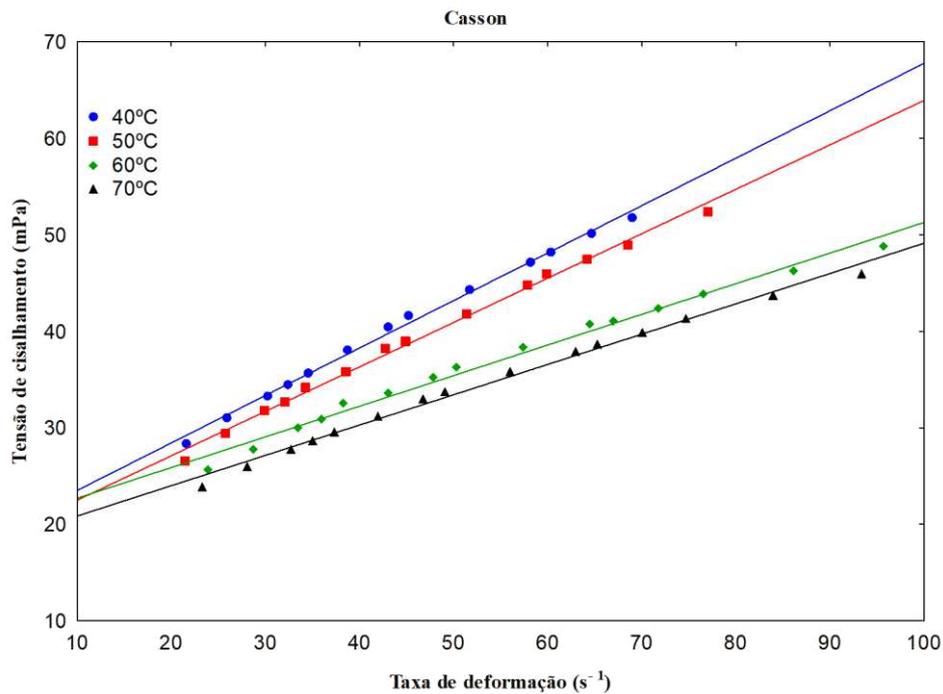


Figura 24: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio II (30% glicerol, 4% de fécula de araruta e 66% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 27 a 30, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da

tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

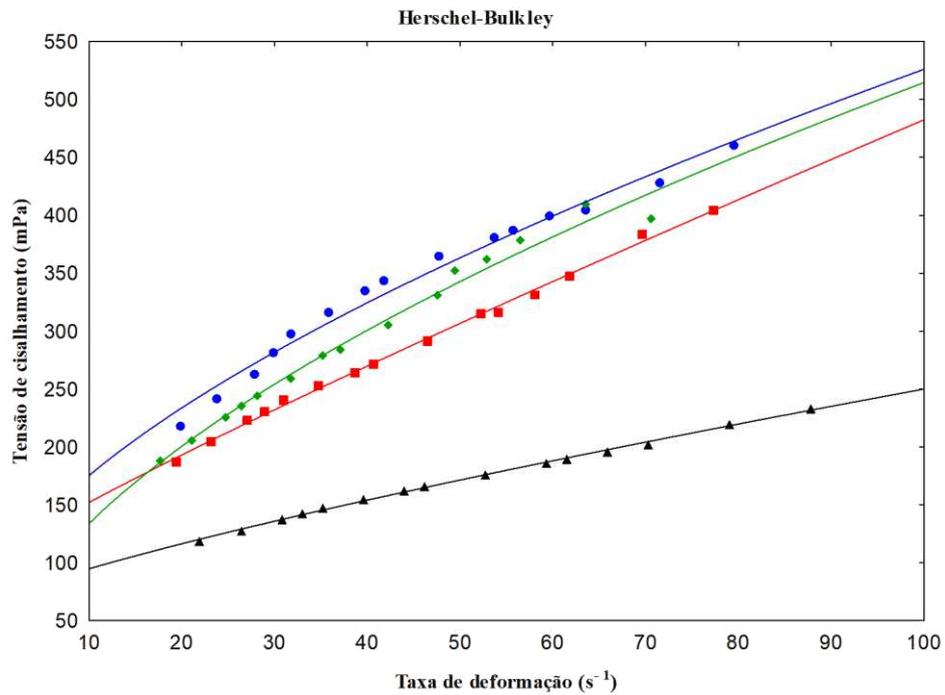


Figura 25: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

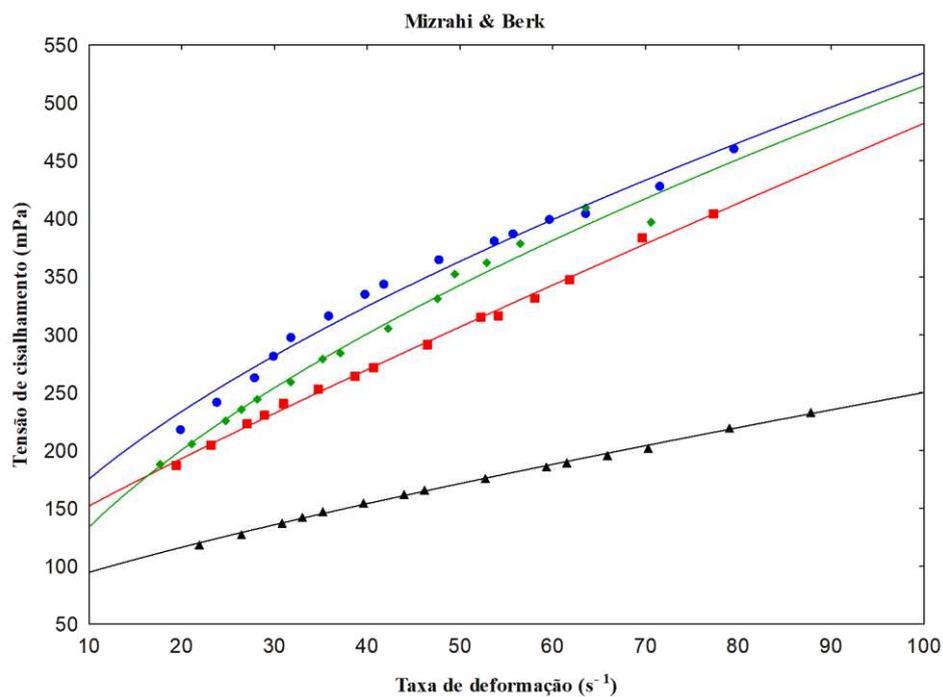


Figura 26: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

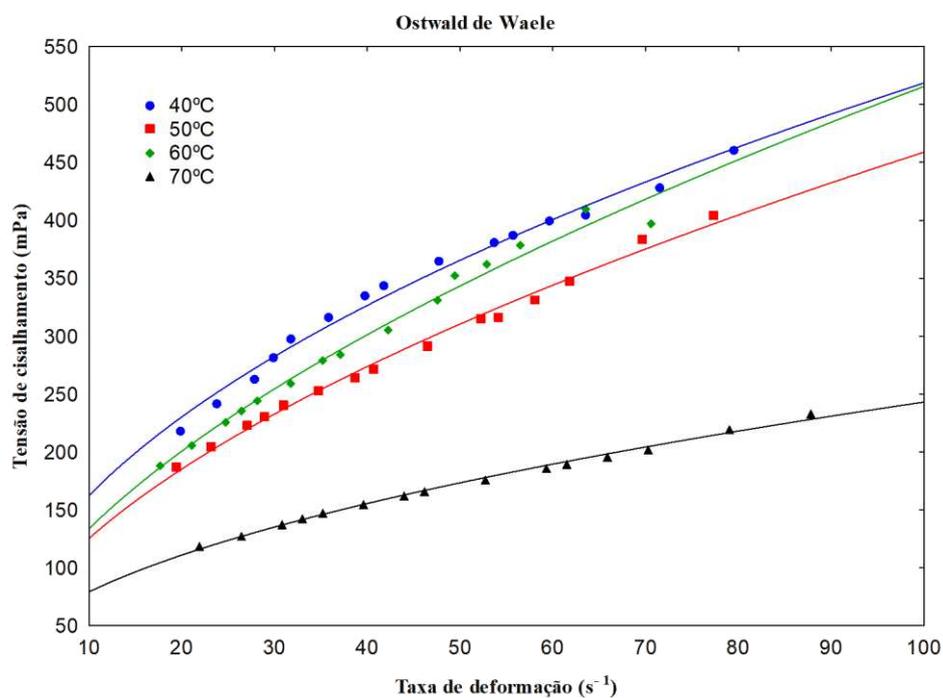


Figura 27: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

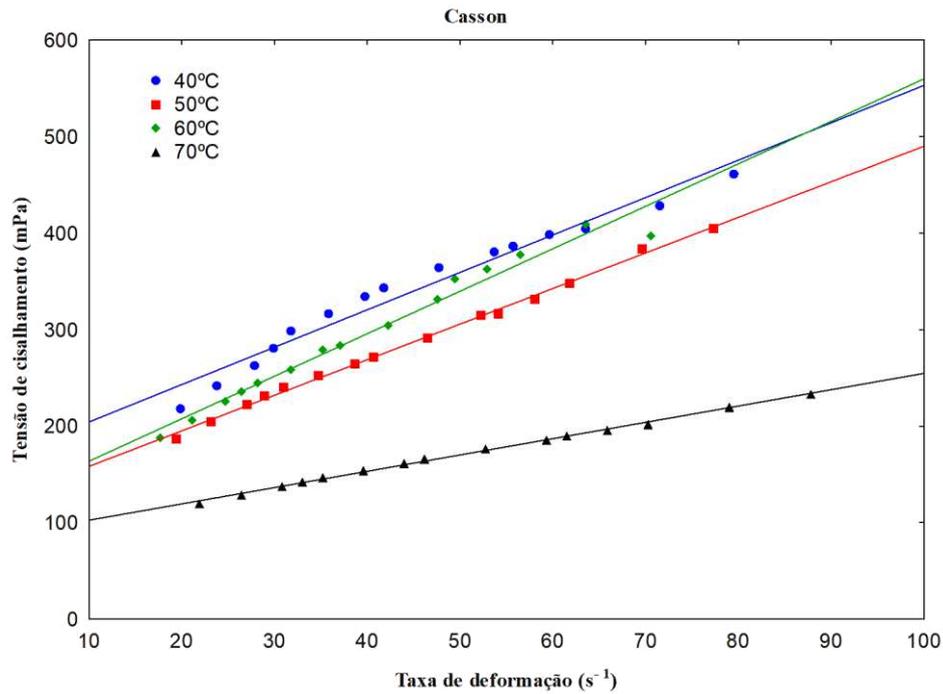


Figura 28: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio III (20% glicerol, 8% de fécula de araruta e 72% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 31 a 34, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

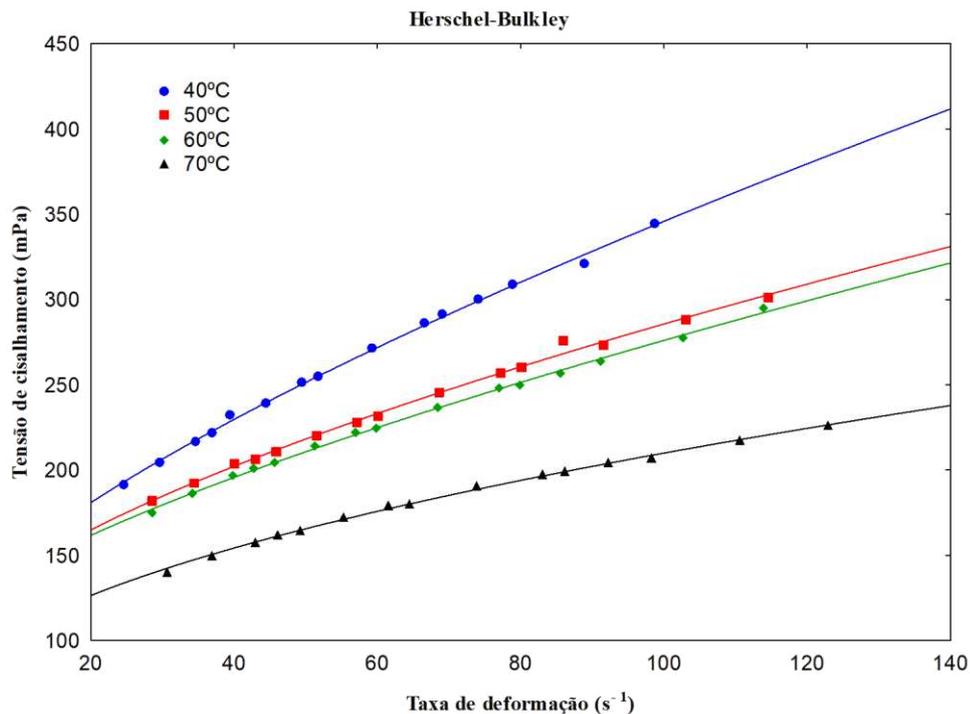


Figura 29: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

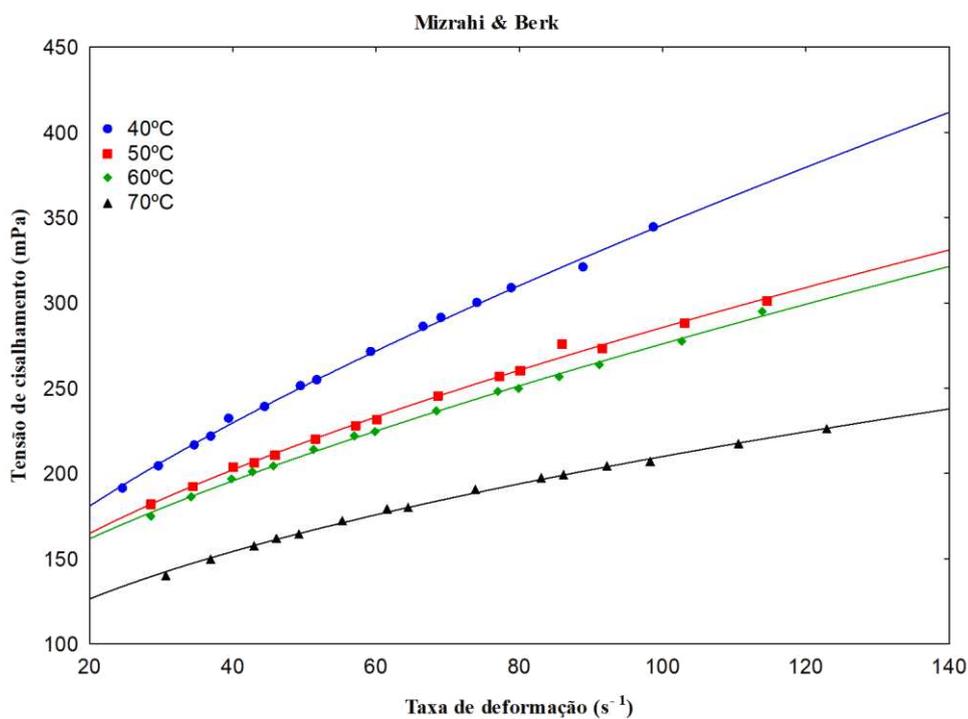


Figura 30: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

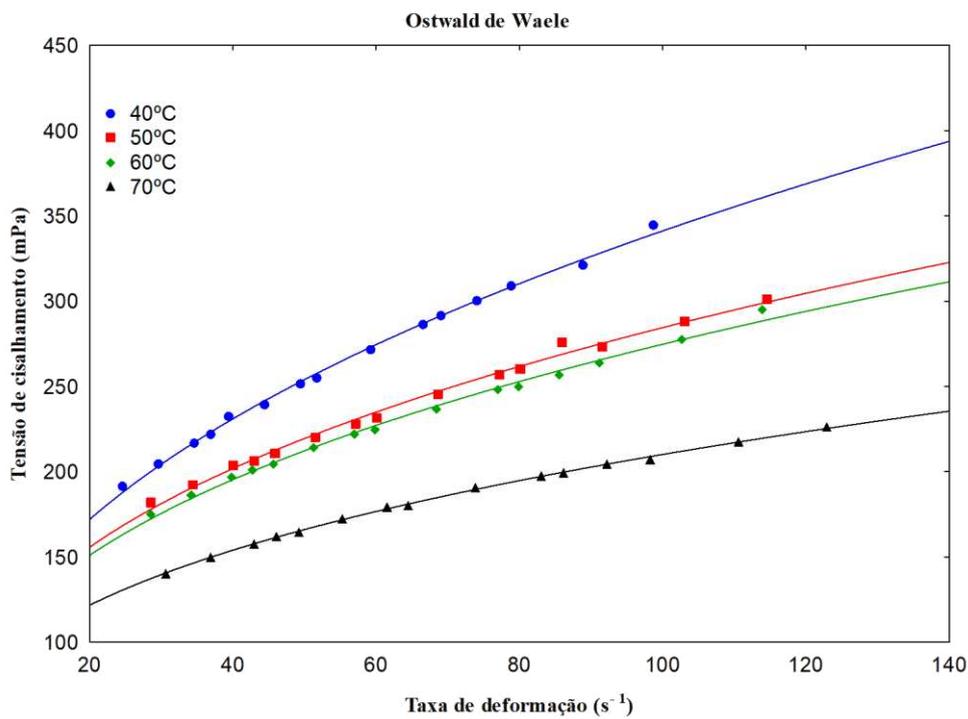


Figura 31: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

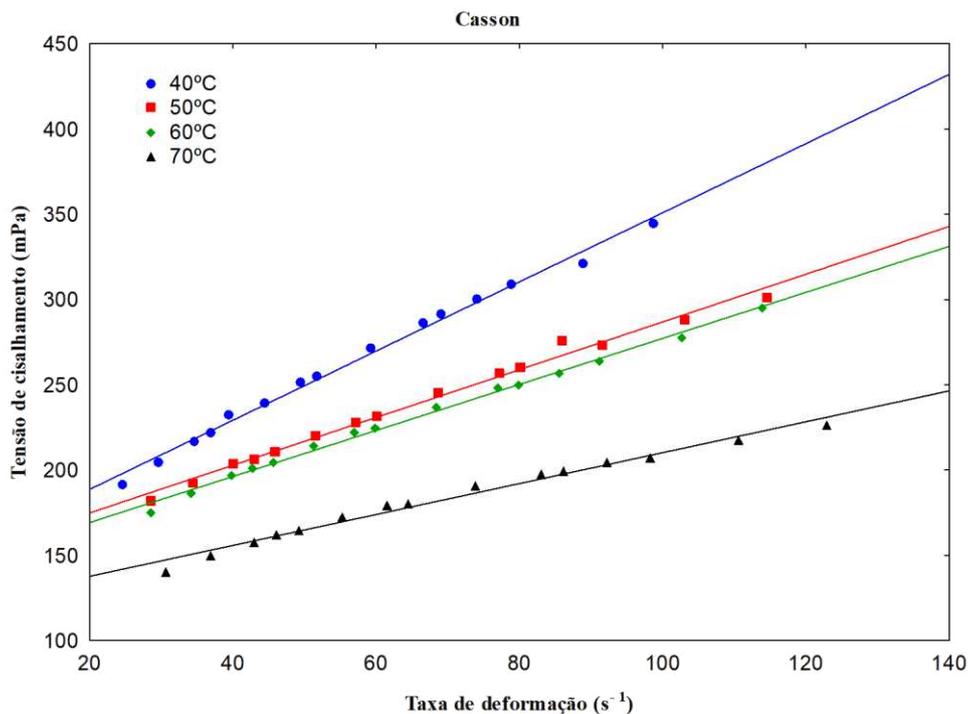


Figura 32: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IV (30% glicerol, 8% de fécula de araruta e 62% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 35 a 38, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C

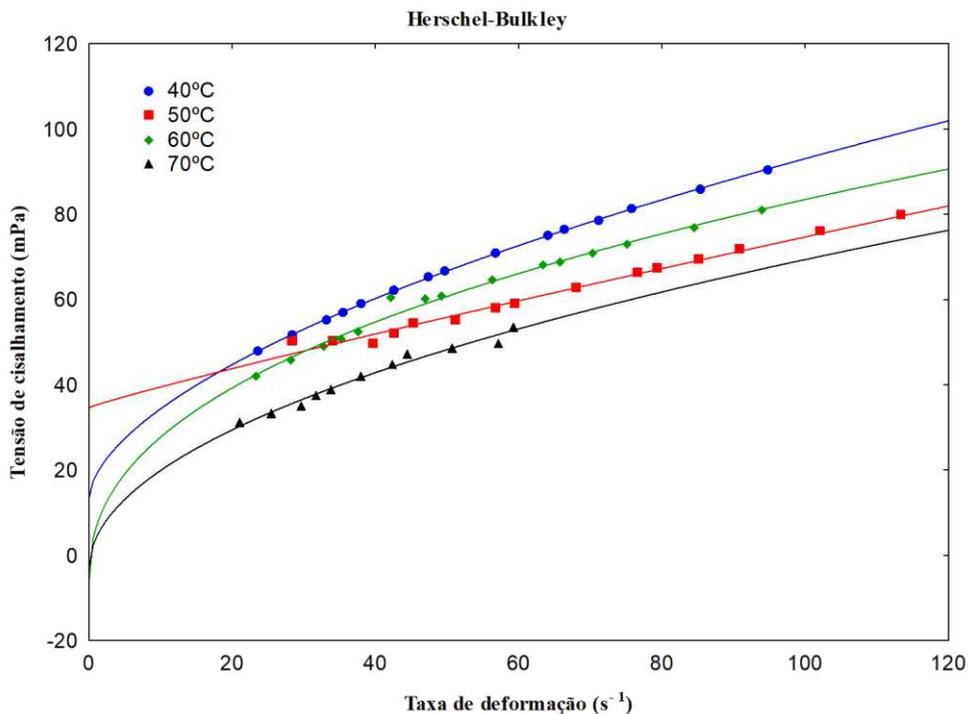


Figura 33: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

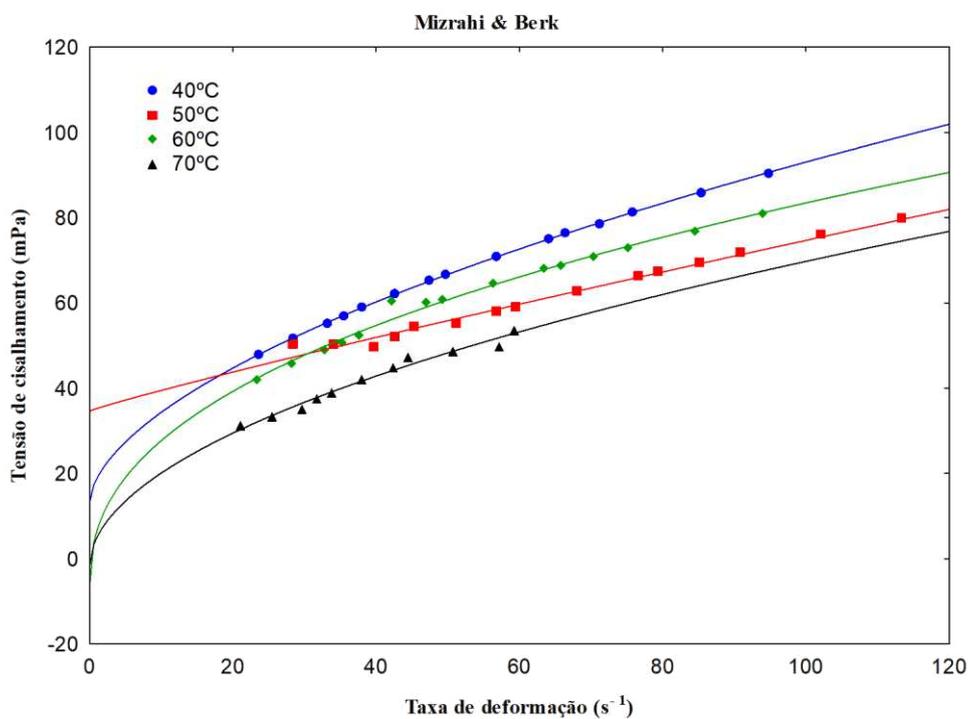


Figura 34: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

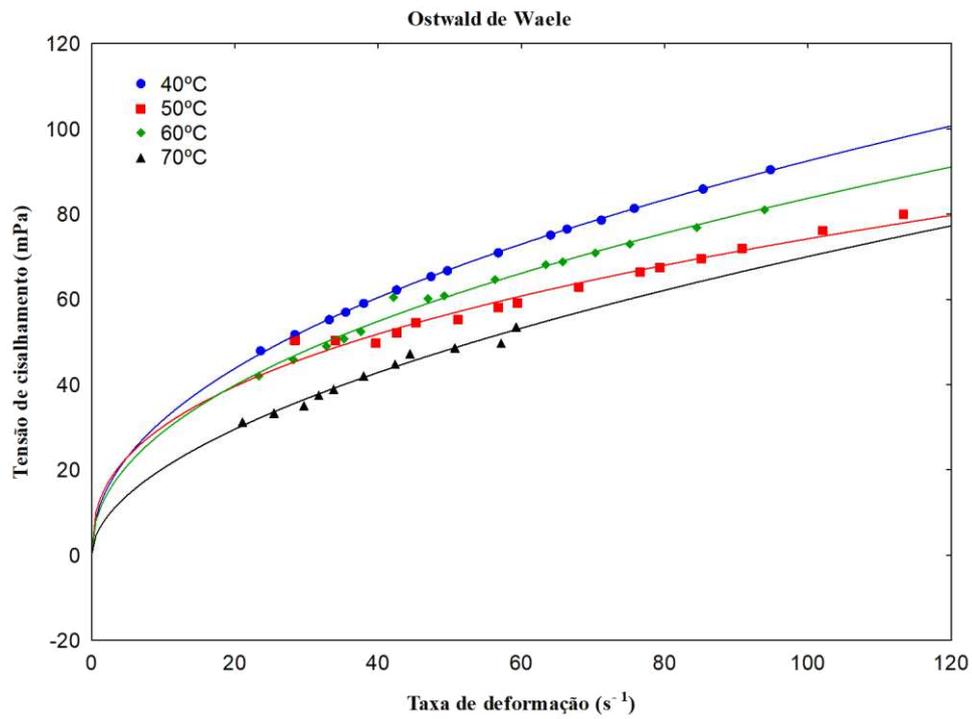


Figura 35: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

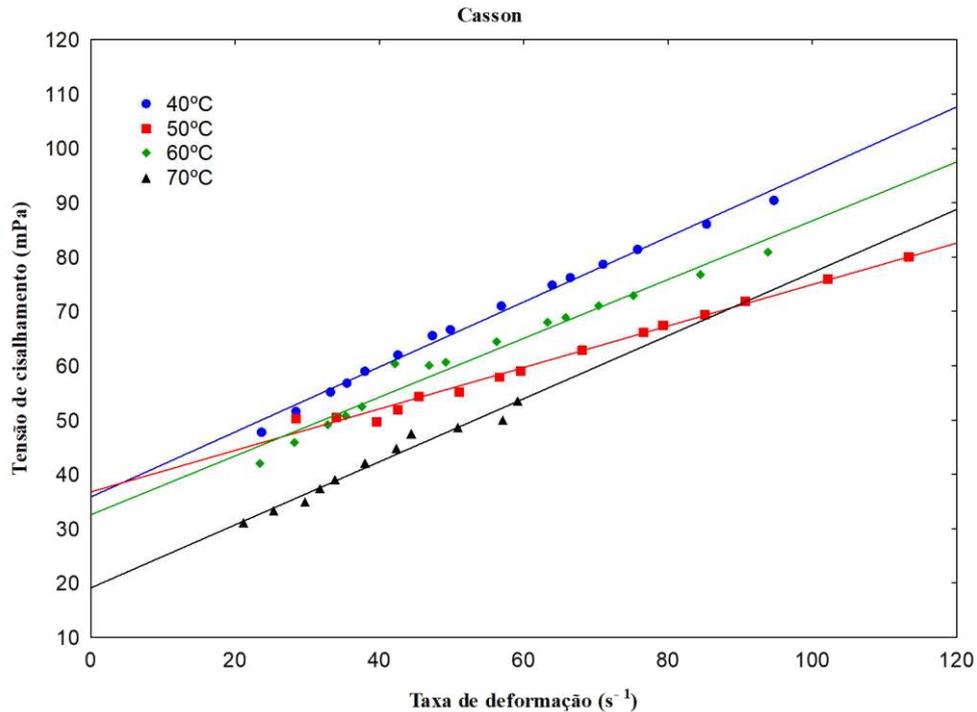


Figura 36: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio V (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 39 a 42, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C

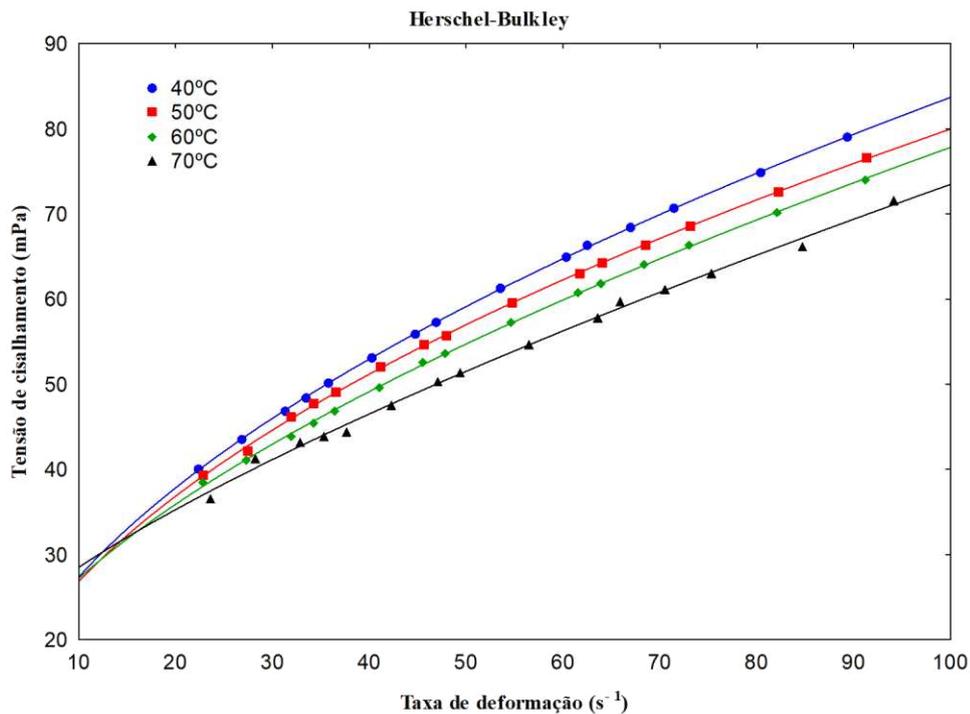


Figura 37: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

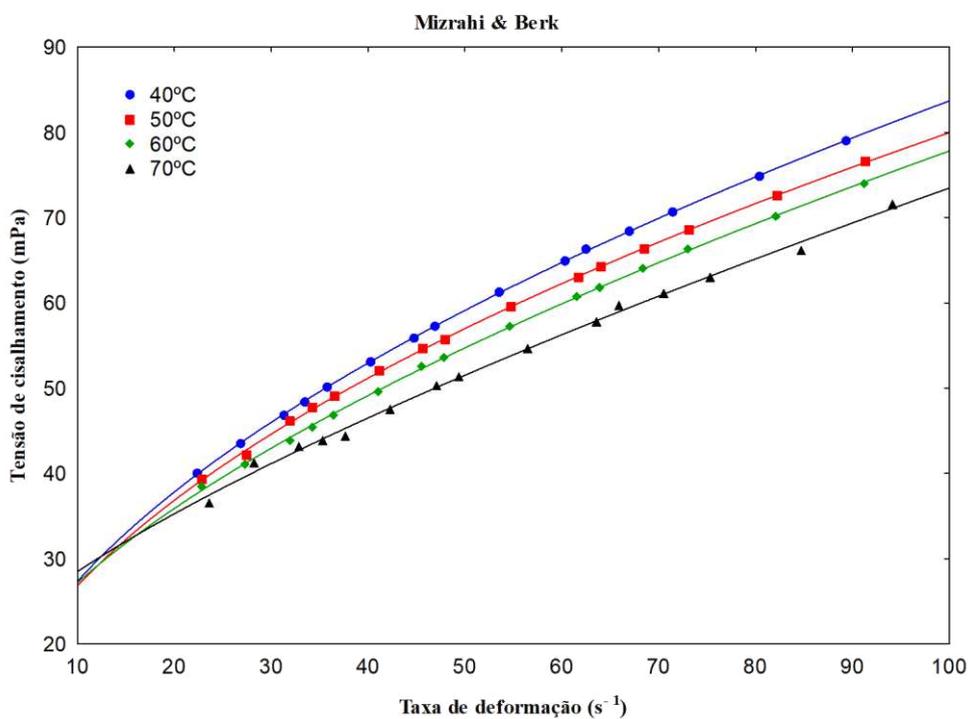


Figura 38: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

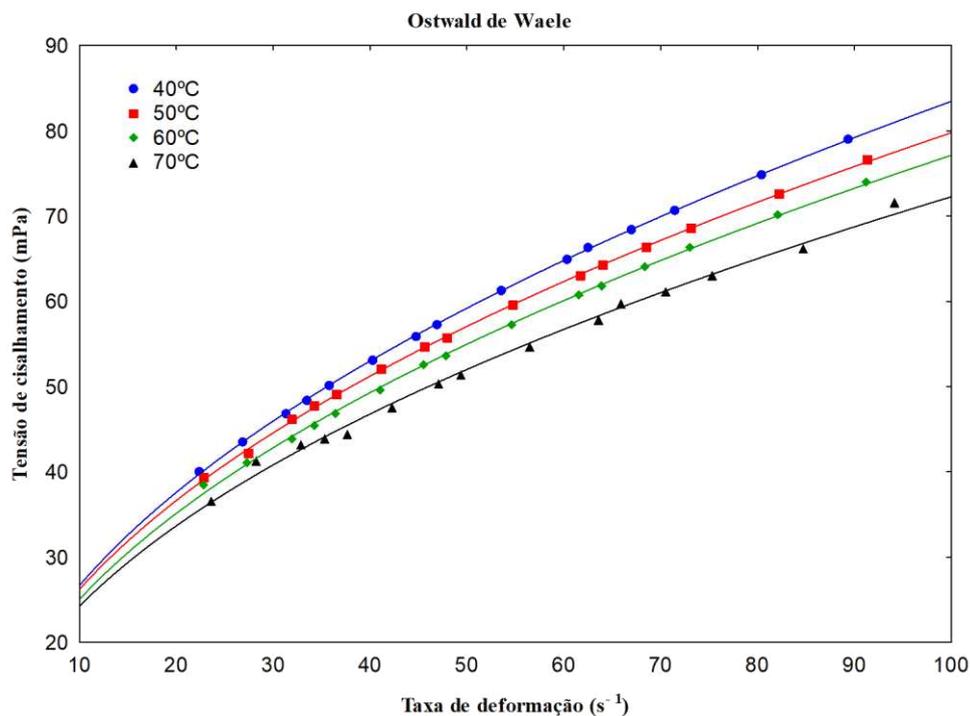


Figura 39: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

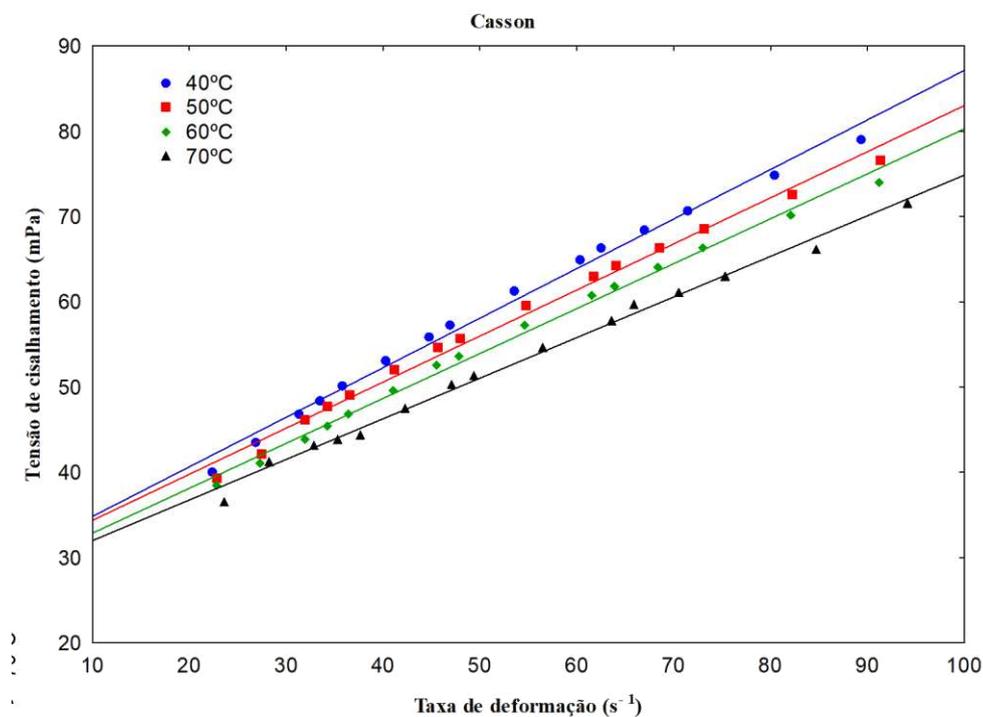


Figura 40: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do VI (32,07% glicerol, 6% de fécula de araruta e 61,93% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 43 a 46, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C

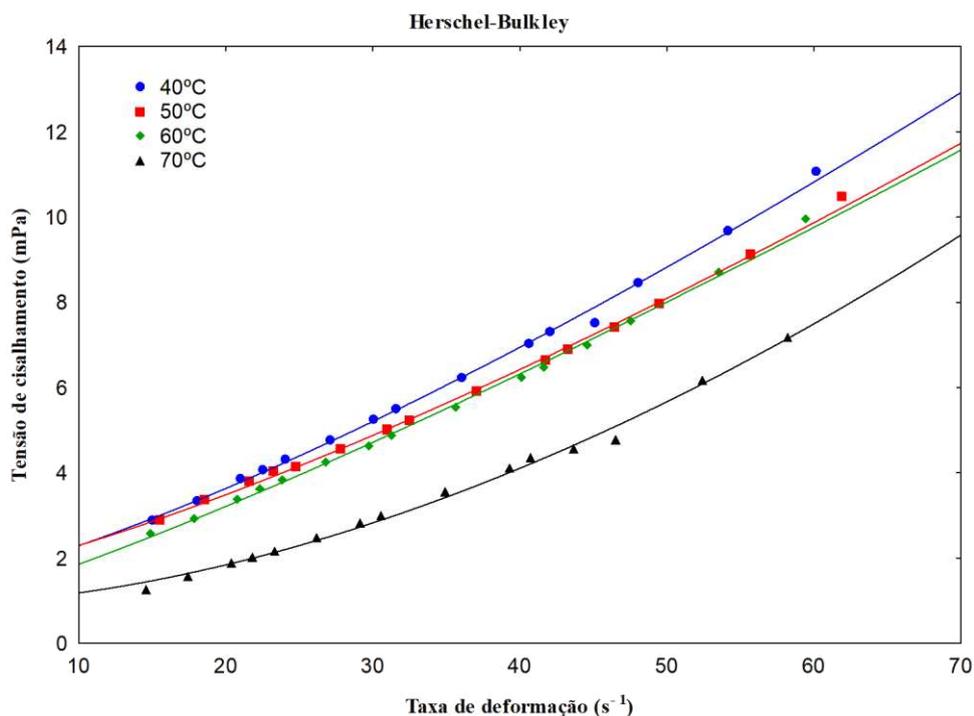


Figura 41: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

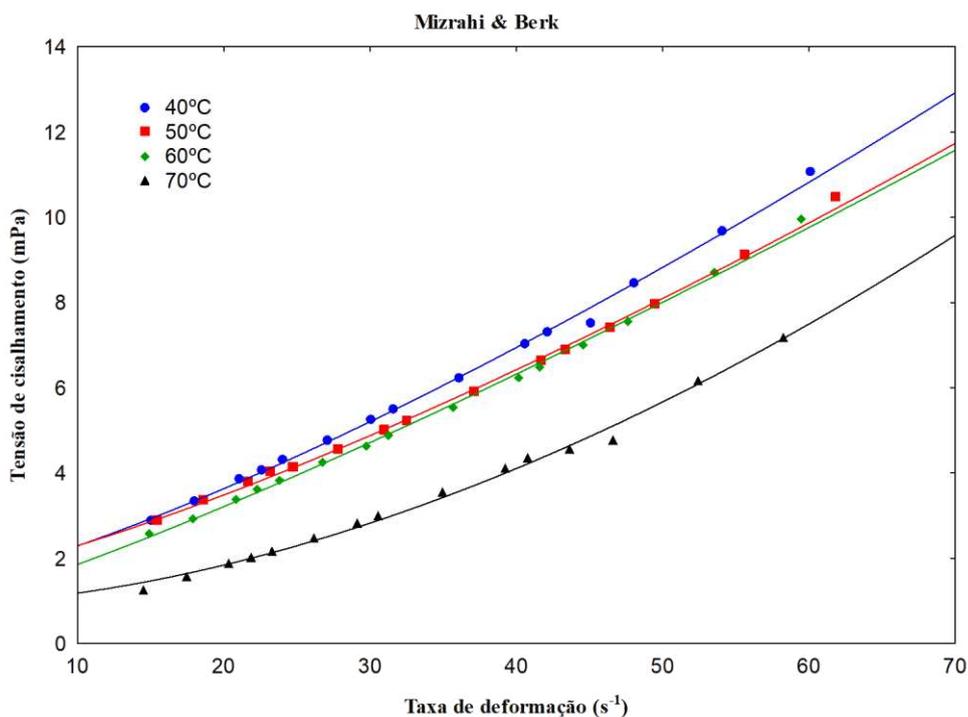


Figura 42: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

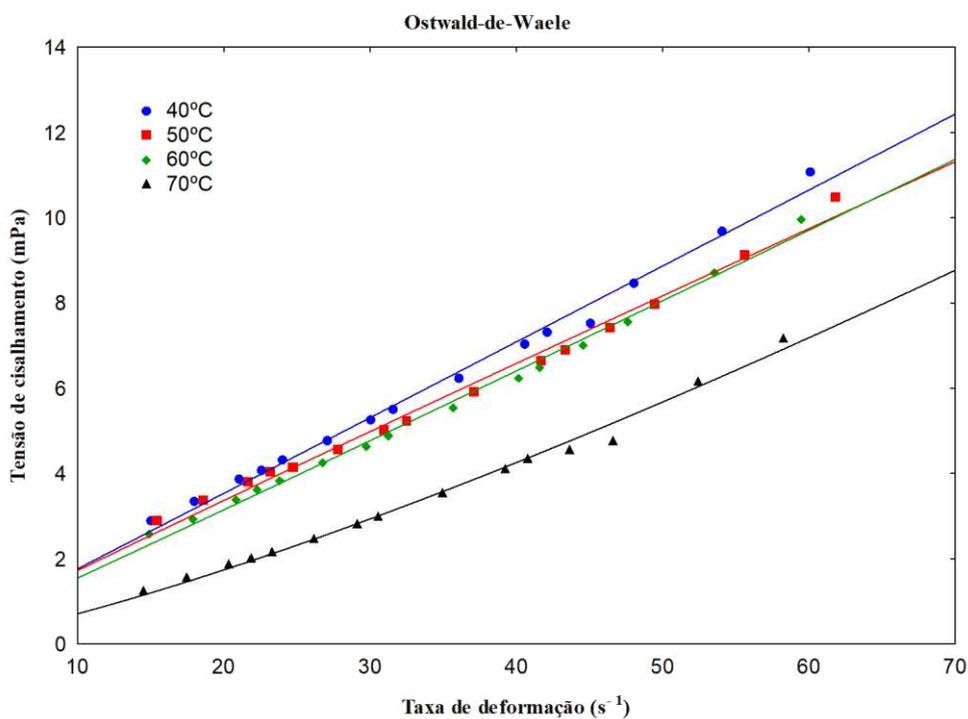


Figura 43: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

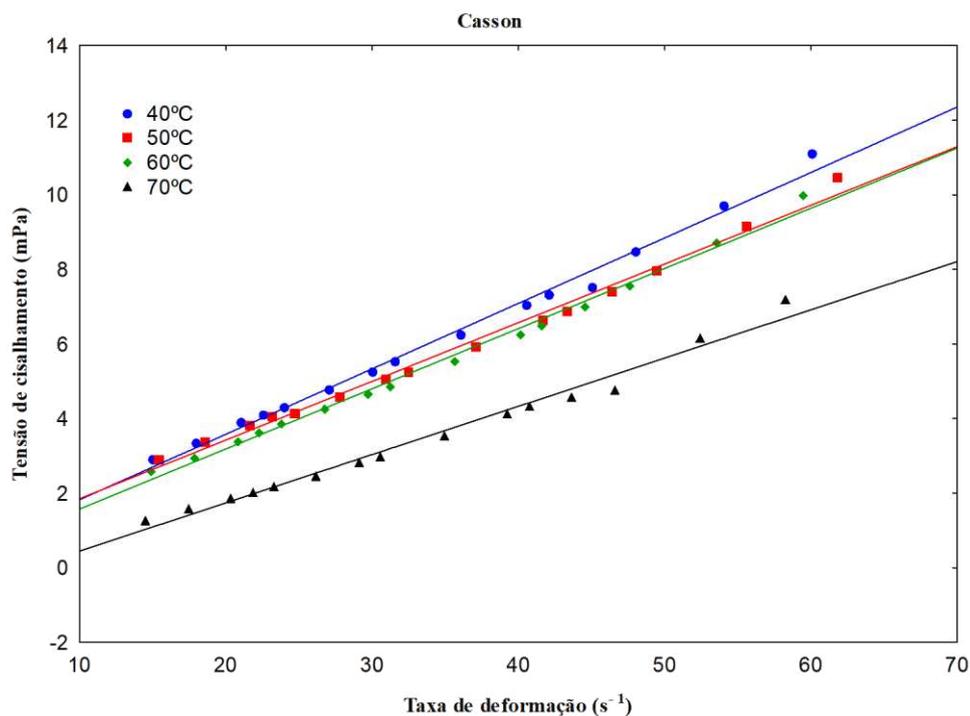


Figura 44: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 47 a 50, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

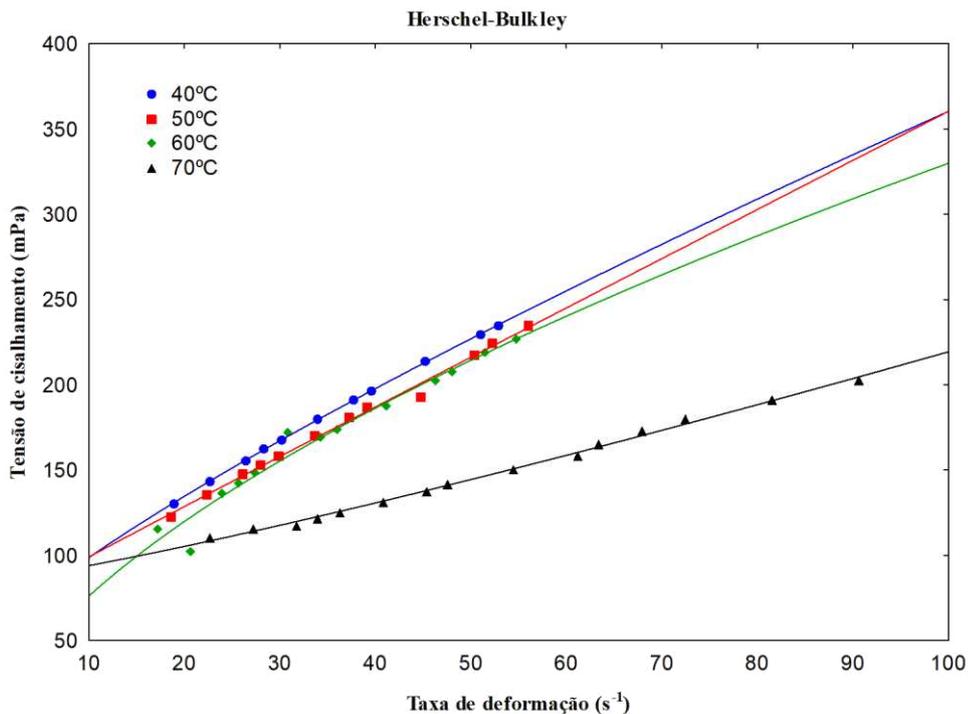


Figura 45: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

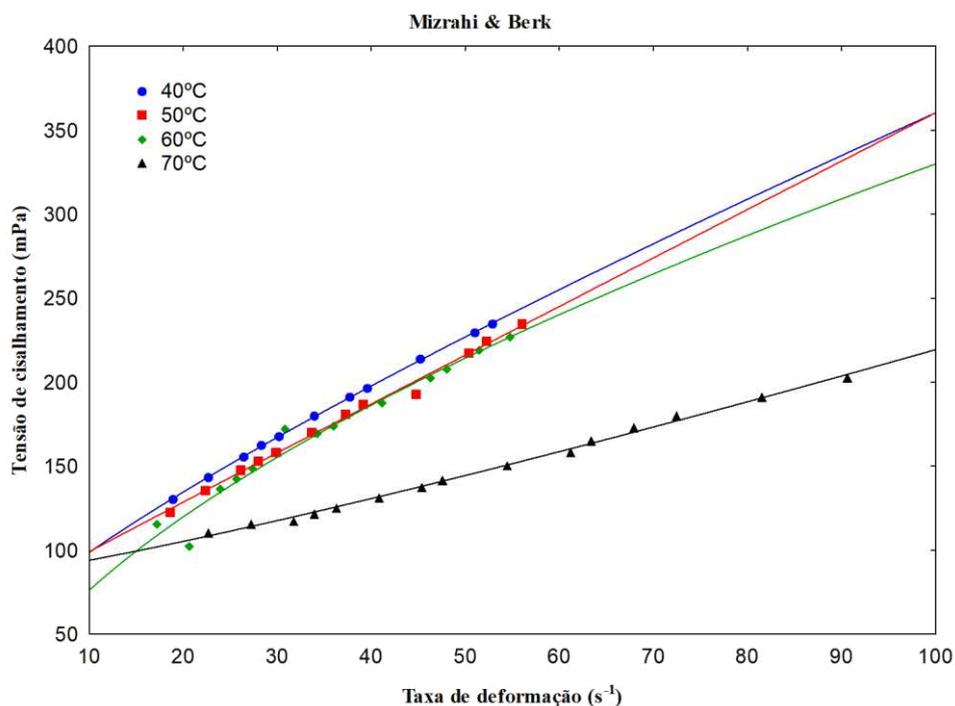


Figura 46: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

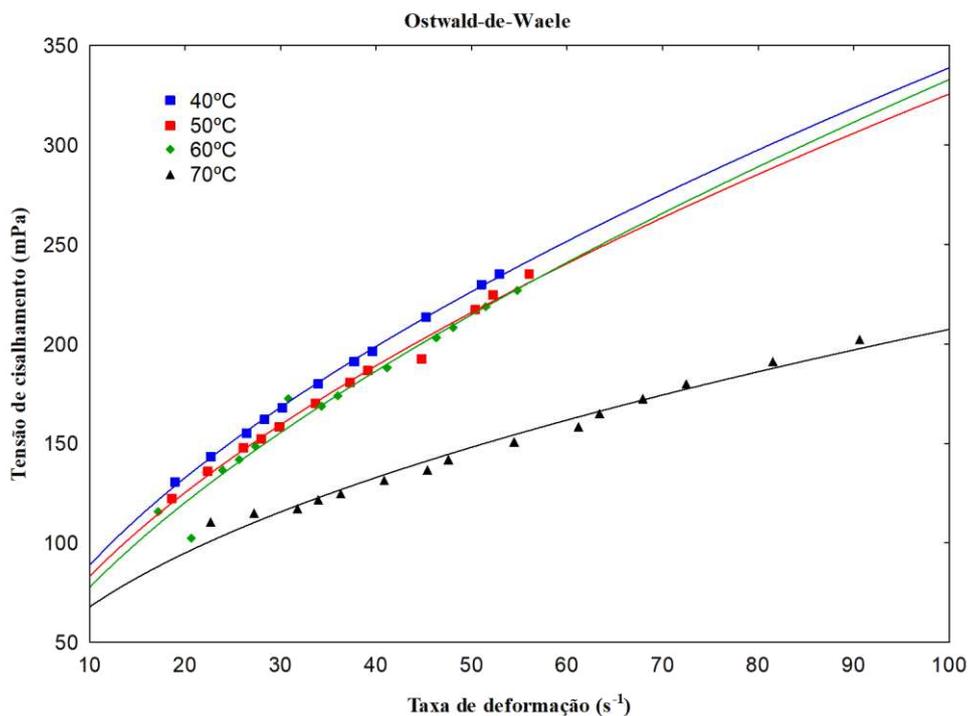


Figura 47: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

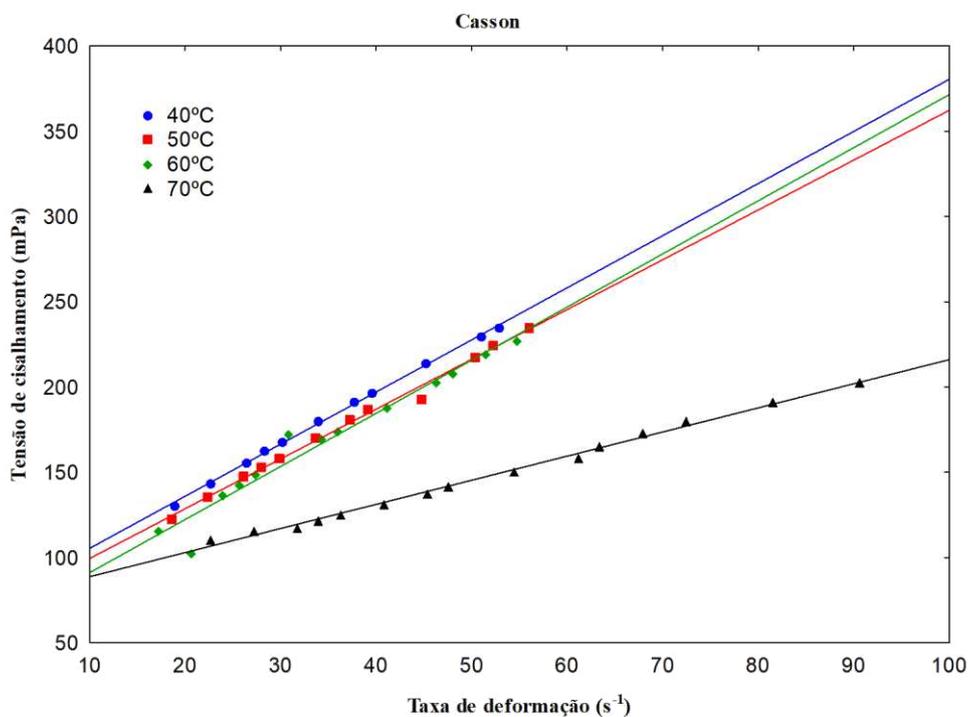


Figura 48: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do VIII (25% glicerol, 8,828% de fécula de araruta e 66,172% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 51 a 54, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

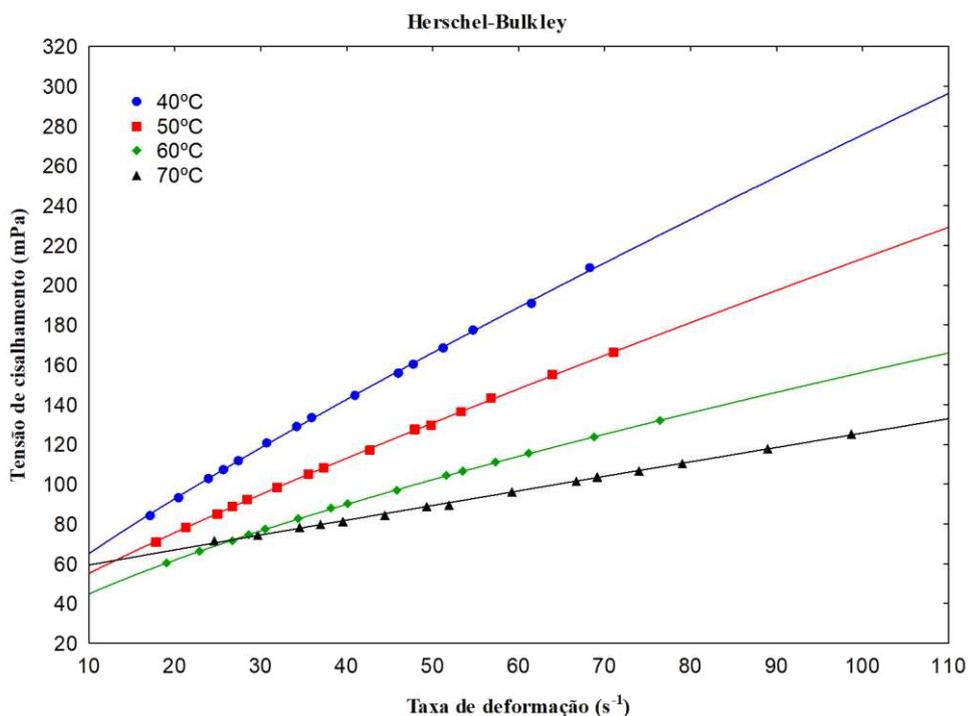


Figura 49: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

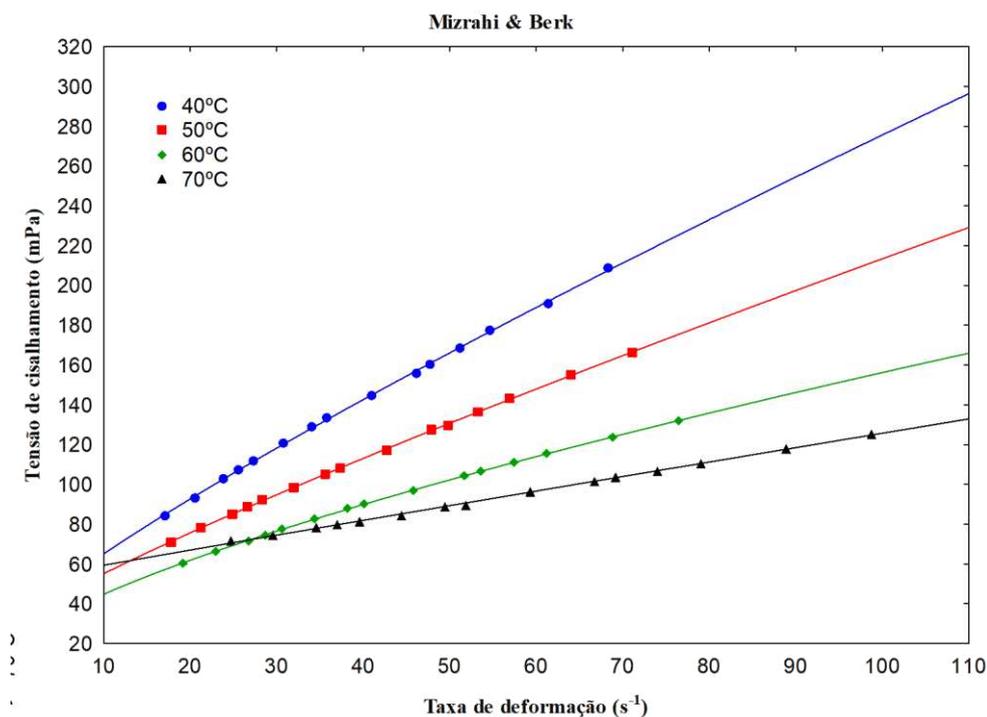


Figura 50: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

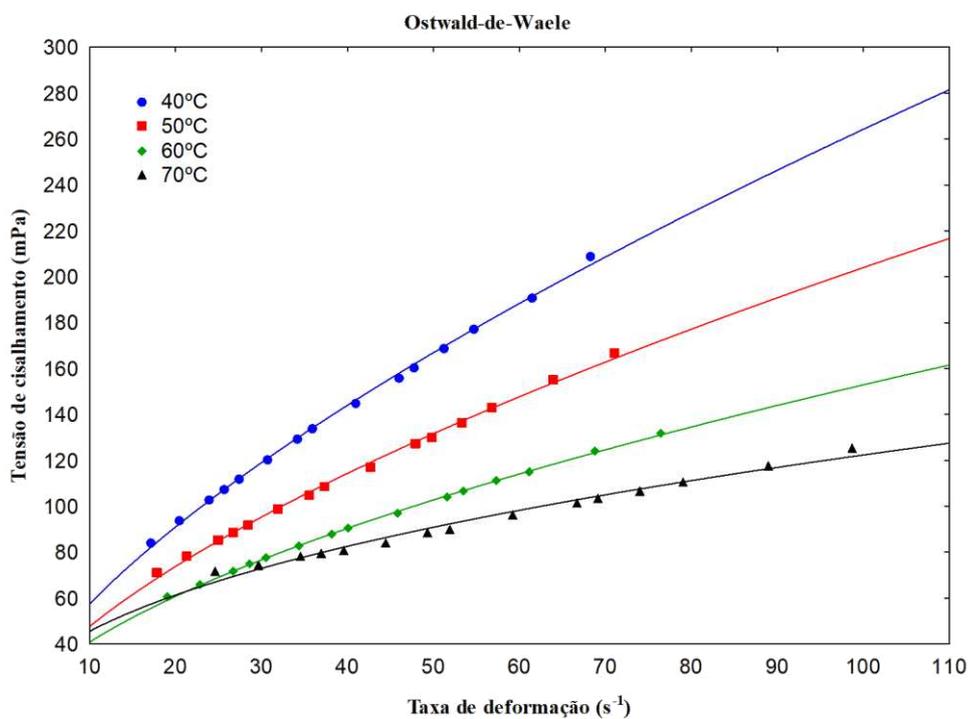


Figura 51: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

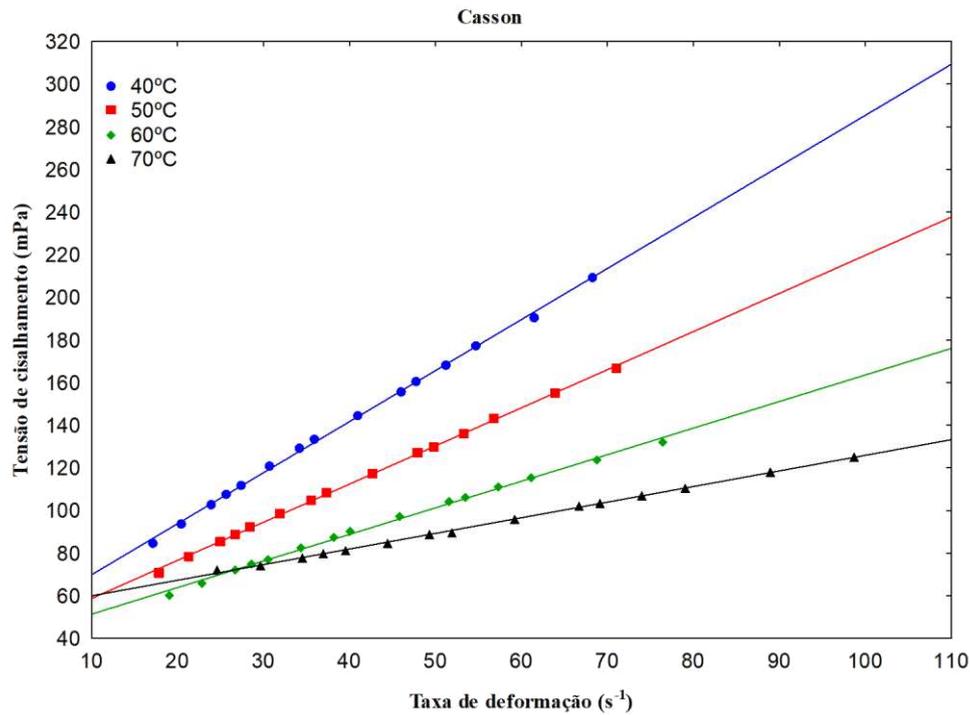


Figura 52: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio IX (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 55 a 58, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

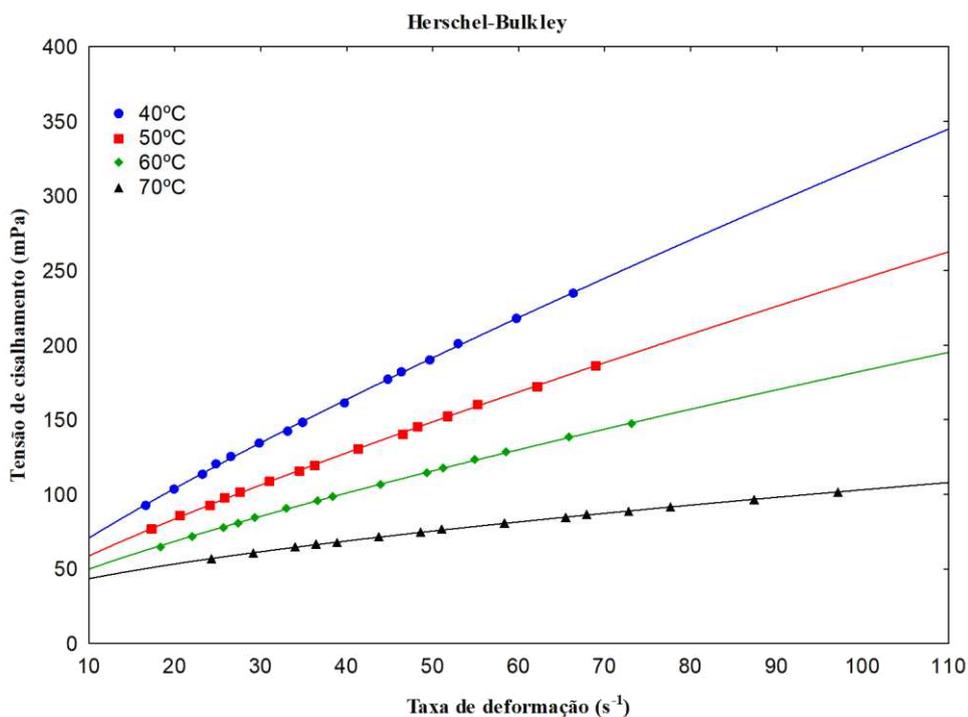


Figura 53: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

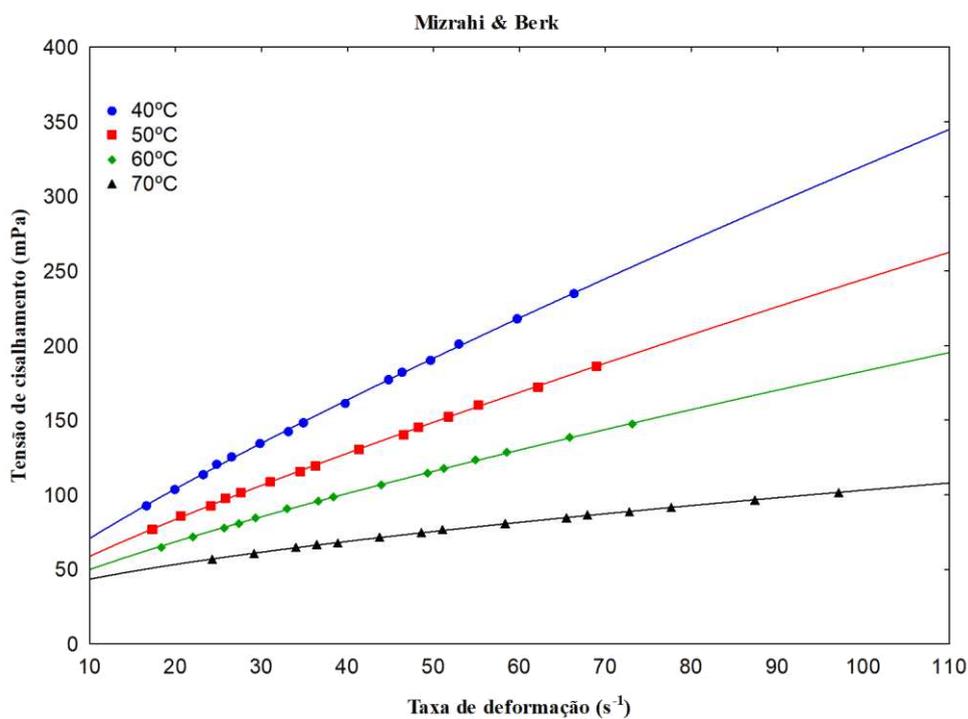


Figura 54: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

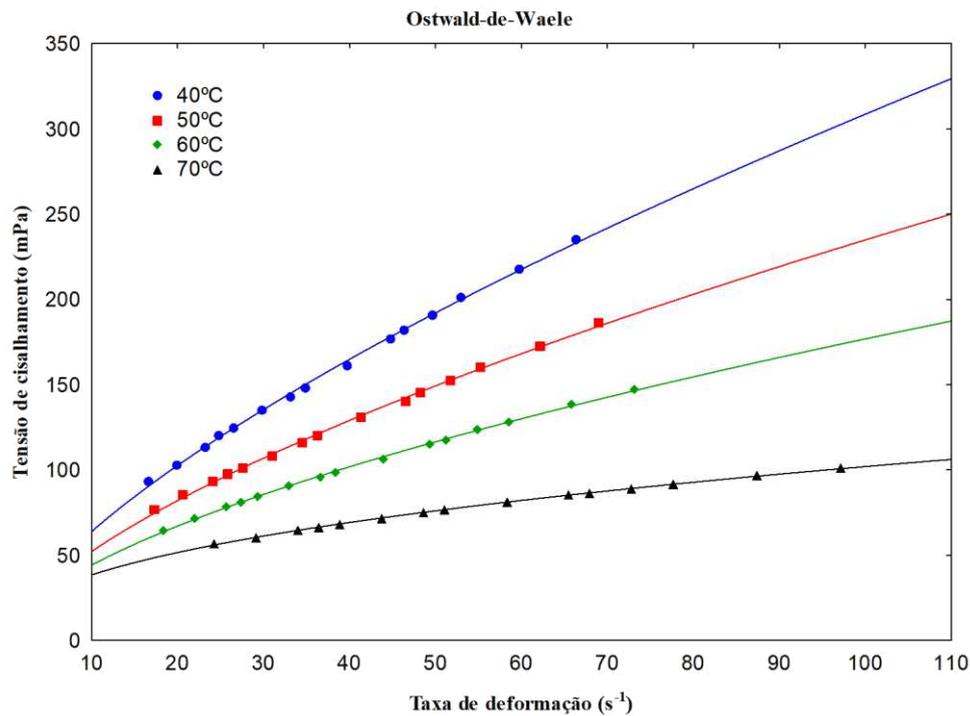


Figura 55: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

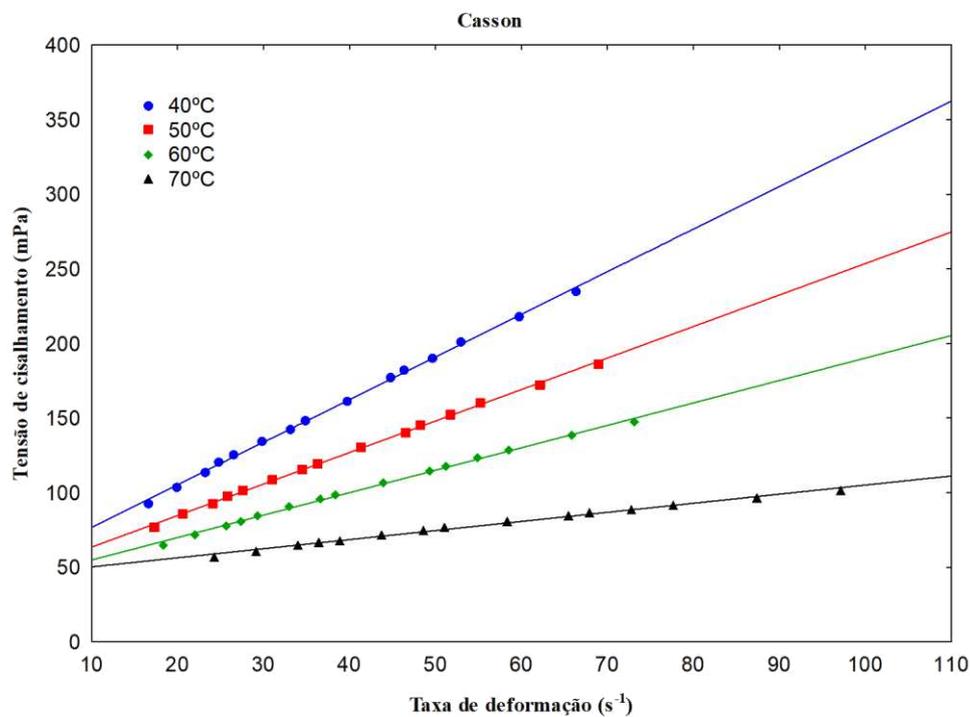


Figura 56: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio X (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

Nas Figuras 59 a 62, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do ensaio XI (17,93% glicerol, 6% de fécula de araruta e 76,07% de água destilada) da solução filmogênica nas temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

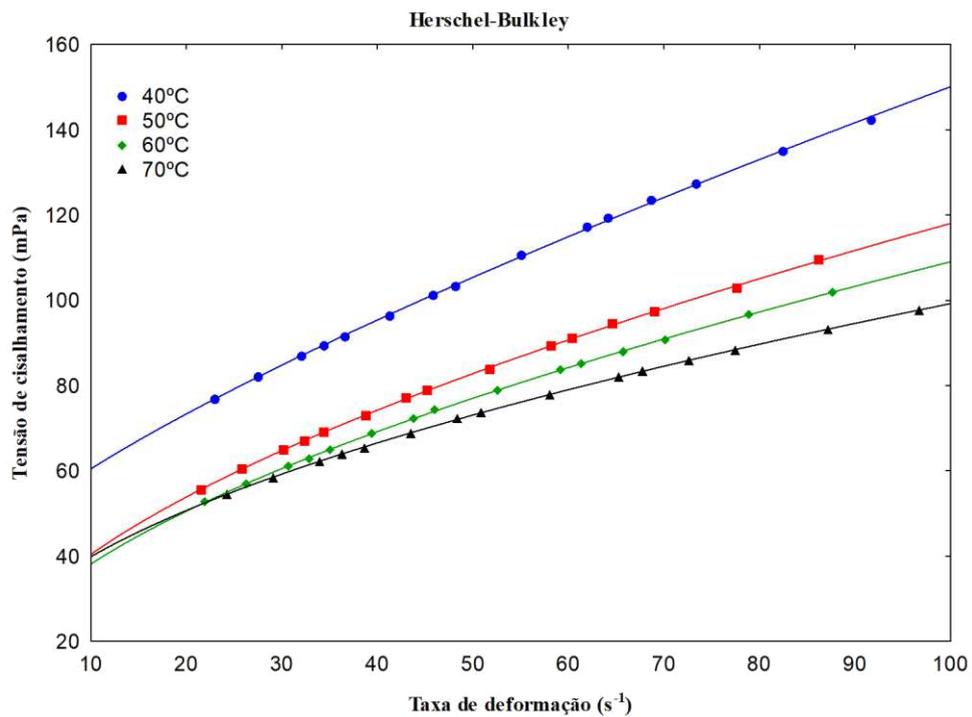


Figura 57: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley

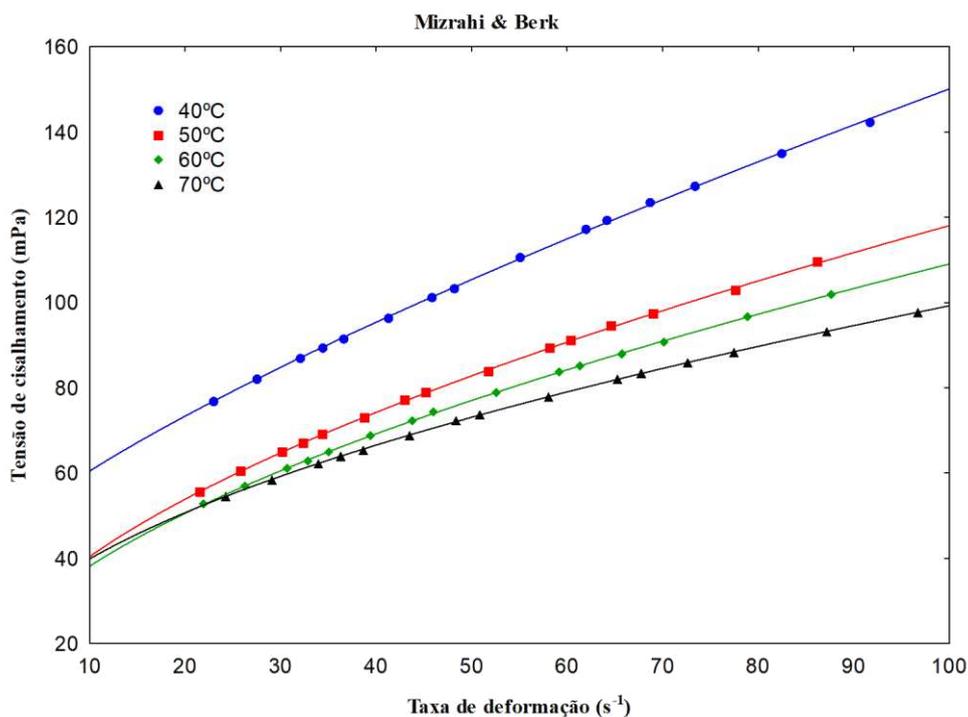


Figura 58: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Mizrahi & Berk

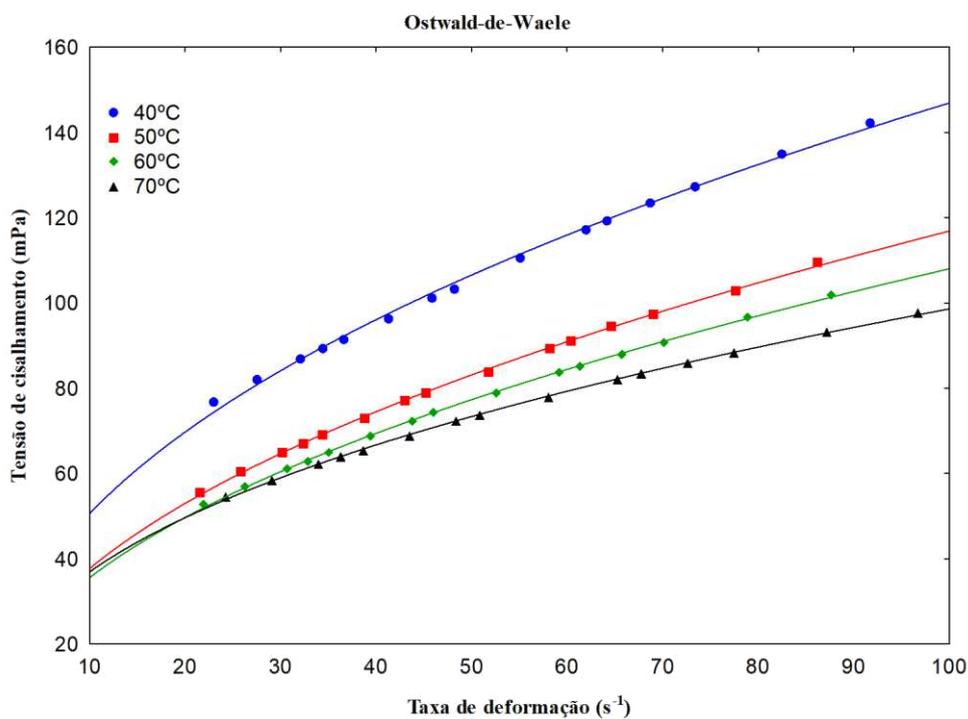


Figura 59: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele

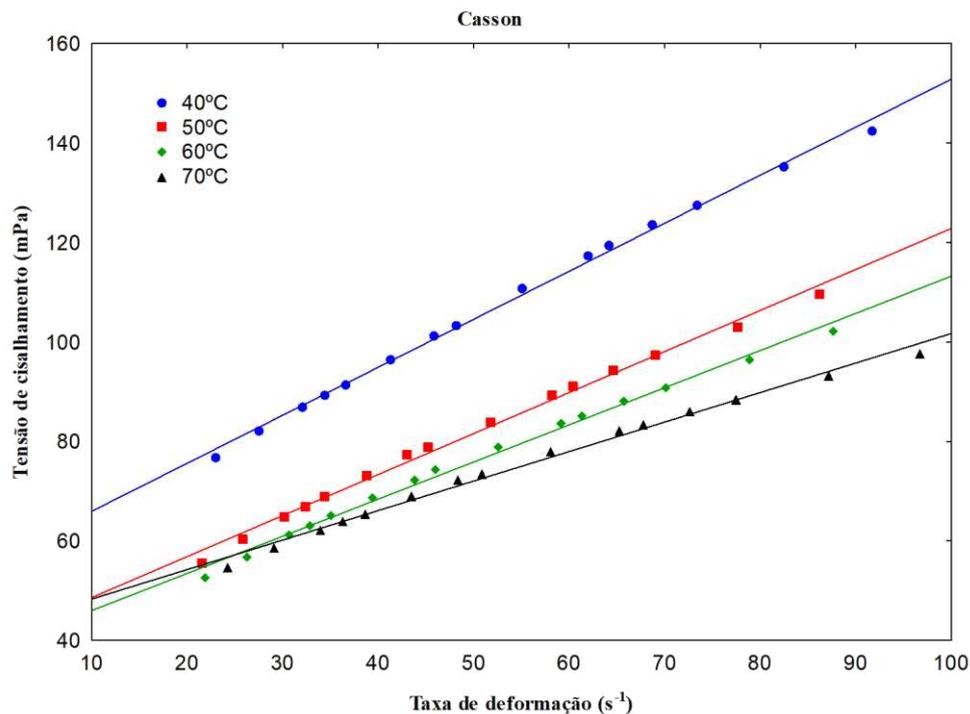


Figura 60: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do ensaio XI (25% glicerol, 6% de fécula de araruta e 69% de água destilada) da solução filmogênica descrita pelo modelo de Casson

As figuras confirmam o caráter não newtoniano e comportamento pseudoplástico das formulações, uma vez que, seu comportamento é linearmente, havendo variação da sua trajetória apresentando viscosidade aparente dependente da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento.

Percebe-se ainda que as menores temperaturas apresentaram maiores valores de tensão de cisalhamento, para a maioria das formulações.

Resultados semelhantes foram os de COUTINHO E CABELLO (2005), em que apontam o gel de mandioca apresentando característica de fluido Não-Newtoniano pseudoplástico, obtendo o aumento da tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de deformação.

RODRIGUES (2014) também detectou para a fécula de araruta, em forma de gel, característica de fluido pseudoplástico, ou seja, possuem comportamento resultante de uma estrutura em rede totalmente organizada formada por interações

de hidrogênio e pelo emaranhamento do polímero, o que contribui para uma alta viscosidade em baixas taxas de cisalhamento.

Nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, estão apresentados os parâmetros dos modelos reológicos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson, respectivamente, ajustados aos dados experimentais de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação das diferentes formulações e temperaturas estudadas bem como os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadrático médio (DQM).

Tabela 3: Parâmetros do modelo reológico de Herschel-Bulkley

Parâmetros						
Amostra	Temp. (°C)	To	k	n	R ² (%)	DQM
I	40	4,837228	3,202805	0,573527	99,99	0,00006406630
	50	1,733178	3,535403	0,552044	99,99	0,00000490457
	60	5,287938	1,996830	0,606082	99,98	0,000044732133
	70	3,229507	3,149502	0,544162	99,97	0,000003001398
II	40	4,664799	3,770070	0,596826	99,98	0,000064513216
	50	4,374878	3,546754	0,599808	99,97	0,000110340132
	60	1,012993	5,494575	0,473652	99,95	0,000101515481
	70	3,351760	3,885093	0,527979	99,99	0,000010942550
III	40	69,905497	24,293812	0,636826	99,18	1,717817941483
	50	104,960042	5,862278	0,904455	99,87	0,416720414813
	60	1,291142	34,179739	0,588326	99,20	1,630585731822
	70	65,486032	4,610600	0,801084	99,93	0,000023469162
IV	40	105,315769	8,737593	0,719884	99,90	1,012387089995
	50	98,868583	9,506005	0,646660	99,82	0,009469350430
	60	108,540800	6,277801	0,713059	99,92	0,397572287706
	70	60,427483	14,383443	0,508401	99,90	0,666399110727
V	40	13,192454	5,584498	0,577649	99,99	0,180038052997
	50	34,634348	0,585979	0,917297	99,30	0,545656197738
	60	-6,644478	13,067311	0,419289	99,42	0,488925557745
	70	-3,470878	7,471980	0,494463	98,86	0,117015367694
VI	40	3,733178	6,975823	0,529643	99,99	0,017024387176
	50	3,487034	7,124880	0,515379	99,98	0,016279640221
	60	10,561114	4,114492	0,606711	99,98	0,000020965634
	70	18,216300	1,912088	0,730426	98,30	0,045610954841
VII	40	1,376428	0,045535	1,302940	99,87	0,080983543278
	50	1,486769	0,040036	1,305166	99,91	0,110446830526
	60	0,803104	0,067118	1,195235	99,88	0,078065519890
	70	0,914061	0,004411	1,784856	99,71	0,037804291122

VIII	40	51,340969	7,235999	0,815224	99,99	0,269479920925
	50	68,852332	3,120354	0,985211	99,67	0,151036853970
	60	-8,300278	21,011402	0,603382	98,21	1,012015292771
	70	72,775603	1,466392	0,974185	99,76	0,000048972995
IX	40	31,082559	4,722178	0,857099	99,98	0,279904643549
	50	30,066346	3,413435	0,865000	99,99	0,166438828861
	60	18,185953	5,117761	0,715427	99,99	0,000028252191
	70	51,403229	0,847065	0,971544	99,94	0,090332133893
X	40	28,674898	6,048698	0,841683	99,98	0,000120319366
	50	27,354994	4,523395	0,840549	99,99	0,000006010479
	60	24,378509	4,095742	0,793630	99,98	0,020883761467
	70	25,571141	4,102702	0,638065	99,97	0,341956608240
XI	40	42,24442	3,070615	0,772812	99,98	0,106234589660
	50	14,15638	6,621632	0,597783	99,99	0,001435903745
	60	13,51590	6,334597	0,589170	99,99	0,011053028094
	70	16,18270	6,727521	0,545716	99,99	0,000016822878

Tabela 4: Parâmetros do modelo reológico de Mizrahi & Berk

Amostra	Temp. (°C)	Parâmetros				R ² (%)	DQM
		Koh	Km	n			
I	40	4,837228	3,202805	0,573527	99,99	0,00006406630	
	50	3,006587	3,070164	0,576830	99,99	0,06723129115	
	60	5,287938	1,996830	0,606082	99,98	0,00004473213	
	70	3,229507	3,149502	0,544162	99,97	0,00000300140	
II	40	4,664799	3,770070	0,596826	99,98	0,00006451322	
	50	4,374878	3,546754	0,599808	99,97	0,00011034013	
	60	1,012993	5,494575	0,473652	99,95	0,00010151548	
	70	3,351760	3,885093	0,527979	99,98	0,00001094255	
III	40	69,905497	24,293812	0,636826	99,18	1,71781794148	
	50	104,960042	5,862278	0,904455	99,87	0,41672041481	
	60	1,291142	34,179739	0,588326	99,21	1,63058573182	
	70	65,486032	4,610600	0,801084	99,93	0,00002346916	
IV	40	105,315769	8,737593	0,719884	99,89	1,01238708999	
	50	98,868583	9,506005	0,646660	99,82	0,00946935043	
	60	108,540800	6,277801	0,713059	99,91	0,66639911073	
	70	60,427483	14,383443	0,508401	99,90	0,66639911073	

V	40	13,192454	5,584498	0,577649	99,99	0,18003805300
	50	34,634348	0,585979	0,917297	99,30	0,54565619774
	60	-6,644478	13,067311	0,419289	99,42	0,48892555774
	70	-1,789704	6,675839	0,515024	98,86	0,02822819921
VI	40	3,733178	6,975823	0,529643	99,99	0,01702438718
	50	3,487034	7,124880	0,515379	99,98	0,01627964022
	60	10,561114	4,114492	0,606711	99,98	0,00002096563
	70	18,216300	1,912088	0,730426	99,83	0,04561095484
VII	40	1,376428	0,045535	1,302940	99,87	0,08098354328
	50	1,486769	0,040036	1,305166	99,91	0,11044683053
	60	0,803104	0,067118	1,195235	99,88	0,07806551989
	70	0,914061	0,004411	1,784856	99,72	0,03780429112
VIII	40	51,340969	7,235999	0,815224	99,99	0,26947992092
	50	68,852332	3,120354	0,985211	99,67	0,15103685397
	60	-8,300278	21,011402	0,603382	98,21	1,01201529277
	70	72,775603	1,466392	0,974185	99,76	0,00004897299
IX	40	31,082559	4,722178	0,857099	99,97	0,27990464355
	50	30,066346	3,413435	0,865000	99,99	0,16643882886
	60	18,185953	5,117761	0,715427	99,99	0,00002825219
	70	51,403229	0,847065	0,971544	99,94	0,09033213389
X	40	28,674898	6,048698	0,841683	99,98	0,00012031937
	50	27,354994	4,523395	0,840549	99,99	0,00000601048
	60	24,388021	4,081665	0,794492	99,99	0,04079605127
	70	25,571141	4,102702	0,638065	99,97	0,341956660824
XI	40	42,24442	3,070615	0,772812	99,98	0,10623458966
	50	14,15638	6,621632	0,597783	99,99	0,00143590374
	60	13,51590	6,334597	0,589170	99,99	0,01105302809
	70	16,18270	6,727521	0,545716	99,99	0,00001682288

Tabela 5: Parâmetros do modelo reológico de Ostwald-de-Waele

Parâmetros					
Amostra	Temp. (°C)	k	n	R ² (%)	DQM
I	40	5,101044	0,493310	99,98	0,007425032
	50	4,216031	0,521402	99,99	0,003006616
	60	4,010007	0,485486	99,96	0,008262082
	70	4,470799	0,484603	99,97	0,004472458
II	40	5,571291	0,526329	99,97	0,004570447
	50	5,189757	0,531563	99,97	0,006146494
	60	5,955275	0,460473	99,95	0,001022621
	70	5,293261	0,475934	99,99	0,004246684
	40	50,73898	0,504750	99,42	0,419785051

III	50	34,17793	0,563987	99,66	0,371802777
	60	34,59100	0,586699	99,21	0,163760827
	70	25,70819	0,487825	99,77	0,128117835
IV	40	47,99800	0,425899	99,86	0,077021347
	50	50,67441	0,374649	99,71	0,070253282
	60	49,47705	0,372256	99,75	0,192898789
	70	44,01114	0,339422	99,97	0,00368866
V	40	10,87813	0,464753	99,99	0,008093992
	50	12,27068	0,390749	98,16	0,073300024
	60	9,995937	0,461440	99,40	0,036665565
	70	5,909854	0,536878	98,85	0,004619325
VI	40	8,523155	0,495416	99,99	0,003286112
	50	8,609069	0,483470	99,98	0,003852941
	60	8,129638	0,488563	99,96	0,016885643
	70	8,127191	0,474488	99,73	0,028604655
VII	40	0,174369	1,004320	99,63	0,045522737
	50	0,185278	0,967816	99,56	0,048727452
	60	0,145896	1,025232	99,71	0,043547889
	70	0,036157	1,292469	99,57	0,042381182
VIII	40	23,216396	0,582076	99,95	0,054960309
	50	21,167727	0,593551	99,54	0,106924564
	60	18,070384	0,632685	98,20	0,107796024
	70	22,157240	0,485567	98,97	0,261332438
IX	40	12,499574	0,662529	99,91	0,163728161
	50	11,112926	0,631879	99,90	0,141559065
	60	10,887472	0,573742	99,96	0,05360912
	70	16,934210	0,429414	99,18	0,109130489
X	40	13,197385	0,684450	99,94	0,164685118
	50	11,548478	0,654129	99,93	0,137522353
	60	11,016656	0,602727	99,96	0,064144424
	70	14,468252	0,423952	99,97	0,013585137
XI	40	17,399466	0,463244	99,86	0,062512714
	50	12,142188	0,491700	99,97	0,022118207
	60	11,698631	0,482688	99,98	0,019245967
	70	13,822925	0,426627	99,97	0,015418751

Tabela 6: Parâmetros do modelo reológico de Casson

Amostra	Temp. (°C)	Parâmetros			
		Koc	Kc	R²(%)	DQM
I	40	17,42022	0,341070	99,68	0,000000000001
	50	14,83008	0,339657	99,66	0,000000000006
	60	13,60278	0,253638	99,71	0,000000003286
	70	15,11760	0,281700	99,62	0,000000000009
II	40	18,59370	0,491844	99,79	0,000000000429
	50	17,89272	0,460344	99,75	0,000000000000
	60	19,53222	0,317494	99,48	0,000000000005

	70	17,71742	0,314138	99,61	0,000000000000
III	40	165,4674	3,877179	98,28	0,000000000374
	50	121,3150	3,688207	99,87	0,000000000625
	60	119,5298	4,404329	98,71	0,000000000083
	70	85,55485	1,690986	99,87	0,000000000290
IV	40	148,0490	2,028442	99,64	0,000000000032
	50	146,7931	1,400413	99,57	0,000000000006
	60	142,1799	1,350198	99,76	0,000000004241
	70	119,5029	0,906682	99,17	0,000000000047
V	40	35,84452	0,598330	99,60	0,000000000000
	50	36,78383	0,381690	99,40	0,000000025903
	60	32,57453	0,541224	98,40	0,000000000145
	70	19,10227	0,580582	98,50	0,000000000027
VI	40	29,01629	0,581230	99,59	0,000000000324
	50	28,95481	0,540559	99,58	0,000000000002
	60	27,58952	0,526848	99,71	0,000000000001
	70	27,22529	0,476255	99,69	0,000000000002
VII	40	0,066911	0,175505	99,64	0,000000000000
	50	0,276145	0,157357	99,63	0,000000000002
	60	-0,041766	0,161335	99,69	0,000000000000
	70	-0,849818	0,129433	99,17	0,000000000000
VIII	40	74,792667	3,057081	99,95	0,000000000126
	50	70,191291	2,920951	99,66	0,000000141368
	60	59,943246	3,116042	97,84	0,000000161762
	70	74,598346	1,414733	99,77	0,000000000022
IX	40	45,853947	2,395313	99,95	0,000000000234
	50	40,788687	1,789427	99,96	0,000000006877
	60	38,870981	1,247042	98,86	0,000000000007
	70	52,604674	0,732809	99,96	0,000000000020
X	40	48,044836	2,857424	99,94	0,000000000070
	50	42,377032	2,111796	99,95	0,000000085101
	60	39,791746	1,504096	99,87	0,000000000004
	70	44,143722	0,609294	99,61	0,000000000003
XI	40	56,281167	0,965540	99,86	0,000000000003
	50	40,327638	0,824978	99,72	0,000000000007
	60	38,502008	0,747145	99,71	0,000000000000
	70	42,361607	0,593269	99,64	0,000000000000

Observa-se nas Tabelas 3 a 6 que, para todos os modelos reológicos, os coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 97% e os desvios quadrado médios apresentaram valores baixos, significando que todos os modelos estudados podem ser utilizados para estimar os dados reológicos das formulações para a elaboração de solução filmogênica nas temperaturas avaliadas.

De acordo com os valores dos parâmetros estatísticos de coeficiente de determinação (R^2), os dados experimentais ajustaram-se bem aos modelos propostos por Herschel-Bulkley e Mizrahi & Berk, apresentando altos valores de coeficiente de determinação (R^2) superiores a 98,21. O índice de comportamento do fluido (n) obtido pelo ajuste não linear dos dados de taxa de cisalhamento e tensão de cisalhamento indicou que a maioria das amostras apresentou um comportamento fluidos não-newtonianos pseudoplásticos, pois para a maioria dos valores obtidos o índice de comportamento foi menor que um ($n < 1$) confirmando a natureza pseudoplástica da solução filmogênica.

A formulação VII (25% glicerol, 3,172% de fécula de araruta e 71,828% de água destilada) apresentou um valor de n maior que 1. O que pode ser considerado pela não formação do gel devido baixo valor de fécula. Observa-se ainda que, os valores de índice de consistência (k), não apresentaram uma tendência definida com o aumento da temperatura.

Resultados semelhantes foram encontrados por BLÁCIDO, (2006), que verificou o comportamento reológico de soluções contendo farinha de amaranto e glicerol, onde obteve um melhor ajuste com o modelo de Herschel-Bulkley, obtendo valores de R^2 próximo a 1. Em todos os ensaios o valor de n foi menor que 1, o qual indica que as soluções tem um comportamento pseudoplástico, para todos os casos analisados.

De acordo COUTINHO e CABELLO (2005), o gel de mandioca apresenta característica de fluido Não-Newtoniano pseudoplástico, obtendo o aumento da tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de deformação.

RODRIGUES (2014) também detectou para a fécula de araruta, em forma de gel, característica de fluido pseudoplástico, ou seja, possuem comportamento resultante de uma estrutura em rede totalmente organizada formada por interações de hidrogênio e pelo emaranhamento do polímero, o que contribui para uma alta viscosidade em baixas taxas de cisalhamento.

AHMAD E WILLIAMS (2001) estudaram o comportamento reológico do gel de fécula de mandioca e concluíram que a amostra apresentou comportamento pseudoplástico.

6. CONCLUSÃO

Mediante os resultados obtidos, pode-se verificar que:

- Com relação a caracterização da fécula de araruta pode-se observar que o amido de araruta possui propriedades importantes para ser utilizado na indústria alimentícia, principalmente em produtos panificados e à base de leite, representando uma alternativa de alimentação para consumidores celíacos ou adeptos da alimentação orgânica. .
- Com relação ao comportamento reológico das formulações, para uma taxa de cisalhamento fixa, a taxa de deformação diminui com o aumento da temperatura, assim as formulações classificam-se como fluidos não newtoniano e pseudoplásticos;
- Os coeficientes de determinação (R^2) verificados em todos os modelos ajustados foram maiores que 97% e sendo que os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi & Berk apresentaram os melhores ajustes para todas as formulações.
- O índice de comportamento do fluido (n) para a grande maioria dos ensaios foi menor que um ($n < 1$) confirmando a natureza pseudoplástica da solução filmogênica. Os valores de índice de consistência (k), não apresentaram uma tendência definida com o aumento da temperatura.

7. REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Perfil 2018. 2018, 47 p.

AGUDELO, A., VARELA, P., SANZ, T., & FISZMAN, S. M. (2014). Native tapioca starch as a 558 potential thickener for fruit fillings. Evaluation of mixed models containing low559 methoxyl pectin. *Food Hydrocolloids*, 35, 297–304.

AHMAD FB & WILLIANS PA (2001) Effects of galactomannans on the thermal and rheological properties of sago starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. V.49. p.1578-2001.

AHMED, I.; LIN, H.; ZOU, L.; BRODY, A. L.; LI, Z.; QAZI, I. M.; PAVASE, T. R.; LV, L. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control*, v. 82, p. 163–178, 2017.

ALM-ELDEEN, A.A.; BASYONY, M.A.; ELFIKY, N.K.; GHALWASH, M.M. Effect of the Egyptian propolis on the hepatic antioxidant defense and pro-apoptotic p53 and anti-apoptotic bcl2 expressions in aflatoxin B1 treated male mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v.87, p. 247–255, 2017.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Perguntas e Respostas sobre Materiais em contato com alimentos. Brasília, 2014. v.1.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17a. ed. Arlington, Virginia. USA. 2010.

ARAÚJO, V. Q. Propriedades funcionais e térmicas do amido de batata-doce (*ipomoea batatas* l.) nativo e modificado quimicamente. [s.l: s.n.].

ARPIA, A. A.; CHEN W. H.; UBANDO, A. T.; NAGVI, S. R.; CUIABA, A. B. Microplastic degradation as a sustainable concurrent approach for producing biofuel and obliterating hazardous environmental effects: A state-of-the-art review. *Journal of Hazardous Materials*, v. 418, n. 15, p. 1 -4, 2021.

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin(sesame paste) blends. *Journal of Food Engineering, Oxford*, v.54, n.1, p.89-93, 2002.

AZEREDO, H.M.C. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados potencial da aplicação. *Boletim CEPPA, Curitiba*, v.21, n.2, p.267-278, jul./dez. 2003.

AZEREDO, H.M.C.; Britto, D.; Assis, O.B.G. (2010) Chitosan Edible Films and Coatings – A review. In: Davis, S.P. (ed.) *Chitosan: manufacture, properties and usage*. Happaug, NY: Nova Science Publishers, p.179-194.

BAHL, S.; DOLMA, J.; SINGH, J. J.; SEHGAL, S. Biodegradation of plastics: A state of the art review. *Materials Today: Proceedings*, v. 39, n. 1, p. 31-34, 2021.

BANSKOTA, A.H.; TEZUKA, Y.; ADNYANA, I.K.; MIDORIKAWA, K.; MATSUSHIGE, K.; MESSAGE, D.; HUERTAS, A.A.G.; KADOTA, S. Cytotoxic, hepatoprotective and free radical scavenging effects of propolis from Brazil, Peru, the Netherlands and China. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 72, n.1-2, p.239–246, 2000.

BASTIOLI, C. *Handbook of Biodegradable Polymers*. Shawbury: Rapra Technology Limited, 2ªEd. 2014.

BASTOS, V. D. Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis alternativas aos petroquímicos. *Revista do BNDES*, v. 14, n. 28, p. 201-234, dez. 2007.

BASTOS, V. D.; Biopolímeros e Polímeros de matérias-primas renováveis alternativas aos petroquímicos. *Revista do BNDES, Rio de Janeiro*, V. 14, N. 28, P. 201-234, dez. 2007.

BERGO, P.; SOBRAL, P.J.A.; PRISON, J.M. Effect of glycerol on physical properties of cassava starch films. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.34, p.401-410, 2010.

BILAL, M., & IQBAL, H. M. N. Naturally-Derived Biopolymers: Potential Platforms for Enzyme Immobilization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 462-482 (2019).

BITTENCOURT, M.L.F., RIBEIRO, P.R.; FRANCO, R.L.P.; HILHORST, H.W.M.; CASTRO, R.D; FERNANDEZ, L.G. Metabolite profiling, antioxidant and antibacterial activities of Brazilian propolis: use of correlation and multivariate analyses to identify potential bioactive compounds. *Food Research International*, v. 76, p. 449-457, 2015.

BLÁCIDO, D. R. T. Filmes a base de derivados do amaranto para uso em alimentos / Delia Rita Tapia Blácido. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006.

BOLUMAR, T.; LAPEÑA, D.; SKIBSTED, L. H.; ORLIEN, V. Rosemary and oxygen scavenger in active packaging for prevention of high-pressure induced lipid oxidation in pork patties. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 7, p. 26–33, 2016.

BOLZAN, A.B.; EDIMIR ANDRADE PEREIRA, E.A. Elaboração e caracterização de doce cremoso de caqui com adição de sementes da araucária. *Brazilian Journal of Food Technology*. v. 20, p.1- 11, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1, p. 6.

BRASIL. Resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas 79 56 técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos e bebidas. *Diário Oficial*, Brasília, 24 de julho de 1978. Seção 1, pt.I.

BRITO, G. F., AGRAWAL, P., ARAÚJO, E. M., & Mélo, T. J. A. (2011). Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos (REMAP)*, 6(2), 127-139.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. *Revista eletrônica de materiais e processos*, CampinaGrande, PB, v. 6, n. 2, p. 127-139, set. 2011.

BURDOCK, G.A. Review of the biological properties and toxicity of bee 23 propolis(propolis). *Food and Chemical Toxicology*, v. 36, n.4, p. 347–363, 1998.

CABELLO C & COUTINHO APC (2005) Caracterização reológica da fécula de mandioca. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*. Botucatu, 1:40-48.

CANEVAROLO Jr, S. V. *Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. 3ª ed. São Paulo: Artliber, 2010.

CANEVAROLO JUNIOR, S. V. *Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. 2. ed. São Paulo: ArtliberEditora, 2006. 280 p.

CARDOSO, L. G.; SOUZA, C. O. de; GUIMARÃES, A. G. Prospecção Tecnológica de Patentes sobre a Utilização de Embalagens Antimicrobianas em Alimentos. *Cadernos de Prospecção*, v. 10, n. 1, p. 14–23, 2017.

CARVALHO FILHO, M. A. S. Preparação e estudo termoanalítico dos cinamatos de terras raras, exceto (escândio), no estado sólido. 2000. 145 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2000.

CARVALHO, C. W. P. et al. Bioplásticos à base de amido lipofílico e glicerina obtidos por processo de extrusão termoplástica. *Plast Show*. Anais.Sao Paulo: 2010.

CASTRO, C.; MURA, F.; VALENZUELA, G.; FIGUEROA, C.; SALINAS, R.; ZUÑIGA, M.C.; TORRES, J.L.; FUGUET, E.; DELPORTE, C. Identification of phenolic compounds by HPLC–ESI-MS/MS and antioxidant activity from Chilean própolis. *Food Research International*, v. 64, p. 873–879, 2014.

CHARLES, A. L. et al. Propriedades funcionais do amido de araruta em amidos compostos de mandioca e batata-doce. *Food Hydrocolloids*, v. 53, p. 187–191, 2016.

CHARLES, A.L. et al. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. *Food Hydrocolloids*. v. 53, p. 187-191, 2016.

CHEN, X; YAN, N. A.. (b). brief overview of renewable plastics. *Materials Today Sustainability*, 2020, v. 7-8, 2020.

Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. (2005) Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: Editora UFLA.

CLEMENTE GRANADOS, C. et al. Propiedades funcionales del almidon de sagu (Maranta arundinacea). Colombia Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Cauca, v. 12, n. 2, p. 90-96, jul./dic. 2014.

COELHO, I. da S.; SANTOS, M. da C. F.; ALMEIDA, D. L. de; SILVA, E. M. R. da; NEVES, M. C. P. Como plantar e usar a Araruta. [s.l: s.n.]

COELHO, I. S.; SANTOS, M. C. F.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, E. M. R.; NEVES, M. C. P. Como plantar e usar a araruta. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 55 p.

CORRADINI, E. et al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. Polímeros, v. 15, n. 4, p. 268–273, 2005.

CUNHA, A. L. Caracterização do amido da araruta tipos seta e redonda, visando utilização na indústria de alimentos. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2016.

DAIUTO, É. et al. Effects of extraction methods on Yam (*Dioscorea alata*) starch characteristics. Starch/Staerke, v. 57, n. 3–4, p. 153–160, 2005.

DAMODARAM, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. Química de alimentos, 4^a edição, 2010.

DE PAULA, R. C. M.; DE PAULA, H. C. B.; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira. Fortaleza: [s.n.], 2018.

DE PAULA, R. C. M.; DE PAULA, H. C. B.; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira. Fortaleza: [s.n.].

EJAZ, M.; ARFAT, Y. A.; MULLA, M.; AHMED, J. Zinc oxide nanorods/clove essential oil incorporated Type B gelatin composite films and its applicability for shrimp packaging. Food Packaging and Shelf Life, v. 15, n. June 2017, p. 113– 121, 2018.

EUROPEAN BIOPLASTICS. Disponível em: < <https://www.european-bioplastics.org/>> Acesso em: 23 de junho de 2023.

FAKHOURI, F. M. et al. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin e Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT - Food Science and Technology*, v. 49, p. 149–154, 2012.

FAZELI, M.; KELEY, M.; BIAZAR, E. Preparation and characterization of starchbased composite films reinforced by cellulose nanofibers. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 116, p. 272–280, 2018.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. Technological quality and utilization of potato tubers. *Scientia Agricola, Piracicaba*, v. 61, n. 6, p. 598- 603, Dec. 2004.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A. Araruta. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S. A.; CASTRO, C. E. F. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: IAC, 7ª Edição, Boletim 200, 2014. 452 p.

FERNANDES, T. K. S., Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. M., Melo, K. S., Bezerra, M. C. T. Estudo do Comportamento Reológico da Polpa de Umbu-cajá em Função da Concentração de Maltodextrina. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande*, v.10, n.2, p.171-180, 2008.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. ***Journal Biological Chemistry***, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

FORSELL, P., LAHTINEN, R., LAHELIN, M., MYLLARINEN, P. Oxygen permeability of amylose and amylopectin films. ***Carbohydrate Polymer***, v. 47, p. 125-129, 2002.

GALUS, S; KADZINSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*. v. 45, p. 273-283, 2015.

GARAVAND, F.; ROUHI, M.; RAZAVI, S. H.; CACCIOTTI, I.; MOHAMMADI, R. Improving the integrity of natural biopolymer films used in food packaging by crosslinking approach: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 104, p. 687–707, 2017.

GEKKER, G.; HU, S.; SPIVAK, M.; LOKENSGARD, J.R.; PETERSON, P.K. AntiHIV-1 activity of propolis in CD4+ lymphocyte and microglial cell cultures. *Journal Ethnopharmacol.* V. 102, p. 158–163, 2005.

GENNADIOS, A.; WELLER, C. L.; HANNA, M. A.; FRONING, G. W. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 61, p. 585-589, 1996.

GENSKOWSKY, E.; PUENTE, L. A.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNANDEZLOPEZ, J.; MUÑOZ, L. A.; VIUDA-MARTOS, M. Assessment of antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with maqui berry (*Aristotelia chilensis*). *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, n. 2, p. 1057– 1062, 2015.

GENSKOWSKY, E.; PUENTE, L. A.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNANDEZLOPEZ, J.; MUÑOZ, L. A.; VIUDA-MARTOS, M. Assessment of antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with maqui berry (*Aristotelia chilensis*). *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, n. 2, p. 1057– 1062, 2015.

GHAANI, M.; COZZOLINO, C. A.; CASTELLI, G.; FARRIS, S. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science and Technology*, v. 51, p. 1–11, 2016.

GONÇALVES, S. S. et al. EFEITO DO GLICEROL NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES A BASE DE QUITOSANA, 2019. DESAFIOS - Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins, v. 6, p. 110-117, 2019.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.; GUILBERT, S. Edible Composite Films of Wheat Gluten and Lipids - Water-Vapor Permeability and Other Physical-

Properties. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 29, n. 1, p. 39–50, 1994.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Edible wheat gluten films- influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, v.57, n.1, p.190-195, 1992.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science*, v.58, n.1, p.206-211, 1993.

GORDILLO, C. A. S. et al. Physicochemical characterization of arrowroot starch (*maranta arundinacea* linn) and glycerol/arrowroot starch membranes. *International Journal of Food Engineering*, v. 10, n. 4, p. 727–735, 2014.

GORDILLO, C. A. S. et al. Physicochemical Characterization of Arrowroot Starch (*Maranta arundinacea* Linn) and Glycerol/Arrowroot Starch Membranes. *International Journal of Food Engineering* . v. 10, n. 4, p. 727–735, 2014.

GOUDARZI, V.; SHAHABI-GHAHFARROKHI, I. Photo-producible and photodegradable starch/TiO₂ bionanocomposite as a food packaging material: Development and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 106, p. 661–669, 2018.

HARMAYANI E, KUMALASARI ID, MARSONO Y. Effect of arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) diet on the selected bacterial population and chemical properties of caecal digesta of Sprague Dawley rats. *Int Res J Microbiol.*, v.2, p.278–284, 2011.

HERNANDEZ-MEDINA, M. et al. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 3, p. 718-726, 2008.

HERNÁNDEZ-MEDINA, M.; TORRUCO-UCO, J. G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 3, p. 718–726, 2008.

HOOVER, R. Composition , molecular structure , and physicochemical properties of tuber and root starches : a review. v. 45, 2001.

HU, F.; HEPBURN, H.R.; LI,Y.; CHEN, M.; RADLOFF, S.E.; DAYA, S. Effects of ethanol and water extracts of propolis (bee glue) on acute inflammatory animal models. *Journal of Ethnopharmacology*, v.100, n.3, p. 276–283, 2005.

IKA DK, ENI H, LILY AL, SRI R, WIDYA A, KOSUKE N, TAKUYA S. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea*. L) in vitro and in vivo. *Cytotechnology*, v.64, p.131– 137, 2012.

Irtwange, S.V. (2006) Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruit and vegetables. *Agricultural Engineering International*, 4 (8): 1-13.

JYOTHI A. N; SAJEEV, M. S.; SREEKUMAR J. N. Hydrothermal modifications of tropical tuber starches. 1. Effect of heat–moisture treatment on the physicochemical, rheological and gelatinization characteristics. *Starch, Weinheim*, v. 62, n. 1, p. 28–40, 2010.

KHWALDIA, K.; ARAB-TEHRANY, E.; DESOBRY, S. Biopolymer Coatings on Paper Packaging Materials. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.9, n.1. p.82-91, 2010.

KIM, K. W.; KO, C. J.; PARK, H. J. Mechanical properties, water vapor permeability and solubilities of highly carboxymethylated starch-based edible films. ***Journal of Food Science***, v.67, n. 1, p.218-222, 2002.

LAOHAKUNJIT, N.; NOOMHORM, A. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. ***Starch/Staerke***, v. 56, n. 8, p. 348-356, 2004.

LEMOS, O.L.; REBOUÇAS, T.N.H.; JOSÉ, A.R.S.; VILA, M.T.R.; SILVA, K.S.; BARRETO, A.P.P.; BOMFIM, M.P. Conservação do pimentão 'Magali R' em duas condições de armazenamento associada à atmosfera modificada. *Magistra*, Cruz das Almas, v.20, n.1, p.06 15, 2008.

LEONEL, M., CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. *Brazilian Journal*, p. 151-155, 2002.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LESTARI, L. A.; HURIYATI, E.; MARSONO, Y. The development of low glycemic index cookie bars from foxtail millet (*Setaria italica*), arrowroot (*Maranta arundinacea*) flour, and kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science and Technology*, Maiçor, v. 54, n. 6, p. 1406-1413, 2017.

LI, M. et al. Extrusion processing and characterization of edible starch films with different amylose contents. *Journal of Food Engineering*, v. 106, n. 1, p. 95–101, 2011.

LIU, Z; HAN, J. H. Film-forming characteristics of starches. **Journal of Food Science**, v.70, n. 1, p.31-36, 2005.

MACHADO, J.C., *Reologia e escoamento de fluidos: ênfase na indústria de Petróleo*. Rio de Janeiro, Interciência, 2002.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M.N; ZARITZKY, N.E. Mechanical and thermal properties of yam starch films. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 157-164, 2005.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, Propriedades e potencial de utilização. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 1, 2010.

MANO, E. B.; MENDES, L. C.; *Introdução a Polímeros*. – 2. Ed. Ver. E ampl. - São Paulo: Edgard Blucher, 2015.

MANSO, S.; PEZO, D.; GÓMEZ-LUS, R.; NERÍN, C. Diminution of aflatoxin B1 production caused by an active packaging containing cinnamon essential oil. *Food Control*, v. 45, p. 101–108, 2014.

MEHYAR, G. F.; HAN, J. H. Physical and mechanical properties of high-amylose rice and pea starch films as affected by relative humidity and plasticizer. **Journal of food Science**, v. 69, n. 9, p. 449-454, 2004.

MOREIRA, G.L. P.; VIANA, A.E.S; ANDRADE, A.C.B; CARDOSO, A.D.; SANTOS, V.S.; LOPES, S.C.. Teores de amilose e amilopectina em genótipos de mandioca (*manihot esculenta crantz*). In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, Salvador. 2013.

MOUSAVI, K. A.; HASHEMI, S. M. B.; LIMBO, S. Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: An overview of approaches and interactions. *Food and Bioproducts Processing*, v. 111, p. 1–19, 2018.

NARDIN, I. Perfil de consumo de batatas em diferentes faixas etárias e de renda familiar. *Revista Batata Show*, Itapetininga, ano 9, n. 25, p. 32-33, dez. 2009.

NETO, B. A. M. Amido do fruto da pupunheira (*Bactris gassepaes* Kunth.): Isolamento, caracterização do grânulo e aplicação em termoplástico biodegradável. [s.l: s.n.].

NEVES, M. C. P.; COELHO, I. da S.; DE ALMEIDA, D. L. Araruta: Resgate de um Cultivo Tradicional. Embrapa, p. 4, 2005.

NIKI, E. Antioxidant capacity: Which capacity and how to assess it? *Journal of Berry Research*. v. 1, p.169–176, 2011.

NOGUEIRA, G. F.; FAKHOURI, F. M.; OLIVEIRA, R. A. de. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. *Carbohydrate Polymers*, v. 186, n. January, p. 64–72, 2018.

NOGUEIRA, G. F.; FAKHOURIB, F. M.; OLIVEIRA, R. A. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. *Carbohydrate Polymers*. v. 186, p. 64–72, 2018.

OLIVEIRA, L. F et al. Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa- avaliação da qualidade. *Revista Alimentos e Nutrição*, Araquara. v. 20, n. 4, p. 581-589, 2009.

OLIVEIRA, R. C.; BARROS, S. T. D.; ROSSI, R. M. Aplicação da metodologia Bayesiana para estudo reológico da polpa de uva. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 11, n. 1, p. 73–80, 30 jun. 2009.

OLLET ET A. L.; PARKER, R.; SMITH, A. C. Deformation and fracture behavior of wheat starch plasticized with glucose and water. ***Journal of Materials Science***, v. 26, p. 1351-1356, 1991.

ORŠOLIĆ, N.; BAŠIĆ, I. Antitumor, hematostimulative and radioprotective action of water-soluble derivative of propolis (WSDP). *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v.59, n.10, p.561–570, 2005.

PAGNO, C. H.; COSTA, T. M. H.; DE MENEZES, E. W.; BENVENUTTI, E. V.; HERTZ, P. F.; MATTE, C. R.; TOSATI, J. V.; MONTEIRO, A. R.; RIOS, A. O.; FLÔRES, S. H. Development of active biofilms of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) starch containing gold nanoparticles and evaluation of antimicrobial activity. *Food Chemistry*, v. 173, p. 755–762, 2015.

PARK, H. J. Edible coatings for fruits. In: *Fruit and vegetable processing: Improving quality* (JONGEN, W. W. F. ed). Boca Raton: CRC Press, 2005. p.331-345.

PEPE, L. S. et al. Effect of heat-moisture treatment on the structural, physicochemical, and rheological characteristics of arrowroot starch. *Food Science and Technology International*. v. 22, n. 3, p. 256–265, 2015.

PEPE, L. S.; MORAES, J.; ALBANO, K. M.; TELIS, V. R. N.; FRANCO, C. M. L. Effect of heat-moisture treatment on the structural, physicochemical, and rheological characteristics of arrowroot starch. *Food Science and Technology International*, v. 22, n. 3, p. 256–265, 9 abr. 2016.

PICCOLI, K. R. Influência da Crioconcentração nas Propriedades Reológicas de Sucos de Uva. Trabalho de conclusão de curso (TCC) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, Paraná, 2015.

Pinheiro, A.C.; Cerqueira, M.A.; Souza, B.W.S.; Martins, J.T.; Teixeira, J.A.; Vicente, A.A. (2010) Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. *Boletim de Biotecnologia*, 85: 18-28.

PLASTICSEUROPE. Plastics – the Facts 2019. 2019. Disponível em: <<https://plasticseurope.org/de/wissenshub/>> Acesso em 25 de julho de 2022.

RAY, S. S.; Bousmina, M. Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: In greening the 21st century materials world. *Progress in Materials Science*. V. 50, n. 8, 2005.

REALINI, C. E.; MARCOS, B. Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*, v. 98, n. 3, p. 404–419, 2014.

REDDY, P. P. Plant protection in tropical root and tuber crops. *Plant Protection in Tropical Root and Tuber Crops*, p. 1–336, 2015.

RHIM, J. W.; PARK, H. M.; HA, C. S. Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, v. 38, n. 10–11, p. 1629–1652, 2013.

RHIM, J. W.; PARK, H. M.; HA, C. S. Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, v. 38, n. 10–11, p. 1629–1652, 2013.

RIGO, L. N. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis. Tese de Doutorado—Erechim, RS: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguia das Missões, 2006.

ROBERTSON, G. L. *Food Packaging: Principles and Practice*, Third Edition. [s.l.] CRC Press, 2016.

RODRIGUES LBO (2014) Estudos reológicos e de textura dos géis de amido de araruta (*Maranta arundinacea* L.) e dos géis adicionados de sacarose e concentrado protéico de soro. Itapetinga, BA: UESB.

RODRIGUES, L. B. O. et al. Rheological and textural studies of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch–sucrose–whey protein concentrate gels. *J Food Sci Technol*, v. 55, p. 2974–2984, 2018.

RODRIGUES, T. T.; Polímeros nas indústrias de embalagens. 2018. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

ROMAN, M. J.; DECKER, E. A.; GODDARD, J. M. Biomimetic polyphenol coatings for antioxidant active packaging applications. *Colloids and Interface Science Communications*, v. 13, p. 10–13, 2016.

ROMERO-BASTIDA, C. A. et al. Effect of the addition order and amylose content on mechanical , barrier and structural properties of films made with starch and montmorillonite. *Carbohydrate Polymers*, v. 127, p. 195–201, 2015.

ROSA, D. S.; FRANCO, B. L. M.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. *Polímeros*, v. 11, n. 2, p. 82–88, 2001.

ROSSI, D. M.; MAGALHÃES, C. R. P.; KINUPP, V.; FLÔRES, S. Triagem preliminar da presença de inulina em plantas alimentícias. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 247-250, abr./jun. 2011.

RUDIN, A.; CHOI, P. *Ciência e engenharia de polímeros*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 520.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v.42, n. 1, 2006.

SABERI, B.; CHOCKCHASAWASDEE, S.; GOLDING, J. B.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E. Characterization of pea starch-guar gum biocomposite edible films enriched by natural antimicrobial agents for active food packaging. *Food and Bioproducts Processing*, v. 105, p. 51–63, 2017.

SAGNELIA, D. et al. Plant-crafted starches for bioplastics production. *Carbohydrate Polymers*. v.152, p.398–408, 2016.

SANTOS, A.P. Extração e caracterização do amido do fruto-dolobo (*Solanum lycocarpum* st. hil) e elaboração de filmes biodegradáveis. 2009. 112f. **Dissertação**. (Mestrado em Ciências Moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.

SCHMIDT, V. C. R. et al. Barriers to water vapor and mechanical properties of starch films containing stearic acid. *Industrial Crops and Products*. v. 41, p. 227-234, 2013.

SFORCIN, J.M.; KANENO, R.; FUNARI, S. R.C. Absence of seasonal effect on the immunomodulatory action of Brazilian propolis on natural killer activity. *Journal of Venomous Animals and Toxins*, v.8, p.19-29, 2002.

SHAH, A. A.; HASAN, F.; HAMEED, A.; AHMED, S. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnol. Advan.*, v. 26, 2008.

SHAHABI-GHAHFARROKHI, I. et al. Preparation of UV-protective kefir/nanoZnO nanocomposites: Physical and mechanical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 72, p. 41–46, 2015.

SHCLEMMER, D. Estudo das propriedades de nanocompósitos amido/montmorilonita, utilizando óleos vegetais como plastificantes. Dissertação (Programa de pós-graduação em Química) – Laboratório de Pesquisa em Polímeros, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2011.

SHIMAZU, A.A.; MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. *Ciências Agrárias, Londrina*, v.28, n.1, p.79-88, 2007.

SILVA, E. M. Produção e Caracterização de Filmes Biodegradáveis de Amido de Pinhão. DEQUI/UFRGS, Porto Alegre – RS, Trabalho de Diplomação em Engenharia Química, 2011.

SILVA, F. T.D.. Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos de amido de araruta aditivados com óleo essencial de *Thymus Vulgaris*. **Dissertação**. Ciência de Materiais da Universidade Federal de Pernambuco, p. 73, 2018.

SILVA, N. et al. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. São Paulo: 2007.

SIRACUSA, V.; ROCCULI, P.; ROMANI, S.; ROSA, M. D. Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends Food Scien. & Technol.*, v. 19, 2008.

SOARES, T. D. et al. Análise físico-química da farinha de araruta (*Maranta arundinacea*) variedade ovo de pata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 54., 2014, Natal. Anais... Natal: UFRN, 2014. 1 CD-ROM.

SOUSA, E. M. P. Extração, Estabilidade, Reologia e Higroscopicidade do Corante de Pitaya (*Hylocereus Costaricensis*). Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA), Belém – PA, 2015.

SOUSA, L. C. F. S.; SOUSA, J. da S.; BORGES, M. da G. B.; MACHADO, A. V.; SILVA, M. J. S. da; FERREIRA, R. T. F. V.; SALGADO, A. B. Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos químico e microbiológico. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR. Campus de Patos – PB., v. V. 8, n. 1, n. 1, p. 19–27, 2012.

SOUSA, M. C.; BRAGA, M. E. M.; SOSNIK, A. Biomateriais aplicados ao desenvolvimento de sistemas terapêuticos avançados. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2015. 767 p.

SWADIJA, O. K.; PADMANABHAN, V. B.; VIJAYARAGHAVA K. Growth and yield of arrowroot intercropped in coconut garden as influenced by organic management. *Journal of Root Crops*, Thiruvananthapuram, v. 39, n. 1, p. 67-72, 2013.

TAPIA BLÁCIDO, D. R. Filmes a base de derivados do amarantho para uso em alimentos / Delia Rita Tapia Blácido. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006.

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future *Trends in Food Science and Technology*, 2003.

TURHAN, K N. Is edible coating an alternative to MAP for fresh and minimally processed fruits? *Acta Horticulturae*, Leuven, v.876, n.1, p. 299-305, 2010.

VANDRESEN, S. Caracterização físico-química e comportamento reológico de sucos de cenoura e Laranja e suas misturas. Dissertação. Programa de PósGraduação em Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, 2007.

VEJDAN, A.; OJAGH, S. M.; ADELI, A.; ABDOLLAHI, M. Effect of TiO₂nanoparticles on the physico-mechanical and ultraviolet light barrier

properties of fish gelatin/agar bilayer film. *LWT - Food Science and Technology*, v. 71, p. 88–95, 2016.

VICENTINI, N. M.; DUPUY, N; LEITZELMAN, M; CEREDA, M.P.; SOBRAL, P.J.A Prediction of Cassava Starch Edible Film Properties by Chemometric Analysis of Infrared Spectra. **Spectrosc. Lett.**, v. 38, n.6 p. 749-767, 2005.

VICENTINI, N.M. *Elaboração e caracterização de filmes comestíveis a base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita (Tese de Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu – SP, 2003.*

VICENTINO, S.L.; FLORIANO, P.A.; DRAGUNSKI, D.C.; CAETANO, J. Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimento e conservação de uvas. *Química Nova*, v.34, n.8, p.1309-1314, 2011.

VIEIRA, M.G.A. et al. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*. v. 47, p. 254–263, 2011.

Villadiego, A.M.D.; Soares, N.F.F.; Andrade, N.J.; Puschmann, R.; Minim, V.P.R.; Cruz, R. (2005) Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres, Viçosa*, 53 (300): 221-244.

VILLAS-BOAS, F.; FRANCO, C. M. L. Effect of bacterial β -amylase and fungal α amylase on the digestibility and structural characteristics of potato and arrowroot starches. *Food Hydrocolloids*, v. 52, p. 795–803, 2016.

VILLAS-BOAS, F.; FRANCO, C.M.L. Effect of bacterial b-amylase and fungal a-amylase on the digestibility and structural characteristics of potato and arrowroot starches. *Food Hydrocolloids*, v. 52, p. 795-803, 2016.

VILLAS-BOAS, F.; FRANCO, C.M.L. Effect of bacterial b-amylase and fungal a-amylase on the digestibility and structural characteristics of potato and arrowroot starches. *Food Hydrocolloids*, v. 52, p. 795-803, 2016.

WANG, X.; REDDY, C. K.; XU, B. A systematic comparative study on morphological, crystallinity, pasting, thermal and functional characteristics of starches resources utilized in China. *Food Chemistry*, v. 259, n. March, p. 81–88, 2018.

YAMANI, B. V. Caracterização físico-química e funcional de amido de tuberosas originárias da América do Sul: oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) e mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz e Pavón). [s.l: s.n.].

ZAVAREZE, E. et al. Development of oxidised and heat–moisture treated potato starch film. *Food Chemistry*. v. 132, p. 344–350, 2012.