

TRANSPORTE MULTIMODAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL BRASILEIRA CASO DA 8ª REGIÃO MILITAR

Newton Carlos de Oliveira Portella

Instituto Militar de Engenharia
Praça Gen. Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro - RJ, 22290-270
newtoncarlos99@gmail.com

Orivalde Soares da Silva Júnior

Instituto Militar de Engenharia
Praça Gen. Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro - RJ, 22290-270
orivalde@yahoo.com.br

RESUMO

Os transportes têm sido um dos grandes gargalos para a logística militar. Neste trabalho são apresentados problemas de distribuição de suprimentos com origem em Belém-PA e Marabá-PA para as cidades de Santarém-PA, Altamira-PA, Tucuruí-PA, Itaituba-PA, Imperatriz-MA, São Luís-MA e Macapá-AP, apoiadas pela 8ª Região Militar, com diferentes modais a serem empregados. Para a modelagem foram consideradas que as vias de transporte operam sem restrições de trafegabilidade e as disponibilidades de suprimento nas duas origens atendem plenamente as necessidades. Foi utilizado o software AIMMS para a otimização do problema de transporte com o objetivo de minimizar os custos de transporte por modal. Os conceitos teóricos e dados numéricos foram coletados de manuais militares, de documentos do Exército e de um artigo científico sobre a logística na 8ª RM. Os resultados apontaram que Belém supriria Macapá pelo modal fluvial e, as demais cidades seriam supridas por Marabá pelo modal rodoviário.

Palavra-chave: Transporte multimodal; Amazônia Oriental; Otimização; 8ª Região Militar

ABSTRACT

Transportation has been one of the major difficulties for military logistics. This paper presents problems of distribution of supplies from Belém-PA and Marabá-PA to the cities of Santarém-PA, Altamira-PA, Tucuruí-PA, Itaituba-PA, Imperatriz-MA, São Luís-MA and Macapá-AP, supported by the 8th Military Region, with different modalities to be employed. For the modeling it was considered that the transport routes operate without traffic restrictions and the availability of supplies from both origins fully meet the needs. The AIMMS software was used to optimize the transport problem in order to minimize transport costs by modal. Theoretical concepts and numerical data were collected from military manuals, Army documents and a scientific paper on logistics in the 8th RM. The results indicated that Belém would supply Macapá by the fluvial modal, and the other cities would be supplied by Marabá by the modal road.

Keywords: Multimodal Transport; Eastern Amazon; Optimization; 8th Military Region

Como Citar:

PORTELLA, Newton Carlos de Oliveira; SILVA JÚNIOR, Orivalde Soares da. Transporte Multimodal na Amazônia Oriental Brasileira, Caso da 8ª Região Militar. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019.

1. INTRODUÇÃO

O transporte na Região Amazônica é dificultado por uma série de fatores fisiográficos, característicos da região, além das grandes distâncias a serem percorridas para a distribuição dos materiais levando-se em conta, também, a escassez de vias de ligação entre as cidades devido ao menor grau de desenvolvimento da região norte do Brasil. São utilizados com maior frequência os modais fluvial, rodoviário e aéreo. Neste trabalho vamos nos ater somente aos dois primeiros modais.

Atualmente os suprimentos que chegam em Belém-PA (8º D Sup) são oriundos do Rio de Janeiro e são transportados por meio rodoviário por caminhões do Exército, percorrendo o eixo sul-norte. Ao chegarem no destino, são conferidos, recebidos, loteados e distribuídos em frações menores para as Organizações Militares supridas pelo 8º D Sup, localizadas em diferentes cidades, uma delas é Marabá-PA (BRASIL, 2017).

Pela cidade de Marabá passam os comboios com destino a Belém, no entanto por questões administrativas, todo o suprimento deve ser entregue em Belém para os procedimentos de conferência e distribuição. Após o loteamento, o suprimento de Marabá segue de volta agora no sentido Belém – Marabá, transportando-se esse suprimento duas vezes, caracterizando o transporte para a retaguarda (BRASIL, 2017).

Para cada tipo de material utilizado pelo Exército é atribuída uma classificação militar conforme a finalidade de emprego. Tais itens de suprimento recebem a classificação de I a X. Os de classe I são itens de subsistência para a tropa, incluindo ração animal e água. Os de classe III são os combustíveis; os de classe V são os referentes ao armamento e munição e os de classe VIII os de saúde humana e veterinária. (BRASIL, 2018). A maioria dos suprimentos transportados e com maior constância referem-se à classe I.

A logística militar possui um aspecto diferencial uma vez que deve contar com a estrutura necessária de apoio para os casos de guerra e de não guerra. De forma geral, “cada Força Singular deve dispor dos meios de transporte orgânicos mais adequados às suas atividades específicas, a fim de apoiar as próprias operações” (BRASIL, 2013).

Nessa esteira, podemos considerar que as três Forças Armadas (FA) têm condições de realizar sua própria logística militar sem depender de outros setores. Por vezes há redundância de atividades de transportes que poderiam ser planejadas para que fossem executadas por uma combinação de meios militares de pelo menos duas FA de forma conjunta. A este emprego conjunto denomina-se Logística Militar Conjunta que é definida como “a sinergia das logísticas realizadas pela Marinha, pelo Exército e pela Aeronáutica, sob um comando único, para proporcionar o apoio logístico adequado e contínuo à consecução das missões nas operações conjuntas (BRASIL, 2011).

Sobre a questão da integração, o Ministério da Defesa instituiu o Sistema de Transporte de Defesa (STD), com a finalidade de “atuar como agente integrador das diversas estruturas relacionadas à logística de transportes das forças Armadas e dos meios que

possam ser contratados e/ou mobilizados”. A atribuição de gerenciamento é dada ao Estado-Maior Conjunto da Forças Armadas e as coordenações feitas pela Chefia de Logística e Mobilização (BRASIL, 2013).

O objetivo deste artigo é propor um modelo de programação linear para minimizar o custo de transporte para a distribuição de suprimentos sob responsabilidade da 8ª RM, tendo enfoque na escolha dos modais de transporte de menor custo da tonelada por quilômetro, considerando que as rodovias de ligação entre as origens e destinos estão em boas condições de trafegabilidade.

O trabalho segue estruturado em mais quatro itens a partir da Introdução. Na Seção 2 é apresentada a revisão bibliográfica nos manuais do Exército e em artigos científicos. Foi estudado o problema de transportes e criado um modelo matemático a ser inserido em software de otimização. Na Seção 3 são elencados os dados e o modo como foram obtidos, interpretados e tratados para que estivessem adequados à inserção no software. Na Seção 4 são apresentados os resultados com as alocações de fluxos para cada par origem/destino, por modo de transporte e com o menor custo possível. Por fim, na Seção 5 são apresentadas as considerações finais.

2. METODOLOGIA

O presente artigo pretende indicar os volumes e modos de transporte a serem utilizados em cada trecho de distribuição para o transporte de suprimentos na área de responsabilidade da 8ª Região Militar que impliquem em menor custo para o Exército Brasileiro (EB), levando-se em consideração que os dois modos de transporte utilizados com maior frequência pelo EB na região do Estado do Pará são os modos rodoviário e fluvial.

Tem-se como base as informações contidas em PITZ et al. (2017), o conhecimento prévio do autor acerca das condições de transporte da 8ª Região Militar (8ª RM) contida na Portaria nº 019-EME, de 27 de janeiro de 2016 - Diretriz para otimizar a logística no Comando Militar da Amazônia (CMA), no Comando Militar do Norte (CMN) e no Comando Militar do Oeste (CMO) (EB20-D-03.001) e de outras fontes de informações que são citadas no decorrer do artigo.

PITZ et al. (2017) traz uma sugestão de otimização de rotas rodoviárias e fluviais a serem utilizadas para a distribuição de suprimentos na área de responsabilidade da 8ª RM, dentro do estado do Pará-PA e, deste Estado, à outras Organizações Militares localizadas nos estados do Amapá-AP e Maranhão-MA por conta da proximidade dos Órgãos Provedores (OP) que são os Centros de Distribuição para a logística (8º Depósito de Suprimento, em Belém-PA e 23º Batalhão Logístico de Selva em Marabá-PA).

Neste artigo as cidades de Belém e Marabá serão consideradas como OP e com capacidade suficiente para atender todas as outras sete cidades na plenitude das suas demandas. As restrições pelas condições de trafegabilidade das vias rodoviárias e fluviais não foram consideradas, sendo uma sugestão de pesquisa futura.

São utilizados dados de custos e distâncias do trabalho de PITZ et al. (2017) e outros parâmetros inseridos e calculados a fim de compor os dados necessários para a aplicação do modelo matemático.

2.1. OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS E MODAL

A descrição da modelagem utilizada é a seguinte. Os índices representam os conjuntos de informações para a modelagem do problema, assim, o índice o representa uma cidade de origem dentro do conjunto das cidades de origem O ; o índice d representa uma cidade de destino dentro do conjunto de cidades de destino D e o índice m representa o modal utilizado para transporte do suprimento de uma cidade de origem o para uma cidade de destino d , dentro do conjunto de modais M . A seguir são apresentados os dados dos conjuntos:

$$o \in O = \{\text{Belém, Marabá}\}$$

$$d \in D = \{\text{Santarém, Itaituba, Altamira, Macapá, Tucuruí, Imperatriz, São Luís}\}$$

$$m \in M = \{\text{Rodoviário, Fluvial}\}$$

Os parâmetros considerados foram: C_{odm} = Custo de transporte das origens o para os destinos d , por meio dos modais m , em R\$/tonelada; D_d = Demanda por suprimentos em cada destino d , em toneladas; S_o = Suprimentos disponíveis em cada origem o , em toneladas. As variáveis de decisão são: x_{odm} = Quantidade de suprimentos da origem o para o destino d , por meio do modal m , em toneladas.

$$\text{Min} \sum_{o \in O} \sum_{d \in D} \sum_{m \in M} C_{odm} * X_{odm} \tag{1}$$

$$\text{s.a.} \sum_{o \in O} \sum_{m \in M} x_{odm} \geq D_d \forall d \in D \tag{2}$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{m \in M} x_{odm} \leq S_o \forall o \in O \tag{3}$$

$$X_{odm} \geq 0 \forall o \in O, d \in D, m \in M \tag{4}$$

A função objetivo (1) expressa que o somatório dos custos em R\$, por unidade transportada em toneladas, das duas origens para os sete destinos por meio de dois tipos de modal, seja a mínima apresentada. As restrições (2) garantem que a quantidade total de suprimentos transportados das origens pelos dois modais devem atender as demandas dos destinos. As restrições (3) garantem que a quantidade total de suprimentos recebidos nos destinos não deve ultrapassar a quantidade de suprimentos disponíveis nas origens. As restrições (4) garantem que os fluxos alocados não sejam negativos.

3. DADOS E DISCUSSÕES DOS MÉTODOS

3.1. DADOS DE DISTÂNCIA E CUSTOS DE TRANSPORTE

Os dados básicos de distância e custos foram obtidos com base nas informações de PITZ et al. (2017) para a confecção da tabela de custos de transporte de 1 tonelada por quilômetro percorrido nos trechos considerados. O cálculo foi feito da seguinte forma, considerou-se como origens as OM sediadas em Belém-PA (8º D Sup) e em Marabá-PA (23º B Log) para as rotas de distribuição de suprimentos. Assim, as saídas partirão dessas cidades com destino a 7 outras cidades: Santarém-PA, Itaituba-PA, Altamira-PA, Macapá-AP, Tucuruí-PA, Imperatriz-MA e São Luís-MA.

Foram consideradas as rodovias que ligam as cidades de origem às de destino como em boas condições de trafegabilidade, levando-se em consideração a expectativa de

pavimentação da rodovia BR-163 para ano de 2019, conforme informações na página do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), no qual o trecho entre a divisa do estado do Mato Grosso-MT e o município de Santarém-PA serão pavimentados. DNIT (2018).

Podem ser utilizados os modais rodoviário e/ou fluvial para os transportes das cidades de origem para as cidades de destino, pois há cidades que não tem acesso a rodovias e rios simultaneamente. As Tabelas 1 e 2 abaixo sintetizam as informações.

Tabela 1 – Modais disponíveis com origem em Belém

Origem	Destinos	Modais Disponíveis
O1 - Belém-PA	D1 - Santarém-PA	Rdv e Flu
	D2 - Itaituba-PA	Rdv e Flu
	D3 - Altamira-PA	Rdv e Flu
	D4 - Macapá-AP	Flu
	D5 - Tucuruí-PA	Rdv
	D6 - Imperatriz-MA	Rdv
	D7 - São Luís-MA	Rdv

Tabela 2 – Modais disponíveis com origem em Marabá

Origem	Destinos	Modais Disponíveis
O2 - Marabá-PA	D1 - Santarém-PA	Rdv
	D2 - Itaituba-PA	Rdv
	D3 - Altamira-PA	Rdv
	D4 - Macapá-AP	Sem ligação
	D5 - Tucuruí-PA	Rdv
	D6 - Imperatriz-MA	Rdv
	D7 - São Luís-MA	Rdv

Com as informações das distâncias em quilômetros entre as cidades (Tabelas 3 e 4) e com o custo da tonelada por quilômetro para cada origem e destino (Tabelas 5 e 6), foram obtidos os custos de transporte em ton/km (Tabelas 7 e 8). As rotas fluviais são aquelas que tem custo de R\$ 0,19 ton/Km. As demais são rotas rodoviárias com custos de R\$ 0,06; R\$ 0,09 e R\$ 0,12, também em ton/Km.

Tabela 3: Distâncias rodoviárias e fluviais em Km com origem em Belém

Origem Belém (O1)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
	Santarém	Itaitub	Altamir	Macap	Tucuruí	Imperatri	São Luís
	m	a	a	á		z	
Distância Rdv	1397	1315	829	-	456	594	792
Distância Flu	876	1132	840	515	-	-	-

Fonte: Adaptado pelo autor (PITZ et al., 2017)

Tabela 4: Distâncias rodoviárias e fluviais em Km com origem em Marabá

Origem Marabá (O2)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
	Santarém	Itaitub	Altamir	Macapá	Tucuruí	Imperatri	São Luís
		a	a			z	
Distância Rdv	1059	958	501	-	287	235	805
Distância Flu	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado pelo autor (PITZ et al., 2017)

Tabela 5: Custo ton/Km da rota (R) por trecho (o,d), com origem em Belém O1

	Rotas	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17
Custo ton/Km (R\$)	Rdv	0,12	0,1	0,1	-	0,0	0,07	0,18
	Flu	0,19	0,1	0,1	0,19	-	-	-
			2	2		7		
			9	9				

Fonte: Adaptado pelo autor (PITZ et al., 2017)

Tabela 6: Custo ton/Km da rota (R) por trecho (o,d), com origem em Marabá O2

	Rota	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27
Custo ton/Km (R\$)	Rdv	0,12	0,12	0,1	-	0,09	0,06	0,09
	Flu	-	-	-	-	-	-	-
				2				

Fonte: Adaptado pelo autor (PITZ et al., 2017)

Tabela 7: Custo (C) de transporte da ton por trecho (o,d) por modal (M). Origem Belém

Origem Belém	Modais	
	Rodoviário	Fluvial
D1 - Santarém-PA	168	166
D2 - Itaituba-PA	158	215
D3 - Altamira-PA	99	160
D4 - Macapá-AP	-	98
D5 - Tucuruí-PA	32	-
D6 - Imperatriz-MA	42	-
D7 - São Luís-MA	143	-

Tabela 8: Custo (C) de transporte da ton por trecho (o,d) por modal (M). Origem Marabá

Origem Marabá	Modais	
	Rodoviário	Fluvial
D1 - Santarém-PA	127	-
D2 - Itaituba-PA	115	-
D3 - Altamira-PA	60	-
D4 - Macapá-AP	-	-
D5 - Tucuruí-PA	26	-
D6 - Imperatriz-MA	14	-
D7 - São Luís-MA	72	-

3.2. Demanda Anual de Suprimentos

PITZ et al. (2017) consolidou uma tabela com as demandas semanais de suprimentos secos e frigorificados de cada cidade de destino onde existem unidades militares a serem abastecidas. A Tabela 9 é um extrato da tabela original de referência. Observou-se também que nos resultados obtidos no trabalho de PITZ et al. (2017) há destinos que são abastecidos 11 vezes durante o ano. Assim, para que se possa ter uma melhor representação do consumo anual foram multiplicados os consumos semanais pela quantidade de semanas de um ano, tendo como resultados os dados da Tabela 10. Dessa forma foram obtidas as demandas de suprimento em toneladas por ano para cada cidade de destino.

Tabela 9: Demanda semanal de suprimentos

Código		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Cidade		Santarém	Itaitub a	Altamir a	Macapá	Tucuru í	Imperatri z	São Luís
Consumo	Seco (ton)	2,86	1,77	2,09	1,82	0,54	0,94	1,11
Semanal	Frigo (ton)	4,8	2,8	1,2	2,7	0,3	0,9	0,8

Fonte: O autor

Tabela 10: Demanda anual de suprimentos

Código	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1
Cidade	Santarém	Itaitub a	Altamir a	Macap á	Tucuru í	Imperatri z	São Luís	Santarém
Demand	Seco (ton)	148,72	92,04	108,68	94,64	28,08	48,88	57,72
a anual	Frigo (52 semanas)	249,6	145,6	62,4	140,4	15,6	46,8	41,6
	Totais	398	238	171	235	44	96	99

Fonte: PITZ et al. (2017)

3.3. Oferta Anual de Suprimentos

Para se completar as informações necessárias à modelagem do problema de escolha do modal de menor custo, foram inseridos valores para as ofertas de suprimentos de tal forma que não haja restrições para a distribuição em todas as cidades de destino. A intenção é que na resolução do problema, o software entenda que há a mesma disponibilidade de suprimentos para as duas origens (Belém e Marabá) estando sem restrições para o fornecimento a todos os destinos, apontando, ao final da otimização, as rotas rodoviária ou fluvial de menor custo para a distribuição. Assim, a Tabela 11 mostra os valores inseridos, maiores que os valores das demandas apresentadas na Tabela 10.

Tabela 11: Ofertas de suprimentos para distribuição. Iguais para Belém e Marabá

Código		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Cidade		Santarém	Itaitub a	Altamir a	Macapá	Tucuru í	Imperatriz	São Luís
Ofertas	Seco e Frigo	410	245	180	240	50	100	105
	Total	1330						

Fonte: O autor.

4. RESULTADOS

Para a obtenção dos resultados de otimização foi utilizado o software de modelagem AIMMS, onde foram inseridos os dados da Tabela 10 e o modelo matemático construído de acordo com as características do problema de transporte. Como resultados, o AIMMS indicou as rotas rodoviárias e fluvial de menor custo de transporte para atendimento integral das demandas em cada cidade. A Tabela 12 consolida os resultados.

Tabela 12: Resultado otimizado da distribuição de suprimentos por modal

Origens	Modal	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
----------------	--------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

		Santarém	Itaitub a	Altamir a	Macapá	Tucuru í	Imperatri z	São Luís
Belém	Fluvial	0	0	0	235	0	0	0
Marabá	Rodoviári o	398	238	171	0	44	96	99

Fonte: O autor.

Nesta distribuição, o Órgão Provedor em Belém (8º D Sup) estará apenas com a cidade de Macapá a suprir por meio do modal fluvial. O resultado mostrou-se coerente visto que a única rota viável de ligação só poderia ser estabelecida por meio fluvial e não havia ligação entre Marabá e Macapá a não ser passando por Belém.

Para o Órgão Provedor em Marabá, foram escolhidas todas as rotas rodoviárias para entrega do suprimento, o que também se mostra coerente visto que este OP se localiza em uma posição central e mais eixada com todas as cidades de destino, à exceção de Macapá. O custo total para a execução do transporte, com os parâmetros utilizados, foi de R\$ 120.822,00. Esses custos referem-se a entrega em uma única vez ao ano, de todo o suprimento necessário às cidades de destino. No trabalho de PITZ et al. (2017) foram considerados os custos com as diversas viagens necessárias para restabelecer os níveis e segurança de suprimentos nas cidades de destino. O modal fluvial é, para este caso analisado, o modal com maior custo comparado com o modal rodoviário, portanto deve ser mantido apenas para os casos em que não haja ligação rodoviária.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A logística na região amazônica tem um histórico de desafios traduzidos pelo clima, pela precariedade de infraestrutura existente e pelas grandes distâncias a serem percorridas para a realização dos transportes de carga e pessoal. As atividades logísticas de transportes militares devem atender a demanda no tempo e na quantidade necessária à continuação das operações militares em determinada área. Nesse sentido, cada FA tem os meios necessários para prover seu sustento em operações sem a dependência imediata de outros setores. Na doutrina militar há a previsão da estrutura do Sistema de Transportes de Defesa que poderá agir como integrador da logística de transportes das três FA a fim de melhor empregar os meios disponíveis na região. A preponderância no uso do transporte rodoviário a partir de Marabá se mostra alinhado com a proposta de criação de um entreposto logístico nessa cidade por estar mais bem eixada com as outras cidades supridas inicialmente por Belém.

Com os resultados do modelo apresentado neste artigo, eliminou-se o transporte para a retaguarda, portanto Belém irá suprir somente a cidade de Macapá por meio fluvial por ser a única rota viável disponível. Por fim, este trabalho mostrou uma opção para a distribuição do suprimento no âmbito da 8ª RM, com o emprego do modal rodoviário a partir de Marabá e com o emprego do modal fluvial a partir de Belém. Procurou-se também sugerir novas pesquisas sobre a influência do clima nas condições de utilização de vias de transporte de cada modal, com vistas a determinar se tais condições impediriam ou restringiriam os transportes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL. Manual de Campanha: Logística Militar Terrestre. EB70-MC-10.238. 1ª ed. Brasília: Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, 2018. 115p.

- [2] BRASIL. Manual de Transporte para Uso nas Forças Armadas: MD34-M-04. Brasília: Ministério da Defesa, Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas, 2013. 66p.
- [3] BRASIL. Doutrina de Operações Conjuntas: MD30-M-01.1ª ed. 3º volume. Brasília: Ministério da Defesa, Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas, 2011. 162p
- [4] BRASIL. Estudo Inicial para a Implantação do Entrepósito Logístico em Marabá (HUB Logístico). 20 Nov 17. 4p. 23º Batalhão Logístico de Selva, Exército Brasileiro, Marabá.
- [5] DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (2018), Operação na BR-163/PA avança em 2018, link: <http://www.dnit.gov.br/noticias/operacao-na-br-163-pa-avanca-em-2018>, Acessado em 14 de maio de 2019.
- [6] Pitz, I. B., Fiaco, R. M. D., Diniz, M. V., e Lopes, L. A. S. ([s.d.]) OTIMIZAÇÃO DE ROTAS DENTRO DA 8ª REGIÃO MILITAR DO EXÉRCITO, 19.
- [7] Portaria nº 019-EME, de 27 de janeiro de 2016 - Diretriz para otimizar a logística no Comando Militar da Amazônia (CMA), no Comando Militar do Norte (CMN) e no Comando Militar do Oeste (CMO) (EB20-D-03.001)