



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

ANÁLISE REOLÓGICA DE SUSPENSÕES IN NATURA DA MICROALGA *Desmodesmus sp.*

VIEIRA B¹, BITTENCOURT P², MARTINS L³; OLIVEIRA A⁴, SUPERBI R⁵, AREDES M⁶

¹ Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Química,
Pós-Graduação em Engenharia Química
E-mail para contato: brunovieira08@yahoo.com.br

RESUMO – O desenvolvimento deste trabalho objetivou analisar o comportamento reológico de suspensões da microalga *desmodesmus sp.* em duas concentrações e três temperaturas diferentes. Os reogramas foram gerados no reômetro RHEOTEST® RN 4.1. Os modelos da Lei de Potência e de Herschel-Bulkley foram ajustados aos dados. Os resultados indicaram que as suspensões se comportam como fluidos dilatantes, independente da concentração e temperatura. Ambos modelos conseguem explicar a variação da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação.

1. INTRODUÇÃO

A reologia é a ciência que estuda o comportamento e escoamento dos fluidos e corpos sólidos. Especificamente, os fluidos podem apresentar um comportamento newtoniano ou não-newtoniano. Um fluido newtoniano é aquele cuja relação entre a taxa de deformação aplicada (σ) é diretamente proporcional à tensão de cisalhamento resultante (τ). Quando esta relação não é linear, o fluido é denominado não-newtoniano. Os fluidos não-newtonianos podem ainda ser classificados em fluidos dilatantes, quando a viscosidade aparente aumenta com o aumento da deformação e fluidos pseudoplásticos quando a viscosidade aparente diminui com o aumento da deformação. A análise do comportamento dos fluidos ainda pode ser avaliada em relação ao tempo. Quando se aplica uma determinada taxa de deformação constante ao fluido e, ao longo do tempo a viscosidade aparente do mesmo diminui, o fluido é denominado tixotrópico e quando a viscosidade aparente aumenta o fluido é reopético (CHEN et al., 2017). A determinação das propriedades reológicas dos fluidos é muito importante pois permite caracterizar o comportamento do mesmo quando este é submetido a qualquer tipo de deformação. O modelo de comportamento do fluido é fundamental para o dimensionamento de equipamentos como bombas, válvulas, tubulações, agitadores, extratores, homogeneizadores, dentre outros equipamentos ligados a operações unitárias importantes das indústrias.

As suspensões de microalgas, mesmo em baixas concentrações, comportam-se como fluidos não-newtonianos como pode ser observado nos trabalhos apresentados pelos autores Zhang et al. (2013) e Schneider e Gerber (2014). Chen et al. (2017) estudaram a influência da temperatura e da concentração de biomassa sobre as propriedades reológicas da microalga *Chlorella pyrenoidosa*. O intervalo de temperaturas analisado foi de 20 a 100°C, enquanto os teores de sólidos avaliados foram de 10, 15 e 20% m/m. Para todas as combinações de



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

concentração e temperatura, as suspensões se comportaram como um fluido não-newtoniano. A viscosidade aparente do fluido diminuiu com o aumento da temperatura no intervalo de 293 a 343 K e aumentou no intervalo de 343 a 373 K. A viscosidade aparente aumentou com o aumento da concentração da biomassa.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento reológico de suspensões de microalgas da espécie *Desmodesmus sp.* em diferentes temperaturas (20 °C, 40 °C e 60°C) e concentração de biomassa (0,07 e 5% m/m).

2. METODOLOGIA

Após a colheita, a biomassa foi centrifugada e submetida à filtração, obtendo uma biomassa com teor de sólidos de aproximadamente 90% e um meio de cultura residual que foi congelado a -20 °C. A mesma, após estes procedimentos foi seca à temperatura de 65°C por 72 horas e congelada a -20°C. No momento da realização das análises a biomassa foi ressuspensa no meio de cultura residual. O processamento descrito objetivou a obtenção de uma biomassa com o menor teor de umidade, anterior ao congelamento. Caso a biomassa fosse congelada com alto teor de umidade poderia ocorrer ruptura das células de microalgas, o que comprometeria as análises. As concentrações de 0,07% e 5% (m/m) e temperaturas de 20 °C, 40 °C e 60 °C foram escolhidas levando em consideração as condições operacionais dos equipamentos e processos envolvidos no processamento de microalgas. Os experimentos foram conduzidos no reômetro RHEOTEST® RN 4.1, com a variação da taxa de deformação de 0 a 2000 s⁻¹. O tempo de análise foi de 900 s para cada amostra.

Foram gerados reogramas, que são gráficos que mostram a relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento. Os modelos Lei da Potência, Equação 1, e Herschel-Bulkley, Equação 2, foram ajustados aos dados experimentais. Nestes modelos, y_0 representa a tensão inicial, y representa a tensão de cisalhamento, x a taxa de deformação e a e b parâmetros do modelo. Para o ajuste de todos os modelos matemáticos, realizou-se uma regressão não linear utilizando-se o software SigmaPlot 11.0. Foram calculados os coeficientes de correlação (R^2) que determinam a porcentagem pela qual o modelo consegue explicar a relação entre as variáveis e as respostas.

$$y = a \times x^b \quad (1)$$

$$y = y_0 + a \times x^b \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os reogramas gerados na análise reológica. De maneira geral, as suspensões de microalgas se comportam como fluidos dilatantes, isto é, a viscosidade aparente aumenta com o aumento da deformação aplicada. O fenômeno da dilatância pode ser explicado pela dificuldade de alinhamento das partículas na suspensão e aumento do atrito com o aumento da taxa de deformação resultando numa maior resistência ao escoamento. O incremento da

temperatura diminui a magnitude da viscosidade aparente, nas duas concentrações analisadas. Este fato pode ser explicado pela diminuição das forças intermoleculares entre as células devido ao aumento da energia cinética e vibração das moléculas em temperaturas mais altas. A Figura 2 mostra os reogramas onde se pode avaliar o efeito da concentração da biomassa em temperaturas constantes. O aumento da concentração faz com que a viscosidade aparente aumente para uma mesma taxa de deformação. Via de regra, a magnitude da tensão de cisalhamento resultante foi duplicada com o aumento da concentração de 0,07% m/m para 5% m/m.

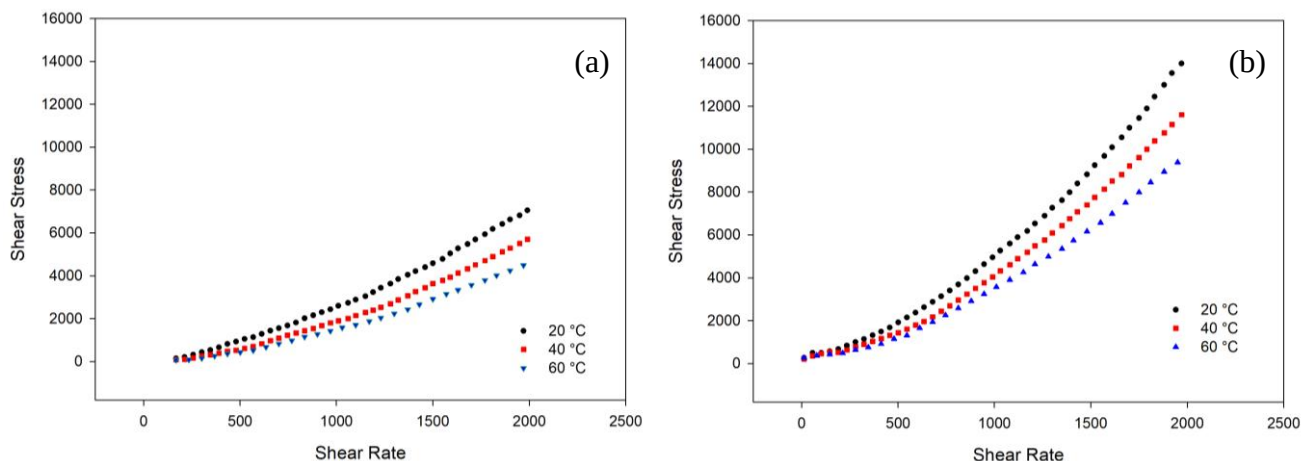


Figura 1 – Reogramas de suspensões de microalgas de concentração 0,07% m/m (a) e 5% m/m (b).

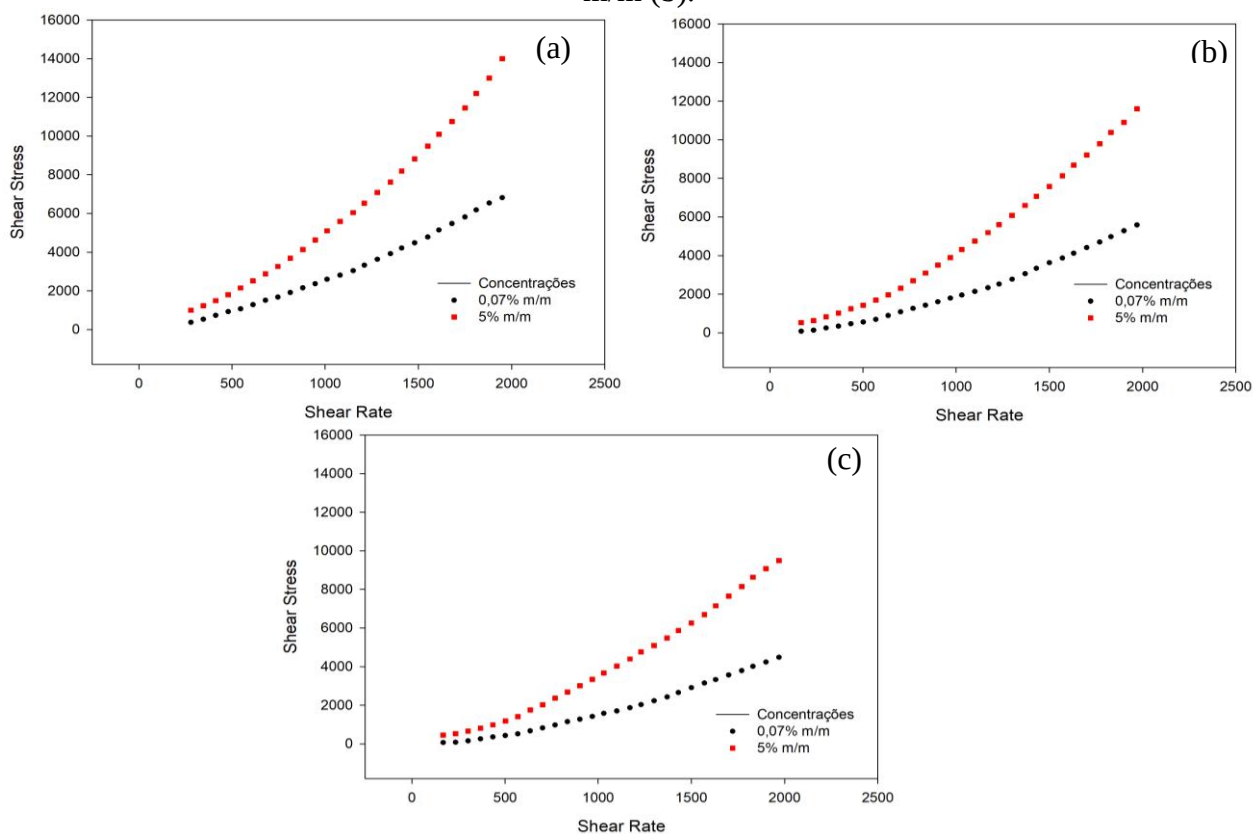


Figura 2 – Reogramas de suspensões de microalgas nas temperaturas de 20 °C (a), 40 °C (b) e 60 °C (c).



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

Todos os dados dos ajustes estão mostrados na Tabela 1. Ambos modelos se ajustam aos dados.

Tabela 1 – Ajustes dos modelos reológicos aos dados experimentais

Concentração (% m/m)	T (°C)	Modelo de ajuste	Parâmetros do Modelo			R ²
			y ₀	a	b	
0,07	20	Lei da Potência	0	0,0974	1,4728	0,9996
0,07	40		0	0,0228	1,6363	0,9995
0,07	60		0	0,0155	1,6591	0,9993
5	20	Lei da Potência	0	0,1667	1,4925	0,9983
5	40		0	0,1102	1,5235	0,9989
5	60		0	0,1213	1,4856	0,9989
0,07	20	Herschel- Bulkley	42,57	0,0819	1,4951	0,9996
0,07	40		-19,98	0,0255	1,6217	0,9995
0,07	60		-54,97	0,0227	1,6097	0,9995
5	20	Herschel- Bulkley	423,89	0,0631	1,6178	0,9997
5	40		420,22	0,0645	1,6148	0,9997
5	60		201,38	0,0642	1,5677	0,9995

4. CONCLUSÃO

As suspensões da microalga *desmosdesmus* sp. se comportam como fluidos dilatantes nas duas concentrações e três temperaturas analisadas. Isto significa que há uma resistência ao escoamento que aumenta com a deformação aplicada. É fundamental o conhecimento do comportamento reológico destas suspensões para o posterior dimensionamento de equipamentos como bombas, agitadores, separadores centrífugos e colunas de extração.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, à CAPES, ao CNPq, à FAPEMIG e à Petrobrás pelo fomento à pesquisa e infraestrutura.

6. REFERÊNCIAS

- CHEN H, FU Q, LIAO Q, ZHANG H, HUANG Y, XIA A, ZHU, X. Rheological properties of microalgae slurry for application in hydrothermal pretreatment systems. *Bioresour. Technol.*, p.1-33, out. 2017.
- SCHNEIDER N, GERBER M. Correlation between viscosity, temperature and total solid content of algal biomass. *Bioresour. Technol.*, v. 170, p.293-302, out. 2014.
- ZHANG X, JIANG Z, CHEN L; CHOU A, YAN H, ZUO Y, ZHANG X. Influence of cell properties on rheological characterization of microalgae suspensions. *Bioresour. Technol.*, v. 139, p.209-213, jul. 2013. Elsevier BV.