



Eixo temático: Biotecnologia e Inovação em Saúde.

IMUNOTERAPIA COM CÉLULAS CAR-T NO TRATAMENTO HEMATO-ONCOLÓGICO: UMA ABORDAGEM PROMISSORA.

Júlia Azevedo Barbosa¹ e Kátia Cilene da Silva Felix².

INTRODUÇÃO

O câncer é um conjunto de doenças caracterizado pela proliferação descontrolada de células anormais, resultante de mutações genéticas que afetam genes reguladores do ciclo celular. Essas células neoplásicas podem invadir tecidos adjacentes e metastatizar para órgãos distantes, comprometendo a homeostase. Trata-se do principal problema de saúde pública no mundo, estando entre as quatro principais causas de morte prematura na maioria dos países (INCA, 2019).

As neoplasias hematológicas correspondem a 25% dos cânceres e representam o crescimento acelerado de tecidos sanguíneos (SOUZA *et al.*, 2018; TEXEIRA *et al.*, 2024). Atualmente, o tratamento envolve a junção de diferentes abordagens como, cirúrgica, radioterapia e quimioterapia, que visa a redução do número de células neoplásicas no organismo.

Diante desse cenário, busca-se terapias capazes de reduzir morbidades e oferecer intervenções individualizadas. Nesse contexto, destaca-se a terapia com células CAR-T, que modifica geneticamente linfócitos T autólogos para expressar receptores quiméricos de antígenos (CARs). Esses receptores conferem aos linfócitos T a capacidade de reconhecer alvos tumorais específicos independentemente da apresentação antigênica pelo MHC, superando as limitações da imunidade adaptativa tradicional (YU *et al.*, 2019). Estruturalmente, possuem um domínio extracelular de reconhecimento, uma região transmembranar e uma porção intracelular de sinalização, que induz ativação, expansão celular e uma forte resposta citotóxica contra

¹ Graduanda em Farmácia do Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS) - julia.barbosaaazedoo@gmail.com

² Bióloga, Doutora em Fitopatologia, Docente do Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS) - katia.felix@unirios.edu.br.



células malignas (PEREIRA *et al.*, 2019).

A terapia com células CAR-T emerge como uma estratégia inovadora no enfrentamento das neoplasias hematológicas. Essa tecnologia possibilita alternativas terapêuticas mais eficazes que as abordagens tradicionais, trazendo perspectivas de maior personalização, menor invasividade e melhores prognósticos. Assim, é fundamental explorar seus aspectos genéticos e funcionais, bem como analisar a viabilidade da sua aplicação em tratamentos oncológicos no cenário de saúde atual.

OBJETIVO

O presente trabalho objetiva investigar os processos de modificação molecular das células CAR-T e sua aplicação no tratamento de neoplasias hematológicas, como leucemias e linfomas. Pretende-se compreender o potencial dessa técnica como alternativa aos tratamentos oncológicos convencionais, por meio de uma revisão narrativa da literatura.

METODOLOGIA

A presente pesquisa se trata de uma revisão bibliográfica de caráter exploratório. As buscas foram realizadas nas bases de dados SciELO, PubMed e Google Scholar, utilizando como palavras chave: “terapias CAR com células T”; “neoplasias hematológicas” e “imunoterapia oncológica”. O recorte temporal adotado foi dos anos de 2018 a 2025, com o intuito de selecionar estudos atualizados e alinhados com os avanços mais recentes sobre o tema. Ao todo, vinte e cinco artigos científicos foram cuidadosamente analisados, porém apenas dezesseis foram selecionados com base nos seguintes critérios, tais como: relevância para o tema, publicação em periódicos com revisão científica, disponíveis na íntegra, com descrição de dados sobre a aplicação clínica e os processos moleculares envolvidos nas terapias CAR-T. Os estudos selecionados foram examinados qualitativamente, permitindo a identificação de avanços e a reunião estruturada das informações disponíveis para a organização e aprofundamento do saber científico sobre o tema.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A abordagem terapêutica das células CAR-T consiste na modificação genética de linfócitos T para que expressem receptores quiméricos de antígenos (CARs). Esse receptor combina um domínio intracelular típico dos linfócitos com um biomarcador encontrado exclusivamente nas células tumorais (PETRAMALE *et al.*, 2019).

O processo geral de produção dessas células, envolve o método de coleta de população celular do sangue por leucaférese, de forma autóloga, na qual os leucócitos são separados e os demais hemocomponentes são devolvidos à circulação. Posteriormente, as células T dispostas no meio são segregadas e passam por um processo de ativação, no qual são incubadas com um vetor viral que codifica o CAR (RAMOS *et al.*, 2024). Esse vetor viral é utilizado para inserir informações genéticas nos linfócitos e são mais eficazes do que os plasmídeos por possuírem uma habilidade especializada em infectar células. Usualmente, essa transferência é realizada por adenovírus, retrovírus ou lentivírus, sendo os retrovírus considerados menos arriscados (TEIXEIRA *et al.*, 2024).

Subsequentemente, essas células são cultivadas e multiplicadas em laboratório, seguindo todos os métodos de biossegurança necessários. Por fim, são criopreservadas e transportadas para serem injetadas no paciente.

Os resultados iniciais dessa terapia indicam benefícios significativos para o paciente, revelando um potencial considerável para alcançar êxito clínico. Desde 2010, quando os primeiros casos de leucemia linfoblástica crônica alcançaram remissão completa em ensaios clínicos pioneiros na Universidade da Pensilvânia, essa abordagem evoluiu consideravelmente. Em 2012, a aplicação bem-sucedida em uma criança com leucemia terminal reforçou seu potencial terapêutico, culminando, em 2017, na aprovação pela Food and Drug Administration (FDA) da terapia Kymriah, a primeira aprovada para casos de leucemia e linfoma recidivo ou refratário, seguido pela aprovação da Yescarta (SILVA *et al.*, 2025; U.S. Food and Drug Administration, 2025). No Brasil, o primeiro uso experimental ocorreu em 2019, possibilitando remissão em pacientes que já não apresentavam opções terapêuticas viáveis. Esse avanço foi consolidado em 2022, com a criação de centros especializados no Instituto Butantan, Universidade de São Paulo e Hemocentro de Ribeirão Preto, ampliando o acesso à terapia em território nacional (SILVA *et al.*, 2025).



Ademais, assegurar a conformidade regulatória é fundamental para o sucesso desse tratamento. A ausência de normalização global em aspectos como fabricação, rastreabilidade, controle de qualidade e transporte de materiais impõe barreiras à condução de ensaios clínicos em escala internacional. Os desenvolvedores devem estar aptos a atuar em um cenário regulatório heterogêneo, que abrange diretrizes distintas relacionadas à triagem de doadores, rotulagem, confidencialidade e utilização de reagentes (RAMOS *et al.*, 2024).

Além das questões regulatórias, a viabilidade econômica da terapia CAR-T ainda limita seu acesso, com custos que podem ultrapassar US\$ 475.000 por infusão e chegar a quase US\$ 1 milhão por paciente, considerando o tratamento completo com terapias como Kymriah e Yescarta (LIN *et al.*, 2021). Nesse contexto, a terapia Kymriah é indicada para leucemia linfoblástica aguda de células B em crianças e adultos jovens e para linfoma folicular recidivado ou refratário em adultos, utilizando lentivírus (U.S. Food and Drug Administration, 2017). Já a Yescarta trata linfomas não-Hodgkin em adultos, especialmente linfoma de grandes células B, utilizando retrovírus (U.S. Food and Drug Administration, 2025). O ciclo de produção, com cerca de duas semanas, também pode reduzir a eficácia em neoplasias altamente proliferativas devido ao risco de progressão da doença (LIN *et al.*, 2021).

No Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) desembolsa, em média, R\$ 3 bilhões anuais nos tratamentos oncológicos, incluindo quimioterapias, radioterapias, cirurgias, internações e outras despesas hospitalares (SÃO PAULO, 2023). Em junho de 2022, foram inaugurados o Núcleo de Terapia Avançada (Nutera), em Ribeirão Preto, e o Núcleo de Terapia Celular (Nucel), em São Paulo, ambos com capacidade para atender cerca de 300 pacientes por ano e contribuir para a redução dos custos terapêuticos, uma vez que todo o tratamento pode ser realizado nesses núcleos e disponibilizado pelo SUS, otimizando seu elevado custo (SÃO PAULO, 2022).

Frente a essa realidade promissora, o Ministério da Saúde investiu em 2024, R\$ 100 milhões para o desenvolvimento de projetos para uso de células CAR-T no tratamento do câncer no Brasil, em parceria com a Fundação Hemocentro de Ribeirão Preto, o Instituto Butantan e a Universidade de São Paulo, estipulando um prazo para execução de 34 meses (BRASIL, 2024). A nacionalização da produção, dos insumos e da mão de obra tende a reduzir consideravelmente os custos de fabricação das células CAR-T. Atualmente, a produção custa cerca de R\$ 2,5 milhões por tratamento; no entanto, estudos de viabilidade econômica estimam que o valor



poderá cair para aproximadamente R\$ 200 mil no sistema público de saúde (SÃO PAULO, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terapia com células CAR-T apresenta expressivo potencial terapêutico para o tratamento de neoplasias hematológicas, com eficácia comprovada em diferentes estudos clínicos. Contudo, sua plena incorporação na prática clínica depende de avanços na uniformização regulatória e na superação de barreiras econômicas, especialmente se tratando dos altos custos de produção. No Brasil, iniciativas como a criação de núcleos especializados e o aumento dos investimentos públicos sinalizam um cenário promissor para sua implementação no Sistema Único de Saúde.

PALAVRAS-CHAVE

Neoplasias hematológicas 1. Terapias CAR com Células T 2. Imunoterapia 3.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Simone Aparecida de; MELO, Anna Luisa Moreira; CARVALHO, Luiza Storch; CONSTANCE, Marcella Mota; ASSUNÇÃO, Marcelo Augusto Araújo. Imunoterapia com células CAR-T como nova perspectiva de tratamento da leucemia linfoblástica aguda recidivada/refratária. **Revista Médica de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 31, e31209, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5935/2238-3182.20210052>. Disponível em < <https://www.rmmg.org/artigo/detalhes/31209> >. Acesso em: 2 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da saúde. **Saúde firma convênio para desenvolver tratamentos para câncer com célula CAR T**. Agência Saúde. Atualizado em: 26 mar. 2024. Disponível em: < <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2024/marco/saude-firma-convenio-para-desenvolver-tratamentos-para-cancer-com-celula-car-t> > Acesso em: 5 set. 2025.

DA COSTA PEREIRA, Viviane; DE OLIVEIRA, Patrícia Aparecida Ferreira. Definição das terapias celulares com receptores de antígenos quiméricos (CAR), receptores de células t (TCR) e linfócitos infiltrantes de tumor (TIL). Perspectivas futuras para a cura do cancer. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 2, p. 1105-1124, 2019.



INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA.

Estimativa 2020 - Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2019. Disponível em < <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil.pdf> >

LIN, Haolong; CHENG, Jiali; MU, Wei; ZHOU, Jianfeng; ZHU, Li. Advances in Universal CAR-T Cell Therapy. **Frontiers in Immunology**, v.12, 6 out. 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2021.744823/full>>. Acesso em: 28 ago. 2025.

Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, [S. l.], v. 5, n. 1, p. e516012, 2024. DOI <10.47820/recima21.v5i1.6012. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/6012> >. Acesso em: 2 ago. 2025.

PETRAMALE, Clarice; GADELHA, Maria Inez Pordeus; REIS, Luiz Fernando Lima. **Nota informativa sobre terapias com células CAR-T: uma revisão sobre esta tecnologia**. Programa de Apoio ao Desenvolvimento Institucional do Sistema Único de Saúde, São Paulo, 18 dez. 2019. Disponível em < https://www.tjpi.jus.br/portaltjpi/wp-content/uploads/2020/02/PTC_CelulasCAR_T_v3_Final_17.02.20.pdf >. Acesso em: 24 ago. 2025.

RAMOS, Ricardo Leandro Batista; MELO, Danilo Monteiro de; MELO, André Luiz de; MELO, Luiz Augusto de; MELO, Adriana de. Boas práticas de fabricação de células CAR-T: uma revisão abrangente para a imunoterapia do câncer. **Revista Faculdades do Saber**, v. 9, n. 20, 2024. São Paulo, 04 jan. 2024. Disponível em < <https://rfs.emnuvens.com.br/rfs/article/view/255> >. Acesso em: 25 ago. 2025.

SÃO PAULO, Instituto Butantan. **Câncer custa R\$ 3 bi por ano ao SUS; CAR-T pode poupar recursos e melhorar a qualidade de vida de pacientes**. Portal do Butantan, 2023. Disponível em < <https://butantan.gov.br/noticias/cancer-custa-r-3-bi-por-ano-ao-sus--car-t-pode-poupar-recursos-e-melhorar-a-qualidade-de-vida-de-pacientes> >. Acesso em: 03 set. 2025.

SÃO PAULO, Instituto Butantan. **Terapia celular CAR-T contra o câncer no SUS deverá custar 5% do que se pratica no exterior**. Portal do Butantan, 2022. Disponível em < <https://butantan.gov.br/noticias/terapia-celular-car-t-contr-o-cancer-no-sus-devera-custar-5-do-que-se-pratica-no-exterior> >. Acesso em: 05 set. 2025.

SILVA, Andreza de J.; MENEZES, Patrick; CORECHA DO NASCIMENTO, Diogo Felipe. Tratamento de neoplasias linfoides com células CAR-T. **RBAC**, São Paulo, v. 57, n. 1, p. 38-47, 2025.

SOUZA, M. V. *et al.* Quality of life and functional capacity during the treatment of hematologic neoplasms. **Fisioterapia em Movimento**, v. 31, 2018.

TEIXEIRA, Amanda Aparecida; SILVA, Gabriela de Andrade; VIEIRA, Layla Cabral da



Silva; OLIVEIRA, Prislaine Eduarda Carvalho; VENTURA, Rogeria Maria.
Desenvolvimento Genético das Células CAR-T no Tratamento de Neoplasias
Hematológicas. **RECIMA21 - Revista Científica**

U.S. Food and Drug Administration. FDA approvals: *tisagenlecleucel for B-cell ALL and tocilizumab for cytokine release syndrome*. Disponível em <
<https://www.fda.gov/drugs/resources-information-approved-drugs/fda-approves-tisagenlecleucel-b-cell-all-and-tocilizumab-cytokine-release-syndrome> >. Acesso em: 3 set. 2025.

U.S. Food and Drug Administration. *Kymriah*. Disponível em <
<https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products/kymriah> >. Acesso em: 3 set. 2025.

U.S. Food and Drug Administration. *Yescarta*. Disponível em:
<https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products/yescarta> . Acesso em: 3 set. 2025.

YU, H.; PAN, J.; GUO, Z.; YANG, C.; MAO, L. Terapia celular CART para câncer de próstata: status e promessa. *OncoTargets and Therapy*, v. 12, p. 12391–12395, 2019. DOI: 10.2147/OTT.S185556.