ANÁLISE DA DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÕES ÓLEO-EM-ÁGUA POR MÉTODO SIMPLIFICADO DE IMAGEM DE VÍDEO

Analysis of the destabilization of oil-in-water emulsion for simplified method by video image

SÉ, Rogério Augusto Gasparetto
Centro Universitário Max Planck

PAES, Marcelo
Centro Universitário Max Planck

RESUMO: O estudo de emulsões é importante para o desenvolvimento de diversos produtos e processos industriais nas indústrias químicas e alimentícias. Porém, uma dificuldade é compreender o processo de instabilidade e o período que ela ocorre. A desestabilização de emulsão e suspensão é associada com dois fenômenos principais: separação gravitacional (flotação ou sedimentação) e variação do tamanho da partícula (coalescência, envelhecimento de Oswald, inversão de fase, floculação). Todos esses fenômenos podem conduzir a alterações significativas no produto final e é muito importante poder detectá-las, e na medida do possível controlá-las, em um estágio adiantado. O objetivo deste trabalho foi apresentar um instrumento de imagem de vídeo para o monitoramento rápido e não intrusivo na desestabilização de sistemas dispersos de emulsões óleo em água, sendo relevante o fato de que o equipamento utilizado no experimento é simples e composto de poucos itens de fácil obtenção e manuseio. O dispositivo de imagem está acoplado com um software de análise de imagem que é capaz de monitorar a cinética de flotação ou sedimentação das emulsões, por meio dos correspondentes perfis de intensidade de níveis verticais de cores nas diferentes fases. Foi utilizada uma emulsão de octano/água, com presença de surfactante Triton X-100 em proporções de 2 e 4 vezes a concentração micelar crítica (CMC). Além disso, os experimentos foram refeitos com as mesmas emulsões, mas adicionando 5% de NaCl. A adição de um sal, neste caso cloreto de sódio, é particularmente útil para encontrar diferenciações na velocidade de envelhecimento do processo.

Palavras-Chave: Emulsão, Desestabilidade, Imagem em vídeo, Sal

Abstract: The study of emulsions is important for the development of various industrial products and processes in the chemical and food industries. However, one difficulty is to understand the process of instability and the time period it takes. Emulsion and suspension destabilization is associated with two main phenomena: gravitational separation (flotation or sedimentation) and particle size variation (coalescence, aging of Oswald, phase inversion, flocculation). All these phenomena can lead to significant changes in the final product and it is very important to be able to detect them, and as far as possible, to control them at an advanced stage. The objective of this work was to present a video imaging instrument for the rapid and non-intrusive monitoring in the destabilization of dispersed systems of oil-in-water emulsions, being relevant the fact that the equipment used in the experiment is simple and composed of few items of easy obtaining and handling. The imaging device is coupled with image analysis software which is capable of monitoring the flotation or

sedimentation kinetics of the emulsions by means of the corresponding intensity profiles of vertical levels of color in the different phases. An octane / water emulsion with Triton X-100 surfactant was used in proportions of 2 and 4 times the critical micelar concentration (CMC). In addition, the experiments were redone with the same emulsions, but adding 5% NaCl. The addition of a salt, in this case sodium chloride, is particularly useful for finding differences in the speed of aging of the process.

Keywords: Emulsion destabilization, Video image, Salt

INTRODUÇÃO

Emulsões são definidas como sistemas de misturas heterogêneas onde o componente que aparece em menor quantidade é denominado disperso e o componente de maior quantidade é denominado dispersante nas quais as fases são imiscíveis ou têm miscibilidade limitada. De acordo com Shaw (1975), as gotas da fase dispersa têm diâmetro que variam aproximadamente de 10Á a 1000 Á. Emulsões formam a base de uma grande variedade de materiais manufaturados e naturais incluindo produtos alimentícios, farmacêuticos, fluidos biológicos, agroquímicos e cosméticos, (MCCLEMENTS, 1999; JOHNSON, 1979; SCHRAMM, 1992).

Voyutsky (1978) propôs a classificação para as emulsões segundo dois fatores: a polaridade da fase dispersa no meio (líquido não polar em um polar, chamada emulsões óleo em água, e líquido polar em um não polar, chamada emulsões água em óleo) e a concentração da fase dispersa no sistema (diluídas, concentradas e altamente concentradas ou gelificadas).

Emulsões são termodinamicamente instáveis e tendem a se quebrar para minimizar a área interfacial entre a fase óleo e água, porém a estabilidade pode ser alcançada mecanicamente ou mais frequentemente pela adição de emulsificantes, proteínas ou agentes espessantes de emulsão. Os agentes emulsificantes formam um filme ao redor das gotas da fase dispersa favorecendo a estabilidade da emulsão. Esses surfactantes possuem uma parte hidrofóbica e uma parte hidrofílica que agem na interface das diferentes fases fluídas, tendendo a se arranjar de modo a minimizar a repulsão entre os grupos, o que reduz a tensão interfacial e evita ou retarda a coalescência e a floculação.

Os principais fatores que influenciam na estabilidade e desestabilidade das emulsões são: variação da tensão interfacial, forças iônicas, filme

interfacial, viscosidade, pH, tamanho e distribuição das gotas e volume da fase dispersa.

Dalgliesh (1997) conclui que a desestabilização das emulsões pode ocorrer por vários caminhos, incluindo envelhecimento de Ostwald, coalescência, inversão de fase, floculação ou flotação (ou sedimentação, dependendo das densidades relativas das fases). Esses diferentes processos estão inter-relacionados e podem acontecer simultaneamente. O envelhecimento de Ostwald é a difusão das moléculas de óleo na fase aquosa da emulsão. Apesar de não ser um mecanismo de desestabilização é descrito como um mecanismo que pode causar instabilidade na emulsão (WELIN-BERGER & BERGENSTAH, 2000). Coalescência é a fusão de duas pequenas gotas originando uma gota maior. A inversão de fase é quando a fase dispersa se torna o meio de dispersão. A emulsão resultante é geralmente sem longa estabilidade. Floculação é a agregação das gotas da emulsão. Isso ocorre devido as forças de atração entre as gotas e pode ter suas causas relacionadas as propriedades da camada de emulsificante adsorvida ou na fase contínua. Os flocos composto por duas ou mais partículas passa a ter comportamento cinético de uma única partícula. O *creaming* (flotação) é o processo pelo qual as gotas movem-se para a parte superior da amostra devida a diferença de densidade entre as duas fases (ROBINS, 2000; CHANAMAI e MCCLEMENTS, 2000). A sedimentação é o mesmo processo só que em direção oposta. Flotação e floculação criam emulsões com distribuição de gotas não homogêneas. A coalescência, envelhecimento de Ostwald e inversão de fase destrói a emulsão.

Vários métodos foram propostos para mediar à estabilidade das emulsões: medidas de condutividade (GUÉGUEN *et al.*, 1996), medidas de turbidez (AL-MALAH *et al.*, 2000), técnicas de ultrassom (HIBBERD *et al.*, 1999; DICKINSON *et al.*, 1997) entre outras. Para a análise do tamanho de gota, microscopia e espalhamento de luz são os mais usados.

No presente trabalho, foram realizadas as análises do tamanho de gota de emulsão óleo em água usando a técnica de espalhamento de luz através de um *Malvern Instrument Mastersize* e da cinética de desestabilização utilizado o método simples baseado na imagem em vídeo. O software Interview, que faz a leitura da imagem, foi desenvolvido por Matheus Soares em conjunto com o

Laboratório de Modelagem, Simulação e Controle de Processos, localizado na Coppe/UFRJ.

Foram obtidos resultados da cinética de desestabilização para emulsões óleo em água que foram comparados com as medidas de tamanho de gota.

MATERIAIS E MÉTODOS

Planejamento experimental

Foi realizado um planejamento fatorial a fim de otimizar os experimentos e analisar a importância de cada variável na desestabilização da emulsão. O planejamento experimental e a concentração dos componentes são apresentados nas Tabelas 1a e 1b.

O óleo utilizado foi o octano (Tedia). O surfactante o Triton x-100 (Sigma). O sal NaCl (Spectrum).

Tabela 1a – Planejamento Experimental

Emulsão	Teor de Óleo	Concentração de Surfactante	Teor de Sal
1	(-1)	(-1)	(-1)
2	(-1)	(-1)	(+1)
3	(-1)	(+1)	(-1)
4	(+1)	(-1)	(-1)
5	(-1)	(+1)	(+1)
6	(+1)	(-1)	(+1)
7	(+1)	(+1)	(-1)
8	(+1)	(+1)	(+1)

Tabela 1b – Concentração dos componentes

Componente	(-1)	(+1)
Teor de Óleo	5%	10%
Concentração de Surfactante	2cmc*	4cmc*
Teor de Sal	0%	5%

*c.m.c = 0,240 mM (m Mol/l) = 0,155 g/l (MM = 646g/mol)

Preparação das emulsões

Todas as emulsões foram preparadas com aproximadamente 100g pesadas em uma balança Precisa XT 220A. Em um Becker de 150ml (Pyrex ± 5%) foi adicionando 10 g de água deionizada. Depois disso, o surfactante, em seguida o óleo 5 ou 10%pp e o sal (se necessário). O próximo passo foi completar até 100g com água deionizada. Após a mistura dos componentes o sistema é levado a emulsão com o auxílio de um equipamento de agitação por cisalhamento mecânico (Ultra Turrax T25 basic 1KA – Werke), a uma velocidade de 9500rpm por um tempo de 5minutos.

Sistema de imagem por vídeo

O esquema do sistema de imagem por vídeo é mostrado na Figura 1. O aparelho é simples, composto de uma webcam, um computador com o programa Interview previamente instalado e a emulsão que deve estar em um recipiente transparente encostado contra um fundo que contraste com a cor da emulsão. No presente trabalho todas as emulsões eram brancas e, portanto foi utilizado um fundo preto como contraste. As imagens foram adquiridas automaticamente em intervalos de 1 minuto e armazenadas. O tratamento da imagem considera a diferença de cor entre as duas fases indica a região de interface. Quando as gotas de óleo começam a se aglomerar e subir para o topo do sistema devido à diferença de densidade a região de interface também sobe. As imagens eram guardadas em um arquivo relacionando a altura da interface na imagem com relação ao tempo. No presente trabalho, imagens foram guardadas por um período de até 48 horas.

A Tabela 2 mostra os dados das massas utilizadas para o preparo das emulsões para os experimentos de imagem por vídeo.

Medidas de tamanho de gota

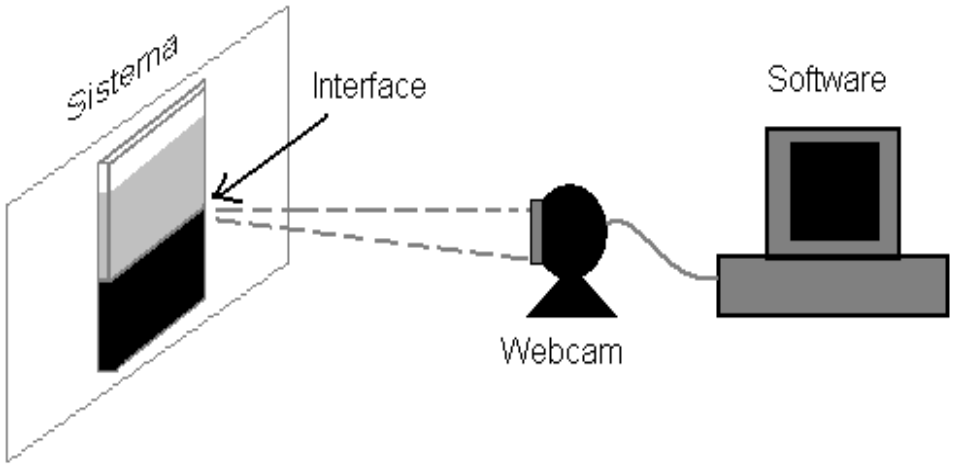
Para as medidas do tamanho de gota foi utilizado o equipamento Malvern Instrument Mastersize que utiliza a teoria Mie. A Teoria Mie é uma solução analítica completa das equações de Maxwell para espalhamento de radiação eletromagnética por partículas esféricas, sendo o tamanho inversamente proporcional ao desvio do ângulo da luz espalhada. Um caminho

para formular as soluções de Mie para problemas de espalhamento em esferas é mostrado em Stratton (1941).

Tabela 2 – Massas utilizadas no preparo das emulsões para o experimento com o programa Interview.

Emulsão	Octano (g)	Triton X 100 (g)	NaCl (g)	Solução (g)
1	5,02	0,0404	0,00	100,02
2	5,01	0,0327	5,03	100,20
3	5,10	0,0651	0,00	100,21
4	10,18	0,0325	0,00	100,20
5	5,07	0,0660	5,01	100,19
6	10,03	0,0300	5,00	100,12
7	10,13	0,0698	0,00	100,00
8	10,01	0,0698	5,10	100,07

Figura 1 – Esquema do equipamento de imagem de vídeo



A Tabela 3 mostra as massas utilizadas para o preparo das emulsões para o experimento de análise de tamanho de gota.

Tabela 3 – Massas utilizadas no preparo das emulsões para o experimento com o *Malvern Instrument Mastersize*.

Emulsão	Octano (g)	Triton X 100 (g)	NaCl (g)	Solução (g)
1	5,10	0,0344	0,00	100,19
2	5,05	0,0303	5,00	100,00
3	5,10	0,0661	0,00	100,08
4	10,60	0,0340	0,00	100,14
5	5,02	0,0662	5,05	100,08
6	10,04	0,0345	5,00	100,17
7	10,05	0,0654	0,00	100,05
8	10,01	0,0624	5,10	100,18
Triplicata 1	7,51	0,0555	2,5194	100,09
Triplicata 2	7,64	0,0549	2,5000	100,10
Triplicata 3	7,50	0,0560	2,5204	100,08

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição de tamanho de gota

Através das medidas de tamanho de gota existentes na emulsão e que foram obtidas no Malvern pode ser observada a influência das variáveis utilizadas neste trabalho. A Tabela 4 contém o resultado médio dos valores encontrados para estes tamanhos.

A variação da concentração de sal não influência no tamanho de gota encontrado. Isso pode ser reparado comprando as emulsões 1-2, 3-5, 4-6, 7-8. Quando analisado o valor de tamanho de gota a diferença entre elas é menor que 3% sendo menos de 0,1μm. O sal não influência no tamanho de gota formada, mas não podemos dizer somente com essa análise se ele contribui ou não com a estabilidade da emulsão.

Observando os dados quando variada a quantidade de óleo, verificou-se que nos conjuntos de emulsões 1-4, 2-6, 3-7, 5-8 com o aumento da

concentração de óleo há um aumento do tamanho de gota. Isso é esperado porque com uma quantidade maior de óleo, maior é a chance das gotas entrarem em contato umas com as outras e com isso haver crescimento do tamanho de gota que é formada.

Se analisarmos a variável concentração de surfactante, pelos conjuntos de experimentos 1-3, 2-5, 4-7, 6-8, podemos concluir que o aumento na concentração de surfactante contribui para formação de gotas menores na emulsão. O surfactante tem como principal função estabilizar as gotas formando ligações entre as fases polares e apolares, permanecendo na interface, portanto quanto maior sua concentração menor a tensão interfacial e consequentemente menor a gota formada, mas quando é ultrapassada a concentração micelar crítica, que é o caso aqui utilizado (2 e 4 vezes a Concentração Micelar Crítica), nem sempre o surfactante contribui mais para a diminuição da tensão superficial.

Na Tabela 5 são mostrados os testes realizados em laboratório onde foi observado que o Triton X-100 é capaz de continuar diminuindo a tensão interfacial mesmo depois de ultrapassada a concentração micelar crítica, e isso pode ser o motivo pelo qual as gotas formadas nos experimentos com 4 CMC sejam menores do que os experimentos com 2 CMC.

Tabela 4 – Resultados relevantes das análises de tamanho de gota

Emulsões	Teor de Óleo	Concentração de Surfactante	Teor de Sal	D(v, 0,5)	D(v, 0,9)	D[4,3]
1	(-1)	(-1)	(-1)	3,55	5,05	3.40
2	(-1)	(-1)	(+1)	3,46	5,43	3.63
3	(-1)	(+1)	(-1)	2,87	4,91	3.10
4	(+1)	(-1)	(-1)	4,13	6,82	4.38
5	(-1)	(+1)	(+1)	2,88	4,92	3.11
6	(+1)	(-1)	(+1)	4,07	6,98	4.39
7	(+1)	(+1)	(-1)	3,86	6,53	4.13
8	(+1)	(+1)	(+1)	3,75	6,99	4.15
Triplicata 1	7.50%	3*cmc	2.50%	3.54	6.08	3.82
Triplicata 2	7.50%	3*cmc	2.50%	3.63	6.14	3.90
Triplicata 3	7.50%	3*cmc	2.50%	3.79	6.68	4.11

Tabela 5 - Medidas de Tensão Interfacial

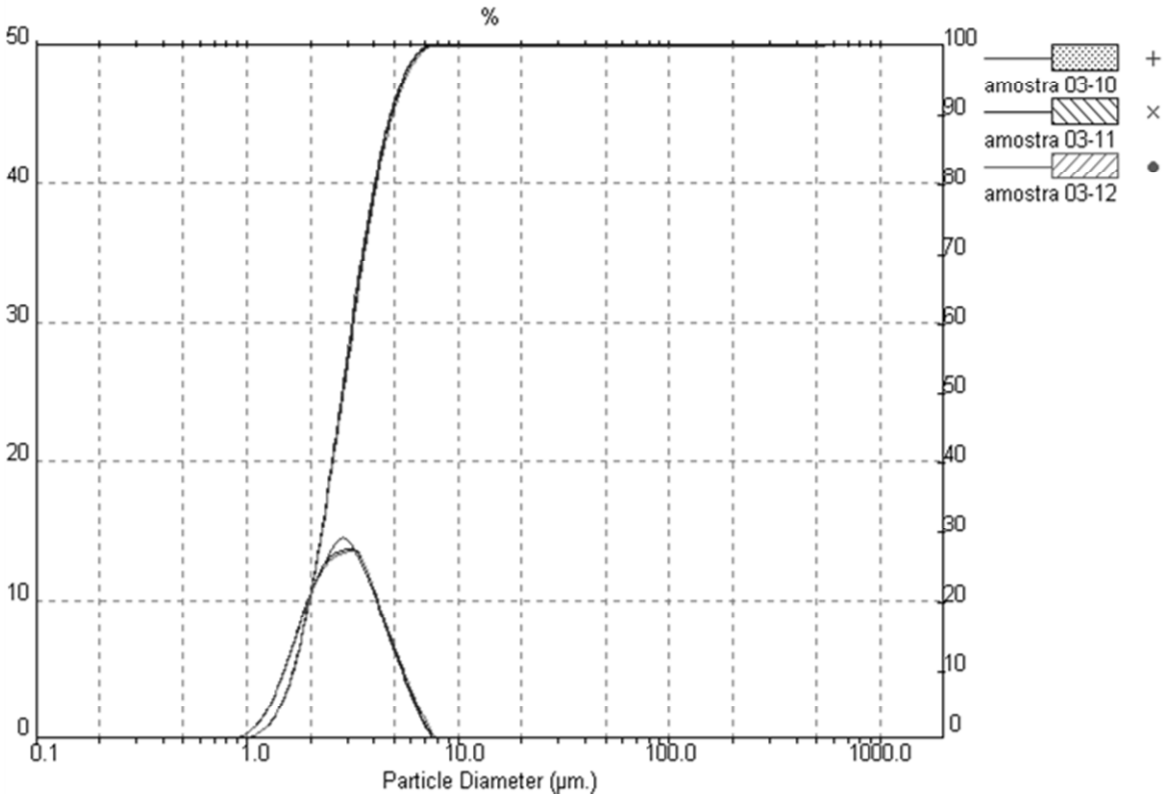
Substância	Tensão Interfacial σ(mN/m)
Spindle + Triton X-100 (0,5CMC)	8,410±0,130
Spindle + Triton X-100 (1,0CMC)	5,273±0,037
Spindle + Triton X-100 (2,0CMC)	3,907±0,093
Spindle + Triton X-100 (4,0CMC)	1,408±0,025

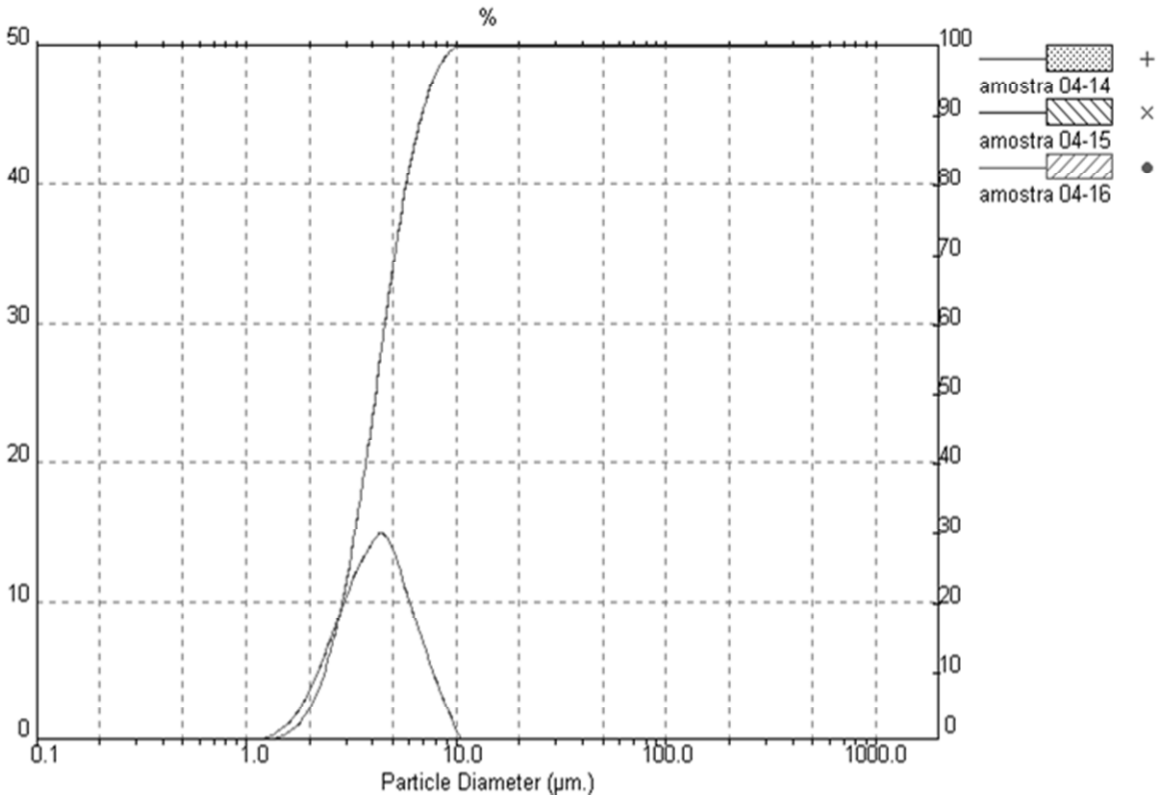
*Concentração Miscelar Crítica (CMC)

Os experimentos de medidas de tamanho de gota mostraram que o teor de óleo e concentração de surfactante são relevantes quando se quer controlar este tamanho. A maior gota foi encontrada na emulsão 4 quando foram utilizados valores máximos para o teor de óleo e quantidades mínimas para a concetração de surfactante. Já pelo outro lado, as menores gotas foram

encontradas na emulsão 3 que apresentava um teor de óleo no valor mínimo e concentração de surfactante no valor máximo. Na Figura 2 são mostrados os gráfico dos experimentos encontrados no equipamento de tamanho de gota Malvern para as emulsões 3 e 4.

Figura 2 – Gráfico encontrados no experimento de tamanho de gota para as emulsões 3 e 4 respectivamente

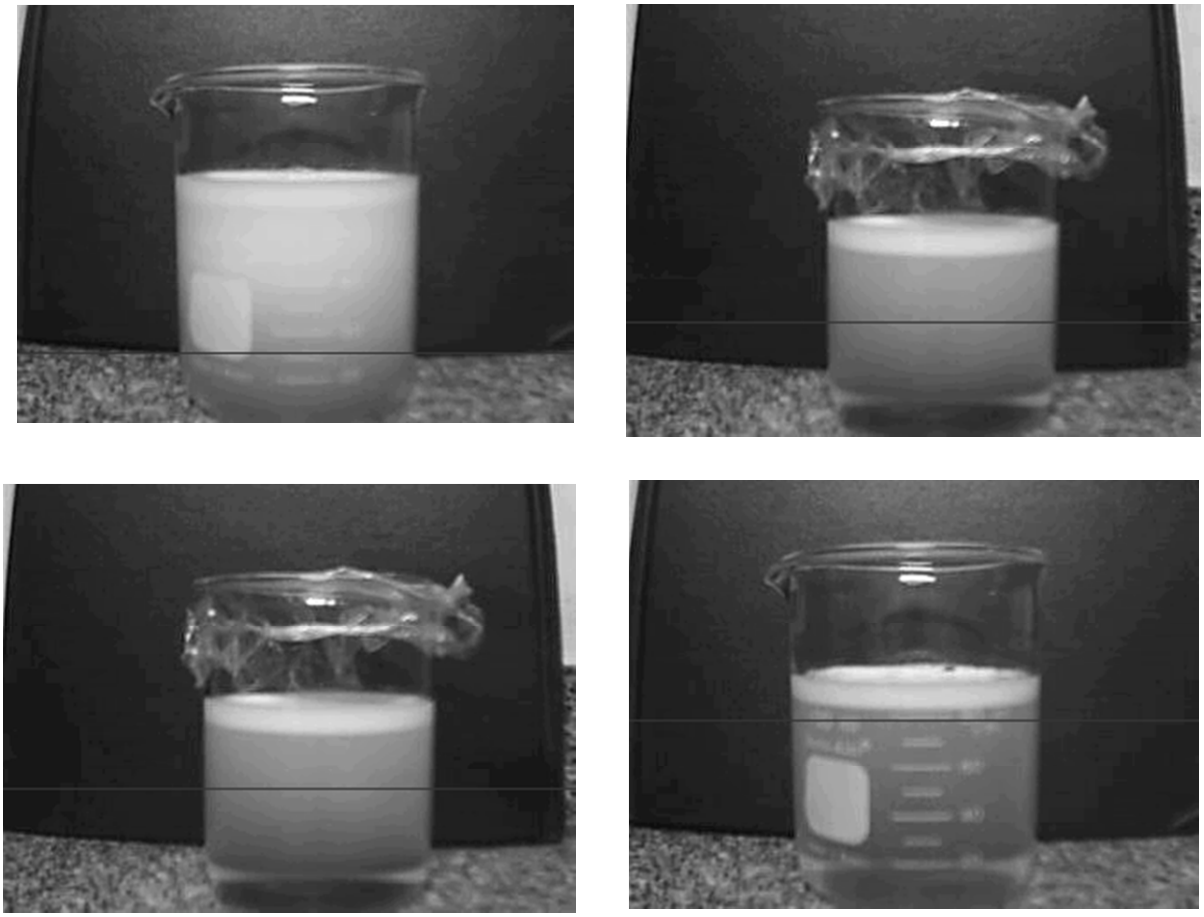




Cinética de flotação

A cinética de flotação pode ser facilmente monitorada com relação ao tempo para o experimento de um sistema. Exemplos de imagens obtidas com o nosso instrumento vídeo durante a desestabilização são mostrados nas Figuras 3. Pode ser observado que a desestabilização forma um gradiente de tonalidades em cinza e que a linha da interface é arbitrada pelo programa de vídeo com relação às cores iniciais escolhidas pelo operador. Portanto apesar da simplicidade do método, os experimentos devem seguir passos rigorosos de preparação para que seja possível a comparação entre os sistemas. Porém isso é facilmente resolvido se utilizado preferencialmente o mesmo ambiente para se efetuar os experimentos e um operador cuidadoso.

Figura 3 - Imagens de desestabilização para emulsão óleo-em-água para o sistema com 5% de octano e 4 vezes a concentração micelar crítica



A Figura 4 mostra a evolução da floculação dos sistemas sem sal com relação ao tempo em segundos. Os dados em centímetro representam a altura da interface entre a fase aquosa e a fase óleo. Com a flotação da fase óleo no topo do sistema a interface sobe. Já na Tabela 6 são apresentados os valores de tempo encontrados para a desestabilização dos sistemas e a taxa de coalescência para esta desestabilização.

Comparando os sistemas que não contém sal, pode ser observado que o experimento 4 que contém uma maior quantidade de óleo no sistema e uma quantidade pequena de surfactante apresenta a desestabilização mais rápida, sendo que a taxa de coalescência é a maior de todas as emulsão. Já nos sistemas 3 e 7, com maior quantidade de surfactante, apresentam uma desestabilização mais lenta, precisando de mais de 30 horas para ocorrer a total separação do óleo da emulsão. Podemos observar também que a emulsão 7 é a que apresenta menor taxa de coalescência entre os sistemas que não contém sal, e uma das menores taxas dentre todos os sistemas.

O interessante é observar que o teor de óleo não influencia muito a cinética dos sistemas com maior quantidade de surfactante, isso acontece

porque essa diferença no teor de óleo é compensada com a taxa de coalescência que é o dobro para a emulsão com metade do teor, porém os sistemas 1 e 7, com menor quantidade de surfatante sofrem uma influência muito grande com relação ao teor de óleo. Isso mostra que com 4 vezes o valor da concentração micelar crítica o sistema apresenta uma elevada estabilidade tanto com 5 como com 10% de óleo, e isso pode ser evidenciado no tempo final de coalescência que passa das trinta horas. Isso porque há surfactante suficiente para estabilizar uma grande quantidade de gotas de óleo. Mesmo assim o sistema com apenas 5% é mais estável, demorando um pouco mais de horas para que ocorra toda a flotação, sendo isso já esperado porque há uma menor quantidade de óleo para ser estabilizado por uma mesma quantidade de surfactante. A escolha do teor de óleo depende do processo desejado, mas pelos resultados obtidos, quando utilizado 4 vezes a concentração, é possível considerar que o teor de óleo não influencia significativamente na flotação.

Figura 4 - Desestabilização dos experimentos sem sal com referência a altura da interface em relação ao tempo

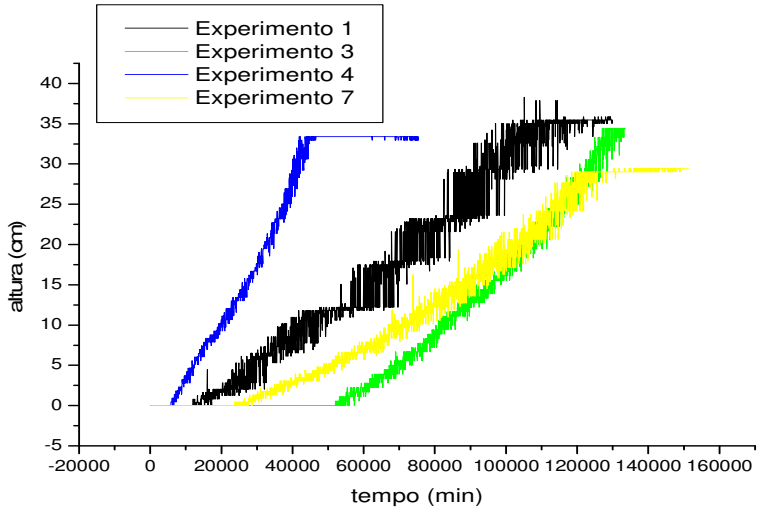


Tabela 6 – Tempo necessário para o processo da desestabilização das emulsões

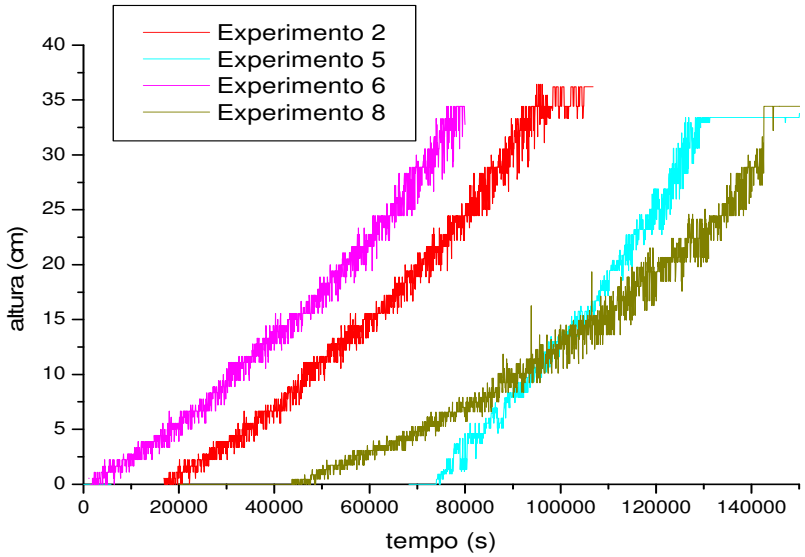
Emulsão	Teor de Octano (%)	Concentração de surfactante	Concentração de NaCl (g)	Início (hs)	Fim (hs)	Taxa de coalescência (cm/h)
1	5	2*CMC	0	3,5	30,8	1,278
2	5	2*CMC	5	4,7	29,2	1,566
3	5	4*CMC	0	14,7	37,2	1,800
4	10	2*CMC	0	1,7	12,6	2,700
5	5	4*CMC	5	20,6	36,5	1,926
6	10	2*CMC	5	1,8	23,6	1,602
7	10	4*CMC	0	6,8	34,2	0,918
8	10	4*CMC	5	12,2	42	0.855

Na Figura 5 são apresentadas as emulsões com 5 gramas de sal. Podemos observar que novamente a emulsão com maior teor de óleo e menor quantidade de surfactante apresentou um tempo de desestabilização mais rápido do que qualquer outra das emulsões. Consequentemente, a emulsão inversa, isto é, menor teor de óleo e maior quantidade de surfactante apresentou uma desestabilização num período de tempo mais longo.

É possível observar no gráfico que o teor de óleo influencia no tempo total de desestabilização do que a quantidade de surfactante. Na emulsão 8 apesar de o início da floculação ser relativamente rápida em relação a emulsão 5, o fato das duas possuírem a mesma quantidade de surfactante faz com que o tempo final para haver a separação das fases óleo e água seja maior na emulsão 8. Isso pode ser explicado porque apesar de haver o dobro em concentração de óleo na emulsão 8 a quantidade de surfactante é tão maior do que a concentração micelar crítica que isso possibilita a estabilidade de um grande teor de óleo na água. Porém, é evidente que a desestabilização começa bem antes, porque a quantidade de gotas presente na emulsão facilita a flotação e consequentemente a floculação, pois nesse caso o filme interfacial formado nas gotas não é capaz de mantê-las separadas. Um intervalo de tempo muito maior ocorre também pelo fato de haver uma grande quantidade de gotas, sendo que este tempo de desestabilização acaba tornando-se maior.

Isso pode estar acontecendo devido ao fato de que para desestabilizá-las com muito surfactante é bem mais difícil, assim, ocasiona um maior tempo para que ocorra todo o processo de flotação.

Figura 5 - Desestabilização dos experimentos com sal com referência a altura da interface em relação ao tempo



Se forem comparados os valores encontrados para as respectivas emulsões com e sem sal é possível observar que para as emulsões 1 e 2, bem como para as emulsões 3 e 5 não há grande influência nos valores iniciais e finais da desestabilização, nem mesmo no tempo total de desestabilização. Para as emulsões 4 e 6 o tempo de finalização da floculação aumenta em mais de 10 horas apesar da desestabilização da emulsão iniciar praticamente no mesmo tempo para os dois sistemas. Já no caso das emulsões 7 e 8 há um aumento tanto no tempo final como no início da desestabilização quando adicionado sal ao sistema.

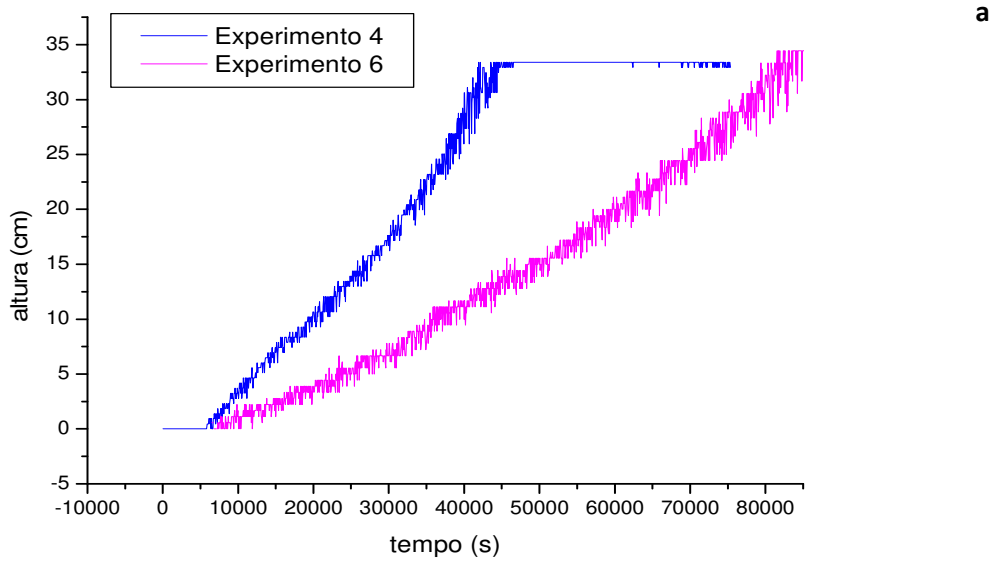
Pela análise de tamanho de gota realizada anteriormente, não era esperado que as emulsões com sal apresentassem grande variação porque o mesmo não ocorre no tamanho de gota desses casos, porém o sal é capaz de influenciar na interface da gota formada, unindo-se a esta interface e modificando a estabilidade da emulsão. Conseqüentemente pode haver uma interferência no tempo de floculação. Um outro efeito, porém em menor proporção, que o sal acaba provocando é uma pequena dificuldade na movimentação das gotas de óleo pela variação da densidade da água e

consequentemente uma pequena mudança no valor de início ou final da floculação.

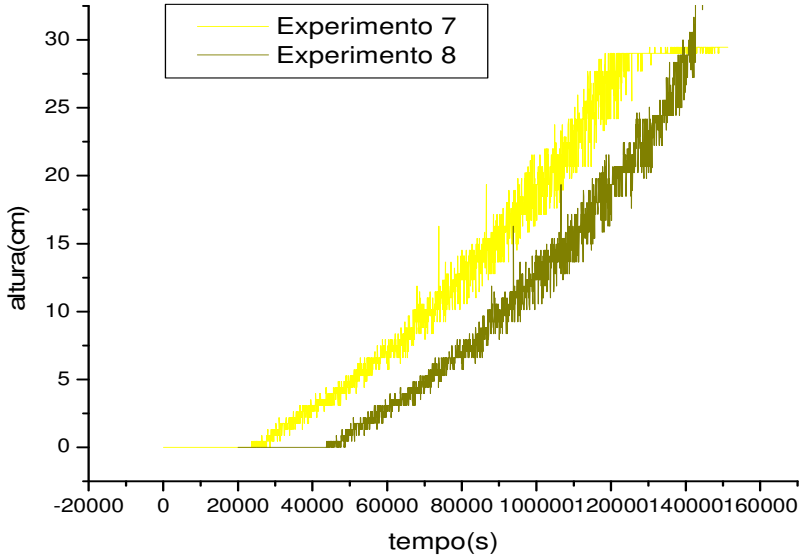
Os resultados mostram que o sal não apresenta grande influência nas emulsões que possuem menor quantidade de óleo. Em compensação, os sistemas que apresentam 10% de óleo sofreram maior dificuldade de desestabilização quando o sal foi introduzido. Os resultados, para os sistemas 4 e 6 e os sistemas 7 e 8, são mostrados nas Figura 6a e 6b.

Os íons do sal adsorvem na interface das gotas de óleo, facilitando a estabilidade desta gota e ao mesmo tempo evitando que a floculação ocorra na velocidade dos sistemas que não apresentam sal. Isso pode ocorrer também pelo fato de a interface adquirindo uma carga maior irá repelir a outra gota que terá mesma carga, isso irá dificultar a aproximação das gotas e consequentemente à floculação do óleo.

Figura 6 - Desestabilização dos experimentos 4 e 6 (a) e 7 e 8 (b). Emulsões com teor de óleo em 10% e 4 vezes a concentração micelar crítica.



b



Entretanto podemos observar que o efeito da interferência do sal só é evidenciado quando há uma quantidade de óleo maior presente no sistema. Portanto podemos supor que, tanto a estabilidade e, principalmente, a carga interfacial adquirida pela gota é pequena, sendo capaz de fazer efeito algum quando a quantidade de gotas é maior, e só assim ocasionando uma visualização neste efeito. Apesar de não ser observado o mesmo efeito nos sistemas com menor quantidade de óleo, não é possível afirmar que não ocorre a adsorção no sal na interface, mas sim que o efeito desta adsorção não é capaz nem de variar a estabilidade da interface do sistema, nem mesmo ajudar a repelir as gotas para dificultar a coalescência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um método simples de verificação de cinética de coalescência por imagem de vídeo. A vantagem do método de imagem é por ele não ser destrutivo e neste caso poder ser realizado com extrema facilidade em qualquer laboratório devido a não haver necessidade de equipamentos complexos e de alto custo. Com uma webcam e o software de captura de imagem é possível fazer a coleta dos dados de cinética de coalescência automaticamente. Um exame de variação do gradiente de luminosidade entre as fases da amostra detecta a interface do sistema e isso possibilita acompanhar a separação dessas fases tanto em sedimentação como em floculação dependendo do sistema utilizado. A principal vantagem da

técnica é que não requer conhecimento prévio sobre a emulsão nem sobre a cinética de desestabilização.

Os dados são obtidos diretamente e consequentemente analisados rapidamente, por precisar utilizar apenas a variação de altura da interface com relação ao seu ponto inicial. Todas as medidas são baseadas em aspectos visuais das emulsões.

Nos sistemas analisados foi possível observar que o sal não promove grande variação na cinética de desestabilização das emulsões quando utilizado uma quantidade menor de óleo, mas com 10% de óleo o sal interfere na cinética de maneira substancial. Isso se deve pela adsorção dos íons do sal na interface, promovendo conseqüentemente uma maior estabilidade para a emulsão. Além disso, é bem provável que o sal provoque um aumento na carga existente na interface o que ajuda a repelir as gotas umas das outras dificultando a coalescência do sistema.

Como já era esperada, a quantidade de surfactante tem uma grande influência tanto no tempo inicial quanto no tempo final de floculação. Isso se deve principalmente a estabilidade da gota de óleo que ele é capaz de promover, resultando num tamanho de gota menor dispersa no óleo. Esses resultados foram evidenciado no equipamento de análise de tamanho de gota.

Portanto, é possível concluir que o método de imagem por vídeo apesar de simplificado é capaz de apresentar informações sobre resultados qualitativos e até mesmo quantitativos relevantes para os estudos da cinética de coalescência ou floculação das emulsões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-MALAH, K.I., AZZAM, M.O.J., OMARI, R.M.; "Emulsifying properties of BSA in different vegetable oil emulsions using conductivity technique". **Food Hydrocolloids**, 2000, 14(5), 485-490.

CHANAMAI, R., MCCLEMENTS, D.J.; "Dependence of creaming and rheology of monodisperse oil-in-water emulsions on droplet size and concentration". **Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects***,* 2000, 172, 79.

DALGLIESH, D.G.; "Adsorption of protein and the stability of emulsions". **Trends in Food Science & Technology***,* 1997, 8 (1), 1-6.

JOHNSON, J.C.; **Emulsifiers and Emulsifying Techniques**, Noyes Data, Park Ridge, NJ, 1979.

DICKINSON, E., GOLDING M., POVEY, M.J.W.; "Creaming and flocculation of oil-in-water emulsions containing sodium caseinate". **Journal of Colloids and Interface Science***,* 1997, 185 (2), 515-529.

GUÉGUEN, J., POPINEAU, Y., ANISIMOVA, I.N., FIDO, R.J., SHEWRY, P.R., TATHAM, A.S.; "Functionality of the 2S albumin seed storage proteins from sunflower (Helianthus annuus L.)". **Journal of Agricultural and Food Chemistry***,* 1996, 44(5), 1184-1189.

HIBBERD D., ROBINSON, B.H., ROBINS, M.M.; "Ultrasonic characterization of colloidal dispersions: detection of flocculation and adsorbed layers". **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces***,* 1999, 12 (3-6), 359-371.

MCCLEMENTS, D.J.; **Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques**, CRC Press, Boca Raton, FL, 1999.

Robins, M.M.; "Emulsions – creaming phenomena". **Current Opinion in Colloid & Interface Science***,* 2000, 5 (5-6), 265-272.

SCHRAMM, L.L.; **Emulsions: Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry**, American Chemical Society, Washington, D.C., 1992.

SHAW, D.J.; **Introduction to Colloid and Surface Chemistry**, 1st ed., Butterworth's: London, 1975.

STRATTON, J.A.; **Electromagnetic Theory** 1941, McGraw-Hill, New York.

VOYUTSKY, S.; **Colloid Chemistry**, 1st ed., Mir Publishers, Moscow, 1978.

WELIN-BERGER, K., BERGENSTAH, B.; "Inhibition of Ostwald ripening in local anesthetic emulsions by using hydrophobic excipients in the disperse phase". **Journal of Pharmaceutics***,* 2000, 200, 249-260.