

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SÉRUNS FACIAIS CONTENDO EXTRATO DE *Camellia sinensis* COM AÇÃO ANTIOXIDANTE

DEVELOPMENT AND QUALITY EVALUATION OF FACIAL SERUMS WITH *Camellia sinensis* EXTRACT WITH ANTIOXIDANT ACTION

DOI: 10.16891/2317-434X.v13.e3.a2025.id2413

Recebido em: 18.10.2024 | Aceito em: 21.09.2025

Alicio João da Silva Neto^a, Brenda Vargas Santos^a, Hanna Rubia Almeida de Souza^a, Thalia da Rocha Carvalho^a, Guilherme Almeida de Araújo^e, Milenna Victória Valentim de Oliveira Alencar^a, Ademar Rocha da Silva^b, Monique Almeida Vila Nova^c, Salvana Priscylla Manso Costa^d, Ticiano Gomes do Nascimento^c, José Marcos Teixeira de Alencar Filho^{e*}

Faculdade Irecê – FAI, Irecê – BA, Brasil^a
Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública – EBMSP, Salvador – BA, Brasil^b
Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió – AL, Brasil^c
Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Salvador – BA, Brasil^d
Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador – BA, Brasil^e
*E-mail: ze.marcos.alencar@gmail.com

RESUMO

O chá-verde, produto da colheita das folhas de *Camellia sinensis*, é conhecido por seus benefícios à saúde, principalmente devido a presença dos flavonoides, como as catequinas, que possuem potente ação antioxidante e anti-inflamatória. Essas propriedades ajudam a neutralizar radicais livres, protegendo a pele e promovendo a saúde cutânea. Em resposta à demanda por cosméticos naturais, este estudo procurou desenvolver e avaliar a qualidade de séruns faciais com o extrato seco de *Camellia sinensis*. Para tanto, as fórmulas foram desenhadas, manipuladas, e submetidas aos testes de resistência à centrifugação, determinação do pH, condutividade, densidade, viscosidade, espalhabilidade e estudo de estabilidade preliminar. Além disso, a atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH foi realizada com o extrato de chá-verde. Como resultados, a atividade antioxidante do extrato obteve IC₅₀ de 200,30 µg/mL, superior ao controle positivo (BHT), com IC₅₀ de 292,12 µg/mL. As amostras permaneceram estáveis após a centrifugação inicial. Após serem submetidas ao estudo de estabilidade preliminar e pelos testes de controle de qualidade, foi observado que todas mantiveram a estabilidade durante o estudo. As variações nos resultados dos testes antes e depois dos ciclos de congelamento e descongelamento, característicos do estudo preliminar de estabilidade, foram mínimas. Isso destaca o potencial dessas amostras como um produto inovador para a indústria cosmética.

Palavras-chave: Controle de qualidade; Cosméticos naturais; Chá-verde.

ABSTRACT

Green tea, a product from the harvest of *Camellia sinensis* leaves, is known for its health benefits, mainly due to flavonoids, such as catechins, which have powerful antioxidant and anti-inflammatory effects. These properties help neutralize free radicals, protecting the skin and promoting skin health. In response to the demand for natural cosmetics, this study sought to develop and evaluate the quality of facial serums with the commercial dry extract of *Camellia sinensis*. To this end, the formulas were designed, manipulated, and subjected to centrifugation resistance tests, determination of pH, conductivity, density, viscosity, spreadability and preliminary stability study. Furthermore, antioxidant activity using the DPPH radical scavenging method was performed with green tea extract. As a result, the antioxidant activity of the extract obtained an IC₅₀ of 200.30 µg/ml, higher than the positive control (BHT), with an IC₅₀ of 292.12 µg/ml. Samples remained stable after initial centrifugation. After undergoing the preliminary stability study and quality control tests, it was observed that they all maintained stability during the study. Variations in test results before and after freezing and thawing cycles, characteristic of the preliminary stability study, were minimal. This highlights the potential of these samples as an innovative product for the cosmetic industry.

Keywords: Quality control; Natural cosmetics; Green tea.

INTRODUÇÃO

A *Camellia sinensis*, conhecida como chá-verde, possui diversos benefícios comprovados científicamente para a saúde devido ao seu alto teor de flavonoides. Entre suas atividades farmacológicas, destacam-se propriedades anti-inflamatória (VIANA, 2024), antimicrobiana (FIGUEIRA, 2016), hipoglicemizante (LADEIRA, 2023), antioxidante (SILVA, 2016), hepatoprotetora (SOUZA, 2021) e ANTIMUTAGÊNICA (MARQUES, 2021).

Entre os compostos fenólicos da *Camellia sinensis*, as catequinas se destacam, sendo quatro principais: epicatequina (EC), epicatequina galato (ECG), epigallocatequina (EGC) e epigallocatequina-3-galato (EGCG), e especialmente esta última (EGCG) se destaca por seu potente efeito antioxidante, combatendo radicais livres e reduzindo o estresse oxidativo (MUSICAL, 2020; SILVA, 2022).

À saber, o envelhecimento da pele é causado por fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos incluem o declínio funcional celular, o que leva a alterações no funcionamento das proteínas. Já os fatores extrínsecos envolvem a exposição à radiação UV e a ação dos radicais livres. Neste sentido, a demanda por formulações cosméticas à base de plantas, devido à sua eficácia na prevenção do envelhecimento cutâneo, vem tendo uma grande demanda no mercado atualmente (SAHU, 2013; KUSUMAWATI *et al.*, 2018). Essas formulações atuam como eliminadoras de radicais livres, aumentam a proteção contra radiação UV e contribuem para a reparação tecidual e consequentemente com a saúde da pele (PRASANTH *et al.*, 2019; FERRAZ, 2021; HENRIQUE; LOPES, 2017).

Em vista disso, dentre as formulações para os cuidados da saúde da pele, os sérums faciais com ação antioxidante e hidratante apresentam vantagens como fácil espalhabilidade, fluidez e alta capacidade de penetração na pele (BOTELHO, 2023). Câmara e Tavares (2019) destacam que sérums faciais possuem textura leve e rápida absorção comparada aos cremes. Na área estética, o chá verde é apontado como um dos mais eficientes, entre os diversos ativos para uso cutâneo, está sendo muito utilizado em máscaras faciais, pois, a alta concentração dos princípios ativos, superior à dos cremes de uso diário potencializa os efeitos do tratamento, recompondo a integridade da pele afetada diariamente por fatores

agressivos como o sol, a poluição, as impurezas e o estresse (CUNHA *et al.*, 2004). Estudos recentes exploram o potencial dos polifenóis do chá-verde na modulação da microbiota cutânea, sugerindo que podem equilibrar a microbiota e promover a saúde da pele (KOCH, 2019).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver, manipular e avaliar a qualidade de formulações na forma de sérum facial com extrato de *Camellia sinensis*, visando a produção de um cosmético inovador com potencial ação antioxidante.

METODOLOGIA

Seleção da amostra e da forma cosmética

A forma cosmética sérum foi selecionada devido a sua praticidade de manipulação, além disso, trata-se de um produto de textura leve e de fácil espalhabilidade. O sérum vem se destacando consideravelmente no ramo da estética, principalmente por entregarem resultados satisfatórios sendo uma fórmula mais leve e fluida, que pode ou não conter componentes oleosos. Além disso, ele possui uma rápida absorção e consegue atender às diversas necessidades da pele, agregando, dessa forma, diversos benefícios por ser uma fórmula estável (VIEIRA, 2023).

A amostra selecionada para este estudo foi o extrato seco comercial de *Camellia sinensis* L. (Engenharia das Essências). A escolha deu-se devido à sua riqueza em propriedades nutricionais e antioxidantes, as quais têm o potencial de combater os radicais livres e proteger as células contra danos oxidativos. Além disso, suas propriedades nutricionais podem contribuir significativamente para a saúde da pele.

Avaliação da atividade antioxidante do extrato de chá-verde

O extrato teve sua ação antioxidante investigada através do ensaio químico da capacidade de sequestro de radicais DPPH[•] (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), em conformidade com a descrição de Oliveira (2015) com algumas adaptações. Primeiramente, uma solução estoque de DPPH foi obtida na concentração de 0,1 mM. Em seguida, preparou-se a solução estoque em água do extrato seco em análise, na concentração de 20 mg/mL.

As reações para determinação da atividade antioxidante prosseguiram com a transferência de alíquotas das soluções-estoque das amostras para balões volumétricos de 5 mL. Em cada balão foram adicionados 2 mL da solução de DPPH e procedeu com o preenchimento com etanol absoluto até ao traço de aferição, obtendo-se concentrações de 100 - 500 µg/mL. A reação foi iniciada e os balões volumétricos foram armazenados ao abrigo da luz durante 30 minutos. Ao término da reação, os decaimentos do DPPH foram analisados em espectrofotômetro UV-Vis (modelo Shimadzu, UVmini-1240), no modo “fotometria”, com comprimento de onda (λ) programado para 518 nm. As absorbâncias observadas foram inseridas na equação 1, com o objetivo de avaliar a atividade antioxidante em termos percentuais e posteriormente foi calculado os valores de IC₅₀.

Equação 1: cálculo da determinação da

porcentagem de atividade antioxidante.

$$\% \text{ Antioxidante} = 100 - (\text{ABS AMOSTRA-ABS BRANCO}) X 100 / (\text{ABS CONTROLE})$$

Desenvolvimento e manipulação da fórmula

Para o desenvolvimento e manipulação do sérum, utilizou-se como ponto de partida o método usado por Rasche (2014), com as adaptações necessárias. Analisando a literatura técnico-científica fornecida pelos fabricantes, todos os componentes foram tidos como compatíveis uns com os outros, principalmente no que se refere ao pH, estando seu emprego de acordo com as concentrações indicadas nesta literatura. A tabela 1 traz o detalhamento qualitativo das fórmulas desenvolvidas e manipuladas.

Tabela 1. Fórmulas de sérum.

Componente (Fornecedor)	Função	Fórmula base	Fórmula 1	Fórmula 2
Fase Termorresistente				
Hidroxietilcelulose (Engenharia das essências)	Espessante	0,4%	0,4%	0,4%
Goma xantana (Engenharia das essências)	Espessante/ emulsionante	0,4%	0,4%	0,4%
Glicerina (Engenharia das essências)	Umectante	4%	4%	4%
Propanediol (Engenharia das essências)	Umectante	3%	3%	3%
BHT (Engenharia das essências)	Antioxidante	0,1%	0,1%	0,1%
Álcool etílico (Synth)	Solubilizante	3%	3%	3%
Extrato de chá-verde (Engenharia das essências)	Ativo antioxidante	-	0,5%	1%
Água destilada	Veículo	qsp 100%	qsp 100%	qsp 100%
Fase Termossensível				
Fenoxietanol (Engenharia das essências)	Conservante	1%	1%	1%
Silicone volátil (Engenharia das essências)	Modificador de sensorial	3%	3%	3%
Essência (Engenharia das essências)	Fragrância	1%	1%	1%

Na fase termorresistente, pesou-se o propanediol e água em um béquer com capacidade suficiente para conter toda a fórmula e levou a mistura para o agitador mecânico.

A goma xantana foi pesada juntamente com a glicerina para auxílio da sua dispersão, e em seguida levou-se essa mistura para o béquer que estava em agitação. O BHT foi

pesado e dissolvido em etanol a 96° GL, sendo adicionado ao mesmo bêquer contendo os demais ingredientes da fase. Essa mistura foi posta em aquecimento até temperatura de 60° C, sem agitação. Na sequência, a hidroxietilcelulose foi pesada e pulverizada, aos poucos, na mistura, agora sob constante agitação mecânica, para completa dispersão da hidroxietilcelulose. A agitação se manteve por 30 minutos, até completa dispersão dos insumos.

Na fase termossensível, pesou-se em um bêquer o fenoxietanol, o silicone volátil e a essência, sendo todos adicionados à fase termorresistente, após resfriamento abaixo de 40° C. A agitação manteve-se até completa homogeneização, seguindo para o processo de envase. As fórmulas passaram por um período de maturação de 7 dias a temperatura ambiente antes do início dos testes de qualidade. Na fórmula base, o extrato seco solúvel de chá-verde não esteve presente na formulação. Este foi adicionado somente em F1 na concentração de 0,5% e F2 na concentração de 1,0%, logo após a pesagem da água, sendo levado ao aquecimento junto aos demais insumos da fase termorresistente.

As concentrações do extrato foram escolhidas para avaliar a eficácia e a estabilidade do produto em diferentes níveis de adição do ativo, especialmente seus benefícios antioxidantes, a alta concentração de catequinas como a epigalatocatequina-3-galato (EGCG) e a compatibilidade com a formulação base (ROMANI, 2021).

Avaliação da qualidade

Avaliar a qualidade é de suma importância, pois, é através dessa avaliação que o produto terá a garantia de qualidade e segurança que necessita (RASCHE, 2014). Para avaliação correta dos aspectos, foram utilizados os testes descritos na Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e na Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos da ANVISA, os quais consistem em: teste de resistência à centrifugação, determinação pH, da condutividade elétrica, da densidade, da viscosidade e da espalhabilidade, além de estudos da estabilidade preliminar.

Teste de resistência à centrifugação

Antes de iniciar os estudos de estabilidade, é necessário que as amostras passem pelo teste de resistência à centrifugação, o qual foi realizado em centrífuga. Primeiramente adicionou-se 5 g de cada amostra em tubos de ensaio distintos, submetendo-as durante 30 minutos ao ciclo de 3000 rotações por minuto (rpm) em temperatura ambiente. Havendo alguma instabilidade há necessidade de reformulação e se não houver podem seguir as amostras aos testes de estabilidade preliminar e posteriores controles (BRASIL, 2004).

Determinação do pH e da condutividade elétrica

Para verificação do pH foi utilizado um pHmetro digital e para a análise da condutividade elétrica, um condutivímetro, calibrando com solução tampão. Na preparação de ambas as determinações, foi dissolvido 1 g de amostra em 9 mL de água destilada, prosseguindo-se com a imersão do eletrodo em cada amostra previamente dissolvida, tanto no pHmetro como no condutivímetro (ALENCAR FILHO *et al.*, 2020).

Determinação da densidade

O teste de densidade foi feito a partir da utilização de um picnômetro previamente calibrado com água. A densidade de cada amostra foi determinada, de forma geral, através da Equação 2.

$$\text{Equação 2: } d = M_2 - M_0 / M_1 - M_0$$

Onde: d é a densidade da amostra; M0 é a massa do picnômetro vazio; M1 é a massa do picnômetro com água purificada e M2 é a massa do picnômetro com a amostra. Sendo assim, M2 – M0 resulta na massa da amostra e M1 – M0 no volume do picnômetro.

Determinação da viscosidade

Esse parâmetro é o que determina se o produto tem consistência ou fluidez adequada, indicando também se é estável ou não (ALENCAR FILHO *et al.*, 2020). A determinação foi realizada utilizando um viscosímetro rotacional digital da marca Marte e modelo MVD-5, no pote de acondicionamento, com o torque do equipamento entre 20 e 80%, sendo escolhido para análise o fuso

(spindle) de número 3, nas rotações de 6, 12, 30 e 60 (para cima) e 30, 12 e 6 (para baixo). A leitura da viscosidade foi realizada de acordo com o procedimento operacional do aparelho, após o nivelamento do viscosímetro e o fuso ter sido mergulhado na amostra com temperatura estabilizada até a marca da haste do fuso (ALENCAR FILHO, 2017).

Determinação da espalhabilidade

A determinação da espalhabilidade foi feita através de um sistema formado por placas de vidro com dimensões de 20 cm² e 0,5 cm de espessura, totalizando 5 placas que somadas equivalem a uma massa de aproximadamente 1000 g, sendo a primeira placa disposta sobre um papel milimetrado e em um suporte de madeira. Colocou-se 0,3 g da amostra no centro da primeira placa, medindo, após 1 minuto, o diâmetro em cm (transformando em mm na equação) com o auxílio de uma régua. Em seguida, as outras 4 foram adicionadas com um intervalo de 1 minuto entre elas, promovendo cada vez mais o espalhamento da amostra, medindo por extensibilidade o diâmetro formado na inserção de cada placa (CALDEIRA *et al.*, 2023). A espalhabilidade de cada amostra é determinada através da Equação 3.

$$\text{Equação 3: } E = d^2 \times \pi/4$$

Onde E é a espalhabilidade da amostra e d é o diâmetro em mm após a sobreposição de cada placa.

Estudo de estabilidade preliminar

Tanto a base como os séruns com o extrato de chá-verde foram submetidas aos testes de estabilidade preliminar. Para isso, foram acondicionadas em frascos de vidro transparente neutro e com tampa. O estudo teve duração de 12 dias e durante esse período as amostras foram submetidas a condições de estresse térmico, em ciclos alternados de resfriamento e aquecimento, sendo realizados ciclos de 24 horas a 45 ± 2º C (estufa), e 24 horas a -5 ± 2º C (freezer). Amostras também ficaram armazenadas a temperatura ambiente para comparação dos resultados. Todos os testes anteriormente citados foram realizados com os séruns antes (T0) e após o ciclo 6 ciclos de gelo e degelo (T12) (BRASIL, 2004).

Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada seguindo os padrões obtidos referentes a cada procedimento, e os testes foram realizados em triplicata, sendo expressos como média ± desvio padrão. Foi utilizado ANOVA *one way* para verificar as diferenças estatísticas, com o objetivo de analisar se as amostras apresentaram diferenças significativas em relação ao antes e depois dos ciclos de congelamento e descongelamento. Softwares como o GraphPad Prism 6.0 e OriginPro versão 8.0 (OriginLab®) foram utilizados para as análises estatísticas e construção dos gráficos apresentados.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Atividade antioxidante

Os métodos de sequestro de radicais livres, como o DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), são técnicas amplamente empregadas na avaliação da atividade antioxidante. O DPPH, um radical orgânico livre estável, atua como indicador da capacidade antioxidante da amostra em estudo (Pires, 2017). A literatura não relata um valor ideal como resultado para este método, mas o que se sabe é que quanto menores os valores de IC₅₀, melhor a capacidade de sequestro do radical DPPH, ou seja, melhor capacidade antioxidante (OLIVEIRA, 2015).

A análise da atividade antioxidante pelo método do DPPH revelou que o extrato de chá-verde demonstrou um notável sequestro de radicais livres, com IC₅₀ de 200,30 µg/mL, em comparação ao estudo realizado por Guarinque (2022), que reportou um potencial antioxidante inferior para o chá-verde. O butilhidroxitolueno (BHT), utilizado como controle positivo do teste, apresentou IC₅₀ de 292,12 µg/mL.

Conforme evidenciado por estudos anteriores, conduzidos por Pires (2014), a composição do extrato de chá-verde, especialmente os tipos e concentrações de catequinas presentes, pode exercer influência direta em sua atividade antioxidante. Além disso, é importante considerar que o extrato comercial contém excipientes destinados a garantir sua estabilidade e prolongar sua vida útil (BINDES, 2018). Embora esses excipientes sejam inertes do ponto de vista antioxidante, eles podem afetar

os resultados da IC50, possivelmente elevando-a. Assim, a presença de excipientes deve ser levada em conta ao interpretar os resultados de atividade antioxidante de extratos comerciais.

Resistência à centrifugação

As amostras foram submetidas ao teste de resistência à centrifugação, que consiste em centrifugar uma amostra a 3.000 rpm durante 30 minutos (BACK, 2019). De acordo com o estudo de Silva (2019), os testes de resistência à centrifugação proporcionam submeter uma amostra a um tipo específico de estresse para avaliar seu desempenho sob condições extremas, na qual se não apresentar uma boa estabilidade física pode ocorrer fenômenos indesejados, resultando na formação de camadas distintas ou na precipitação de partículas.

Conforme a Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos, as amostras dos séruns foram classificadas como um produto estável após o teste. Isso significa que não houve expulsão de água do polímero, separação dos componentes, turvação ou precipitação, o que demonstra a capacidade de manter sua integridade física. As amostras se alinham aos critérios estabelecidos pela ANVISA, sendo assim capaz de avançar para as próximas etapas de avaliação da qualidade.

Características organolépticas e sensoriais da base e dos séruns manipulados

Seguindo as diretrizes da Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da ANVISA, o estudo de estabilidade preliminar é essencial na avaliação da

estabilidade de um produto. Este estudo submete as amostras a condições extremas de armazenamento, como variações de temperatura e umidade, para acelerar potenciais reações de degradação. Durante os testes, tanto as amostras submetidas ao ciclo de congelamento e descongelamento quanto as mantidas à temperatura ambiente não apresentaram alterações visuais, precipitação ou turvação, indicando estabilidade ao longo do período de análise (ANVISA, 2004).

As características organolépticas das formulações, após o estudo de estabilidade, mostraram-se satisfatórias. Todas as amostras apresentaram uma textura leve e fluida, sendo rapidamente absorvidas pela pele. A consistência das formulações facilitou o espalhamento sobre a pele, proporcionando uma sensação suave e sedosa, sem deixar resíduos pegajosos ou oleosos.

As formulações foram consideradas estáveis, apresentando homogeneidade que permite a eficaz absorção dos ativos pela pele. A base do sérum apresentou uma cor branco gelo, enquanto as formulações com extrato de chá-verde exibiram colorações variando do verde claro ao verde intenso, dependendo da porcentagem de extrato utilizado (0,5% e 1,0%, respectivamente). O odor das formulações também foi analisado conforme a essência utilizada, mantendo-se de acordo com os parâmetros esperados.

Determinação do pH, da condutividade elétrica e da densidade

A tabela 2 apresenta os resultados referentes à análise do pH, da condutividade e da densidade das amostras de sérum manipuladas.

Tabela 2. Resultados de pH, condutividade e densidade.

Amostra	pH (Média ± DP)	Condutividade (mV) (Média ± DP)	Densidade (g/mL) (Média ± DP)
Base T0	6,53 ± 0,05	103,7 ± 4,04	1,01 ± 0,003
F1 T0	6,33 ± 0,11	113,0 ± 13,45	1,01 ± 0,000
F2 T0	6,26 ± 0,15	102,0 ± 1,00	1,01 ± 0,000
Base T12 – TA	5,43 ± 0,05	132,3 ± 6,11	1,02 ± 0,006
F1 T12 – TA	5,46 ± 0,05	115,0 ± 1,00	1,02 ± 0,008
F2 T12 – TA	5,46 ± 0,05	120,0 ± 8,54	1,01 ± 0,002
Base T12 – GD	6,10 ± 0,10	121,7 ± 3,21	1,01 ± 0,002
F1 T12 – GD	5,50 ± 0,10	128,3 ± 2,51	1,02 ± 0,000
F2 T12 – GD	5,23 ± 0,05	139,7 ± 4,16	1,02 ± 0,000

Nos resultados obtidos, foi observado que o pH variou entre as formulações testadas. A formulação base teve um pH inicial de $6,53 \pm 0,05$, que reduziu para $5,43 \pm 0,05$ após 12 dias à temperatura ambiente (T12-TA) e para $6,10 \pm 0,10$ no ciclo gelo-degel (T12-GD). A F1 apresentou um pH inicial de $6,33 \pm 0,11$, diminuindo para $5,46 \pm 0,05$ em T12-TA e $5,50 \pm 0,10$ em T12-GD. Já a F2 começou com pH de $6,26 \pm 0,15$, que caiu para $5,46 \pm 0,05$ em T12-TA e $5,23 \pm 0,05$ em T12-GD. Todos os resultados de pH permaneceram dentro da faixa estabelecida para a pele, de acordo com Vieira (2023), que enfatiza a importância do pH entre 4,5 e 5,5 para manter a integridade da barreira cutânea.

Observou-se que, em relação à condutividade elétrica, a base apresentou um aumento de $103,7 \pm 4,04$ em T0 para $121,7 \pm 3,21$ em T12-GD e $132,3 \pm 6,11$ em T12-TA. A F1 teve uma condutividade inicial de $113,0 \pm 13,45$, que aumentou para $128,3 \pm 2,51$ em T12-GD, mas manteve-se próxima ao valor inicial em T12-TA com $115,0 \pm 1,00$. A F2 mostrou um aumento na condutividade de $102,0 \pm 1,00$ em T0 para $139,7 \pm 4,16$ em T12-GD e $120,0 \pm 8,54$ em T12-TA, esse aumento dá condutividade na formulação F2 foi atribuído o extrato de *Camellia sinensis*, que possui compostos fenólicos com maiores concentração de flavonoides e polifenólicos, sendo utilizado em maior concentração nesta formulação (MACENA, 2020).

Evidencia-se que o aumento da temperatura, eleva a energia cinética dos íons, permitindo que se movam mais rapidamente e com maior facilidade, o que resulta em maior mobilidade iônica e redução da viscosidade do solvente, aumentando assim a condutividade (ANIYA, 2021). Flavonoides podem interferir na condutividade ao formar complexos com íons metálicos, alterando o ambiente solvatado e a estrutura da solução, além de aumentar a viscosidade em certas concentrações, criando

barreiras ao movimento dos íons (SAMSONOWICZ, 2017).

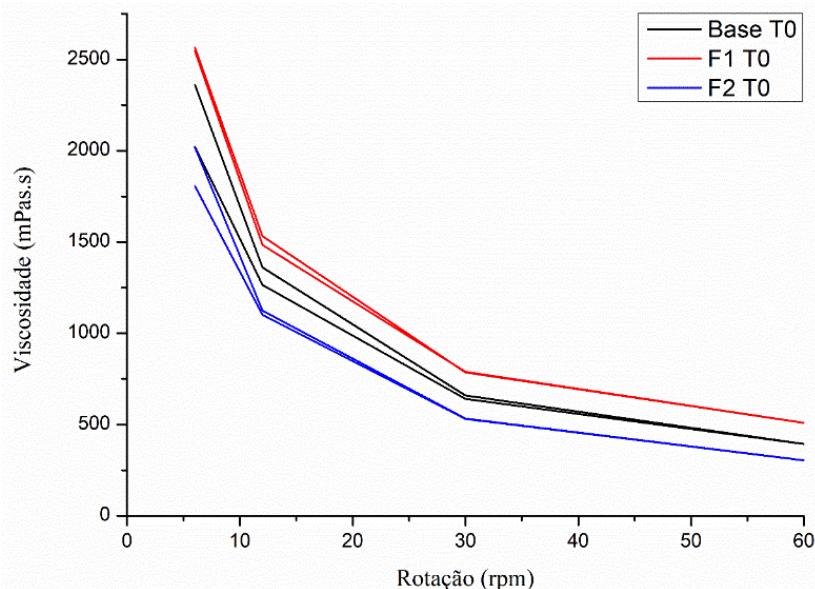
Quanto à densidade, os dados mostraram variações mínimas. A base variou de $1,01 \pm 0,003$ em T0 para $1,01 \pm 0,002$ em T12-GD e $1,02 \pm 0,006$ em T12-TA. A F1 teve uma densidade de $1,01 \pm 0,000$ em T0 para $1,02 \pm 0,000$ em T12-GD e $1,02 \pm 0,008$ em T12-TA. A F2 apresentou uma densidade inicial de $1,01 \pm 0,000$, alcançando $1,02 \pm 0,000$ em T12-GD e $1,01 \pm 0,002$ em T12-TA. Apesar das variações, as formulações mantiveram-se estáveis ao longo do período testado.

Com isso, as variações observadas no pH, na condutividade elétrica e na densidade indicam que as formulações testadas permaneceram em conformidade com os critérios esperados para produtos cosméticos, mesmo após o armazenamento e os ciclos de temperatura. As diferenças observadas, especialmente após o ciclo gelo-degel, sugerem interações específicas dos componentes das formulações, como os flavonoides do extrato de chá-verde, que influenciam a estabilidade física e química dos produtos.

Determinação da viscosidade e do perfil reológico

De acordo figura 1, as formulações em estudo exibem comportamento de fluido não-Newtoniano, caracterizado pela variação da viscosidade conforme a velocidade de cisalhamento é alterada (FAGUNDES, 2020). Especificamente, essas formulações são classificadas como pseudoplásticas, o que significa que sua viscosidade diminui com o aumento da velocidade de cisalhamento. Além disso, possuem características tixotrópicas, ou seja, após a redução da velocidade de cisalhamento, tendem a retornar à sua viscosidade inicial (SILVA, 2019).

Figura 1. Viscosidade em T0.



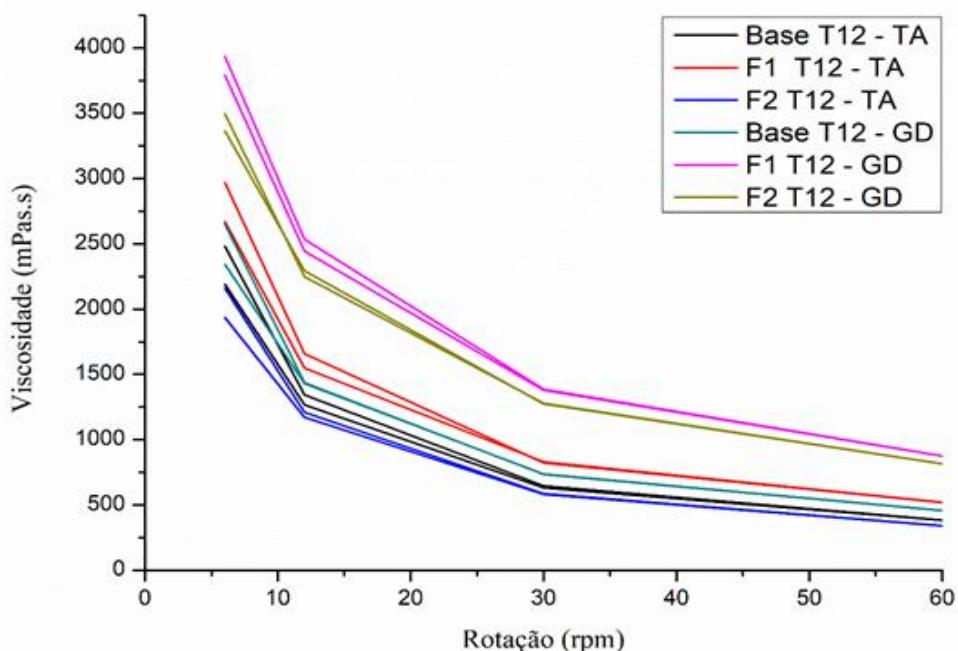
Diante disso, esses resultados, segundo Alencar Filho *et al.* (2020), impacta significativamente a experiência do usuário, influenciando na fluidez, consistência, facilidade de aplicação, aderência à pele, sensação durante o uso e estabilidade do produto.

Na Figura 2, são apresentadas as curvas de viscosidade das formulações base, F1 e F2 em T12, nos ciclos GD e TA. É possível notar que todas as amostras mantiveram o padrão de viscosidade, ou seja, todas as formulações permaneceram como fluidos não-Newtonianos com características pseudoplásticas e tixotrópicas. No entanto, observa-se uma diferença nas curvas de viscosidade das amostras que foram adicionadas o extrato de chá-verde no ciclo de congelamento e descongelamento. Nota-se que as bases em T12 – TA

apresentaram menor viscosidade em comparação à base T12 – GD. Nas formulações F1 – TA, a viscosidade foi menor em relação à F1 – GD, que apresentou uma curva de viscosidade maior. Da mesma forma, as formulações F2 – TA mostraram menor viscosidade em relação à F2 – GD, estando relacionado diretamente com o extrato utilizado.

A variação na viscosidade pode estar relacionada às interações moleculares entre os componentes das formulações. Essas interações podem incluir a formação de diferentes tipos de ligações intermoleculares, como pontes de hidrogênio ou interações hidrofóbicas, que afetam a estrutura e a fluidez do produto final (YANG, 2020).

Figura 2. Viscosidade em T12 em TA e GD.



Em suma, o comportamento reológico é crucial para avaliar a estabilidade das formulações, fabricação e armazenamento. Ele permite analisar a consistência e espalhamento dos produtos, além de prever características sensoriais importantes como textura, consistência, espalhabilidade e oleosidade, influenciando as preferências dos consumidores (TANIGUCHI, 2017).

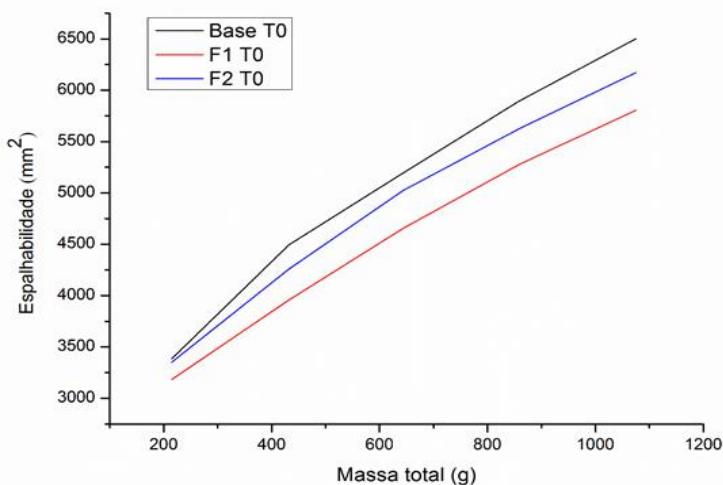
Determinação da espalhabilidade

A avaliação da espalhabilidade de formulações desempenha um papel crucial na determinação da praticidade de uso. Estudos demonstraram que a capacidade de espalhamento está estreitamente relacionada à viscosidade dos produtos. Formulações com baixa viscosidade geralmente oferecem uma melhor espalhabilidade, o que é essencial para garantir uma aplicação suave e uniforme sobre a pele (SIQUEIRA, 2017).

Observou-se que a presença do extrato de *Camellia sinensis* afetou a espalhabilidade das formulações. Formulações contendo extratos de plantas com alto teor de sólidos apresentaram menor espalhabilidade em comparação com aquelas sem esses extratos.

Na Figura 3, é apresentado o gráfico de espalhabilidade para cada formulação em T0, enquanto a Figura 4 mostra a espalhabilidade das formulações em diferentes condições de temperatura, T12-TA e T12-GD, com o extrato adicionado. Nota-se uma redução na espalhabilidade após o ciclo de gelo-degelo, atribuída às mudanças na estrutura das formulações devido ao congelamento e descongelamento repetidos. Isso indica que o cosmético deve ser armazenado em temperatura ambiente para preservar sua eficácia. O gráfico de espalhabilidade da base, F1 e F2 em T0, na Figura 3, revela que a base tem maior espalhabilidade do que as formulações contendo extrato de *Camellia sinensis*, sendo que F2 apresenta uma espalhabilidade superior à de F1.

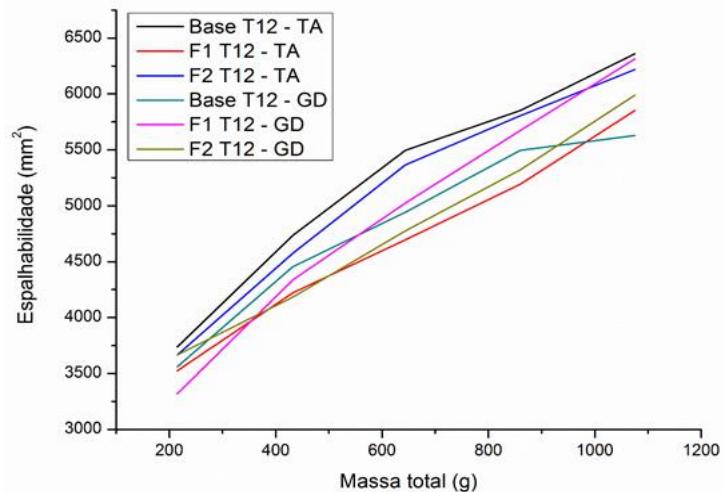
Figura 3. Espalhabilidade dos sérums em T0.



Ao analisar as formulações, percebe-se uma diferença entre a base e as formulações F1 e F2. Enquanto a ausência de extrato na base resulta em uma maior

espalhabilidade, a presença desse componente nas formulações F1 e F2 aumenta a viscosidade, o que reduz a espalhabilidade.

Figura 4. Espalhabilidade dos sérums em T12 (GD e TA).



Na figura 4 estão apresentados os resultados de espalhabilidade para a base T12 - TA em comparação à base T12 - GD, onde se observa que a primeira possui uma maior espalhabilidade. As amostras F1 e F2 no ciclo GD e TA revelaram um resultado intrigante. Apesar de sugerir que em F1 T12 - TA, com uma menor concentração de extrato, teve uma espalhabilidade diferente do encontrado

na amostra F1 T12 - GD, com o dobro da concentração de extrato sólido, apresenta uma maior espalhabilidade. Ao analisar as formulações F1 em relação ao T12 - GD nos permite entender que apresentou maior espalhabilidade quando comparadas a formulação F2 em T12 - GD. É possível notar que as amostras apresentaram uma boa espalhabilidade, adequada à aplicação na pele.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que foi possível desenvolver formulações de séruns faciais estáveis, com propriedades físico-químicas adequadas e elevado potencial antioxidante, conferido pelo extrato seco de *Camellia sinensis*. A formulação F1, em especial, destacou-se por sua estabilidade após o estudo preliminar de estabilidade, além de manter características sensoriais desejáveis, como textura leve, fácil espalhabilidade e rápida absorção. O extrato testado apresentou atividade antioxidante superior ao controle positivo (BHT), indicando eficácia promissora para aplicação cosmética voltada à prevenção do envelhecimento cutâneo.

Apesar desses achados encorajadores, é importante reconhecer algumas limitações do estudo. O extrato utilizado é de origem comercial e pode apresentar variações entre lotes, especialmente quanto à concentração de catequinas e outros polifenóis. Além disso, a presença de excipientes no extrato seco, embora necessários para sua padronização e estabilidade, pode influenciar os resultados da atividade antioxidante obtida in vitro,

interferindo no valor do IC₅₀. Esses fatores devem ser considerados na interpretação dos dados e em futuros estudos de reproduzibilidade. Outro aspecto a ser ressaltado é a ausência de testes complementares com modelos celulares ou ex vivo que possibilitem inferências mais robustas sobre a eficácia biológica das formulações. Embora os testes físico-químicos e o ensaio com DPPH ofereçam uma avaliação inicial do desempenho antioxidante, ensaios com modelos biológicos seriam fundamentais para validar os efeitos do produto sobre parâmetros cutâneos em condições que simulem o ambiente fisiológico.

Em síntese, o desenvolvimento dessas formulações representa um avanço no uso de ativos naturais em dermocosméticos, contribuindo para a inovação na indústria cosmética com foco em sustentabilidade e saúde da pele. Contudo, futuras investigações devem considerar a padronização do extrato, a avaliação da influência dos excipientes e a realização de testes biológicos adicionais para confirmar a funcionalidade in vivo dos produtos desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

ALENCAR FILHO, J. M. T. **Estudo químico por técnicas hifenadas e desenvolvimento de formulação fotoprotetora com o extrato fluido de *Alternanthera brasiliiana*.** Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Semiárido) - Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Petrolina, p. 143. 2017.

ALENCAR FILHO, J. M. T. *et al.* Flavonoid enriched extract of *Alternanthera brasiliiana* with photoprotective effect: Formulation development and evaluation of quality. **Industrial Crops and Products**, v. 149, p. 112371, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112371>.

ANIYA, M.; SADAKUNI, H.; HIRANO, E. Ionic conductors: Effect of temperature on conductivity and mechanical properties and their interrelations. **Crystals**, v. 11, n. 8, p. 1008, 2021. doi.org/10.3390/cryst11081008
BACK, P. I.; GHAZAL, S. **Vegan Shield–Antipollution Booster®**. São Paulo. 2019.

BINDES, M. M. M. *et al.* Processamento do extrato de chá verde (*Camellia sinensis*) aplicando filtração por membranas. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

BOTELHO, T. G. *et al.* Serum Facial Contendo Bio Ativos Hidratantes E Antienvelhecimento Facial. **Intellectus**, v. 71, n. 1, 2023.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de estabilidade de produtos cosméticos**. 1^a ed. v. 1, 52 p. Brasília, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos**. 2^a ed. 120 p. ISBN 978-85-88233-24-8 Brasília: Anvisa, 2008.

CÂMARA, M. E. L.; TAVARES, M. I. L. **Análise da utilização da vitamina C em formulações cosméticas no combate aos radicais livres**. Trabalho de conclusão de

curso (Bacharel em Nutrição). Faculdade Pernambucana de Saúde, Recife, 2019; 18 p.

CUNHA, A. P.; SILVA A. P.; ROQUE O. R.; CUNHA, E. **Plantas e Produtos Vegetais em Cosmética e Dermatologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 2004.

FERRAZ, I. N. *et al.* Impactos dos fatores extrínsecos no envelhecimento precoce: Uma reflexão teórica. **Research, Society and Development**. V. 10, n. 6, p. e21210615761-e21210615761, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15761>.

FAGUNDES, F. M. *et al.* Análise da concentração de carboximetilcelulose na tixotropia de fluido pseudoplástico. **Brazilian Applied Science Review**. V. 4, n. 3, p. 1130-1139, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv4n3-030>.

FIGUEIRA, L. W. *et al.* Extrato de chá verde (*Camellia sinensis*) promove ação antimicrobiana sobre *Staphylococcus aureus*. **Revista Univap**. V. 22, n. 40, p. 245-245, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.954>.

FIRMINO, L. A.; MIRANDA, M. P. S. Polifenóis totais e flavonoides em amostras de chá verde (*Camellia sinensis* L.) de diferentes marcas comercializadas na cidade de Salvador-BA. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. V. 17, p. 436-443, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/11_041.

GUARINGUE, R. P. *et al.* Perfil fitoquímico e avaliação da atividade antioxidant de extratos de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual do Paraná. Ponta grossa, p. 30-40. 2022.

KOCH, W. *et al.* Applications of tea (*Camellia sinensis*) and its active constituents in cosmetics. **Molecules**. V. 24, n. 23, p. 4277, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24234277>.

HENRIQUE, A. S.; LOPES, G. C. Biodiversidade e a indústria de cosméticos: o uso dos flavonoides contra o

envelhecimento cutâneo. **Uningá Review**. V. 29, n. 2, 2017.

LADEIRA, L. C. M. Efeitos da infusão de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze sobre parâmetros morfofisiológicos cardíacos e renais de ratos Wistar com diabetes tipo 1. Tese (Doutorado em Biologia celular e estrutural) - Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, p. 37. 2021.

KUSUMAWATI, Y.; SUHERMAN, J.; WIBOWO, L.; DEWI, S. M. The role of tea extracts on skin protection (*Camellia sinensis*). **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 334(1), 012028, 2018.

MACENA, T. F. S. *et al.* Quantificação de compostos fenólicos, poder antioxidante e teor de açúcares em produtos comerciais à base de *Camellia sinensis* L. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**. V. 15, p. e43410-e43410, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12957/demetra.2020.43410>.

MARQUES, A. P.; SANTOS, J. S. Análise das funcionalidades do chá de *Camellia sinensis*. **Research, Society and Development**. V. 10, n. 14, e110101421638-e110101421638, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21638>.

MUSIAL, C.; KUBAN-JANKOWSKA, A.; GORSKA-PONIKOWSKA, M. Beneficial properties of green tea catechins. **International journal of molecular sciences**. V. 21, n. 5, p. 1744, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21051744>.

OLIVEIRA, G L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais *in vitro* pelo método do DPPH: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. V. 17, p. 36-44, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_165.

PIRES, M. A. Avaliação da capacidade antioxidante de extratos comerciais de alecrim e chá verde e sua influência na estabilidade de hambúrguer de frango durante armazenamento congelado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de

Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Pirassununga. p. 51. 2017.

PIRES, J. et al. Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. **Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.** V. 12, p. 1-6, 2017. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27450.08640>.

PRASANTH, M. I. et al. A Review of the Role of Green Tea (*Camellia sinensis*) in Antiphotoaging, Stress Resistance, Neuroprotection, and Autophagy. **Nutrients.** V. 11, n. 2, p. 474, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11020474>.

RASCHE, W. D. **Formulação e análise de gel-creme hidratante facial.** Monografia, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014.

ROMANI, A. et al. Sweet chestnut standardized fractions from sustainable circular process and green tea extract: In vitro inhibitory activity against phytopathogenic fungi for innovative applications in green agriculture. **PLoS One.** V. 16, n. 2, p. e0247298, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247298>.

SAMSONOWICZ, M.; REGULSKA, E.; KALINOWSKA, M. Hydroxyflavone metal complexes-molecular structure, antioxidant activity and biological effects. **Chemico-Biological Interactions.** V. 273, p. 245-256, 2017.

SILVA, E. F. et al. Ação terapêutica e problemas relacionados ao uso do chá de *Camellia sinensis*. **Revista de Trabalhos Acadêmicos-Universo-Goiânia.** V. 1, n. 7, 2022.

SILVA, F. V. F. et al. Desenvolvimento e controle de qualidade de um gel-creme antiacneico a base do óleo da *Copaifera officinalis* L. (copaíba). **Revista Eletrônica Acervo Saúde.** V. 30, n. 30, p. e974-e974, 2019. DOI: <https://doi.org/10.25248/reas.e974.2019>.

SILVA, F. M. R. **Encapsulamento de chá verde (*Camellia sinensis* var assamica) por “spray dryer”**

com goma de cajueiro/maltodextrina. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. P. 21. 2016.

SIQUEIRA, J. C. **Avaliação da estabilidade de uma emulsão cosmética cold cream contendo diferentes tipos de ceras.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Química Industrial). Centro Universitário (UNIVATES). Lajeado. p. 19-20. 2017.

SOUZA, N. C. **Propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes de blends do suco de *Malpighia emarginata* DC (acerola) e infusão de *Camellia sinensis* L. (chá verde).** Tese (Programa de Pós-graduação em Bioquímica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. p. 26. 2021.

TANIGUCHI, C. Y. Y. **Desenvolvimento, estudos de estabilidade e análise sensorial de diferentes formulações anticelulite contendo ácido cafeico ou óleo de café verde ou extrato de folhas de *Morus nigra* L. em diferentes excipientes.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Araraquara. p. 46-100. 2017.

VIANA, Y. T. Q; RODRIGUES, V. F. *Camellia sinensis:* um levantamento fitoquímico. **Revista Científica da Faculdade de Medicina de Campos.** V. 19, n. 1, p. 39-56, 2024. <https://doi.org/10.29184/1980-7813.rcfmc.1028.vol.19.n1.2024>.

VIEIRA, L. G. S; ALMEIDA, L. C. K. Desenvolvimento de um sérum facial multifuncional. **Perquirere.** V. 20, n. 1, p. 91-106, 2023.

YANG, F. et al. Investigando as interações em nível molecular na dispersão de um ingrediente farmacêutico ativo (IFA)-polímero e o impacto resultante na formulação de medicamentos. **Pesquisa Farmacêutica.** V. 37, p. 1-16, 2020.