



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

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE SYLVIO DE CAMARGO - CIASC
CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS DA MARINHA DO BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CT (Qc-FN) LUCIANO VOLPASSO DE CASTRO

**Modelagem para otimização do planejamento de desembarque nas
operações anfíbias**

PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU

RIO DE JANEIRO, RJ

2021

TÍTULO: MODELAGEM PARA OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE DESEMBARQUE NAS OPERAÇÕES ANFÍBIAS

AUTOR¹: CT (Qc-FN) LUCIANO VOLPASSO DE CASTRO

ORIENTADOR: ANDRÉ ANDRADE LONGARAY

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 – Dentro do contexto do planejamento paralelo e cíclico de uma operação anfíbia, a organização para o desembarque tende a ser um dos pontos mais complexos para o planejador. Visto que o oficial de desembarque não possui todas as informações desde o princípio de seu planejamento e que essas informações mudam constantemente com o decorrer do estudo da situação. Este trabalho visa facilitar a estruturação do plano de desembarque utilizando um programa computacional para resolver esse problema de transporte pelo método *simplex*. Deixando ao decisor apenas alguns ajustes de prioridades de desembarque e auxiliando nas mudanças de prioridade que possam ocorrer com o prosseguimento do planejamento. A motivação do uso dessa ferramenta surgiu da necessidade de apoiar o Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil. Trata-se de um estudo de caso durante uma das fases do Processo de Planejamento Militar, que culminará no plano de desembarque. A utilização da ferramenta possibilitou que o processo se tornasse mais eficiente, gerando uma resposta mais rápida às mudanças e uma resposta otimizada ao problema.

Palavras-chave: Operação Anfíbia. *simplex*. Corpo de Fuzileiros Navais. Plano de desembarque.

1 E-mail: luciano_volpasso@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Uma Operação Anfíbia é uma operação de Guerra Naval lançada do mar, por uma Força-Tarefa Anfíbia (ForTarAnf) sobre um litoral hostil ou potencialmente hostil e é conhecida como a mais complexa das operações militares. Parte de sua complexidade vem da dificuldade de se iniciar a operação sem nenhum poder de combate já em terra. Logo, a rapidez com que os meios e o pessoal desembarcam e iniciam seus trabalhos é crucial para o sucesso dessa ação militar.

A parte de uma Operação Anfíbia que trata do deslocamento dos navios de desembarque até a praia configura o movimento Navio-para-Terra (MNT) que é estruturado como Plano de Desembarque. Neste Plano é detalhado como e quando determinada fração de tropa ou viatura desembarcará, sendo um dos pontos mais importantes e complexos do planejamento.

O processo de planejamento de uma Operação Anfíbia segue o padrão da Marinha do Brasil (MB) para solução de problema militares chamado Processo de Planejamento Militar (PPM) que possui como características ser cíclico, contínuo e flexível. Logo, as soluções encontradas em um primeiro momento, podem ao longo do planejamento ser tornar inadequadas. Seja por alteração na prioridade de desembarque, na quantidade de meios disponíveis para desembarque ou até mesmo o valor da tropa desembarcada, o plano de desembarque deve acompanhar as alterações e gerar uma resposta para a seguinte pergunta: como utilizar os recursos disponíveis da melhor forma possível?

Utilizando os dados de planejamento das publicações da MB da capacidade de carga dos navios e ocupação. O plano de desembarque pode ser tratado com um problema logístico clássico e sua solução por ser obtida por Programação Linear, facilitada pela utilização de um software obtendo uma resposta ótima em um tempo menor.

O foco desse artigo acadêmico é no planejamento do MNT, organizando por programação linear quem, quando e como cada militar e viatura desembarcará. Deixando ao oficial de desembarque apenas alguns ajustes ao seu planejamento e gerando uma resposta mais confiável ao problema logístico, que hoje é resolvido pelo método da “tentativa e erro”.

Serão utilizados dados de um exercício e comparados os resultados com o gerado pelo programa. Também serão alterados alguns dados como perda de embarcações ou mudança de prioridade para checar se o resultado obtido é adequado ao planejamento.

Após esse estudo espera-se a maior utilização da tecnologia nos planejamentos, gerando considerável consistência aos resultados e maior velocidade nas possíveis alterações no decorrer do PPM. Busca-se, da mesma forma, uma expansão da utilização da Pesquisa Operacional no CFN nas suas diversas atividades.

2. MOVIMENTO NAVIO-PARA-TERRA (MNT)

Operação Anfíbia (OpAnf) segundo Brasil (2008), é uma Operação de Guerra Naval lançada do mar, por uma Força-Tarefa Anfíbia (ForTarAnf), sobre um litoral hostil ou potencialmente hostil.

Uma Força-Tarefa Anfíbia é uma organização formada para realizar uma Operação Anfíbia. É formada pelos meios da Armada da Marinha do Brasil (Corvetas, Fragatas, Navios de Desembarque de Carros de Combate, Navios de Desminagem entre outros) e a Força de Desembarque (ForDbq) nucleada pelo CFN e seus meios. Nesse tipo de operação os navios de transporte levam a ForDbq até próximo à Praia de Desembarque, onde os navios ou helicópteros com especialidade no desembarque de tropas e meios serão carregados e farão o movimento até a praia. Esse movimento final é denominado Movimento Navio-para-Terra (MNT).

O deslocamento dos navios para a praia é realizado em Vagas, que são os distintos momentos em que os diferentes meios chegam à areia. Não é possível o desembarque de toda a ForDbq a uma, pois não existem embarcações suficientes e a concentração de tropas se tornaria um alvo compensador para um ataque inimigo de aviação ou artilharia.

As primeiras vagas do MNT formam o Escalão de Assalto que são os primeiros militares a ocupar a Praia de Desembarque. Normalmente, utilizam para tal Viaturas Anfíbias que além de possuir a capacidade de transitar em água e terra, possuem grande blindagem e armamentos pesados.

O restante da tropa e viaturas que não possui capacidade anfíbia é desembarcada por Embarcações de Desembarque (ED) que tem capacidade de abicar na areia e desembarcar através de suas rampas. Essas embarcações em um terceiro momento realizam o desembarque dos meios logísticos e do suprimento necessário para toda a operação.

O MNT pode ser realizado através de helicópteros, mas devido sua baixa capacidade de carga e alto custo prioriza-se esse meio para ações pontuais que requerem um transporte para uma região afastada da praia, como em infiltrações de operações especiais ou apoio logístico helitransportado.

Segundo Brasil (2008) a complexidade de uma OpAnf decorre da diversidade de meios Navais, Aeronavais e de fuzileiros navais envolvidos, bem como, da dificuldade da edificação do poder de combate em terra partindo do zero.

O Plano de Desembarque é quem define como e quando cada fração e meio vai realizar o MNT. Para tal, ele tem como objetivo, mediante algumas prioridades, desembarcar o mais rápido e organizado possível a ForDbq.

3. O PROBLEMA

3.1 Descrição do Problema

O desembarque o mais rápido possível é o objetivo de um MNT bem-sucedido. Porém, existem limitações que impedem que ele seja realizado em uma única vaga gerando um problema logístico de transporte. Existe mais material, pessoal e viaturas para desembarcar do que o espaço existente nas embarcações.

As embarcações têm características diferentes, como velocidade e capacidade, e são utilizadas por mais de uma vez em um mesmo MNT. Portanto, o Plano de Desembarque tem a necessidade de um estudo para maximizar a ocupação dessas embarcações e minimizar o tempo total do MNT. E como a característica do planejamento é cíclica, flexível e contínua, os dados de número de embarcações, quantidade de viaturas e tropa podem mudar ainda na elaboração do plano. Desencadeando um novo rearranjo em todo MNT.

Sendo assim, a análise desse problema sobre a ótica da pesquisa operacional, geraria um resultado otimizado e através da utilização do *software* forneceria soluções praticamente instantâneas para as alterações das condições iniciais do problema.

3.2 Programação Linear

A Programação Linear (PL), uma das mais importantes técnicas utilizadas na PO, é um método que busca a otimização de um determinado problema e ou decisão que possui muitas soluções possíveis. Para tal, busca estabelecer maneiras eficientes para atingir os objetivos estabelecidos por meio da maximização ou minimização de uma função linear que é denominada “função objetivo” e respeitar um sistema linear de igualdades, denominados “restrições do modelo”. A região definida pelas restrições do modelo é denominada “região factível” e a melhor das soluções pertencentes a região factível é denominada “solução factível ótima” (CORRAR; THEÓFILO, 2004).

Um problema qualquer de programação linear é um problema de otimização, ou seja, a busca pela melhor dentre várias situações, utilizando um critério pré-estabelecido (BRONSON e NAADIMUTHU, 1997). Conforme (MARINS, 2011), para a resolução de um Problema de Programação Linear (PPL) dois passos são necessários. O primeiro é a modelagem do problema, seguindo-se o método de solução do modelo.

Em uma situação de desembarque real algumas informações sobre o inimigo ou terreno influenciarão na escolha da prioridade de cada fração ou viatura. Como algumas das prioridades são subjetivas e dependem de cada decisor. Esse estudo vai avaliar algumas possibilidades de emprego, fixando alguns parâmetros subjetivos e deixando o programa decidir objetivamente sobre os outros fatores.

3.3 Estruturação do Problema

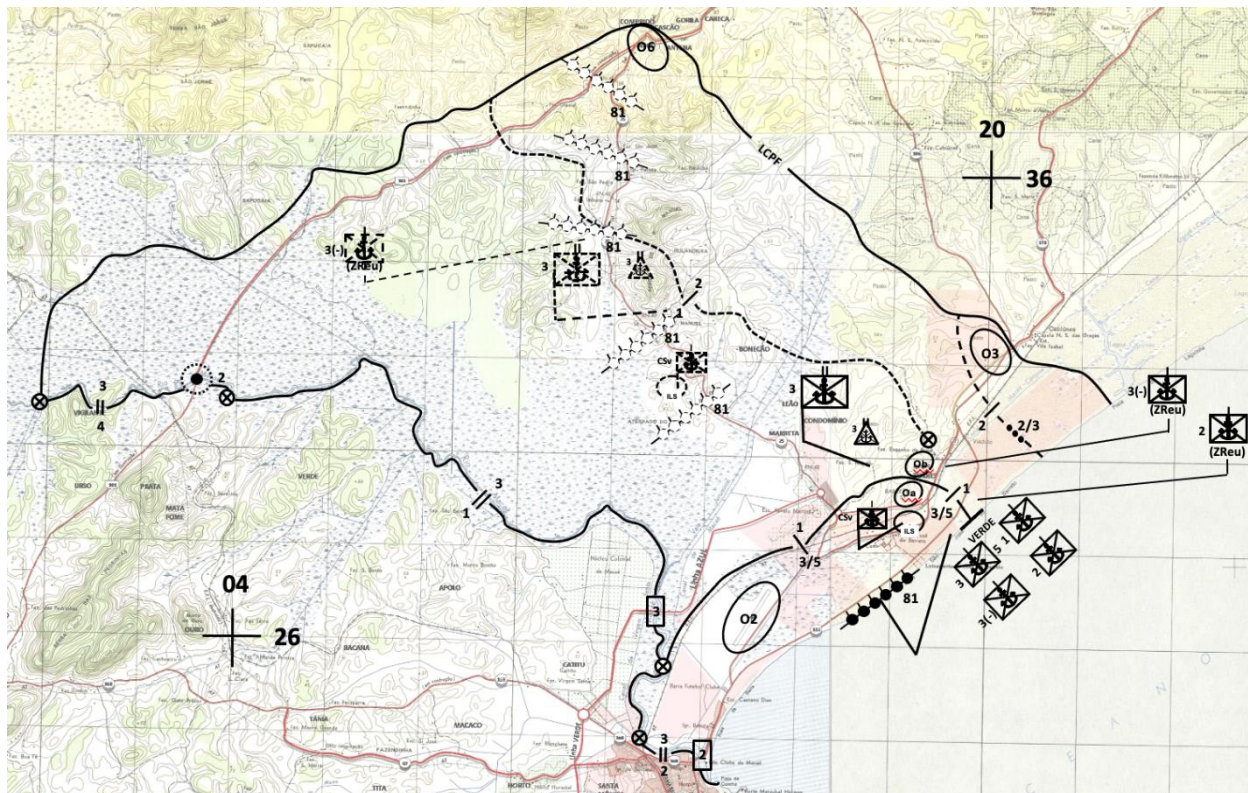
Como exemplificação para estudo, o exercício hipotético de um desembarque extraído do Tema-Base Furacão, um exercício realizado no Curso de Aperfeiçoamento Avançado para oficiais do CFN, onde um Grupamento de

Desembarque nível Batalhão (GDB) deve desembarcar na região de Macaé-RJ, conquistar uma parte da Cabeça de Praia (CP) definida pelo Escalão Superior e defendê-la de possíveis ataques inimigos para assegurar um posterior desembarque administrativo de uma Divisão de Exército.

Para isso, esse GDB recebeu a seguinte missão: “Desembarcar, por CLAnf e ED, à Hora-H do Dia-D, na Pdbq VERDE; conquistar e manter o Obj 2 (Aeroporto de MACAÉ) Q(14-26), o Obj 3 (Esp E de PCot 57) Q(20-32) e o Obj 6 (Altu de NECO) Q(12-38); ligar-se com o GDB-2 no PLig-2 e com o GDB-1 no PLig-3; e ficar em condições de realizar junção com o GDB-4 no Ponto de Junção nº 2, a fim de contribuir para a conquista da CP até D+2, sua defesa até D+6 e o apoio à ultrapassagem da 5ªDE.”

A figura 1 abaixo ilustra a situação hipotética apresentada, além de trazer de forma generalizada como que seria o desembarque das primeiras vagas. O detalhamento desse estudo se dá no plano de desembarque.

Figura 1: Calco de Operações



Fonte: O autor (2021)

De acordo com a doutrina o desembarque pode ser dividido em 2 etapas: A primeira com os elementos de assalto, que desembarcarão no primeiro momento e estarão utilizando as viaturas CLAnf. A segunda com o restante dos elementos de combate, apoio ao combate e apoio de serviço ao combate. Estes desembarcarão por Embarcações de Desembarque, que executarão a quantidade de abicagens necessárias ao completo transporte do GDB até a terra.

Como objetivo da modelagem, utilizar-se-á o tempo como fator a ser minimizado, com a busca da utilização da capacidade máxima de cada embarcação para uma quantidade menor de vagas de retorno.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Revisão Teórica

Um dos principais fatores em um determinado planejamento é o tempo e nesse estudo o fator tempo será abordado de duas formas. A primeira objetiva a redução do tempo total para o desembarque da tropa, otimizando a utilização das embarcações e reduzindo o número de viagens necessárias. A segunda tem como objetivo reduzir o tempo necessário para a construção do plano de desembarque, utilizando uma ferramenta computacional para uma solução mais rápida.

Decisões assim, são tomadas diariamente no âmbito militar, porém a experiência profissional e o método da “tentativa e erro” são os mais empregados. Levando à respostas equivocadas e consumindo um grande tempo no planejamento.

Apesar de ter surgido no ambiente militar a programação linear não se apresenta de forma recorrente nele. Sua utilização em um maior grau solucionaria diversos problemas operativos e administrativos como, por exemplo, Silva et al. (2004) que apresentou um modelo matemático de Programação Linear Inteira Binária (PLIB) para resolver o problema de escalas de trabalho para o serviço de guarda de soldados (militares) da Aeronáutica.

4.2 Método *simplex*

Ao analisarmos um problema de programação linear, pode-se observar que existem inúmeras soluções possíveis que responderiam corretamente ao problema. Mas devido à escassez de determinado fator essa resposta pode não ser a mais desejável. Por isso a necessidade de um método que dada às devidas iterações conduza o raciocínio para a melhor resposta dentre todas as possibilidades.

De acordo com Cormen (1999) o *simplex* é o algoritmo que examina um sequência de pontos dentro de uma região viável e encontra a solução ótima. Para (GOLDBARG, 2005), o algoritmo Simplex é o método mais utilizado para a solução de problemas de programação linear. É um procedimento algébrico iterativo que parte de uma solução básica factível inicial e busca, a cada iteração, uma nova solução básica factível com melhor valor na função objetivo, até que o valor ótimo seja atingido.

Para utilização do método *simplex* para minimização, segundo Belfiore e Fávero (2013), deve-se seguir o seguinte procedimento:

Início: O problema deve estar na forma padrão.

Passo 1: Encontrar uma Solução Básica Factível inicial para o problema de Programação Linear.

Passo 2: Teste da otimalidade.

Iteração: Determinar um Solução Básica Factível(SBF) adjacente melhor.

Como exemplo, tem-se o seguinte problema de minimização de programação linear:

$$\min z = 4x_1 - 2x_2$$

sujeito a:

$$2x_1 + x_2 \leq 10$$

$$x_1 - x_2 \leq 8$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Como o problema deve estar em sua forma padrão:

$$\min z = 4x_1 - 2x_2$$

sujeito a:

$$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 10$$

$$x_1 - x_2 + x_4 \leq 8$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

O conjunto inicial de variáveis não básicas é representado por x_1 e x_2 , enquanto o conjunto inicial de variáveis básicas é representado por x_3 e x_4 . A primeira SBF obtida foi a solução inicial $\{x_1, x_2, x_3, x_4\} = \{0, 0, 10, 8\}$, que ao passar pelo teste de otimalidade indicou não ser a melhor resposta. Pois o coeficiente da variável não básica x_2 na equação 0 é positivo.

Após a passagem pela primeira iteração, utilizando o método de eliminação de Gauss- Jordan. A Nova solução encontrada é $\{x_1, x_2, x_3, x_4\} = \{0, 10, 0, 18\}$ com $z = -20$. Sendo esta ótima, pois os coeficientes de todas as variáveis não básicas na equação 0 são não positivos.

Neste estudo a abordagem será em relação ao tempo. Logo, dada uma quantidade de embarcações e tropa, qual seria a solução que teria o menor tempo para a execução. Para essa resposta ótima, o algoritmo simplex será utilizado com a aplicação do *solver* do excel.

5. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Como base desse estudo, iniciaremos pela solução obtida por anos de desenvolvimento do tema nos cursos do CapA-CFN e sua comparação com o resultado obtido através da análise computacional dos dados.

Como dados do planejamento temos os meios disponíveis tabela 1 e suas características. O desembarque será dividido em duas etapas, as vagas de assalto compostas pelos elementos de assalto descritos na tabela 2 embarcados exclusivamente em CLAnf e as vagas de ED compostas pelos elementos descritos na tabela 3 embarcados em EDVM e EDCG.

Embarcação	Quantidade	Espaço de Embarcação Disponível	Espaço de Embarcação Total
CLAnf	20	22	440
EDCG	6	350	2100
EDVM	7	80	560

Tabela 1: Quadro de características das embarcações

Fonte: O autor (2021)

Frações	Quantidade	Espaço de Embarcação Unitário	Espaço de Embarcação Total
CialnfFuzNav com apoios	2	192	384
recon elemasc	1	10	10
CmdPelPion	1	3	3
Gppion	1	22	22
EqOA	2	2	4
CAA + ROP	1	3	3
GruObtina	3	1	3
tuOA	2	2	4

Tabela 2: Frações da vaga de assalto

Fonte: O autor (2021)

Frações e Viaturas	Quantidade	Espaço de Embarcação Unitário	Espaço de Embarcação Total
CialnfFuzNav + apoios	1	268	268
PelReconNBQR	1	36	36
M113 Comando	2	35	70
M113	24	35	840
VTR 1/2 (APF)	23	35	805
SK 105	8	40	320
Vtr 1/2 COM PelCom	5	35	175
Vtr 1/2 COM DCat TuLig	2	35	70
Vtr1/2 TNE CCS	18	35	630
vtr 1/2 rbq + 3 elengppol	1	38	38
Trator D-6	1	40	40
Vtr ambulância	2	25	50
Pá Carregadeira	1	40	40
Vtr 5 Ton c/ Reboque	10	70	700
Vtr 5 Ton	3	45	135
Trator D-4	1	40	40
Retroescavadeira	1	40	40
Vtr 5 Ton Te C	1	45	45

Tabela 3: Frações e viaturas das vagas de ED

Fonte: O autor (2021)

Cabe ressaltar que o programa não atende a certas nuances do planejamento, buscando somente a máxima utilização dos espaços de embarcação. Logo, para o desenvolvimento dessa perspectiva, foram realizadas mais duas análises: uma com a imposição de uma determinada prioridade e outra com a perda de embarcações durante o planejamento.

5.1 Análise das Vagas de Assalto

As vagas de assalto compreendem as primeiras e são utilizados CLAnf para o MNT. Como dados gerais do problema têm-se 433 espaços de embarque necessários e 440 disponíveis. O quadro comparativo entre a solução inicial e a gerada pelo *solver* pode ser observada na tabela 4.

Embarcação	Ocupação Inicial	Ocupação <i>solver</i>
CLAnf-1	22	22
CLAnf-2	22	22
CLAnf-3	22	22
CLAnf-4	20	22
CLAnf-5	22	22
CLAnf-6	20	22
CLAnf-7	22	22
CLAnf-8	22	22
CLAnf-9	22	22
CLAnf-10	21	22
CLAnf-11	21	22
CLAnf-12	21	22
CLAnf-13	22	22
CLAnf-14	22	22
CLAnf-15	22	22
CLAnf-16	22	22
CLAnf-17	22	22
CLAnf-18	22	22
CLAnf-19	22	22
CLAnf-20	22	15

Tabela 4: Quadro comparativo entre as soluções

Fonte: O autor (2021)

O resultado gerado pelo *software* buscou a ocupação máxima dos primeiros CLAnf. Deixando todo espaço disponível para a última unidade (CLAnf-20).

5.2 Análise das Vagas de ED

Após as vagas de assalto os demais elementos utilizam EDVM e EDCG para o desembarque. O máximo de embarcações por vaga foi estabelecido em 6 pelas características da praia de desembarque. Como dados gerais do problema tem-se 4342 espaços de embarque necessários e 2660 disponíveis. Portanto, para que o desembarque seja possível as embarcações, quando necessário, realizarão mais de uma viagem. As embarcações de segunda viagem são chamadas doutrinariamente de vagas de retorno. O quadro comparativo entre a solução inicial e a gerada pelo *solver* pode ser observada na tabela 5 para EDVM e tabela 6 para EDCG.

Embarcação	Ocupação Inicial	Ocupação <i>solver</i>	
EDVM-1	80	80	
EDVM-2	70	80	
EDVM-3	78	80	
EDVM-4	75	64	
EDVM-5	77	-	
EDVM-6	73	-	
EDVM-7	30	-	
EDVM-1 RETORNO	79	-	
EDVM-2 RETORNO	79	-	
EDVM-3 RETORNO	75	-	
EDVM-4 RETORNO	75	-	
EDVM-5 RETORNO	70	-	
EDVM-6 RETORNO	70	-	
EDVM-7 RETORNO	70	-	

Tabela 5: Quadro comparativo entre soluções para EDVM

Fonte: O autor (2021)

Embarcação	Ocupação Inicial	Ocupação <i>solver</i>
EDCG-1	257	335
EDCG-2	273	305
EDCG-3	222	320
EDCG-4	256	320
EDCG-5	290	320
EDCG-6	245	350
EDCG-1 RETORNO	262	350
EDCG-2 RETORNO	341	350
EDCG-3 RETORNO	315	350
EDCG-4 RETORNO	315	350
EDCG-5 RETORNO	280	338
EDCG-6 RETORNO	285	350

Tabela 6: Quadro comparativo entre soluções para EDCG

Fonte: O autor (2021)

O programa conseguiu uma ocupação de 96% nas EDCG contra 80% da solução anterior e como o planejador, também utilizou vagas de retorno para essa embarcação. Porém nas EDVM enquanto o planejador utilizou as sete EDVM e utilizou vagas de retorno, o *sol/ver* utilizou apenas quatro sem uma segunda viagem. Ou seja, para essa situação o desembarque teria três EDVM livres e terminaria em um tempo menor.

5.3 Análise com adoção de prioridade

O desembarque por ED teve como característica uma capacidade menor que a necessária, sendo resolvida pela utilização de algumas embarcações por mais de uma vez. O problema gerado é o tempo necessário para retornar ao navio e reembarcar os meios. Quando estão previamente embarcadas o tempo necessário para o desembarque é de 15 a 20 minutos, enquanto que o tempo para o retorno e embarque de novos meios passa a ser de 100 a 160 minutos. Como a diferença entre as primeiras vagas e as vagas de retorno são consideráveis, o planejador pode estabelecer prioridades nessas primeiras vagas. Nessa análise foram colocados como prioridade os meios de combate e apoio de fogo (tabela 7), que deverão estar ocupando as primeiras vagas.

Meio de combate	Quantidade	Espaço de Embarcação Unitário	Espaço de Embarcação Total
CialnfuzNav + apoios	1	268	268
M113 comando	2	35	70
M113	24	35	840
VTR 1/2 (APF)	23	35	805
SK 105	8	40	320

Tabela 7: Tropas e Viaturas de Combate e de Apoio de Fogo

Fonte: O autor (2021)

Com a determinação de prioridade, algumas células deixaram de ser variáveis e uma nova solução ótima foi encontrada. A comparação entre a solução ótima anterior e a nova com as prioridades atendidas pode ser observada nas tabelas 8 e 9.

Embarcação	Ocupação <i>solver</i>	Ocupação <i>solver</i> (com prioridades)
EDCG-1	335	320
EDCG-2	305	320
EDCG-3	320	325
EDCG-4	320	325
EDCG-5	320	320
EDCG-6	350	345
EDCG-1 RETORNO	350	260
EDCG-2 RETORNO	350	350
EDCG-3 RETORNO	350	350
EDCG-4 RETORNO	350	350
EDCG-5 RETORNO	338	350
EDCG-6 RETORNO	350	318

Tabela 8: Quadro comparativo entre soluções para EDCG (com prioridade)

Fonte: O autor (2021)

Embarcação	Ocupação <i>solver</i>	Ocupação <i>solver</i> (com prioridades)
EDVM-1	80	80
EDVM-2	80	80
EDVM-3	80	80
EDVM-4	64	64
EDVM-5	-	70
EDVM-6	-	35
EDVM-7	-	-

Tabela 9: Quadro comparativo entre soluções para EDVM (com prioridade)

Fonte: O autor (2021)

O programa conseguiu uma ocupação de 94% nas EDCG contra 96% da solução anterior utilizando vagas de retorno para essa embarcação. Porém, nas EDVM, enquanto o solução ótima inicial utilizou apenas 4 embarcações, a solução obtida com as restrições utilizou 6. O resultado final é um desembarque no mesmo tempo, porém restando apenas uma embarcação do tipo EDVM livre.

5.4 Análise com perda de meios de desembarque

A última análise desse artigo tem como premissa uma situação não prevista no planejamento inicial, a perda de uma embarcação. Nas análises anteriores a utilização dessas embarcações foi maior que 90%, então a proposta é saber qual seria o impacto na distribuição caso uma das EDCG fosse inutilizada antes do desembarque.

Agora como dados do problema teríamos 7 EDVM e 5 EDCG disponíveis e mantêm-se a prioridade de desembarque das tropas de combate nas primeiras vagas de EDVM e EDCG. O comparativo pode ser observado nas tabelas 10 e 11.

Embarcação	Ocupação <i>solver</i> (com prioridades)	Ocupação <i>solver</i> (com prioridades e perda de uma EDCG)
EDCG-1	320	350
EDCG-2	320	350
EDCG-3	325	350
EDCG-4	325	350
EDCG-5	320	343
EDCG-6	345	INUTILIZADA
EDCG-1 RETORNO	260	350
EDCG-2 RETORNO	350	350
EDCG-3 RETORNO	350	350
EDCG-4 RETORNO	350	350
EDCG-5 RETORNO	350	346
EDCG-6 RETORNO	318	INUTILIZADA

Tabela 10: Quadro comparativo entre soluções para EDCG(com prioridade e perda)

Fonte: O autor (2021)

Embarcação	Ocupação <i>solver</i> (com prioridades)	Ocupação <i>solver</i> (com prioridades e perda de uma EDCG)
EDVM-1	80	80
EDVM-2	80	80
EDVM-3	80	80
EDVM-4	64	80
EDVM-5	70	80
EDVM-6	35	80
EDVM-7	-	80
EDVM-1 RETORNO	-	80
EDVM-2 RETORNO	-	73
EDVM-3 RETORNO	-	70
EDVM-4 RETORNO	-	70
EDVM-5 RETORNO	-	-
EDVM-6 RETORNO	-	-
EDVM-7 RETORNO	-	-

Tabela 11: Quadro comparativo entre soluções para EDVM(com prioridade e perda)

Fonte: O autor (2021)

A perda de uma EDCG e o estabelecimento da prioridade de desembarque das tropas de combate e apoio de fogo nas primeiras vagas levaram a ocupação de 99% dos espaços de embarcação disponíveis nas EDCG. Nas EDVM, além da utilização de todas as 7 embarcações, foi necessário utilizar vagas de retorno para o desembarque de todos os meios.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise das vagas de assalto obteve como solução ótima do *solver* uma resposta próxima a do planejador. Isso se deve ao fato da necessidade de espaços de embarcação estar próxima ao máximo disponível. A reorganização proposta pelo programa abre a possibilidade de entrada de uma outra fração, que ocupe menos de 7 espaços de embarcação, no último CLAnf. Porém, tanto na solução do planejador quanto na do programa, todos os CLAnf foram utilizados.

A análise das vagas de ED é mais complexa que as de assalto e a ocupação inicial proposta pelo planejador era baixa. Logo, sem o estabelecimento de prioridades o programa distribuiu as frações e viaturas buscando a máxima ocupação. O resultado foi uma ocupação de 96 % das EDCG, tornando desnecessária uma vaga de retorno de EDVM e deixando 3 das 7 embarcações livres.

Para aproximar o planejamento do *software* ao que acontece na realidade, na terceira análise foram estabelecidas prioridades. Essas condições impostas levaram o *solver* a uma resposta diferente da inicial, com uma ocupação de 94% nas EDCG contra 96% da solução anterior e a utilização de 6 das 7 EDVM disponíveis. Essa solução, em um primeiro momento, parece pior que a anterior. Porém, é mais compatível com as subjetividades do planejamento e utilizaria o mesmo tempo para o desembarque total.

A última análise traz uma alteração dos dados iniciais do problema e a resposta do programa a esse novo problema. A perda de uma das EDCG e a manutenção das prioridades levaram a uma reorganização que resultou na utilização de vagas de retorno de EDVM, que até então não foram necessárias. Mesmo com a utilização de 99% das EDCG restantes, todas as 7 EDVM foram utilizadas e 4 delas fizeram uma segunda viagem.

De modo geral, todas as simulações tiveram resultado superior ao do planejador. Mesmo na simulação com prioridades e perda de uma embarcação, o resultado foi uma necessidade menor de embarcações nas vagas de retorno. Outro ponto a ser observado é que o método da “tentativa e erro” realizado pelo planejador necessita de horas ou até dias de dedicação do oficial de desembarque. Diferentemente da resolução pelo programa que com o modelo pronto é obtida em minutos.

7. CONCLUSÃO

Apesar da pesquisa operacional ter sido criada no âmbito militar, com o passar do tempo sua utilização foi abandonada. Este trabalho teve como finalidade mostrar que a utilização desses métodos torna mais simples um problema complexo. O desembarque é uma das partes mais críticas de uma Operação Anfíbia e todas as demais decisões são influenciadas por como e quando as frações e viaturas vão do navio para a terra.

As respostas obtidas pelo programa para os diversos problemas estabelecidos por este estudo geraram respostas melhores que as definidas pelo planejador sem o uso desse método. A utilização de menos meios, deixando os remanescentes livres para um diferente emprego pode determinar o sucesso ou fracasso da operação militar. O método *simplex* via programa *solver* do excel mostrou que serve como ferramenta para um planejamento melhor e mais rápido.

Por fim, espera-se difundir a ferramenta que é pouco utilizada no âmbito do CFN e da MB e que a partir de seu estudo, outros problemas sejam facilitados pela sua utilização.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRAR, L. J.; THEÓFILO, C. R. **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

MARINS, F. A. S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

BRONSON, R.; NAADIMUTHU, G. **Operations Research**. 2 Ed. New York: McGraw-Hill, 1997.

CORMEN, Thomas H. **Introduction to algorithm**. 23. ed. MIT: McGraw-Hill, 1999.

GOLDBARG, H. P. L. L. M. C. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-1-1: Manual de Operações Anfíbias dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais**. Rio de Janeiro. 2008.

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-1003: Manual Básico do Fuzileiro Naval**. Rio de Janeiro. 2008.

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-334.2: Manual de Embarque e Carregamento dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais**. Rio de Janeiro. 2008.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **MD35-G-01: Glossário das Forças Armadas**. Brasília. 2015.

SILVA, T. C. L. et al. **Determinação de escalas de plantão para militares considerando preferências e hierarquia**. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro. 2004

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO

CT (Qc-FN) LUCIANO VOLPASSO DE CASTRO

**MODELAGEM PARA OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE DESEMBARQUE NAS
OPERAÇÕES ANFÍBIAS**

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.