REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

PACLITAXEL EM NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NO TRATAMENTO DO CÂNCER DE MAMA

PACLITAXEL IN POLYMERIC NANOPARTICLES: CHALLENGES AND PERSPECTIVES IN BREAST CANCER TREATMENT

PACLITAXEL EN NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS: DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS EN EL TRATAMIENTO DEL CÁNCER DE MAMA

Kamilla Rhaila de Oliveira Santos[1], Geane Alves de Sousa[2], Maria Amélia Albergaria Estrela[3]

e6116952
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i11.6952

PUBLICADO: 11/2025

RESUMO

O câncer de mama é a neoplasia maligna mais prevalente entre mulheres, e o Paclitaxel (PTX) destaca-se como um dos fármacos mais eficazes no seu tratamento. Entretanto, sua baixa solubilidade e elevada toxicidade limitam o uso clínico, demandando o desenvolvimento de sistemas de liberação mais seguros e direcionados. Este trabalho tem como objetivo analisar os avanços no uso de nanopartículas poliméricas para a liberação controlada do PTX no tratamento do câncer de mama. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão narrativa nas bases PubMed, Scopus, ScienceDirect e Google Acadêmico, abrangendo o período de 2010 a 2025. Os estudos revisados evidenciaram que nanopartículas à base de PLGA, PEG e quitosana promovem maior estabilidade, melhor biodisponibilidade e redução da toxicidade sistêmica, além de potencializarem o direcionamento tumoral. As formulações como o nab-Paclitaxel já demonstram eficácia clínica superior e perfil de segurança aprimorado. Conclui-se que as nanopartículas poliméricas representam uma estratégia promissora para otimizar a terapia com Paclitaxel, contribuindo para tratamentos mais eficazes e menos tóxicos, embora desafios técnicos e regulatórios ainda precisem ser superados.

PALAVRAS-CHAVE: Paclitaxel. Nanopartículas poliméricas. Câncer de mama.

ABSTRACT

Breast cancer is the most prevalent malignant neoplasm among women, and Paclitaxel (PTX) stands out as one of the most effective drugs for its treatment. However, its low solubility and high toxicity limit clinical use, requiring the development of safer and more targeted delivery systems. This study aims to analyze advances in the use of polymeric nanoparticles for controlled PTX release in breast cancer treatment. The research was conducted through a narrative review of the PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar databases, covering the period from 2010 to 2025. The reviewed studies showed that PLGA-, PEG-, and chitosan-based nanoparticles provide greater stability, improved bioavailability, and reduced systemic toxicity, while enhancing tumor targeting. Formulations such as nab-Paclitaxel have already demonstrated superior clinical efficacy and improved safety profiles. It is concluded that polymeric nanoparticles represent a promising strategy to optimize Paclitaxel therapy, contributing to more effective and less toxic treatments, although technical and regulatory challenges still need to be overcome.

KEYWORDS: *Paclitaxel. Polymeric nanoparticles. Breast cancer.*

[1] Farmacêutica pelo Centro Universitário do Planalto Central Apparecido dos Santos (UNICEPLAC).
[2] Acadêmica do 8º período do curso de Farmácia pelo Centro Universitário do Planalto Central Apparecido dos Santos (UNICEPLAC).
[3] Doutora e mestre em Química Analítica pela Universidade de Brasília (UnB), com especialização em Vigilância Sanitária pela PUC Goiás. Professora do ensino superior desde 2004 no Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – UNICEPLAC.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

RESUMEN
El cáncer de mama es la neoplasia maligna más prevalente entre las mujeres, y el Paclitaxel (PTX) se destaca como uno de los fármacos más eficaces en su tratamiento. Sin embargo, su baja solubilidad y elevada toxicidad limitan su uso clínico, lo que exige el desarrollo de sistemas de liberación más seguros y dirigidos. Este trabajo tiene como objetivo analizar los avances en el uso de nanopartículas poliméricas para la liberación controlada de PTX en el tratamiento del cáncer de mama. La investigación se realizó mediante una revisión narrativa en las bases de datos PubMed, Scopus, ScienceDirect y Google Académico, abarcando el período de 2010 a 2025. Los estudios revisados evidenciaron que las nanopartículas basadas en PLGA, PEG y quitosana proporcionan mayor estabilidad, mejor biodisponibilidad y reducción de la toxicidad sistémica, además de potenciar la orientación tumoral. Formulaciones como el nab-Paclitaxel ya han demostrado una eficacia clínica superior y un perfil de seguridad mejorado. Se concluye que las nanopartículas poliméricas representan una estrategia prometedora para optimizar la terapia con Paclitaxel, contribuyendo a tratamientos más eficaces y menos tóxicos, aunque aún deben superarse desafíos técnicos y regulatorios.

PALABRAS CLAVE*: Paclitaxel. Nanopartículas poliméricas. Cáncer de mama.*

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2024), o câncer de mama representa a neoplasia maligna de maior incidência entre mulheres em todo o mundo, configurando-se como um grave problema de saúde pública. O câncer de mama caracteriza-se pelo crescimento desordenado de células mamárias, cuja etiologia ainda não está completamente elucidada, embora diversos fatores de risco — modificáveis e não modificáveis — estejam associados à sua ocorrência. Na maioria das vezes, o diagnóstico é realizado por meio de exames de rotina, sendo o aparecimento de um nódulo mamário o sinal clínico mais comum. Globalmente, estima-se que o câncer de mama afete cerca de dois milhões de mulheres e seja responsável por mais de 620 mil mortes anuais, o que evidencia a necessidade de terapias eficazes e seguras (Abu Samaan *et al.,* 2019).

Entre os fármacos empregados no tratamento oncológico, o Paclitaxel (PTX) destaca-se como um dos agentes antineoplásicos mais utilizados. Pertencente à classe dos taxanos, o PTX foi aprovado pela Food and Drug Administration (FDA) em 1994 para o tratamento do câncer de mama e de outros tumores sólidos. Seu mecanismo de ação baseia-se na estabilização dos microtúbulos e na inibição de sua despolimerização, bloqueando a mitose e induzindo apoptose em células tumorais. Os taxanos e as antraciclinas constituem a primeira linha de quimioterapia tanto para casos metastáticos quanto para estágios iniciais da doença, devido à sua comprovada eficácia terapêutica (Gallego-Jara *et al.,* 2020).

Apesar dos benefícios clínicos, o uso do PTX apresenta limitações significativas. Sua baixa solubilidade em água exige o uso de veículos tóxicos, como o Cremophor™ EL (óleo de rícino polioxietilado) e o etanol desidratado, associados a reações de hipersensibilidade que demandam pré-medicação com corticosteroides e anti-histamínicos.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Além disso, o tratamento convencional com PTX pode causar neuropatia periférica, toxicidades sistêmicas e prolongar o tempo de infusão, comprometendo a qualidade de vida e a adesão terapêutica dos pacientes. Essas limitações motivaram o desenvolvimento de estratégias nanotecnológicas capazes de otimizar a entrega do fármaco ao tecido tumoral e minimizar reações adversas sistêmicas (Eloy *et al.,* 2016).

Nesse contexto, a nanotecnologia farmacêutica tem se consolidado como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de sistemas de liberação controlada do Paclitaxel. O uso de nanocarreadores — como nanopartículas poliméricas e micelas — visa aprimorar a farmacocinética e a farmacodinâmica do fármaco, permitindo maior direcionamento às células tumorais, redução da toxicidade sistêmica e aumento da eficácia terapêutica. Entre as formulações inovadoras, o nab-Paclitaxel (Paclitaxel ligado à albumina) destaca-se por eliminar o uso de solventes tóxicos e apresentar melhor perfil de segurança e eficácia (Wang *et al.,* 2017).

A relevância científica deste estudo fundamenta-se na necessidade de aperfeiçoar os sistemas de entrega do PTX, explorando estratégias capazes de aumentar sua seletividade tumoral, reduzir efeitos adversos e superar mecanismos de resistência celular. Nesse cenário, as nanopartículas poliméricas funcionalizadas com ligantes específicos representam uma abordagem inovadora e promissora para o direcionamento ativo do fármaco (Gallego-Jara *et al.,* 2020).

Diante do exposto, formula-se o seguinte problema de pesquisa: como o desenvolvimento de novas plataformas de liberação do Paclitaxel, baseadas em nanopartículas poliméricas, pode superar os desafios relacionados à toxicidade, resistência tumoral e especificidade no tratamento do câncer de mama?

Parte-se da hipótese de que a encapsulação do Paclitaxel em nanopartículas poliméricas funcionalizadas com ligantes específicos para receptores superexpressos em células de câncer de mama representa uma estratégia superior às formulações convencionais, promovendo maior eficácia terapêutica, redução da toxicidade sistêmica e eliminação da necessidade de veículos como o Cremophor™.

Assim, o objetivo geral deste estudo é analisar, por meio de uma revisão narrativa, os avanços no desenvolvimento de sistemas nanoparticulados para a liberação controlada do Paclitaxel no tratamento do câncer de mama. Especificamente, busca-se revisar a literatura científica sobre os mecanismos de ação e as limitações do Paclitaxel convencional, identificar os principais tipos de nanocarreadores aplicados a esse fármaco, discutir os benefícios clínicos e farmacológicos das formulações nanoparticuladas e destacar o potencial das nanopartículas poliméricas no direcionamento ativo e na redução da toxicidade do tratamento.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento de sistemas de liberação controlada de fármacos baseados em nanotecnologia tem se mostrado uma das áreas mais promissoras da pesquisa farmacêutica

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

moderna. Essa abordagem busca aprimorar as propriedades físico-químicas dos medicamentos, aumentando sua estabilidade, biodisponibilidade e seletividade, além de reduzir os efeitos adversos associados às terapias convencionais.

No caso do Paclitaxel (PTX), amplamente utilizado no tratamento do câncer de mama, as limitações relacionadas à baixa solubilidade e à elevada toxicidade impulsionaram o avanço de estudos voltados ao uso de nanopartículas poliméricas como sistemas carreadores. Esses nanocarreadores apresentam a capacidade de proteger o fármaco da degradação, controlar sua liberação e direcioná-lo de forma mais precisa ao tecido tumoral, aumentando a eficácia terapêutica.

As nanopartículas poliméricas podem ser formuladas a partir de polímeros biocompatíveis e biodegradáveis, como o PLGA (poliácido lático-co-glicólico), o PEG (polietilenoglicol) e a quitosana, materiais amplamente empregados por suas propriedades seguras e versatilidade na encapsulação de fármacos. O uso dessas matrizes poliméricas favorece a liberação prolongada do Paclitaxel, reduzindo a frequência de administração e a toxicidade sistêmica.

Além das características estruturais, a funcionalização das nanopartículas com ligantes específicos tem se mostrado um diferencial importante. Essa modificação permite o direcionamento ativo das partículas a células tumorais que expressam determinados receptores, contribuindo para um tratamento mais eficaz e seletivo.

Assim, o referencial teórico que sustenta esta pesquisa está baseado nos princípios da nanotecnologia farmacêutica, na engenharia de sistemas de liberação controlada e na aplicação clínica das nanopartículas poliméricas como alternativa inovadora para otimizar o uso do Paclitaxel. Essa fundamentação possibilita compreender o embasamento científico e técnico dos procedimentos adotados, bem como os avanços e desafios presentes na consolidação dessa tecnologia no tratamento do câncer de mama.

2. MÉTODOS

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica narrativa, realizada por meio de buscas nas bases de dados PubMed, Scopus, ScienceDirect e Google Acadêmico, abrangendo o período de 2010 a 2025.

Foram utilizados os descritores “Paclitaxel”, “nanopartículas poliméricas”, *“drug delivery systems”* e *“controlled release”*, em português e inglês, combinados por meio dos operadores booleanos “*AND”* e *“OR”.*

Foram incluídos artigos originais e de revisão que abordassem a formulação de Paclitaxel em nanopartículas poliméricas aplicadas ao tratamento do câncer de mama, publicados no período delimitado e disponíveis em texto completo. Foram excluídos estudos que tratassem exclusivamente de formulações lipossomais ou de conjugados não poliméricos.

A seleção dos artigos ocorreu em três etapas: exclusão de duplicatas, triagem por títulos e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

resumos e análise qualitativa do conteúdo integral. As informações extraídas foram organizadas e discutidas de forma descritiva, visando sintetizar os avanços, limitações e perspectivas no desenvolvimento de sistemas de liberação controlada de Paclitaxel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, ScienceDirect e Google Acadêmico, entre os anos de 2010 e 2025, resultou em um total de 21 publicações. Após a exclusão de duplicatas e a triagem por títulos e resumos, 11 artigos atenderam aos critérios de inclusão previamente definidos. Os estudos selecionados foram majoritariamente revisões e pesquisas experimentais pré-clínicas, seguidos de ensaios clínicos de fase II e III, que avaliaram a eficácia e segurança de formulações nanotecnológicas do Paclitaxel (PTX) no tratamento do câncer de mama.

Dentre as publicações incluídas, observou-se predominância de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de nanopartículas poliméricas — especialmente à base de PLGA (poliácido láctico-co-glicólico), PEG (polietilenoglicol) e quitosana —, bem como de formulações lipídicas e sistemas baseados em albumina, como o nab-Paclitaxel (Abraxane®). A análise foi organizada em cinco eixos temáticos: (1) aspectos gerais e mecanismos de ação do PTX; (2) limitações das formulações convencionais; (3) avanços nanotecnológicos; (4) evidências pré-clínicas e clínicas; e (5) perspectivas futuras para a aplicação farmacêutica e clínica.

3.1. Mecanismo de ação e relevância terapêutica do Paclitaxel

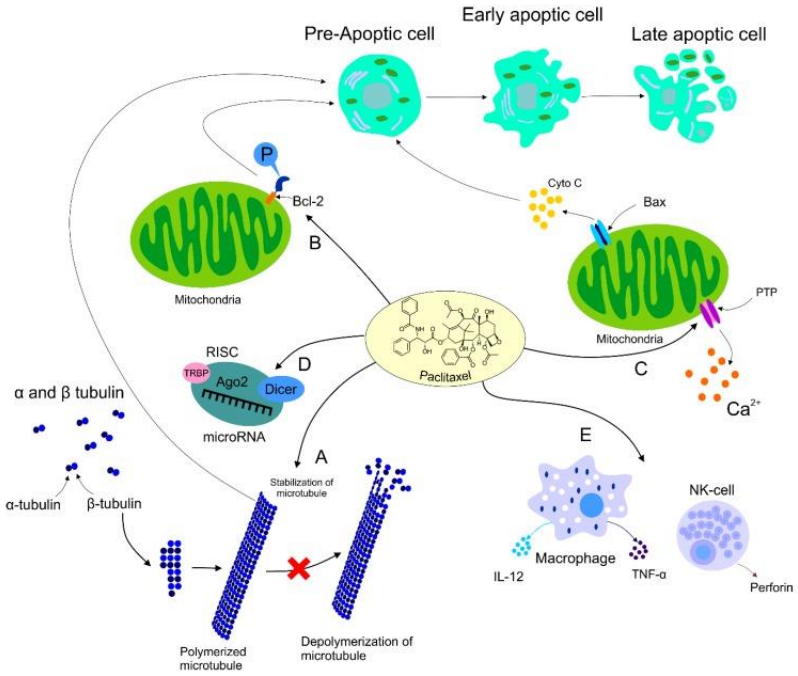
O câncer de mama (CM) destaca-se como a neoplasia maligna mais frequentemente diagnosticada em mulheres e uma das principais causas de mortalidade feminina. A gravidade da doença está intimamente relacionada à ocorrência de metástases, responsáveis por aproximadamente 70% das mortes associadas ao câncer de mama.

O tratamento do CM é definido de acordo com o perfil molecular do tumor, baseado na expressão dos receptores de estrogênio (RE), progesterona (RP) e HER2. Assim, tumores RE-positivos respondem melhor à terapia hormonal, enquanto os HER2-positivos se beneficiam da imunoterapia com trastuzumabe (Herceptin®). Já o câncer de mama triplo-negativo (TNBC) — caracterizado pela ausência dos três receptores — apresenta comportamento mais agressivo e baixa resposta terapêutica, sendo tratado principalmente com quimioterapia citotóxica (Eloy *et al.,* 2016; Abu Samaan *et al.,* 2019).

O Paclitaxel (PTX), pertencente à classe dos taxanos, é um dos principais agentes quimioterápicos utilizados no tratamento de tumores sólidos, incluindo o câncer de mama. Seu mecanismo de ação, mostrado na Figura 1, baseia-se na promoção da polimerização e estabilização dos microtúbulos, impedindo sua despolimerização durante a mitose. Essa interferência bloqueia o ciclo celular na transição G_2/M e induz apoptose em células tumorais.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Mecanismo de ação do Paclitaxel (PTX)



Fonte: Abu Samaan (2019)
O PTX estabiliza os microtúbulos, bloqueando a mitose (A); ativa a resposta imune antitumoral (B); fosforila a proteína Bcl-2, induzindo apoptose (C); e regula microRNAs e o sinal de cálcio mitocondrial (D).

Além de sua ação citotóxica direta, o PTX apresenta efeitos imunomoduladores e influencia a expressão de miRNAs envolvidos na progressão tumoral. Esses mecanismos contribuem para o amplo espectro de sua atividade antineoplásica (Choi *et al.,* 2024; Abu Samaan *et al.,* 2019).

3.2. Limitações das formulações convencionais de Paclitaxel

Apesar da comprovada eficácia, as formulações convencionais de Paclitaxel, como o Taxol®, apresentam importantes limitações farmacológicas e clínicas. O PTX é um fármaco altamente lipofílico e de baixa solubilidade aquosa, o que exige o uso de solventes como Cremophor EL® (óleo de rícino polioxilado) e etanol desidratado. Esses excipientes estão associados a reações de hipersensibilidade mediadas por histamina, além de neuropatia periférica e outras toxicidades sistêmicas.

Em resposta a essas limitações, foi desenvolvido o nab-Paclitaxel (Abraxane®), uma formulação livre de solventes na qual o fármaco é ligado à albumina humana formando nanopartículas de aproximadamente 130 nm. Essa abordagem aproveita os receptores gp60 e SPARC para facilitar o transporte e a liberação direcionada no tecido tumoral (Eloy *et al.,* 2016;

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Abu Samaan *et al.,* 2019). O Abraxane® demonstrou maior eficácia clínica e redução de eventos adversos, substituindo progressivamente o Taxol® como padrão terapêutico.

Ainda assim, desafios persistem. O desenvolvimento de quimiorresistência, principalmente pela superexpressão da P-glicoproteína (ABCB1), continua limitando a eficácia do tratamento e motivando o avanço de estratégias baseadas em nanotecnologia (Choi *et al.,* 2024).

3.3. Avanços nanotecnológicos no encapsulamento do Paclitaxel

A nanotecnologia farmacêutica oferece soluções inovadoras para otimizar a biodisponibilidade, seletividade tumoral e perfil de segurança do Paclitaxel. Sistemas nanoestruturados, como lipossomas, micelas poliméricas e nanopartículas poliméricas, permitem maior tempo de circulação plasmática e acúmulo passivo em tecidos tumorais por meio do efeito de permeabilidade e retenção aumentadas (EPR).

Entre os polímeros mais utilizados destacam-se o polietilenoglicol (PEG), o poli (ácido láctico-co-glicólico) (PLGA) e a quitosana. O PEG é amplamente empregado na PEGilação, processo que modifica a superfície das nanopartículas, mascarando-as da fagocitose e prolongando o tempo de circulação (Eloy *et al.,* 2016). Já as nanopartículas à base de PLGA, frequentemente conjugadas ao PEG, apresentam liberação controlada e melhor estabilidade do fármaco (Abu Samaan *et al.,* 2019).

Esses avanços resultam em redução da toxicidade, maior biodisponibilidade e potencial terapêutico ampliado, reforçando o papel das nanopartículas poliméricas como plataformas promissoras no tratamento do câncer de mama (Eloy *et al.,* 2016; Choi *et al.,* 2024; Amalia *et al.,* 2023).

3.4. Evidências pré-clínicas e clínicas das formulações nanotecnológicas

Os estudos analisados apontam resultados consistentes e promissores para o uso de sistemas nanoestruturados de PTX. Em modelos pré-clínicos, a coencapsulação de Paclitaxel e rapamicina (RAP) em lipossomas PEGilados mostrou sinergismo terapêutico (índice de combinação CI < 1) em células de câncer de mama triplo-negativo (4T1). Imunolipossomas funcionalizados com trastuzumabe também apresentaram alta seletividade e melhor resposta tumoral em linhagens HER2-positivas (SKBR3) (Eloy *et al.,* 2016).

Em estudos in vivo, lipossomas contendo PTX e RAP reduziram significativamente o crescimento tumoral em modelos 4T1 e SKBR3. No grupo HER2-positivo, o imunolipossoma coencapsulando PTX/RAP reduziu o volume tumoral para 25% da média do controle, evidenciando o efeito do direcionamento ativo mediado por receptor (Eloy *et al.,* 2016).

Do ponto de vista clínico, o nab-PTX (Abraxane®) é um exemplo consolidado de sucesso nanotecnológico, aprovado para o tratamento do câncer de mama metastático e demonstrando maior eficácia e segurança que o PTX convencional (Amalia *et al.,* 2023).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A combinação de PTX e trastuzumabe também mostrou taxas elevadas de sobrevida livre de doença (98,7%) e sobrevida livre de recorrência em três anos (99,2%) (Abu Samaan *et al.,* 2019).

Esses achados indicam que a coentrega de fármacos e o direcionamento ativo são abordagens sinérgicas que potencializam o efeito antitumoral, mantendo estabilidade e baixo perfil de toxicidade.

4. DISCUSSÃO INTEGRATIVA E PERSPECTIVAS FUTURAS

De forma geral, os estudos analisados confirmam que o Paclitaxel continua sendo um dos pilares terapêuticos no tratamento do câncer de mama, especialmente nas formas avançadas. No entanto, suas limitações — baixa solubilidade, toxicidade sistêmica e resistência tumoral — impulsionaram o desenvolvimento de novas plataformas nanotecnológicas, como o nab-PTX, lipossomas e nanopartículas poliméricas.

Os imunolipossomas funcionalizados com trastuzumabe representam uma das estratégias mais promissoras, unindo o efeito EPR ao direcionamento ativo, o que resulta em maior seletividade, melhor controle tumoral e menor toxicidade aguda em modelos experimentais. Apesar dos avanços, lacunas persistem, como a baixa eficiência de encapsulação de fármacos hidrofílicos, custos de produção elevados e barreiras regulatórias que limitam a aplicação clínica em larga escala (Choi *et al.,* 2024; Abu Samaan *et al.,* 2019).

5. CONSIDERAÇÕES

A literatura evidencia que as formulações nanotecnológicas do Paclitaxel — especialmente as baseadas em nanopartículas poliméricas e lipídicas — representam um avanço significativo no tratamento do câncer de mama. Essas plataformas proporcionam maior eficácia terapêutica, redução da toxicidade sistêmica e melhor direcionamento tumoral. Contudo, a viabilidade industrial e econômica, bem como a padronização regulatória, permanecem desafios centrais. O futuro dessa linha de pesquisa depende da integração entre inovação tecnológica, segurança clínica e sustentabilidade produtiva.

REFERÊNCIAS

ABOUZEID, Heidi A. *et al.* Paclitaxel resistance in breast cancer: current challenges and recent advanced therapeutic strategies. **Cancer Drug Resistance**, v. 8, n. 1, p. 1-22, 2025. DOI:10.1016/j.ctarc.2025.100918

ABU SAMAAN, Tala M. *et al.* Efeitos mecanísticos e clínicos do Paclitaxel no câncer de mama. **Biomolecules**, v. 9, n. 12, p. 789, 2019. DOI: 10.3390/biom9120789

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ALQAHTANI, Fulwah Y. et al. Drug substance profiling, excipients and related methodology. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 27, n. 1, p. 1-16, 2019. DOI:10.1016/bs.podrm.2018.11.001

AMALIA, S. *et al.* Paclitaxel: a drug successfully developed from natural sources as breast cancer therapy. **Journal of Pharmacology and Therapeutics**, v. 14, n. 3, p. 45-53, 2023. Disponível em: https://www.primescholars.com/articles/Paclitaxela-drug-successfully-developed-from-natural-sources-as-breast-cancer-therapy.pdf. Acesso em: 9 out. 2025.

CHOI, Yoonjeong et al. Novel insights into the role of Paclitaxel in tumor-associated macrophages enhancing PD-1 blockade in breast cancer treatment. **Cell Reports Medicine**, v. 5, n. 8, p. 100984, 2024. DOI:10.1136/jitc-2024-008864

ELOY, Joyce O. *et al.* **Lipossomas e imunolipossomas contendo fármacos antitumorais**: desenvolvimento, caracterização e avaliação da eficácia contra o câncer de mama. 2016. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60137/tde03102016153049/publico/Tese_CORRIGIDA_Completa.pdf. Acesso em: 9 out. 2025.

GALLEGO-JARA, Júlia et al. A comprehensive review on Taxol®: history and future challenges. **Molecules**, v. 25, n. 24, p. 5986, 2020. DOI:10.3390/molecules25245986

MANSO, Vitória Abdala et al. Avaliação do uso de nanotecnologia na quimioterapia neoadjuvante para o câncer de mama: uma revisão de evidências e classificação GRADE. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 7, n. 3, p. 31290-31308, 2024. DOI:10.34119/bjhrv7n9-046

ROSKOSKI JR, Robert et al. Targeted and cytotoxic inhibitors used in the treatment of breast cancer. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 256, p. 108617, 2024. DOI: 10.1016/j.phrs.2024.107534

WANG, Feihu et al. Pre-clinical development of drug delivery systems for cancer chemotherapy based on Paclitaxel. **Acta Pharmaceutica Sinica B**, v. 7, n. 5, p. 439-458, 2017. DOI: 10.1016/j.jconrel.2017.09.026

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.