

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG
CURSO DE GESTÃO EM OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

NOME COMPLETO: MATHEUS MACHADO DE MORAES

**TÍTULO: APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA ESCOLHA DE
UM CARRO DE COMBATE: UM ESTUDO MULTICRITÉRIO**

PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*

RIO DE JANEIRO, RJ

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO

AUTOR MATHEUS MACHADO DE MORAES

APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA ESCOLHA DE UM CARRO DE COMBATE: UM ESTUDO MULTICRITÉRIO

Autorizo que o presente artigo científico apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* da FURG, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística, e aprovado pelos professores responsáveis pela orientação e sua aprovação, seja utilizado para pesquisas acadêmicas de outros participantes deste ou de outros cursos, afim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

TÍTULO: APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA ESCOLHA DE UM CARRO DE COMBATE: UM ESTUDO MULTICRITÉRIO.

AUTOR: MATHEUS MACHADO DE MORAES

ORIENTADOR: MARCELO ESCOBAR

RESUMO

O artigo demonstra a importância dos carros de combate no decorrer da história, destacando seu papel essencial em operações militares, desde a Primeira Guerra Mundial até os dias atuais. O conflito entre a Ucrânia e Rússia é ressaltado neste artigo como um exemplo da relevância atual dessas máquinas de guerra. Foram apresentadas as características e capacidades de alguns dos carros de combate mais modernos do mundo, incluindo o SK-105 Kürassier, do Corpo de Fuzileiros Navais. Para aplicação do nosso estudo, foi apresentado e empregado um método de escolha multicritério, o Analytic Hierarchy Process, para assessorar a decisão da escolha de um possível substituto do SK-105 Kürassier para o Corpo de Fuzileiros Navais. Este método foi empregado de forma a avaliar e classificar as alternativas de carros de combate de acordo com os critérios estabelecidos. O artigo resalta a necessidade contínua do investimento em carros de combate para enfrentar os desafios e conflitos futuros, garantindo assim a segurança das Forças Armadas.

PALAVRAS-CHAVE: Carro de combate, Corpo de Fuzileiros Navais, Método de escolha multicritério.

APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA ESCOLHA DE UM CARRO DE COMBATE: UM ESTUDO MULTICRITÉRIO.

Matheus Machado de Moraes

Declaro que sou autor(a)¹ deste Trabalho de Conclusão de Curso. Declaro também que o mesmo foi por mim elaborado e integralmente redigido, não tendo sido copiado ou extraído, seja parcial ou integralmente, de forma ilícita de nenhuma fonte além daquelas públicas consultadas e corretamente referenciadas ao longo do trabalho ou daqueles cujos dados resultaram de investigações empíricas por mim realizadas para fins de produção deste trabalho.

Assim, declaro, demonstrando minha plena consciência dos seus efeitos civis, penais e administrativos, e assumindo total responsabilidade caso se configure o crime de plágio ou violação aos direitos autorais. (Consulte a 3ª Cláusula, § 4º, do Contrato de Prestação de Serviços).

RESUMO - O artigo demonstra a importância dos carros de combate no decorrer da história, destacando seu papel essencial em operações militares, desde a Primeira Guerra Mundial até os dias atuais. O conflito entre a Ucrânia e Rússia é ressaltado neste artigo como um exemplo da relevância atual dessas máquinas de guerra. Foram apresentadas as características e capacidades de alguns dos carros de combate mais modernos do mundo, incluindo o SK-105 Kürassier, do Corpo de Fuzileiros Navais. Para aplicação do nosso estudo, foi apresentado e empregado um método de escolha multicritério, o Analytic Hierarchy Process, para assessorar a decisão da escolha de um possível substituto do SK-105 Kürassier para o Corpo de Fuzileiros Navais. Este método foi empregado de forma a avaliar e classificar as alternativas de carros de combate de acordo com os critérios estabelecidos. O artigo ressalta a necessidade contínua do investimento em carros de combate para enfrentar os desafios e conflitos futuros, garantindo assim a segurança das Forças Armadas.

PALAVRAS-CHAVE: Carro de combate, Corpo de Fuzileiros Navais, Método de escolha multicritério.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história podemos observar que os carros de combate vêm desempenhado um papel significativo em diversas operações militares, desde seu desenvolvimento na Primeira Guerra Mundial para fazer frente aos desafios impostos pela guerra de trincheiras, até os dias atuais. Um exemplo marcante dessa importância pode ser verificado no contexto atual da Guerra Ucrânia x Rússia, um conflito que ressaltou o emprego desses carros de combate em operações estratégicas, visando avançar suas tropas e conquistar espaço no campo de batalha. Demonstrando assim necessidade de investimento contínuo desse meio de combate.

Neste trabalho, além de explorarmos a importância dos carros de combate, destacando sua importância nos dias de hoje, será apresentado alguns dos carros de combate mais avançados e modernos existentes no mundo atualmente, demonstrando suas características e capacidades tecnológicas. Será analisado também como objetivo do estudo o carro de combate do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), o SK-105 Kürassier.

Na terceira parte, analisaremos um Método de Escolha Multicritérios, apresentando seu conceito. Esse método avalia e classifica diferentes alternativas com base em critérios estabelecidos, sendo fundamental para a análise comparativa dos carros de combate que será feita na última etapa.

Por fim, aplicaremos esse método aos carros de combate analisados na segunda parte, considerando os critérios estabelecidos, com o objetivo de avaliar o posicionamento do SK-105 Kürassier em um ranking tecnológico. Através dessa análise, será possível compreender o quão defasada tecnologicamente está a atual viatura do CFN em relação as principais viaturas que serão apresentadas posteriormente. Essa análise demonstrará a necessidade de buscar um novo carro de combate para o CFN, visando aumentar assim suas capacidades, haja visto a constante evolução das armas que se contrapõe este meio.

Com base nesse estudo, será possível entender a importância dos carros de combate ainda nos dias de hoje, tal como a necessidade de se investir continuamente nesse meio, para que este continue a proporcionar segurança e o preparo das Forças Armadas para encarar desafios e conflitos futuros.

2. A importância dos Carros de Combate, apoiada pela Guerra Ucrânia x Rússia

Atualmente a guerra entre a Ucrânia e a Rússia tem demonstrado o quão importante é a ação dos carros de combate no campo de batalha, mesmo com os avanços tecnológicos e mudanças táticas do combate moderno. Embora a relevância dos carros de combate tenha sido questionada nos combates atuais, a experiência recente mostrou que eles ainda desempenham um papel significativo na conquista e proteção de territórios.

Nesse embate entre esses dois países, os carros de combates têm se mostrado elementos essenciais para ambos os lados. Enquanto a Rússia trouxe carros de combates da era da Guerra Fria, tendo em vista seu carro mais moderno, o T-14 Armata ainda não ter sido testado em combate; a Ucrânia solicitou apoio de carros de combates ocidentais. Durante uma batalha de três semanas na cidade de Vuhledar, ambos os lados enviaram carros de combate para o front, avançando por estradas de terra e manobrando em torno de árvores. De um lado os russos conduziam suas viaturas em fileiras; do outro, ucranianos organizavam seus carros de combate defensivamente, atirando à distância ou de esconderijos enquanto os russos tentavam progredir. Os russos sofreram um revés doloroso, com a destruição de mais de 130 carros de combate e veículos blindados. As táticas defensivas empregadas e as emboscadas bem sucedidas pelos ucranianos, juntamente com o uso combinado de mísseis anticarro e artilharia, demonstraram ser bastante eficazes contra os carros de combate russos.

Embora os carros de combate russos, como o T-72, tenha boa proteção frontal, eles são vulneráveis nos lados e na torre da viatura. Armas modernas anticarro, como o Javelin, têm maior probabilidade de penetrar na blindagem desses carros de combates nessas áreas. Mesmo assim, os carros de combates ainda se mantêm sendo uma ferramenta essencial para avançar e proteger as tropas terrestres contra seus inimigos, desempenhando um papel fundamental no campo de batalha, fornecendo poder de fogo contra as defesas inimigas, limpando assim o campo para a infantaria avançar e conquistar território.

A importância dos carros de combate também é admitida por influentes países como Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido, que decidiram enviar seus principais carros de combate para apoiar a Ucrânia, depois de sua solicitação aos mesmos. A Ucrânia receberá em torno de 100 tanques Leopard 2, além de alguns Challenger 2 britânicos, Abrams americanos e tanques T-72 cedidos pela República Tcheca. Esses

carros de combate avançados possuem sistemas de tiro precisos e sistemas de proteção eletrônica, blindagem aprimorada, boa mobilidade e acima de tudo poder de fogo, garantindo assim a ação de choque (conceito imposto pelo Corpo de Fuzileiros Navais, pelo conjunto dessas três últimas características), necessários para enfrentar as forças russas.

No entanto, existem alguns desafios a serem superados por esses carros de combate nos campos de batalha, sendo alguns deles de caráter logístico, como a necessidade constante de diferentes peças de reposição, procedimentos especializados de manutenção e reabastecimento intenso de munições. Outro desafio evidente é a constante necessidade de evolução destes carros de combate, tendo em vista a crescente evolução tecnológica por parte de armas como mísseis guiado anticarro e drones armados, usando bombas guiadas a laser para se impor a estas viaturas. Exigindo assim contramedidas cada vez mais eficientes por parte dos carros de combate, com projetos de engenharia desenvolvendo novas soluções, como blindagens mais adequadas, sistemas de tiro cada vez mais rápidos e precisos, sistemas de proteção eletrônica, etc. Além disso, as tripulações necessitam de constante treinamento, tanto na parte técnica, específica de cada viatura, quanto na parte tática, específica de cada força.

Apesar desses desafios, ainda não se criou outro sistema ou material de emprego militar que forneça a mesma mobilidade, proteção blindada, potência de fogo (ação de choque) e comunicações amplas e flexíveis na mesma forma do que a oferecida por essas máquinas de guerra. A implementação dos carros de combate fortalece o poder de combate de qualquer que seja a força que estiver utilizando, desde que bem empregada e poderá fazer a diferença entre a vitória e a derrota no campo de batalha. A guerra na Ucrânia tem demonstrado que os carros de combate ainda desempenham um papel crucial no combate, e que necessitam de constante evolução para enfrentar ameaças emergentes, demonstrando assim a necessidade contínua de investimento desse meio. Os carros de combate não morrem, eles vão evoluir (PADILHA, 2022)

3. Apresentação dos Carros de Combate

Neste momento apresentaremos alguns dos carros de combate considerados atualmente mais avançados tecnologicamente e o atual meio utilizado pelo Corpo de Fuzileiros Navais o SK-105 Kürassier , evidenciando assim suas capacidades e

características, necessário para posterior avaliação pelo método de escolha multicritério que será aplicado neste estudo.

3.1 M1 Abrams - EUA (1980)

O M1 Abrams recebeu este nome em homenagem a seu ex-Chefe do Estado-Major do Exército General Creighton Abrams, que serviu na Guerra do Vietnã de 1968 a 1972 como Comandante das Forças Militares dos Estados Unidos. O M1 Abrams foi desenvolvido para que pudesse substituir o M60 Patton, embora os dois tenham servido lado a lado por cerca de 10 anos. O M1 Abrams foi projetado pela Chrysler Defense e produzido sob a marca General Dynamics. O carro de combate produzido em 1979, porém só entrou em serviço em 1980. Foi utilizado na Guerra do Golfo em 1991, na Bósnia, assim como nas invasões dos Estados Unidos ao Afeganistão em 2001 e ao Iraque em 2003. Além dos Estados Unidos, outros países adquiriram ao longo dos anos este carro de combate, como: Austrália, Egito, Kuwait, Arábia Saudita e recentemente a Ucrânia.

Nas operações militares dos Estados Unidos, o Abrams atualmente serve tanto o Exército dos Estados Unidos quanto no Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos, este último tem transferido alguns dos seus carros de combate para o exército, tendo em vista a necessidade de redesenho deste corpo para se adaptar a novas possibilidades de combate e ameaças.

O protótipo XM1 Abrams foi planejado pela Chrysler Defense. Posteriormente, a Divisão de Sistemas Terrestres da General Dynamics adquiriu a Chrysler Defense em 1979. O XM1 foi equipado com o canhão principal de alma raiada britânico Royal Ordnance L7 de 105 mm. O XM1 entrou em produção como M1 Abrams em 1979 e se tornou operacional no seguinte ano. O Abrams possui uma tripulação composta por quatro pessoas, consistindo no comandante da viatura, o atirador, o carregador e o motorista. O Abrams pesa cerca de 67,5 toneladas, sendo um dos carros de combate mais pesados do mundo.

Após breve período de serviço, observou-se que o canhão britânico de alma raiada de 105 mm não se igualaria nos padrões convencionais de carros de combate sendo utilizados pelo Oriente. Sendo assim, o Abrams foi aprimorado se equipando com o

canhão Rheinmetall AG de alma lisa de 120 mm, produzido na Alemanha e conhecido no inventário dos EUA pela designação M256.

Ao longo dos anos o M1 Abrams obteve algumas atualizações, garantindo algumas melhorias como, inclusão de um sistema de proteção química, biológica, radiológica e nuclear (QBRN), um sistema de visualização térmica separado e equipamentos de navegação aprimorados, aderência ao System Enhancement Package, que elevou o padrão tecnológico do Abrams, ao incorporar mapas digitais, computadores de processamento adicionais para lidar com o fluxo de trabalho digital e um sistema de resfriamento aprimorado.

O Abrams possui também uma blindagem de malha de urânio empobrecido, envolta em aço RHA (Rolled Homogeneous Armor), desenvolvida pelos britânicos, para proteger sua tripulação e sistemas vitais. A blindagem Chobham possui várias ligas compostas por kevlar, cerâmica, compósitos plásticos e aço para gerar uma combinação quase perfeita de superfícies anti-penetração. O Abrams conta também com um sistema de proteção ativa criado pelo exército americano juntamente com a empresa Raytheon, chamado Trophy. Com a finalidade de destruir mísseis anticarro, foguetes e granadas antes mesmo que estes atinjam a blindagem da viatura. Esse sistema é integrado com um radar de controle de fogo composto por quatro antenas gerando um campo de visão 360 graus, detectando a ameaça e calculando o tempo e ângulo de aproximação para que dois lançadores rotativos disparem múltiplos penetradores de explosivos indo de encontro a ameaça antes mesmo que atinjam a blindagem da viatura.

Este carro de combate possui uma potência fornecida por seu motor turbina multi-combustível Honeywell AGT1500C, desenvolvendo 1.500 cavalos de potência, acoplado a uma transmissão Allison DDA X-1100-3B. Este meio alcança uma velocidade máxima na estrada de aproximadamente 68 quilômetros por hora e uma velocidade máxima fora de estrada de aproximadamente 48 quilômetros por hora. A autonomia é relatada como sendo limitada a 465 quilômetros.

O armamento principal da série Abrams inicialmente foi equipado com o canhão britânico M68 de alma raiada de 105 mm, porém, como já citado anteriormente, foi substituído pelo sistema padrão M256 de alma lisa de 120 mm. O armamento secundário consiste em uma metralhadora antiaérea pesada Browning M2HB de 12,7 mm, operada pelo comandante do carro, por meio de sua cúpula. O armamento também é

complementado por duas metralhadoras M240 calibre 7,62 mm, uma montada coaxialmente na torre ao lado do canhão principal e outra instalada em uma montagem externa na escotilha do carregador. A potência, letalidade e tecnologia desse carro de combate contribuiu significativamente para criar o legado do M1 Abrams.

3.2 Challenger 2 - ING (1998)

O Challenger 2 Main Battle Tank (MBT), carro de combate do exército britânico representa um dos veículos de combate mais avançados da atualidade. O Challenger 2 foi concebido pela necessidade apresentada pelo Exército Britânico de um novo carro de combate, desenvolvido como uma tentativa de empreendimento privado pela Vickers Defence Systems.

O projeto da Vickers foi submetido junto com o americano M1 Abrams e a série alemã Leopard 2 como possíveis candidatos. A proposta da Vickers foi eventualmente selecionada para desenvolvimento adicional e produção em série. Embora o carro de combate seja atualmente comercializado sob o nome "BAe Systems Land Systems", nenhum exemplar do tipo foi produzido com a marca BAe, somente programas de modernização foram processados pela empresa. A produção inicial do Challenger 2 foi transferida da "Vickers Defence" para a "Alvis Vickers Ltd" antes que o negócio fosse vendido para a BAe.

Os primeiros lotes foram entregues ao Exército Britânico em 1994, e a primeira unidade operacional foi o Royal Scots Dragoon Guards em 1998, dando origem a uma nova máquina de combate, inaugurando uma nova era nos carros de combate britânicos. Este carro alcançou o ápice no desenvolvimento de blindados britânico tendo em vista a sua perfeita combinação de mobilidade, potência de fogo e proteção blindada (ação de choque), qualidades inerentes a qualquer máquina de combate moderna.

O Challenger 2 teve participação em missões de manutenção da paz durante as intervenções na Bósnia e Kosovo, após teve seu primeiro combate na invasão do Iraque em 2003, onde se destacou de forma exemplar, sem perdas em combate. Ao longo do combate, o Challenger 2 foi atingido repetidas vezes por granadas propelidas por foguetes (RPGs) de origem soviética, com pouco ou nenhum dano à blindagem. Sua proteção contra dispositivos explosivos improvisados (IEDs) na guerra também se mostrou sendo bastante efetivo para suas tripulações durante os combates

subsequentes. Omã, Polônia e Ucrânia são os únicos operadores estrangeiros do Challenger 2.

O Challenger 2 apresenta uma configuração de design fiel ao Challenger original, com o motorista posicionado na frente-central, a torre no centro do casco e o motor montado na parte traseira. Este carro possui uma forma de casco e torre pouco pronunciada, o que lhe confere um excelente perfil baixo. Sua tripulação é composta por quatro pessoas, com o motorista no casco e o comandante, carregador e atirador na torre. O Challenger 2 apresentou um novo design de torre e manteve o uso da armadura Chobham (embora em uma forma mais evoluída do original) e do canhão principal de 120 mm (com raiamento). Apenas o Challenger 1, o Challenger 2 e o M1 Abrams americano são conhecidos por utilizar a fórmula altamente secreta da armadura Chobham. Além dessa blindagem original, este carro é capaz de adicionar blocos de armadura reativa explosiva (ERA), fornecendo uma proteção aprimorada, mas ao custo de aumento de peso.

A configuração original do carro possui um sistema de proteção Nuclear-Biológica-Química (QBN) instalado como padrão. Um novo canhão principal de alta pressão de 120 mm foi desenvolvido para o Challenger 2, designado L30A1. O canhão principal é estabilizado em ambos os eixos para permitir um fogo preciso a longa distância, assim como disparos em movimento com resultados igualmente letais. Para corrigir as deficiências do sistema de controle de incêndio do Challenger 1 original, um sistema de controle de incêndio digital mais tecnologicamente avançado foi integrado à série Challenger 2. O Challenger 2 pode engajar múltiplos alvos a distância com excelentes resultados usando seu canhão principal, já que o atirador e o comandante possuem equipamentos de visão óptica/termal estabilizados individualmente, além de um sistema avançado de mira.

Como padrão, este carro de combate possui uma metralhadora L94A1 de 7,62 mm, montada coaxialmente ao canhão principal (ambas as armas são operadas pelo atirador). A cúpula do comandante possui uma metralhadora L37A2 de 7,62 mm para enfrentar ameaças de infantaria e aéreas de baixo voo. O Challenger 2 é capaz de armazenar 52 projéteis de 120 mm armazenados no seu casco para o canhão principal, incluindo uma mistura de projéteis de alto explosivo squash head (HESH) e penetradores de sabotagem com estabilização por aletas (APFSDS). Além disso, podem ser

transportados 4.200 cartuchos de munição de metralhadora de 7,62 mm. O Challenger 2 também possui 10 lançadores de granadas de fumaça operados eletricamente, posicionados em dois conjuntos de cinco em cada painel lateral frontal da torre.

A potência do novo Challenger 2 é derivada de uma única unidade a diesel Perkins Engines CV-12, desenvolvendo 1.200 cavalos de potência e acoplada a um sistema de transmissão epicíclica da série David Brown TN54, fornecendo seis marchas à frente e duas marchas à ré. O Challenger 2 alcança uma velocidade máxima aproximada na estrada de 56 quilômetros por hora e uma autonomia operacional de 450 quilômetros com seu combustível interno. Além desse compartimento interno este carro possui um Tambor de combustível externo destacável que pode ser adicionado na linha traseira do casco para estender ainda mais a autonomia operacional. O Challenger 2, com todos seus equipamentos e sua carcaça alcança o total de 69 toneladas.

3.3 T-14 Armata - RUS (2015)

O carro de combate T-14 "Armata" foi apresentado à público em um Desfile conhecido como a Vitória de Moscou em 2015, sendo considerado o Tanque de Batalha Principal (MBT) integrante da família de veículos blindados T-99 "Armata", dando início assim a uma nova geração do sistema de origem russa. O design do carro de combate foi planejado pelo Ural Design Bureau of Transport Machine-Building juntamente com a Uralvagonzavod, sendo a produção em série gerenciada por esta última. Sua produção começou em 2015, com cerca de vinte veículos concluídos para avaliação e treinamento, sendo dez destes apresentados no desfile.

O veículo de 48 toneladas mantém algumas tradições russas/soviéticas de carros de combate, dispondo de uma tripulação de apenas três pessoas, um carregador automático para o canhão principal e a arma principal sendo um canhão de alma lisa de 125mm. O T-14 foi desenvolvido com diversos sistemas modernos e avançados para que alcançasse destaque em qualquer futura vanguarda blindada russa. Um diferencial característico desta viatura é que toda sua tripulação está localizada na parte frontal do casco, não possuindo nenhum membro na torre, o motorista se encontra à frente à esquerda, o comandante à frente à direita e o atirador no centro, todos protegidos por uma blindagem leve e mais resistente que aço isolado.

O canhão principal é controlado remotamente, sendo um canhão de alma lisa de 125mm 2A82-1M, possui estabilização completa para disparos em movimento e este

carro de combate também possui capacidade de armazenar 45 munições prontas para disparo. O T-14 é capaz de atirar até dez vezes por minuto e atingir alvos a uma distância de até 5 quilômetros, comparando com o carro de combate norte-americano "Abrams" pode atirar apenas três vezes por minuto a um alcance de 4 quilômetros. O canhão principal também é capaz de disparar mísseis guiados anticarro que chegam a um alcance de até 8 quilômetros, uma característica ausente nos equivalentes ocidentais. O armamento secundário do carro apresenta uma metralhadora PKTM calibre 7,62mm, montada em uma estação remota na parte superior da torre.

Externamente, o projeto do T-14 dispõe de bastantes superfícies anguladas, principalmente na torre. O casco possui uma placa frontal muito rasa e quase horizontal, as seções superiores das esteiras são cobertas por armadura espessa de saias laterais. Sua tripulação é localizada em uma cápsula blindada na parte frontal do casco, separada da munição no caso de uma explosão, diferente de modelos anteriores como o T-72. A seção central é reservada para a torre, enquanto a parte traseira do casco abriga a instalação do motor a diesel. O sistema de rodagem inclui sete rodas duplas em cada lado do casco, com a roda motriz na parte traseira e a roda guia na parte dianteira.

Este carro de combate possui uma potência de tração fornecida por um sistema a diesel ChT2 12H360 (A-85-3A) desenvolvendo entre 1.200 e 1.500 cavalos de potência, permitindo uma velocidade máxima na estrada de 90 quilômetros por hora e uma autonomia operacional de 500 quilômetros. O motor está acoplado a um sistema de transmissão eletrônica automática com 8 velocidades. O T-14 possui uma antena de matriz integrada e ativa de fases, bem como uma série de outros equipamentos de sensores para fornecer uma excelente consciência situacional a sua tripulação, sendo capaz de alertá-los para possíveis perigos que estejam se aproximando do veículo.

Além de seu armamento, possui um sistema de lançamento de granadas de fumaça, capaz de ocultar o movimento do veículo durante manobras ofensivas e defensivas. Sendo equipado também com um sistema NBQ (Nuclear, Biológico, Químico) e suporte de visão noturna contribuindo para uma eficiente sobrevivência da tripulação do T-14. O Exército Russo espera adquirir até 2025 cerca de 2.300 carros de combate T-14, substituindo assim uma frota de modelos obsoletos.

Há planos para que seja desenvolvida uma versão completamente sem tripulação deste carro, removendo assim a cápsula da tripulação na parte frontal, apesar deste

desenvolvimento ainda esteja a alguns anos de distância. As variantes planejadas para a linha de veículos da família Armata incluem um veículo lançador de minas, um veículo lançador de pontes, transporte blindado, lançadores de foguetes e um veículo lança-chamas.

O T-14 marca o auge do design moderno de MBT, levando o Ocidente a desenvolver um sistema concorrente para possíveis embates contra essa nova máquina de guerra do exército russo. A última adoção notável de um MBT europeu veio com o desenvolvimento do Challenger 2 britânico no final da década de 1990. O famoso M1 Abrams americano, é um carro de combate desenvolvido na década de 1970, embora já tenha sido modernizado diversas vezes após a experiência no Iraque. O Leopard 2 alemão é também de finais da década de 1970.

3.4 Leopard 2 - ALE (1979)

O design deste novo carro de combate foi atribuído à Krauss-Maffei, da Alemanha Ocidental, os projetistas e construtores do "Leopard 1" original. O projeto que inicialmente se chamou "Kampfpanzer 2" depois veio a ser o "Keiler" ("Javali") e, finalmente, passou para o nome de "Leopard 2", atribuído em 1971. Krauss-Maffei modificou seus protótipos com base na experiência adquirida na Guerra do Yom Kippur, e o resultado final foi um carro de combate formidável de 55 toneladas com uma proteção aprimorada na blindagem.

Os protótipos foram equipados com o canhão principal britânico L7 de 105 mm (como no Leopard 1) e o novo canhão principal alemão Rheinmetall de 120 mm, finalizado entre 1972 e 1974. Em setembro de 1977, felizes com o desenvolvimento de seus protótipos e as avaliações subsequentes, o exército da Alemanha Ocidental encomendou seu primeiro lote de produção em série dos carros de combate Leopard 2, totalizando 1.800 unidades em cinco lotes. Os primeiros veículos começaram a se apresentar às unidades da Alemanha Ocidental em 1979, e vários outros países europeus interessados logo se juntaram à compra, sendo os primeiros compradores a Holanda e a Suíça. Seguidos por Áustria, Canadá, Chile, Finlândia, Grécia, Noruega, Polônia, Portugal, Singapura, Espanha, Suécia e Turquia. O Leopard 2 foi testado operacionalmente pela primeira vez na Guerra do Kosovo como parte das forças de

manutenção da paz. Sendo também utilizado na Guerra do Afeganistão após a invasão dos EUA ao país, após o 11 de setembro.

O Leopard 2 apresentou um design tradicional com uma tripulação formada por quatro pessoas dispostas em várias posições dentro do veículo. O motorista localizado na parte da frente à direita, na torre estavam o atirador, o comandante do carro e o municionador. O atirador ficava à frente e à direita na torre, com o comandante diretamente atrás. O municionador ficava do lado esquerdo da torre sendo o responsável pelo carregamento. A munição desta viatura foi planejada para ser armazenada na parte traseira da torre e também no casco.

As primeiras versões tinham uma torre com laterais retas, enquanto as versões posteriores operavam com um design mais moderno que melhorava a proteção balística (2A5 e posteriores). A torre estava localizada no centro do casco, com uma saliência pronunciada na parte traseira. O canhão principal de 120 mm apresentava-se para a frente do casco. Possuindo lançadores de granadas de fumaça apresentados ao longo dos lados da torre, com oito lançadores em cada lado (um total de dezesseis granadas). O casco principalmente plano, com laterais retas. A placa do glacis possuía uma inclinação acentuada, enquanto as partes superiores das esteiras eram protegidas por placas finas de blindagem.

O motor e a transmissão foram projetados para serem instalados em um compartimento traseiro de forma tradicional. Cada esteira consistia em sete rodas de estrada duplas de cada lado, com a roda de tração na parte traseira e o roda de suporte na parte dianteira. Possuindo defesa contra armas nucleares, biológicas e químicas (QBN), assim como o equipamento de visão noturna. Equipado com um computador de controle de incêndio e um telêmetro a laser padrão desde a primeira versão de produção do Leopard 2.

O Leopard 2 obteve várias versões com modificações tanto no seu interior, adicionando novos sistemas para aprimorar sua segurança e sua consciência situacional de sua tripulação, como também mudanças na parte externa do carro. Sendo o Leopard 2A7 a mais recente versão e mais moderna tecnologicamente. Essa versão trouxe melhorias significativas na proteção balística, sistemas de controle de fogo aprimorados, maior potência de fogo e maior capacidade de sobrevivência no campo de batalha.

No geral, o Leopard 2 é considerado um dos principais carros de combate de batalha em serviço atualmente. Sua combinação de poder de fogo, proteção e mobilidade o torna uma presença formidável no campo de batalha. Ele provou ser uma viatura confiável e eficaz, sendo exportado para vários países ao redor do mundo e sendo amplamente elogiado por suas capacidades. A partir da versão do Leopard 2A5 que houve uma mudança drástica no design da viatura, levando sua torre a obter um formato de “ponta de flecha”, o que acabou sendo uma marca registrada da família Leopard 2. O que proporcionou uma proteção a mais contra projéteis cinéticos e químicos.

Agora iremos nos ater apenas a versão do Leopard 2A7, a versão mais recente e atualizada desta família, que será analisada no nosso estudo. Este carro de combate apresentado em 2010, conta com aprimoramento na proteção contra RPG/minas, assim como um suporte de proteção modular de blindagem. Esta versão conta também com uma estação de armas controlada remotamente, permitindo disparo com sua metralhadora acoplada no teto da torre, sem a necessidade de utilizar um atirador exposto a fogo inimigo para executar o disparo, esta estação também possui uma mira de imagem térmica. Esta viatura dispõe de um motor a diesel biturbo de 12 cilindros da série MTU MB 873-ka 501, com 1.479 cavalos de potência, isso tudo está ligado a um sistema de transmissão hidromecânica Renk HSWL 354, com 4 marchas à frente e 2 marchas à ré. Estes carros possuem um sistema de suspensão de barras de torção com amortecedores hidráulicos.

O leopard 2A7 possui um peso de aproximadamente 62 Toneladas, chegando a uma velocidade aproximada na estrada de 72 quilômetros por hora, com uma autonomia aproximada de 547 quilômetros, se tornando um dos MBT mais rápidos da atualidade. Configurado com uma torre totalmente elétrica e uma câmera na parte de trás da viatura, dando uma melhor visão ao motorista.

Possui um armamento principal de canhão de alma lisa de 120 mm Rheinmetall L55, com capacidade para armazenar 42 projéteis de munição de 120 mm, sendo totalmente estabilizado. Este canhão tem a capacidade de disparar projéteis APFSDS-T (perfurante de blindagem), que possui um núcleo denso de liga de tungstênio e, disparado a 1.650 metros por segundo, podendo perfurar blindagem de carros de combate de classe pesada a longa distância. Seu carregamento é feito por um membro de sua tripulação, juntamente com seu mecanismo semiautomático. Seu armamento

secundário é configurado por uma metralhadora coaxial MG3A1 de 7,62 mm e uma metralhadora MG3A1 de 7,62 mm montada no teto da torre (na escotilha do carregador), podem ser transportados ao todo aproximadamente 4.750 cartuchos de munição de 7,62 mm.

O Leopard 2 se junta ao M1 Abrams americano e ao Challenger 2 britânico como alguns dos melhores exemplos de carros de combate ocidentais em todo o mundo.

3.5 SK-105 Kürassier - AUS (1971)

O carro de combate leve Jagdpanzer SK 105 foi um destruidor de tanques desenvolvido pela Saurer-Weke para o Exército Austríaco durante a Guerra Fria. Seu modelo foi centrado em um canhão principal de 105mm com alma raiada em uma torre montada em um chassi leve com lagartas. O SK 105, o destruidor de carros de combate, como era chamado, era empregado para neutralizar blindagens inimigas a uma longa distância, tendo o exército soviético como principal inimigo da época. O projeto do design do veículo começou em 1965, e um protótipo foi concluído para testes em 1967 - essencialmente construído a partir do transportador blindado de pessoal Saurer 4K 4FA de 1961. A Saurer-Werke foi posteriormente absorvida pelo consórcio Steyr-Daimler-Puch, que agora está extinto, em 1970. A designação formal do carro de combate tornou-se SK 105 "Kürassier" (às vezes escrito como "SK-105") e a produção em série autorizada começou em 1971.

O SK 105 é um carro de combate que possui uma configuração convencional. Em sua parte externa, no seu chassi, ele se apresenta como um casco básico com uma placa de blindagem frontal bem inclinada, uma superestrutura de casco rasa e um compartimento de motor traseiro. Sua torre foi instalada no meio do veículo para obter equilíbrio desejado durante o deslocamento e o disparo. O chassi repousa sobre um sistema de lagartas contendo cinco rodas de apoio em cada lado, com duas rodas de tração de acionamento na traseira (uma de cada lado da viatura) e duas rodas tensora na frente (também uma de cada lado da viatura). Três rodetes de apoio de lagartas, de cada lado, que guiam a lagarta sobre as rodas de tração.

O carro possui uma tripulação composta por três pessoas: o motorista, o comandante do carro e o atirador. O motorista fica posicionado na frente esquerda do casco, e o restante da tripulação fica na torre (o comandante à esquerda e o atirador à

direita). O Sk 105 é capaz de operar e combater á noite, graças ao equipamento de visão noturna utilizado pelo motorista para navegação e ao sistema térmico de direção de tiro disponível para o atirador e o comandante. Para engajar os alvos um medidor de distâncias a laser CILAS TCV 29 (que funciona em distâncias de 400 m a 9.995 m) é montado no teto da torre. A proteção de blindagem é de 40 mm no ponto mais espesso, localizado na parte frontal da viatura, para ajudar a combater ameaças de calibres 20 mm ou menores (no entanto, uma blindagem adicional foi disponibilizada como uma opção, protegendo de até 35 mm). O peso total é de aproximadamente 18,5 toneladas.

O grande diferencial do SK 105, o que torna este carro bastante único é a configuração de seu design de torre "oscilante" - a série Fives-Cail Babcock FL-12 baseada na torre AMX-13. Essas torres oscilantes não são tão comuns em carros de combate, mas foram empregadas com sucesso no carro de combate leve francês AMX-13 e na série de veículos blindados Panhard EBR. A vantagem desse design está na possibilidade dessa torre ser capaz de acomodar um canhão principal de grande calibre e pesado em um chassi relativamente modesto e leve. A torre é basicamente formada por duas partes individuais - a metade superior e a metade inferior - com o armamento principal fixado na metade superior, projetado para absorver o recuo do disparo enquanto se move durante o processo. As partes superior e inferior da torre são articuladas e sua área de conexão é coberta por uma lona visível. Como o canhão principal está fixado na parte superior, a elevação é realizada movimentando toda a parte superior da torre sobre a parte inferior. Sua torre é alimentada por sistema elétrico, capaz de gerar uma rotação completa de 360 graus.

Seu armamento principal vem do mencionado canhão principal de 105 mm com alma raiada. Como a tripulação do SK 105 não possui um carregador dedicado para o canhão principal, a arma é recarregada através de dois tambores giratórios, "estilo revolver", localizados na parte de trás da torre, e que podem ser municados com até seis granadas cada um, permitindo uma cadencia de tiro de até 12 tpm. Essa configuração permite minimizar a tripulação necessária para três pessoas (em oposição às quatro em grande parte dos carros de combate ocidentais). A configuração do SK 105 apresenta um perfil lateral e frontal menor, reduzindo o uso de materiais e os custos de construção. Os estojos vazios são automaticamente ejetados por uma porta na parte traseira da torre.

O armamento secundário consiste em uma metralhadora de 7,62 mm montada coaxialmente ao canhão principal e podendo ainda ser instalada externamente uma metralhadora de 7,62 mm ou 12,7 mm, no teto da torre, para uso do comandante (o CFN usa a Browning .50 M2-HB QCB). O veículo é capaz de armazenar cerca de 42 projéteis de 105 mm e 2.000 cartuchos de munição de metralhadora de 7,62 mm.

Os tipos de munição para o canhão principal de 105 mm incluem Granada APFSDS (Armor Piercing, Fin-Stabilized, Discarding Sabot), com projétil perfurante de blindagem, com aleta estabilizadora e disco complementar descartável (sabot), essa munição deve ser utilizada contra blindagens pesadas e principalmente contra blindagens reativas; Granada HE (High Explosive), empregada contra alvos de proteção leve; Granada HEAT (High Explosive Anti-Tank), granada de parede dupla, feita de aço, empregada contra blindagem pesada; Granada HESH (High-Explosive Squat Head), consiste principalmente de um culote e de um tubo forjado de aço com nariz de alumínio, empregada contra alvos de blindagem pesada e casamatas; Granada Fumígena – possui as mesmas características balísticas da granada HE, além de ser empregada para gerar cortina de fumaça; e Granada de Exercício, feita de aço forjado e carregada com lastro inerte ao invés de alto explosivo, simulando a munição real, empregada para adestramento. Foram acoplados seis lançadores de fumígenos (granadas de fumaça) que estão localizados em grupos de três em cada lado da torre.

O SK 105 possui um motor Steyr 7FA de 6 cilindros, refrigerado a líquido, 4 tempos, turboalimentado e movido a diesel, com uma potência de 320 cavalos. Isso proporciona ao veículo uma velocidade máxima aproximada de 70 quilômetros por hora na estrada e uma autonomia de até 430 quilômetros. O sistema de suspensão é do tipo barra de torção, conhecido por sua confiabilidade. O SK 105, devido ao seu peso e design, apresenta excelente agilidade e capacidade de transpor obstáculos, tornando-o adequado para combate em terrenos extremamente acidentados.

Este carro possui a capacidade de atravessar até 1 metro de profundidade de água aberta a determinada correnteza, sem desencostar as lagartas do fundo do solo (o que nós militares chamamos de vau) , transpor um obstáculo de 0,8 metros de altura e atravessar uma trincheira de até 2,4 metros de largura. Sendo capaz também de enfrentar inclinações frontais de até 75% e laterais de até 40%.

Os modelos de produção SK 105/A1 foram eventualmente atualizados para o novo padrão SK 105 A2 (modelo adquirido pelo CFN e que servirá de base para nosso estudo), no qual o sistema de controle de incêndio (FCS) foi substituído (No CFN, foi substituído o sistema de extinção de incêndio, que utilizava o gás halon, por outro que utiliza o gás FM 200, que não provoca danos à camada de ozônio) e um sistema de recarga semi-automático foi implementado para o canhão principal. Agora, o canhão principal é estabilizado, ou seja, possui a capacidade de atirar "em movimento".

A versão posterior SK 105 A3 possui um design de torre oscilante totalmente novo, além de uma blindagem aumentada. Esse veículo integrado com um canhão principal americano M68 de 105 mm, que permite o disparo de projéteis padrão da OTAN, outro diferencial é seu motor de 360 cavalos. Existe mais três versões, onde o chassi foi utilizado em três formas distintas, com 4K-7FA SB 20 (Veículo de recuperação blindado com guindaste hidráulico, guincho e lâmina de empurrar); 4HK 7FA (Veículo blindado de engenharia); e o 4KH 7FA-FA, um veículo de treinamento de motorista (sem torre, superestrutura para instrutores).

Desde o seu início, o SK 105 tem sido utilizado em serviço operacional pelas Forças Armadas da Argentina, Áustria, Bolívia, Botsuana, Brasil, Marrocos e Tunísia, em quantidades limitadas.

4. Apresentação do método de escolha multicritério.

Neste momento apresentaremos o método de escolha multicritério para apoio a tomada de decisão, para a seleção do melhor substituto ao atual carro de combate do CFN.

4.1 Método Analytic Hierarchy Process (AHP).

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi elaborado pelo matemático americano Tomas L. Saaty no início da década de 70, na Escola Wharton da Universidade da Pensilvânia. Tendo sua primeira aplicação no Departamento de Defesa dos EUA, em 1971, em aplicações relacionadas a estratégias anti-terrorismo e alocação de recursos governamentais. Tornando-se o método de multicritério mais amplamente empregado e conhecido a tomada de decisões complexas. Tendo como objetivo a

escolha de alternativas, levando em conta diferentes critérios e subcritérios qualitativos e quantitativos, justificando assim o processo de avaliação.

Este método busca resolver problemas complexos a partir da decomposição e divisão do problema em fatores que podem ainda ser decompostos em novos fatores até ao nível mais baixo, cada vez mais claros e dimensionáveis e determinando relações para depois sintetizar. O método AHP é aplicado a partir de três etapas. Na primeira etapa, deve-se estruturar o problema, separando em níveis hierárquicos, sendo o primeiro nível formado pelo objetivo do problema, segundo nível dos critérios, terceiro nível os subcritérios e no último nível as alternativas. A segunda etapa define as prioridades e na terceira e última etapa é testada a consistência lógica (SANTOS et al, 2009). Abaixo iremos verificar essas três etapas.

(1) Estruturação em níveis hierárquicos: O problema é estruturado em níveis hierárquicos, o que facilita a melhor compreensão e avaliação da questão a ser resolvida. Para a aplicação desta metodologia é necessário que tanto as alternativas quanto os critérios e subcritérios (caso sejam necessários) possam ser estruturados de forma hierárquica, sendo o topo da hierarquia correspondido pelo objetivo da decisão, seguido dos critérios e subcritérios (se for o caso) e em último as alternativas a serem selecionadas. Segundo Bornia e Wernke (2001) a ordenação hierárquica possibilita ao decisor ter “visualização do sistema como um todo e seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que os mesmos exercem sobre o sistema”. Compreendendo de forma global, o problema e a relação de complexidade, auxiliando assim no entendimento da dimensão e do conteúdo dos critérios, realizando uma comparação homogênea dos elementos. A Figura 1 abaixo representa essa estrutura hierárquica do nosso método.

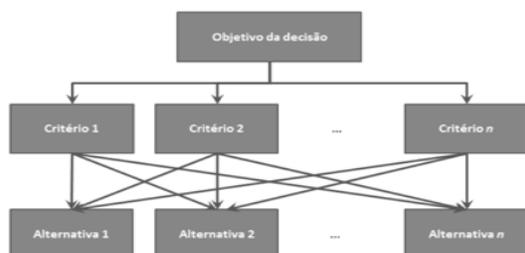


Figura 1 – Modelo Hierárquico AHP/ Fonte: Adaptação de Saaty, 1991 e Gomes et. Al, 2009.

(2) Definição de pesos e prioridades:

Nessa segunda etapa, após a determinação do nível hierárquico determina-se o quanto cada elemento se influenciam em níveis distintos, de modo a se calcular os pesos relativos dos impactos dos elementos sobre o nível mais baixo e sobre os objetivos gerais (SAATY, 1991). Nesta etapa é necessário cumprir as seguintes fases:

a) Julgamentos paritários: Nesta fase será julgado par a par os elementos de um nível da hierarquia à luz de cada elemento em conexão em um nível superior, compondo as matrizes de julgamento A, com o uso das escalas apresentadas na Tabela 1. (TREVIZANO & FREITAS, 2005);

Pesos	Definição	Avaliação
1	Importância igual	Ambos elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência e a opinião favorecem um elemento em relação ao outro.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e a opinião favorecem fortemente um elemento em relação ao outro.
7	Importância muito grande	Um elemento é fortemente favorecido em relação a outro podendo ser demonstrado na prática.
9	Importância extrema ou absoluta	A evidência favorece um elemento em relação a outro com uma ordem de magnitude de diferença.
2,4,6,8	Valores intermediários	Usado como valores de consenso entre as opiniões.

Tabela 1 – Modelo Hierárquico AHP/ Fonte: Adaptação de Saaty, 1991 e Gomes et. Al, 2009.

A determinação das quantidades de julgamentos que serão necessárias para a formulação da matriz de julgamentos é dado pela fórmula genérica A, que é igual a $n(n-1)/2$, onde n é o número de elementos pertencentes a esta matriz. Os elementos de A são definidos pelas condições da Figura 2:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde: } \begin{array}{l} a_{ij} > 0 \longrightarrow \text{positiva} \\ a_{ij} = 1 \longrightarrow a_{ji} = 1 \\ a_{ij} = 1/a_{ji} \longrightarrow \text{recíproca} \\ a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \longrightarrow \text{consistência} \end{array}$$

Figura 2 – Matriz de Julgamentos. Fonte: De autoria própria

b) Normalização das matrizes de julgamento: A partir desta fase obtemos os quadros normalizados através da soma dos elementos da mesma coluna das matrizes de julgamento e posterior divisão de cada elemento destas matrizes pelo somatório destes valores da respectiva coluna;

c) Cálculo das prioridades médias locais: Nesta fase são calculadas as médias das linhas dos quadros normalizados; e

d) Cálculo das prioridades globais: Esta fase busca apresentar um vetor de prioridades global (PG), que armazene as prioridades relativas associada a cada alternativa em relação ao foco principal.

(3) Consistência lógica: Nesta etapa do método AHP, analisa-se a Razão de Consistência dos julgamentos, medindo assim o quanto os julgamentos foram consistentes. Caso a RC > 0,1 os julgamentos não são confiáveis. Para calcular a Razão de Consistência (RC) é necessário primeiro obter o valor de λ máx que representa o maior autovalor da matriz A, obtido a partir da seguinte equação:

$$A \cdot w = \lambda \text{ máx} \cdot w$$

Onde A é a matriz de julgamento e w é o vetor de prioridade.

Uma vez calculado λ máx, deve-se calcular o Índice de Consistência (IC) para depois calcular a Razão de Consistência (RC), onde o IC = $(\lambda \text{ máx} - n)/(n-1)$. Para calcular o RC, usa-se com a seguinte fórmula:

$$RC = IC/IR$$

Onde o IR é o índice de consistência referente a um grande número de comparações par a par realizadas. Este é um índice aleatório calculado para matrizes quadradas de ordem n pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos EUA. A seguinte Tabela 2 abaixo determina os valores de IR em a partir do número de n:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Tabela 2 - Valores de RI

5. Aplicação da Metodologia no estudo.

Para iniciarmos nosso estudo de caso, tomaremos como objetivo da decisão a escolha de um carro de combate moderno, capaz de substituir o atual carro de combate do CFN, o SK 105 A2S. Levando em conta apenas as capacidades e características dos carros apresentados, sem levar em conta relações diplomáticas. Ao final do estudo será fornecido um Ranking das viaturas apresentadas, podendo vir a ser um assessoramento para uma futura compra de um carro de combate. Abaixo será discriminado os critérios, subcritérios, as alternativas e posteriormente um fluxograma representado pela Figura 3, para entendimento da nossa análise:

1) Critérios: Armamento principal, mobilidade, proteção, custo e peso.

Observação: Os critérios de custo e peso deverão ser minimizados enquanto os demais critérios devem ser maximizados.

2) **Subcritérios:** Poder de fogo, alcance, capacidade de transpor obstáculo, velocidade máxima, potência e autonomia.

3) **Alternativas:** M1 Abrams, Challenger 2, T-14 Armata, Leopard 2A7 e Sk 105 A2S.

4) **Fluxograma:** Figura 3

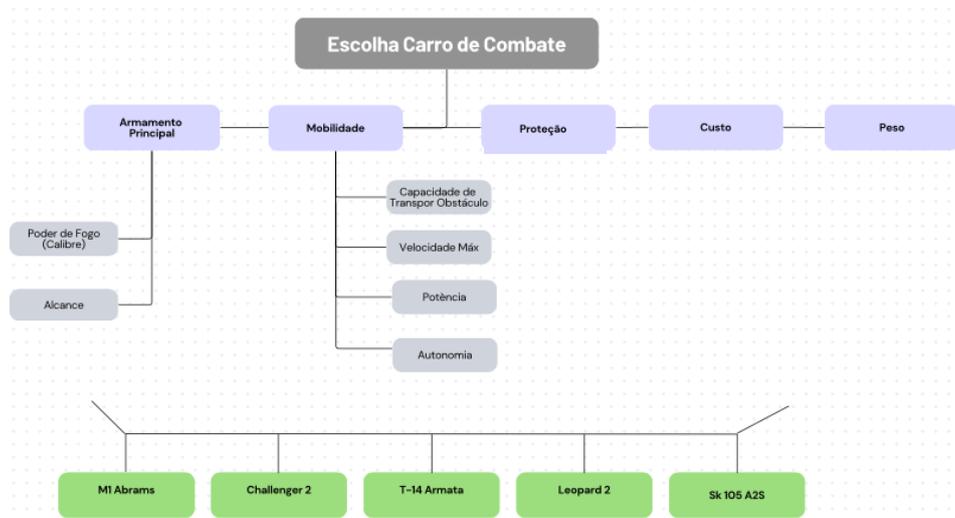


Figura 3 – Fluxograma. Fonte: De autoria própria.

5.1 Comparações paritárias inter-critérios e intra-critérios.

Os cinco critérios elencados foram comparados dois a dois, através de um grau de importância estabelecido por meio de um questionário respondido por alguns Oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais, especialistas na área de operação com blindados. Foi realizado estas comparações a partir da Escala Fundamental de Saaty, na tabela 1. Abaixo na Tabela 3 podemos observar essas comparações.

Matriz de comparação dos critérios do Segundo nível					
	Armamento principal	Mobilidade	Proteção	Custo	Peso
Armamento principal	1	5	3	7	4
Mobilidade	1/5	1	1/4	4	1/3
Proteção	1/3	4	1	6	2
Custo	1/7	1/4	1/6	1	1/5
Peso	1/4	3	1/2	5	1

Tabela 3 - Matriz de Comparação dos critérios. Fonte: De autoria própria

Ato contínuo, tais valores também foram normalizados, através da divisão de cada valor pelo resultado da soma de todos os valores da respectiva coluna. Abaixo o vetor

prioridade dos critérios de segundo nível está representado pela Tabela 4. A prioridade de cada alternativa é obtida pela média dos valores apresentados em cada linha. Tomamos como exemplo a alternativa Armamento principal: $(0,5191 + 0,3773 + 0,6101 + 0,3043 + 0,5309) / 5 = 0,4683$.

Matriz normalizada dos critérios do Segundo nível						
	Armamento principal	Mobilidade	Proteção	Custo	Peso	Prioridades
Armamento principal	0,5191	0,3773	0,6101	0,3043	0,5309	0,4683
Mobilidade	0,1038	0,0754	0,0508	0,1739	0,0442	0,0896
Proteção	0,1730	0,3018	0,2033	0,2608	0,2654	0,2409
Custo	0,0741	0,0188	0,0338	0,0434	0,0265	0,0393
Peso	0,1297	0,2264	0,1016	0,2173	0,1327	0,1615

Tabela 4 - Matriz normalizada dos critérios. Fonte: De autoria própria

Dessa forma podemos observar que o critério Armamento principal obteve maior peso que os demais, seguido pelo critério Proteção até chegar no último que foi o Custo. A Tabela 5 representa a comparação paritária dos subcritérios do critério Armamento Principal. Tal matriz também teve seus valores normalizados.

Matriz de comparação para os subcritérios de Armamento		
	Poder de fogo (Calibre)	Alcance
Poder de fogo (Calibre)	1	4
Alcance	1/4	1

Tabela 5 - Matriz de comparação do subcritérios de Armamento. Fonte: De autoria própria

Após normalizados obtemos a Tabela 6 onde podemos observar o vetor prioridade dos subcritérios do critério Armamento principal.

Matriz normalizada para os subcritérios de Armamento			
	Poder de fogo (Calibre)	Alcance	Prioridades
Poder de fogo (Calibre)	0,8	0,8	0,8
Alcance	0,2	0,2	0,2

Tabela 6 - Matriz normalizada do subcritérios de Armamento. Fonte: De autoria própria

Este mesmo procedimento foi realizado para os subcritérios do critério Mobilidade, onde as prioridades encontradas para os subcritérios Capacidade de transpor obstáculos, velocidade máxima, potência e autonomia foram respectivamente: 0,52; 0,1409; 0,0707 e 0,2682.

Após isso, foi calculado a RC dos juízos apresentados pelo decisor nas comparações paritárias, obtendo-se $RC = 0,0651$ para a comparação dos cinco critérios de segundo nível. Para a comparação dos subcritérios do critério Armamento principal obteve-se $RC = 0$ e para a comparação dos subcritérios do critério Mobilidade obteve-se $RC = 0,0678$. Portanto, os julgamentos são confiáveis, pois todas as três RC são menores que 0,1.

Em seguida foram realizadas nove matrizes de comparação para as cinco alternativas em relação a todos os critérios e subcritérios de nível mais baixo conectados

às alternativas. Das nove comparações, seis foram em relação aos subcritérios: Poder de fogo, alcance, capacidade de transpor obstáculos, velocidade máxima, potência e autonomia. Abaixo pode-se observar uma destas comparações, a partir da comparação do subcritério Poder de fogo, através da Tabela 7, esta comparação tomou como base o calibre dos canhões utilizados pelos carros de combate.

Subcritério Poder de fogo	M1 Abrams	Challenger 2	T-14 Armata	Leopard 2A7	Sk 105A2S
M1 Abrams	1	1	1/3	1	5
Challenger 2	1	1	1/3	1	5
T-14 Armata	3	3	1	3	6
Leopard 2A7	1	1	1/3	1	5
Sk 105A2S	1/5	1/5	1/6	1/5	1

Tabela 7 - Matriz comparação do subcritério Poder de fogo. Fonte: De autoria própria

Após normalizada obtemos a Tabela 8 onde podemos observar o vetor prioridade das alternativas no subcritério poder de fogo:

Normalização do Subcritério Poder de fogo	M1 Abrams	Challenger 2	T-14 Armata	Leopard 2A7	Sk 105A2S	Prioridade
M1 Abrams	0,1612	0,1612	0,1538	0,1612	0,2272	0,1729
Challenger 2	0,1612	0,1612	0,1538	0,1612	0,2272	0,1729
T-14 Armata	0,4838	0,4838	0,4615	0,4838	0,2727	0,4371
Leopard 2A7	0,1612	0,1612	0,1538	0,1612	0,2272	0,1729
Sk 105A2S	0,0322	0,0322	0,0769	0,0322	0,0454	0,0438

Tabela 8 - Matriz normalizada do subcritério Poder de fogo. Fonte: De autoria própria

As outras cinco matrizes de comparação das alternativas em relação aos subcritérios foram realizadas de igual forma e obtiveram os seguintes resultados para os carros de combate M1 Abrams, Challenger 2, T-14 Armata, Leopard 2A7, Sk 105 A2S, respectivamente: Alcance: 0,0905; 0,0905; 0,5895; 0,1858; e 0,0435/ Capacidade de transpor obstáculo: 0,2307; 0,2307; 0,2307; 0,2307; e 0,0769/ Velocidade máxima: 0,1910; 0,1573; 0,2528; 0,2022; 0,1966/ Potência: 0,2500; 0,200; 0,2500; 0,2465; e 0,0533/ Autonomia: 0,1943; 0,1881; 0,2090; 0,2286; e 0,1797.

As outras três comparações foram em relação aos critérios: Proteção, custo e peso. A Tabela 9 representada abaixo nos mostra a matriz de comparação das alternativas em relação ao critério Proteção que levou em conta tanto, a blindagem e a proteção QBN, ambos sistemas de proteção passiva e também sistemas de proteção ativa, como o sistema Trophy, utilizado pelo carro de combate Abrams, já mencionado anteriormente.

Critério Proteção	M1 Abrams	Challenger 2	T-14 Armata	Leopard 2A7	Sk 105A2S
M1 Abrams	1	4	1/3	2	8
Challenger 2	1/4	1	1/5	1/3	6
T-14 Armata	3	5	1	4	9
Leopard 2A7	1/2	3	1/4	1	7
Sk 105A2S	1/8	1/6	1/9	1/7	1

Tabela 9 - Matriz comparação do critério Proteção. Fonte: De autoria própria

Após normalizada obtemos a Tabela 10, onde podemos observar o vetor prioridade das alternativas no critério proteção:

Normalização do Critério Proteção						
	M1 Abrams	Challenger 2	T-14 Armata	Leopard 2A7	Sk 105A2S	Prioridades
M1 Abrams	0,2051	0,3037	0,1759	0,2675	0,258	0,2420
Challenger 2	0,0512	0,0759	0,1055	0,0445	0,1935	0,0941
T-14 Armata	0,6153	0,3797	0,5278	0,535	0,2903	0,4696
Leopard 2A7	0,1025	0,2278	0,1319	0,1337	0,2258	0,1643
Sk 105A2S	0,0256	0,0126	0,0586	0,0191	0,0322	0,0296

Tabela 10 - Matriz normalizada do critério Proteção. Fonte: De autoria própria

As outras duas matrizes de comparação das alternativas em relação aos critérios foram realizadas de igual forma e obtiveram os seguintes resultados para os carros de combate M1 Abrams, Challenger 2, T-14 Armata, Leopard 2A7, Sk 105 A2S, respectivamente: Peso: 0,0563; 0,0563; 0,2044; 0,9343; e 0,5885/ Custo: 0,1384; 0,1984; 0,0807; 0,0311; 0,5511.

Após a realização de todos estes processos será apresentada a Tabela 11 que representará a classificação final das alternativas. Esta classificação se dá a partir das relações de todos os critérios e subcritérios. Para se obter a classificação de cada alternativa, cada prioridade das alternativas nos critérios é multiplicado pelo prioridade do critério associado e, em seguida, os resultados são somados para obter um valor final representativo. A tabela é horizontalmente longa, por isso será dividida em duas partes.

Critérios	Armamento principal (0,4683)	
	Poder de Fogo	Alcance
Sub-critérios		
Prioridade Global (critério x subcritério)	0,8	0,2
M1 Abrams	0,1729	0,0905
Challenger 2	0,1729	0,0905
T-14 Armata	0,4371	0,5895
Leopard 2A7	0,1729	0,1858
Sk 105A2S	0,0438	0,0435

Tabela 11 – Parte 1. Fonte: De autoria própria

Mobilidade (0,0896)				Proteção (0,2409)	Custo (0,0393)	Peso (0,1615)		
Capacidade de transpor obs.	Velocidade Máx.	Potência	Autonomia				Prioridade	RANKING
0,52	0,1409	0,0707	0,2682	0,2409	0,0393	0,1615		
0,2307	0,191	0,25	0,1943	0,242	0,1384	0,0563	0,1655	2°
0,2307	0,1573	0,2	0,1881	0,0941	0,1984	0,0563	0,1313	5°
0,2307	0,2528	0,25	0,209	0,4696	0,0807	0,2044	0,3888	1°
0,2307	0,2022	0,2465	0,2286	0,1643	0,0311	0,0943	0,1586	3°
0,0769	0,1966	0,0533	0,1797	0,0296	0,5511	0,5885	0,1550	4°

Tabela 11 – Parte 2. Fonte: De autoria própria

6. Resultados alcançados

Após a realização de todos os processos das comparações paritárias inter-critérios e intra-critérios, chegamos ao resultado obtido na Tabela 12, onde obtemos o ranking final desejado; tendo um resultado bastante robusto devido o primeiro colocado ser bem destacado dentre os demais. Temos então como melhor opção de um possível substituto do SK 105 A2S, o carro de combate T-14 Armata.

	Prioridade	RANKING
M1 Abrams	0,1655	2*
Challenger 2	0,1313	5*
T-14 Armata	0,3888	1*
Leopard 2A7	0,1586	3*
Sk 105A25	0,1550	4*

Tabela 12 – Ranking das Alternativas. Fonte: De autoria própria

7. CONCLUSÃO

Este trabalho veio a abordar a importância histórica dos carros de combate em diversas operações militares, desde a Primeira Guerra Mundial até os dias atuais. A confirmação desta abordagem veio através do conflito entre a Ucrânia e a Rússia, o que ressaltou a relevância dessas viaturas no campo de batalha, onde sua mobilidade, poder de fogo e proteção blindada levam a desempenhar um papel de grande importância para o avanço de tropas e conquista de territórios.

Ao longo do trabalho também foi apresentado alguns dos carros de combate mais avançados e modernos dos dias atuais, ressaltando assim suas características e capacidades tecnológicas. Dentre essas viaturas, foi exposto também o SK-105 Kürassier, atual carro de combate do Corpo de Fuzileiros Navais.

Após essas etapas, foi descrito e aplicado o Método de Escolha Multicritérios para analisar o nosso estudo de caso, o Analytic Hierarchy Process (AHP). Esse método garantiu comparar e classificar os critérios, subcritérios e alternativas de acordo com as preferências definidas por especialistas na área de blindados. Sendo assim, chegamos em um ranking através da pontuação dos carros de combate analisados, tendo como resultado o T-14 Armata como a opção mais pontuada. Sendo então o T-14 Armata a melhor opção para uma possível compra de um novo carro de combate para substituir ao atual carro de combate do CFN, sem levar em conta relações diplomáticas, apenas as características e capacidades do carro.

Com base nesse estudo, podemos concluir que os carros de combate ainda desempenham um papel bastante necessário nas operações militares contemporâneas. A seleção prudente e bem estruturada de um carro de combate é de fundamental importância para garantir muitas das vezes o sucesso e a segurança de operações militares. A constante evolução das armas e táticas nos leva ter que investir cada vez mais nesses meios, buscando garantir a superioridade tecnológica e levando nossas Forças Armadas a estar cada vez mais preparadas diante dos desafios futuros.

REFERÊNCIAS

PADILHA, Luis. Carros de Combate ainda tem futuro? Defesa Aérea e Naval, 2022. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/analise/carros-de-combate-ainda-tem-futuro#google_vignette>. Acesso em: 13 de Jun. de 2023.

KRAMER, E. Andrew. Rússia é derrotada em batalha épica de tanques, repetindo erros anteriores. The New York Times, Nova Iorque, 01 de Mar. de 2023. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/mundo/noticia/2023/03/russia-e-derrotada-em-batalha-epica-de-tanques-repetindo-erros-anteriores.ghtml>>. Acesso em: 14 de Jun. de 2023.

FILHO, Paulo. A importância dos carros de combate para a Ucrânia. Hoje no mundo militar, 2023. Disponível em: <<https://hojenomundomilitar.com.br/a-importancia-dos-carros-de-combate-para-a-ucrania>>. Acesso em: 14 de Jun. de 2023.

M1 ABRAMS Main Battle tank (MBT) [1980]. Military Factory, 2023. Disponível em: <https://www.militaryfactory.com/armor/detail.php?armor_id=1#images>. Acesso em: 14 de Jun. de 2023.

CHALLENGER 2 Main Battle tank (MBT). Military Factory, 2023. Disponível em: <https://www.militaryfactory.com/armor/detail.php?armor_id=11>. Acesso em: 14 de Jun. de 2023.

BAE SYSTEMS CHALLENGER 2. Um inglês peso pesado. Warfare Blog, 2017. Disponível em: <<https://www.warfareblog.com.br/2017/01/bae-systems-challenger-2-um-ingles-peso.html>>. Acesso em 14 de Jun. de 2023.

FAN, Ricardo. Carro de Combate T-14 Armata. Defesanet, 2018. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/tank/noticia/29273/carro-de-combate-t-14-armata>>. Acesso em 15 de Jun. de 2023.

T-14 (ARMATA) Main Battle tank (MBT). Military Factory, 2019. Disponível em: <https://www.militaryfactory.com/armor/detail.php?armor_id=905>. Acesso em: 15 de Jun. de 2023.

LEOPARD 2 Main Battle tank (MBT). Military Factory, 2023. Disponível em: <https://www.militaryfactory.com/armor/detail.php?armor_id=37>. Acesso em: 15 de Jun. de 2023.

KRAUSS-MAFFEI WEGMAN LEOPARD 2A7+. A mítica qualidade alemã em MBTs. Warfare Blog, 2014. Disponível em: <<https://www.warfareblog.com.br/2014/12/krauss-maffei-wegman-leopard-2a7-mitica.html>>. Acesso em 15 de Jun. de 2023.

JAGDPANZER Sk 105 kurassier Light Tank/ Tank Destroyer (TD). Military Factory, 2019. Disponível em: <https://www.militaryfactory.com/armor/detail.php?armor_id=167>. Acesso em: 16 de Jun. de 2023.

MACHADO, Miguel. Fuzileiros Blindados (I). Operacional defesa, forças armadas e de segurança, 2010. Disponível em: <<https://www.operacional.pt/fuzileiros-blindados-i/>>. Acesso em: 16 de Jun. de 2023.

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-32.1. Manual de Blindados de Fuzileiros Navais**. Rio de Janeiro, 2020.

MARINS, C. S. et al. Título: O uso do método de análise hierárquica na tomada de decisões gerenciais – Um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29, 2009, Salvador. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Rio de Janeiro: Universidade federal fluminense, 2009. p. 1-12. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%2013.pdf>>. Acesso em: 20 de Jun. de 2023.

TONA, R. N. et al. Título: Aplicação do Método AHP para auxílio a tomada de decisão para gestores na escolha do tipo de embalagem no desenvolvimento de novas peças no setor automobilístico. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 14, 2017, Resende. Ética e gestão juntos por um crescimento sustentável. Rio de Janeiro: Universidade federal fluminense, 2017. p. 1-15. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos17/30025376.pdf>>. Acesso em: 20 de Jun. de 2023.

OS 10 MELHORES carros de combate. Centro de Instrução de Blindados, 2019. Disponível em: <<https://cibld.eb.mil.br/index.php/periodicos/a-forja/615-a-forja-nr-89>>. Acesso em: 21 de Jun. de 2023.

DUQUE, Y. O. Título: Análise comparativa entre as plataformas de combate Leopard 2A6 e Abrams M1A2 visando a futura substituição da plataforma de combate Leopard 1A5BR

do Exército Brasileiro. 67f. Monografia (Curso de ciências militares) – Academia Militar da Agulhas Negras, Resende, 2021.