



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

HYGOR JOSÉ NUNES DE ALMEIDA

ESTUDO DA ESTABILIDADE DE EMULSÕES ÓLEO DE
CANOLA EM ÁGUA

LAVRAS-MG

2020

HYGOR JOSÉ NUNES DE ALMEIDA

ESTUDO DA ESTABILIDADE DE EMULSÕES ÓLEO DE CANOLA EM ÁGUA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia Química, para
a obtenção do título de Bacharel.

Prof(a). Dr(a). Renata de Aquino Brito Lima Corrêa
Orientadora

Prof(a). Dr(a). Iara Hernandez Rodriguez
Coorientadora

LAVRAS-MG

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus. Agradeço também à minha orientadora, prof. Renata de Aquino Brito Lima Corrêa, a minha coorientadora, prof. Iara Hernandez Rodriguez, e à prof. Isabele Cristina Bicalho pela disponibilidade e atenção durante toda a realização do trabalho.

Agradeço à professora Camila Silva Franco do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da UFLA, que disponibilizou o equipamento utilizado para medição de turbidez.

Agradeço a minha família e amigos, em especial aos meus pais, meus irmãos, minha namorada Katrine e meu filho Davi Lucas, pelo apoio diário.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse finalizado.

RESUMO

O lançamento de efluentes domésticos sem tratamento em corpos d'água pode causar inúmeros problemas ao ecossistema. Estes efluentes podem conter quantidades significativas de compostos orgânicos em suspensão e, segundo Oliveira *et al.* (2014), até 50% dos compostos orgânicos encontrados em efluentes domésticos podem ser óleos residuais. Quando o óleo está presente em meio aquoso, ele pode se apresentar em quatro formas: livre, disperso, emulsionado e solubilizado. A presença de tensoativos, como o detergente comercial, propicia o óleo a permanecer em sua forma emulsionada. Nesta forma, seu tratamento por métodos gravitacionais é pouco eficiente e coagulantes químicos são, normalmente, utilizados para realizar a remoção do óleo emulsionado. É necessário elucidar os fenômenos de formação e estabilização de emulsões para propiciar o desenvolvimento de novos métodos de desestabilização. Nesse sentido, com o intuito de avaliar a estabilidade de emulsões óleo de canola-água, foram realizados experimentos utilizando-se diferentes condições, variando-se as concentrações de óleo (2%, 3,5% e 5% (m/m)), o tempo de agitação (20, 35 e 50 minutos) e a concentração de detergente comercial (2,5%, 5%, 10%, 20% e 50% (m/m)). Para realizar o preparo das emulsões foi utilizado um agitador mecânico da marca Fisatom, e fixou-se a velocidade de rotação em 1976 rpm. A estabilidade das emulsões foi avaliada com medidas de turbidez e análise visual. Para as medidas de turbidez, foram retiradas alíquotas nos tempos 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 minutos, após o agitador ser desligado. A análise dos resultados mostra que o tempo de agitação não afetou na estabilidade das emulsões, já que os valores obtidos de turbidez são muito próximos. A concentração de detergente se mostrou muito influente na estabilidade das emulsões. Os resultados obtidos indicam que a concentração de detergente de 2,5% formou emulsões estáveis com valores de turbidez superiores às emulsões com concentração de detergente de 5%, 10% e 20%. O aumento da concentração do óleo fez com que as emulsões aumentassem sua turbidez. As emulsões com 5% de óleo e 2,5 % de detergente obtiveram turbidez 48,6% maior que as emulsões com 2% de óleo e mesma concentração de detergente.

Palavras chave: Emulsões óleo-água. Tensoativos. Efluentes domésticos.

ABSTRACT

The discharge of untreated domestic effluent into water bodies can cause numerous problems to the ecosystem. These effluents can present significant amounts of organic compounds in suspension, up to 50% of organic compounds found in domestic effluents can be waste oils according to Oliveira *et al.* (2014). When the oil is present in aqueous media, it can present in four forms: free, dispersed, emulsified and solubilized. The presence of surfactant allows the oil to remain in its emulsified form. In this form, its treatment by gravitational methods is not very efficient and chemical coagulants are usually used to remove the emulsified oil. It is necessary to elucidate the phenomena of formation and stabilization of emulsions to propitiate the development of new methods of destabilization. In this sense, in order to evaluate the stability of canola oil-water emulsions, experiments were performed using different conditions, varying oil concentrations (2%, 3.5% and 5%), agitation time (20, 35 and 50 minutes) and domestic detergent concentration (2.5%, 5%, 10%, 20% and 50%). To prepare the emulsions, a Fisatom mechanical agitator was used, and the rotation speed was fixed at 1976 rpm. The stability of the emulsions was evaluated with measures of turbidity and visual analysis. For the turbidity measurements, aliquots were taken at times 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 and 140 minutes after the agitator was turned off. The analysis of the results shows that the agitation time did not affect the stability of the emulsions, since the turbidity values obtained are very close. The detergent concentration proved to be very influential in the emulsions stability. The results obtained indicate that the detergent concentration of 2.5% formed stable emulsions with higher turbidity values than the emulsions with detergent concentration of 5%, 10% and 20%. The increase in oil concentration caused the emulsions to increase their turbidity. The emulsions with 5% oil and 2.5% detergent obtained 48.6% higher turbidity than the emulsions with 2% oil and the same detergent concentration.

Key words: Oil-water emulsions. Surfactants. Domestic effluents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Moléculas das principais substâncias presentes no óleo de canola.	9
Figura 2 - Representação de uma molécula de tensoativo.	10
Figura 3 - Representação de uma molécula de linear alquilbenzeno sulfonato (LAS)	11
Figura 4 - Formação de micelas em solução óleo água.	13
Figura 5 - Formação da dupla camada elétrica em uma gotícula de óleo estabilizada por tensoativo aniônico.	14
Figura 6- Mecanismos de desestabilização de emulsões.	15
Figura 7 - Percentuais em massa de detergente e óleo e tempo de agitação utilizados na primeira etapa do experimento.	17
Figura 8 - Percentuais em massa de detergente e óleo e tempo de agitação utilizados na segunda etapa do experimento.	18
Figura 9 - Percentuais em massa de detergente e óleo e tempo de agitação utilizados na terceira etapa do experimento.	18
Figura 10 - Turbidímetro utilizado no experimento.	19
Figura 11- Influência do tempo de agitação com concentrações de detergente de 20% e 50% (m/m) e tempo de agitação de 20, 35 e 50 minutos.	20
Figura 12- Influência da concentração de detergente com tempo de agitação de 20 minutos e concentração de óleo de 2% (m/m).	22
Figura 13- Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos, concentração de detergente de 50% (m/m), concentração de óleo de 2% (m/m) e tempo decorrido do experimento de 120 (a), 60 (b) e 0 (c) minutos.	23
Figura 14 - Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos, concentração de detergente de 5% (m/m), concentração de óleo de 2% (m/m) e tempo decorrido de experimento de 0 (a), 60 (b) e 120 (c) minutos.	24
Figura 15 - Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos, concentrações de detergente de 2,5 (a) e 5% (b) e concentração de óleo de 2% (m/m), decorridos 120 minutos do experimento.	25
Figura 16 - Influência da concentração de detergente com tempo de agitação de 20 minutos e concentração de óleo de 3,5% (m/m)	26
Figura 17 - Influência da concentração de óleo com tempo de agitação de 20 minutos e concentração de detergente de 2,5% (m/m).	27

Figura 18 – Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos, 2,5% (m/m) de detergente e concentração de óleo de 5% (a), 3,5 (b) e 2% (c), após 120 minutos de experimento.	28
Figura 19 – Turbidez ao longo do tempo para os testes com 2% de óleo e tempo de agitação de 20 minutos.	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Óleos.....	9
2.1.1	Óleos Vegetais	9
2.2	Emulsões.....	10
2.2.1	Tensoativos.....	10
2.2.2	Comportamento dos tensoativos em solução	12
2.2.3	Formação de emulsões	13
2.2.4	Estabilidade de emulsões	14
2.3	Turbidez	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1	Preparo das emulsões	19
3.2	Estabilidade das emulsões.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Efeito do tempo de agitação.....	20
4.2	Influência da concentração de detergente na estabilidade da emulsão.....	21
4.3	Efeito da concentração de óleo	27
4.4	Efeito do tipo de óleo utilizado	28
5	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Lipídios são moléculas orgânicas insolúveis em água. Nesta classe de moléculas estão presentes os óleos, que são lipídios que se apresentam no estado líquido em temperatura ambiente e que possuem diversos tipos de aplicação, que vão desde a lubrificação de maquinários, até a alimentação humana. Devido a diversidade de óleos existentes e sua ampla aplicação, há uma grande preocupação com o descarte correto desta substância, pois, o descarte indevido, pode ocasionar danos irreversíveis ao meio ambiente.

Quando o óleo está presente em corpos d'água, ele pode apresentar-se de quatro formas: livre, disperso, emulsionado e solubilizado. Nas formas livre e dispersa, o óleo encontra-se em dispersões grosseiras no meio aquoso, e sua remoção pode ser facilmente feita por processos gravitacionais. Em sua forma emulsionada ou solubilizada, o óleo é encontrado disperso em gotículas de diâmetro inferior a 50µm, que são estabilizadas por um tensoativo, uma substância anfifílica. Nesta forma, a sua remoção por métodos gravitacionais é pouco eficiente, sendo a remoção do óleo realizada pela adição de um coagulante químico.

Na literatura são encontrados diversos estudos de estabilidade de emulsões com diferentes tipos de óleos e tensoativos. Franzol (2015), por exemplo, realizou um estudo de estabilidade de emulsões utilizando diferentes tipos de tensoativos. Silva *et al.* (2014) utilizou o quiabo (*Abelmoschus Esculentus*) como floculante na desestabilização de emulsões óleo-água, tendo alcançado a estabilidade da mesma utilizando ácido oléico como fase oleosa e detergente comercial como tensoativo. Porém, frente a grande diversidade de óleos existentes, os estudos dedicados a avaliar a formação de emulsões óleo em água ainda são escassos. Não foram encontrados na literatura trabalhos que investiguem emulsões formadas por óleo de canola e detergente comercial.

Estes materiais foram escolhidos devido a sua fácil aquisição, além de serem substâncias diariamente descartadas, pois possuem vasto uso doméstico e industrial. Outro fator de escolha para o tipo de óleo utilizado, foi o teor de ácido oleico. O óleo de canola possui em média 58% de ácido oléico, maior que o óleo de soja e de palma, que possuem teor de ácido oléico de 24,5% e 13%, respectivamente (MANDARINO, 2005).

As emulsões produzidas foram avaliadas quanto à estabilidade, utilizando medidas de turbidez e análise visual. Além disso, os resultados obtidos neste trabalho foram comparados aos encontrados em estudo anterior para emulsões óleo de soja em água (SILVA, 2019), visando avaliar o efeito da concentração do ácido oleico na formação e estabilidade das emulsões.

O estudo de emulsões é importante para compreender os fenômenos de formação e estabilização, propiciando o desenvolvimento de métodos mais eficazes de desestabilização. Este trabalho teve como objeto realizar um estudo de estabilização de emulsões óleo de canola em água, utilizando detergente comercial como tensoativo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Óleos

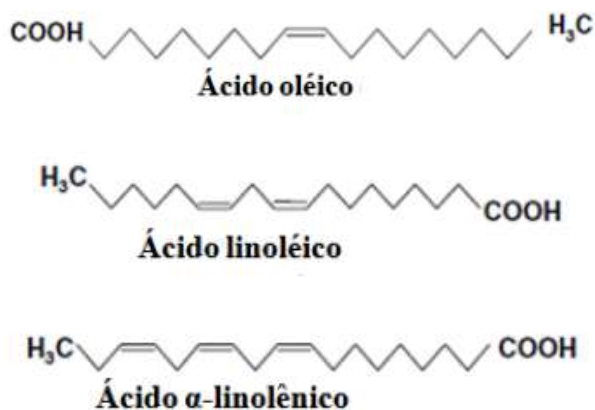
Os óleos são substâncias líquidas a temperatura ambiente, hidrofóbicas (insolúveis em água), de origem animal ou vegetal, constituídos predominantemente por triglicerídeos, compostos formados de glicerol e ácidos graxos (MANDARINO, 2005).

2.1.1 Óleos Vegetais

Os óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos de plantas. Cerca de dois terços do total produzido são usados em produtos alimentícios fazendo parte da dieta humana (REDA, 2007).

Os principais óleos vegetais produzidos e utilizados na indústria alimentícia são os óleos extraídos de soja, palma, canola, girassol e algodão. O óleo de canola é o terceiro mais utilizado no mundo, no setor alimentício. É composto predominantemente por ácido oléico, apresentando um teor médio de 58%. Outros dois ácidos graxos são encontrados em proporções significativas: o ácido linoléico com teor médio de 22% e o ácido linolênico com teor médio de 10%. As moléculas das principais substâncias presentes no óleo de canola estão apresentadas na Figura 1 (MANDARINO, 2005).

Figura 1- Moléculas das principais substâncias presentes no óleo de canola.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2013).

O óleo em solução aquosa pode ser encontrado em quatro formas distintas: livre, disperso, emulsionado e solubilizado. O óleo livre representa as dispersões grosseiras, constituídas por gotas com diâmetro maior que $150\mu\text{m}$. O óleo disperso é encontrado com diâmetro de gota entre 50 e $150\mu\text{m}$. No óleo emulsionado e solubilizado as gotas tem diâmetro inferior a $50\mu\text{m}$. A remoção de óleos nas formas livre e dispersa é feita facilmente através de separação gravitacional; entretanto, a remoção do óleo emulsionado ou solubilizado requer tratamentos mais sofisticados, como a centrifugação, flotação ou o uso de produtos químicos (SCHONS, 2008).

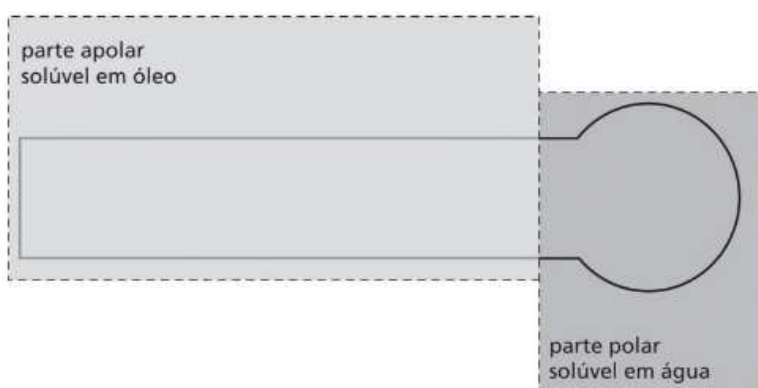
2.2 Emulsões

Emulsões são dispersões de duas fases líquidas imiscíveis, constituídas por uma fase interna (descontínua ou dispersa) e uma fase externa (contínua ou dispersante), estabilizadas pela presença de agentes emulsivos, localizados na interface das fases. Emulsões em que o óleo é a fase interna são denominadas emulsões óleo-em-água (O/A). Os agentes emulsivos ou tensoativos têm como principal função diminuir a tensão interfacial entre as fases, exercendo um papel de estabilizante na emulsão (FRANGE, 2009).

2.2.1 Tensoativos

Tensoativos são moléculas que possuem uma parte apolar, insolúvel em água, denominada hidrofóbica, ligada a uma parte polar e solúvel em água, denominada hidrofílica. A Figura 2 apresenta uma forma ilustrativa de uma molécula de tensoativo (DALTIM, 2011). A parte apolar de um tensoativo, normalmente tem origem em uma cadeia carbônica, seja ela, linear, cíclica ou ramificada, pois os carbonos desta cadeia não formam polos de concentração de carga eletrostática. A parte polar é formada por alguns átomos que apresentam concentração de carga, formando assim um polo negativo ou positivo. Estes polos negativos ou positivos apresentam atração eletrostática pelas moléculas de água vizinhas, tornando-os responsáveis pela solubilidade do tensoativo em água.

Figura 2- Representação de uma molécula de tensoativo.

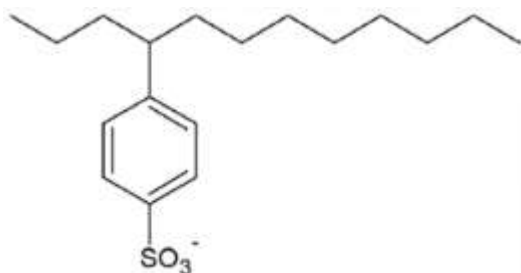


Fonte: Daltin (2011).

Os tensoativos são normalmente classificados com base no seu grupo polar, como: aniônicos, catiônicos e não iônicos. Os tensoativos catiônicos apresentam carga positiva na parte polar, após a dissociação em solução aquosa. Estes tensoativos apresentam uma formulação com uma parte hidrofóbica, uma parte com caracterização catiônica e um contraíon, que se dissocia em solução aquosa, fazendo com que a molécula obtenha uma carga verdadeiramente catiônica. Os tensoativos catiônicos são encontrados normalmente em amaciantes de roupa e condicionadores de cabelo, pois sua carga positiva permite que eles adsorvam facilmente em substratos carregados negativamente, como são a maior parte dos substratos naturais, como o cabelo e as fibras têxteis (DALTIM, 2011; FRANGE, 2009; FRANZOL, 2015).

Os tensoativos aniônicos são aqueles que apresentam carga negativa na parte polar decorrente da dissociação em solução aquosa. Os tensoativos aniônicos são utilizados na maioria das formulações de sabões e detergentes, devido aos menores custos de produção, se comparados com outros tensoativos. Os grupos polares aniônicos mais comuns são: carboxilato, sulfato, sulfonato e fosfato. Os contraíons mais utilizados são sódio, potássio, amônio e cálcio. Dentre os tensoativos aniônicos mais usados, está o linear alquilbenzeno sulfonato (LAS), encontrado em detergentes de uso doméstico e industrial, sabões em pó, dispersões de pigmentos e concentrados emulsionáveis de uso agrícola. Os LAS possuem sua cadeia alquila ou alquilarila na faixa de 10 a 18 carbonos, mas sua maior detergência é alcançada na faixa de 10 a 14 átomos de carbono (DALTIM, 2011; FRANGE, 2009; FRANZOL, 2015).

Figura 3- Representação de uma molécula de linear alquilbenzeno sulfonato (LAS).



Fonte: Felipe (2017).

Os tensoativos não iônicos não se dissociam em íons em solução aquosa, fazendo com que sejam compatíveis com qualquer outro tipo de tensoativo. Esta característica faz com que os tensoativos não iônicos sejam usados em formulações mais complexas, em conjunto com tensoativos de outras classes. Os tensoativos não iônicos mais utilizados são os etoxilados, nos quais

o grupo hidrofílico é formado por uma cadeia de moléculas de óxido de eteno polimerizada (polioxietilênica), fixada em uma parte apolar (DALTIM, 2011; FRANZOL, 2015, SCHONS, 2008).

Além destes três principais grupos de tensoativos existem ainda os tensoativos anfóteros, que se comportam como tensoativos aniônicos ou catiônicos dependendo do pH. Estes tensoativos constituem a classe de tensoativos menos utilizadas no mercado devido ao seu elevado custo (DALTIM, 2011).

2.2.2 Comportamento dos tensoativos em solução

Como os tensoativos possuem um grupo hidrofílico (polar) e um grupo lipofílico (apolar) em sua molécula, nunca vão conseguir formar soluções totalmente estáveis quando solubilizados em meio totalmente polar ou apolar. Quando a molécula de tensoativo se solubiliza em água (solução polar), a parte hidrofílica auxilia na solubilização, enquanto a parte lipofílica diminui a solubilidade. De maneira semelhante, a mesma molécula tensoativa solubilizada em óleo (solução apolar), tem a parte apolar auxiliando na solubilização, enquanto a parte polar atua diminuindo esta solubilidade.

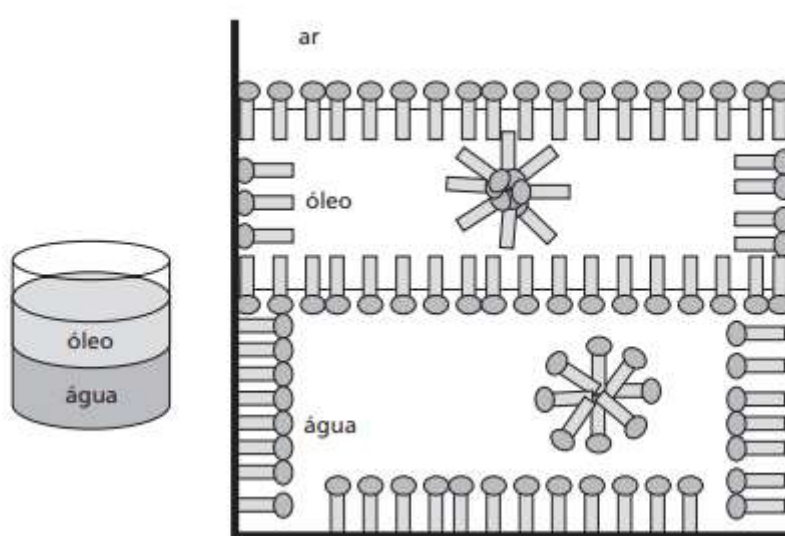
Entretanto, quando uma molécula de tensoativo é adicionada a uma mistura óleo/água, a molécula se estabiliza inicialmente posicionando-se perpendicularmente à interface óleo/água e se fixa à superfície, pois para ela voltar para a solução oleosa ou para a solução aquosa, deve vencer a instabilidade gerada pela parte pouco solúvel no meio. Isto faz com que a molécula seja mais estável na interface óleo-água, pois a parte apolar da molécula solubiliza-se com a fase oleosa e a polar com a fase aquosa.

Com a adição de mais tensoativo, as moléculas continuam a migrar para superfícies que possam melhorar sua estabilidade, como as superfícies líquido-ar e sólido-líquido. Ao completar os espaços disponíveis nestas superfícies, e com a adição de mais tensoativo, a concentração destas moléculas no interior das fases começa a aumentar.

Com o aumento da concentração de tensoativo no interior da solução, estas moléculas tendem a se encontrar, através do movimento natural das moléculas. Estes encontros podem ocorrer de tal forma que suas partes lipofílicas (apolares) se ‘choquem’. Como estas partes da molécula não possuem afinidade com o meio aquoso (polar), mas possuem afinidade entre si, há uma tendência de agrupamento das porções apolares, no meio polar, formando assim uma estrutura organizada com as frações apolares internas à estrutura e a porção polar externa, interagindo com o meio aquoso (polar).

Este tipo de estrutura é chamado de micela, e a formação das micelas se justifica, pois, nesta configuração, as moléculas possuem maior estabilidade do que o tensoativo em solução. As micelas podem ser formadas tanto em soluções polares, quanto em soluções apolares. Em meios polares, a parte interna das micelas é formada pela porção apolar, e em meios apolares a parte interna das micelas é formada por frações polares. A Figura 4 ilustra a formação de micelas em solução óleo/água, após a ocupação das superfícies óleo-água, sólido-líquido e líquido-ar.

Figura 4- Formação de micelas em solução óleo e água.



Fonte: Daltin (2011).

Como descrito anteriormente, com a adição de tensoativo ao meio aquoso, ocorre a diminuição da tensão superficial da solução aquosa; porém, a tensão superficial diminui somente até o ponto em que existe espaço disponível nas superfícies sólido-líquido, líquido-ar e óleo-água. Quando as superfícies estão totalmente ocupadas, ocorre a formação de micelas e isto faz com que a tensão superficial da solução não reduza mais. A concentração em que não há mais a redução da tensão superficial da solução aquosa é denominada concentração micelar crítica (CMC), onde ocorre a formação das primeiras micelas (DALTIN, 2011, SCHONS, 2008).

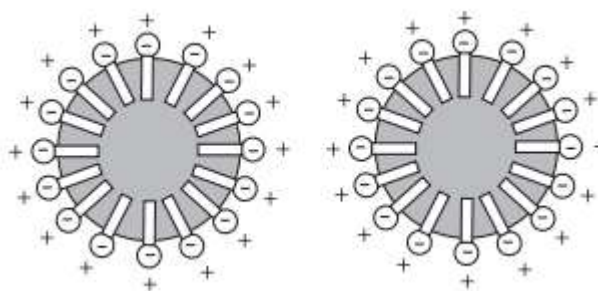
2.2.3 Formação de emulsões

As principais aplicações de tensoativos são a formação de emulsões e a detergência. Para ocorrer a formação de emulsões óleo-água com presença de tensoativo, é necessário que ocorra a agitação do sistema, e que o tensoativo esteja presente em concentração acima da concentração micelar crítica. Isto faz com que as gotículas de óleo sejam dispersas em água, criando novas

superfícies óleo-água, ocasionando o deslocamento das moléculas de tensoativos organizadas em micelas para as novas superfícies óleo-água criadas pela agitação (DALTIN, 2011; FRANGE, 2009; FRANZOL, 2015).

Com o deslocamento das moléculas de tensoativos para as superfícies óleo-água, ocorre a formação de uma camada de tensoativo sobre a superfície da gotícula de óleo. Esta superfície adquire uma carga eletrostática de acordo com o tensoativo utilizado. Se o tensoativo utilizado for aniônico, a superfície adquire carga negativa, atraindo moléculas de água e contraíons de carga positiva, gerando uma dupla camada elétrica em volta da gotícula. Como as gotículas formadas possuem cargas iguais, ocorre o efeito de repulsão entre as gotículas, evitando com que elas se reagrupem e mantendo a estabilidade. A Figura 5 ilustra a formação da dupla camada elétrica em uma gotícula de óleo com tensoativo aniônico.

Figura 5- Formação da dupla camada elétrica em uma gotícula de óleo estabilizada por tensoativo aniônico.



Fonte: Daltin (2011).

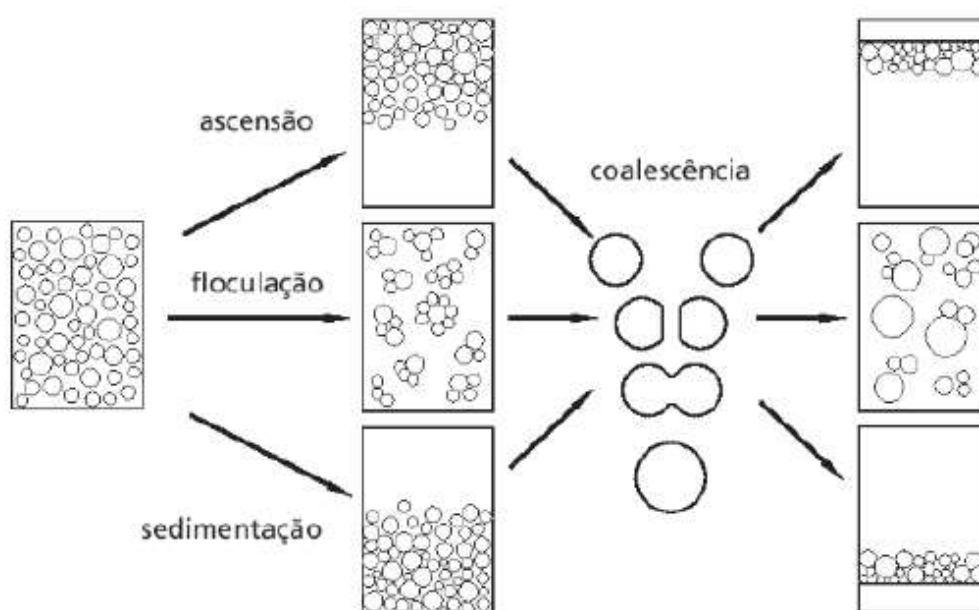
Como os tensoativos não iônicos não apresentam carga verdadeira, são formadas gotículas que não possuem dupla camada elétrica. A estabilização das emulsões ocorre por meio do impedimento estérico de suas moléculas, que apresentam porções apolares muito longas. Para alcançar uma melhor estabilização das emulsões são utilizados normalmente dois tipos de tensoativos, os aniônicos e os não iônicos, proporcionando a associação dos dois efeitos de estabilização, o estérico e o eletrostático (DALTIN, 2011).

2.2.4 Estabilidade de emulsões

A estabilidade da emulsão está relacionada ao tempo gasto até ocorrer o início da separação visual das fases, que pode levar minutos para emulsões menos estáveis até anos para emulsões mais estáveis. A instabilidade física da emulsão está relacionada ao surgimento de fenômenos como: coalescência, floculação e ascensão ou sedimentação (FRANZOL, 2015).

A coalescência de uma emulsão é a união de gotículas de uma fase dispersa, formando gotículas cada vez maiores, até que ocorra a separação irreversível das fases. A floculação é a agregação reversível da fase dispersa, por meio das forças de Van der Waals. A ascensão e a sedimentação são resultantes da diferença de densidade entre as fases, e consistem na migração de uma das fases para a parte superior da emulsão, chamada de ascensão, ou na migração para a parte inferior da emulsão, chamada de sedimentação. Tanto a ascensão quanto a sedimentação são fenômenos reversíveis, ou seja, quando a emulsão é agitada, ela retorna as suas características iniciais. A Figura 6 ilustra os mecanismos de desestabilização de emulsões (DALTIM, 2011; FRANZOL, 2015, SILVA, 2014).

Figura 6- Mecanismos de desestabilização de emulsões.



Fonte: Daltin (2011).

A velocidade de desestabilização de uma emulsão está relacionada a diversos fatores, dentre eles pode-se destacar a diferença de densidade entre as fases, a viscosidade das fases e a tensão interfacial entre elas. Para se aumentar o tempo em que uma emulsão permanece estável deve-se utilizar fases com densidades próximas e aumentar a viscosidade da fase contínua. Outro fator importante é a redução da tensão interfacial entre as fases, que possibilita a obtenção de gotículas de menor tamanho, minimizando o gasto energético (DALTIM, 2011; FRANZOL, 2015; SILVA, 2014).

Sobre a desestabilização de emulsões, é necessário elucidar, ainda, que o tipo de tensoativo é um fator determinante na velocidade de desestabilização, pois, quando a gotícula de óleo está envolvida por moléculas de tensoativo, ela se mantém estável, mas, quando duas gotículas se aproximam com alta energia, pode ocorrer o deslocamento de moléculas de tensoativo por repulsão entre as cargas, no caso de tensoativos iônicos. Essa repulsão cria espaços vazios na superfície da gotícula, aumentando a área de contato entre as fases oleosas e ocasionando a formação de uma gotícula maior. Se o crescimento das gotículas for rápido, a emulsão pode retornar a sistema bifásico (DALTIM, 2011). Vale ressaltar que este crescimento pode ser amenizado com o uso de tensoativos iônicos com a fase orgânica ramificada, ou pelo uso de tensoativos neutros para preenchimento dos espaços vazios.

Um dos processos mais utilizados na desestabilização de emulsões é a coagulação química. Para realizar a coagulação química são utilizados diversos compostos, como sais de ferro, sais de alumínio e também polímeros sintéticos. A adição destes compostos químicos faz com que as forças de repulsão entre as partículas sejam menores que as forças de atração de Van der Waals, o que provoca a desestabilização da emulsão. Existem estudos de desestabilização de emulsões com o uso de compostos naturais, como o de Silva *et al.* (2014), no qual foram utilizados polímeros naturais extraídos do quiabo (*Abelmoschus Esculentus*) na desestabilização de emulsões óleo/água. Os autores utilizaram medidas de turbidez e a análise visual para avaliar a desestabilização de emulsões óleo/água.

2.3 Turbidez

A turbidez é um parâmetro que indica a dispersão de raios luminosos devido a presença de partículas em suspensão em um líquido. Em águas naturais, a turbidez elevada é causada pela presença de partículas de argila, silte, matéria orgânica e inorgânica particulada (BITTENCOURT, 2014).

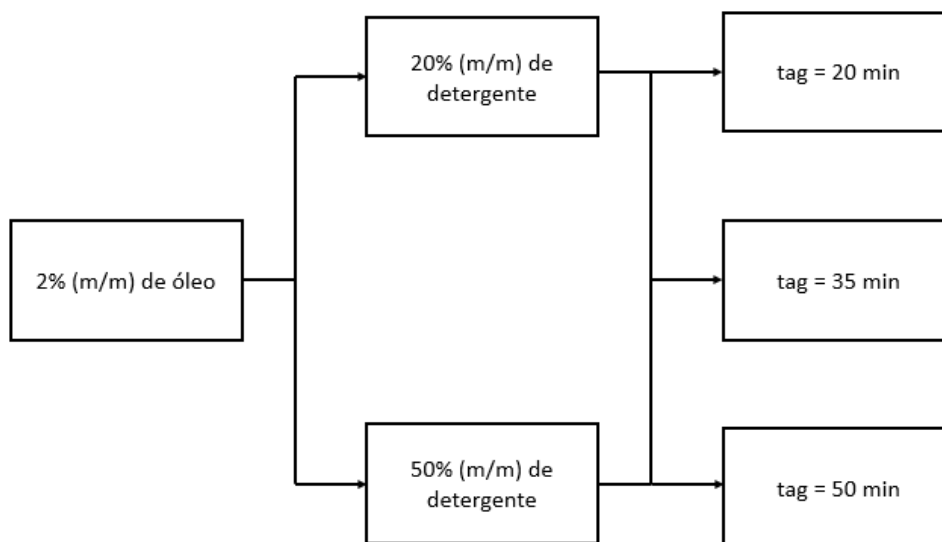
A medida de turbidez se baseia na interferência à passagem de raios luminosos em linha reta através de uma amostra; a dispersão ou absorção destes raios indica que a amostra contém sólidos em suspensão. Em geral, o funcionamento dos turbidímetros atuais conta com um fotorreceptor disposto a um determinado ângulo do feixe de luz, que detecta a luz refletida pelas partículas em suspensão. A luz detectada é convertida em um sinal elétrico, que é enviado para o visor do equipamento. A medida de turbidez é feita em unidades nefelométricas de turbidez (UNT ou NTU) (BITTENCOURT, 2014; LIBÂNIO, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o preparo das emulsões óleo em água (O/A), foram utilizados o óleo de canola da marca Liza como a fase interna e o detergente neutro da marca Ypê como tensoativo. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Processos de Separações Mecânicas (LPSM), da Universidade Federal de Lavras.

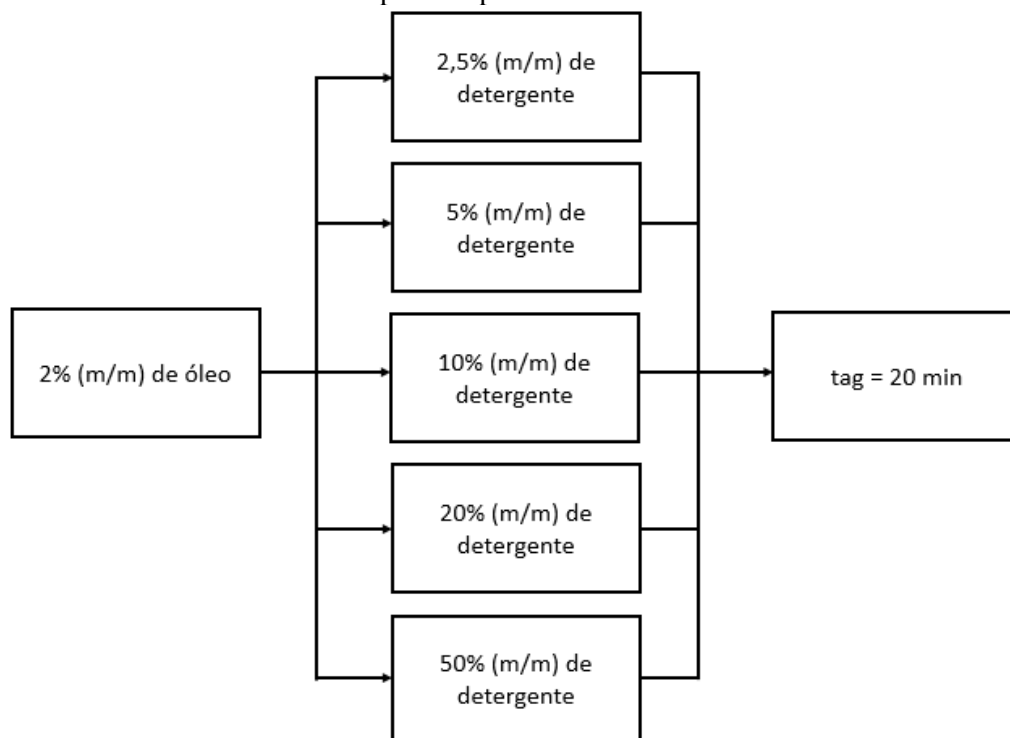
Em uma etapa inicial, foram testados diferentes tempos de agitação e duas concentrações de detergente, com teor de óleo fixo. Nesta etapa foi avaliado o efeito do tempo de agitação (tag) na estabilidade da emulsão O/A. Posteriormente, foram realizados experimentos com o intuito de avaliar o efeito da concentração do detergente na estabilidade da emulsão mantendo o teor de óleo constante e igual a 2% (m/m). Na etapa final de testes para a estabilização das emulsões, foi avaliado o efeito da concentração de óleo na estabilidade das emulsões O/A. Os valores utilizados em cada etapa experimental estão descritos nas Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 - Percentuais em massa de detergente e óleo e tempo de agitação utilizados na primeira etapa do experimento.



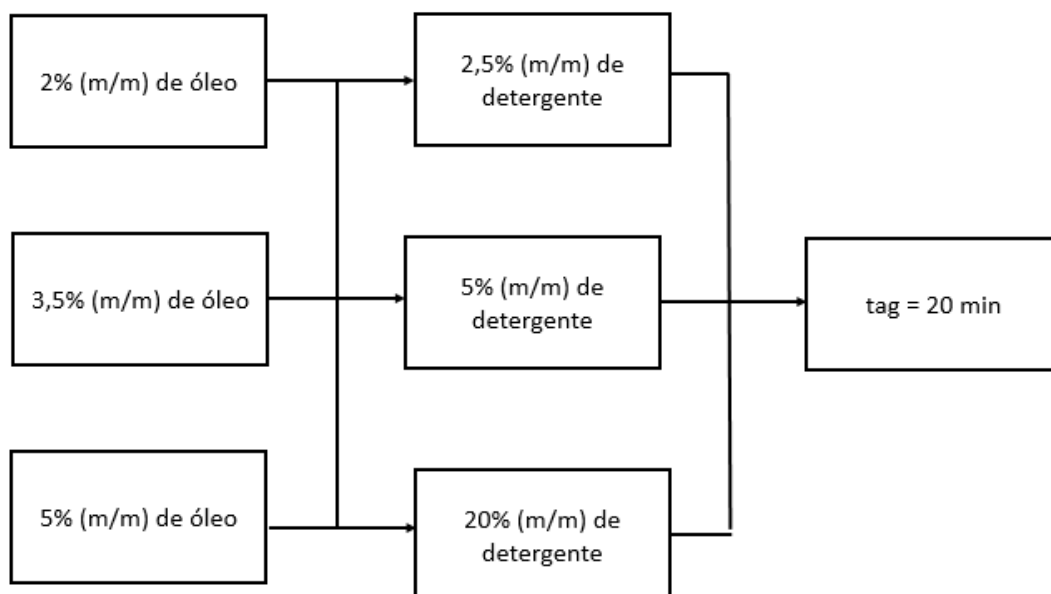
Fonte: Do Autor (2020).

Figura 8 - Percentuais em massa de detergente e óleo e tempo de agitação utilizados na segunda etapa do experimento.



Fonte: Do Autor (2020).

Figura 9 - Percentuais em massa de detergente e óleo e tempo de agitação utilizados na terceira etapa do experimento.



Fonte: Do Autor (2020).

Em todas as etapas, o preparo das emulsões e a avaliação da estabilidade foram realizadas como descrito a seguir.

3.1 Preparo das emulsões

Primeiramente, foram pesadas as quantidades correspondentes de detergente neutro da marca Ypê nos béqueres de 250 mL, utilizando uma balança de precisão. Em seguida, pesou-se a água deionizada, que foi adicionada ao béquer com detergente. Por fim, adicionou-se o óleo de canola da marca Liza, na quantidade necessária, com o auxílio de uma pipeta de Pasteur.

Feito isso, as misturas foram levadas ao agitador mecânico da marca Fisatom, que foi acionado na velocidade 5 (correspondente a uma velocidade de rotação de 1976 rpm). Esta velocidade foi mantida constante durante todos os testes. Passado o tempo de agitação, desligou-se o agitador e as emulsões formadas foram submetidas à avaliação da estabilidade.

3.2 Estabilidade das emulsões

A avaliação da estabilidade das emulsões foi realizada através da avaliação visual e de medidas de turbidez. Para realizar as medidas de turbidez, foram coletadas amostras de 10 mL com o auxílio de uma pipeta graduada. As amostras foram adicionadas em uma cubeta e mediu-se a turbidez utilizando um turbidímetro modelo TD-300 da Instrutherm. Foram realizadas análises visuais e medidas de turbidez nos tempos 0 (assim que o agitador foi desligado), 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 minutos. Todas as medidas foram realizadas em triplicata.

Figura 10 - Turbidímetro utilizado no experimento.



Fonte: Do Autor (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

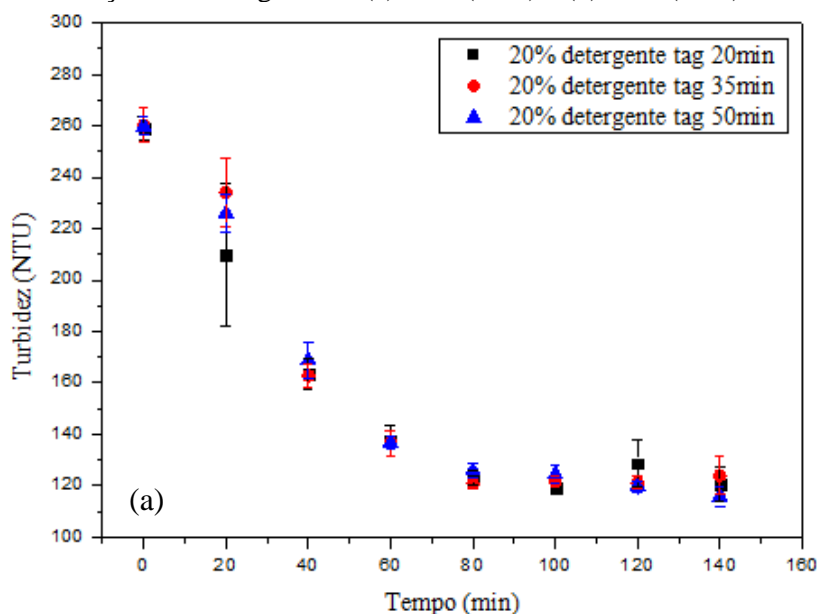
Neste item serão apresentados e discutidos os resultados obtidos neste trabalho a partir das metodologias descritas no item 3. Como mencionado, o objetivo foi verificar a influência do tempo de agitação, da concentração de detergente e da concentração de óleo sobre a estabilidade de emulsões óleo de canola em água.

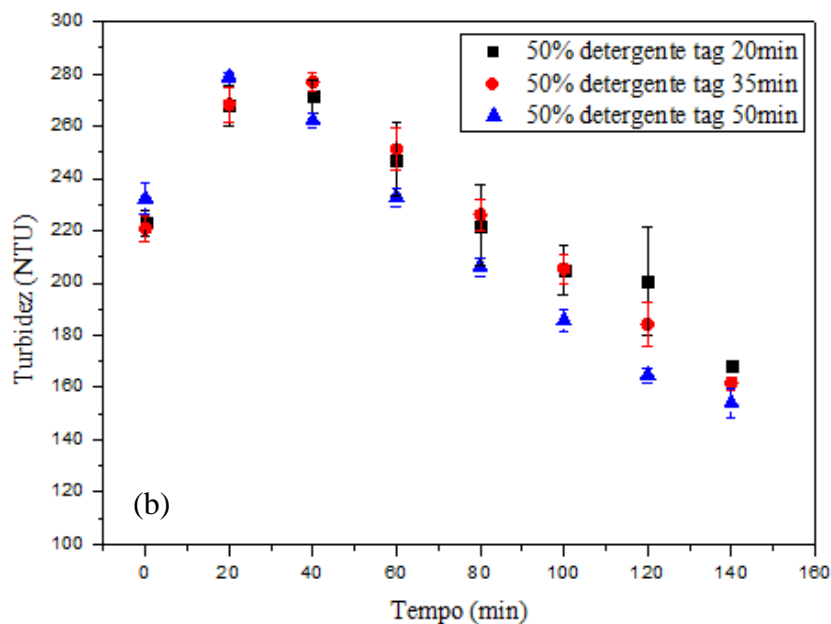
Todas as figuras a seguir apresentam os valores médios de experimentos realizados em triplicata, com as barras de erro indicando os desvios-padrão.

4.1 Efeito do tempo de agitação

Com o intuito de se avaliar o efeito do tempo de agitação na estabilidade das emulsões, foram preparadas, para as concentrações de detergente de 20% (m/m) e 50% (m/m), emulsões com concentração de óleo de canola de 2% (m/m) e tempos de agitação de 20, 35 e 50 minutos. Após o tempo de agitação estipulado, medidas de turbidez foram realizadas nas diferentes emulsões de 20 em 20 minutos ao longo de um tempo total de 140 minutos (tempos de repouso). Os dados obtidos foram utilizados para a construção dos gráficos de turbidez em função do tempo de repouso ilustrados na Figura 11 (a) para 20% (m/m) e (b) para 50% (m/m) de detergente.

Figura 11- Influência do tempo de agitação nas emulsões com 2,0% (m/m) de óleo de canola e concentrações de detergente de (a) 20% (m/m) e (b) 50% (m/m).





Fonte: Do Autor (2020).

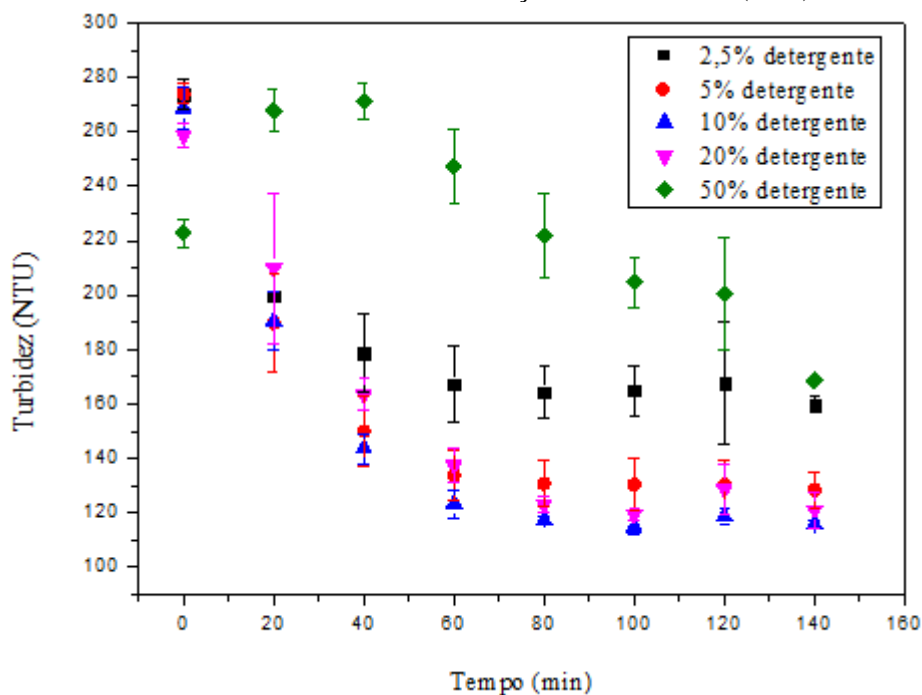
Ao analisar a Figura 11, pode-se afirmar que, os tempos de agitação que foram testados não influenciam na estabilidade das emulsões ao longo do experimento, pois, tanto nas emulsões com concentração de detergente de 20%, quanto nas emulsões com 50% (m/m), não houve diferença nos valores de turbidez. De forma geral, observa-se que as diferenças entre os valores médios se encontram dentro das faixas de desvios.

Ao constatar-se que os tempos de agitação utilizados não influenciaram na estabilidade das emulsões, foi adotado o menor tempo de agitação para a realização dos experimentos seguintes (20 min), a fim de minimizar o gasto de energia para o preparo das emulsões. Além da influência do tempo de agitação, também foi observado que com a concentração inferior de detergente (20%), foram obtidos resultados mais satisfatórios para a estabilidade da emulsão, já que os valores de turbidez obtidos se tornam constantes após 80 min de repouso. Com isso, foram definidas novas concentrações de detergente, menores do que 20% (m/m) para se analisar a influência da concentração de detergente na estabilidade.

4.2 Influência da concentração de detergente na estabilidade da emulsão.

A fim de avaliar a influência da concentração de detergente na estabilidade das emulsões foram realizados experimentos utilizando as seguintes concentrações de detergente: 2,5%, 5%, 10%, 20% e 50% (m/m) e concentração de óleo fixa de 2% (m/m) para um tempo de agitação de 20 min. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 12.

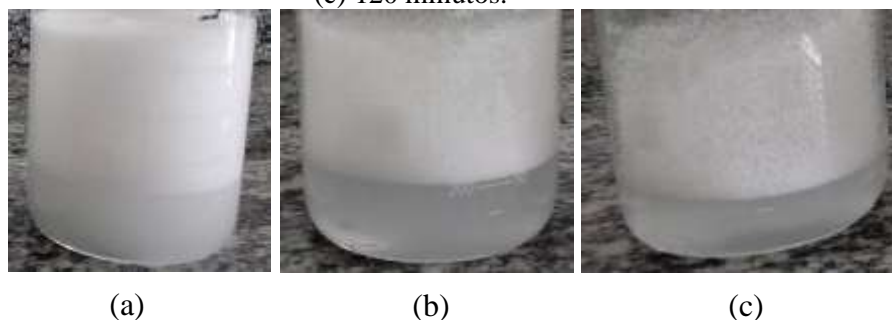
Figura 12- Influência da concentração de detergente para emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos e concentração de óleo de 2% (m/m).



Fonte: Do Autor (2020).

Na Figura 12, analisando-se a curva que descreve as emulsões preparadas com 50% de detergente ao longo do tempo, pode-se notar que houve um aumento da turbidez entre os tempos 0 e 20 minutos. Após este tempo, os valores de turbidez diminuem, mas não chegam a ficar constantes nos 140 min de análise. Na Figura 13, são apresentadas fotografias obtidas ao longo do ensaio, onde é possível notar que a emulsão se apresenta mais turva no início do ensaio (Figura 13-a), mas as medidas de turbidez no tempo zero indicam uma turbidez menor que os valores obtidos nos tempos de 20, 40 e 60. Este comportamento pode ser justificado devido à grande quantidade de detergente em conjunto com a agitação mecânica da emulsão, que pode ter incorporado ar ao líquido no momento do preparo da emulsão, comprometendo as medidas de turbidez no tempo inicial.

Figura 13- Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos, concentração de óleo de 2% (m/m) e concentração de detergente de 50% (m/m), para os tempos decorridos do experimento de (a) 0, (b) 60 e (c) 120 minutos.



Fonte: Do Autor (2020).

Segundo Daltin (2011), ao adicionar-se tensoativo em um sistema óleo-água, o tensoativo se posiciona perpendicularmente a interface óleo-água e, em seguida, nas superfícies sólido-líquido e líquido-ar. Ao se adicionar tensoativo em excesso (acima da concentração micelar crítica), o tensoativo se aglomera em micelas. Com a agitação da solução, são formadas pequenas gotículas de óleo, aumentando assim a superfície óleo-água e fazendo com que o tensoativo se posicione perpendicularmente a estas gotículas emulsionando-as no meio aquoso. Porém, ao agitar o meio vigorosamente, são formadas pequenas bolhas de ar, e havendo tensoativo disponível na forma micelar, este tensoativo irá estabilizar estas bolhas de ar.

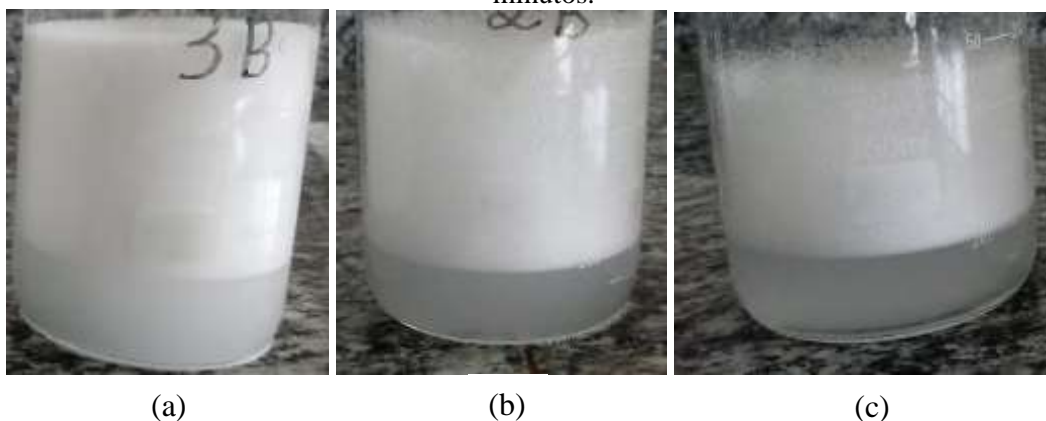
As bolhas de ar estabilizadas pelo tensoativo na emulsão, ocasionam uma redução na medida da turbidez, pois o feixe de luz lançado pelo turbidímetro passa por essas bolhas, fazendo com que a absorção e a dispersão dos raios luminosos sejam menores, justificando assim, o comportamento apresentado (no tempo de 0 à 20 minutos) pelas emulsões com concentração de detergente de 50% (m/m). Este comportamento inicial foi também observado por Silva (2019) para emulsões preparadas com 50% (m/m) de detergente e 2% de óleo de soja. A autora também observou uma redução na opacidade da emulsão com o tempo de repouso.

Como mencionado anteriormente, após este aumento inicial de turbidez, o valor decai até o tempo de 140 min, fazendo com que a emulsão não atinja a estabilidade durante o período de realização do experimento.

As curvas que descrevem as emulsões preparadas com concentrações de detergente de 5%, 10%, e 20% (m/m) apresentam comportamento similar (Figura 12). No tempo de 0 min, as emulsões apresentam sua maior turbidez (entre 250 e 280 NTU), e esta decai até o tempo de 60 minutos, estabilizando entre 120 e 140 NTU e permanecendo com estes valores até o término do experimento. Observando-se a Figura 14, pode-se notar uma redução da turbidez da emulsão no

decorrer do experimento, corroborando os resultados obtidos com a medida do turbidímetro. Outra observação a ser feita é em relação à redução da espuma ao longo do tempo; esta redução é devida à inserção da seringa para retirada das amostras a serem analisadas no turbidímetro.

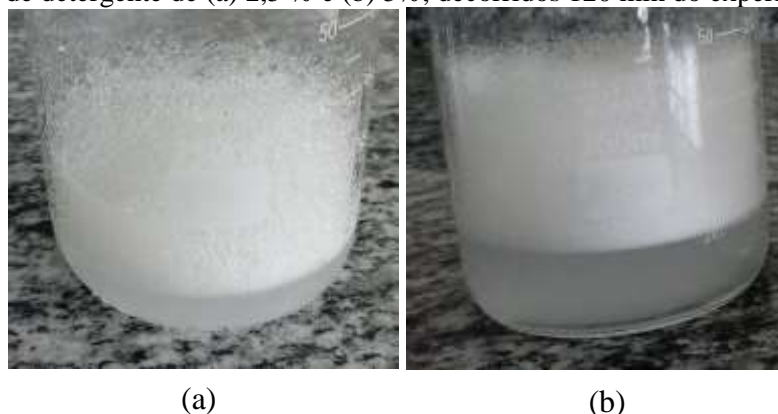
Figura 14 - Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 min, concentração de detergente de 5% (m/m), concentração de óleo de 2% (m/m) e tempo decorrido de experimento de (a) 0, (b) 60 e (c) 120 minutos.



Fonte: Do Autor (2020).

Por fim, para as emulsões com 2,5% (m/m) de detergente e 2% de óleo com tempo de agitação de 20 min, pode-se notar um melhor comportamento quanto a estabilidade da emulsão e a turbidez (Figura 12). Estas emulsões possuem valor de turbidez no tempo 0 igual ao das emulsões com concentrações de detergente de 5%, 10%, e 20% (m/m); porém, quando a emulsão se estabiliza, ela possui um valor de turbidez mais elevado (entre 150 e 180 NTU) se comparado às de maiores concentrações de detergente. Estes valores são em média 30,7% maiores do que os valores obtidos para as emulsões com concentração de detergente de 5%, 10% e 20% nos mesmos tempos. Ao se analisar visualmente as emulsões não é possível observar diferença nas amostras, devido aos valores de turbidez diferirem 30 NTU, em média. A Figura 15 apresenta fotografias das emulsões com concentração de detergente de 2,5% (m/m) e 5% (m/m), após a estabilização (decorridos 120 minutos do experimento).

Figura 15 - Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 min, concentração de óleo de 2% (m/m), e concentrações de detergente de (a) 2,5 % e (b) 5%, decorridos 120 min do experimento.

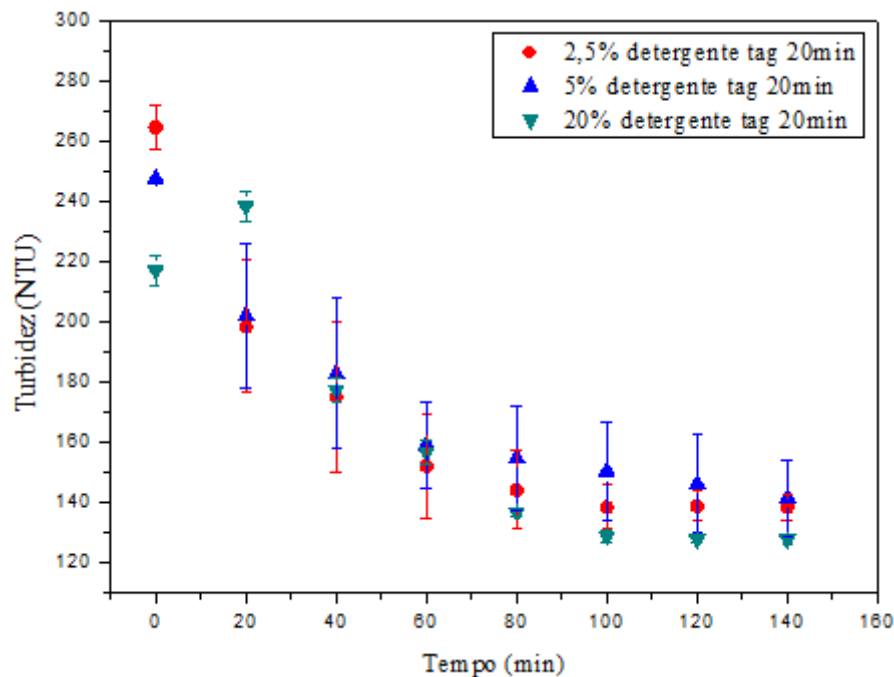


Fonte: Do Autor (2020).

Partindo destas análises foram realizados experimentos para se determinar o efeito da concentração de detergente em diferentes concentrações de óleo. Para isto, foram preparadas novas emulsões com os teores de óleo de 2%, 3,5% e 5% (m/m), variando-se também a concentração de detergente em 2,5%, 5% e 20% (m/m). Essas concentrações de óleo foram escolhidas a fim de se comparar os resultados do trabalho atual com os reportados no trabalho de Silva (2019), no qual foi utilizado óleo de soja para o estudo da estabilidade de emulsões óleo-em-água. As concentrações de detergente foram escolhidas a partir dos resultados obtidos previamente neste trabalho.

A Figura 16 apresenta os valores de turbidez para as emulsões com concentração de óleo de 3,5% (m/m), tempo de agitação de 20 minutos e concentrações de detergente de 2,5%, 5% e 20%. Analisando-se a figura, pode-se observar que, as emulsões com concentração de 20% (m/m) de detergente, apresentaram um aumento na turbidez entre os tempos 0 e 20 minutos e, isto ocorre, devido a formação de bolhas, efeito anteriormente apresentado pela emulsão com concentração de 50% (m/m) de detergente e concentração de 2% (m/m) de óleo.

Figura 16 - Influência da concentração de detergente para emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos e concentração de óleo de 3,5% (m/m).



Fonte: Do Autor (2020).

As demais emulsões apresentaram um comportamento similar, com redução da turbidez até o tempo de 60 minutos, onde os valores se estabilizam e permanecem constantes até o final do experimento. Como não houve uma diferença expressiva nos valores de turbidez das emulsões, a emulsão considerada mais adequada, visando os testes de desestabilização, é a emulsão com 2,5% (m/m) de detergente, pois seria necessário uma menor quantidade de detergente para o seu preparo.

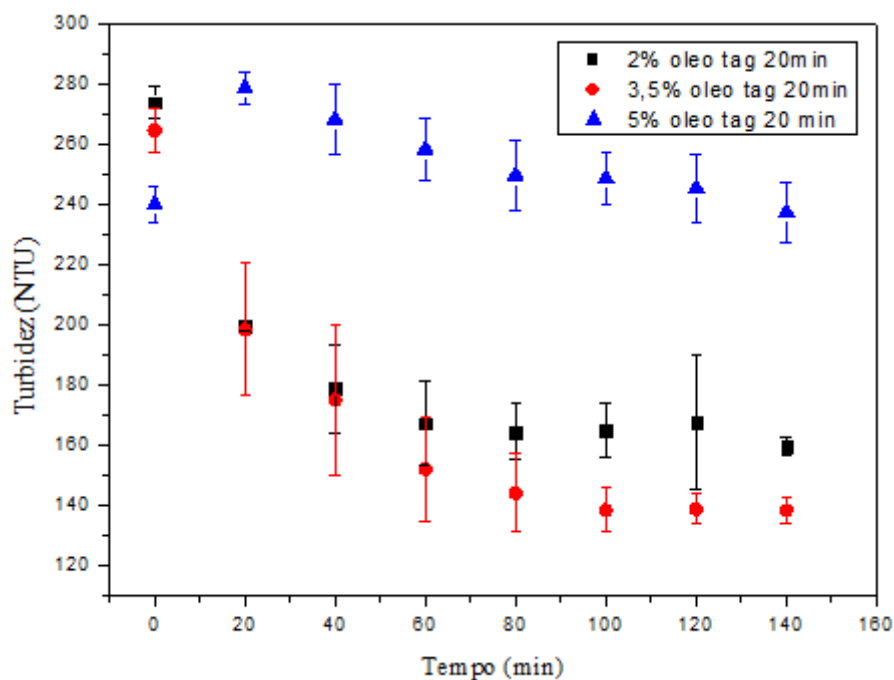
Vale ainda destacar que a formação de espuma foi observada em todas as emulsões preparadas, como pode ser notado nas Figuras 13, 14 e 15. Este tipo de fenômeno pode prejudicar a estabilidade da emulsão, pois, parte do tensoativo que está inicialmente em solução, com a agitação, é retirado para formar a espuma, estabilizando uma interface líquido-ar. Para evitar a formação de espuma, pode-se, por exemplo, aumentar a viscosidade da fase contínua adicionando um espessante ao sistema.

Segundo Daltin (2011), um dos fatores que propiciam a formação de espuma é a baixa viscosidade da emulsão. Com a viscosidade baixa, é facilitada a formação da interface líquido-ar no processo de agitação, deslocando parte do tensoativo presente na solução para esta interface, e diminuindo-se assim, a concentração de tensoativo presente para estabilização do óleo.

4.3 Efeito da concentração de óleo

A fim de se avaliar o efeito da concentração de óleo na estabilidade das emulsões foram obtidos dados de turbidez para emulsões com concentração de detergente de 2,5% (m/m), tempo de agitação de 20 minutos e concentrações de óleo de canola de 2%, 3,5% e 5% (m/m). Estes dados são apresentados na Figura 17.

Figura 17 - Influência da concentração de óleo para emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos e concentração de detergente de 2,5% (m/m).



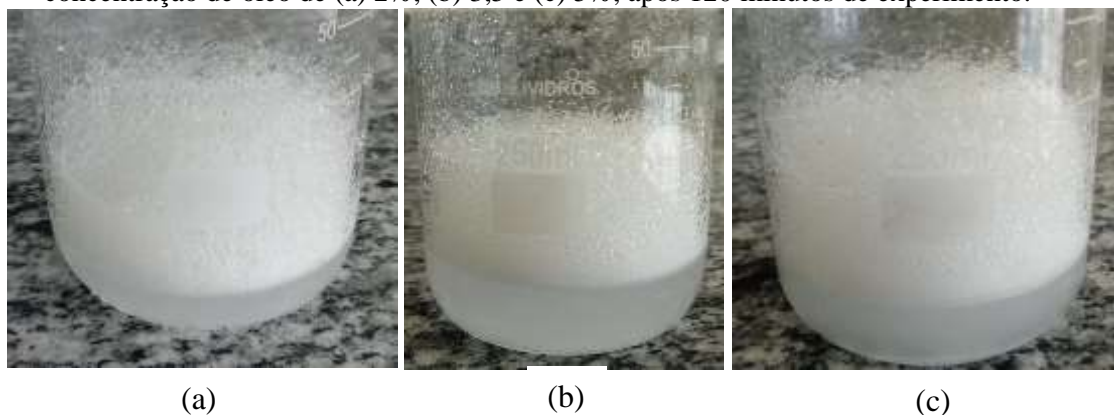
Fonte: Do Autor (2020).

Analisando-se a Figura 17, pode-se observar que, as emulsões que obtiveram o maior valor final de turbidez, foram as emulsões com concentração de óleo de 5% (um valor 48,6% maior do que o medido para as emulsões com 2% de óleo). Estes valores mais altos de turbidez podem ser ocasionados pelo aumento da concentração do óleo na emulsão. Porém, no tempo 0, as emulsões com 5% de óleo apresentam o valor de turbidez mais baixo, seguido por um aumento da turbidez até o tempo de 20 minutos. Logo após, a turbidez decai, atingindo a estabilidade no tempo de 60 minutos e permanecendo com os valores de turbidez constantes até o final do experimento.

As emulsões preparadas com 2% de óleo apresentam uma turbidez inicial de 270 NTU. Este valor decai até o tempo de 60 minutos, onde se mantém estável por volta de 160 NTU, permanecendo constante até o final do experimento. As emulsões com 3,5% de óleo apresentam um comportamento similar ao observado para as emulsões com 2% de óleo.

A Figura 18 apresenta fotografias das emulsões com os diferentes teores de óleo de canola e para o mesmo teor de detergente, decorridos 120 minutos do experimento. É possível notar que, a emulsão com concentração de 5% de óleo apresenta-se levemente mais turva quando se compara com as emulsões com 3,5% e 2% de óleo, corroborando os resultados obtidos pelo turbidímetro.

Figura 18 – Emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos, 2,5% (m/m) de detergente e concentração de óleo de (a) 2%, (b) 3,5 e (c) 5%, após 120 minutos de experimento.



Fonte: Do Autor (2020).

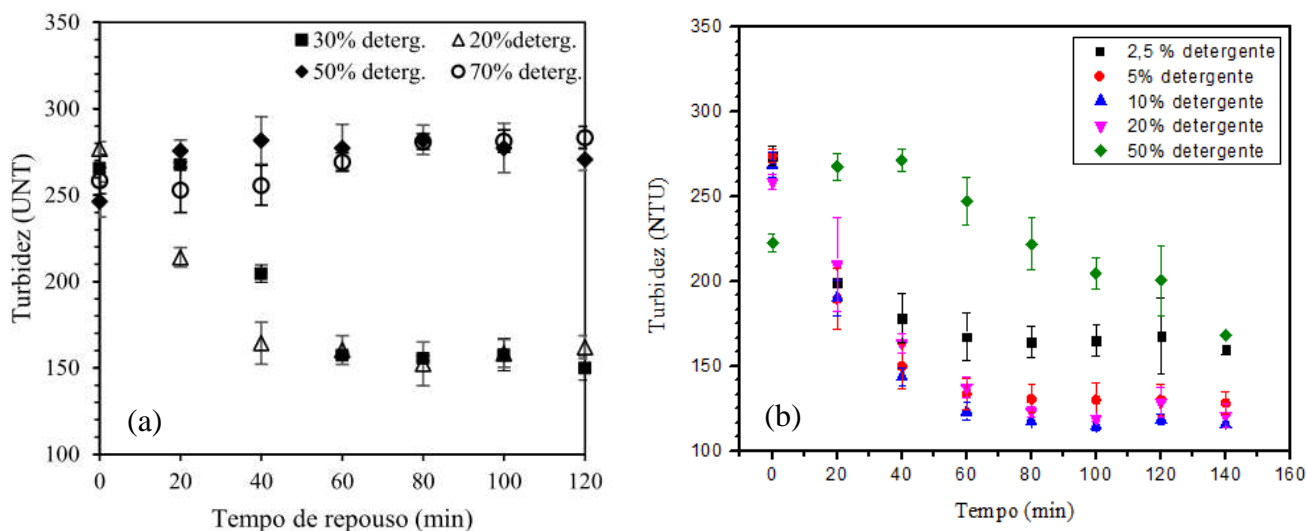
A partir dos resultados obtidos é possível constatar que, apesar da variação da concentração de óleo, todas as emulsões se mostraram estáveis durante o experimento, ou seja, a concentração do tensoativo foi suficiente para estabilizá-las.

4.4 Efeito do tipo de óleo utilizado

Ao comparar os resultados obtidos neste trabalho com os resultados do estudo realizado por Silva (2019), cujo objetivo era elucidar a estabilização de emulsões óleo-em-água, utilizando-se óleo de soja como fase dispersa e detergente neutro (marca Ypê) como tensoativo, notam-se diferenças nas concentrações utilizadas para formação das emulsões estáveis.

A Figura 19 (a) apresenta os resultados obtidos por Silva (2019) para emulsões com 2,0 % de óleo de soja e 20 min de agitação. É possível notar que, as curvas com concentração de detergente de 20% e 30% (m/m) apresentam comportamento similar, bem como as curvas com 50% e 70% (m/m) de detergente, e que, independente do teor de detergente usado, são obtidas emulsões estáveis. Ao comparar as concentrações de detergente utilizadas neste trabalho com as concentrações utilizadas por Silva (2019), observa-se que Silva (2019) utiliza concentrações elevadas de tensoativo para se obter emulsões estáveis. Para facilitar a comparação dos resultados, a Figura 11 foi rerepresentada (Figura 19(b)).

Figura 19 – Comparação da turbidez ao longo do tempo para emulsões preparadas com tempo de agitação de 20 minutos e com concentração de óleo de 2% utilizando: (a) óleo de soja e (b) óleo de canola.



Fonte: Silva (2019).

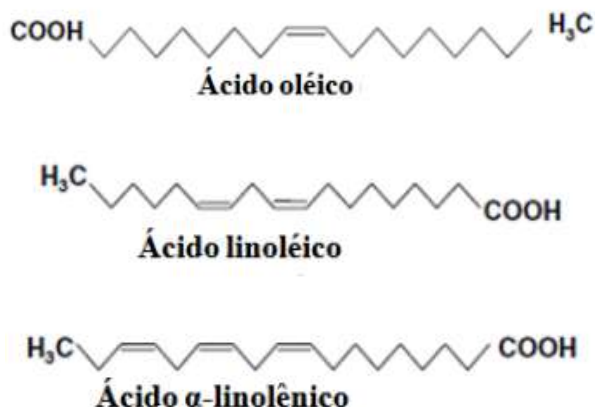
Outro fator relevante são os valores de turbidez obtidos para as emulsões de óleo de soja em água. De forma geral, é possível notar que, uma quantidade muito maior de tensoativo foi utilizada nas emulsões preparadas com óleo de soja, para resultar em valores de turbidez relativamente próximos aos obtidos nas emulsões óleo de canola em água. Apesar disso, as emulsões apresentam comportamentos similares.

Comparando-se as Figuras 19 (a) e (b), nota-se uma semelhança no comportamento apresentado pelos dados obtidos para as emulsões de óleo de canola com 2% (m/m) e concentração de detergente de 2,5%, com o comportamento apresentado pelas emulsões de óleo de soja 2% (m/m) e concentração de detergente de 20% (m/m). Após a estabilização das emulsões de 2% de óleo de soja e 20% de detergente, elas apresentam valores de turbidez próximos a 160 NTU; já as emulsões com 2% de óleo de canola e 2,5% detergente, após estabilizadas, também apresentam valores entre 160 e 170 NTU, além de apresentarem o mesmo tempo de estabilização de 60 minutos. Porém, existe uma grande diferença na concentração de detergente utilizada: a emulsão que contém óleo de soja utiliza 8 vezes mais detergente que a emulsão de óleo de canola, mas ambas possuem características similares quanto à estabilidade e turbidez.

Esses resultados sugerem que o óleo de soja necessita de uma quantidade maior de detergente para formar uma emulsão com estabilidade similar à obtida com o uso do óleo de canola. Esta necessidade de uma maior concentração de tensoativo para se obter uma emulsão estável poderia ser explicada analisando-se as principais substâncias presentes nestes óleos.

Segundo Mandarinino *et al.* (2005), o óleo de soja possui em sua composição 3 substâncias majoritárias que são: 24,5% de ácido oléico, 53% de ácido linoleico e 7% de ácido linolênico. O óleo de canola, por sua vez, possui 58% de ácido oléico, 22% de ácido linoleico e 10% de ácido linolênico. As estruturas moleculares destas substâncias estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1- Principais substâncias presentes no óleo de canola.



Fonte: Adaptado Oliveira (2013).

Como apresentado anteriormente, o óleo de canola possui um teor superior de ácido oléico, o que está possivelmente relacionado à sua maior eficiência na formação das micelas. Analisando as estruturas dos compostos, é possível observar que o ácido oléico possui apenas uma ligação dupla em sua cadeia carbônica, enquanto o ácido linoléico possui duas ligações duplas e o ácido linolênico, três ligações duplas. O aumento no número de ligações duplas, com configuração *cis*, faz com que as cadeias carbônicas dos ácidos graxos não consigam se aproximar e interagir tão bem.

Assim, acredita-se que as moléculas de ácido oléico, com menor número de duplas, possam não só interagir de forma mais eficiente entre elas, facilitando a formação das micelas, como também com a cadeia apolar do tensoativo (detergente). Esta maior interação poderia levar à uma menor mobilidade do tensoativo na superfície da micela, o que reduziria a possibilidade de espaços vazios e a aproximação entre gotículas do óleo, minimizando o efeito do crescimento da gotícula e favorecendo a formação e estabilidade da emulsão.

Vale ressaltar ainda que, além do óleo de canola possuir um teor maior de ácido oléico, possui também um menor teor de ácido linoléico, que apresenta um maior número de ligações duplas do tipo *cis*, levando a um maior impedimento estérico e dificultando a aproximação e interação entre moléculas. A presença de ácido linoléico em menor quantidade, quando comparada

ao óleo de soja, também pode ter contribuído para os melhores resultados obtidos para o óleo de canola.

5 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi realizado um estudo sobre a estabilidade de emulsões de óleo de canola em água, avaliando-se o efeito dos parâmetros: tempo de agitação, concentração de tensoativo e concentração de óleo na estabilidade das emulsões.

Os resultados mostraram que os tempos de agitação avaliados (20, 35 e 50 min) não influenciaram na estabilidade das emulsões. Em relação ao efeito da concentração de detergente, as emulsões com 50% de detergente (em massa) apresentaram uma maior turbidez, mas não se mostraram estáveis no período de tempo considerado nas análises. Já as emulsões com 2,5% de detergente exibiram maior turbidez quando comparadas com as emulsões de 5%, 10% e 20%, e apresentaram o mesmo comportamento quanto à estabilidade. Assim, pode-se afirmar que as emulsões preparadas com 2,5% de detergente, se avaliadas quanto à estabilidade e turbidez, resultam em melhores valores.

Sobre o efeito da concentração de óleo de canola, foi possível observar que as emulsões preparadas com 2,5% de detergente e 5,0% (em massa) de óleo resultaram em valores de turbidez em torno de 250 NTU, para tempos maiores que 60 minutos. Estes valores são superiores aos obtidos para as emulsões preparadas com 2,0 e 3,5% de óleo e, dessa forma, a emulsão com 2,5% de detergente e 5,0% de óleo pode ser considerada a ‘melhor’ emulsão óleo de canola em água dentre as avaliadas no presente estudo.

Comparando os tipos de óleo utilizados para o preparo das emulsões deste trabalho e do estudo realizado por Silva (2019), nota-se que o óleo de canola produz emulsões estáveis utilizando menores concentrações de tensoativo, do que o óleo de soja. O uso de concentrações mais altas de tensoativo no preparo de emulsões com óleo de soja pode ser devido ao maior teor de substâncias com ligações duplas do tipo *cis* em sua cadeia carbônica, se comparado ao óleo de canola. Este tipo de ligação, em maior número, pode fazer com que a molécula apresente um maior impedimento estérico, dificultando a aproximação entre as moléculas do óleo e resultando em uma menor eficiência na formação das micelas. Portanto, pode-se concluir que o óleo de canola se emulsiona mais fácil que o óleo de soja, nas condições avaliadas neste estudo.

Os resultados obtidos possibilitaram ampliar o conhecimento sobre fenômenos de formação e estabilização de emulsões.

REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, C; PAULA, M. A. S. D. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo: Érica Saraiva, 2014.
- DALTIN, D. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.
- FELIPE, L. O; DIAS, S.C. **Surfactantes sintéticos e biosurfactantes: vantagens e desvantagens**. Química Nova na Escola, v. 39, n. 3, 2017.
- FRANGE, R. C. C; GARCIA, M. T. J. **Desenvolvimento de emulsões óleo de oliva/água: avaliação da estabilidade física**. Revista de ciências farmacêuticas básica e aplicada, v. 30, p. 263-271, 2009.
- FRANZOL, A.; REZENDE, M.C. **Estabilidade de emulsões: um estudo de caso envolvendo emulsionantes aniônico, catiônico e não-iônico**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2015.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3ª. ed. Campinas: Átomo, 2010.
- MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C.; BENASSI, V. T. **Óleos alimentos funcionais**. Londrina: Embrapa soja, 2005.
- OLIVEIRA, J. P. D.; ANTUNES, P. W. P.; PINOTTI, L. M.; CASSINI, S. T. A. **Caracterização físico-química de resíduos oleosos do saneamento e dos óleos e graxas extraídos visando a conversão em biocombustíveis**. Química Nova, v. 37, n.4, p. 597-602, 2014.
- OLIVEIRA, M. L. M.; PINHEIRO, D. C. S. N. **Biomarcadores celulares e moleculares envolvidos na resposta imune-inflamatória modulada por ácidos graxos insaturados**. Acta Veterinaria Brasilica, v.7, n.2, p.113-124, 2013.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. **Óleos e gorduras: aplicações e implicações**. Revista Analytica, v. 27, p. 60-67, 2007

SCHONS, E. M. **Desestabilização de emulsões visando a redução do teor de óleo em água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SILVA, C. C. **Estudo da estabilização de emulsões óleo em água**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

SILVA, E. M. S.; SILVA, A. C.; RIBEIRO, A. S.; CRUZ, S. H. **Uso do quiabo (*abelmoschus esculentus*) como flocculante na desestabilização de emulsões óleo/água**. Revista HOLOS, v. 3, p. 256-263, 2014.