

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL

MARINA PILLEGGI DE SOUZA BRASSOLATTI

**APLICAÇÃO DE NANOCÁPSULAS DE ÓLEO DE GENGIBRE EM SUBSTRATOS
TÊXTEIS PARA TRATAMENTO DE DOENÇAS REUMÁTICAS**

APUCARANA
2018

MARINA PILLEGGI DE SOUZA BRASSOLATTI

**APLICAÇÃO DE NANOCÁPSULAS DE ÓLEO DE GENGIBRE EM SUBSTRATOS
TÊXTEIS PARA TRATAMENTO DE DOENÇAS REUMÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Alexandre Pereira Scacchetti

Área de Concentração: Têxteis
Funcionais

APUCARANA
2018

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Apucarana
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

**APLICAÇÃO DE NANOCÁPSULAS DE ÓLEO DE GENGIBRE EM SUBSTRATOS
TÊXTEIS PARA TRATAMENTO DE DOENÇAS REUMÁTICAS**

Por

MARINA PILLEGI BRASSOLATTI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos doze dias do mês de junho do ano de dois mil e dezoito, às dezessete horas, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

PROFESSOR(A) FÁBIO ALEXANDRE PEREIRA SCACCHETTI – ORIENTADOR

PROFESSOR (A) SIDNEY DO CARMO NASCIMENTO – EXAMINADOR(A)

PROFESSOR(A) JOZIEL APARECIDO DA CRUZ – EXAMINADOR(A)

*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

RESUMO

BRASSOLATTI, Marina Pilleggi de Souza. **Aplicação de Nanocápsulas de Óleo de Gengibre em Substratos Têxteis para Tratamento de Doenças Reumáticas.** 2018. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Têxtil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2018.

A nanotecnologia vem se estabelecendo como um dos maiores avanços da ciência moderna, principalmente na área hospitalar, onde seu desenvolvimento está impulsionando a busca da cura e do tratamento de variadas doenças. A indústria têxtil é um dos principais exploradores desta área, buscando desenvolver têxteis com características funcionais que contribuam para a aplicação em vários setores hospitalares. Neste contexto, abre-se espaço para o progresso da nanotecnologia no auxílio do alívio de dores provocadas por doenças reumáticas. Um forte candidato para esta demanda é o gengibre, dado que é uma planta com inúmeras propriedades medicinais, sendo destacada a propriedade anti-inflamatória que apresenta grande desempenho no organismo humano, fato comprovado por diversos estudos. Este trabalho teve o objetivo de desenvolver uma atadura funcional, 100% algodão, com nanocápsulas com óleo de gengibre, obtidas por gelificação iônica com quitosana e tripolifosfato de sódio. Óleo, nanocápsulas e tecidos funcionalizados foram caracterizados por cromatografia gasosa, termogravimetria e gravimetria. Como resultados, foram obtidas nanocápsulas com eficiência pelo processo de gelificação iônica, assim como houve uma deposição nas amostras após a funcionalização.

Palavras-chave: Óleo de Gengibre, Anti-inflamatório, Nanoencapsulamento, Gelificação Iônica, Termogravimetria.

ABSTRACT

BRASSOLATTI, Marina Pilleggi de Souza. **Application of Ginger Oil Nanocapsuled on Textile for the Treatment of Rheumatic Diseases**. 2018. 52 p. Term Paper - Textile Engineering. Federal Technological University of Paraná. Apucarana, 2018.

Nanotechnology has been establishing itself as one of the greatest advances of modern science, especially in the hospital area, where its development is boosting the search for cure and treatment of many diseases. The Textile Industry is one of the major explorers of this technology, seeking to develop textiles with functional features that contribute to the application of several hospital sectors. In this context, a space in nanotechnology's progress opens up to help alleviate pain caused by rheumatic diseases, whereas these diseases affect thousands of people in the world and, until this day, its cure was not discovered. A strong candidate for this demand is ginger, due to its numerous medicinal properties, being highlighted the anti-inflammatory property that shows great performance in the human organism, fact proved by several studies. This study aims to develop a functional bandage, 100% cotton, with ginger oil nanoencapsulated, obtained by ionic gelation with chitosan and sodium tripolyphosphate. Oil, nanocapsules and functionalized textiles were characterized by gas chromatography, thermogravimetry and gravimetry. As results, nanocapsules were efficiently obtained by the ionic gelation process, as well as deposition in the samples after functionalization.

Keywords: Ginger oil, Anti-Inflammatory, Nanoencapsulation, Ionic Gelation, Thermogravimetry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zingiber officinale Roscoe: Ilustração geral da planta.....	19
Figura 2 - Rizoma do Gengibre.	19
Figura 3 - Estruturas de alguns componentes do óleo de gengibre.....	21
Figura 4 - Representação esquemática de nanocápsulas e nanoesferas.	23
Figura 5 - Esquema das nanocápsulas poliméricas.	24
Figura 6 - Esquema das etapas do método de encapsulação por coacervação.	27
Figura 7 - Estrutura da Quitina (a) e da Quitosana (b).	28
Figura 8 - Esquema de Obtenção de Nanopartículas pelo Método de Gelificação Iônica. ...	30
Figura 9 - Cromatograma do óleo de gengibre.....	37
Figura 10 - TGA para nanocápsulas de quitosana/TPP e quitosana/TPP/óleo.	38
Figura 11 - Análise termogravimétrica Derivada das amostras de nanocápsulas.	39
Figura 12 - Termogravimetria da atadura de algodão crua e impregnada.....	42
Figura 13 - Análise Termogravimetria Derivada das amostras de ataduras.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Agentes encapsulantes e suas características.....	25
Tabela 2 - Planejamento dos experimentos necessários para a concretização do trabalho.	31
Tabela 3 - Dados dos experimentos realizados.....	32
Tabela 4 - Proporção de óleo de gengibre obtido em função do tempo de extração.....	36
Tabela 5 - TGA dos experimentos.....	40
Tabela 6 - Eficiências de nanoencapsulamento.....	40
Tabela 7 - Pesos das amostras após os procedimentos.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVO GERAL	17
1.2.1 Objetivos Específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 O GENGIBRE E SEU USO NO TRATAMENTO DE DOENÇAS REUMÁTICAS	18
2.2 NANOENCAPSULAMENTO DE ÓLEO DE GENGIBRE	22
2.2.1 Nanotecnologia	22
2.2.2 Processo de Nanoencapsulamento	24
3 METODOLOGIA	31
3.1 MATERIAIS	31
3.1.1 Substrato têxtil, químicos e auxiliares	31
3.2 MÉTODOS	31
3.2.1 Preparo das Nanocápsulas de Quitosana/Óleo de Gengibre	31
3.2.2 Funcionalização dos Substratos	32
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS NANOCÁPSULAS E ÓLEO DE GENGIBRE	33
3.3.1 Cromatografia	33
3.3.2 Termogravimetria (TGA)	34
3.4 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO TÊXTEL IMPREGNADO	34
3.4.1 Gravimetria	34
3.4.2 Termogravimetria (TGA)	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS NANOCÁPSULAS	36
4.1.1 Cromatografia do óleo de gengibre	36
4.1.2 Termogravimetria (TGA)	37
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO TÊXTEL IMPREGNADO	41
4.2.1 Gravimetria	41
4.2.2 Termogravimetria	42
5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmã, por sempre batalharem pela realização dos meus sonhos, sempre acreditarem na minha evolução como ser humano e por me apoiarem independente de qualquer coisa.

Ao meu namorado, pela paciência com minhas crises de ansiedade, pelo apoio, incentivo e companheirismo.

Ao professor Sidney, por ter acreditado na minha capacidade e me guiado nos primeiros passos desse trabalho.

Ao meu professor e orientador Fabio, por ter apadrinhado meu trabalho e ter sido paciente. Muito obrigada também pela dedicação, compreensão e apoio.

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil, atualmente, passa por grandes inovações tecnológicas, sendo descobertas e introduzidas em produtos com multifuncionalidades, as quais ultrapassam as propriedades estéticas e decorativas (MELO et al., 2007). Neste contexto, é visível o desejo da indústria em transformar seu foco convencional para progredir na área de produtos com maior valor agregado e assim equilibrar o ritmo do mercado de vestuários convencionais. Estes têxteis tradicionais, como roupas, tecidos de assentos automobilísticos ou moveleiros, ou até de barracas utilizadas em acampamentos, passam a retratar aspectos inteligentes (FERREIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Uma grande geração desses efeitos é obtida através de técnicas de funcionalizações (como a nanotecnologia), associadas ao acabamento de artigos têxteis. Esta é uma das áreas das quais as empresas mais investem, pois a incorporação de nanomateriais nas composições dos têxteis proporcionam características funcionais distintas, tais como antimicrobianos, impermeabilidade, resistência ao amarrotamento, entre outras (RANGEL, 2013). Uma outra propriedade que vem sendo estudada, voltada para a área de fármacos, é a ação anti-inflamatória, a qual pode ser obtida através da utilização de óleos originados de ervas, leguminosas, rizomas, entre outros produtos naturais.

O gengibre é um dos mais populares medicamentos à base de plantas procurados por pacientes que buscam terapias alternativas para doenças inflamatórias (BLIDDAL, 2000). Muitos estudos e revisões sistemáticas, como o de Altman e Marcussen (2001), Bartels et al. (2015) e Funk et al. (2009), examinaram e comprovaram a eficácia clínica do gengibre para condições de doenças musculoesqueléticas e articulares relacionadas a sintomas dolorosos, causadas por inflamações, tais como osteoartrite, artrite, fibromialgia, entre outras doenças reumáticas.

Esta planta despertou o interesse da indústria farmacêutica em desenvolver estudos e análises que possibilitassem a introdução do gengibre em medicamentos controlados, e assim, muitos alcançaram formas derivadas do gengibre, como gengibre em pó, óleo de gengibre, pasta de gengibre, entre outros, que fossem de fácil e adequada adição nas drogas (ELPO, 2007). O óleo essencial do gengibre vem sendo estudado e adicionado, muitas vezes através de nanomateriais, a

tratamentos que buscam aliviar a dor de doenças reumáticas, as quais vem se apresentando cada vez mais presente na sociedade com o passar dos anos (SRIVASTAVA; MUSTAFA, 1989). O presente trabalho teve como objetivo a produção de nanocápsulas de quitosana com óleo de gengibre, assim como a caracterização do material produzido e sua aplicação em substratos têxteis 100% algodão.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tratamento de doenças reumáticas implica em uma combinação de medicamentos com fármacos, ou não, os quais utilizam programas de analgesia, anti-inflamatórios e injeções intra-articulares, e demandam um longo processo de cura, não possuem garantia de alívio adequado da dor e possuem risco associado à saúde (ALTMAN; MARCUSSEN, 2001). Com o intuito de atenuar essas dores e acelerar o tempo de cura de forma saudável, estudos buscam substituir produtos artificiais e maléficos à saúde, por produtos naturais, os quais apresentam risco mínimo ao organismo humano. Além disso, nos dias de hoje, os consumidores estão na crescente busca por inovações que satisfaçam suas necessidades, mas que não sejam prejudiciais à saúde.

Alguns estudos, como Therkleson (2014) e Sritoomma et al. (2013), comprovaram que o gengibre, quando aplicado na área externa do corpo na forma de óleo de massagem ou compressa, alivia dores e sintomas de doenças, tais como artrite, osteoartrite, artrose, entre outras. No entanto, embora o estudo de Therkleson (2014) tenha utilizado um tecido para preparo de uma compressa, nenhum outro trabalho pesquisado explorou, de forma científica, a associação do óleo de gengibre com artigos têxteis.

De acordo com Nelson (2002), o movimento dos países desenvolvidos em direção aos têxteis com novas propriedades, e que têm maior valor agregado, como têxteis hospitalares, é perceptível. Esse fato encorajou a indústria a desenvolver acabamentos e propriedades sobre têxteis que não eram possíveis ou rentáveis. Desta maneira, pode-se afirmar que, no futuro, os produtos que contribuam para a qualidade de vida e tenham valor agregado em termos de funcionalidade e desempenho, serão bem sucedidos (BAURLEY, 2004).

Portanto, este estudo buscou uma forma de introduzir o gengibre na área da indústria têxtil, através da nanotecnologia, tornando-o promissor, uma vez que é um processo inovador que relaciona as propriedades anti-inflamatórias do gengibre com artigos têxteis e, assim, satisfaz a demanda por medicamentos naturais que auxiliam na velocidade do alívio de dores musculares e articulares.

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo estudar e reproduzir, de acordo com métodos presentes na literatura, nanocápsulas de quitosana por meio de gelificação iônica com tripolifosfato de sódio e aplica-los em substrato têxtil de composição 100% algodão. O composto escolhido para ser encapsulado foi o óleo de gengibre.

1.2.1 Objetivos Específicos

1. Estudar e avaliar a produção de nanocápsulas de quitosana presentes na literatura;
2. Caracterizar óleo e nanocápsulas obtidas por meio de técnica termogravimétrica e cromatografia gasosa;
3. Avaliar a eficiência do processo de nanoencapsulamento;
4. Aplicar as nanocápsulas em substrato têxtil de composição 100% algodão, pelo processo de pad-dry-cure;
5. Avaliar a adesão das microcápsulas no substrato por gravimetria.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O GENGIBRE E SEU USO NO TRATAMENTO DE DOENÇAS REUMÁTICAS

Segundo Singh et al. (2008), ervas e especiarias, consideradas importantes para a dieta humana, tem sido consumidas durante milhares de anos para o melhoramento do sabor, cor e aroma de alimentos, porém, nos últimos anos, seu uso para propriedades medicinais tem aumentado gradualmente. A fitoterapia constitui-se em um conjunto de técnicas de aproveitamento de plantas no tratamento de doenças, como método terapêutico (SOUSA et al., 2013). Entre as espécies mais estudadas, as quais apresentam propriedades medicinais, pode-se destacar o gengibre.

O gengibre é uma das ervas mais antigas conhecidas pelo homem e é intensamente cultivado na Índia, China, África, Jamaica, México e Havaí (EVANS, 1989). No entanto, atualmente a Índia e a China são considerados os maiores produtores mundiais. De acordo com Almeida (2007), o Brasil gera aproximadamente 7 mil toneladas por ano, com oscilação de preço, por quilograma.

Esta erva rizomática foi descrita primeiro, em 1807, pelo botânico inglês William Roscoe (1753-1813), como *Zingiber Officinale* e introduzido na família Zingiberaceae, grupo tropical abundante na região Indo-Malásia, que engloba em torno de 85 espécies (ELPO; NEGRELLE, 2004).

De acordo com Shukla e Singh (2007), o gengibre é uma planta herbácea estabelecida em climas tropicais e é formada por rizomas bulbosos e aromáticos de coloração amarela; caules verdes e compridos; e folhas lisas que podem atingir de dois à três metros de altura, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - *Zingiber officinale* Roscoe: Ilustração geral da planta.



Fonte: Elpo e Negrelle (2004).

De acordo com Elpo e Negrelle (2004), o rizoma do gengibre é constituído por caule alongado e achatado com galhos irregulares e de tamanhos variados. Na parte externa, apresenta cores que variam do amarelo ao marrom com extremidades conhecidas como “dedos”, que crescem obliquamente dos rizomas.

A Figura 2, mostra as características apresentadas por Elpo e Negrelle (2004).

Figura 2 - Rizoma do Gengibre.



Fonte: Manera (2010).

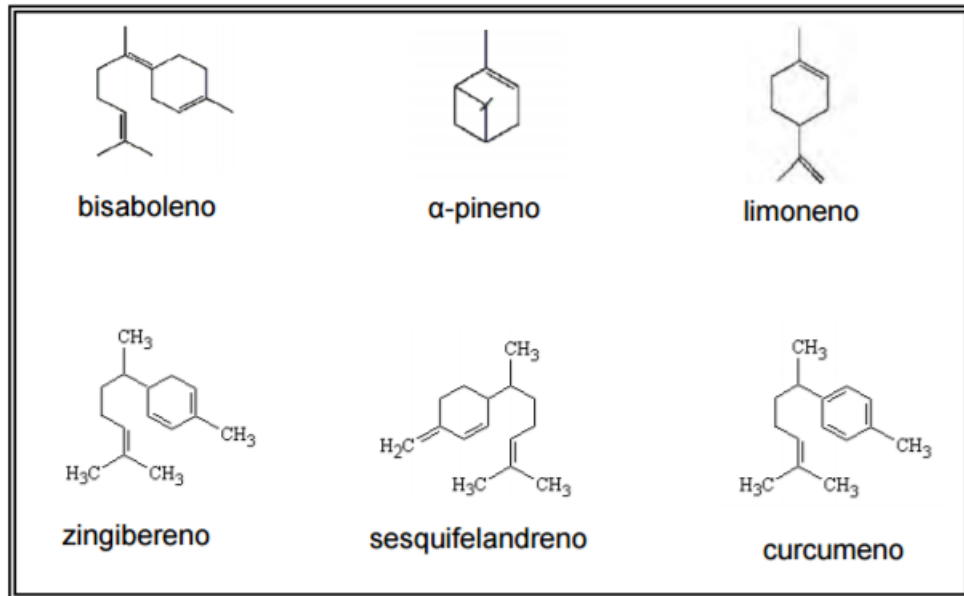
O rizoma é a parte comercial usada, além de ser especialmente encontrado na culinária, na forma de condimentos, bebidas, confeitaria e grande quantidade de pratos orientais, também pode ser encontrado em farmácias, perfumarias (CAMARGO; CASER; CAMARGO, 2004). Em sua composição, são encontradas substâncias como: glucose, amido, frutose, proteínas, cinzas, fibras brutas, água, óleo volátil e também óleos gordos. As concentrações de componentes ativos do gengibre variam de acordo com a região do plantio e as condições de crescimento (SCHWAN-ESTRADA et al., 2006).

O gengibre pode ser comercializado em diversas formas, tais como extrato de gengibre em pó, fluidos, óleos e "in natura" (BLAU, 2007). Suas propriedades já foram fundamentadas através de estudos científicos, os quais concluíram propriedades: anti-inflamatória, antiemética, antináusea, anticancerígena, antiúlcera, hipoglicêmica, antibacteriana, entre outras (WHO, 1999; UTPALENDU; CHATTOPADHYAY; PRASAD, 1999). No entanto, segundo Bulletin (2003) e Zarate, Sukrasno e Yeoman (1992), as propriedades medicinais do gengibre devem-se principalmente à presença de óleos essenciais os quais compreendem de 1% a 3% do próprio peso e possuem substâncias como canfeno, felandreno, zingibereno e zingerona.

De acordo com Kamaliroosta, Kamaliroosta e Elhamirad (2013), a extração do óleo vegetal do gengibre é executada através de várias técnicas, como por exemplo por destilação à vapor, aplicação de micro-ondas e dióxido de carbono líquido. Além disso, suas propriedades e benefícios dependem de alguns fatores, tais como a origem geográfica, o solo, a colheita, a umidade, os modos de extração, e, de certo modo, da idade da planta.

A composição do óleo desta especiaria apresenta constituintes como monoterpenos ((α) e (β)-pineno, canfeno, mirceno, limoneno), sesquiterpenos (zingibereno, curcumeno, bisaboleno, sesquifelandreno), álcoois (2-butanol, 2-metil-but-3-em-2-ol, citronelol, zingerenol), aldeídos (butanal, 2-metil-butanal, pentanal, citronelal, neral, geranial), cetonas (gingerona, criptona, carvotanacetona) e óxidos (ZARATE, SUKRANO, YEOMAN, 1992).

Alguns dos elementos estão representados na Figura 3.

Figura 3 - Estruturas de alguns componentes do óleo de gengibre.

Fonte: Afzal (2001).

A industrialização do gengibre na forma de óleo é considerada uma opção economicamente atraente para indústrias do ramo alimentício e farmacêutico, pois são produzidos a partir de rizomas defeituosos que seriam descartados e, assim, visam seu melhor aproveitamento (MAIA; BOVI; DUARTE, 1991). Outras vantagens, de acordo com Magalhães et al. (1997), seriam a ausência de contaminação microbiológica, a redução do volume para transporte e armazenagem e a facilidade de manipulação e emprego da substância.

A partir de todas as suas propriedades, pacientes com doenças crônicas, e muitas vezes dolorosas, procuram terapias alternativas para o tratamento da dor e se deparam com o gengibre, uma das plantas mais utilizadas na produção de medicamentos naturais destinados ao alívio de sintomas de doenças reumáticas (VISSER; PETERS; RASKER, 1992).

De acordo com a Direção Geral da Saúde (2004), as doenças reumáticas são doenças que provocam modificações funcionais do sistema musculoesquelético do corpo humano, e entre elas podem ser citadas as doenças inflamatórias, as doenças degenerativas, as doenças metabólicas, e também doenças de outros órgãos e/ou sistemas as quais são associadas com as doenças anteriores. O gengibre tem sido usado há séculos como alternativa para aliviar indicações de inflamações, reumatismos e distúrbios gástricos (PFEIFFER, 2006). Numerosos componentes deste rizoma vem sendo abundantemente analisados, com aproximadamente 400

deles identificados, promovendo a publicação de trabalhos que comprovam as diferentes propriedades medicinais dessas partículas. Dentre todos os componentes, os gingeróis shogaols, zingeronas e todos os derivados, são os responsáveis pelo comportamento anticâncer, antiemético, e anti-inflamatório (HO; CHANG; LIN, 2013).

Em seus estudos, Vieira et al. (2014) e Lantz et al. (2007) explicam todo o processo do sistema imunológico frente à inflamação e como os componentes do gengibre se interagem a ela. Resumidamente, ambos os estudos descrevem que a inflamação é uma resposta imunológica à uma infecção ou à traumas teciduais. O gengibre é capaz de inibir os microrganismos invasores, evitando a produção de células imunológicas promotoras de inflamações.

Para evidenciar a ação e desempenho do gengibre no tratamento de doenças reumáticas, trabalhos como Funk et al. (2009), Altman e Marcussen (2001), Kim e Kim (2009), Haghighi, Tavalaei e Owlia (2006), Therkleson (2010), Zakeri et al. (2011), Srivastava e Mustafa (1989), Alipour et al. (2016), Sritoomma et al. (2013), Al-nahain, Jahan e Rahmatullah (2014) exploraram métodos de tratamento diferenciados, como a ingestão do óleo de gengibre, no tratamento com massagens e compressas. As aplicações, mostraram-se satisfatórias na redução das dores causadas pelas doenças.

2.2 NANOENCAPSULAMENTO DE ÓLEO DE GENGIBRE

2.2.1 Nanotecnologia

De acordo com Alves (2004), a nanociência e a nanotecnologia eram vistas preliminarmente como ficção científica, até que, com muitos estudos, se transformaram em tendência na ciência e tecnologia do século XXI. Muitos países vislumbraram que este ramo teria grande magnitude para as nações industrializadas e introduziram grande parte de seu investimento em seu desenvolvimento. Os principais financiadores do desenvolvimento da nanotecnologia são Europa, Japão e Estados Unidos, que chegam a gastar bilhões de dólares.

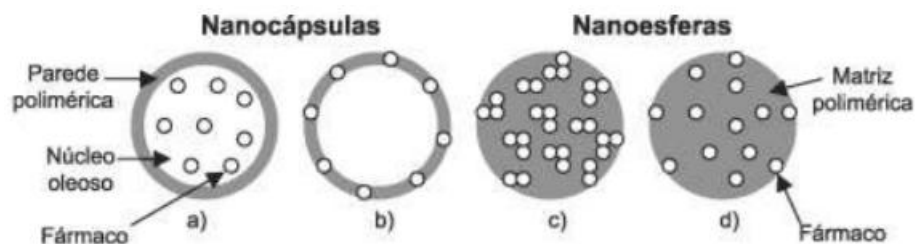
O prefixo nano diz respeito à uma escala de medida no qual equivale a um bilionésimo do metro (SAHOO; PARVEEN; PANDA, 2007). Sendo assim, os materiais referentes à essa tecnologia são encontrados em escala nanométrica (40 a 70 nm), e possuem singulares propriedades físicas e químicas, como por exemplo

forma, área superficial, estado de aglomeração, elevada estabilidade e durabilidade para longo tempo de armazenamento.

Na área farmacêutica a nanotecnologia apresentou grandes avanços, uma vez que foram desenvolvidos sistemas de liberação de fármacos (oral, intramuscular, injeções subcutâneas, transdérmicos, entre outros) em escalas bem menores, chamados nanopartículas. Estas aumentam a efetividade de tratamentos, visto que proporciona rápida e uniforme distribuição pelo organismo, controle da taxa de liberação, previne toxicidade, reduz efeitos colaterais causados nos procedimentos habituais, protege o composto ativo de degradação, fornece maior reprodutibilidade das doses, melhora a absorção e a eficácia terapêutica, entre outros benefícios (NGWULUKA, 2010; PIMENTEL, 2007).

As nanopartículas são classificadas substancialmente em nanoesferas e nanocápsulas. As nanoesferas são estruturas nas quais os compostos ativos podem ser encontrados na superfície, podendo ser por adsorção, aprisionamento ou dissolução. Já as nanocápsulas são estruturas que possuem casca e núcleo definidos, podendo a substância ativa ser encontrada dissolvida tanto no núcleo, quando adsorvida na superfície (LORCA, 2009).

Figura 4 - Representação esquemática de nanocápsulas e nanoesferas.



Fonte: SCHAFFAZICK et al. (2013)

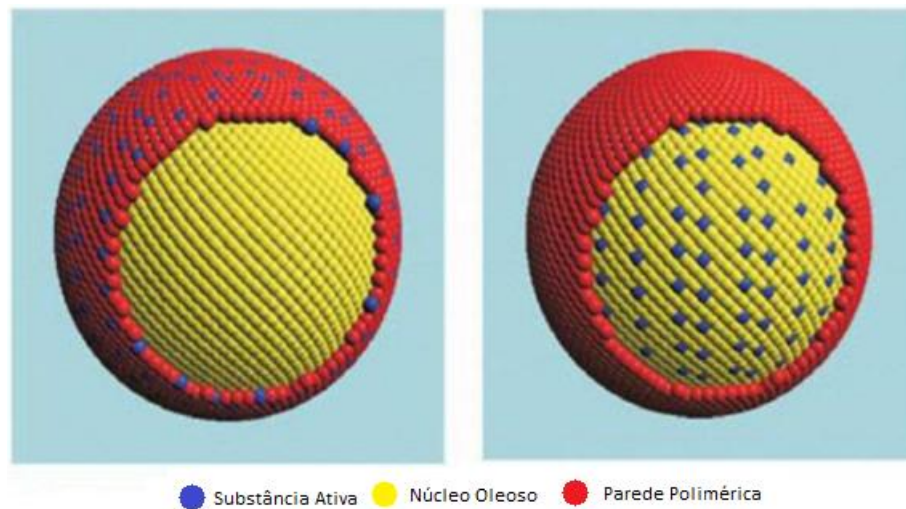
a) fármaco dissolvido no núcleo oleoso das nanocápsulas; b) fármaco adsorvido à parede polimérica das nanocápsulas; c) fármaco retido na matriz polimérica das nanoesferas; d) fármaco adsorvido ou disperso na matriz das nanoesferas.

De acordo com Rao e Geckeler (2011) e Reis et al. (2006), o tipo de nanopartícula e a localização da substância ativa dependerão tanto da técnica de obtenção utilizada, quanto das propriedades e características da substância. Esses métodos possibilitam a proteção do fármaco da degradação, além de aumentar sua absorção e sua capacidade de transcender barreiras biológicas.

2.2.2 Processo de Nanoencapsulamento

No nanoencapsulamento, o material denominado núcleo (ingrediente ativo ou fase interna) é envolvido por uma fina camada polimérica (denominada parede, membrana, casca ou revestimento), a qual poderá liberar a substância interna em determinada velocidade e condições apropriadas (ASSIS et al., 2012).

Figura 5 - Esquema das nanocápsulas poliméricas.



Fonte: LULA (2014).

A finalidade deste revestimento é de proteger o material interno de condições diversas como a luminosidade e umidade do ambiente, a quantidade de oxigênio em contato com a nanopartícula, interações do material com outros compostos, mudanças de pH, dissolução, entre muitos outros, além de expandir o tempo de desempenho do ativo (SUAVE et al., 2006).

A membrana pode ser composta por surfactantes lipofílicos (hidrófobas) e/ou hidrofílicas (solúveis em água), geralmente em concentrações de 0,2 à 2% (m/m), e também por óleos, os quais podem ser naturais ou minerais, contanto que não haja toxicidade ou não degradem o material ativo interno. O tamanho das nanocápsulas está sujeito a algumas condições, tais como à técnica de preparação, às características e concentração do composto ativo, à concentração dos surfactantes da membrana, entre outras (LEGRAND et al., 1999).

Existem alguns métodos utilizados para a obtenção das nanocápsulas, tais como emulsificação/evaporação do solvente, emulsificação/difusão do solvente, nanoprecipitação, coacervação, polimerização em miniemulsão, entre outras

técnicas (ROMIO et al., 2009).

O agente encapsulante é escolhido a partir das características físicas e químicas do material bioativo, da aplicação desejada e do método usado na formação das nanopartículas (SUAVE et al., 2006). Sua composição será selecionada de acordo com o tipo de aplicação desejada e poderá variar, como por exemplo, desde de materiais comestíveis (carboidratos e proteínas) até polímeros de origem natural (amidos, gomes, entre outros) (ANSON, 2005).

Existem diversos tipos de agentes encapsulantes, sendo que alguns deles, segundo o trabalho de Barreto et al. (2015), estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Agentes encapsulantes e suas características.

Agente Encapsulante	Características
Alginato de sódio	É uma substância extraída de algas marrons e é usado como encapsulante pois não é um material tóxico para a proteção dos materiais ativos.
Proteína de Soro de Leite	É classificada como um ingrediente funcional e já foi utilizada como agente encapsulante no trabalho de Picot e Lacroix (2004).
Pectina	Substância encontrada na parede celular de vegetais e promove proteção de probióticos quando expostos à condições gástricas, característica comprovada pelo estudo de Gerez et al. (2012).
Proteína Isolada de Soja	Substância extraída do farelo soja desengordurada e são utilizadas na produção de pães e confeitaria, carnes embutidas e iogurtes. ⁹
Carragena	Substância extraída de algas vermelhas e é usada como encapsulante devido às suas características de gelificação.
Goma Arábica	Substância extraída de árvores e é utilizado quando se necessita de proteção contra oxidações.
Amido	É uma substância de reserva das plantas e é um dos encapsulantes mais utilizados.

Fonte: Barreto et al. (2015).

Os óleos essenciais, sendo compostos bioativos, são dificilmente introduzidos à sistemas complexos, pois o acréscimo destes podem prejudicar a estabilidade de algumas soluções, em razão da sua interação com outras substâncias da composição. Além disso, estes compostos apresentam baixa solubilidade em água, tornando trabalhoso o desenvolvimento de formulações que demandam este bioativo. No entanto, para tornar possível a incorporação destes compostos em sistemas complexos, foi desenvolvida a encapsulação, possibilitando maior

solubilidade e dispersibilidade em meio aquoso (WEISS et al., 2009).

O nanoencapsulamento de óleos essenciais reflete um comportamento viável e eficiente para compostos ativos, pois, quando feito com o revestimento de lipídios, as características e propriedades do óleo nanoencapsulado são preservadas, tanto para sua estabilidade física, quanto para sua eficácia farmacêutica (SHAH; DAVIDSON; ZHONG, 2013).

2.2.2.1 Coacervação Simples

Dentre alguns dos métodos de nanoencapsulamento já citados neste trabalho, será adotado o método de coacervação simples à base de quitosana para o óleo de gengibre, pois como consta no estudo de Anitha et al. (2011), a qual elaborou nanoencapsulamento de curcumina, também conhecida como gengibre-amarelo, esta técnica apresenta bons resultados.

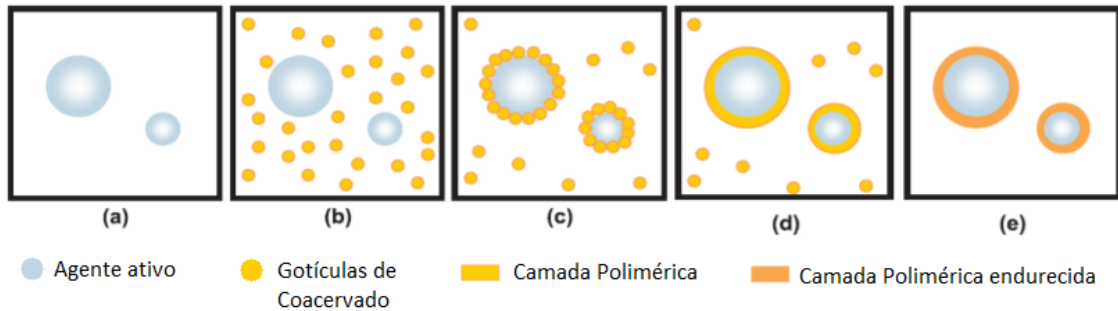
A técnica de coacervação consiste em emulsificar uma solução orgânica do polímero e aroma (fase interna) em uma solução aquosa contendo agente emulsificante (fase externa), levando à formação de partículas esféricas. Estas, por sua vez, são separadas por filtração ou centrifugação, lavadas com solvente apropriado e secas (WATTS et al., 1990 apud MÜLLER, 2011).

Resumidamente, a técnica de coacervação consiste no encapsulamento de compostos bioativos, solúveis ou não, em meio aquoso (água), através da separação de soluções macromoleculares em duas fases, o núcleo da cápsula e o polímero que envolve o núcleo (JAIN, 2000).

O processo de coacervação pode ser simples ou complexo. No método simples, o material polimérico é separado da sua solução por meio de modificações das propriedades do meio em que está inserido, como por exemplo pela mudança de pH, temperatura, acréscimo de sais, não-solventes, entre outros fatores (FAYAD et al., 2014). Já no método de coacervação complexo, dois polímeros de cargas opostas se interagem e criam um complexo solúvel, formando as cápsulas por meio de interações iônicas (HAMESTER, 2006).

De modo geral, o encapsulamento pelo processo de coacervação obedece cinco etapas, as quais estão descritas na Figura 6, a seguir.

Figura 6 - Esquema das etapas do método de encapsulação por coacervação.



Fonte: SUAVE et al. (2006)

Na etapa (a), o agente ativo é dispersado e, em seguida (b), há a formação de gotículas de coacervado através do método simples ou complexo. Em (c), as gotículas de coacervado se acumulam ao redor dos núcleos constituídos pelo material bioativo e, logo depois (d), as gotículas se juntam formando uma camada polimérica. Em (e), a camada polimérica é endurecida através de alterações na temperatura, acréscimo de agente reticulante e difusão do solvente. E, finalmente, as cápsulas adquiridas são retiradas da solução através de centrifugação ou filtração (SUAVE et al., 2011).

O tamanho das cápsulas tem papel valoroso tanto no comportamento e a administração da liberação, quanto na proteção do núcleo. Na coacervação simples, o tamanho das cápsulas depende da taxa de agitação preservada no decorrer do processo, da viscosidade, da porcentagem em volume do composto encapsulado e das propriedades da substância usada na formação da camada protetora (HSIEH; CHANG; GAO, 2006).

A intensificação da taxa de agitação ocasiona a diminuição do tamanho do diâmetro das cápsulas, em consequência da combinação da turbulência da energia cinética com a elevação do processo de quebra de gotas (BACHTSI; BOUTRIS; KIPARISSIDES, 1996).

2.2.2.2 Quitosana

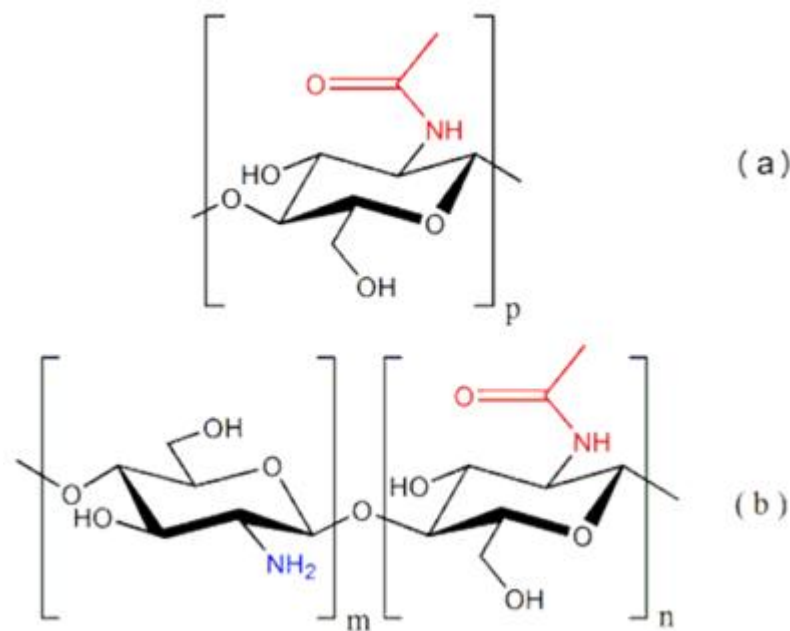
A formulação do processo de nanoencapsulamento e seus parâmetros definem as características das partículas elaboradas. A primeira etapa para executar tal processo é escolher o agente encapsulante adequado. O polímero escolhido para a formação de nanocápsulas de óleo de gengibre, através do processo de

coacervação simples, foi a quitosana, uma vez que é um produto de fácil obtenção comercial (GONSALVES et al., 2011).

A quitosana é um composto natural obtido através da desacetilação da quitina, a qual é um dos polímeros naturais mais encontrados, e é extraída de carapaças e exoesqueleto de insetos e crustáceos. Também podem ser encontradas em moluscos e na estrutura externa de fungos e leveduras (GONSALVES et al., 2011).

No processo de *N*-desacetilação da quitina, as estruturas acetamido (-NHCOCH₃) são transformados em grupos aminos (-NH₂), como mostrado na Figura 7, em diferentes taxas, obtendo o heteropolissacarídeo com graus de desacetilação igual ou superior a 60%, no qual transforma-se em solúvel em meio ácido diluído (GONSALVES *et al.*, 2011).

Figura 7 - Estrutura da Quitina (a) e da Quitosana (b).



Fonte: SALAZAR (2015).

O grau de desacetilação é um fator de grande importância para as propriedades químicas, físicas e biológicas da quitosana, pois, expressando a quantidade média de resíduos acetilados em sua estrutura, este processo pode influenciar na repulsão da água, solubilidade, viscosidade, cristalinidade, entre outros parâmetros (GONSALVES et al., 2011). A quitosana tem sido utilizada em diversas áreas como agricultura, alimentícia, cosmética, entre outras, mas sua área

de crescente estudo e novas aplicações está concentrada na área farmacêutica, especificamente na parte de liberação de fármacos, visto que apresenta boas características filmogênicas, gelificantes e mucoadesivas. Além disso, nos produtos para a pele, essa substância é frequentemente adotada, devido a sua habilidade de formar revestimentos protetores transparentes que são capazes de controlar a umidade, evitando manifestações de alergias (BERNKOP-SCHNÜRCH, DÜNNHAUPT, 2012).

Outro fator importante para a sintetização de nanopartículas é o potencial zeta do material utilizado. A maioria dos elementos particulados apresentam formação de uma camada elétrica em sua interface devido ao contato com algum líquido. Nesta camada, as partículas e os íons que possuem ligações mais fortes, se movimentam como uma unidade, sendo possível realizar a medição de seu potencial, em relação ao meio circundante, no qual é chamado de potencial zeta (XU, 2008). A mensuração do potencial zeta permite a obtenção de informações referentes à carga superficial das nanopartículas, propriedade essencial para a determinação e avaliação das interações repulsivas e atrativos com outros materiais. Além disso, essas cargas podem se alterar de acordo com os parâmetros experimentais que as nanopartículas foram expostas (NEVES, 2013).

Nas nanopartículas de quitosana, as cargas superficiais são determinadas e mensuradas através do grau de neutralização dos grupos $-NH_3^+$ (HU et al., 2008). No entanto, esta mensuração não é feita de forma direta, sendo necessária uma ferramenta indireta, como por exemplo a mobilidade eletroforética, que consiste na introdução da quitosana dispersada. Alguns estudos como Neves (2013) e Baldrick (2010), verificaram que a carga elétrica das nanopartículas de quitosana é positiva.

Diante de todas essas informações, definiu-se por realizar o nanoencapsulamento do óleo de gengibre pelo método de coacervação simples, a partir de nanopartículas de quitosana, em vista que é o processo e o polímero mais adequados para este tipo de bioativo.

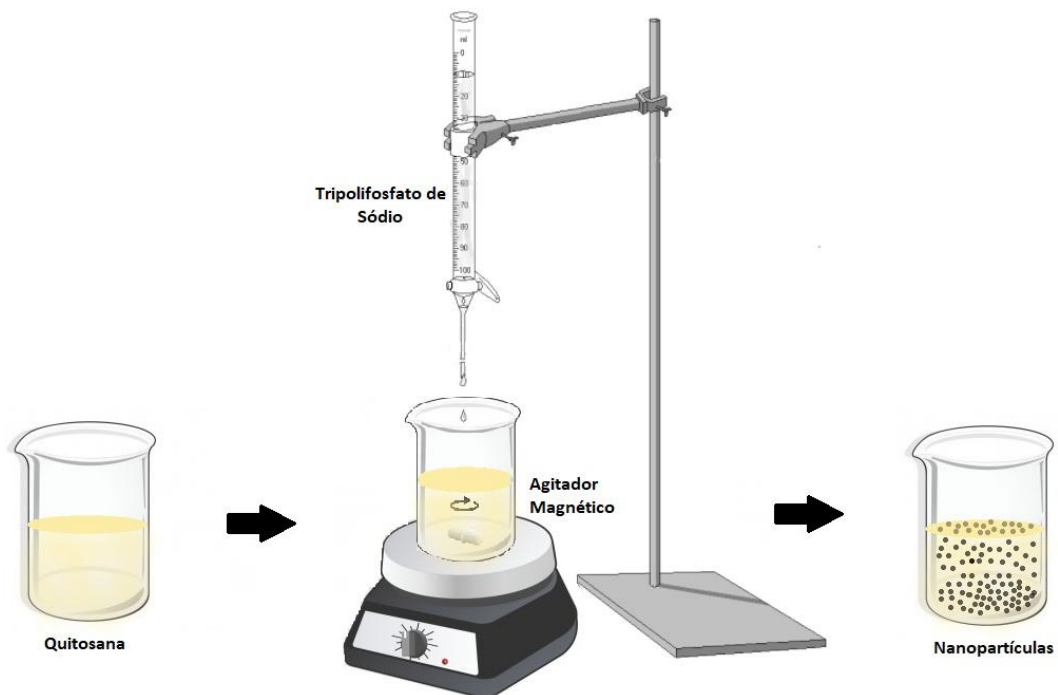
2.2.2.3 Gelificação Iônica

Nanopartículas poliméricas são produzidas a partir de polímeros hidrofílicos, biodegradáveis, tais como quitosana, gelatina e alginato de sódio. Esta teoria foi comprovada por Calvo et al. (1997), nos quais desenvolveram um método para a

formação de nanopartículas hidrofílicas de quitosana pelo processo da gelificação iônica. Neste procedimento há uma interação entre duas fases aquosas, das quais uma é a quitosana, com grupos aminos de cargas positivas, e a outra é o tripolifosfato de sódio, carregado negativamente, formando assim, coacervados de tamanhos nanométricos devido à interação eletrostática na consistência de gel (NAGAVARMA, 2012).

A gelificação iônica produz grânulos de hidrogel, também chamados de gelisferas. Estas pérolas de hidrogel são produzidas através do caimento de uma solução polimérica carregada com fármaco na solução aquosa de cátions polivalentes. Os cátions se difundem nas gotas de polímeros carregadas com fármaco, formando uma rede tridimensional de reticulação iônica (PATIL et al., 2012). Este processo pode ser visualizado por meio da Figura 8, abaixo.

Figura 8 - Esquema de Obtenção de Nanopartículas pelo Método de Gelificação Iônica.



Fonte: Autora (2018).

É possível observar que não é necessário o uso de instrumentos sofisticados, além disso, o processo é realizado sobre temperatura ambiente e velocidade controlada. De acordo com Patil et al. (2012), alguns fatores podem influenciar no processo de gelificação iônica, como:

1. Concentração do Polímero;
2. Temperatura;

3. pH da solução;
4. Concentração da substância bioativa;
5. Formação de gases;

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Substrato têxtil, químicos e auxiliares

Usaram-se as ataduras de crepom, de composição 100% algodão adquiridos da CREMER, dado que são as estruturas têxteis comumente utilizadas no tratamento de contusões e dores localizadas, o que a torna ideal para o tratamento de doenças reumáticas. Foram utilizados o óleo essencial de gengibre (Ribbyrue®, USA), concentração maior que 95%, quitosana (Polymar), com grau de desacetilação de 87% e o tripolifosfato de sódio (TPP), que assim como os demais reagentes utilizados de grau analítico foram da Sigma-Aldrich.

3.2 MÉTODOS

Os métodos utilizados para a execução deste trabalho estão dispostos na Tabela 2. O trabalho foi dividido em duas etapas.

Tabela 2 - Planejamento dos experimentos necessários para a concretização do trabalho.

Nanoencapsulamento do óleo de gengibre	Preparo e caracterização de nanoencapsulados de quitosana, tripolifosfato de sódio e óleo de gengibre
Introdução dos nanoencapsulados no substrato têxtil	Impregnação e avaliação do substrato têxtil com os nanoencapsulados

Fonte: Autora (2018)

3.2.1 Preparo das Nanocápsulas de Quitosana/Óleo de Gengibre

Para o nanoencapsulamento do óleo de gengibre, foi adotado o processo de coacervação simples, através da gelificação iônica da quitosana e tripolifosfato de

sódio, seguindo orientações de Calvo et al (1997). Primeiramente, foi necessária a dissolução da quitosana, a qual foi preparada uma solução de 200 mL, a 0,5% (m/v) da quitosana, em ácido acético 1% (v/v) e água destilada, perante agitação magnética, à temperatura de 50°C e duração de 2 horas. Após este procedimento, ajustou-se o pH da solução para 4,5 com hidróxido de sódio (NaOH, 1M).

A solução de tripolifosfato de sódio também foi preparada a um volume de 200 mL, concentração de 1 g/L. Deixou-se em agitação magnética durante 1 hora e 30 minutos, aproximadamente. Após o preparo das soluções, começou-se o nanoencapsulamento do óleo de gengibre a partir de dois experimentos, apresentados na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Dados dos experimentos realizados.

	Solução de Quitosana (mL)	Óleo de Gengibre (µL)	Solução de TPP (mL)
Padrão 1	20	-	30
Experimento 1	20	100	30
Experimento 2	20	150	30

Fonte: Autora (2018).

A solução padrão foi desenvolvida com o objetivo de comparar com as concentrações de 0,5% e 0,75% do óleo em relação a quitosana, de maneira que pudessem ser observadas as reações das substâncias sob as circunstâncias dos ensaios de caracterização. Para a realização da mesma, gotejou-se o TPP na solução de quitosana (quantidades apresentadas na Tabela 3), sob agitação magnética, durante 1 hora, como ilustrado na Figura 8.

Os experimentos 1 e 2 passaram pelo mesmo procedimento, no qual o óleo de gengibre foi adicionado previamente à solução de quitosana em agitação magnética por 20 minutos. Em seguida, gotejou-se a solução de TPP na solução preparada e deixou-se em agitação durante 1 hora. As quantidades de cada experimentos também estão apresentados na Tabela 3.

3.2.2 Funcionalização dos Substratos

A impregnação do substrato têxtil foi realizada em foulard (Padder BHP, Roaches). Neste processo, o tecido é introduzido no banho com solução das nanocapsulas durante um tempo pré-determinado, sendo, em seguida passados por rolos sob pressão e velocidade também pré-determinados (COLAVITTI, 2007).

As condições de aplicação para as nanocapsulas foram baseadas no método de Yang et. al. (2004), o banho foi composto por nanocápsulas de quitosana com óleo de gengibre (50 g/L), hipofosfito de sódio (40 g/L) e ácido cítrico (80 g/L). Após o processo de impregnação (2 bar, 10 m/min, pick-up 90%), as amostras foram secadas a 90°C durante 3 minutos e reticuladas a 140°C durante 2 minutos.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS NANOCÁPSULAS E ÓLEO DE GENGIBRE

3.3.1 Cromatografia

A cromatografia é um processo pelo qual os elementos de uma solução sofrem migração diferencial para duas fases imiscíveis, a móvel e a estacionária. Este fato acontece devido à variadas interações diferentes. Existem diversos tipos de cromatografia (DEGANI et al., 1998).

Para este estudo foi utilizado o método de Transesterificação de lipídios totais, com a preparação dos ésteres metílicos de ácido graxo segundo Hartman et. al (1973). Em tubos de vidro com tampa rosqueável foi adicionado 25 mg do óleo de gengibre, na qual foram saponificados com uma solução 0,5 mol L⁻¹ de hidróxido de sódio em metanol e esterificados com uma mistura constituída de cloreto de amônio, metanol e ácido sulfúrico na proporção de 1:30:1,5 (m/v/v). Posteriormente adicionou-se 4 mL de solução saturada de cloreto de sódio e extraiu-se os ésteres com 1 mL de n-heptano e armazenados em congelador (-18°C) para posterior análise cromatográfica.

Posteriormente, os ésteres de ácidos graxos foram separados em um cromatógrafo a gás (Shuimaszu GC-2010 Plus), equipado com coluna RTÒ-2560 (100m de comprimento, 0,2µm de espessura do filme e 0,25mm de diâmetro interno), conforme Martin et al. (2008). As injeções foram realizadas em duplicata e volume injetado de 2 µL. Qualquer coisa estou à disposição.

3.3.2 Termogravimetria (TGA)

A termogravimetria (TGA) é uma das possibilidades de termo análises, a qual é utilizada para controlar as variações de massa de um certo material, causadas por determinadas temperaturas e pelo período de tempo pelo qual o material é submetido (FARIAS, 2007).

Ao ser aquecida, a amostra libera produtos gasosos, que devem ser retirados do sistema mediante a utilização de um “gás de arraste”. Essa atmosfera costuma ser inerte (geralmente utiliza-se nitrogênio ou argônio) ou oxidante (ar ou “ar sintético”) (FARIAS, 2007).

A estabilidade térmica das nanocápsulas de óleo de gengibre foi mensurada no equipamento TGA-50, marca SHIMADZU. As análises das amostras, entre 7 e 8 mg, foram submetidas à atmosfera de gás Argônio à uma vazão de 50 mL.min⁻¹, com temperaturas de 20 a 700 °C e taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹.

A termogravimetria também foi utilizada como técnica para a determinação de eficiência de encapsulamento, de acordo com Feng et. al. (2015), descrito como:

$$E\% = \frac{\text{Perda de Massa (com óleo)} - \text{Perda de Massa (solução padrão)}}{\text{Perda de Massa (com óleo)}} \times 100$$

3.4 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO TÊXTIL IMPREGNADO

3.4.1 Gravimetria

A gravimetria é um processo utilizado para quantificar uma amostra a partir de métodos analíticos, medida de massa ou uma mudança de massa (SMITH; GNODI, 1959). Com o objetivo de avaliar a adesão das nanocápsulas impregnada na atadura, pesou-se as amostras, antes de qualquer procedimento, em uma balança analítica para verificar sua massa inicial. Após a impregnação e polimerização em rama, as amostras foram pesadas novamente.

A fórmula utilizada para análise gravimétrica está apresentada a seguir.

$$\% = \frac{\textit{Peso Final} - \textit{Peso Inicial}}{\textit{Peso Inicial}} \times 100$$

3.4.2 Termogravimetria (TGA)

A termogravimetria, assim como na análise das nanopartículas, foi utilizada para estudar o padrão de decomposição e a estabilidade térmica do substrato, o algodão. O procedimento foi semelhante à termogravimetria feita nas nanopartículas, no qual foi utilizado equipamento TGA-50, marca SHIMADZU. As análises das amostras, foram feitas sob atmosfera de gás Argônio à uma vazão de 50 mL.min⁻¹, com temperaturas de 20 à 700 °C e a taxa de aquecimento foi de 10 °C.min⁻¹.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS NANOCÁPSULAS

4.1.1 Cromatografia do óleo de gengibre

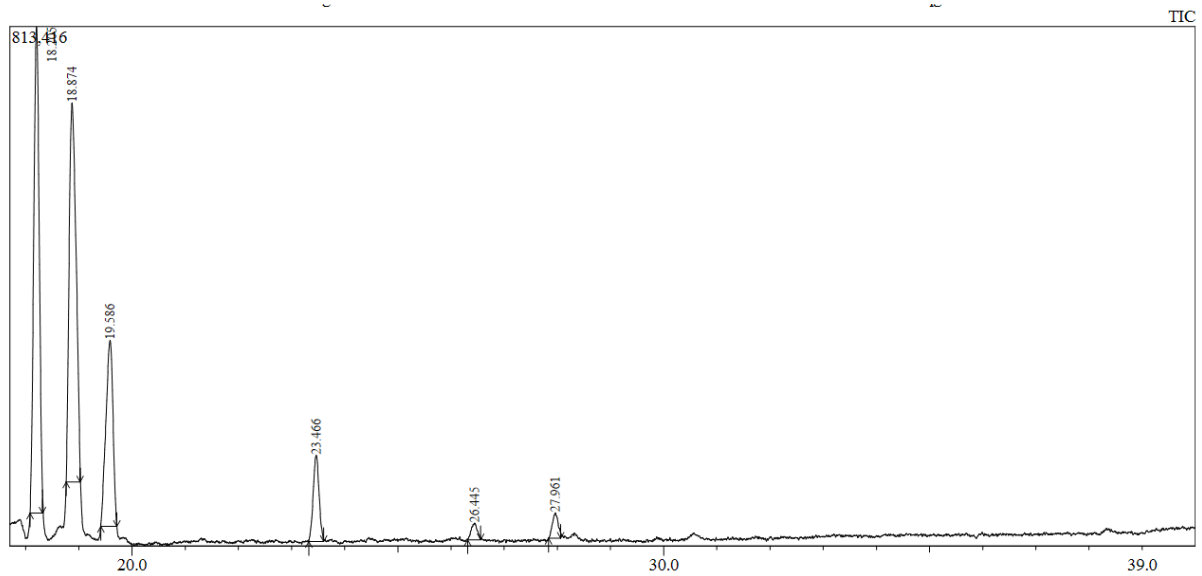
O cromatograma do óleo de gengibre permitiu o conhecimento da composição química e a quantidade de seus componentes majoritários e minoritários. Na Tabela 4, é possível observar os constituintes identificados no óleo, listados por ordem de tempo de retenção, componentes e nomenclatura conforme Souza et. al. (1998). É possível também observar seus respectivos espectros na Figura 9.

Tabela 4 - Proporção de óleo de gengibre obtido em função do tempo de extração.

Pico ¹	Simbologia ²	Tr ³	Nomenclatura IUPAC (usual) ⁴	%A
1	C 8:0	18,20	ácido octanóico (ácido caprílico)	36,19
2	C 10:0	18,87	ácido decanóico (ácido cáprico)	35,61
3	C 11:0	19,58	ácido undenóico (ácido hendanóico)	17,93
4	C 16:0	23,46	ácido hexadecanóico (ácido palmítico)	6,92
5	C 18:0	26,44	ácido octadenóico (ácido esteárico)	1,35
6	C 18In9	27,96	ácido 9-octadenóico (ácido oleico)	2,00

¹ número do pico, ² número de carbono dos compostos encontrados, ³ tempo de retenção do composto, ⁵ percentual de área normalizada a qual indica a distribuição relativa dos componentes.

Fonte: Autora (2018).

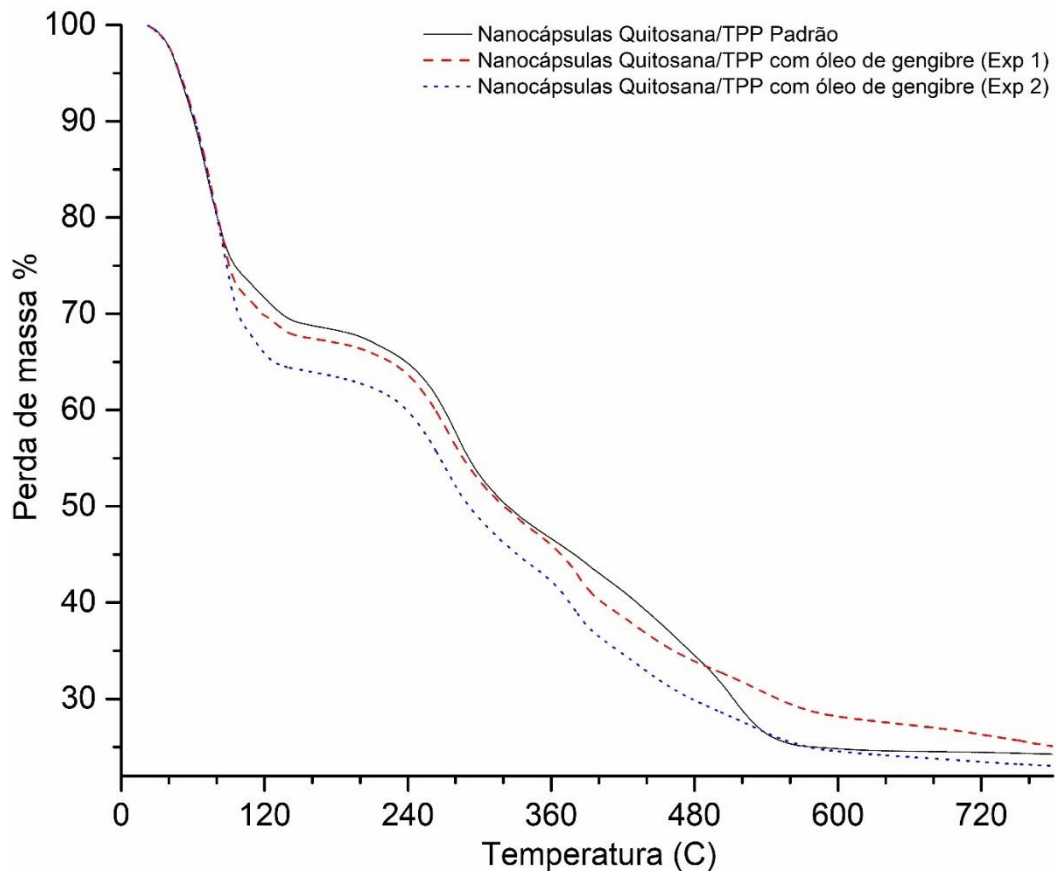
Figura 9 - Cromatograma do óleo de gengibre.

Fonte: Autora (2018).

4.1.2 Termogravimetria (TGA)

As curvas de TGA das nanopartículas de quitosana/TPP e quitosana/TPP/óleo estão presentes na Figura 10. Pode-se observar dois eventos térmicos de perda de massa em cada curva. A primeira curva pode ser atribuída à perda de água, além de compostos voláteis. A curva da nanopartícula padrão mostrou-se diferente das outras, com menor perda de massa em relação à temperatura, pois, com a ausência do óleo, houve apenas a degradação da quitosana e a evaporação da água, fazendo com que não houvesse mais substâncias a serem degradadas, e conseqüentemente, menor perda de massa em termos percentuais.

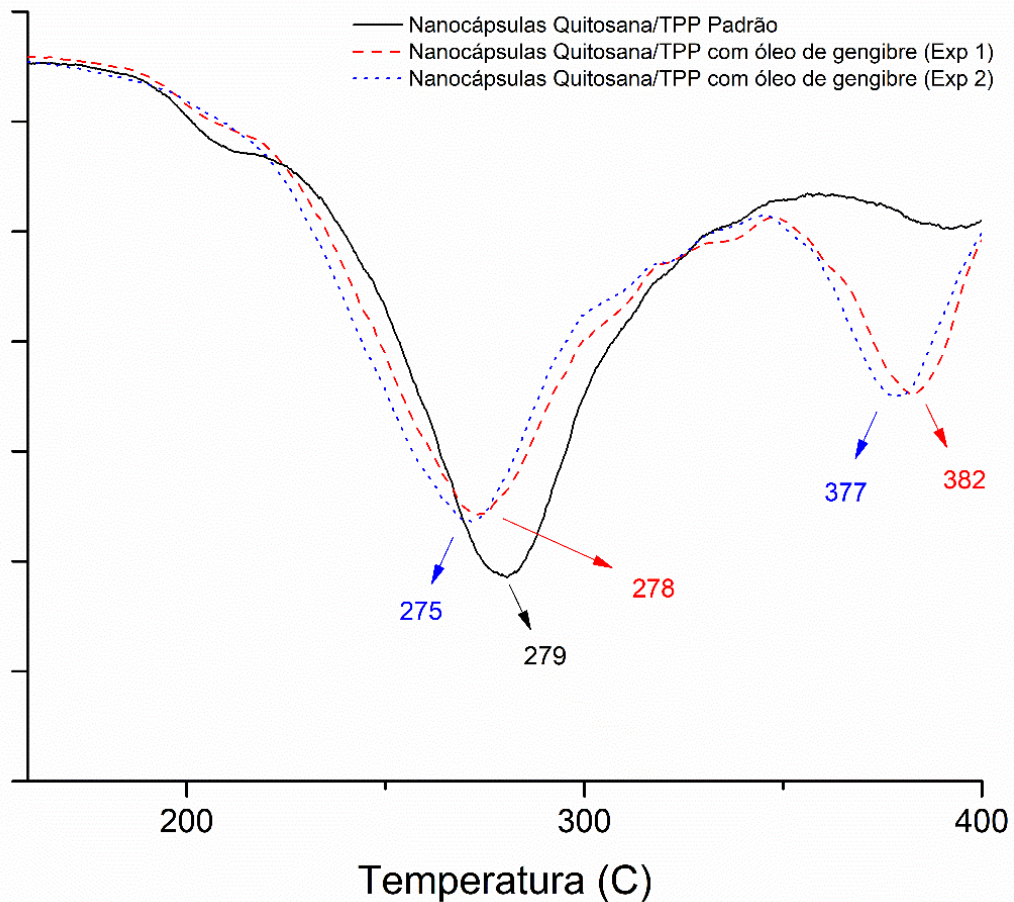
Figura 10 - TGA para nanocápsulas de quitosana/TPP e quitosana/TPP/óleo.



Fonte: Autora (2018).

Todas curvas, apresentaram variações de massa, os pequenos desvios podem ser atribuídos diretamente a presença do óleo de gengibre no banho. A primeira curva refere-se à perda de água residual e degradação do óleo presente no banho. Quanto a segunda curva, demonstra a degradação do polímero acrescentado do óleo de gengibre nanoencapsulado durante o processo de gelificação iônica (para os experimentos 1 e 2). As diferenças podem ser observadas também na Figura 11, a qual mostra o pico de temperatura na segunda curva de degradação de cada nanopartícula, pelo método DTG (Termogravimetria Derivada). Outros estudos como Szymańska & Winnicka (2015) discutiram amplamente os estágios de degradação da quitosana.

Figura 11 - Análise termogravimétrica Derivada das amostras de nanocápsulas.



Fonte: Autora (2018).

Quando comparadas com a amostra padrão, as diferenças observadas nas curvas TGA/DTG, nas Figuras 10 e 11, também podem ser atribuídas ao processo de carregamento do óleo, como descreve o trabalho de Martins *et al.* (2012). É possível observar que as amostras apresentaram temperaturas de degradação com leve desvio, como indica os pontos de inflexão nas curvas DTG. Evidencia-se também, o encapsulamento do óleo de gengibre, visível na segunda curva de degradação, onde é suposto uma degradação adicional do óleo essencial após a ruptura das nanocapsulas.

O nanoencapsulamento padrão apresentou início de degradação em 279°C, na sua única curva. Já os experimentos 1 e 2 apresentaram duas curvas de degradação, a primeira, que indica o início da degradação, apresentou temperaturas de 278 e 275°C, respectivamente. E na segunda curva, expressa temperaturas de 382 e 377°C, respectivamente. Resumidamente, neste intervalo entre as

temperaturas, foi onde ocorreu a perda de massa referente a ruptura das nanocápsulas.

Para verificar a eficiência de encapsulação, foram utilizados dados extraídos do teste de TGA, os quais estão apresentados nas Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 - TGA dos experimentos.

	Temperatura Inicial (°C)	Massa Inicial (mg)	Temperatura Final (°C)	Massa Final (mg)	Total de massa perdida (mg)
Experimento 1	278	4,9675	382	3,7481	1,2194
Padrão (exp. 1)	278	4,4351	382	3,4116	1,0235
Experimento 2	275	5,1858	377	3,8658	1,3200
Padrão (exp. 2)	275	4,4925	377	3,4466	1,0459

Fonte: Autora (2018).

A Tabela 5, mostra as temperaturas iniciais e finais de cada experimento e suas respectivas massas registradas naqueles pontos. Calculou-se a perda de massa para os experimentos 1 e 2, sendo, respectivamente, 1,2194 mg e 1,3200 mg. Anotou-se também a diferença de massa do nanoencapsulamento padrão, registrada nas temperaturas determinadas pelos outros experimentos. Comparando a perda de massa padrão (Quitosana/TPP) com as perdas de massa dos experimentos 1 e 2, os quais continham diferentes quantidades de óleo, é possível calcular a quantidade de óleo que foi encapsulado em cada procedimento, ou seja, a eficiência de cada encapsulação, a partir da fórmula da eficiência do nanoencapsulamento pelo TGA. Utilizou-se a equação (1), a seguir.

$$Ef \% = \frac{MP_{\text{óleo}} - MP_{\text{padrão}}}{MP_{\text{óleo}}} \times 100 \quad (1)$$

Onde, Ef % é a eficiência do nanoencapsulamento, em porcentagem, $MP_{\text{óleo}}$ é a massa perdida das nanocápsulas com óleo de gengibre e $MP_{\text{Padrão}}$ é a perda de massa da solução padrão.

As eficiências estão apresentadas na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 - Eficiências de nanoencapsulamento.

	$MP_{\text{óleo}}$ (mg)	$MP_{\text{padrão}}$ (mg)	Eficiência (%)
Experimento 1	1,2194	1,0235	16,06%
Experimento 2	1,3200	1,0459	20,76%

Fonte: Autora (2018).

Visto que ambos os experimentos foram realizados sob mesmas condições de pH, TPP e quitosana, a diferença da eficiência pode ser atribuída à diferença de peso do óleo carregado nas nanopartículas. Cabe a ressalva de que as análises de eficiência de encapsulamento por TGA embora sejam um caminho interessante a nível industrial, há poucos estudos científicos disponíveis conforme sugere Feng et. al. (2015).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO TÊXTIL IMPREGNADO

Conforme abordado anteriormente, os substratos utilizados para a impregnação de nanocápsulas de quitosana foram ataduras (100% algodão) uma vez que se tratam de materiais adequados para a aplicação final, o tratamento de contusões, dores localizadas e o tratamento de doenças reumáticas.

4.2.1 Gravimetria

A quantidade de nanocápsulas impregnadas na atadura de algodão foi determinada pelo método gravimétrico simples, o qual é descrito pela seguinte equação (LIU *et al.*, 2014):

$$\% = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial}} \times 100 \quad (2)$$

Para a impregnação, utilizou-se o experimento que apresentou maior eficiência de encapsulamento e duas amostras de ataduras (1 e 2), as quais foram pesadas antes e após o processo. Através da diferença de massa, foi determinada a porcentagem de nanocápsulas presente na atadura.

Tabela 7 - Pesos das amostras após os procedimentos.

	Amostra 1	Amostra 2	Média (%)	Desvio (%)	Erro (%)
Peso Inicial (g)	2,348	2,318	-	-	-
Peso seco (após secagem) (g)	2,380	2,329	-	-	-
Alteração de massa (%)	1,36%	0,47%	0,92	0,62	0,44

Fonte: Autora (2018).

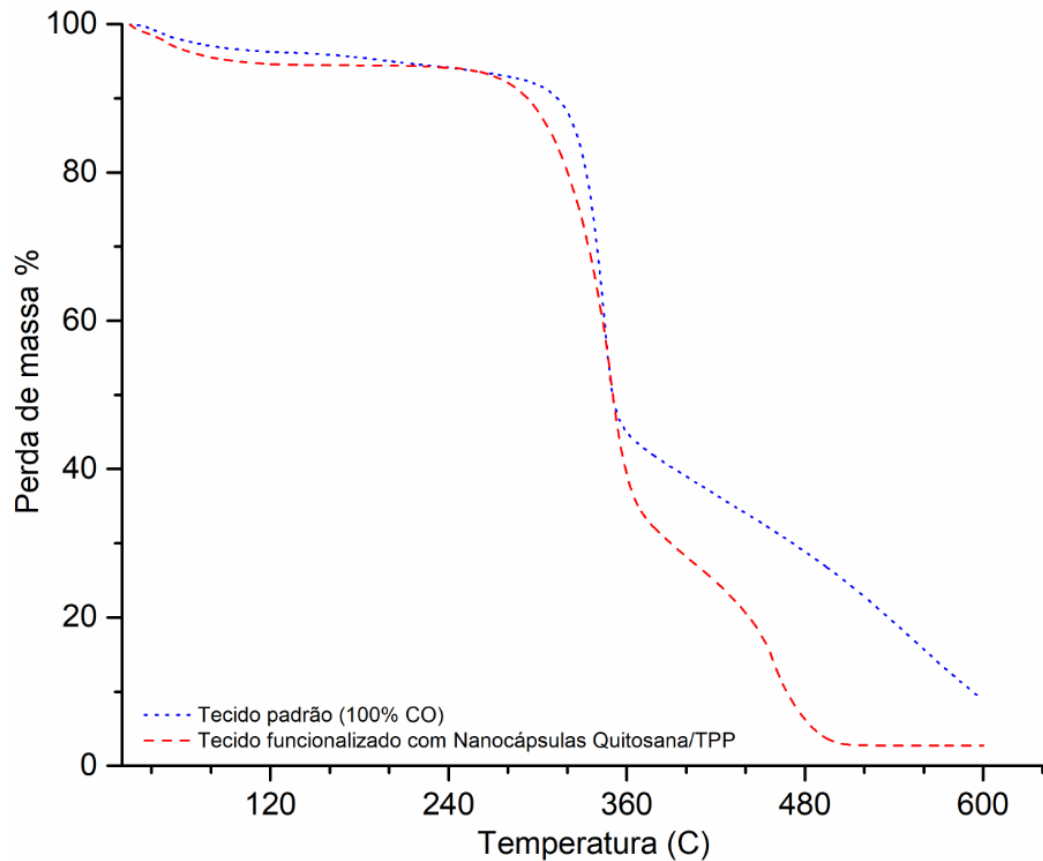
De acordo com Vianna e Guterres (2009), a impregnação de nanopartículas à base de quitosana em algodão apresentaram boa adesão e solidez após lavagens. Por meio desta caracterização foi possível verificar que as amostras apresentaram aumento de massa, conforme Tabela 7.

4.2.2 Termogravimetria

A TGA foi realizada em duas amostras de atadura de algodão, conforme detalhado na sessão 3.1.1. O objetivo foi analisar o comportamento do algodão diante de elevadas temperaturas.

A curva TGA da atadura de algodão apresentou duas etapas principais na via de degradação térmica, conforme ilustrado na Figura 12. A perda de peso de algodão puro na região inicial (40-230°C) foi devido aos danos físicos que poderiam ocorrer na região amorfa do algodão. Uma perda de peso significativa foi observada na segunda região (300-360°C), em razão da decomposição da celulose. A partir deste ponto (370-600°C), houve perda de peso devido a produção de carvão e outros resíduos de carbono (MANATUNGA; SILVA; SILVA, 2016).

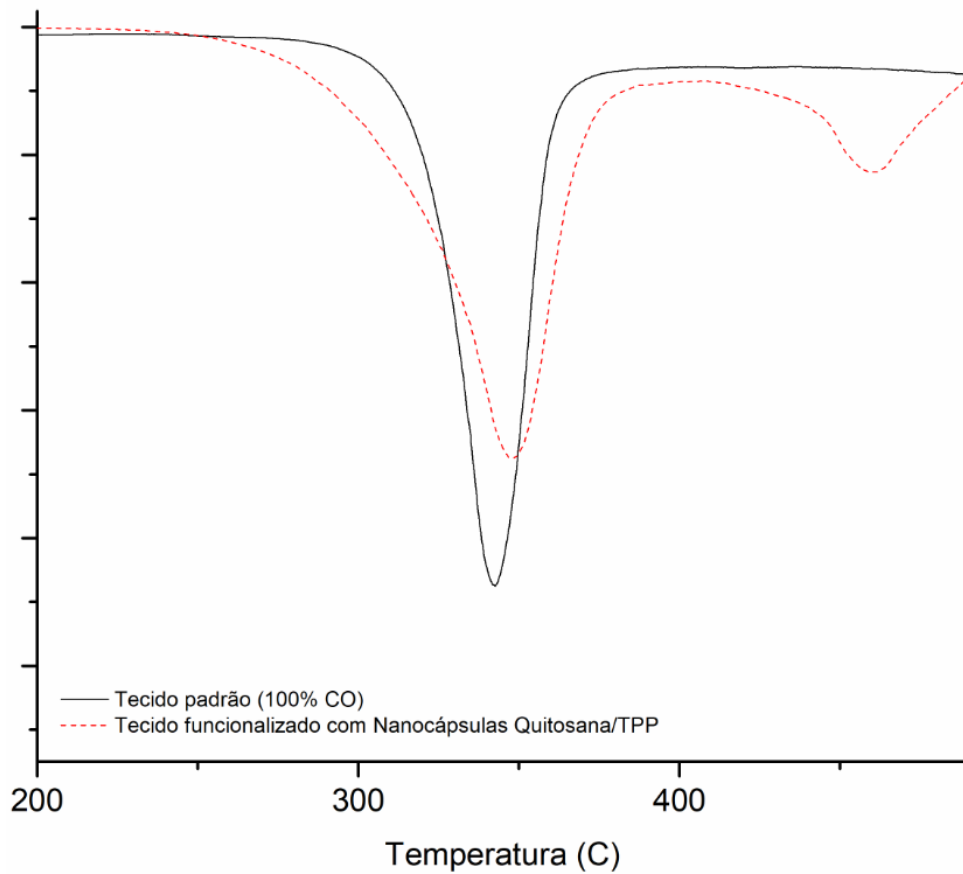
Figura 12 - Termogravimetria da atadura de algodão crua e impregnada.



Fonte: Autora (2018)

Na amostra de algodão impregnado, a perda de peso até 240°C, deveu-se à desidratação do algodão, ou seja, a evaporação da água. A maior decomposição ocorreu na segunda etapa (340-460°C), na qual a celulose, a quitosana e o óleo de gengibre sofreram decomposição, como pode ser visto na sua primeira derivada (DTG) (Figura 13). A última curva (460°C a diante) indica também indica a carbonização dos resíduos orgânicos, gerando ainda mais perda de massa.

Figura 13 - Análise Termogravimetria Derivada das amostras de ataduras.



Fonte: Autora (2018).

A Figura 13 apresenta a Termogravimetria Derivada (DTG) das amostras de atadura. É possível observar que a temperatura de degradação do algodão puro ocorreu em, aproximadamente, 240°C. Já a degradação da atadura impregnada começa em 340°C e termina em 460°C.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo pôde avaliar a produção de nanocápsulas por gelificação iônica com a utilização de quitosana e Tripolifosfato de sódio, no que tange a formação e eficiência de encapsulamento. Constatou-se que os parâmetros físico-químicos destas nanopartículas são regidos pela proporção dos componentes e temperatura, concordando com a literatura. Outro fator influenciador do processo de nanoencapsulamento, observado na prática, foi o pH, visto que quando não ajustado, não houve a formação de nanopartículas.

A funcionalização dos substratos de algodão com nanopartículas de quitosana foi confirmada através de testes de gravimetria e termogravimetria, os quais demonstraram alterações de peso e diferente comportamento térmico das amostras após a funcionalização, atribuídos a presença das nanopartículas depositadas na superfície do substrato têxtil. A utilização do sistema quitosana/TPP formado por gelificação iônica continua despertando possibilidades de encapsular óleos utilizados como fármacos, criando variedades de tratamentos.

Como limitações do estudo e perspectivas futuras, cabe salientar a necessidade de mais estudos para caracterização das amostras, para um melhor entendimento das interações químicas com os substratos de aplicação, além de estudos relacionados ao perfil de liberação controlada do composto em contato com a pele, seu efetivo auxílio as dores assim como a durabilidade.

REFERÊNCIAS

- AFZAL, M. *et al.* **Ginger: An Ethnomedical, Chemical and Pharmacological Review.** Drug Metabolism and Drug Interactions, [s.l.], v. 18, n. 3-4, Jan. 2001. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/dmdi.2001.18.3-4.159>.
- ALIPOUR, Z. *et al.* **The Effect of Ginger on Pain and Satisfaction of Patients with Knee Osteoarthritis.** Jundishapur Journal of Chronic Disease Care, [s.l.], v. 6, n. 1, p.1-6, 19 set. 2016. Kowsar Medical Institute. <http://dx.doi.org/10.17795/jjcdc-34798>.
- ALMEIDA, N. G. **Aspectos econômicos da cultura do gengibre.** Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento: SEAB. Departamento de Economia Rural (DERAL). Curitiba, 2007, 9p.
- AL-NAHAIN, A.; JAHAN, R.; RAHMATULLAH, M. **Zingiber officinale: A Potential Plant against Rheumatoid Arthritis.** Arthritis, [s.l.], v. 2014, p.1-8, 2014. Hindawi Publishing Corporation. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/159089>.
- ALTMAN, R. D.; MARCUSSEN, K. C. **Effects of a ginger extract on knee pain in patients with osteoarthritis.** Arthritis & Rheumatism, [s.l.], v. 44, n. 11, p.2531-2538, 2001. Wiley-Blackwell. [http://dx.doi.org/10.1002/1529-0131\(200111\)44:113.0.co;2-j](http://dx.doi.org/10.1002/1529-0131(200111)44:113.0.co;2-j).
- ALVES, O. L. **Nanotecnologia, Nanociência e Nanomateriais: Quando a Distância entre Presente e Futuro Não é Apenas Questão de Tempo.** Parcerias Estratégicas, Brasília, ago/2004, nº 18, p. 23-40.
- ANITHA, A. *et al.* **Preparation, characterization, in vitro drug release and biological studies of curcumin loaded dextran sulphate–chitosan nanoparticles.** Carbohydrate Polymers, [s.l.], v. 84, n. 3, p.1158-1164, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.01.005>.
- ANSON, R. **Microencapsulation: For Enhanced Textile Performance.** Textile Intelligence: Performance Apparel Markets. London, v. 12, n.12, p. 21-39. Maio 2005.
- ASSIS, L. M. *et al.* **Characteristics of Nanoparticles and Their Potential Applications in Foods.** Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, v. 15, n. 2, p. 99-109, abr. /jun. 2012.
- BACHTSI, A. R.; BOUTRIS, C. J.; KIPARISSIDES, C. **Production of Oil-Containing Crosslinked Poly (Vinyl Alcohol) Microcapsules by Phase Separation: Effect of Process Parameters on the Capsule Size Distribution.** Journal of Applied Polymer Science, [s.l.], v. 60, n. 1, p.9-20, 4 abr. 1996. Wiley-Blackwell.

BARRETO, A. R. *et al.* **Materiais de Revestimento Utilizados na Microencapsulação de Probióticos.** *Ciência e Natura*. X, p. 154-164. dez. 2015.

BARTELS, E. M. *et al.* **Efficacy and safety of ginger in osteoarthritis patients: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials.** *Osteoarthritis And Cartilage*, [s.l.], v. 23, n. 1, p.13-21, Jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2014.09.024>.

BAURLEY, S. **Interactive and experiential design in smart textile products and applications.** *Personal And Ubiquitous Computing*, [s.l.], v. 8, n. 3-4, p.274-281, 25 jun. 2004. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-004-0288-5>.

BLAU, R. H. **Composition for Treating Joint or Muscle Pain.** MEDICOMP SYSTEMS, INC. (Estados Unidos). US nº US 2007/0218149 A1, 14 mar. 2007, 20 set. 2007.

BLIDDAL, H *et al.* **A Randomized, Placebo-Controlled, Cross-Over Study Of Ginger Extracts And Ibuprofen In Osteoarthritis.** *Osteoarthritis And Cartilage*, [s.l.], v. 8, n. 1, p.9-12, Jan. 2000. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1053/joca.1999.0264>.

BULLETIN. **Ginger: Its role in xenobiotic metabolism.** *ICMR BULLETIN*. v.33, n.6, p. 57-63. 2003.

CALVO, P. *et al.* **Novel Hydrophilic Chitosan: Polyethylene Oxide Nanoparticles as Protein Carriers.** *Journal of Applied Polymer Science*. Santiago de Compostela, p. 125-132. 1997.

CAMARGO, A. M. M. P.; CASER, D. V.; CAMARGO, W. P. **Evolução e Aspectos Econômicos da Cultura do Gengibre.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44, 2004, Campo Grande, p. 351 - 356.

COLAVITTI, F. **Para que serve a sua roupa?** 2007. Galileu. Ed. 187. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT832813-1719-2,00.html>>. Acesso em: 18 maio 2017.

DEGANI, A. L. G. *et al.* **Cromatografia: Um Breve Ensaio.** *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 3, p.21-25, maio 1998.

DIREÇÃO GERAL DA SAÚDE. **Divisão de Doenças Genéticas, Crônicas e Geriátricas.** Programa Nacional Contra As Doenças Reumáticas. - Lisboa: DGS, 2004. - 92 p

ELPO, E. R. S.; NEGRELLE, R. R. B. **Zingiber officinale ROSCOE: ASPECTOS BOTÂNICOS E ECOLÓGICOS**. *Visão Acadêmica*, [s.l.], v. 5, n. 1, p.27-32, 30 jun. 2004. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v5i1.539>.

ELPO, N. G. S. Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Paraná. **Aspectos Econômicos da Cultura do Gengibre**. 2007. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/gengibre_2007_08.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2017.

EVANS, W. C. **Trease & Evans' Pharmacognosy**. 13 Ed. Bailliera Tindall, Londres. 1989, p. 216-217.

FARIAS, R. F. Um Experimento Didático em Termogravimetria: Estudo da Degradação Térmica de Amostras Comerciais de PVC e PVAc. **Principia**, Jo, v. 15, n. 666, p.117-126, dez. 2007.

FAYAD, S. J. *et al.* **Nanopartículas de Proteína Isolada de Soja em Água: Efeito da Força Iônica e das Concentrações de Proteína e Surfactante**. *Química Nova*, Florianópolis, v., n. 00, p.1-6, 27 out. 2014. Disponível em: <http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6140>. Acesso em: 15 maio 2017.

FENG, T. *et al.* Evaluation of Different Analysis Methods for the Encapsulation Efficiency of Amylose Inclusion Compound. **International Journal of Polymer Science**, [s.l.], v. 2015, p.1-8, 2015. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/645916>.

FERREIRA, A. J. S.; FERREIRA, F. B. N.; OLIVEIRA, F. R. **Têxteis Inteligentes: Uma Breve Revisão da Literatura**. Redige: *Revista de Design, Inovações e Gestão Estratégica*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p.1-22, abr. 2014.

FUNK, J. L. *et al.* **Comparative Effects of Two-Gingerol Containing Zingiber Officinale Extracts on Experimental Rheumatoid Arthritis**. *Journal of Natural Products*, [s.l.], v. 72, n. 3, p.403-407, 27 mar. 2009. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/np8006183>.

GONSALVES, A. A. *et al.* **Diferentes Estratégias para a Reticulação de Quitosana**. *Química Nova*, [s.l.], v. 34, n. 7, p.1215-1223, abr. 2011.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. **Rapid Preparations of Fatty Acid Methyl Esters From Lipids**. *Laboratory Practice*, v. 22, mar. 1973.

HAGHIGHI, A.; TAVALAEI, N.; OWLIA, M. B. **Effects of Ginger on Primary Knee Osteoarthritis**. Indian Journal of Rheumatology, [s.l.], v. 1, n. 1, p.3-7, jun. 2006. Medknow. [http://dx.doi.org/10.1016/s0973-3698\(10\)60514-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0973-3698(10)60514-6).

HO, S.; CHANG, K.; LIN, C. **Anti-Neuroinflammatory Capacity Of Fresh Ginger Is Attributed Mainly To 10-Gingerol**. Food Chemistry, [s.l.], v. 141, n. 3, p.3183-3191, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.010>.

HSIEH, W.; CHANG, C.; GAO, Y. **Controlled Release Properties of Chitosan Encapsulated Volatile Citronella Oil Microcapsules by Thermal Treatments**. Colloids And Surfaces B: Biointerfaces, [s.l.], v. 53, n. 2, p.209-214, dez. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2006.09.008>.

HU, B. *et al.* **Optimization of Fabrication Parameters to Produce Chitosan-Tripolyphosphate Nanoparticles for Delivery of Tea Catechins**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, [s.l.], v. 56, n. 16, p.7451-7458, ago. 2008. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf801111c>.

JAIN, R. **The manufacturing techniques of various drug loaded biodegradable poly (lactide-co-glycolide) (PLGA) devices**. Biomaterials, [s.l.], v. 21, n. 23, p. 2475-2490. Dez. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0142-9612\(00\)00115-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0142-9612(00)00115-0).

KAMALIROOSTA, Z.; KAMALIROOSTA, L.; ELHAMIRAD, A. H. **Isolation and Identification of Ginger Essential Oil**. Journal of Food Biosciences and Technology. Tehran, p. 73-80. Jul. 2013.

KIM, I.; KIM, E. K. **Effects of Aroma Massage on Pain, Activities of Daily Living and Fatigue in Patients with Knee Osteoarthritis**. J Muscle Joint Health, Yongundong, v. 16, n. 2, p.145-153, Nov. 2009.

LANTZ, R. C. *et al.* **The Effect of Extracts from Ginger Rhizome on Inflammatory Mediator Production**. Phytomedicine, [s.l.], v. 14, n. 2-3, p.123-128, fev. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2006.03.003>.

LEGRAND, P. *et al.* **Polymeric Nanocapsules as Drug Delivery Systems**. S.T.P. Pharma sciences, v. 9, n.5. p. 411-418, 1999.

LIU, H. *et al.* **Laundering durable antibacterial cotton fabrics grafted with pomegranate-shaped polymer wrapped in silver nanoparticle aggregations**. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.1-9, 1 ago. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/srep05920>.

LORCA, B. S. S. *et al.* **Nanoencapsulação De Óleo De Andiroba via Polimerização Em Miniemulsão**. Revista Brasileira de Ciência Política, Rio de Janeiro, v. 1, n.1, p.2-38, fev. 2009.

LULA, I. **Nanocápsulas**. 2014. Disponível em: <<http://novos-materiais.webnode.pt/nanocapsulas/>>. Acesso em: 11 maio 2017.

MAGALHÃES, M. T. *et al.* **Gengibre (*Zingiber Officinale Roscoe*) Brasileiro: aspectos gerais, óleo essencial e oleoresina. Parte 2 - secagem, óleo essencial e oleoresina**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, [s.l.], v. 17, n. 2, p.132-136, ago. 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20611997000200013>.

MAIA, N. B.; BOVI, O. A.; DUARTE, F. R. **Obtenção E Análise Do Óleo Essencial Do Gengibre: Efeito De Secagem E Processamento**. Bragantia, [s.l.], v. 50, n. 1, p.83-92, 1991. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87051991000100009>.

MANATUNGA, D. C.; SILVA, R. M.; SILVA, K. M. N. Double layer approach to create durable superhydrophobicity on cotton fabric using nano silica and auxiliary non fluorinated materials. **Applied Surface Science**, [s.l.], v. 360, p.777-788, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.11.068>.

MARTINS, A. F. *et al.* Chitosan/TPP microparticles obtained by microemulsion method applied in controlled release of heparin. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 51, n. 5, p.1127-1133, dez. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.08.032>.

MARTIN, C. A.; OLIVEIRA, C. C.; VISENTAINER, J. V.; MATSUSHITA, M.; DE SOUZA, N. E. Optimization of the Selectivity of a Cyanopropyl Stationary Phase for the Gas Chromatographic Analysis of Trans Fatty Acids. *J. Chromatogr. A*, 1194, 111, 2008.

MELO, M. O. B. C. *et al.* **Inovações Tecnológicas na Cadeia Produtiva Têxtil: Análise e Estudo de Caso em Indústria no Nordeste do Brasil**. Revista Produção: Online, Florianópolis, v. 7, n. 2, p.99-117, ago. 2007. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/75/78>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MOVASAGHI, Z.; REHMAN, S.; REHMAN, Dr. I. U. **Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy of Biological Tissues**. Applied Spectroscopy Reviews, [s.l.], v. 43, n. 2, p.134-179, fev. 2008. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/05704920701829043>.

MÜLLER, P. S. **Microencapsulação de Óleo Essencial de Laranja**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011

NAGAVARMA, B. V. N. *et al.* **Difference Techniques for Preparation of Polymeric Nanoparticles: A Review**. Academic Sciences: Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. Mysore, p. 16-23. Jun. 2012.

NELSON, G. **Application of Microencapsulation in Textiles**. International Journal of Pharmaceutics, [s.l.], v. 242, n. 1-2, p.55-62, ago. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-5173\(02\)00141-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-5173(02)00141-2).

NEVES, A. L. P. **Preparação e Caracterização de Nanopartículas de Quitosana Incorporadas com Zinco com Potencial Atividade Cicatrizante e Antimicrobiana**. 2013. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

NGWULUKA, N. **Application of In Situ Polymerization for Design and Development of Oral Drug Delivery Systems**. Aaps Pharmscitech, [s.l.], v. 11, n. 4, p.1603-1611, 11 Nov. 2010. American Association of Pharmaceutical Scientists (AAPS). <http://dx.doi.org/10.1208/s12249-010-9535-4>.

PATIL, P. *et al.* **A Review on Ionotropic Gelation Method: Novel Approach for Controlled Gastroretentive Gelspheres**. Academic Sciences: Internacional Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. p. 27-32. jun. 2012.

PFEIFFER, E. *et al.* **Microsomal Hydroxylation and Glucuronidation of [6]-Gingerol**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, [s.l.], v. 54, n. 23, p.8769-8774, nov. 2006. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf062235l>.

PIMENTEL, L. F. *et al.* **Nanotecnologia Farmacêutica Aplicada Ao Tratamento Da Malária**. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 43, n. 4, p. 503-514, 2007.

RANGEL, W. M. **Aplicações Da Nanotecnologia Na Indústria Têxtil**. In: Simpósio De Integração Científica E Tecnológica Do Sul Catarinense, 2, 2013, Araranguá. Periódicos. Araranguá: Sict-sul, 2013. p. 21 - 29.

RAO, J. P.; GECKELER, K. E. **Polymer nanoparticles: Preparation techniques and size-control parameters**. Progress in Polymer Science, [s.l.], v. 36, n. 7, p.887-913, jul. 2011. Elsevier BV.

REIS, C. P. *et al.* **Nanoencapsulation I.** Methods for preparation of drug-loaded polymeric nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, [s.l.], v. 2, n. 1, p.8-21, mar. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nano.2005.12.003>.

ROMIO, A. P. *et al.* Nanocapsules by Miniemulsion Polymerization with Biodegradable Surfactant and Hydrophobe. **Macromolecular Chemistry and Physics**, [s.l.], v. 210, n. 9, p.747-751, 6 maio 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/macp.200800593>.

SAHOO, S. K.; PARVEEN, S.; PANDA, J. J. **The Present and Future of Nanotechnology in Human Health Care.** *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, [s.l.], v. 3, n. 1, p.20-31, mar. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nano.2006.11.008>.

SALAZAR, M. J. C. **Desenvolvimento de Nanopartículas de Quitosana-Gelatina e Quitosana-Colágeno Visando a Liberação de Fármacos.** 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Orgânica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. **Ácidos graxos: Estrutura, classificação, nutrição e saúde.** *Arq. Apadec*, v. 2 n. 2, jul-dez. 1998.

SCHAFFAZICK, S. R. *et al.* **Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos.** *Química Nova*, [s.l.], v. 26, n. 5, p.726-737, out. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422003000500017>.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. *et al.* **Avaliação Da Atividade Antifúngica De Extratos De Gengibre E Eucalipto In Vitro E Em Fibras De Bananeira Infectadas Com *Helminthosporium Sp.*** *Acta Scientiarum. Agronomy*, [s.l.], v. 28, n. 1, p.123-127, 12 jan. 2006. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v28i1.1696>.

SHAH, B.; DAVIDSON, P. M.; ZHONG, Q. Antimicrobial Activity of Nanodispersed Thymol in Tryptic Soy Broth. **Journal of Food Protection**, [s.l.], v. 76, n. 3, p.440-447, mar. 2013. International Association for Food Protection. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-12-354>.

SHUKLA, Y.; SINGH, M. (2007). **Cancer Preventive Properties Of Ginger:** A brief review. *Food and Chemical Toxicology*, 45, pp. 683-690.

SINGH, G. *et al.* **Chemistry, Antioxidant and Antimicrobial Investigations on Essential Oil and Oleoresins of Zingiber Officinale.** *Food And Chemical*

Toxicology, [s.l.], v. 46, n. 10, p.3295-3302, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2008.07.017>.

SMITH, C. S.; GNODI, M. T. Tradução de Biringuccio, V. Pirotechnia. **Gravimetric Methods**. MIT Press: Cambridge, MA, 1959.

SOUSA, L. S. *et al.* **Estudo Prospectivo sobre as Propriedades Terapêuticas do Zingiber Officinale (Gengibre) com Ênfase Na Ação Antimicrobiana**. Geintec: Gestão, Inovação e Tecnologias, São Cristóvão, v. 3, n. 5, p.427-436, 2013.

SRITOOMMA, N. *et al.* **The Effectiveness of Swedish massage With Aromatic Ginger Oil in Treating Chronic Low Back Pain in Older Adults: A randomized controlled trial**. Complementary Therapies in Medicine, [s.l.], v. 22, n. 1, p.26-33, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctim.2013.11.002>.

SRIVASTAVA, K. C.; MUSTAFA, T. **Ginger (Zingiber Officinale) and Rheumatic Disorders**. Medical Hypotheses, [s.l.], v. 29, n. 1, p.25-28, maio 1989. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0306-9877\(89\)90162-x](http://dx.doi.org/10.1016/0306-9877(89)90162-x).

SUAVE, J. *et al.* **Microencapsulação: Inovação Em Diferentes Áreas**. Health and Environment Journal, v. 7, n. 2, p. 12-20, dez. 2006.

SZYMAŃSKA, E.; WINNICKA, K. Stability of Chitosan - A Challenge for Pharmaceutical and Biomedical Applications. **Marine Drugs**, [s.l.], v. 13, n. 4, p.1819-1846, 1 abr. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/md13041819>.

THERKLESON, T. **Ginger Compress Therapy for Adults with Osteoarthritis**. Journal of Advanced Nursing, [s.l.], v. 66, n. 10, p.2225-2233, 2 Jul. 2010. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05355.x>.

THERKLESON, T. **Topical Ginger Treatment with a Compress or Patch for Osteoarthritis Symptoms**. Journal of Holistic Nursing, [s.l.], v. 32, n. 3, p.173-182, set. 2014. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0898010113512182>.

UTPALENDU, J.; CHATTOPADHYAY, R. N.; PRASAD, S. B. **Preliminary studies on anti-inflammatory activity of Zingiber Officinale Roscoe, Vitex negundo Linn And Tinospora Cordifolia Miers in albino rats**. Indian Journal of Pharmacology, v. 31, n. 3, p. 232-233, 1999.

VIANNA, K. T.; GUTERRES, S. S. **Análise da Impregnação de Nanopartículas de Dióxido de Zinco e de Prata com Quitosana em um Tecido para Tratamentos de Saúde II**. Novo Hamburgo: Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, 2009.

VIEIRA, M. A. *et al.* **Efeito Anti-Inflamatório Do Gengibre E Possível Via De Sinalização.** Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, [s.l.], v. 35, n. 1, p.149-162, 22 set. 2014. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2014v35n1p149>.

VISSER, G. J.; PETERS, L.; RASKER, J. J. **Rheumatologists And Their Patients Who Seek Alternative Care: An Agreement To Disagree.** Rheumatology, [s.l.], v. 31, n. 7, p.485-490, 1992. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/rheumatology/31.7.485>.

WEISS, S. *et al.* **Global Issues in Food Science and Technology.** [s.l.] Elsevier, 2009.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Monographs on selected medicinal plants.** v. 1. Geneva, p. 277-287, 1999.

XU, R. **Progress in Nanoparticles Characterization: Sizing and Zeta Potential Measurement.** Particuology, [s.l.], v. 6, n. 2, p.112-115, abr. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.partic.2007.12.002>.

YANG, Z. *et al.* Preparation and controllable release of chitosan/vanillin microcapsules and their application to cotton fabric. **Flavour and Fragrance Journal,** [s.l.], v. 29, n. 2, p.114-120, 3 out. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ffj.3186>.

ZAKERI, Z. *et al.* **Evaluating the Effects of Ginger Extract on Knee Pain, Stiffness and Difficulty in Patients with Knee Osteoarthritis.** Journal of Medicinal Plants Research. Zahedan, p. 3375-3379. Ago. 2011.

ZARATE, R.; SUKRASNO; YEOMAN, M. M. **Application of two rapid techniques of column chromatography to separate the pungent principles of ginger, Zingiber officinale Roscoe.** Journal of Chromatography A, [s.l.], v. 609, n. 1-2, p.407-413, set. 1992. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9673\(92\)80189-2](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9673(92)80189-2).