

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PAMELA SCHLICKMANN

**MICROENCAPSULAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE PATCHOULI E ÓLEO DE
COCO FRACIONADO PARA APLICAÇÃO EM COSMÉTICO**

FRANCISCO BELTRÃO

2023

PAMELA SCHLICKMANN

**MICROENCAPSULAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE PATCHOULI E ÓLEO DE
COCO FRACIONADO PARA APLICAÇÃO EM COSMÉTICO**

**Microencapsulation of patchouli essential oil and fractioned coconut oil for
cosmetic application**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado
como requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal
do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Thalita Grando Rauen
Coorientadora: Irede Angela Lucini Dalmolin
Coorientadora: Mahiara Naianne Lima

FRANCISCO BELTRÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PAMELA SCHLICKMANN

**MICROENCAPSULAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE PATCHOULI E ÓLEO DE
COCO FRACIONADO PARA APLICAÇÃO EM COSMÉTICO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Thalita Grando Rauen

Coorientadora: Irede Angela Lucini Dalmolin

Coorientadora: Mahiara Naianne Lima

Data de aprovação: 23 de junho de 2023

Thalita Grando Rauen
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Irede Angela Lucini Dalmolin
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Mahiara Naianne Lima
Farmacêutica e bioquímica
Proprietária Flor de Liz Artesanatos

“A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

FRANCISCO BELTRÃO

2023

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre estar presente em minha vida e ter me acompanhado por esta jornada, tornando tudo possível.

Aos meus pais Ivonir e Marlene que com muito amor e dedicação sempre se mantiveram ao meu lado, me dando forças e acreditando que eu fosse capaz de concluir mais esta etapa em minha vida, sempre vibrando com as pequenas e grandes conquistas.

Aos meus tios Ana Paula e Luiz, e minhas primas Ana Carolina e Ana Beatriz, por terem feito parte dessa jornada, me acolhendo em seu lar, terem me apoiado e terem sido minha família por este período.

Ao meu namorado Diego por todo amor, carinho, paciência e incentivo com este trabalho, sempre me ajudando no que lhe fosse possível e sempre disponível para ouvir meus desabafos e surtos com a vida acadêmica, sendo essencial para a conclusão desta etapa.

A minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Thalita Grandó Rauen, por ter aceitado o convite de ser minha orientadora, aceitando minha ideia de TCC. Obrigada por toda paciência, carinho e tempo dedicado a este trabalho e a mim.

A minha coorientadora Prof^ª. Dr^ª. Irede Angela Lucini Dalmolin por ter aceitado o convite e que contribuiu para que este trabalho fosse realizado. Obrigada por todo carinho, paciência e tempo dedicados a mim.

A todos as pessoas que conheci nesta jornada da graduação e que de alguma forma colaboraram e acrescentaram em minha vida. Em especial aos meus amigos Gabriel e Kauê que se mantiveram comigo do início ao fim, me apoiando e ajudando no que fosse necessário, se tornando grandes amigos que espero levar para a vida.

A todos os professores que passaram por esta jornada e contribuíram com meu aprendizado, seja na vida acadêmica e na vida pessoal.

Agradeço à empresa DoTerra por ter contribuído com esta pesquisa fornecendo os óleos de Patchouli e óleo de coro fracionado.

Agradeço à Central de Análises da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco pelo auxílio nas análises realizadas para o presente trabalho.

RESUMO

Os cosméticos se mostram presentes no dia-a-dia de todas as pessoas. Cada vez mais tem despertado o interesse da população por autocuidado, onde diretamente influencia no aumento de estudos relacionados aos cosméticos, e, principalmente no aumento dos estudos em relação às novas tecnologias presentes nesses produtos. O microencapsulamento é a técnica que consiste na formação de membranas que armazenam o produto de interesse. Vem sendo bastante utilizada no mundo dos cosméticos por sua capacidade de proteger e melhorar a performance do componente encapsulado e liberando-o de forma controlada, possibilitando assim novas aplicações para o ativo de interesse. Os óleos essenciais também vem sendo uma grande aposta do mundo dos autocuidados devido as suas diversas propriedades interessantes, como, ação anti-inflamatória, antioxidante, antibacteriana, antifúngica, entre outras. O presente trabalho teve como objetivo o microencapsulamento de óleo essencial de Patchouli e óleo de coco fracionado. Para a realização do experimento, utilizou-se a técnica de coacervação através de gotejamento com agulha e borrifador, e por secagem por *spray drying*, ambos utilizando o alginato de sódio como material de capa. As cápsulas obtidas por gotejamento apresentaram cápsulas com formato esférico e superfície porosa. As cápsulas formadas CaCl₂ a 15% apresentaram superfície mais porosa, sendo um ponto positivo, visto que o aumento da porosidade permite maior liberação do óleo ao meio externo. No experimento utilizando o borrifador, as cápsulas apresentaram aglomerações e formatos esférico não bem definidos. O experimento por *spray drying*, não apresentou êxito na formação das cápsulas distintas, apresentou filamento aglomerados e com superfície também porosa. Por fim, a técnica de coacervação por gotejamento com agulha apresentou melhor resultado, formando um padrão de cápsulas esféricas com superfície porosa.

Palavras-chave: microcápsulas; coacervação; *spray drying*; óleo essencial de Patchouli; óleo de coco fracionado.

ABSTRACT

Cosmetics are present in everyone's daily lives. Increasingly, the population's interest in self-care has aroused, which directly influences the increase in studies related to cosmetics, and especially in the increase in studies in relation to the new technologies present in these products. Microencapsulation, is the technique that consists in the formation of membranes that store the product of interest. It has been widely used in the world of cosmetics for ability to protect and improve the performance of the encapsulated component and release it in a controlled manner, thus allowing new applications for the active of interest. Essential oils have also been a big bet in the world of self-care due to their many interesting properties, such as anti-inflammatory, antioxidant, antibacterial, antifungal action, among others. The objective of this work was the microencapsulation of patchouli essential oil and fractionated coconut oil. To carry out the experiment, the coacervation technique was used through dripping with a needle and sprayer, and by spray drying, both using sodium alginate as cover material. The dripping pendant capsules presented capsules with a spherical shape and porous surface. The capsules formed by 15% CaCl₂ had more porous surface, which is a positive point, since the increase in porosity allows greater release of oil to the external environment. In the experiment using the spray bottle, the capsules showed agglomerations and spherical shapes that were not well defined. The spray drying experiment did not succeed in forming distinct capsules, showing agglomerated filaments and also a porous surface. Finally, the needle drip coacervation technique showed better results, forming a pattern of spherical capsules with a porous surface.

Keywords: microcapsule; coacervation; *spray drying*; Patchouli essential oil; fractionated coconut oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de artigos publicados nos últimos vinte anos, retirados da base de dados Scopus.....	16
Figura 2 – Morfologia das microcápsulas	17
Figura 3 – Representação esquemática do processo de microencapsulação por coacervação .	18
Figura 4 – (A) Borrifador utilizado para a formação de cápsulas e (B) mecanismo utilizado para filtração à vácuo das cápsulas.....	23
Figura 5 – Atomizador Labmaq PS-1 disponível em laboratório da UTFPR - FB	24
Figura 6 – (A) Cápsulas produzidas por gotejamento com agulha na solução de CaCl ₂ , e (B) Microcápsulas produzidas com o uso de borrifador.....	26
Figura 7 – (A) Cápsulas obtidas por gotejamento com agulha em placas de petri após a secagem, (B) cápsulas obtidas com borrifador em placas de petri após a secagem.....	27
Figura 8 – (A) Cápsulas produzidas com concentração de CaCl ₂ 5%, (B) Cápsulas produzidas com concentração de CaCl ₂ 25%, e (C) Cápsulas produzidas com concentração de CaCl ₂ 15%	28
Figura 9 – (A) Cápsulas obtidas por borrifador em CaCl ₂ 5% após a secagem, (B) Cápsulas obtidas por borrifador em CaCl ₂ 15% após a secagem, e (C) Cápsulas obtidas por borrifador em CaCl ₂ 25% após a secagem	29
Figura 10 – Cápsulas obtidas por spray dryer ainda na solução de CaCl ₂	30
Figura 11 – Cápsulas produzidas por <i>spray dryer</i> após a filtração a vácuo.....	30
Figura 12 - Cápsulas produzidas por <i>spray dryer</i> após a secagem.....	31
Figura 13 – Cápsulas acomodadas no equipamento MEV (A) obtidas utilizando a solução de CaCl ₂ a 5%, (B) obtidas utilizando a solução de CaCl ₂ a 15%, e (C) obtidas utilizando a solução de CaCl ₂ a 25%.....	31
Figura 14 – Fotomicrografiaa com aproximação de 40x para o ensaio com concentração de CaCl ₂ a 5%.....	32
Figura 15 – Fotomicrografia com ensaio na concentração de CaCl ₂ 5% com aproximação de 80x	33
Figura 16 – Fotomicrografia do ensaio com concentração de CaCl ₂ a 5% na aproximação de 100x	33
Figura 17 – Fotomicrografia do ensaio com concentração de CaCl ₂ a 5% com aproximação de 200x	34
Figura 18 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na concentração de CaCl ₂ a 15% com aproximação de 50x	35

Figura 19 – Fotomicrografia obtida do MEV na concentração de CaCl ₂ a 15% com aproximação de 80x	35
Figura 20 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na concentração de CaCl ₂ a 15% com aproximação de 100x.....	36
Figura 21 – Fotomicrografia obtida do ensaio na concentração de CaCl ₂ a 15% com aproximação de 180x.....	37
Figura 22 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na concentração de CaCl ₂ a 25% com aproximação de 50x	38
Figura 23 – Fotomicrografia do ensaio com concentração de CaCl ₂ a 25% com aproximação de 80x	38
Figura 24 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na concentração de CaCl ₂ a 25% com aproximação de 120x	39
Figura 25 – Fotomicrografia do ensaio de produção de microcápsulas utilizando borrifador .	40
Figura 26 – Fotomicrografia do ensaio de produção de microcápsulas utilizando borrifador com aproximação de 180x	Erro! Indicador não definido. 0
Figura 27 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na produção de microcápsulas utilizando borrifador com aproximação de 500x	411
Figura 28 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na produção de microcápsulas utilizando borrifador com aproximação de 1200x	421
Figura 29 – Fotomicrografia do ensaio de produção de microcápsulas utilizando borrifador com aproximação de 2000x.....	422
Figura 30 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na produção de microcápsulas utilizando <i>spray dryer</i> com aproximação de 40x	433
Figura 31 – Fotomicrografia obtida pelo MEV na produção de microcápsulas utilizando <i>spray dryer</i> com aproximação de 100x	433
Figura 32 – Cápsulas produzidas por gotejamento visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 4x.	455
Figura 33 – Cápsulas produzidas por gotejamento visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 4x.	455
Figura 34 – Cápsulas produzidas por borrifador visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 4x.	466
Figura 35 – Cápsulas produzidas por <i>spray dryer</i> visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 4x.....	477
Figura 36 – Cápsulas produzidas por <i>spray dryer</i> visualizadas no microscópio utilizando a lente	

de aumento de 10x.....	477
Figura 37 – Cápsulas produzidas por spray dryer visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 40x.....	488

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 COSMETOLOGIA	13
3.1.1 <i>A pele</i>	13
3.1.2 <i>Formas de hidratação da pele</i>	14
3.2 EMULSÃO.....	14
3.3 MICROENCAPSULAMENTO.....	16
3.3.1 <i>Técnicas de microencapsulamento</i>	17
3.3.2 <i>Microencapsulamento de cosméticos</i>	19
3.4 ÓLEOS ESSENCIAIS	19
3.4.1 <i>Aplicação e uso cosmético dos óleos essenciais</i>	20
3.4.2 <i>Óleos essenciais microencapsulados</i>	20
3.4.3 <i>Óleo essencial de Patchouli</i>	20
3.5 ÓLEO DE COCO FRACIONADO	21
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
4.1 MATERIAIS.....	22
4.2 MÉTODOS.....	22
4.2.1 <i>Preparo das soluções</i>	22
4.2.3 <i>Cápsulas formadas com borrifador</i>	23
4.2.3 <i>Microcápsulas por Spray Drying</i>	23
4.2.3 <i>Análise e caracterização das cápsulas</i>	25
4.2.3.1 <i>Estudo morfológico e de superfície por microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i>	25
4.2.3.2 <i>Microscopia ótica</i>	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1 - <i>OBTENÇÃO DAS CÁPSULAS</i>	26
5.1.1 <i>Cápsulas obtidas pelo método de coacervação</i>	26
5.1.2 <i>Filtragem das cápsulas obtidas por coacervação</i>	27
5.1.3 <i>Secagem das cápsulas obtidas por coacervação</i>	27
5.1.4 <i>Cápsulas obtidas pelo método utilizando spray drying</i>	29
5.2.1 <i>Análise e caracterização das cápsulas</i>	31
5.2.1.1 <i>Estudo morfológico e de superfície por microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i>	31
5.2.1.2 <i>Microscopia ótica</i>	44
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
7 PERSPECTIVAS FUTURAS	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

Dentre o campo de atuação do engenheiro químico estão as indústrias de Farmácia, Papel de Celulose, Borracha e Plásticos, Petróleo e Petroquímica, Cerâmica, Resinas, Medicamentos, Tratamento de efluentes, Tintas, Corantes, Cosméticos, Biotecnologia, Indústria Alimentícia e Sucroalcooleira, entre diversas outras. Porém, a área dos cosméticos não é muito visada ou lembrada pelos engenheiros como também uma possibilidade de atuação. Entretanto, a indústria de cosméticos tem apresentado significativo aumento de participação no cenário comercial, ou seja, uma boa possibilidade de emprego para quem interessar (CONFEA, 2022)

A busca pela melhora da qualidade da pele e conseqüentemente o aumento da autoestima está em alta e para uma boa aparência da pele é necessária uma boa hidratação, pois quanto maior a hidratação cutânea, maior o aspecto de pele saudável, macia, com elasticidade e flexibilidade. Além de que, a hidratação cutânea tem importante papel em manter as atividades metabólicas e fisiológicas do corpo humano (AMARAL; SOUZA, 2019).

O microencapsulamento é uma técnica muito utilizada na indústria de alimentos e farmacêutica e está conquistando seu espaço também na indústria de cosméticos, assim como em outras áreas. A ideia surgiu em 1930 utilizando a técnica de *spray drying*, porém só foi aplicada de fato em 1954 pela empresa norte-americana *National Cash Register (NCR)*. Consiste em um pequeno invólucro com o objetivo de formar uma membrana que irá atuar de forma a proteger e armazenar o material encapsulado, possibilitando novas aplicações. A membrana é semipermeável a fim de controlar a entrada e saída do material encapsulado, possibilitando que o ativo atue somente no local e no tempo escolhido (JANKE *et al.*, 2021).

As técnicas de microencapsulamento podem ser classificadas em três grupos: químicas, físico-mecânicas e físico-químicas. Sendo as duas técnicas principais e mais conhecidas *spray drying* e coacervação. (MOREIRA, 2014)

Os óleos essenciais, que atualmente estão sendo reportados como óleos voláteis, são utilizados para diversas finalidades, como, fármacos, cosméticos, alimentos, etc., devido às diversas propriedades importantes que apresentam, destacando-se a ação antioxidante, antimicrobiana, antifúngica, antiinflamatória, entre outros. (LEIMANN, 2008). Na área de cosméticos, é utilizado para perfumar perfumes, shampoos, cremes, sabonetes, e em pequenas doses, produtos de tratamento e cuidados (ANDRADE *et al.*, 2014).

A principal motivação em microencapsular os óleos essenciais, é devido a capacidade da tecnologia de liberação controlada do ativo, proteção de fatores externos, umidade do ar,

evitar também reações químicas entre duas substâncias e por sua capacidade de evitar a perda de compostos voláteis e a degradação dos lipídeos (LEIMANN, 2008).

O óleo essencial de Patchouli possui alto valor para a cosmetologia, devido ao seu alto poder aromático, sendo bastante utilizado na área de perfumaria e aromaterapia (DONELIAN, 2004). Destacam-se suas propriedades antibacteriana, antioxidante e anti-inflamatória, sendo de alto interessante para o uso em cosméticos (COSTA; CARVALHO FILHO; DESCHAMPS, 2013).

O óleo de coco possui propriedade calmante, hidratante e nutritivo para peles sensíveis, isso permite as mais diversas aplicabilidades deste produto, seja no rosto, couro cabeludo, corpo e nos cabelos (MOTA, 2016; NETO; SILVA; NETO, 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Microencapsular o óleo essencial de Patchouli e óleo de coco fracionado para aplicação em cremes hidratantes.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver e avaliar as microcápsulas contendo óleo essencial de Patchouli e óleo de coco fracionado;
- Avaliar diferentes técnicas de encapsulamento;
- Realizar o estudo morfológico e de superfície por microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Observar a dispersão e disposição das partículas pela análise de microscopia óptica (MO);

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Cosmetologia

Área da ciência que estuda os cosméticos, desde a sua formulação até a aplicação do produto, é chamada de cosmetologia. Entre esses dois extremos, estudam-se novas tecnologias, matérias-primas, produção e comercialização, entre outras etapas. É a área que envolve diversas matérias, como física, química, biologia e algumas áreas humanitárias. Tem finalidade de prevenção e melhoria de pele e cabelos (RIBEIRO, 2010). Nos dias atuais, têm-se usado novas formulações para o desenvolvimento de cosméticos multifuncionais, os quais podem auxiliar em mais de uma função ao mesmo tempo (MATOS, 2014).

3.1.1 A pele

A pele, sendo o maior órgão do corpo humano, tem como função envolver toda a superfície e proteger os órgãos do ambiente externo, evitar a perda de água e assim garantir a hidratação cutânea, entre diversas outras funções importantes para o corpo. A pele é um tecido heterogêneo formado por três camadas: epiderme, derme e hipoderme, respectivamente de fora para dentro, sendo a epiderme e derme as regiões que mais sofrem alterações com o decorrer do envelhecimento (OLIVEIRA; DORNELLAS, 2018).

É indiscutível que atualmente a busca por uma boa aparência da pele e consequente elevação da autoestima só tem aumentado, incentivando assim a procura por produtos que proporcionem uma pele mais saudável. Entre esses aspectos procurados, tem-se fortemente o fator hidratante, pois quanto maior a hidratação cutânea, maior o aspecto de pele saudável, macia, com elasticidade e flexibilidade. Além de que, a hidratação cutânea tem importante papel em manter as atividades metabólicas e fisiológicas do corpo humano (AMARAL *et al.*, 2019).

Diversas pessoas sofrem com o problema de desidratação cutânea ou popularmente conhecida como pele seca, a principal característica desse tipo é descamação, fissuras, tensão, vermelhidão, e pode ocorrer sangramentos (MILAN *et al.*, 2007). Como forma de solucionar este problema é importante a escolha adequada de um bom hidratante, variando de acordo com as necessidades individuais. Além de hidratar, esses produtos possuem substâncias que fazem parte naturalmente da pele, como as ceramidas, que possuem função de reparação da pele (ALMEIDA, 2018). Doenças de pele e fatores ambientais, como, a baixa umidade, podem provocar a desidratação cutânea (RODRIGUES, 2016).

3.1.2 Formas de hidratação da pele

Os principais produtos cosméticos específicos para hidratação agem pelos seguintes mecanismos: oclusão, umectação e hidratação ativa. A oclusão evita a perda de água através da formação de uma barreira superficial na pele. A hidratação ativa é caracterizada por possuir ativos que tem como função ativar as aquaporinas, proteínas responsáveis por criar vias de acesso da água para assim garantir a hidratação (GASPERI, 2015). A umectação absorve a água da atmosfera ou do próprio produto e promove a retenção de água nas camadas mais internas da pele ou na superfície (SOUZA, 2018).

A cosmetologia, principal responsável por produtos hidratantes, apresenta diversos tipos de textura para proporcionar a hidratação necessária para a pele, dentre elas têm-se: Sérum, Loção e Creme. Sérum é um produto quase líquido com pouca viscosidade, sendo o ideal para peles oleosas, é absorvido pela pele rapidamente e não deixa aspecto pegajoso. O creme é o mais indicado para peles secas, pois tem a textura mais viscosa, ou seja, tem textura mais concentrada e firme. É um produto que contém óleo e água em sua composição. A loção é o produto que funciona para todos os tipos de pele, nem muito viscoso e nem muito líquido, com a textura próxima a de um creme, porém mais leve (COSTA *et al.*, 2021)

3.2 Emulsão

Emulsão é um sistema heterogêneo formado por dois líquidos imiscíveis e termodinamicamente instáveis, geralmente formado por água e óleo. É composto por uma fase dispersa ou interna e uma fase contínua, externa ou dispersante onde as gotas se dispersam. Essas partículas tem formato de gota e apresentam diâmetro entre 0,1 μm a 100 μm (PEREIRA *et al.*, 2015). As fases são estabilizadas com o uso de agentes emulsificantes em um processo chamado emulsificação (ZANON, 2010). O emulsificante é uma substância com propriedades tensoativas que, ao ser adicionado em uma emulsão, impede que as gotas dispersas se agreguem novamente, assim, mantendo o sistema estável cineticamente (BENETTI, 2018).

É subdividida em: emulsão simples e emulsão múltipla:

- Emulsão simples: sistema formado por gotas de óleo dispersas em uma fase aquosa, chamada de emulsão simples O/A (óleo/água). Existe também uma emulsão simples A/O (água/óleo) pouco utilizada na cosmetologia, onde o sistema é formado por gotas de água dispersas em uma fase oleosa.
- Emulsão múltipla: Possui estrutura com maior nível de complexidade do que a emulsão simples. Os sistemas mais comuns são água/óleo/água (A/O/A), formados por gotas de

água dispersas em óleo sendo o óleo disperso em água, com essa última fase aquosa chamada de fase aquosa externa, e o sistema óleo/água/óleo (O/A/O) com o óleo disperso em uma fase aquosa, e esta, dispersa em uma fase óleo (PEREIRA *et al.*, 2015).

A emulsão do tipo O/A é mais comumente utilizada devido a sua textura mais bem aceita pelos consumidores. São absorvidas mais rapidamente pela pele, pois possuem baixo conteúdo oleoso, e podem ser removidas com facilidade da superfície cutânea. Já as emulsões A/O são utilizadas para a hidratação de peles ressecadas, devido a sua capacidade de amenizar as mudanças causadas pelo envelhecimento da mesma. As emulsões do tipo O/A/O e A/O/A podem ser utilizadas para usos cosméticos, fármacos, alimentícios, agrotóxicos, entre outros, devido a sua capacidade de encapsular os ativos de interesse (ZANON, 2010). Esse tipo de emulsão, do tipo A/O/A, pode ser utilizada para a técnica de microencapsulamento (PEREIRA *et al.*, 2015).

É necessário estabilizar as emulsões, já que, conforme visto anteriormente, são termodinamicamente instáveis. Sabendo disso, as estabilizações são efetuadas com o uso de agentes tensoativos que têm a função de diminuir as tensões interfaciais entre óleo e água, criando um filme interfacial com características estéricas e eletrostáticas em volta dos glóbulos da fase interna (BOOCK, 2007). Os agentes tensoativos são moléculas que possuem um grupo polar (hidrofílico) e um grupo apolar (lipofílico), sendo assim, uma molécula chamada de anfifílica. Os sintéticos, os quais são mais utilizados, são classificados em aniônicos, catiônicos, anfotéricos e não-iônicos. Esse equilíbrio entre os grupos rege a utilização dos tensoativos como umectantes, detergentes, emulsificantes, espumógenos, solubilizantes, condicionantes, espessantes e emolientes. Nos cosméticos são utilizados em várias formas de formulações como: suspensões, géis, aerossóis, entre outros. Possuem a função de diminuir a energia necessária para manter um líquido disperso em outro e assim possibilitar a formação da emulsão (MORAES *et al.*, 2013; BALBINOT; AGNES, 2011).

A principal utilização dos tensoativos se dá pela formação de agregados moleculares ou micelas, estruturas organizadas (SÁ, 2021). Aniônicos, caracterizados por sabões, compostos sulfonados e sulfatados, são incompatíveis com ácidos e cátions polivalentes, porém são mais eficientes quando utilizados em associação com um agente não-iônico. Os tensoativos não-iônicos, caracterizados por ésteres de glicol e de glicerol, ésteres de sorbitano, polissorbatos, ésteres de alcoóis graxos, ésteres de ácidos graxos e poliglicóis, são o principal grupo por possuir baixa toxicidade, possuem pouca sensibilidade à mudanças de pH e adição de eletrólitos e possuem problemas menores de compatibilidade com outros componentes. Uma emulsão com base iônica pode ser produzida utilizando a base Lanette N® formada por álcool

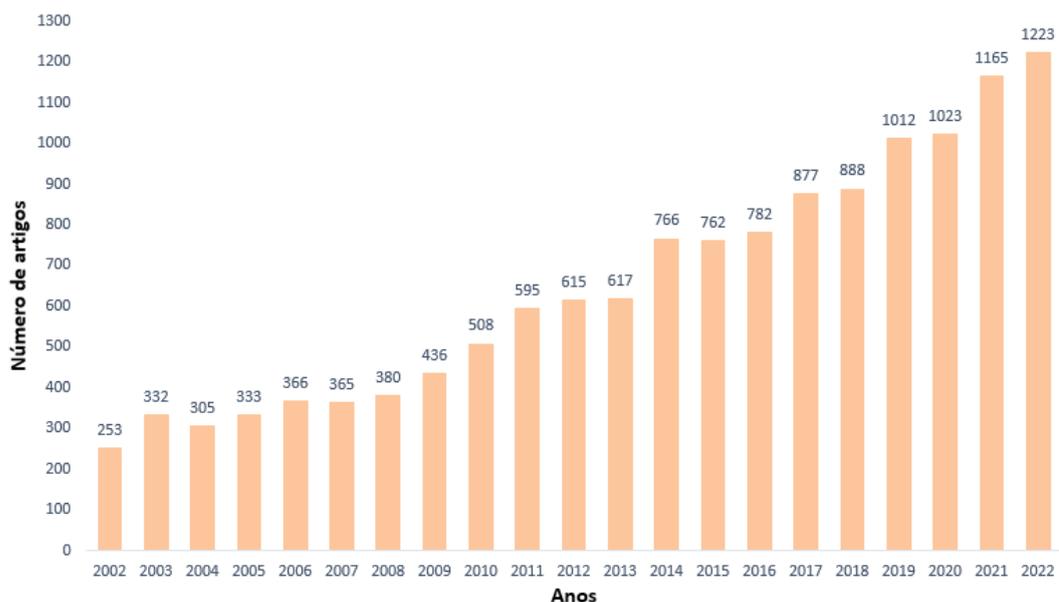
cetoestearílico e cetil estearil sulfato de sódio enquanto a emulsão não-iônica pode ser produzida com o uso da base tipo Polawax® formada por álcool cetoestearílico e monoestearato de sorbitano polioxietileno 20 O.E. Para garantir que haja a estabilidade, o agente tensoativo utilizado precisa ser compatível com a base escolhida (BALBINOT; AGNES, 2011).

3.3 Microencapsulamento

A ideia de microencapsulamento surgiu por volta de 1930, utilizando a técnica de *spray drying*. Logo após, no mesmo ano, tem-se registros da utilização da técnica conhecida até os dias atuais como coacervação (MOREIRA, 2014). Porém, o primeiro produto, só foi aparecer no ano de 1954, produzido pela empresa norte-americana *National Cash Register* (NCR), a qual produziu um papel de cópia que não levava o carbono em sua produção, sendo que este era comumente utilizado. O papel de cópia recebia uma fina camada de tinta microencapsulada que no momento em que passava o lápis em cima da superfície, por pressão, as microcápsulas estouravam e liberavam a tinta. Na mesma década, começaram a surgir as primeiras pesquisas em torno da microencapsulação com enfoque na área farmacêutica (SUAVE *et al.*, 2006).

A técnica de microencapsulamento tem tido um aumento significativo ao longo dos anos, conforme demonstrado na Figura 1. Nota-se um aumento dos estudos relacionados a microencapsulamento e assim é possível perceber que essa área de pesquisa tende a aumentar cada vez mais (MOREIRA, 2014).

Figura 1 - Número de artigos publicados nos últimos vinte anos, retirados da base de dados Scopus

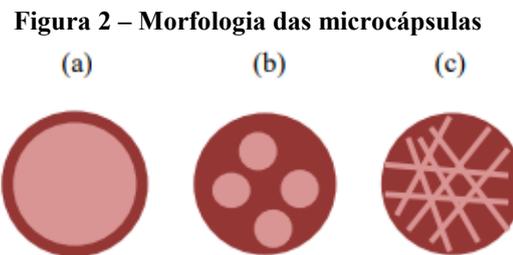


Fonte: Autoria própria (2023)

Conforme resultados retirados do Google Scholar, nos últimos 5 anos encontram-se 1620 resultados para “microencapsulamento, microencapsulation”.

O microencapsulamento consiste na formação de pequenos invólucros que atuam como uma forma de membrana para armazenar o ativo principal. Essa membrana tem a função de proteger e melhorar a performance do componente encapsulado, possibilitando novas aplicações. É semipermeável para permitir a entrada e saída controlada do ativo. A saída e entrada é controlada de acordo com o pH, rompimento físico, difusão e osmolaridade, possibilitando que o ativo atue somente no local e no tempo escolhido (JANKE *et al.*, 2021).

As microcápsulas são classificadas conforme sua estrutura e morfologia. A morfologia é dividida entre (a) mononuclear, (b) multinuclear (polinuclear) e (c) matriz, conforme demonstrado na Figura 2.



Fonte: Moreira (2014)

A microcápsula mononuclear apresenta apenas um núcleo o qual está envolvido por um material de parede. Na microcápsula polinuclear é observado a presença de vários núcleos, todos envoltos em um único material de parede. Por fim, na microcápsula matriz, os princípios ativos estão integrados dentro da matriz do material de parede (MOREIRA, 2014). Possuem formato regular ou irregular e podem aparecer de diversos tamanhos - macrocápsulas com tamanho maior que 5,000 μm , microcápsula de 0,2 a 5,000 μm e nanocápsula menor que 0,2 μm . Na microcápsula, o componente de interesse é completamente envolto pelo material de parede. Na microesfera, o componente de interesse fica disperso ocupando o centro e a vizinhança da cápsula (JANKE *et al.*, 2021).

3.3.1 Técnicas de microencapsulamento

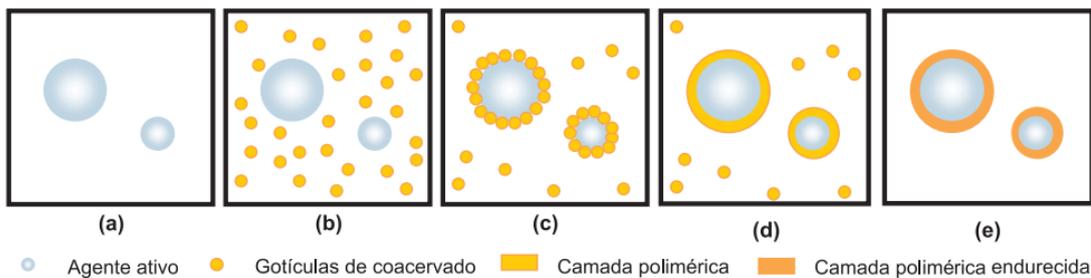
Existem diversas técnicas para a formação de microcápsulas, como *spray drying*, revestimento em leito fluidizado, extrusão, extrusão centrífuga em múltiplos estágios, co-cristalização, liofilização, polimerização *in situ*, coacervação, evaporação por solvente, entre outra. As técnicas mais conhecidas e utilizadas desde a antiguidade são a coacervação e *spray*

drying (JANKE *et al.*, 2021).

A técnica de *spray drying* é acessível, utilizada com frequência na indústria alimentícia para microencapsular óleos, sabores, lipídios e pigmentos. É uma técnica realizada no equipamento chamado *spray dryer*, onde a solução é encaminhada para um atomizador e formará pequenas gotículas sendo em seguida dispersas em uma câmara com ar quente. O material de parede é solidificado juntamente com o núcleo e ao mesmo tempo evaporando o solvente, assim formando as microcápsulas (JANKE *et al.*, 2021).

A técnica por coacervação é um processo baseado na separação de fases. Segundo (SUAVE *et al.*, 2006), o processo de microencapsulação por coacervação segue as seguintes etapas: inicialmente ocorre a dispersão do agente ativo que posteriormente será microencapsulado em uma solução de polímero. Em seguida ocorre a indução da coacervação por método realizado em meio aquoso ou meio orgânico, formando as gotículas de coacervado. Ocorrerá então a deposição das gotículas de coacervado ao redor dos núcleos que contém o princípio ativo. Em seguida, a coalescência das gotículas de coacervado para formar a camada polimérica. E por fim, o endurecimento da camada polimérica através da difusão do solvente, adicionando um agente reticulante, mudança de temperatura, etc. E finalmente tem-se a obtenção das microcápsulas onde serão separadas do sistema por centrifugação ou filtração. A Figura 3 ilustra as etapas do processo (SUAVE *et al.*, 2006).

Figura 3 – Representação esquemática do processo de microencapsulação por coacervação



Fonte: SUAVE *et al.* (2006)

A coacervação pode ser aplicada em fase aquosa ou fase orgânica. Na fase aquosa só é possível realizar a microencapsulação em soluções insolúveis em água, já na fase orgânica, é possível realizar as microcápsulas utilizando substâncias solúveis em água. A coacervação em fase aquosa pode ser complexa ou simples (MOREIRA, 2014). A coacervação complexa consiste na microencapsulação de dois polímeros com cargas opostas as quais irão formar uma matriz. Na coacervação simples o polímero sofre precipitação devido às mudanças de pH ou temperatura (DIAS, 2017).

3.3.2 Microencapsulamento de cosméticos

Conforme dito anteriormente, o aumento da busca por uma boa aparência da pele tem ganhado força e com isso, também o aumento dos estudos científicos afim de criar novas técnicas para produtos desse nicho (SÁ, 2021).

O microencapsulamento, usado em diversas áreas como alimentos, agrotóxicos, etc. É utilizado também para a indústria cosmética, afim de proporcionar uma melhor qualidade e utilização dos ativos de interesse, visto que, o microencapsulamento permite a proteção do componente encapsulado através de uma membrana, evitando contato com o ambiente externo à qual está inserido e principalmente controlar a liberação do ativo (ALVES, 2012)

Um dos benefícios de cosméticos microencapsulados se dá ao fato de que muitos cosméticos convencionais não conseguem penetrar em camadas profundas da pele e apenas hidratam a pele superficialmente. Sendo assim, o encapsulamento pode auxiliar com a sua tecnologia de transportar o ativo encapsulado e liberá-lo nas camadas mais profundas da pele, proporcionando uma melhor eficiência do produto. Na área de cosmetologia, os principais ativos utilizados para encapsulação são extratos naturais, advindos de folhas, flores e frutos. É comum também o uso de extratos alcoólicos, aquosos e glicólicos (GHILARDI; SILVA; PAGANUCCI; 2018).

3.4 Óleos essenciais

Os óleos essenciais, também denominados óleos voláteis, são misturas complexas retiradas de plantas medicinais e aromáticas, obtidos através de destilação, hidrodestilação, arraste a vapor ou prensagem. São misturas que possuem diversas moléculas orgânicas, de baixo peso molecular, natureza lipofílica (que se dissolve em gorduras), voláteis, líquidas e geralmente odoríferas (SILVA, 2021). As plantas possuem substâncias chamadas de aleloquímicos; terpenos, monoterpenos, sesquiterpenos e de fenilpropanoides. São voláteis e aromáticos. São essas as substâncias utilizadas em fragrâncias de perfumes. Seus odores funcionam como forma de proteção ou atração de insetos, também podem atrair insetos para a dispersão de pólen e sementes. São responsáveis também pelas propriedades organolépticas de cada planta, assim como as propriedades olfativas que são percebidas por humanos, animais, microorganismos e outras plantas. São diferenciadas de óleos fixos devido ao período de colheita, tipo de solo, contato com luz, modo de extração. As plantas possuem diversos terpenos, e são eles que definem suas propriedades medicinais, com sua quantidade variando de acordo com a colheita e tempo de maturação da planta. São os terpenos que são a origem dos óleos essenciais (CIAGRO, 2020).

3.4.1 Aplicação e uso cosmético dos óleos essenciais

Os óleos essenciais vêm sendo utilizados para diversas finalidades, como, fármacos, cosméticos, alimentos, etc, devido às diversas propriedades importantes que apresentam, destacando-se ação antioxidante, antimicrobiana, antifúngica, antiinflamatória, entre outros (LEIMANN, 2008).

Podem ser utilizados em embalagens de alimentos, com a função de inibir a propagação de microorganismos patogênicos (CIAGRO, 2020). Amplamente utilizados para fins medicinais e cosméticas e atualmente nas indústrias farmacêutica, sanitária, cosmética, agrícola e alimentícia (LYRA, 2019).

Na área de cosméticos, é utilizado para perfumar perfumes, shampoos, cremes, sabonetes, e em pequenas doses, produtos de tratamento e cuidados (ANDRADE *et al.*, 2014)

3.4.2 Óleos essenciais microencapsulados

A principal motivação em microencapsular os óleos essenciais ou atualmente chamados de óleos voláteis, é devido a capacidade da tecnologia de liberação controlado do ativo, proteção de fatores externos, umidade do ar, evitar também reações químicas entre duas substâncias e por sua capacidade de evitar a perda de compostos voláteis e a degradação dos lipídeos. Pode ainda, a microencapsulação, modificar a cor, forma, volume ou fotossensibilidade do ativo e mascarar sabores e odores (LEIMANN, 2008). A microencapsulação de compostos voláteis, tais como fragrâncias e extratos vegetais para cuidados pessoais, tem se mostrado bastante interessante na área cosmética, pois pode ainda melhorar a estabilidade de componentes instáveis, possibilitar a penetração de substâncias em níveis mais profundos da pele e até aumentar prazos de validade dos compostos encapsulados (BRASILEIRO, 2011).

3.4.3 Óleo essencial de Patchouli

A Patchouli, (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth), planta que dá origem ao óleo essencial de Patchouli, é da família Lamiaceae ou “lip-flower” (hortelã). Originalmente do sudoeste da Ásia e atualmente cresce principalmente na Malásia Indonésia, Filipinas, China, Índia, Seychelles e Brasil. É uma planta arbustiva que prefere clima quente e úmido (ARAÚJO, 2008).

O óleo essencial é extraído das folhas da planta, que são lisas, aveludadas, cobertas com glândulas de óleo em ambas as faces, fortemente aromáticas e possuem alto valor para

área de perfumaria e aromaterapia graças a sua fragrância característica (DONELIAN, 2004). Também é uma matéria-prima comum na produção de sabonetes, cosméticos, incensos, produtos de higiene oral e pós-barba. Dentre as mais diversas aplicabilidades do óleo essencial de Patchouli, destaca-se sua ação antibacteriana, antioxidante e antiinflamatório, atualmente estando entre os 18 óleos essenciais mais utilizados no mundo (COSTA; CARVALHO FILHO; DESCHAMPS, 2013).

3.5 Óleo de coco fracionado

Sabendo que os óleos possuem moléculas amplamente complexas, o fracionamento tem sido uma alternativa usada para separar as frações correspondentes e utilizá-las como matérias-primas em várias aplicações (LIMA; ROSSA; CASSEL, 2018).

O fracionamento tem como objetivo separar o óleo em frações menores, tornando-o mais leve e menos gorduroso, facilitando a absorção da pele. O óleo de coco é calmante, suavizante, nutritivo para peles sensíveis e altamente hidratante. Pode ser utilizado na pele do rosto, corpo, couro cabeludo e cabelo (MOTA, 2016; NETO; SILVA; NETO, 2020)

O processo é realizado tradicionalmente por destilação fracionada e deve ser à vácuo, pois evita-se o uso de altas temperaturas que possam causar danificações e ressignificações na composição dos óleos (STÜKER, *et al*, 2011).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Materiais

Os materiais utilizados foram: óleo essencial de Patchouli e óleo de coco fracionado fornecidos pela empresa doTERRA, água deionizada, alginato de sódio ($C_6H_7O_6Na$), Tween 80 fornecido pela empresa Croda, cloreto de cálcio ($CaCl_2$) com teor como $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ de 99,0 – 105%, béqueres, erlenmeyers, bastão de vidro, agitador magnético, banho-maria, *spray dryer*, agulhas de diferentes diâmetros, borrifador, sistema de filtração a vácuo com a utilização da membrana de filtração 0,45 μ / 47 mm de acetato de celulose e peneira.

4.2 Métodos

Este trabalho foi realizado com adaptações da metodologia realizada por Müller (2011), utilizando a técnica de encapsulação por coacervação.

4.2.1 Preparo das soluções

Foram preparadas duas soluções: solução 1 sendo a solução a ser encapsulada, contendo alginato de sódio, Tween 80 e os óleos, e por fim a solução 2 responsável pela reticulação das cápsulas, sendo solução de $CaCl_2$.

A solução a ser encapsulada foi realizada da seguinte forma: preparou-se uma solução contendo 1,25% (m/V) de $C_6H_7O_6Na$, 1% (m/V) de Tween 80, 5% (m/V) de óleo essencial de Patchouli e 5% (m/V) de óleo de coco fracionado e completado o volume com água destilada, que correspondeu a 87,75% (m/V). Após a adição de todos os componentes, colocou-se a mistura em banho-maria a 50 °C com agitação manual com auxílio de um bastão de vidro até a completa homogeneização. Preparou-se também 1 L de solução de $CaCl_2$ 1% (m/V).

4.2.2 Cápsulas formadas por gotejamento com agulha

Para este procedimento, a solução 1 foi lentamente gotejada manualmente com o auxílio de uma seringa 13 x 0,45 mm sobre a solução 2, que se manteve em agitação magnética durante todo o processo.

Posteriormente as cápsulas formadas foram lavadas com água destilada para que se retirasse todo o Tween 80 e $CaCl_2$ residual. Para isso, utilizou-se uma peneira, permitindo que

todo o excesso da água escoasse e assim as cápsulas pudessem ser secas com maior facilidade. A secagem foi realizada em estufa a uma temperatura de 30 °C por 24 h.

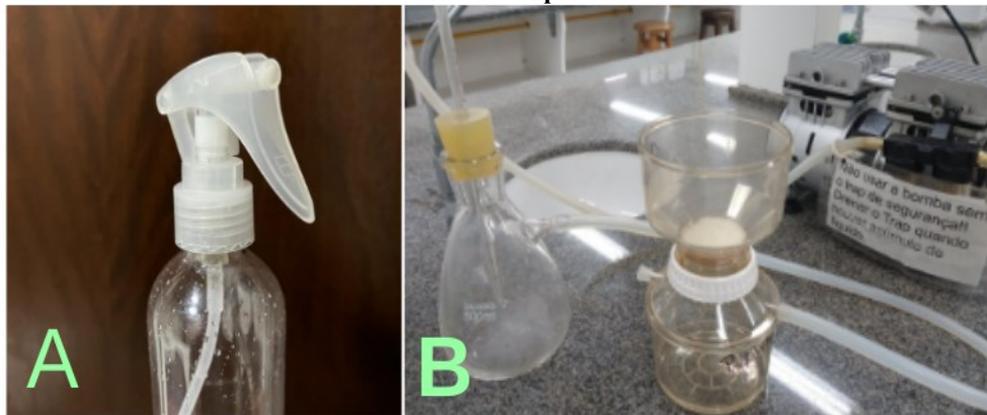
Buscando analisar a influência do CaCl_2 nas amostras, testaram-se diferentes concentrações, sendo de 5%, 15% e 25% de CaCl_2 em 100 mL. Manteve-se a mesma agulha utilizada anteriormente, bem como as etapas de filtração e secagem seguiram-se da mesma forma conforme descrito previamente.

4.2.3 Cápsulas formadas com borrifador

Para o preparo das cápsulas, a solução 1 foi aspergida manualmente, com o auxílio de um borrifador comum, como o apresentado na Figura 4 (A), sobre a solução 2, nas concentrações de CaCl_2 5%, 15% e 25% separadamente, que se manteve em agitação.

Posteriormente as cápsulas formadas foram lavadas com água destilada. Após as lavagens, as amostras foram filtradas à vácuo com a utilização de membrana de filtração 0,45 μ / 47 mm, como apresentado na Figura 4 (B) e colocadas sobre placas de petri para serem secas. A secagem foi realizada em estufa a uma temperatura de 30 °C por 24h.

Figura 4 – (A) Borrifador utilizado para a formação de cápsulas e (B) mecanismo utilizado para filtração à vácuo das cápsulas



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2.3 Microcápsulas por *Spray Drying*

Afim de testar a formação das microcápsulas pela técnica de *spray drying*, realizou-se a através do equipamento disponível no laboratório da UTFPR - FB, atomizador Labmaq PS-1, demonstrado na Figura 5. Para aplicar essa técnica, utilizaram-se as mesmas soluções: solução 1 contendo alginato de sódio + Tween 80 + óleos nas mesmas proporções realizadas na

encapsulação por coacervação e também a solução 2 de CaCl_2 a 1%. A solução de CaCl_2 foi mantida sob agitação mecânica constante. O bico utilizado na saída da solução 1 foi de 1,2 mm de diâmetro, com vazão de ar em 15 L min^{-1} escoando de forma axial. A bomba peristáltica atuava em vazão de 1 L h^{-1} .

Figura 5 – Atomizador Labmaq PS-1 disponível em laboratório da UTFPR - FB



Fonte: Autoria própria (2023)

A solução 1 foi pulverizada sobre a solução 2, a qual estava sob agitação magnética constante até que toda a solução 1 fosse consumida. Após o término do processo de pulverização, a solução contendo as microcápsulas formadas, manteve-se sob agitação por cerca de 30 min, para assim terminar o processo de reticulação das microcápsulas. As microcápsulas formadas também passaram pelo processo de lavagem, filtragem e secagem da mesma forma que se seguiu na formação das cápsulas formadas com borrifador na técnica de coacervação.

4.2.3 Análise e caracterização das cápsulas

4.2.3.1 Estudo morfológico e de superfície por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A análise no MEV (microscopia eletrônica de varredura) serviu para realizar o estudo morfológico e da superfície das partículas contendo óleo essencial de Patchouli e óleo de coco fracionado. Essa análise foi realizada pela Central de Análises da UTFPR do campus de Pato Branco - PR, onde utilizou-se o microscópio eletrônico de varredura de bancada (modelo TM3000, Hitachi) que possui filamento de tungstênio (W) emitindo em 5 kV, 15 kV e modo Analysis. As fotomicrografias foram obtidas com magnificação de 15x a 30.000x, com tratamento da imagem como correção de foco, brilho, medições e contraste.

4.2.3.2 Microscopia ótica

A microscopia ótica foi utilizada para observar a dispersão e disposição das partículas pela análise de microscopia ótica. Para essa etapa utilizou-se o microscópio Opton, analisando as cápsulas produzidas por gotejamento e borrifador com aproximação de 4x e as cápsulas por *spray drying* com aproximação de 4x e 10x.

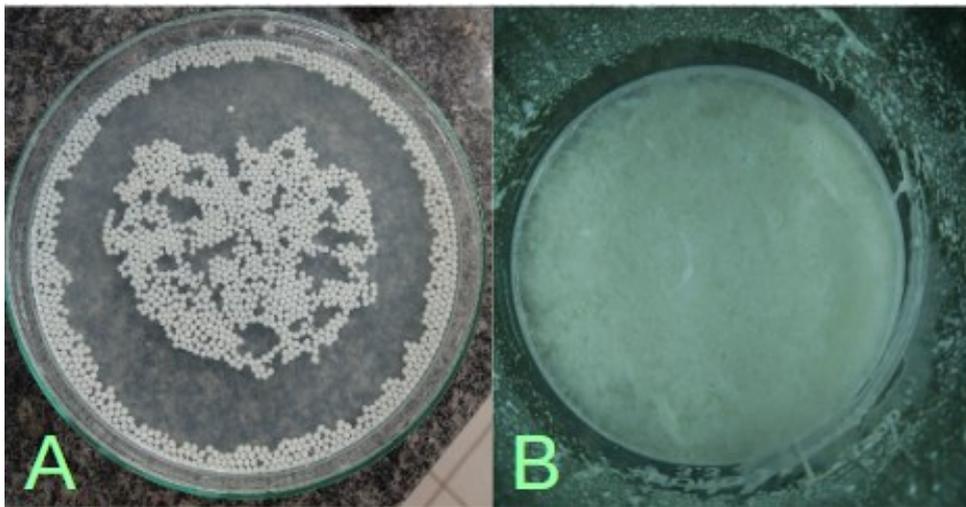
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 - Obtenção das cápsulas

5.1.1 Cápsulas obtidas pelo método de coacervação

As cápsulas obtidas pelo processo de coacervação estão demonstradas na Figura 6. As microcápsulas obtidas pelo uso de agulha, antes de passarem pelos processos de filtragem e secagem, estão apresentadas na Figura 6 (A), já as cápsulas obtidas pelo borrifador comum, antes da filtragem e secagem, estão demonstradas na Figura 6 (B).

Figura 6 –Cápsulas produzidas por gotejamento na solução de CaCl_2 (A) com agulha, (B) com o uso de borrifador



Fonte: Autoria própria (2023)

As imagens mostram que pelo gotejamento com a agulha, resultaram cápsulas esféricas e padronizadas, visto que cada cápsula foi produzida individualmente através da agulha. Já o método utilizando o borrifador não apresentou resultado satisfatório, pois, não houve a formação de esferas e sim um grupamento em filamentos. Isso pode ter ocorrido devido à viscosidade da solução 1 (solução a ser encapsulada contendo alginato e óleos) não resultando em uma dispersão uniforme ao passar pelo bico do borrifador. A solução era dispersa na forma de gotículas e também jatos que ao entrar em contato com a solução 2 (solução CaCl_2 responsável pela reticulação das cápsulas) formaram-se os filamentos.

5.1.2 Filtragem das cápsulas obtidas por coacervação

Após passarem pela filtragem, as cápsulas formadas com agulha filtradas com auxílio de uma peneira, estão demonstradas na Figura 7 (A). As cápsulas formadas por borrifador, lavadas apenas com água destilada e filtradas com auxílio da filtração a vácuo podem ser visualizadas na Figura 7 (B). Ambas apresentaram tonalidade branca.

Figura 7 –Cápsulas obtidas após a secagem (A) por gotejamento com agulha, (B) com borrifador



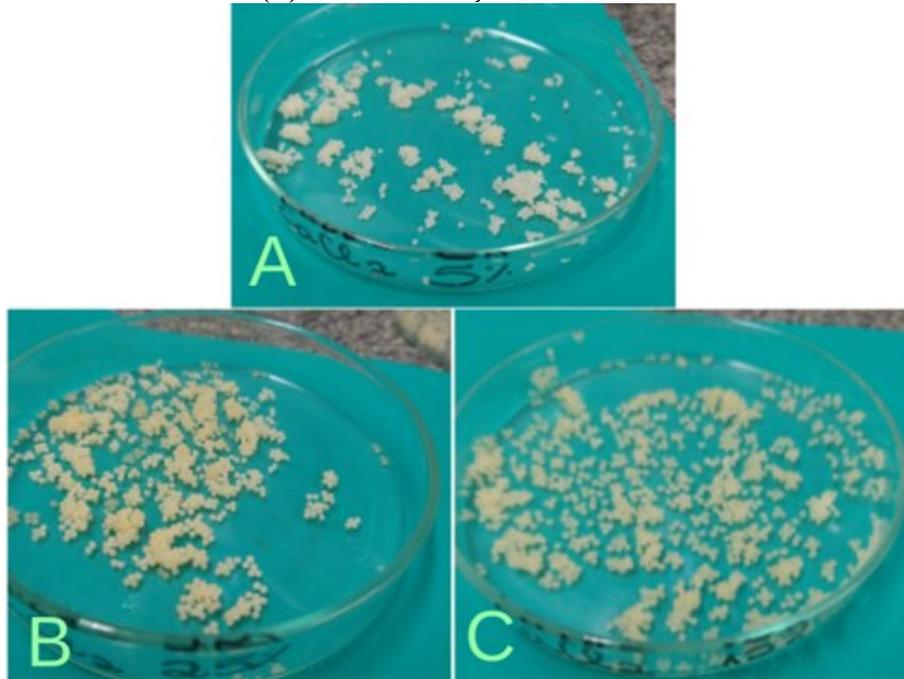
Fonte: Autoria própria (2023)

Observando a Figura 7 (B) é possível notar um formato semelhante a de um disco formado pelas cápsulas compactadas, com alto conteúdo de água, impossibilitando diferenciar as cápsulas ou filamentos de forma individual. Enquanto, as cápsulas obtidas pelo gotejamento, foi possível distinguir as cápsulas separadamente, uma a uma.

5.1.3 Secagem das cápsulas obtidas por coacervação

A Figura 8 (A), (B), e (C) apresentam as cápsulas obtidas por gotejamento com agulha após a secagem, nas concentrações de CaCl_2 a 5%, 15% e 25%.

Figura 8 –Cápsulas produzidas (A) com concentração de CaCl_2 5%, (B) com concentração de CaCl_2 25%, e (C) com concentração de CaCl_2 15%

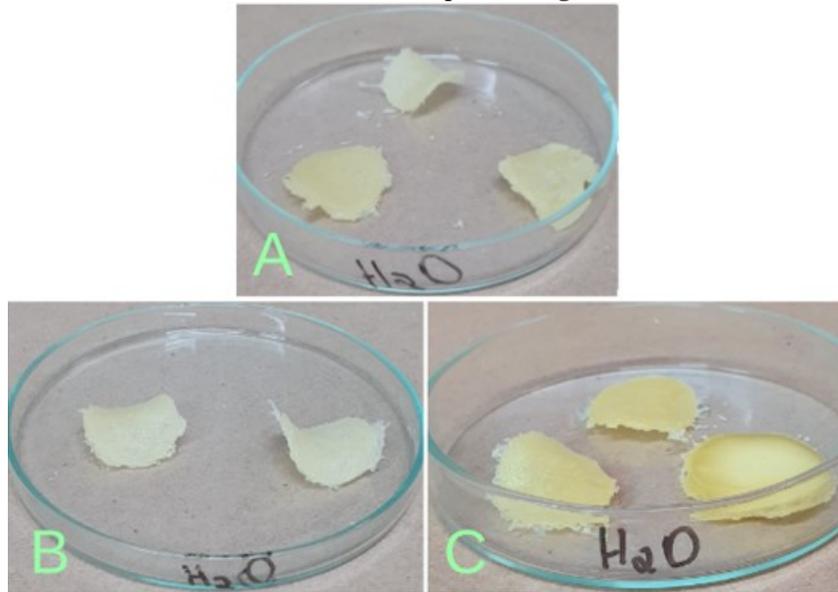


Fonte: A autoria própria (2023)

Após a secagem, as cápsulas obtidas por gotejamento com agulha, secaram de forma uniforme e separadas, sendo possível analisar cada cápsula separadamente como pode-se observar na Figura 8. Observa-se uma alteração de coloração para amarela, diferente daquela apresentada antes da secagem. Infere-se que ao secar, por difusão, o óleo de Patchouli também migrou para a superfície da cápsula. Tal observação indica que o óleo foi de fato encapsulado e encontrava-se no interior da capsula formada.

A Figura 9 apresenta as cápsulas obtidas por borrifador, após a secagem, nas concentrações de CaCl_2 a Figura 9 (A) 5%, Figura 9 (B) 15% e Figura 9 (C) 25%.

Figura 9 –Cápsulas obtidas por borrifador e após a secagem, (A) em CaCl₂ 5% (B) em CaCl₂ 15%, e (C) em CaCl₂ 25% após a secagem



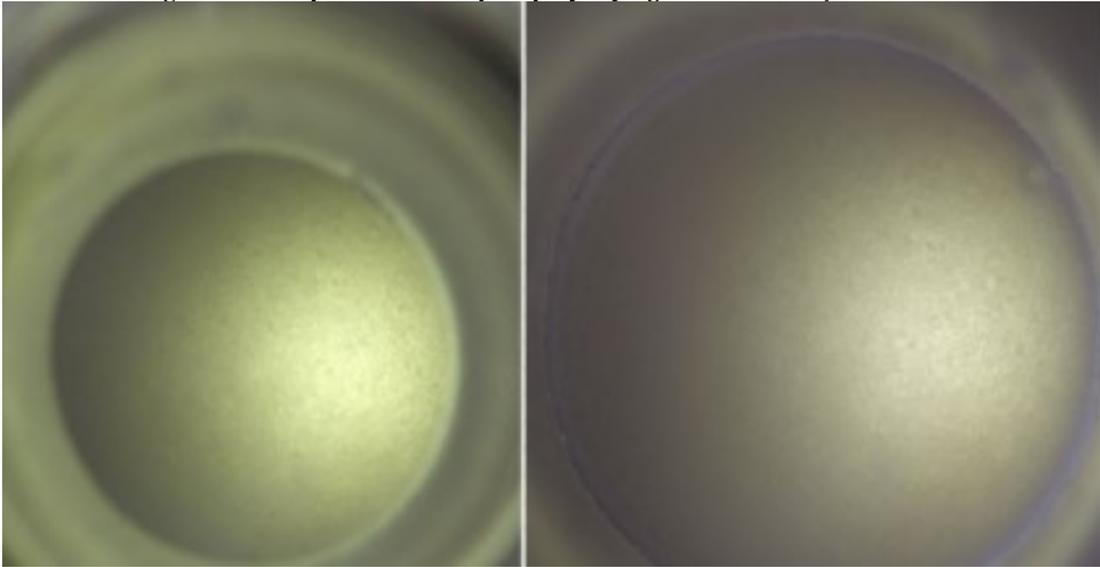
Fonte: Autoria própria (2023)

Antes e após a secagem, apresentaram o mesmo formato de disco. No entanto, após a secagem apresentou textura frágil; quebradiça. Tal observação resulta da remoção do conteúdo de água que ocorre na operação de secagem. Nota-se aqui também a alteração da coloração, com maior percepção em (C) com CaCl₂ 25%.

5.1.4 Cápsulas obtidas pelo método utilizando *spray drying*

As cápsulas obtidas pelo método de *spray drying* logo após serem aspergidas e ainda na solução de CaCl₂, demonstradas na Figura 10. Nota-se, pela difração da luz, a formação das partículas dispersas na solução reticulante.

Figura 10 – Cápsulas obtidas por *spray drying* ainda na solução de CaCl_2



Fonte: Autoria própria (2023)

Após serem filtradas, da mesma forma com o auxílio da filtração a vácuo, as cápsulas apresentaram aglomeração e tonalidade branca, demonstradas na Figura 11.

Figura 11 – Cápsulas produzidas por *spray drying* após a filtração a vácuo.



Fonte: Autoria própria (2023)

Após serem secas em estufa, assim como quando empregado o borrifador, a remoção da água causou um ressecamento proporcionando um aspecto de disco frágil, demonstrado na Figura 12.

Figura 12 - Cápsulas produzidas por *spray dryer* após a secagem.



Fonte: Autoria própria (2023)

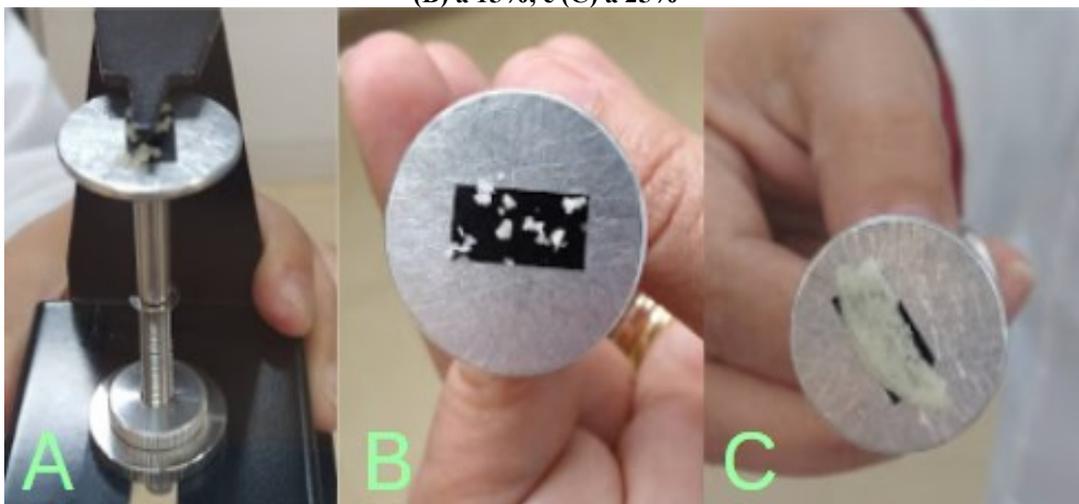
Ao observar a Figura 12 pode-se notar uma coloração amarelada, sendo possível que o óleo contido nas cápsulas tenha se difundido, juntamente à água, para a superfície externa da cápsula.

5.2.1 Análise e caracterização das cápsulas

5.2.1.1 Estudo morfológico e de superfície por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A disposição das cápsulas colocadas no equipamento estão demonstradas na Figura 13 a seguir.

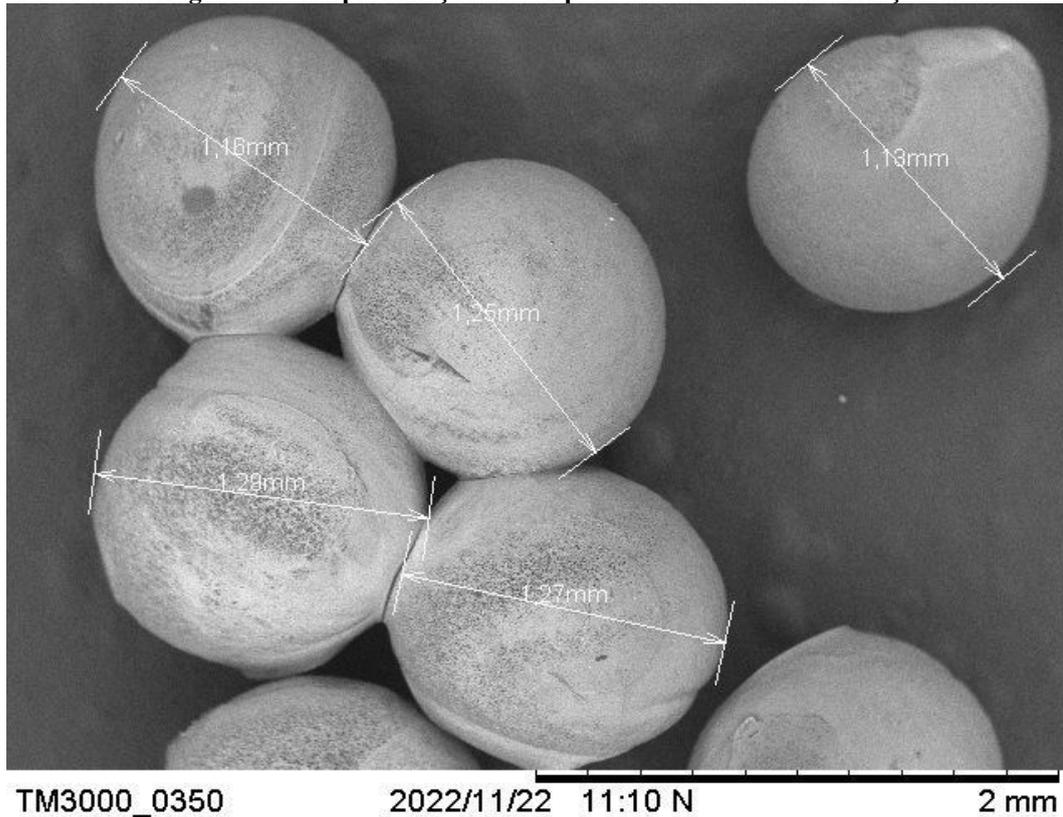
Figura 13 – Cápsulas acomodadas no equipamento MEV obtidas utilizando solução de CaCl_2 (A) a 5%, (B) a 15%, e (C) a 25%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 14 apresenta a imagem obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 5% com aproximação de 40x.

Figura 14 – Fotomicrografias com aproximação de 40x para o ensaio com concentração de CaCl_2 a 5%.

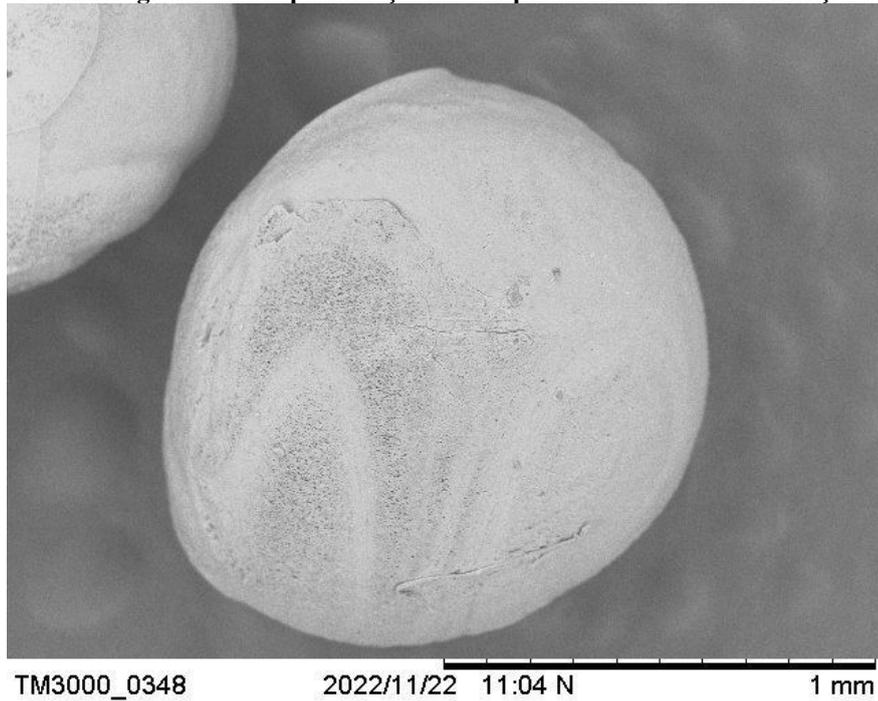


Fonte: Autoria própria (2023)

As cápsulas obtidas por gotejamento utilizando a agulha e solução de CaCl_2 a 5% apresentaram um diâmetro característico médio de 1,22 mm, com formato esférico, demonstrando um padrão na produção das cápsulas. Entretanto, nota-se uma superfície heterogênea.

A Figura 15 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 5% com aproximação de 80x, onde é possível visualizar a porosidade da superfície externa de uma cápsula formada.

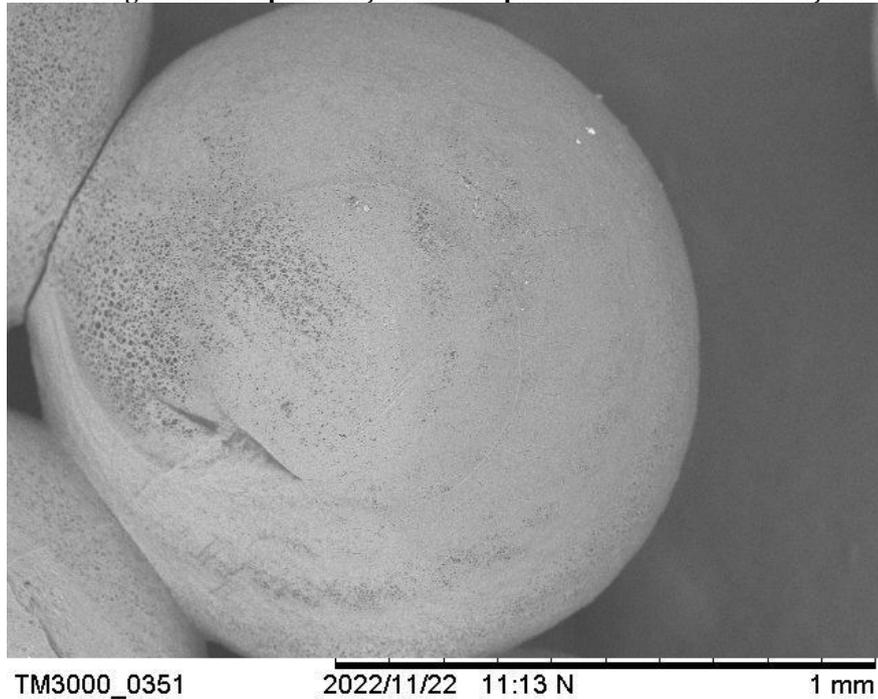
Figura 15 – Fotomicrografias com aproximação de 80x para o ensaio na concentração de CaCl_2 5%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 16 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 5% com aproximação de 100x. Mais uma vez, em outra cápsula formada, a porosidade da superfície é observada.

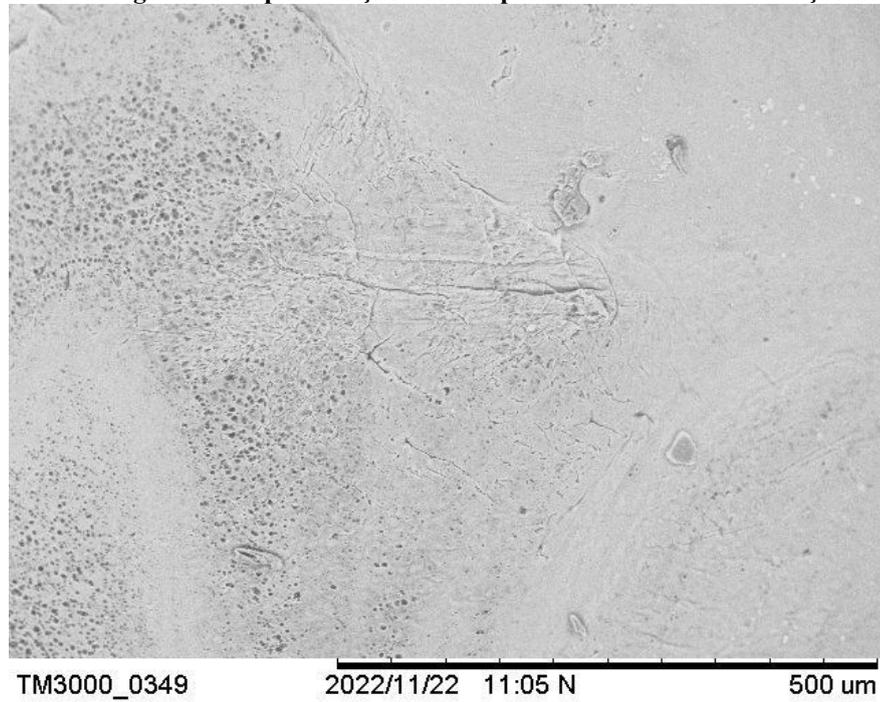
Figura 16 – Fotomicrografia com aproximação de 100x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 5%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 17 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 5% com aproximação de 200x. Pelos poros, a liberação controlada do óleo ocorre e é garantida.

Figura 17 – Fotomicrografia com aproximação de 200x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 5%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 18 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 15% com aproximação de 50x. O tamanho característico médio observado foi de 1,28 mm. Ligeiramente maiores que aquelas formadas com a solução de CaCl_2 a 5%. Conservou-se a superfície porosa e heterogênea.

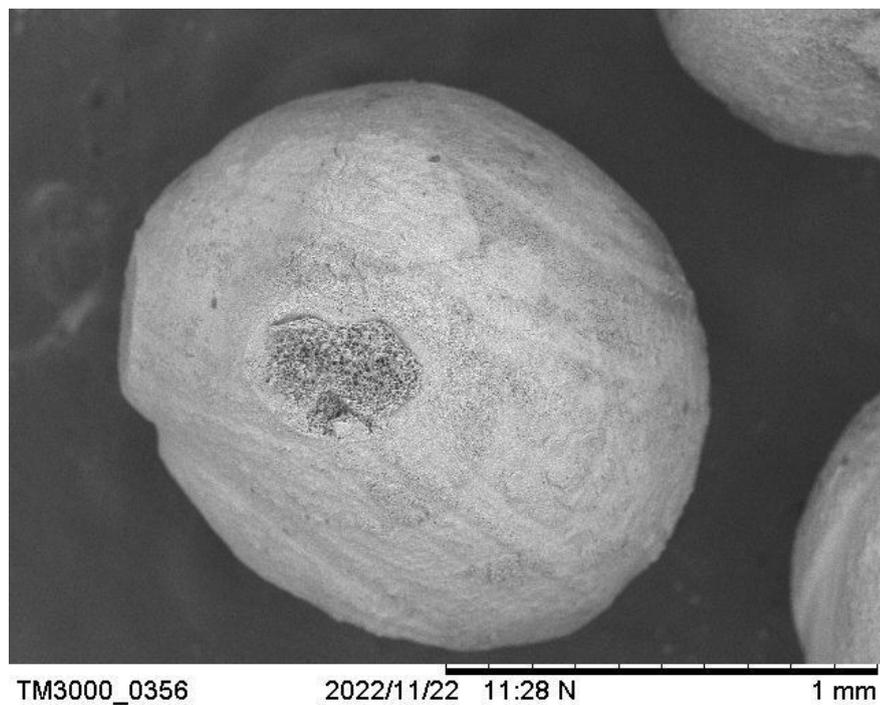
Figura 18 – Fotomicrografia com aproximação de 50x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 15%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 19 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 15% com aproximação de 80x.

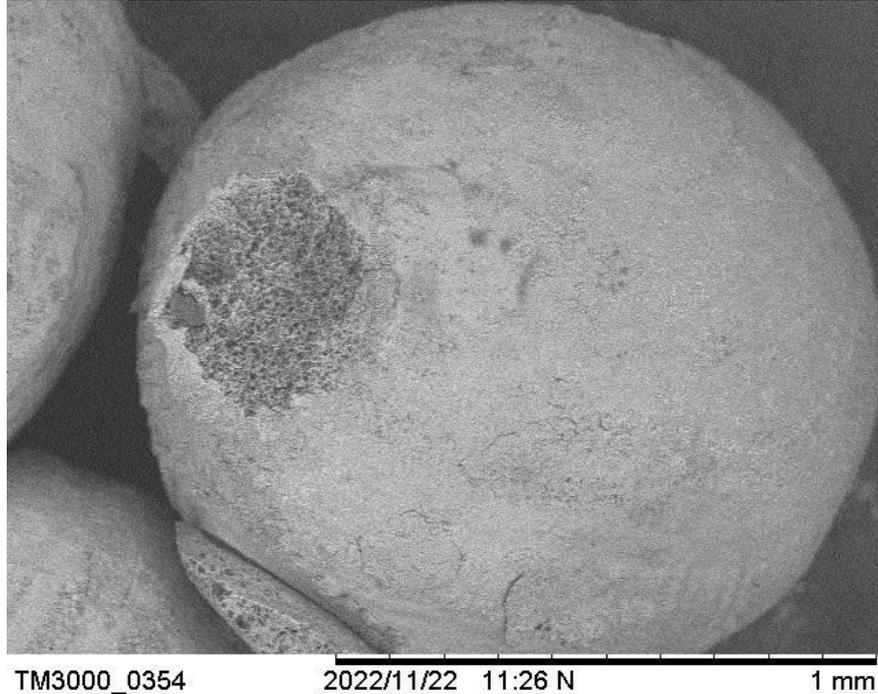
Figura 19 – Fotomicrografia com aproximação de 80x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 15%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 20 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 15% com aproximação de 100x.

Figura 20 – Fotomicrografia com aproximação de 100x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 15%

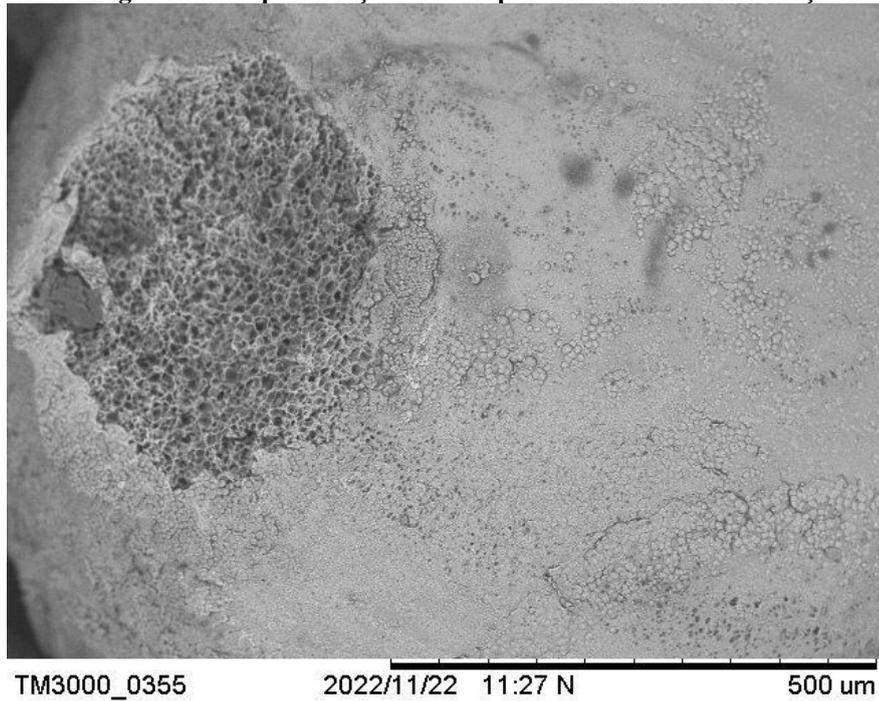


Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 21 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 15% com aproximação de 180x.

Com as imagens é possível observar que as cápsulas obtidas nas concentrações de CaCl_2 a 15% apresentaram superfície mais porosa do que quando comparadas às cápsulas formadas na concentração de CaCl_2 a 5%, indicando que o aumento da concentração do agente reticulante pode ter influenciado na estruturação do alginato de sódio (material de capa). O aumento da porosidade permite maior liberação do óleo ao meio externo.

Figura 21 – Fotomicrografia com aproximação de 180x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 15%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 22 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 25%, na aproximação de 50x. Para estes ensaios, o tamanho médio característico das cápsulas foi em torno de 1,50 mm. Em relação às capsulas obtidas com concentrações menores de CaCl_2 , nota-se um aumento de tamanho. Ainda, é possível verificar maior heterogeneidade das superfícies, bem como a porosidade acentuada, corroborando com a observação feita anteriormente de que o agente reticulante exerce influência na formação do material de capa.

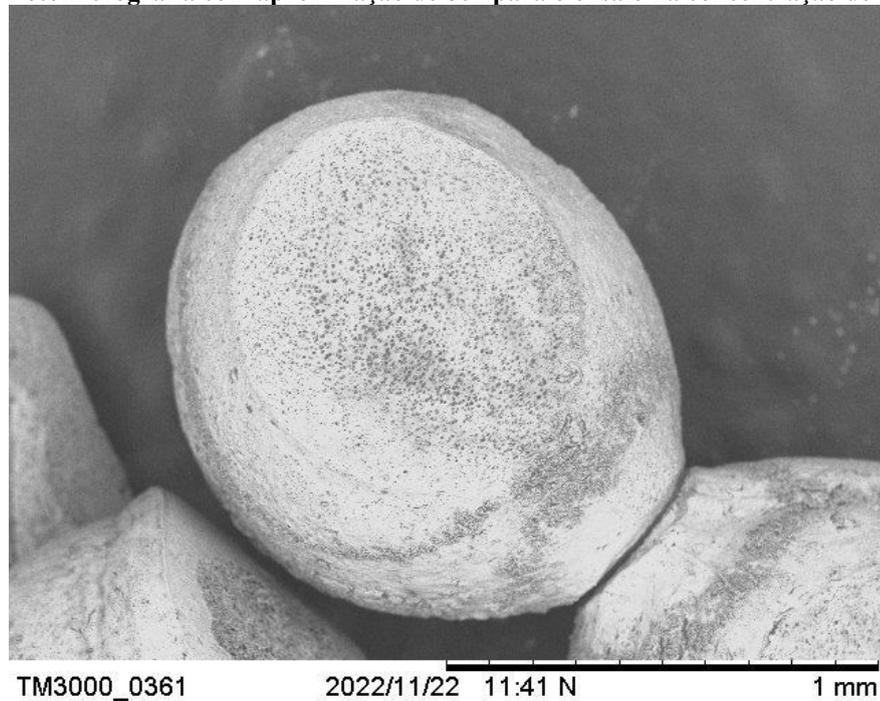
Figura 22 – Fotomicrografia com aproximação de 50x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 25%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 23 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 25%, na aproximação de 80x.

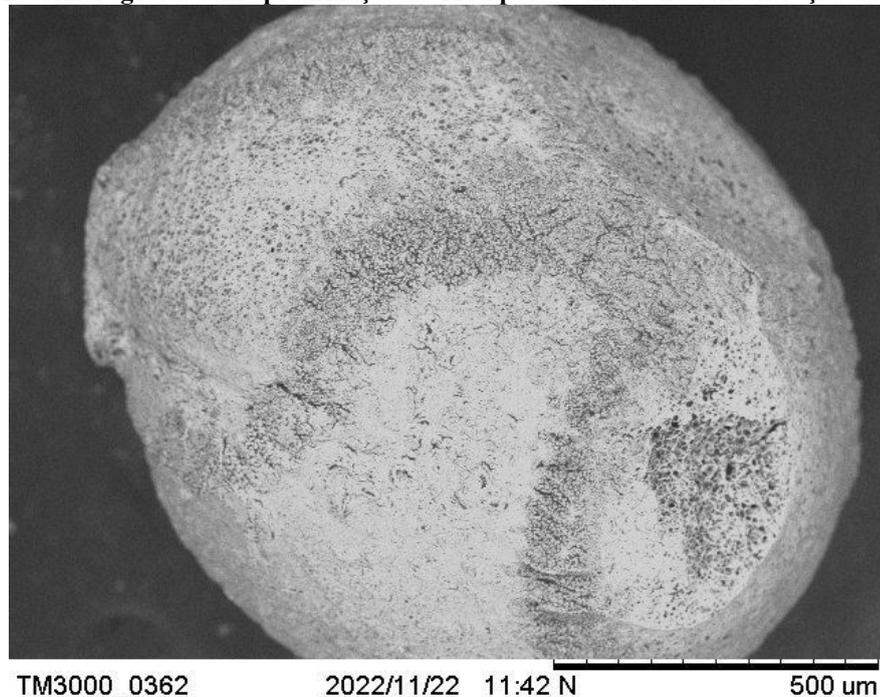
Figura 23 – Fotomicrografia com aproximação de 80x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 25%



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 24 apresenta a fotomicrografia obtida das cápsulas produzidas com concentração de CaCl_2 a 25%, na aproximação de 120x.

Figura 24 – Fotomicrografia com aproximação de 120x para o ensaio na concentração de CaCl_2 a 25%

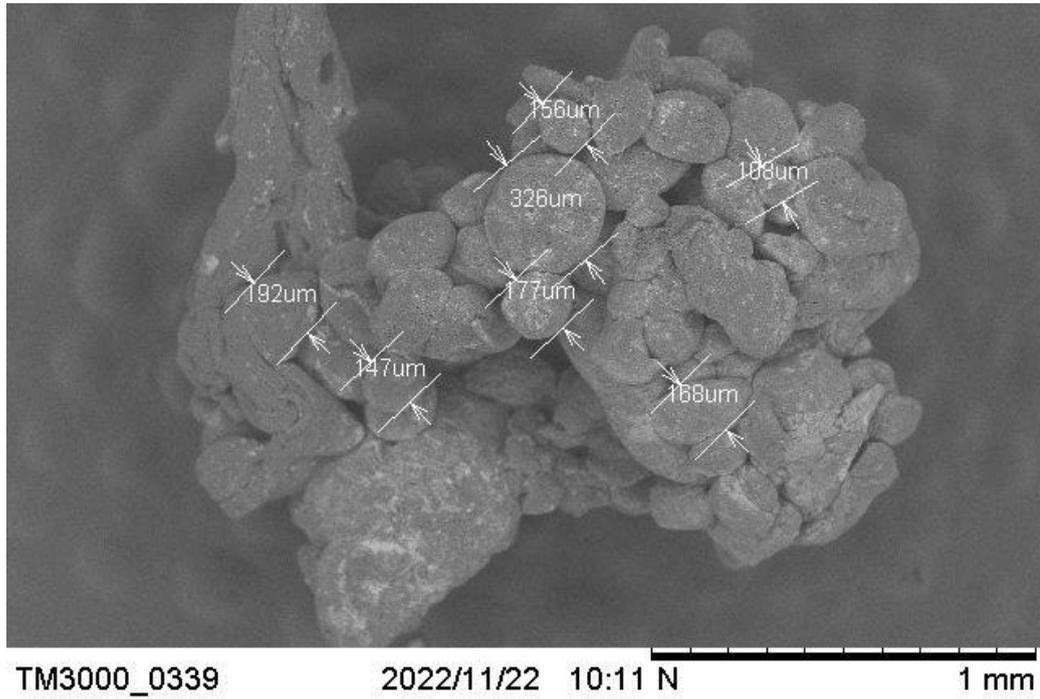


Fonte: Autoria própria (2023)

No trabalho realizado por Müller (2011), na metodologia utilizando bomba peristáltica e agulha 1,2 mm, pode-se notar a presença de estruturas com boa esfericidade, ausência de fissuras e superfície porosa onde possivelmente havia óleo essencial encapsulado. No trabalho realizado por Matté (2013), onde foram produzidas cápsulas com quitosana e ácido acético, também por gotejamento com agulha, apresentaram esferas com superfície rugosa e regiões com pequenos poros, sendo semelhante ao obtido neste estudo.

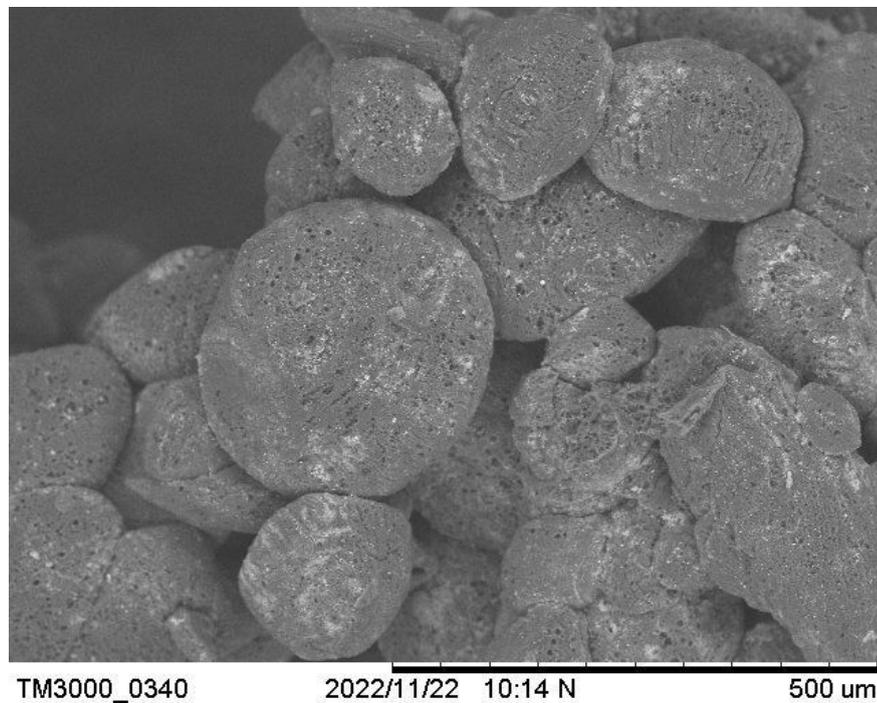
As Figura 25 e Figura 26 apresentam as fotomicrografias obtidas pelo MEV, onde as amostras analisadas foram as cápsulas feitas com auxílio do borrifador, com CaCl_2 a 1%. As cápsulas formadas obtiveram um diâmetro médio característico entre 108 μm a 326 μm , enquadrando-se na definição de microcápsulas, pois apresentam diâmetro entre 1 e 1000 μm (MITHU *et al.*, 2017). No entanto, apresentaram também aglomerações e formatos esféricos não bem definidos. É possível que durante a asperção da solução 1, como foi observado durante a execução da prática, além de gotículas, jatos eram formados. Estes últimos resultaram na formação de aglomerados com formatos irregulares.

Figura 25 – Fotomicrografia com aproximação de 60x para o ensaio de produção de microcápsulas utilizando borrifador



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 26 – Fotomicrografia com aproximação de 180x para o ensaio de produção de microcápsulas utilizando borrifador

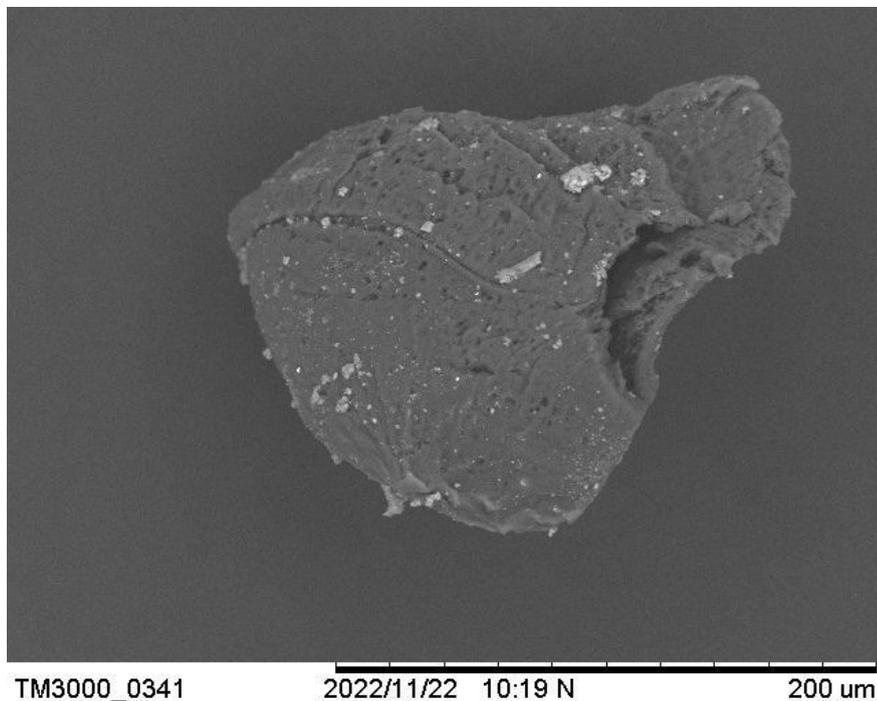


Fonte: Autoria própria (2023)

Através da Figura 26, nota-se que aquelas cápsulas produzidas com borrifador que apresentaram formato esférico, levemente oval, também possuíam superfície porosa, porém, homogênea.

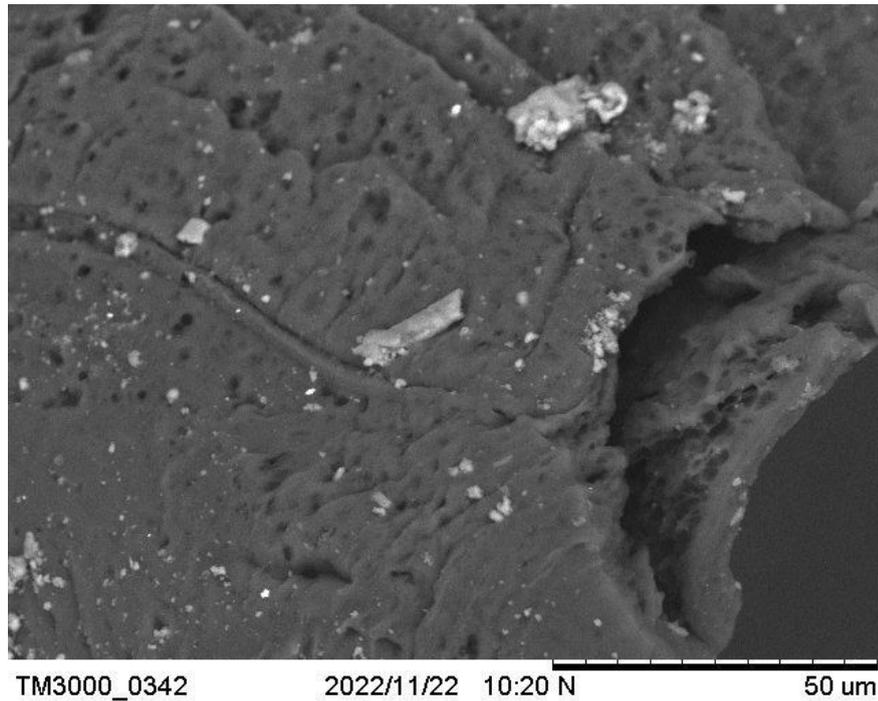
A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Figura 27 e Figura 28, ampliadas 500x, 1200x e 2000x, respectivamente. A partir da figura 27, é possível observar uma cápsula quebrada com a superfície interna da microcápsula exposta. A microcápsula apresentou textura bastante porosa, tanto na superfície interna como na superfície externa.

Figura 27 – Fotomicrografia com aproximação de 500x para o ensaio da produção de microcápsulas utilizando borrifador



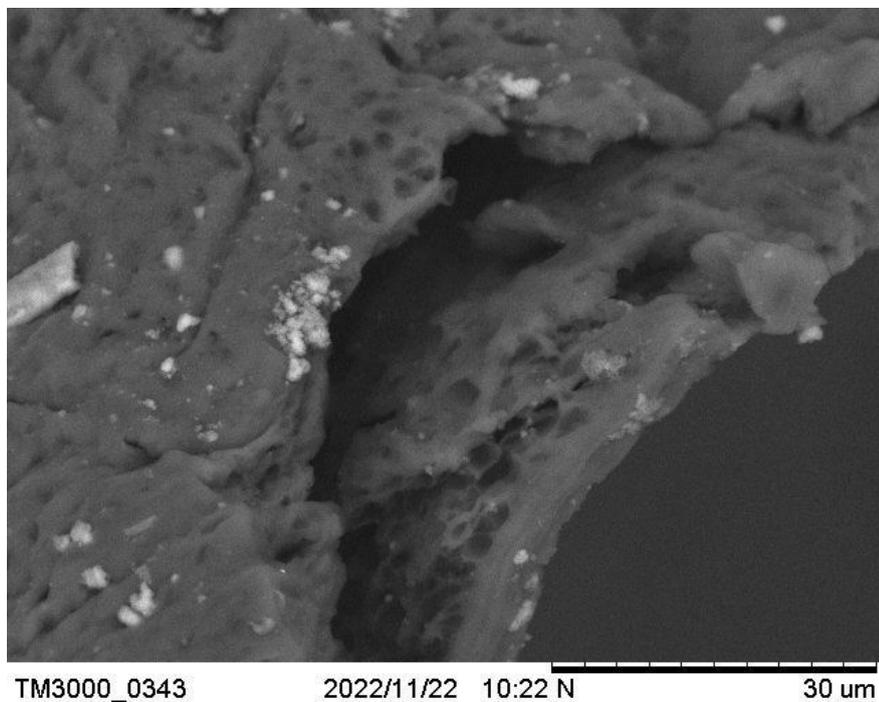
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 288 – Fotomicrografia com aproximação de 1200x para o ensaio de produção de microcápsulas utilizando borrifador



Fonte: A autoria própria (2023)

Figura 29 – Fotomicrografia com aproximação de 2000x para o ensaio de produção de microcápsulas utilizando borrifador

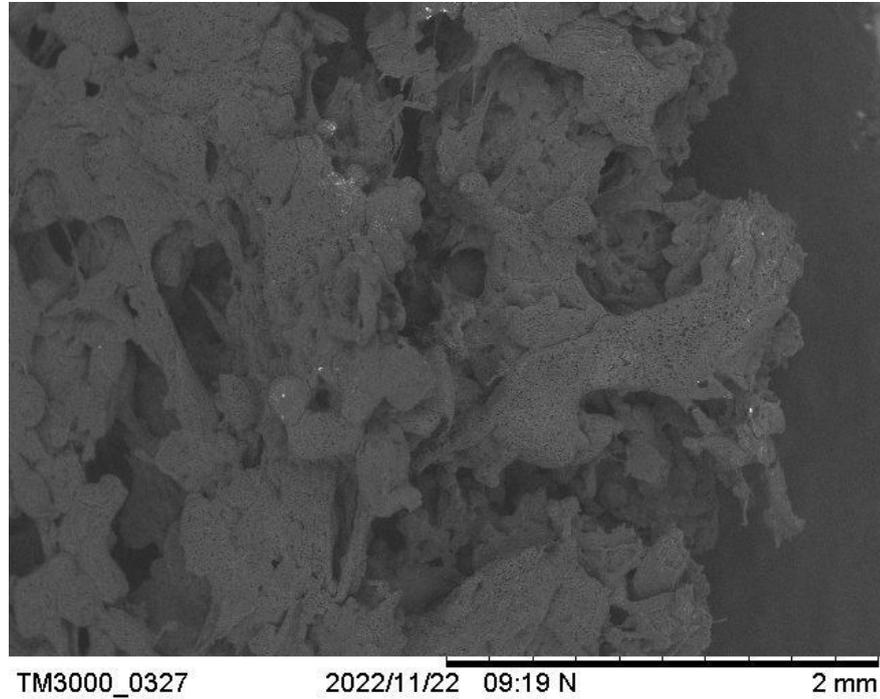


Fonte: A autoria própria (2023)

As Figura 300 e Figura 311 apresentam as fotomicrografias obtidas pelo MEV, onde as amostras utilizadas foram as cápsulas formadas com auxílio do *spray dryer* utilizando CaCl_2 a

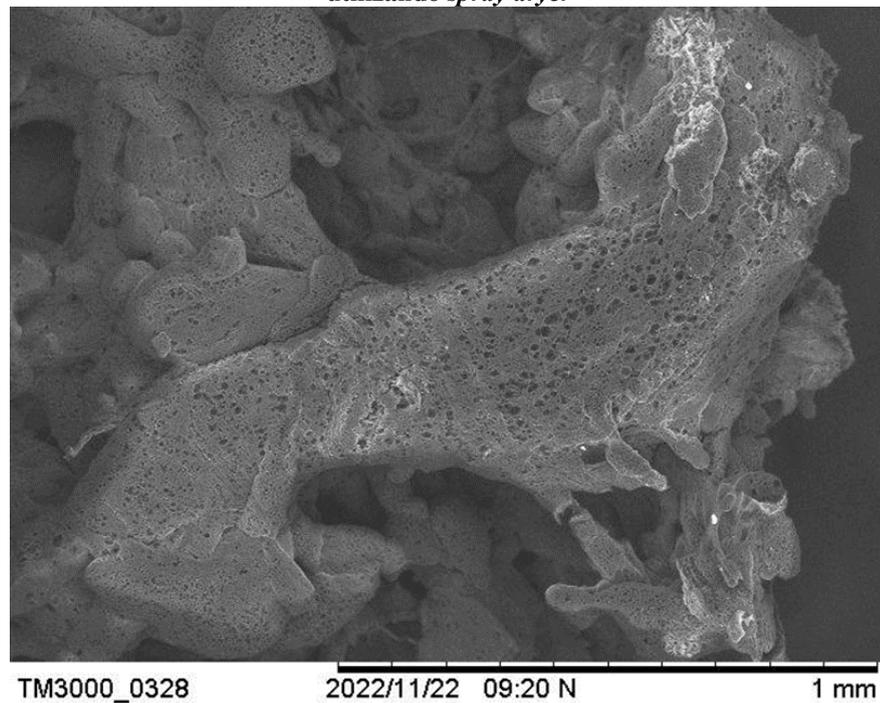
1%.

Figura 30 – Fotomicrografia com aproximação de 40x para o ensaio de produção de microcápsulas utilizando *spray dryer*



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 311 – Fotomicrografia com aproximação de 100x para o ensaio de produção de microcápsulas utilizando *spray dryer*



Fonte: A autoria própria (2023)

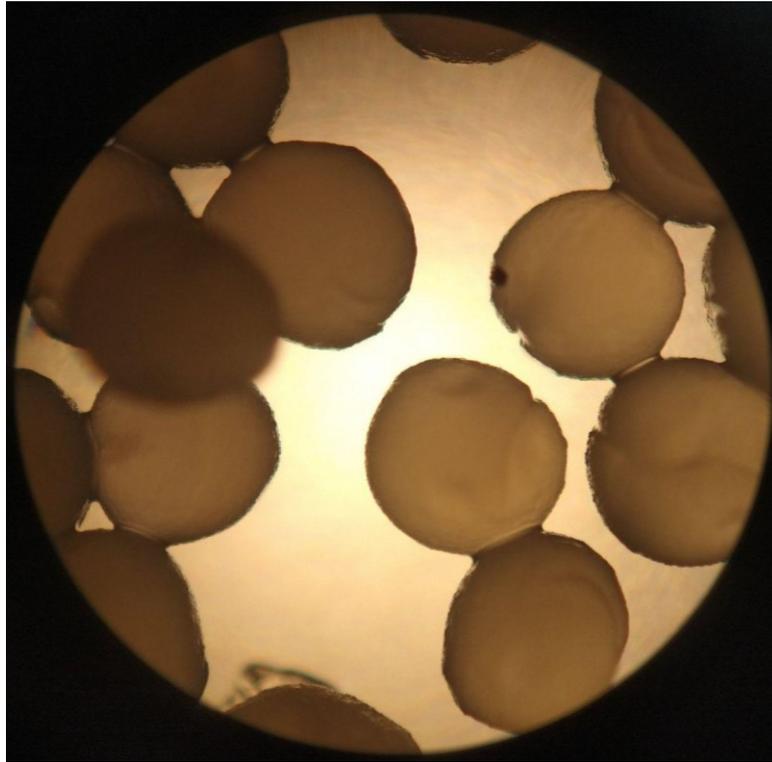
A partir das figuras obtidas do MEV, na produção feita com *spray dryer*, pode-se observar que não se formaram cápsulas distintas, nem mesmo com formato esférico como quando utilizados os métodos por gotejamento via agulha ou com auxílio do borrifador. Pode-se observar a aglomeração do material notando-se superfície porosa.

No trabalho realizado por Müller (2011), observou-se que na metodologia utilizando alginato de sódio, as microcápsulas obtidas por atomização, ou seja, *spray dryer*, apresentaram fissuras na superfície polimérica quando submetidas a concentração de cloreto de cálcio a 0,5%, enquanto na concentração de CaCl_2 a 2% apresentou superfície rugosa. Já quando submetida a CaCl_2 1%, apresentou alto grau de aglomeração, perdendo a forma das esféricas das partículas, o mesmo obtido neste trabalho.

5.2.1.2 Microscopia ótica

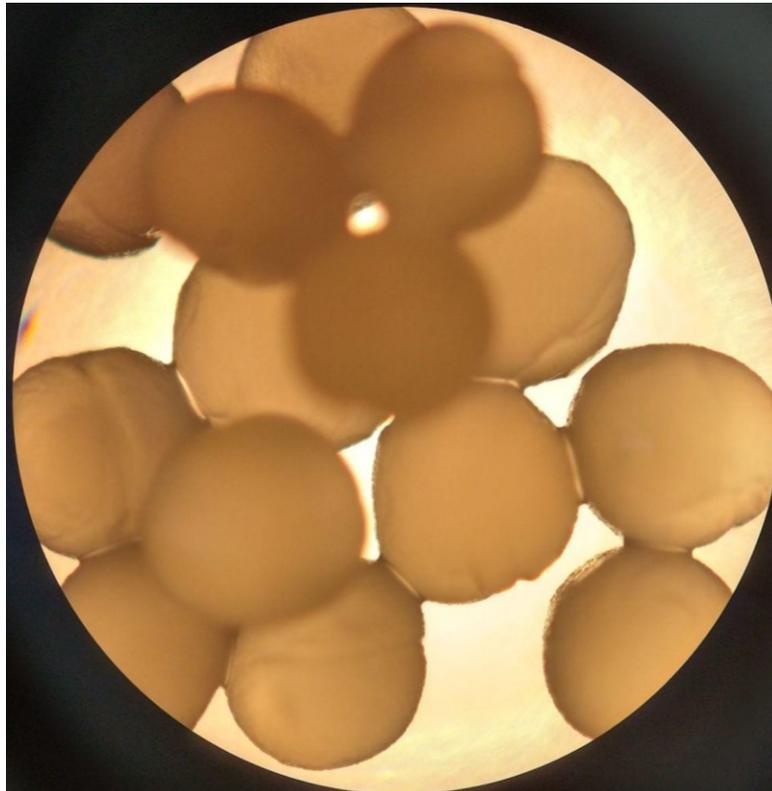
Na microscopia ótica foi possível observar apenas as formas das estruturas, apresentando formatos esféricas, como já visto anteriormente pelo MEV. A Figura 322 e Figura 333 apresentam as cápsulas formadas por gotejamento. Pelo microscópio não foi possível observar diferença nas estruturas de acordo com as diferentes concentrações da solução de CaCl_2 .

Figura 322 – Cápsulas produzidas por gotejamento visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 4x.



Fonte: Aatoria própria (2023)

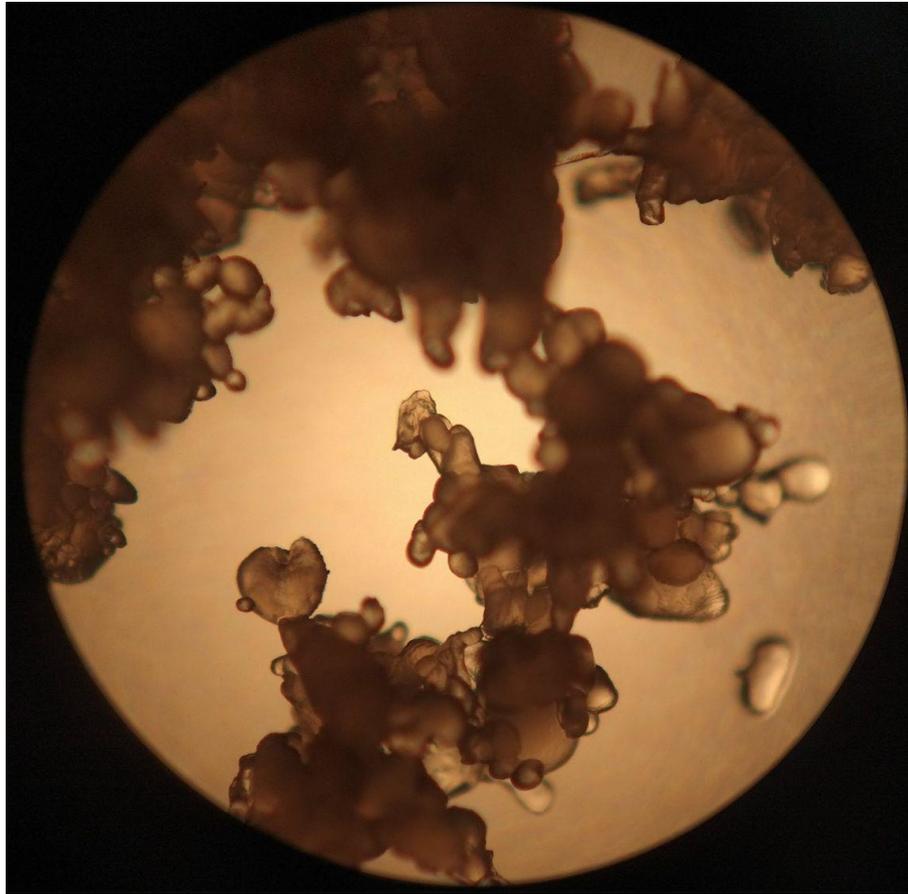
Figura 333 – Cápsulas produzidas por gotejamento visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 10x.



Fonte: Aatoria própria (2023)

A Figura 344 apresenta o material obtido com o borrifador, onde pode-se notar que formou-se pequenas esferas e filamentos agrupados.

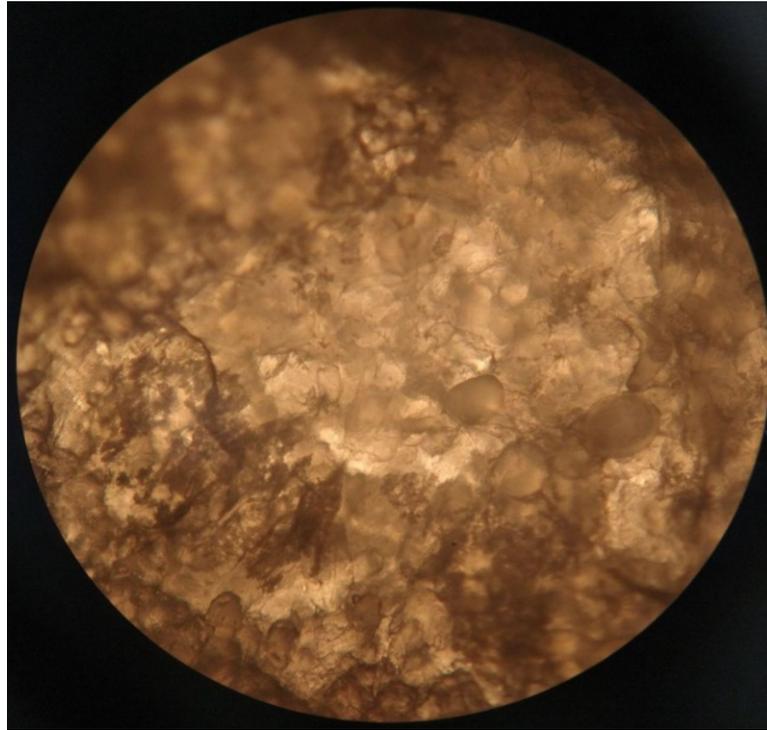
Figura 344 – Cápsulas produzidas por borrifador visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 4x.



Fonte: A autoria própria (2023)

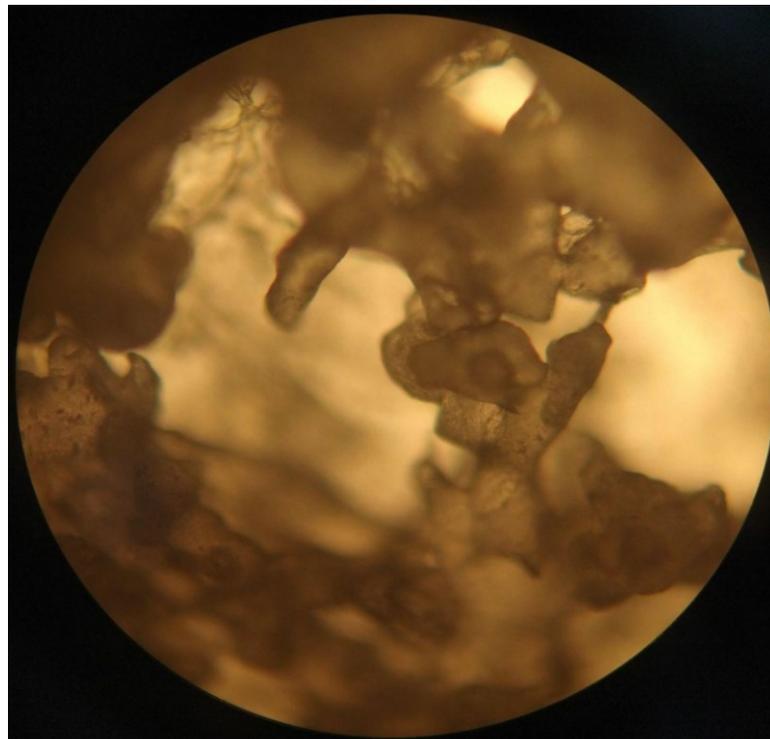
As Figura 355, Figura 36 e Figura 377 apresentam as microcápsulas obtidas pelo *spray dryer* com diferentes capturas de imagem e diferentes lentes de aumento. Conforme demonstrado nas imagens obtidas pelo MEV, essa metodologia não formou microcápsulas de formato esférico e sim filamentos agrupados.

Figura 355 – Cápsulas produzidas por *spray dryer* visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 4x.



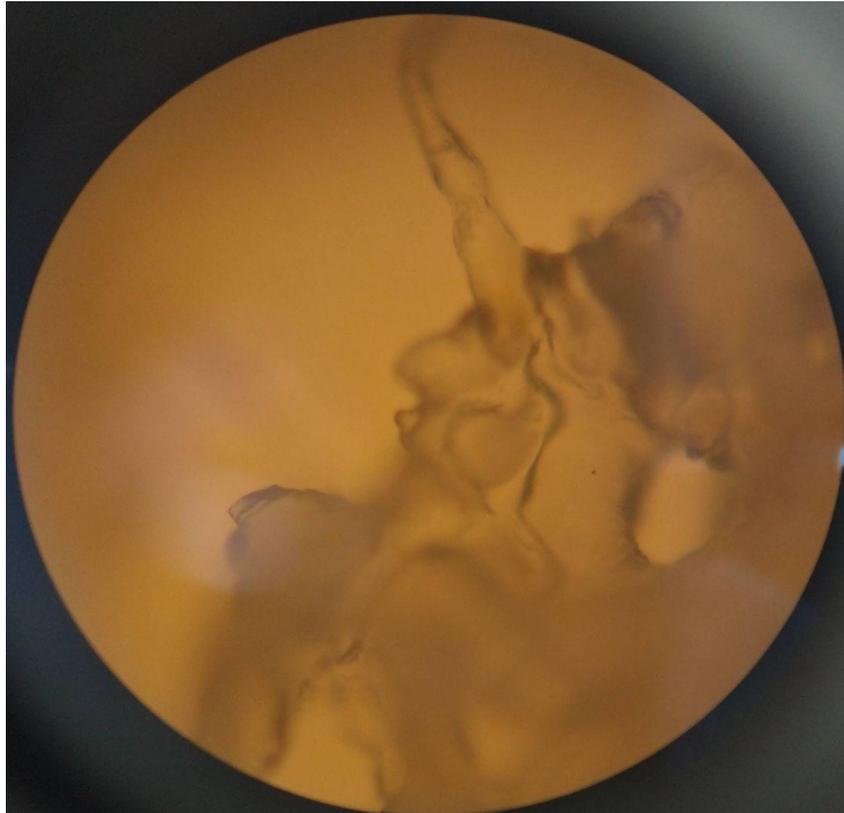
Fonte: Aatoria própria (2023)

Figura 366 – Cápsulas produzidas por *spray dryer* visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 10x.



Fonte: Aatoria própria (2023)

Figura 377 – Cápsulas produzidas por spray dryer visualizadas no microscópio utilizando a lente de aumento de 40x.



Fonte: Aatoria própria (2023)

Através do microscópio não observou-se variação nos formatos devido as diferentes concentrações de CaCl_2 .

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do presente estudo observou-se diferentes variações de cápsulas obtidas devido aos diferentes métodos empregados e estudados.

O método utilizando o gotejamento por agulha com concentrações diferentes de agente reticulante CaCl_2 a 5%, 15% e 25% apresentaram cápsulas esféricas regulares, com superfície porosa. O acréscimo da concentração de agente reticulante indicou um aumento no tamanho médio característico das cápsulas formadas, bem como na porosidade observada.

A técnica utilizando o borrifador também resultou em cápsulas com superfície porosa, apresentando formato esférico irregular, com a presença de aglomerações.

As cápsulas produzidas com o *spray dryer* não resultaram em cápsulas com formato esférico, e sim apresentando filamentos aglomerados e com superfície também porosa.

A microscopia ótica permitiu visualizar o formato dos materiais obtidos, comprovando o visto pela microscopia ótica, onde nas cápsulas produzidas por gotejamento com agulha apresentaram formato esférico e padronizado.

Com isso, pode-se concluir que o método utilizando o gotejamento com agulha apresentou resultados mais satisfatório, visto que apresentou um padrão de cápsulas esféricas com superfície porosa.

7 PERSPECTIVAS FUTURAS

Continuando a linha de raciocínio do presente estudo, seria interessante avaliar os seguintes pontos:

- Separar os discos obtidos com *spray dryer* antes da secagem, buscando desfazer as aglomerações para facilitar as análises futuras;
- Realizar os mesmos métodos, porém com o objetivo de testar outros materiais de capa;
- Calcular a taxa de liberação do óleo essencial em relação ao tempo visando a implementação da técnica em cosméticos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.F.B. Principais tipos de peles sensíveis e seus tratamentos. 2018. Monografia (Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Biomedicina Estética.) - Instituto Nacional de Ensino Superior e Pesquisa e Centro de Capacitação Educacional, Recife, 2018.
- ALVES, S.F. Estudo da composição química, de atividades biológicas e microencapsulação do óleo essencial dos frutos de *Pterodon emarginatus Vogel - Fabaceae* (“Sucupira”). 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Pós graduação em Ciências Farmacêuticas - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.
- AMARAL, K.F.V.; SOUZA, R.B.A. A importância da hidratação cutânea para melhor tratamento das Disfunções Estéticas. **Id online Revista de psicologia**. V.13, n. 48, Dezembro/2019.
- ANDRADE, A.M.; SANTOS, M.S.; ANDRADE, M.R.; ANDRADE, R.S.G.; JÚNIOR, C.G.S. Mapeamento tecnológico da utilização de óleos essenciais para a produção de cosméticos. **Cadernos de prospecção**. V.7, N.3, 2014.
- ARAÚJO, A.C. Fracionamento do óleo essencial de Patchouli [*Pogostemon cablin (Blanco) Benth.*] obtido por extração supercrítica. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- BALBINOT, F.; AGNES, E.J. Avaliação da estabilidade físico-química de emulsões contendo associação de ácido glicólico e hidroquinona. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado no curso de Farmácia), Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.
- BENETTI, J.V.M. Emulsões estabilizadas por microgéis de isolado proteico de soja: reologia e produção de microcápsulas por *Spray drying*. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2018.
- BOOCK, K.P. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões contendo cristais líquidos e ativos hidratantes à base de manteiga de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) ou cacau (*Theobroma cacao*). 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.
- BRASILEIRO, J.S.L. Microencapsulação de compostos bioativos: inovação em diferentes áreas. 2011. Dissertação (Mestrado integrado em ciências farmacêuticas), Faculdade de Ciências da Saúde - Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2011.
- CARVALHO, L. Tratamento sintomático em cuidados paliativos: prurido. **Revista Port Clin Geral**, 19:55-66, 2003. Disponível em: <<https://www.rpmgf.pt/ojs/index.php/rpmgf/article/view/9905/9643>> Acesso em: 18 maio 2022.
- CIAGRO. 2020. Encapsulação de óleos essenciais para aplicação em alimentos: uma revisão. Recife.

CONFEA – Conselho federal de engenharia e arquitetura. Engenharia Química: Os profissionais e as suas atribuições, 2022. Disponível em:<https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads/cartilha_eng_quim_PDFsite_compa ct.pdf> Acesso em: 18 maio 2022

COSTA, A., OLIVEIRA, D., LUCI, A., ROSADO, C. Cosmetics applications, 1–26. 2021.
COSTA, G.A.; CARVALHO FILHO, J.L.S.; DESCHAMPS, C. Rendimento e composição do óleo essencial de Patchouli (*Pogostemon cablin*) conforme o tempo de extração. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, V.15, N. 3, Setembro/2013.

DIAS, M.I.M.F. Cultura *In vitro* e técnicas de microencapsulação: aumento da produção e da estabilidade de compostos bioativos de espécies vegetais. 2017. Dissertação (Doutorado em Química Sustentável) Faculdade de Ciência - Universidade do Porto, Porto, 2017.

DONELIAN, A. Extração do óleo essencial de Patchouli *Pogostemon cablin* (Blanco) benth utilizando dióxido de carbono supercrítico. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2004.

DORNELES, A.; FONTANA, J.; ZIMMERMANN, C. Padrão hormonal feminino na menopausa: Parâmetros laboratoriais e consequências inestéticas. *Revista saúde integrada.*, v. 12, n. 24, p. 92-107, 2019.

GASPERI, E.N. Cosmetologia I. 2015 Uniasselvi, 2015.

GHILARDI, J.; SILVA, V.A.; PAGANUCCI, C. Encapsulamento de extratos orgânicos para aplicação em cosméticos anti-idade. Patrimônio e cultura: Desafios da ciência frente a identidades plurais. 2018, São José dos Campos. Disponível em:<http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/anais/arquivos/0207_0583_01.pdf> Acesso em: 16 maio 2022.

GIARETTA, V.M.A.; SILVA, A.M.; RENÓ, A.C.M.; AGUIAR, D.A.F.; ARANTES, C.M.S.; POSSO, M.B.S. Proposta de escala para avaliar o turgor da pele de idosos. **Revista Ciência Saúde** 1(1):01-07, 2016. Disponível em:<<https://revistaeletronicafunvic.org/index.php/c14ffd10/article/view/7/12>> Acesso em: 18 maio 2022.

JANKE, P.H.V.; PENNA, A.C.G.; PEREGRINO, C.A.F.; MÁRSICO, E.T.; SILVA, A.C.O. Microencapsulamento na indústria de lácteos. **Enciclopédia Bioesfera**. v. 18, n. 37, 2021.

LEIMANN, F.V. Microencapsulação de óleo essencial de capim limão utilizando o processo de coacervação simples. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

LIMA, J.P.; ROSSA, G.E.; CASSEL, E. Fracionamento de óleo essenciais em coluna de destilação fracionada a vácuo. Salão de Iniciação Científica da PUCRS, 19, 2018. Disponível em:
https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/15268/2/Fracionamento_de_oleos_essenciais_em_coluna_de_destilacao_fracionada_a_vacuopdf. Acesso em: 15 maio 2022.

- LYRA, L.P.S. Desenvolvimento de nanoemulsões de geraniol e óleo essencial de Palmarosa (*Cymbopogon martinii*) e sua ação inibitória sobre linhagens de *Cutibacterium acnes*. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu, 2019.
- MATOS, S.P. Cosmetologia Aplicada. 1 ed. São Paulo, 2014.
- MATTÉ, G.M. Microencapsulação de corantes naturais em microesferas de quitosana preparadas pelo método de coacervação. 2013. Dissertação – Pós-graduação em tecnologia de alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira/Campo Mourão, 2013.
- MILAN, A.L.K.; MILÃO, D.; SOUTO, A.A.; CORTE, T.W.F. Estudo da hidratação da pele por emulsão cosméticas para xerose e sua estabilidade por reologia. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. Porto Alegre, v. 43, n.4, out./dez., 2007.
- MITHU, S.H. *et al.* Evaluation of the surface chemistry and drug-polymer interaction of semi-crystalline micro-particles for the development of controlled release formulations. **Materials Science & Engineering: C**, v. 76, p. 559-567, 2017.
- MORAES, D.C.; PAULA, D. Processamento do óleo de girassol como estratégia para a produção de cosméticos orgânicos. **Eclética Química**. v. 38, 2013.
- MOREIRA, A.C.G. Microencapsulação de óleos essenciais. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2014.
- MOTA, D.S. Refinação de óleos vegetais e fracionamento contínuo de óleo de Palma. 2016. Relatório de estágio profissionalizando (grau de mestre), Mestrado em Engenharia Alimentar – Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2016.
- MÜLLER, P.S. Microencapsulação do óleo essencial de Laranja. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011).
- NETO, A.S.S.; SILVA, L.M.S.; NETO, B.M. Utilização do óleo de coco na produção de cosméticos: uma revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, V. 9, N. 11, Dezembro/2020.
- OLIVEIRA, D.B.; DORNELLAS, E. Pele madura: A utilização de óleo de rosa mosqueta em cosméticos. 2018. Artigo (Pós-graduação) - **Centro de Pós-graduação Oswaldo Cruz**. 2018.
- PEREIRA L.J.B.; GARCIA-ROJAS, E.E. Emulsões múltiplas: formação e aplicação em microencapsulamento de componentes bioativos. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 45, n.1, jan, 2015.
- RIBEIRO, C. Cosmetologia aplicada à dermoestética. 2 ed. São Paulo, 2010.
- RODRIGUES, R.O. Desenvolvimento de emulsões contendo extrato de *Kalanchoe brasiliensis* *Cambess* e avaliação clínica da eficácia hidratante. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Pós-graduação em ciências farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

SÁ, B.M.S. Desenvolvimento e avaliação de emulsões contendo cristais líquidos à base de óleo de rosa mosqueta. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

SILVA, E.S. Óleos essenciais e nanotecnologia na indústria cosmética. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Biotecnologia) Curso de Biotecnologia - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

SILVA, K.A.; POZZA, B.M.F.; RIBEIRO, B.D.; COELHO, M.A.Z. Avaliação da estabilidade de emulsões cosméticas elaboradas com saponinas de Juá (*Ziziphus joazeiro*) e Sisal (*Agave sisalana*). **Visão Acadêmica**. v. 17, n. 3. Jul./Set., 2016.

SOUZA, S.A.G. Avaliação de toxicidade *In vitro* e hidratação cutânea *In vivo* de emulsão cosmética contendo óleo de *Mauritia flexuosa L.* 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Farmácia) - Faculdade de Ceilândia - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

STÜKER, C.Z.; COSTA, I.M.; PLACERES, A.; GALLUCI, S.; KATO, V. Reunião anual da Sociedade Brasileira de Química, 34°. Florianópolis, 2011.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E.C.; PEZZIN, A.P.T.; SILVA, D.A.K.; MEIER, M.M.; SOLDI, V. Microencapsulação: Inovações em diferentes áreas. **Revista Saúde e Ambiente**. V. 7, N.2, Dezembro/2006.

TEIXEIRA, S.L.; RIBAS, J.L.C. A importância dos exames laboratoriais no auxílio do tratamento de distúrbios estéticos. **Caderno Saúde e Desenvolvimento**, Curitiba, v. 10, n. 18, p. 38-51, 2021.

ZANON, A.B. Aspectos teóricos e práticos sobre a avaliação da estabilidade de emulsões manipuladas em farmácia. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Farmácia), Faculdade de Farmácia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.