

FORMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MICROEMULSÕES DE ÓLEO DE ROSA MOSQUETA VISANDO ADMINISTRAÇÃO TÓPICA DE MEDICAMENTOS

Francisca Graziely Peixoto Nunes¹

Suzana Barbosa Bezerra²

Raquel Petrilli Eloy³

RESUMO

A pele, especialmente o estrato córneo, limita a penetração de substâncias, dificultando a entrega tópica de fármacos. Para superar essa barreira, tecnologias avançadas têm sido investigadas, destacando-se a nanotecnologia. Entre seus sistemas, as microemulsões se sobressaem pela estabilidade e capacidade de favorecer a permeação cutânea, configurando-se como alternativas promissoras para aplicações tópicas. Nesse contexto, as microemulsões se destacam como nanossistemas versáteis, caracterizados por gotículas em escala nanométrica e capazes de se organizar espontaneamente, configurando-se como alternativas promissoras para a veiculação de fármacos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção e a estabilidade físico-química de microemulsões à base de óleo de rosa mosqueta. Para isso, foram desenvolvidas 36 formulações contendo óleo de rosa mosqueta, Tween 80, etanol e PBS, estruturadas a partir de um diagrama de fases ternário e avaliadas por análises macroscópica, microscópica, condutividade, pH e estabilidade. A avaliação macroscópica identificou três formulações com características compatíveis com os sistemas Winsor II e Winsor III, enquanto nenhuma apresentou comportamento monofásico típico de microemulsões Winsor IV. A ausência desse sistema foi associada às proporções moderadas de tensoativo/co-tensoativo e à alta viscosidade do óleo de rosa mosqueta. Microscopicamente, as formulações Winsor III (F11 e F16) exibiram gotículas homogêneas, enquanto a Winsor II (F29) apresentou heterogeneidade no tamanho das gotas. As análises de condutividade confirmaram sistemas água-em-óleo (A/O), e os valores de pH permaneceram adequados ao uso cutâneo. Após 45 dias, as formulações selecionadas mantiveram sua estabilidade físico-química. Conclui-se que, embora não tenha sido possível obter um sistema Winsor IV, as formulações apresentaram boa organização estrutural e estabilidade, demonstrando o potencial do óleo de rosa mosqueta em sistemas nanoestruturados. Ajustes na proporção de tensoativos poderão favorecer a obtenção de microemulsões monofásicas em estudos futuros.

¹ Discente do curso de Farmácia pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). E-mail: grazielynunes100@aluno.unilab.edu.br

² Orientadora, Docente do Curso de Bacharelado em Farmácia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). E-mail: suzanabezerra@unilab.edu.br.

³ Coorientadora, Docente do Curso de Bacharelado em Farmácia da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: petrilliraquel@gmail.com.

Palavras-chave: microemulsões, óleo de rosa mosqueta, medicamentos tópicos.

ABSTRACT

The skin, especially the stratum corneum, limits the penetration of substances, hindering the topical delivery of drugs. To overcome this barrier, advanced technologies have been investigated, with nanotechnology standing out. Among its systems, microemulsions stand out for their stability and ability to promote skin permeation, making them promising alternatives for topical applications. In this context, microemulsions stand out as versatile nanosystems, characterized by droplets on a nanometric scale and capable of spontaneous organization, making them promising alternatives for drug delivery. This study aimed to evaluate the production and physicochemical stability of rosehip oil-based microemulsions. To this end, 36 formulations containing rosehip oil, Tween 80, ethanol, and PBS were developed, structured from a ternary phase diagram and evaluated by macroscopic and microscopic analyses, conductivity, pH, and stability. Macroscopic evaluation identified three formulations with characteristics compatible with Winsor II and Winsor III systems, while none exhibited the monophasic behavior typical of Winsor IV microemulsions. The absence of this system was associated with the moderate surfactant/co-surfactant ratios and the high viscosity of rosehip oil. Microscopically, the Winsor III formulations (F11 and F16) exhibited homogeneous droplets, while Winsor II (F29) showed heterogeneity in droplet size. Conductivity analyses confirmed water-in-oil (W/O) systems, and pH values remained suitable for cutaneous use. After 45 days, the selected formulations maintained their physicochemical stability. It is concluded that, although it was not possible to obtain a Winsor IV system, the formulations showed good structural organization and stability, demonstrating the potential of rosehip oil in nanostructured systems. Adjustments in the surfactant ratio may favor the production of monophasic microemulsions in future studies.

Keywords: microemulsions; rosehip oil; topical medications.

INTRODUÇÃO

A pele constitui a principal barreira de proteção do organismo humano. Na epiderme, o estrato córneo, sua camada mais superficial, desempenha o papel central na limitação da penetração de substâncias. Essa estrutura, especialmente sua matriz lipídica altamente organizada, é responsável por restringir a permeabilidade cutânea, dificultando a passagem de diversos compostos e fármacos para as camadas mais profundas da pele (GHORBANI, 2025; NAYAK et al. 2025).

Diante dessas limitações, vários métodos têm sido desenvolvidos com o intuito de potencializar a penetração de fármacos. Entre essas alternativas, a nanotecnologia surge como uma abordagem promissora, capaz de facilitar a entrega das moléculas medicamentosas às camadas mais internas da pele, superando parte da resistência imposta pela barreira epidérmica (GHORBANI, 2025; NAYAK et al. 2025; RIBEIRO et al. 2025).

Um sistema de administração tópica de medicamentos explora a barreira epidérmica para promover uma terapia localizada, ao mesmo tempo em que contorna o metabolismo de primeira passagem. Dessa forma, possibilita um tratamento direcionado, com redução dos efeitos colaterais sistêmicos. Para otimizar essa via, diferentes estratégias têm sido empregadas, como o uso de intensificadores químicos e nanocarreadores de fármacos. Dentre esses nanocarreadores, destacam-se as microemulsões (MEs), que apresentam vantagens relevantes, incluindo formação espontânea, estabilidade físico-química, facilidade de fabricação e escalonamento. Além disso, as MEs contribuem para aumentar a solubilização dos fármacos, favorecer a penetração cutânea e, consequentemente, melhorar a biodisponibilidade (GHORBANI, 2025; NAYAK et al. 2025; SALIMI, 2024).

As microemulsões são dispersões isotrópicas termodinamicamente estáveis de dois líquidos imiscíveis, onde os microdomínios de um ou ambos os líquidos são estabilizados por uma película interfacial de moléculas surfactantes e, frequentemente, co-surfactantes. Esses sistemas (tipicamente 10–100 nm) se formam espontaneamente e podem ser estruturados como sistemas óleo-em-água (o/a), água-em-óleo (a/o) ou bicontínuos (FERNANDEZ et al. 2025).

Conforme Plastinin, (2024) para obter um sistema de microemulsões são necessários no mínimo 3 componentes: 2 líquidos imiscíveis (óleo e água) e um estabilizante (surfactante). No entanto, nem todos os surfactantes são capazes de estabilizar suficientemente uma mistura de óleo e água. Nesses casos, recorre-se a aditivos adicionais (co-surfactantes), que ajudam a estabilizar a mistura e a aumentar a quantidade de fase

dispersa do líquido. A combinação dos constituintes nem sempre gera um sistema homogêneo, podendo formar diferentes estruturas classificadas por Winsor (WINSOR, 1948).

Conforme Szumala (2022), um dos principais desafios no desenvolvimento de sistemas de liberação de medicamentos é a seleção dos componentes, pois sua preparação é baseada na seleção apropriada que garantem uma superfície interfacial muito grande e uma tensão interfacial muito baixa e, portanto, estabilidade termodinâmica. Os componentes necessitam atender a requisitos como não-toxicidade, não-irritabilidade, capacidade de solubilização do fármaco a ser incorporado, além de possibilitar a formação do sistema desejado. Adicionalmente, a natureza e a estrutura do tensoativo, co-tensoativo e do óleo, são aspectos cruciais na formulação de sistemas microemulsionados.

Dentre as possíveis fases oleosas empregadas na construção desses sistemas, destaca-se o óleo de Rosa Mosqueta, oriundo das sementes da *Rosa aff. rubiginosa*, espécie vegetal pertencente ao gênero *Rosa*, da família *Rosaceae*. O óleo de rosa mosqueta é empregado na regeneração da pele e de tecidos danificados. Além disso, é caracterizado por seu alto teor de ácidos graxos insaturados vitais, incluindo os ácidos oleico, linoleico e linolênico. Ademais, sua eficácia antibacteriana é atribuída à sua concentração substancial de compostos biologicamente ativos como vitaminas, minerais, carotenóides, tocoferóis, fitoesteróis, flavonóides, taninos, pectinas, açúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos (EROĞLU, 2025; RAO et al. 2023; SANTOS et al. 2009). Essas características favorecem a solubilização de fármacos lipofílicos e tornam óleos com esse perfil, especialmente os ricos em ácidos graxos, adequados para a formulação de microemulsões pela compatibilidade micelar e pela capacidade de formar sistemas termodinamicamente estáveis (NEGREAN et al. 2024).

Considerando esses fundamentos, o presente estudo concentra-se no desenvolvimento e avaliação da estabilidade físico-química de sistemas microemulsionados destinados à aplicação tópica, investigando a estabilidade e organização estrutural das microemulsões. Essa abordagem permite compreender os parâmetros determinantes para a obtenção de sistemas eficientes, contribuindo para o avanço de tecnologias nanotecnológicas voltadas à liberação controlada de fármacos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar a produção e estabilidade físico-química de microemulsões à base de óleo de rosa mosqueta.

Objetivos específicos

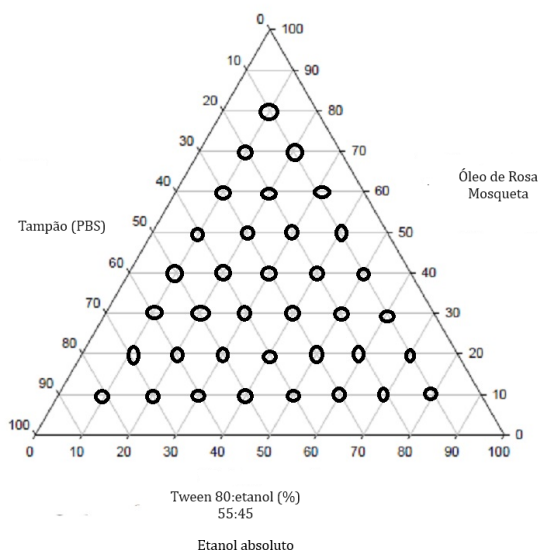
- Desenvolver estudo sobre composições de formulações de microemulsões à base de óleo de rosa mosqueta por meio de diagramas de fase ternário;
- Avaliar as características macroscópicas e microscópicas das microemulsões produzidas a partir de óleo de rosa mosqueta;
- Classificar as microemulsões formadas segundo as regiões de Winsor (I–IV);
- Caracterizar as microemulsões quanto à condutividade, pH e estabilidade.

METODOLOGIA

Construção do Diagrama de Fases

A construção do diagrama de fases é um método importante para estudar sistemas de microemulsões (LIU et al. 2022). Com isso, foi elaborado um diagrama ternário para formulações de microemulsão que envolve a representação gráfica das proporções dos três componentes principais da microemulsão, variando suas concentrações relativas conforme as combinações possíveis no sistema (Tabela 1). Esses componentes formam os vértices do diagrama ternário e foram elaborados representando a interação entre três componentes principais: a fase oleosa, fase aquosa e a mistura tensoativo/co-tensoativo (Figura 1). As formulações foram desenvolvidas utilizando óleo de rosa mosqueta (fase oleosa), tampão PBS (fase aquosa), etanol absoluto (co-tensoativo) e Tween 80 (tensoativo). Ao total, foram obtidas 36 formulações distintas, cada uma contendo 5 g no total, correspondentes a 100%, formuladas de acordo com as proporções em peso/peso determinadas pelas coordenadas do diagrama ternário (Tabela 1).

Figura 1 - Diagrama Ternário para formulações com óleo de rosa mosqueta, Tween 80, etanol absoluto e tampão PBS.



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 1 - Concentrações de óleo de rosa mosqueta, PBS, etanol e Tween 80 definidas para o preparo das formulações.

Formu lação	Óleo de Rosa Mosqueta (g)	Óleo de Rosa Mosqueta (%)	PBS (g)	PBS (%)	Tween 80 (g)	Etanol (g)	55:45 Tween80:Etanol (%)	Total
F01	4g	80%	0,5g	10%	0,275g	0,225g	10%	5g
F02	3,5g	70%	1g	20%	0,275g	0,225g	10%	5g
F03	3,5g	70%	0,5g	10%	0,55g	0,45g	20%	5g
F04	3g	60%	1,5g	30%	0,275g	0,225g	10%	5g
F05	3g	60%	1g	20%	0,55g	0,45g	20%	5g
F06	3g	60%	0,5g	10%	0,825g	0,675g	30%	5g
F07	2,5g	50%	2g	40%	0,275g	0,225g	10%	5g
F08	2,5g	50%	1,5g	30%	0,55g	0,45g	20%	5g
F09	2,5g	50%	1g	20%	0,825g	0,675g	30%	5g
F10	2,5g	50%	0,5g	10%	1,1g	0,9g	40%	5g
F11	2g	40%	2,5g	50%	0,275g	0,225g	10%	5g

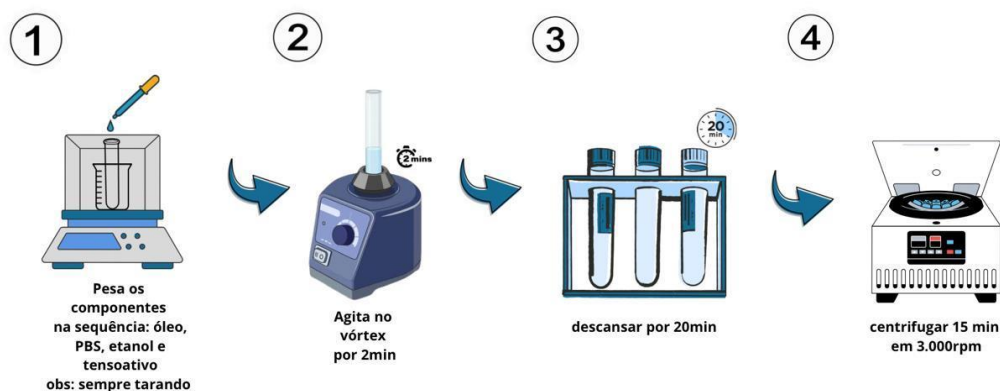
F12	2g	40%	2g	40%	0,55g	0,45g	20%	5g
F13	2g	40%	1,5g	30%	0,825g	0,675g	30%	5g
F14	2g	40%	1g	20%	1,1g	0,9g	40%	5g
F15	2g	40%	0,5g	10%	1,375g	1,125g	50%	5g
F16	1,5g	30%	3g	60%	0,275g	0,225g	10%	5g
F17	1,5g	30%	2,5g	50%	0,55g	0,45g	20%	5g
F18	1,5g	30%	2g	40%	0,825g	0,675g	30%	5g
F19	1,5g	30%	1,5g	30%	1,1g	0,9g	40%	5g
F20	1,5g	30%	1g	20%	1,375g	1,125g	50%	5g
F21	1,5g	30%	0,5g	10%	1,65g	1,35g	60%	5g
F22	1g	20%	3,5g	70%	0,275g	0,225g	10%	5g
F23	1g	20%	3g	60%	0,55g	0,45g	20%	5g
F24	1g	20%	2,5g	50%	0,825g	0,675g	30%	5g
F25	1g	20%	2g	40%	1,1g	0,9g	40%	5g
F26	1g	20%	1,5g	30%	1,375g	1,125g	50%	5g
F27	1g	20%	1g	20%	1,65g	1,35g	60%	5g
F28	1g	20%	0,5g	10%	1,925g	1,575g	70%	5g
F29	0,5g	10%	4g	80%	0,275g	0,225g	10%	5g
F30	0,5g	10%	3,5g	70%	0,55g	0,45g	20%	5g
F31	0,5g	10%	3g	60%	0,825g	0,675g	30%	5g
F32	0,5g	10%	2,5g	50%	1,1g	0,9g	40%	5g
F33	0,5g	10%	2g	40%	1,375g	1,125g	50%	5g
F34	0,5g	10%	1,5g	30%	1,65g	1,35g	60%	5g
F35	0,5g	10%	1g	20%	1,925g	1,575g	70%	5g
F36	0,5g	10%	0,5g	10%	2,2g	1,8g	80%	5g

Fonte: Autor, 2025.

Preparo das formulações

Para a preparação das formulações, primeiramente foi pesada em balança analítica, com o auxílio de pipeta Pasteur em tubo de ensaio rosqueado, a seguinte composição da F01(formulação 01): 4g de óleo de rosa mosqueta, 0,5g de tampão PBS, 0,225g de etanol absoluto e 0,275g de Tween 80, seguida de agitação em vortex por 2 minutos, garantindo a homogeneização adequada. Este mesmo método foi adotado para a preparação de todas as formulações, variando apenas as proporções de acordo com as coordenadas do diagrama ternário. Após um período de repouso de 20 minutos, as formulações foram submetidas à centrifugação por 15 minutos a 3.000 rpm. Na figura 2 é apresentado um esquema do procedimento realizado.

Figura 2 - Passo a passo do preparo das formulações.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

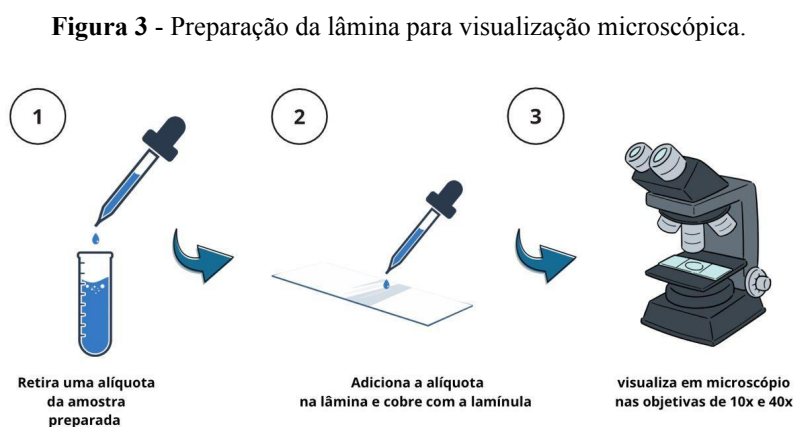
Avaliação macroscópica

A análise macroscópica foi realizada logo após a preparação das formulações e antes da centrifugação, observando-se características macroscópicas, com o objetivo de verificar a homogeneidade do sistema e classificar sua aparência como transparente, translúcida ou opaca. Após a centrifugação, as amostras foram reavaliadas quanto à presença ou ausência de separação de fases, sendo classificadas como sistemas monofásicos ou bifásicos. A partir dessas observações, as formulações foram posteriormente relacionadas à classificação de sistemas de Winsor (I, II, III ou IV), essa classificação é utilizada para descrever o tipo de microemulsão formado, de acordo com a distribuição das fases oleosa, aquosa e tensoativa. De acordo com Winsor (1948), no sistema Winsor I, observa-se uma microemulsão do tipo óleo em água (O/A), coexistindo com uma fase oleosa em excesso; no Winsor II, ocorre uma microemulsão água em óleo (A/O), coexistindo com uma fase aquosa em excesso; o Winsor III é caracterizado pela presença de uma fase intermediária microemulsionada, em equilíbrio

com fases aquosa e oleosa; e o Winsor IV corresponde a uma microemulsão única e homogênea, sem separação de fases distintas. Dessa forma, a classificação das formulações permitiu compreender o comportamento das fases e a estabilidade dos sistemas obtidos.

Avaliação microscópica

Para a análise microscópica, primeiramente foram selecionadas as formulações. De cada formulação selecionada, retirou-se uma alíquota, que foi aplicada sobre uma lâmina de vidro e recoberta com lamínula, a fim de preservar a amostra e possibilitar melhor visualização. Em seguida, as preparações foram examinadas em microscópio óptico, utilizando as objetivas de 10x e 40x (Figura 3).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Avaliação da condutividade e pH

A avaliação da condutividade e do pH das formulações foi realizada, utilizando-se um equipamento multiparâmetro de bancada, contendo simultaneamente as funções de condutivímetro e pHmetro. O equipamento foi previamente calibrado de acordo com as recomendações do fabricante, de modo a assegurar a confiabilidade dos resultados. Para cada análise, os eletrodos correspondentes foram imersos diretamente nas amostras, permanecendo em contato com a matriz até a completa estabilização dos sinais medidos. Somente após essa estabilização, os valores de condutividade e de pH foram devidamente registrados, assegurando precisão e reprodutibilidade nos dados obtidos.

Estabilidade

As formulações selecionadas foram mantidas por seis semanas em condição de armazenamento sob bancada, à temperatura ambiente (25 ± 2 °C), em tubos devidamente

fechados e protegidos da luz. Durante esse período, foram realizadas observações visuais nos dias 0 e 45, a fim de avaliar o impacto do tempo de armazenamento na estabilidade. O intervalo de 45 dias deve-se à demanda de outras atividades analíticas, que limitou a realização de avaliações intermediárias pelo analista. Além das observações visuais, também foram efetuadas análises de condutividade e pH para monitorar possíveis alterações nos parâmetros físico-químicos relacionados à estabilidade do sistema.

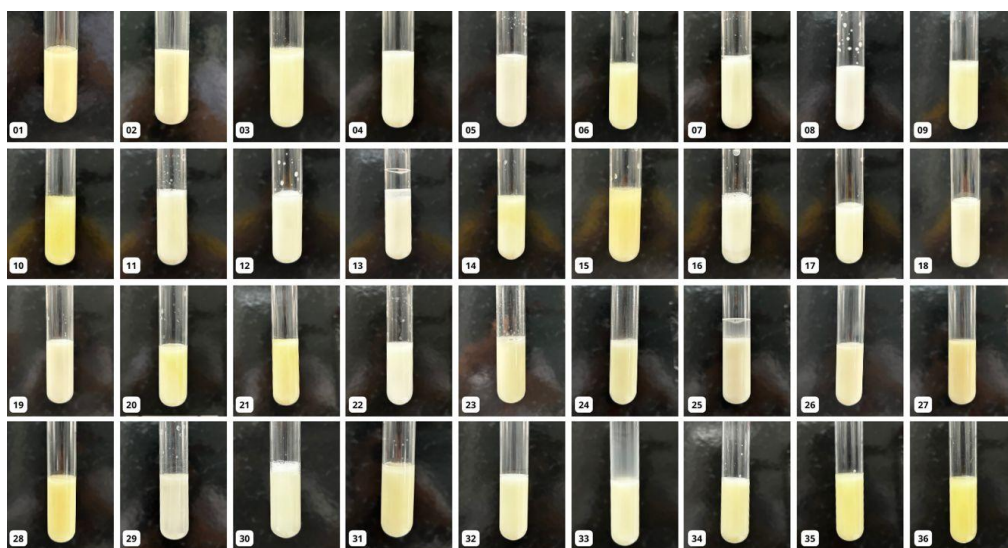
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação Macroscópica

A avaliação macroscópica das formulações consiste na observação visual direta, sem o emprego de instrumentos de alta resolução. Essa etapa tem como objetivo verificar aspectos visíveis que indicam a homogeneidade e estabilidade do sistema. São avaliados parâmetros como presença/ausência de separação de fases, camada intermediária visível, turbidez, brilho, claridade, cor, partículas suspensas ou formação de flocos (MORAES, 2016).

De acordo com os critérios descritos, a observação macroscópica das formulações, antes do processo de centrifugação, apresentou características macroscópicas típicas de emulsões, sendo classificadas como sistemas monofásicos. Esses sistemas mostraram-se visualmente homogêneos, com distribuição uniforme dos componentes e aparência opaca (ou leitosa), indicando boa miscibilidade entre as fases (Figura 4). Após o processo de centrifugação, observou-se que três formulações apresentaram evidências preliminares que possibilitaram sua classificação como sistemas de Winsor dos tipos II e III, resultado previsto de acordo com a proporção e a organização das fases oleosa, aquosa e tensoativa.

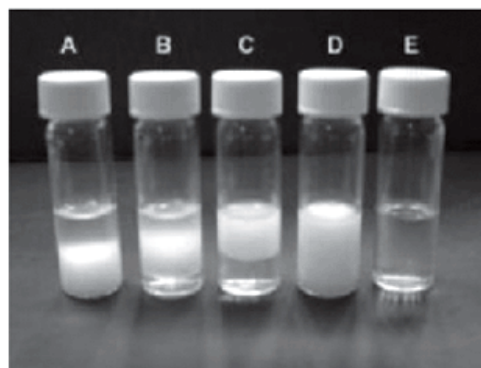
Figura 4: Visualização Macroscópica das 36 formulações obtidas antes da centrifugação.



Fonte: Autor, 2025.

O método mencionado, conhecido como razão de Winsor, baseia-se na influência da razão volumétrica das fases envolvidas, ou seja, na quantidade de fases formadas em virtude da quantidade de óleo e/ou água em excesso e o tipo de curvatura do sistema tensoativo. Geralmente, os sistemas de Winsor do tipo II representam o equilíbrio entre a fase emulsionada e a fase aquosa em excesso. Por possuir densidade menor que a da fase aquosa, a emulsão posiciona-se na parte superior à fase aquosa, caracterizando um sistema do tipo água em óleo (A/O). Já no sistema de Winsor do tipo III existem três fases em equilíbrio, fase oleosa, emulsão e fase aquosa, em que o óleo é a fase superior, a emulsão a fase intermediária e a água, a fase inferior (PIÑON-GOMES, 2025; FORMARIZ et al. 2005; WINSOR, 1948). Para melhor compreensão e comparação com os resultados obtidos neste estudo, a Figura 5 ilustra esquematicamente os sistemas de Winsor I a IV, conforme proposto por FORMARIZ et al. (2005).

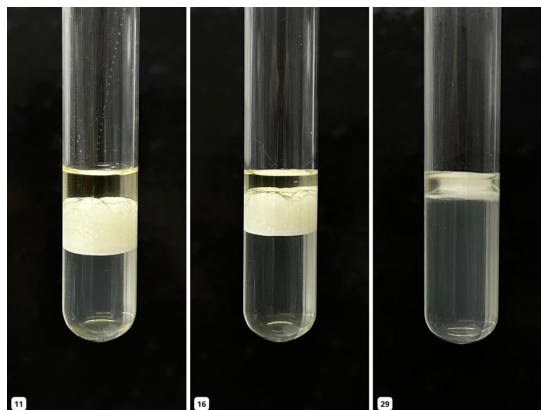
Figura 5: Representação esquemática dos sistemas de Winsor (I a IV), evidenciando a distribuição das fases oleosa, aquosa e emulsionada. A) Winsor I. B) Winsor III. C) Winsor II. D) Emulsão homogênea. E) Winsor IV. Adaptado de FORMARIZ et al. (2005).



Fonte: FORMARIZ et al. (2005).

Dessa forma, as formulações que apresentaram características visuais compatíveis com sistemas de Winsor foram as formulações 11 e 16, classificadas como sistemas do tipo III, e a formulação 29, classificada como sistema do tipo II, conforme representado na Figura 6.

Figura 6: Visualização macroscópica das 03 formulações selecionadas e classificadas de acordo com o sistema de Winsor após centrifugação.



Fonte: Autor, 2025.

Diante do exposto, apesar de nenhuma das formulações terem formado sistema Winsor tipo IV, que corresponde a uma região monofásica, representada por uma microemulsão macroscopicamente homogênea e inicialmente prevista nesse estudo. Esse resultado pode ser atribuído à composição utilizada nas formulações, que continha proporções relativamente menores de tensoativo e co-tensoativo, condição que, segundo MATOS (2025), não favorece a formação desse tipo de sistema.

De acordo com o autor, os sistemas de Winsor tipo IV são geralmente obtidos em concentrações mais elevadas de surfactante, nas quais o excesso do tensoativo promove a miscibilidade completa entre os componentes, resultando na formação de uma única fase. Além disso, a menor viscosidade de óleos mais polares contribui para a homogeneidade da mistura, reduzindo a separação gravitacional entre as fases aquosa e oleosa.

No presente estudo, a composição empregada, contendo proporções moderadas de surfactante e co-surfactante conforme apresentado na Tabela 2, associada à utilização de uma proporção elevada de um óleo de maior viscosidade, como o óleo de rosa mosqueta, influenciou de forma significativa as propriedades do sistema. Esse óleo é reconhecido por seu elevado teor de ácidos graxos insaturados essenciais principalmente oleico, linoleico e linolênico, cuja presença está diretamente relacionada ao aumento da viscosidade, uma vez que a estrutura molecular e o grau de insaturação dos ácidos graxos exercem papel determinante nesta propriedade (EROĞLU, 2025). Como resultado, provavelmente limitou a flexibilidade da monocamada interfacial, dificultando a formação de um sistema monofásico. Assim, os resultados obtidos estão de acordo com a explicação de MATOS (2025), reforçando que a formação de microemulsões Winsor tipo IV depende fortemente da concentração e da natureza dos tensoativos e co-tensoativos empregados.

Tabela 2 - Concentrações definidas para o preparo das formulações.

Formulação	Óleo de Rosa Mosqueta	Tampão - PBS	Etanol absoluto	Tween 80	Classificação das Formulações
F11	2g	2,5g	0,225g	0,275g	Winsor tipo III
F16	1,5g	3g	0,225g	0,275g	Winsor tipo III
F29	0,5g	4g	0,225g	0,275g	Winsor tipo II

Fonte: Autor, 2025.

Nesse contexto, o comportamento observado também pode ser associado às características do tensoativo empregado, especialmente ao seu valor de EHL (Equilíbrio Hidrofílico-Lipofílico), que afeta a capacidade de redução da tensão interfacial e expressa o balanço entre as porções hidrofílicas e hidrofóbicas da molécula. Tal parâmetro influencia a formação e estabilidade de sistemas monofásicos (MISHIRA et al. 2025).

De acordo com CHANG et al. (2025) o valor de EHL constitui um dos principais critérios empíricos utilizados para estimar o caráter anfifílico dos tensoativos e prever o tipo de sistema formado. De maneira geral, valores elevados de EHL indicam maior afinidade pela fase aquosa, favorecendo a obtenção de sistemas do tipo óleo-em-água (o/a), enquanto valores reduzidos correspondem a um comportamento predominantemente lipofílico, propício à formação de sistemas do tipo água-em-óleo (a/o). O surfactante utilizado neste estudo foi polissorbato 80, com valor de EHL de 15, esse surfactante que representa EHL alto, foi escolhido para determinar a estabilidade do sistema formado preparado usando uma fase oleosa de óleo de rosa mosqueta e fase aquosa de PBS.

Os resultados obtidos por RAZALI (2024) confirmam esse comportamento teórico. Entretanto, nas formulações desenvolvidas neste estudo, em específico a formulação 29 observou-se a formação de sistemas do tipo A/O mesmo com o uso do Tween 80. Tal comportamento pode ser atribuído a fatores como a elevada proporção da fase oleosa em relação à quantidade de tensoativo, conforme já apresentado na Tabela 2 e à afinidade estrutural entre tensoativo e os constituintes da fase oleosa, que favorecem sua solubilização preferencial na fase contínua oleosa.

Dessa forma, o EHL, embora útil como parâmetro preditivo inicial, não é isoladamente determinante na definição do tipo de sistema, devendo ser considerado em conjunto com as características composicionais e as condições experimentais do sistema. No presente estudo, utilizou-se etanol absoluto como co-tensoativo, em proporção de 55:45 em relação ao tensoativo principal. Conforme apresentado na Tabela 2, o etanol foi empregado

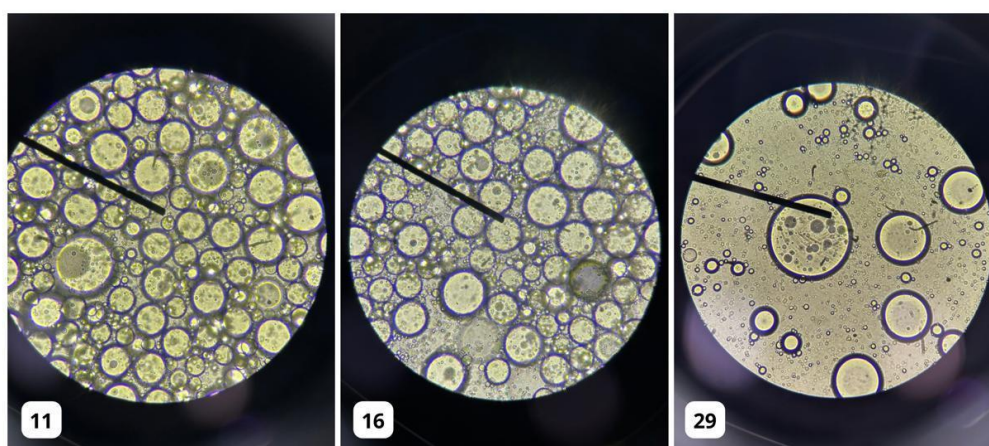
em concentrações moderadas. Esse componente desempenha papel importante em sistemas microemulsionados, pois contribui para a regulação da fluidez do filme interfacial entre a fase oleosa e a fase aquosa. Dessa forma, WU et al. (2025) enfatizam que a ausência ou a utilização em baixa concentração de co-tensoativo (como álcoois de cadeia curta) pode reduzir a flexibilidade da monocamada interfacial, favorecendo a formação de curvaturas inversas àquelas inicialmente esperadas para o sistema.

Além da influência da composição, fatores operacionais também exercem papel significativo na orientação da interface. Parâmetros como temperatura, ordem de adição dos componentes, intensidade de agitação e tempo de homogeneização podem modificar o arranjo interfacial, de modo que até pequenas variações nessas condições podem resultar em inversões de fase e alterar o tipo de sistema obtido (PINON GOMES, 2025).

Avaliação microscópica

A análise microscópica constitui uma ferramenta importante para avaliar a morfologia e a microestrutura de sistemas dispersos. A microscopia óptica permitiu classificar as formulações como sistemas homogêneos ou heterogêneos com base na distribuição do tamanho de gotículas. Observou-se a presença predominante de gotículas esféricas. As formulações 11 e 16 apresentaram comportamento homogêneo, com distribuição de tamanhos e arranjo das gotículas uniformes. Em contraste, a formulação 29 exibiu perfil heterogêneo, demonstrando ampla variabilidade no tamanho das gotículas. Essa característica pode ser observada na Figura 7 e está detalhada na Tabela 3, que apresenta a classificação das formulações.

Figura 7: Visualização microscópica obtidas para as formulações 11, 16 e 29. As formulações 11 e 16 demonstraram morfologia esférica das gotículas e distribuição de tamanhos homogênea, enquanto a formulação 29 apresentou distribuição heterogênea, com variação significativa no tamanho das gotículas.



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 3: Classificação microscópica em relação ao tamanho das gotículas

Análise microscópica			
Sistemas	F11	F16	F29
Homogêneo	X	X	
Heterogêneo			X

Fonte: Autor, 2025

Observa-se, na Figura 7, a presença de gotículas externas (dispersas) contendo em seu interior gotículas menores, caracterizando um sistema múltiplo das formulações. Essa morfologia sugere a coexistência de duas fases dispersas distintas, uma interna e outra externa, conforme descrito por ABDULREDHA (2020). Segundo o autor, esse tipo de sistema é composto por pequenas gotículas aquosas internas envoltas por uma camada estabilizadora de surfactante e dispersas em uma fase oleosa intermediária. Embora múltiplas estruturas possam aparecer em inúmeras interações líquido-líquido, elas geralmente são tão instáveis que se tornam imperceptíveis.

Para uma caracterização microscópica mais precisa e detalhada das formulações, como realizada por PALACIO et al. (2023), seria necessário empregar técnicas instrumentais avançadas, tais como a determinação do tamanho médio de gota e do índice de polidispersão por espalhamento dinâmico de luz, bem como a avaliação da morfologia das microemulsões por microscopia de força atômica. Esses métodos permitem obter informações complementares sobre a distribuição de tamanho, uniformidade e estrutura superficial das gotas, fornecendo um panorama mais abrangente sobre a estabilidade físico-química do sistema.

Entretanto, no presente estudo, tais análises não foram realizadas devido a limitações experimentais, relacionadas principalmente à ausência dos equipamentos necessários no laboratório. Essa limitação, contudo, não compromete a interpretação dos resultados obtidos, uma vez que os ensaios conduzidos foram eficientes para a caracterização inicial e comparativa das formulações propostas.

Condutividade e pH

A condutividade elétrica representa um método experimental amplamente reconhecido

por sua simplicidade e rapidez na obtenção de informações sobre a conectividade da fase aquosa em sistemas dispersos. De modo geral, apenas sistemas contínuos em água exibem condutividade elevada, o que torna essa técnica particularmente útil na caracterização de microemulsões (SILVA, 2024; MATOS, 2025). No presente estudo, utilizou-se PBS tampão como fase aquosa, garantindo condutividade suficiente para a detecção, uma vez que os tensoativos empregados são não iônicos e apresentam baixa ionização intrínseca.

Os resultados de condutividade elétrica encontram-se resumidos na Tabela 4. Observou-se que as formulações 11, 16 e 29 apresentaram valores de condutividade dentro da faixa estimada.

Tabela 4: Valores de condutividade e pH das formulações selecionadas.

ANÁLISE DE CONDUTIVIDADE E PH

Formulação	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	pH
F11	$2,77 \pm 0,09$	$6,24 \pm 0,04$
F16	$4,77 \pm 0,04$	$6,50 \pm 0,23$
F29	$8,49 \pm 0,06$	$6,89 \pm 0,18$

Fonte: Autor, 2025.

Conforme discutido por GOUVEIA et al. (2025), condutividades reduzidas indicam uma fase contínua lipofílica com baixa mobilidade iônica na fase aquosa dispersa, característica típica de sistemas A/O; portanto, os achados experimentais aqui relatados confirmam a natureza A/O das formulações estudadas.

Os valores de condutividade aumentaram de 2,77 para 8,49 $\mu\text{S/cm}$ à medida que a fração de PBS foi aumentada (2,5 para 4,0 g), conforme apresentado na Tabela 2. Esse comportamento é consistente com sistemas do tipo água-em-óleo (A/O), conforme descrito por RACOVITA et al. (2023) e BATOOL et al. (2025) , nas quais a condutividade tende a aumentar proporcionalmente ao incremento do teor aquoso, até que ocorra a transição de percolação. Dada a natureza não iônica do surfactante, não é nenhuma surpresa que os valores de condutividade tenham permanecido muito baixos em todas as formulações, de cerca de 2,77 a 8,49 $\mu\text{S/cm}$. Acredita-se que a condutividade de microemulsões incorporando apenas espécies não iônicas seja o resultado de flutuações de equilíbrio estatístico de cargas micelares em torno de uma média zero.

Os valores de pH observados nas formulações desenvolvidas situam-se próximos à neutralidade, característica que favorece a aplicação cosmética em diferentes tipos de pele, incluindo peles sensíveis ou com maior tendência à irritação. Embora o pH fisiológico da pele seja naturalmente ácido, tais valores neutros ainda podem ser considerados compatíveis, desde que associados a componentes que não alterem de forma significativa o equilíbrio cutâneo (SAMAOUÏ et al., 2012).

De acordo com SIMMONS (2024), a camada córnea da epiderme mantém um ambiente intrinsecamente ácido, condição fundamental para a integridade da barreira cutânea e para a limitação da proliferação de microrganismos patogênicos. Nesse sentido, BLAAK (2018) destaca que, em condições relevantes para cosméticos, distúrbios dermatológicos e perfis específicos de consumidores, a manutenção de um pH ácido e levemente ácido (entre 4,0 e 6,0) é benéfica para a fisiologia epidérmica e para o equilíbrio da microflora cutânea. Dessa forma, produtos destinados ao cuidado da pele geralmente buscam manter-se dentro dessa faixa.

Entretanto, para produtos cosméticos de uso geral, formulações com pH neutro podem ser adequadas e bem toleradas, especialmente quando a composição é cuidadosamente equilibrada para não comprometer o manto ácido cutâneo. Vale destacar que, segundo Blaak (2018), é essencial relacionar o pH à natureza dos demais componentes da formulação, uma vez que a construção de uma mistura otimizada, que mantenha funcionalidade, estabilidade e boa compatibilidade cutânea, constitui um dos principais desafios da cosmética contemporânea.

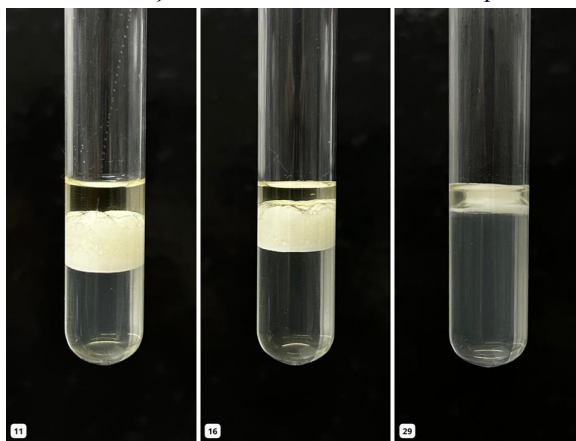
Nessa perspectiva, quando necessário, o uso de acidificantes compatíveis pode ser empregado para ajustar o pH final da formulação, especialmente em produtos voltados a peles com necessidades específicas ou quando se busca maior adesão ao pH fisiológico.

Como já enfatizado por ALI (2013), o pH cutâneo desempenha papel essencial na manutenção da integridade da barreira epidérmica, e alterações inadequadas podem comprometer suas propriedades de proteção. Estudos recentes reforçam o impacto das oscilações desse parâmetro no desenvolvimento ou agravamento de condições dermatológicas. Assim, segundo BROOKS et al. (2025), compreender os fatores que influenciam o pH da pele e selecionar formulações que preservem ou que minimamente interfiram na acidez natural da epiderme é fundamental para a manutenção da saúde cutânea e para o tratamento eficaz de desordens dermatológicas.

Estabilidade

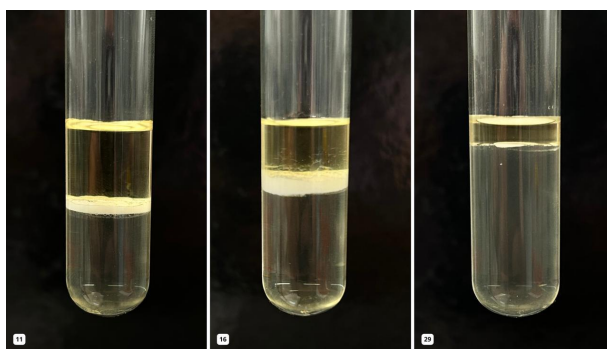
Após 45 dias do preparo, as formulações foram submetidas novamente à centrifugação a 3.000 rpm por 30 minutos, com o objetivo de avaliar a manutenção da estabilidade física observada no dia zero, ocasião em que haviam sido classificadas de acordo com os sistemas de Winsor, conforme ilustrado na Figura 8. As formulações mantiveram o mesmo aspecto visual do momento inicial, sem evidências de separação de fases. Esse resultado indica que a camada formada pelo tensoativo e co-tensoativo foi suficientemente robusta para proteger as gotículas de óleo contra a coalescência, mesmo sob a ação da força centrífuga, demonstrando que as formulações classificadas como sistemas de Winsor do tipo II e tipo III permaneceram estáveis ao longo do período de armazenamento, conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 8: Imagens das formulações obtidas e classificadas no primeiro dia de preparo (dia zero).



Fonte: Autor, 2025.

Figura 9: Imagens das formulações 11, 16 e 29 após 45 dias de armazenamento (dia 45).



Fonte: Autor, 2025.

Alguns estudos, como o de CHANG et al. (2025) descrevem o comportamento e os mecanismos estruturais responsáveis pela estabilidade de microemulsões sob condições de alta temperatura (100–200 °C). A partir dessas observações, é possível estabelecer uma correlação com os resultados obtidos neste trabalho, conduzido em temperatura ambiente. De forma análoga às microemulsões termoestáveis descritas na literatura, é provável que a

organização molecular e o equilíbrio entre as forças hidrofílicas e lipofílicas dos componentes empregados tenham contribuído para a manutenção da integridade estrutural das formulações, assegurando a persistência das fases características dos sistemas de Winsor II e III durante o período de armazenamento.

Após a realização da avaliação óptica, ilustrada nas Figuras 8 e 9, foram determinadas as medidas de condutividade elétrica e pH das formulações, com o objetivo de verificar possíveis variações nesses parâmetros entre o dia inicial (dia zero) e o período de 45 dias de armazenamento. Os valores estão ilustrados na Tabela 5.

Tabela 5: Análise da condutividade e pH das formulações 11, 16 e 26, respectivamente, entre o dia inicial (dia zero) e o período de 45 dias.

Autor,	Análise de condutividade e pH (dia zero)			Fonte: 2025.
	Formulação	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	
	F11	$2,77 \pm 0,09$	$6,24 \pm 0,04$	
	F16	$4,77 \pm 0,04$	$6,50 \pm 0,23$	
	F29	$8,49 \pm 0,06$	$6,89 \pm 0,18$	
	Análise de condutividade e pH (dia 45)			
	Formulação	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	
	F11	$3,34 \pm 0,12$	$6,50 \pm 0,02$	
	F16	$5,38 \pm 0,32$	$6,53 \pm 0,03$	
	F29	$8,44 \pm 0,29$	$6,63 \pm 0,26$	

Observou-se que os valores de condutividade ($3,34$ a $8,44\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH ($6,50$ a $6,63$) apresentaram variações pouco expressivas ao longo do período de análise. Embora haja pequenas oscilações entre as medidas, estas permanecem dentro da faixa estimada e abaixo de $9\mu\text{S}/\text{cm}$ para condutividade, além de manterem o pH em torno de 6. Dessa forma, considera-se que o sistema permaneceu estável durante o período avaliado.

Assim, ainda que as formulações tenham sido avaliadas em condições menos severas, o comportamento observado demonstra estabilidade físico-química satisfatória, evidenciando uma sinergia eficiente entre o tensoativo, o co-tensoativo e a fase oleosa, capaz de preservar a homogeneidade do sistema e impedir processos de coalescência ou separação de fases mesmo após longo tempo de estocagem.

CONCLUSÃO

A partir do desenvolvimento e avaliação das 36 formulações contendo óleo de rosa mosqueta, Tween 80, etanol absoluto e tampão PBS, foi possível analisar os parâmetros que influenciam a organização estrutural e a estabilidade de sistemas microemulsionados voltados à aplicação tópica. A utilização do diagrama de fases ternário mostrou-se fundamental para orientar a seleção das proporções entre os componentes e permitiu observar que pequenas variações nas concentrações de surfactante e co-surfactante exercem impacto direto na formação das fases e no comportamento das dispersões.

Dentre as formulações analisadas, três apresentaram estabilidade físico-química e distribuição de fases compatíveis com a classificação de Winsor, sendo identificadas como sistemas Winsor II e Winsor III. Esses resultados indicam que houve formação de sistemas organizados e com fases bem definidas, ainda que não tenha sido obtido o sistema monofásico do tipo Winsor IV, característico das microemulsões clássicas.

Notavelmente, a formulação 29 enquadrada como Winsor II demonstrou organização estrutural estável, o que a torna particularmente promissora para investigações posteriores, especialmente no estudo da transição para sistemas microemulsionados. Esses resultados indicam que houve formação de sistemas organizados e com fases bem definidas, ainda que não tenha sido obtido o sistema monofásico do tipo Winsor IV, característico das microemulsões clássicas.

Desse modo, apesar da não formação de microemulsões verdadeiras, o estudo contribuiu para a compreensão dos fatores que limitam ou favorecem a estabilização desses sistemas, especialmente no que se refere à proporção entre óleo, surfactante e co-surfactante. Os resultados obtidos fornecem subsídios importantes para ajustes futuros, como aumento da concentração tensoativa ou uso de co-surfactantes de maior poder de fluidez interfacial, visando a obtenção de sistemas microemulsionados estáveis e monofásicos. Assim, este trabalho reforça a viabilidade do óleo de rosa mosqueta como fase oleosa em formulações destinadas à aplicação cutânea e abre caminho para ensaios posteriores com incorporação de fármacos e avaliação de desempenho terapêutico.

REFERÊNCIAS

- ABDULREDHA, Murtada Mohammed; HUSSAIN, Siti Aslina; ABDULLAH, Luqman Chuah. Overview on petroleum emulsions, formation, influence and demulsification treatment techniques. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, ed. 1, p.3403-3428, 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.arabjc.2018.11.014> Acesso em: 14 ago. 2025.
- ALI, Saba M; YOSIPOVITCH, Gil. Skin pH: from basic science to basic skin care. **Acta Derm Venereol**, v. 93, ed. 3, p. 261-7. 2013. Disponível em: [10.2340/00015555-1531](https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.2340/00015555-1531) Acesso em: 18 ago. 2025.
- BATOOL, Ayesha *et al.* Green microemulsion systems with choline-based SAILs: Formulation and piperine delivery. **Chemical Physics**. v. 595, 112724, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.chemphys.2025.112724> Acesso em: 10 out. 2025.
- BLAAK, Jürgen; STAIB, Pedro. A relação entre pH e limpeza da pele. **Problemas atuais em dermatologia**, v. 54, p. 132-142, 2018. Disponível em: [10.1159/000489527](https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1159/000489527) Acesso em 07 out. 2025.
- BROOKS, Sarah G. *et al.* O manto ácido da pele: uma atualização sobre o pH da pele. **Revista de Dermatologia Investigativa**, v. 145, ed. 3, p. 509-521, 2025. Disponível em: [10.1016/j.jid.2024.07.009](https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jid.2024.07.009) Acesso em: 07 out. 2025.
- CHANG, Wenjing *et al.* Advances in high-temperature microemulsions. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 80, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.cocis.2025.101954> Acesso em: 18 ago. 2025.
- CHEONG, ei Yee *et al.* A hydrophilic–lipophilic deviation model in formulating microemulsion for topical application. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 703, p.1, 2024. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.colsurfa.2024.135271> Acesso em: 03 set. 2025.
- EROĞLU, Murat; SEVERGÜN, Olcay; MUTLU, Büşra. Rosehip (*Rosa rugosa*) seed essential oil-loaded polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose biocomposites for active packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 329, p. 2, 147844, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ijbiomac.2025.147844> Acesso em: 04 set. 2025.
- FERNANDEZ, Cintia J. *et al.* Confocal Raman spectroscopy applied to microemulsions and nanoemulsions. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 78, p. 101932, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.cocis.2025.101932> Acesso em: 27 set. 2025.
- FORMARIZ, T. P. *et al.* Microemulsões e fases líquidas cristalinas como sistemas de liberação de fármacos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 3, p. 73-78, 2005. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1590/S1516-93322005000300003> Acesso em: 28 set. 2025.

GHORBANI, Nesa; SALABAT, Alireza. Evaluation of novel microemulsions and microemulgels containing herbal oils as skin care and topical drug delivery systems for celecoxib. **Journal of Molecular Liquids**, v. 424, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2025.127163> Acesso em: 17 set. 2025.

GOUVEIA, Felipe Schlichta *et al.* Microemulsão à base de óleo de babaçu promove liberação uniforme in vitro de diclofenaco sódico e cloridrato de donepezila. **RSC Farmacêutica**, v. 2, ed. 4, p. 824-83723, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1039/d5pm00022j> Acesso em: 23 set. 2025.

MATOS, Hannah de A. V.; FERREIRA, Guilherme A. Cardanol-based single-phase microemulsions: From formulation to their use as crude oil dispersants. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**. v. 726, p. 1, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.colsurfa.2025.137749> Acesso em: 17 set. 2025.

MISHRA, Smriti; ACHARYA, Biswajit; SHARMA, Raisarani; DASH, Sukalyan. Phase behavior and alternative fuel characteristics of some castor oil blended diesel-tween 80-n-butanol/i-butanol-water/brine microemulsions. **Journal of Molecular Liquids**, v. 437, p. A, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.molliq.2025.128312> Acesso em: 10 set. 2025.

MORAES, C. S. S. Development of dispersed systems employing baru (*Dipteryx alata* Vog.) oil. 2016. 57f. Thesis (Doctoral). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016. Disponível em: <https://share.google/yLfWQ2qJlvMrUJXJl> Acesso em 11 set. 2025.

NAYAK, P.; *et al.* Topical nanoparticles for the treatment of skin cancer: present concerns and challenges. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jddst.2025.107566> Acesso em: 15 set. 2025.

NEGREAN, Oana-Raluca; *et al.* Recent advances and insights into the bioactive properties and applications of *Rosa canina* L. and its by-products. **Heliyon**, v. 10, e.30816, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30816> Acesso em: 26 set. 2025.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Microemulsões: estrutura e aplicações como sistema de liberação de fármacos. **Quím. Nova**, v. 27, n. 1, p. 23-31, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000100023> Acesso em: 10 ago. 2025.

PIÑON-GÓMEZ, Liliana; *et al.* Formulação e estabilidade térmica de microemulsões O/A de grau alimentício automontadas formuladas com sais biliares ou tween 80 como surfactantes. **Colóides e Superfícies B: Biointerfaces**, v. 251, 114589, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2025.114589> Acesso em: 16 set. 2025.

PLASTININ, Ivan V.; DOLENKO, Tatiana A. Laser diagnostics of micellar nanoreactors in ZnSO₄/water/AOT/heptane reverse microemulsion system. **Journal of Molecular Liquids**, v. 411, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.125735> Acesso em 28 set. 2025.

PALACIO, Yuri; *et al.* Preformulation studies for the development of a microemulsion formulation from Ambrosia peruviana All., with anti-inflammatory effect Yuri Palacio. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 59, e. 22505, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902023e22505> Acesso em 28 ago. 2025.

RACOVITA, Radu C. *et al.* Microemulsions of Nonionic Surfactant with Water and Various Homologous Esters: Preparation, Phase Transitions, Physical Property Measurements, and Application for Extraction of Tricyclic Antidepressant Drugs from Aqueous Media. **Nanomaterials (Basel)**, v.13, p.16, 2023. Disponível em: 10.3390/nano13162311 Acesso em: 09 set. 2025.

RAO, Smruthi; RADHAKRISHNAN, Preetha; VALIATHAN, Sreejith; M, Supriya. Rosehip oil nanoemulsion as a stable delivery system for omega-3 fatty acids to enhance the nutritional value of yogurt. **Food Chemistry Advances**, v. 3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100545> Acesso em: 18 ago. 2025.

RAZALI, Rifhan Natrisya; ISMAIL, Norjihada Izzah. Effects of surfactants on extra virgin coconut oil-in-water microemulsion formation and properties for topical application. **Materials Today: Proceedings**, v. 110, p. 142-146, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10.153> Acesso em: 05 set. 2025.

RIBEIRO, Ana; *et al.* Enhancing transcutaneous drug delivery: advanced perspectives on skin models. **JID Innovations**, v. 5, n. 2, p. 100340, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.xjidi.2024.100340> Acesso em 15 set. 2025.

SALIMI, A.; HOSEINZADEH, H.; MOHAMMAD, Soleymani S. Development and optimization of a methimazole microemulsion for topical application: Formulation characteristics and transdermal permeation. **J Cosmet Dermatol**, v. 23, p. 4315-4324, 2024. Disponível em: 10.1111/jocd.16528 Acesso em: 28 set. 2025.

SANTOS, Joyce Silva; VIEIRA, Ana Beatriz Duarte; KAMADA, Ivone. A Rosa Mosqueta no tratamento de feridas abertas: uma revisão. **Rev Bras Enferm, Brasília**, v.62, n.3, p.457-62, 2009.

SILVA, Danielle da; ROMERO, Rafaelle Bonzanini; ROMERO, Adriano Lopes. (Re)Visitando o clássico experimento da condutividade de soluções eletrolíticas. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 45, 2024. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/24/45/revisitando-o-classico-experimento-da-condutividade-de-solucoes-eletroliticas> Acesso em: 13 set. 2025.

SILVA, José Dilson F.; SILVA, Yara P.; PIATNICKI, Clarisse M. S.; BOCKEL, Wolmir José; MENDONÇA, Carla R. B. microemulsions: components, characteristics, potentialities in food chemistry and other applications. **Quím. Nova**, v. 38, p. 9, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150135> Acesso em 26 set. 2025.

SIMMONS, Jared; GALLO, Richard L. O papel central dos queratinócitos na coordenação da imunidade da pele. **Revista de Dermatologia Investigativa**, v. 144, ed. 11, p. 2377-2398, 2024. Disponível em:

<https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jid.2024.06.1280> Acesso em 25 set. 2025.

SMAOUI, S., Ben Hlima, H., Jarraya, R., Kamoun, N. G., Ellouze, R., & Damak, M. Cosmetic emulsion from virgin olive oil: Formulation and biophysical evaluation. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, ed. 40, p. 9664-9671, 2012. Disponível em: <http://doi.org/10.5897/AJB12.163> Acesso em 19 set. 2025.

SZUMAŁA, Patrycja; MACIERZANKA, Adam. Topical delivery of pharmaceutical and cosmetic macromolecules using microemulsion systems. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 615, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.121488>>. Acesso em: 11 set. 2025.

Winsor PA. Hydrotropy, Solubilization and Related Emulsification Process .1. To .4. Trans Faraday Soc 1948; 44(6): 376-98

WU, Juan, *et al.* Surface/interfacial and microemulsion properties of AOS/APG0810 surfactant mixtures for enhanced oil recovery. **Journal of Molecular Liquids**, v. 436, p. 15, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez373.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.molliq.2025.128233> Acesso em 12 set. 2025.

ZANIN, S. M. W.; MIGUEL, M. D.; CHIMELLI, M. C.; OLIVEIRA, A. B. Hydrophile-lipophile balance (hlb) determination of vegetable oil family. **Visão Acadêmica**, v. 3, n. 1, p. 13-18, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277836247_DETERMINACAO_DO_EQUILIBRIO_HIDROFILO-LIPOFILO_EHL_DE_OLEOS_DE_ORIGEM_VEGETAL Acesso em: 24 set. 2025.