

# **METODOLOGIA PARA LOCALIZAÇÃO DE UM TERMINAL CARGA POSTAL COM AUXÍLIO DO SIG, SR E MAH**

ANDRÉ DANTAS

Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Canterbury, Nova Zelândia

YAEKO YAMASHITA

Mestrado em Transportes, Universidade de Brasília, Brasil

PASTOR W. G. TACO

Departamento de Transportes, Universidade de São Paulo, USP-EESC, Brasil

## **RESUMO**

Descreve-se uma metodologia para localização de um terminal de carga da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT) através do uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), do Sensoamento Remoto (SR) e do Método de Análise Hierárquica (MAH). Propõe-se que através dessa metodologia sejam consideradas características urbanas que afetam o problema da localização de terminais de carga. O estudo de caso na cidade de Sobradinho, Distrito Federal, mostra a eficiência da metodologia, sendo que a consideração de variáveis geográficas e espaciais (declividades, atalhos e padrões de uso do solo) resulta em análises mais realísticas do que abordagens tradicionais.

## **ABSTRACT**

We describe a methodology for the location of a freight terminal of the Brazilian Postal and Telegraphic Enterprise (ECT) by using the Geographical Information System (GIS), Remote Sensing (RS) and Analytical Hierarchical Process (AHP). We propose that through this methodology urban characteristics, which affect the location problem of freight terminals, are considered. Case study in Sobradinho City, Federal District proved the efficiency of the methodology, given that the consideration of geographical – spatial variables (slopes, shortcuts and land use patterns) resulted in a more realistic analysis than traditional approaches.

## **1. INTRODUÇÃO**

A Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT) atua majoritariamente no transporte de objetos postais. Através da rede de atendimento da ECT, é possível coletar e distribuir os mais variados tipos de objetos postais, que contribuem para gerar benefícios sociais e econômicos por todo o território nacional. Devido a complexidade da rede logística envolvida nas operações da ECT e ao mercado competitivo em que opera, planejadores da empresa têm buscado melhorar, cada vez mais, os serviços e ao mesmo tempo reduzir custos, com qualidade e eficiência.

Nesse sentido, diversas têm sido as iniciativas em todos os setores da empresa. Entre elas, destaca-se a localização dos terminais de carga, que são utilizados nas operações de transporte da carga postal. São vários os tipos de terminais utilizados, buscando conciliar diferentes modos de transportes. Especificamente em relação aos terminais de carga da ECT, eles têm função fundamental dentro da rede da empresa, uma vez que estão diretamente ligados a estrutura de produção e conseqüentemente ao custo final dos serviços oferecidos ao público.

Um dos tipos de terminais mais importante, dentro da estrutura de produção da ECT, é o Centro de Distribuição Domiciliar (CDD). Esse tipo de terminal é geralmente de pequeno porte e localizado em áreas urbanas, porque a partir dele são realizadas as atividades de Coleta e Distribuição (C/D). Todos os deslocamentos realizados à pé, de moto e por kombis começam e terminam nesses terminais. Dessa forma, o correto dimensionamento e localização

dos CDDs são decisivos para que as operações de transporte de carga postal sejam realizadas com sucesso.

Especificamente em relação a localização dos CDDs, essa decisão pode afetar significativamente os custos e a eficiência da empresa. Considerando que existem cerca de 7 mil CDDs espalhados por todo o território brasileiro, que atendem pequenas cidades, bairros, ruas e conjuntos habitacionais, torna-se crucial definir corretamente o local para a instalação dos CDDs. Ademais, no contexto brasileiro, onde as áreas urbanas estão em constante transformação, é preciso estar continuamente avaliando se alterações na demanda de carga postal afetam ou vão afetar a localização dos CDDs (Sato, 1974).

Para a determinação da localização de um CDD, dentro de uma área de atendimento, deve-se buscar a minimização dos custos de instalação (aluguel) e operacionais relacionados as atividades de C/D (veículos, pessoais terminais, combustível, etc). O CDD geralmente utiliza-se de imóveis alugados, devido a natureza evolutiva da demanda postal, o que não justifica a realização de investimentos para construção dos terminais. Já em relação aos custos operacionais, dependem das atividades diárias de C/D, que por sua vez, estão relacionadas as características da área de atendimento tais como densidade populacional, sistema de transporte, atributos geográficos, atividades econômicas e uso do solo.

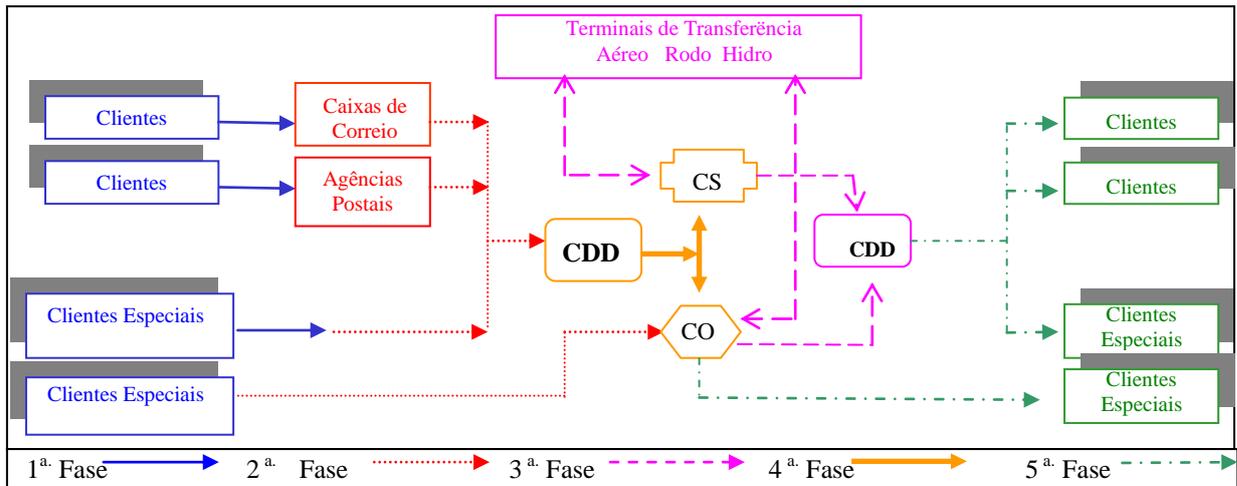
Todavia, ao analisar a metodologia atualmente aplicada pela ECT (ECT, 1991) e os modelos logísticos (Novaes, 1989) verifica-se que ambos são limitados na representação da realidade urbana influenciando a localização desse tipo de terminal. Ambos assumem muitas simplificações que podem comprometer a correta localização do CDD. Por um lado, a metodologia da ECT é extremamente simplificada ao representar as atividades de C/D, concentrando-se mais na avaliação da demanda de carga postal. Por outro lado, os modelos logísticos para localização de terminais foram concebidos para situações totalmente diferentes dessa do CDD, o que praticamente inviabiliza a aplicação direta dos mesmos (Daskin, 1985).

Neste contexto, este trabalho propõe uma metodologia que permita considerar a complexidade da realidade urbana na qual se insere a ECT e que afeta a localização de um CDD através do uso do SIG, SR e MAH. Após esta introdução, descreve-se a estrutura logística da ECT associada ao CDD, buscando o entendimento do problema da localização desse terminal. Em seguida, descreve-se a metodologia para localização de um CDD. Passa-se então a descrição do estudo de caso, onde a metodologia é aplicada a cidade de Sobradinho, Distrito Federal. Baseando-se nos resultados obtidos, apresenta-se as conclusões sobre este trabalho.

## **2. CDD NO CONTEXTO LOGÍSTICO DA ECT**

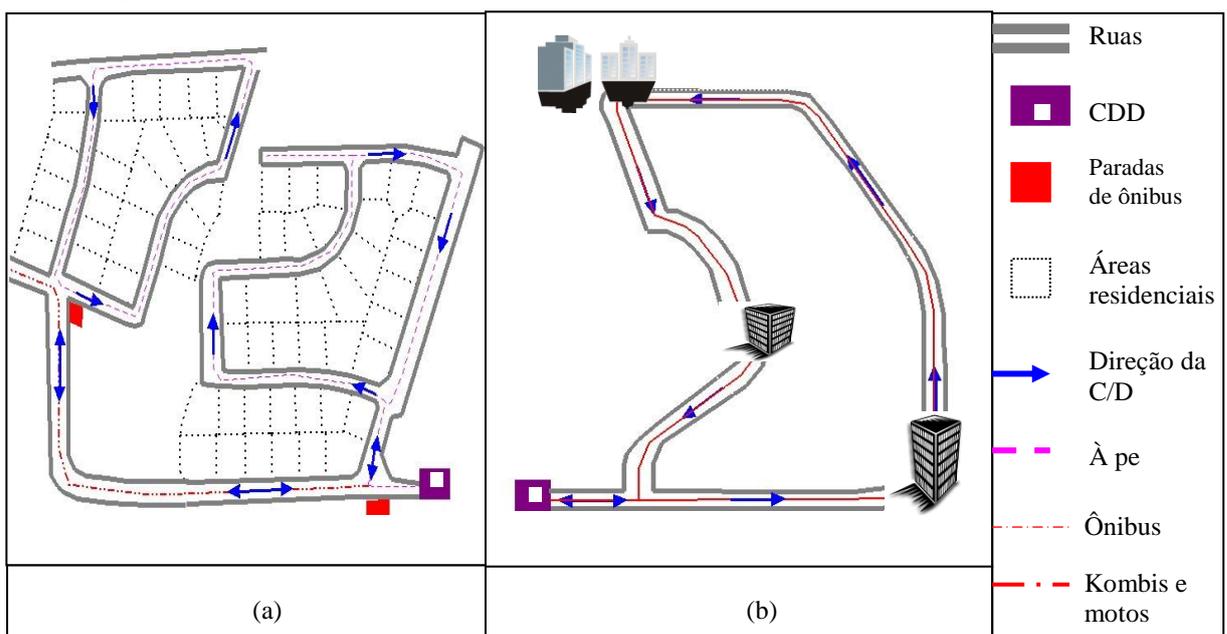
As atividades de transporte de carga da ECT podem ser divididas em 5 fases, conforme mostrado na figura 1. Na primeira fase, clientes usam agências postais e caixas de correio para consignar objetos postais à responsabilidade e serviços da ECT. Em seguida, esses objetos são coletados e levados para os CDDs. Essas duas primeiras fases são chamadas de Coleta. A terceira fase consiste na seleção, separação e transferência dos objetos postais de acordo com as dimensões e o destino. Ainda nessa fase, os objetos postais são transferidos para os Centros Operacionais (CO) e Centros de Seleção (CS), que são os outros tipos de terminais da ECT. Na quarta fase, a carga postal é direcionada ou para os terminais de transferência (Aéreo, Rodoviário e Hidroviário), que possibilitam conexão com modos de transporte de média e

longa distância, ou para os CDDs, caso o destino seja a mesma cidade de origem (ECT, 1990). As três últimas fases são chamadas de Distribuição.



**Figura 1:** Fases das atividades de transportes de carga da ECT

Na Distribuição, a carga postal chega ao CDD e é separada em três grupos: cartas, encomendas e encomendas especiais. As cartas são entregues por carteiros que são designados a Distritos, que áreas delimitadas para a cobertura de cada carteiro. Esses deslocamentos dos carteiros, do CDD para o Distrito, são realizados à pé e/ou por transporte público, conforme figura 2a. Encomendas e encomendas especiais são entregues utilizando, respectivamente, kombis e motocicletas (figura 2b). Ao conjunto de entregas motorizadas chama-se Circuito. Ao final das atividades de distribuição, carteiros e pessoal motorizado realizam a coleta dos objetos postais em caixas de correio e agências postais, o que permite recomeçar o processo de C/D. Então, fica clara a importância destacada dos deslocamentos em termos da operação do CDD. Essas atividades de C/D representam a maior parte de todo o processo produtivo da ECT e também a parte mais complicada de representar devido a variedade dos movimentos diários. Além disso, os deslocamentos variam muito em função das características da área atendida pelo CDD (ECT, 1991).



**Figura 2:** Atividades de C/D – a) circuito carteiros; e b) circuito motorizado

### 3. METODOLOGIA PARA A LOCALIZAÇÃO DE UM CDD

Esta metodologia está dividida em 5 etapas. Na primeira etapa, descreve-se as atividades para obter o inventário do sistema de C/D e isso envolve a descrição e entendimento das atividades relacionadas ao CDD. A etapa seguinte refere-se a criação do banco de dados no SIG. A terceira etapa concentra-se nos procedimentos para avaliação e definição de localizações potenciais para o CDD, com auxílio do MAH. Baseando-se nessa definição, a quarta etapa é dedicada a concepção do modelo de custos diários e da construção da rede C/D para cada uma das localizações potenciais. Finalmente, a quinta etapa clarifica o critério para a tomada de decisão quanto a melhor localização para o CDD. Essas etapas são descritas, detalhadamente, a seguir.

#### 3.1. Inventário do sistema C/D

As características do sistema de transporte da ECT e da área de atuação do CDD devem ser especificadas nesta etapa. As principais características são: a definição dos Circuitos e Distritos; localização dos pontos de coleta (caixas de correio, agências, clientes especiais); obtenção dos custos de aluguel de áreas comerciais dentro da área de estudo; levantamento das características do sistema de transporte público (rotas, pontos de parada); e a atual localização do CDD.

#### 3.2. Banco de dados SIG

Deve-se criar um banco de dados geográfico que seja híbrido (vetor e raster) contendo todos os dados coletados na etapa metodológica anterior. Adicionalmente, a obtenção e inclusão, no banco de dados, de fotos aéreas ou imagens de satélite da área de estudo é fundamental para que seja possível obter mais informações detalhadas sobre a rede C/D e a topografia.

#### 3.3. Avaliação e definição de localizações potenciais para o CDD

Esta etapa visa, primeiramente, reduzir o número de alternativas possíveis, que eventualmente seria infinito. Assim busca-se, seguindo a estrutura de integração SIG-SR-MAH proposta por Yamashita *et al.* (2000) e Dantas *et al.* (1997), obter um conjunto de alternativas que sejam localizações potenciais para o CDD. Seguindo essa estrutura de integração, inicialmente deve-se definir a estrutura hierárquica de decisão, estabelecendo o problema (identificação de áreas comerciais para implementação do CDD), os critérios e as alternativas, considerando o banco de dados SIG (seção 3.2). Para identificar as alternativas, propõe-se que fotos aéreas sejam utilizadas para que áreas comerciais possam ser selecionadas, aplicando-se os princípios da metodologia do *United States Geological Service* (USGS) descritos por Avery e Berlin (1990) e a experiência prática contida em Taco *et al.* (2000). Assim, após a identificação de áreas com padrão uso solo comercial, deve-se agrupá-las em alternativas.

Em seguida, devem ser realizados os julgamentos dos critérios e alternativas considerando os princípios do MAH definidos por Satty (1991) e considerando dados quantitativos e qualitativos armazenados e recuperados do banco de dados SIG. Segue-se a priorização de cada alternativa  $f$  considerando as equações 1 e 2 a seguir.

$$P(f) = \sum_{w=1}^q \psi_w^f \quad (1)$$

$$\psi_w^f = \prod_{s=1}^{nl} \Phi_s^w \quad (2)$$

onde

$P(f)$  é a prioridade da alternativa  $f$ ;

$\psi_w^f$  é a prioridade no último nível do critério  $w$ , dentro da estrutura hierárquica do MAH;

$\Phi_s^w$  é a prioridade relativa do  $w$  no nível  $s$ , tal que  $s \in \{1, 2, \dots, nl\}$ ; e

$nl$  é o número de critérios.

Baseando-se nos resultados  $P(f)$  expressos em mapas temáticos de SIG, obtidos através de operações de sobreposição de camadas, planejadores e tomadores de decisão da empresa podem selecionar aquelas alternativas que serão consideradas com potenciais áreas para o CDD e serão utilizadas nas etapas posteriores desta metodologia.

### 3.4. Modelo de custos e construção da rede C/D

Apartir da identificação da etapa anterior, o modelo de custos diários tem que ser definido. A estrutura do modelo é composta pela soma dos custos de transporte e de aluguel para cada potencial localização  $f$ , previamente selecionada (seção 3.3), conforme equação 3.

$$T_f = A_f + \left( \frac{R_f}{30} \right) \quad (3)$$

onde

$T_f$  é o custo total diário da alternativa  $f$ ;

$R_f$  é o custo mensal do aluguel da alternativa  $f$ ; e

$A_f$  é o custo diário das atividades C/D considerando a alternativa  $f$ .

Para obter o custo das atividades C/D ( $A_f$ ) deve-se considerar a composição dos custos dos veículos ( $V_f$ ) e de carteiros ( $M_f$ ), como apresentado na equação 4.

$$A_f = V_f + M_f \quad (4)$$

Cada componente dessa equação depende dos deslocamentos diários para realização das atividades C/D.  $V_f$  é calculado como a soma de todos os deslocamentos em cada circuito  $c$ , considerando o custo médio por quilometro ( $\varpi$ ), de acordo com a equação 5.

$$V_f = \varpi \times \left( \sum_{c=1}^{nc} D_c[f] \right) \quad (5)$$

onde  $D_c[f]$  é a distância percorrida em um circuito  $c$  ( $c \in \{1, 2, \dots, nc\}$ ), para uma alternativa  $f$ . Por outro lado, o custo relacionado aos carteiros ( $M_f$ ) é obtido pela soma de todos os deslocamentos em cada distrito  $d$ , conforme equação 6.

$$M_f = \sum_{d=1}^{nd} E_d[f] \quad (6)$$

onde

$E_d[f]$  é o custo dos deslocamentos do carteiro no distrito  $d$  ( $d \in \{1, 2, \dots, nd\}$ ) para a alternativa  $f$ .  $E_d[f]$  computa os deslocamentos à pé e por transporte público de acordo com a equação 7.

$$E_d(f) = \alpha \times (X_d[f] + Y_d[f]) \quad (7)$$

onde

$\alpha$  é o custo/hora (ou fração) para deslocamentos de carteiros;

$X_d[f]$  e  $Y_d[f]$  são, respectivamente, o tempo equivalente gasto à pé e por transporte público para atender um distrito  $d$  e considerando a alternativa  $f$ .  $X_d[f]$  e  $Y_d[f]$  são obtidos através das equações 8 e 9, respectivamente.

$$X_d[f] = F_d[f] / \beta \quad (8)$$

$$Y_d[f] = B_d[f] / \gamma \quad (9)$$

onde

$F_d[f]$  e  $B_d[f]$  são as distâncias percorridas nos deslocamentos à pé e por transporte público, respectivamente, em um distrito  $d$  e alternativa  $f$ , considerando as velocidades médias  $\beta$  e  $\gamma$ .

Uma vez definidos os princípios básicos do modelo de custos, apresenta-se os procedimentos metodológicos para construção da rede C/D. Essa rede deve incluir todos os modos de transporte disponíveis na área de estudo. Especificamente para os deslocamentos por kombis e motocicletas, os procedimentos para a criação da rede são semelhantes àqueles propostos por Ran e Boyce (1996). Já em relação ao modo transporte público, baseando-se nas informações coletadas na primeira etapa metodológica, as rotas de ônibus devem ser transformadas em arcos da rede, enquanto pontos de parada e terminais devem ser designados como nós. Atenção especial tem que ser dispensada a criação da rede para os deslocamentos dos carteiros. Nesse sentido, através da utilização das fotos aéreas ou de imagens satélite, é fundamental identificar atalhos de pedestres. Para determinação desses atalhos, Kovacs e Galle (1993) apresentam os fundamentos a serem seguidos.

Buscando considerar as características topográficas afetando os deslocamentos na C/D, cada arco da rede deve incorporar a extensão equivalente a declividade na área em que se encontra. Nesse sentido, para cada arco  $(i,j)$  aplica-se a equação 10.

$$z(i, j) = l(i, j) / \cos \phi \quad (10)$$

onde

$z(i,j)$  é a extensão "corrigida" do arco  $(i,j)$ ;

$l(i,j)$  é a extensão do arco  $(i,j)$  na superfície plana; e

$\phi$  é o ângulo relativo a declividade transversa ao arco  $(i,j)$ .

Finalmente, deve-se realizar a simulação da rede. Nesse sentido, para cada modo, as distâncias  $E_d[f]$  e  $D_c[f]$  são obtidas através da aplicação do algoritmo para o problema do caixeiro viajante (*Traveling Salesman Problem*- TSP) (Novaes, 1989). Considera-se que a rede C/D seja um grafo  $G(N, A)$ , onde  $N$  e  $A$  são conjuntos finitos de nós e arcos, respectivamente, e um conjunto  $p(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$  de pontos tem que serem "visitados". A solução é obtida através da busca pela rota  $L$ , denotada como  $L(S)$  que minimiza a distância total de atendimento para o conjunto de pontos  $p$  (pontos de C/D) e considerando o retorno à base de origem (alternativa  $f$ ). Assim, busca-se minimizar o somatório do conjunto de arcos  $(z(i, j))$  onde  $(i, j)$  designa o nó inicial e final, respectivamente. Então, para cada modo de transporte  $m$  e cada distrito  $d$ , a minimização é alcançada através da equação 11.

$$Z_d^m[f] = \text{Min}\{L(S)\} = \text{Min} \sum_{(i,j) \in S} z(i, j) \quad (11)$$

onde

$Z_d^m[f]$  é a distância total da rota de C/D para atender um distrito  $d$ , começando e terminando na alternativa  $f$ .

### 3.5. Tomada de Decisão

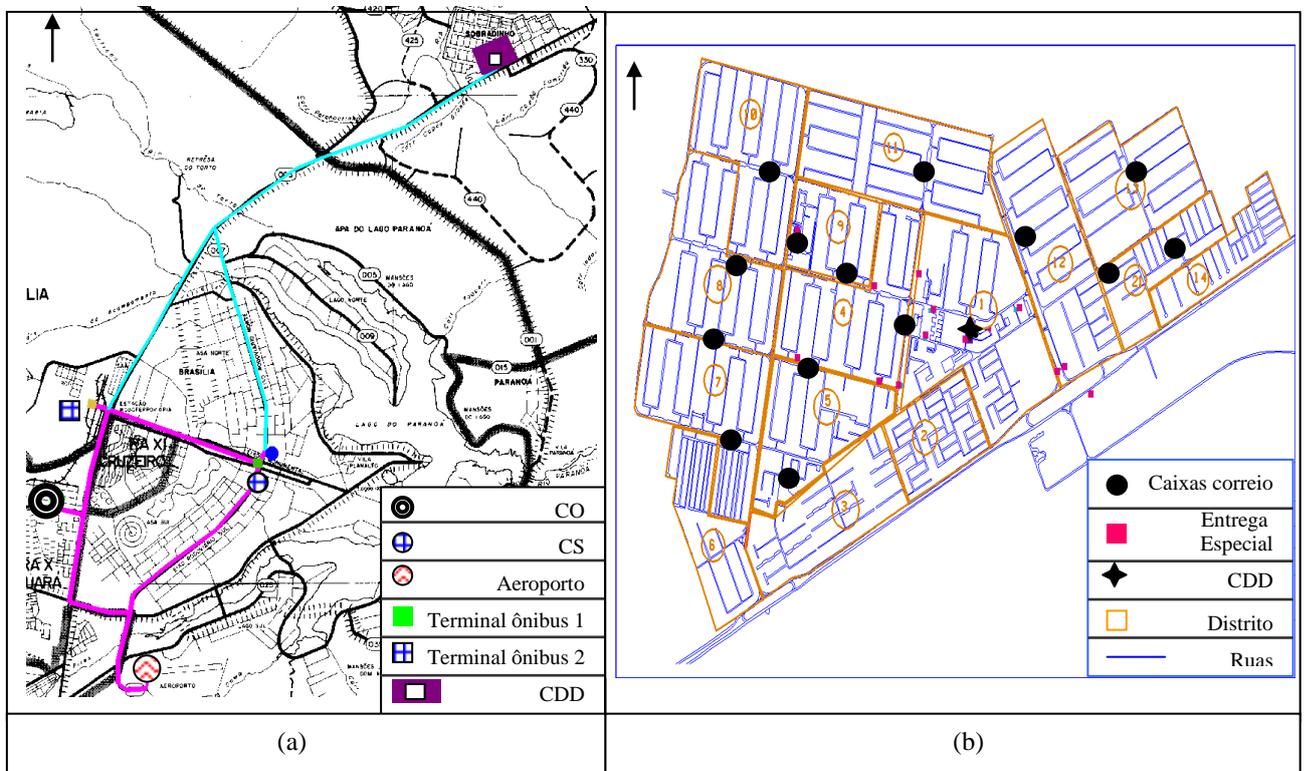
Levando em consideração os custos diários obtidos através da equação 1, deve ser escolhida aquela alternativa que permita obter o menor custo.

#### 4. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi conduzido no ano de 1997 na cidade de Sobradinho, Distrito Federal, que está localizada a 24 Km de Brasília. Sobradinho, de acordo com dados do censo de 1996, possuía 93 mil habitantes. A seguir, descreve-se as etapas para aplicação da metodologia proposta na seção anterior.

##### 4.1. Inventário do sistema C/D

O CDD em Sobradinho está subordinado ao setor administrativo e operacional da ECT Brasília, como mostra a Figura 3a. Especificamente em relação as operações de carga postal em Sobradinho, a área de atuação é composta de 15 distritos, 1 CDD, uma agência postal e 2 circuitos. A atual localização do CDD é dentro do distrito 11 conforme mostrado na Figura 3b. Nesse CDD, 26 empregados (16 carteiros, 7 pessoas do pessoal administrativo, 2 motocicletas e 1 motorista de Kombi) estão alocados.



**Figura 3:** Elementos do sistema de transporte de carga da ECT – a) principais terminais  
b) área de atuação do CDD Sobradinho

##### 4.2. Banco de dados SIG

Utilizou-se a base digital da Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central (CODEPLAN), que continha o sistema viário, edificações, isolinhas topográficas baseadas no sistema UTM. Adicionalmente, um grupo de 6 fotos aéreas, preto-branco, escala 1:8.000, do ano de 1992 foi incorporado ao banco de dados, utilizando o programa MGE (Intergraph, 1994). Coletou-se também informações adicionais quanto ao transporte público por ônibus e os custos de aluguel nas áreas comerciais de Sobradinho.

### 4.3. Avaliação e definição de localizações potenciais para o CDD

Identificou-se 19 áreas com padrão de uso do solo comercial, que foram consideradas como as alternativas para esta etapa do estudo de caso. Juntamente com o corpo técnico da ECT, realizou-se a criação da estrutura hierárquica de decisão e os julgamentos. A estrutura hierárquica foi definida com 5 critérios, que são: Uso do Solo, Topografia, Custo de Aluguel, Deslocamentos dentro da área de atendimento (internos e externos), Sistema de Transporte (viário e de ônibus). O critério que obteve a maior priorização foi Topografia ( $\Phi=39,09\%$ ) seguido por Deslocamentos ( $\Phi=33,04\%$ ), Sistema de Transportes ( $\Phi=16,04\%$ ), Aluguel ( $\Phi=4,09\%$ ) e Uso do Solo ( $\Phi=1,97\%$ ). As alternativas que alcançaram as maiores prioridades foram 14 ( $P(14)=10,73\%$ ), 15 ( $P(15)=10,70\%$ ) e 16 ( $P(16)=10,74\%$ ). A razão para esse desempenho é que em quase todos os critérios, exceto Deslocamentos internos e Custo de Aluguel, essas alternativas obtiveram excelentes priorizações. Dantas *et al.* (1997) descrevem em detalhes o processo e os resultados aqui resumidos.

### 4.4. Modelo de custos e construção da rede C/D

Para estabelecer o modelo de custos (equação 3), foram obtidos, junto a ECT, os parâmetros custo por quilômetro ( $\varpi=R\$2,60$ ) e o custo por hora de deslocamento de carteiro ( $\alpha=R\$6,13$ ). A velocidade de deslocamento à pé e por ônibus foram, respectivamente, determinadas iguais a 1,0 e 7,0 metros/segundo. Em seguida, utilizando o módulo de análise digital de terreno do programa MGE, criou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) para a cidade de Sobradinho. A partir do MDT, obteve-se o mapa de declividades de Sobradinho, que foi dividido em 4 categorias que são:  $0 < \phi \leq 3\%$ ;  $3 < \phi \leq 6\%$ ;  $6 < \phi \leq 8$ ; e  $\phi > 8\%$ .

Iniciou-se a criação da rede C/D pela identificação dos padrões de uso do solo. Através da foto-interpretação, foram identificados 7 padrões, que auxiliaram na determinação da rede de deslocamentos dos carteiros. Adicionalmente, utilizando os dados armazenados sobre o sistema viário e o transporte público por ônibus, construiu-se a rede C/D, com o auxílio do módulo de rede do MGE, conforme apresentado nas Figuras 4a e 4b. Finalmente, através de uma operação de sobreposição de camadas e considerando os padrões de declividade  $\phi$ , aplicou-se a equação 10 para obter a distância corrigida  $z$ , para todos os arcos da rede.

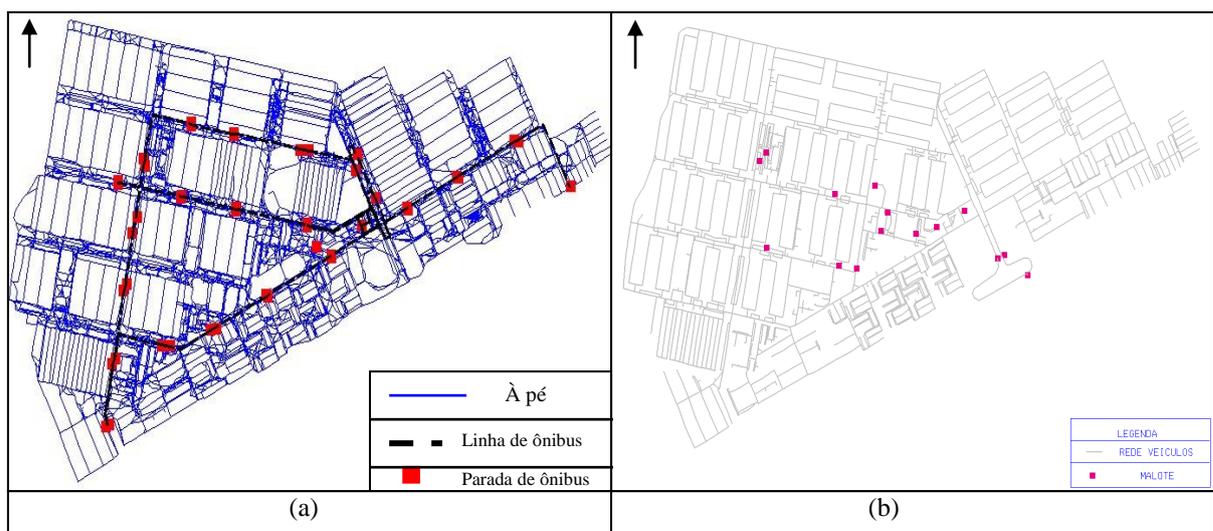


Figura 4: rede de C/D – a) carteiros; b) motociclistas

Para a simulação dos custos diários, foram selecionadas 5 alternativas. Essa seleção baseou-se nos resultados de  $P(f)$  obtidos na seção 4.3., que indicaram grande potencial para as alternativas 14, 15 e 16. Adicionalmente, para fins de comparação, selecionou-se as alternativas 7, 8, e 10. Considerou-se, também, que devido a proximidade e similaridade com a alternativa 15, não era necessário simular a rede para a alternativa 16.

Além da verificação de qual é a melhor localização para o CDD, buscou-se avaliar quais os efeitos da consideração ou não da declividade, dos atalhos e da restrição ao uso do ônibus. Dessa forma, foram criados 16 cenários, conforme apresentado na tabela 1, que propiciam obter as mais variadas combinações dessas variáveis. É importante ressaltar que a proposta metodológica da seção 3 é equivalente ao cenário 15.

**Tabela 1:** Cenários para simulação

Cenário	Configuração da rede carteiros	Configuração da rede motocicletas
1	Sistema viário + Extensão do arco "sem correção"	Extensão Sem Correção
2	Sistema viário + Extensão do arco "corrigida"	
3	Atalhos + Extensão do arco "sem correção"	
4	Atalhos + ônibus + Extensão do arco "sem correção"	
5	Atalhos + Extensão do arco "corrigida"	
6	Atalhos + apenas rede de pedestres + Extensão do arco "sem correção"	
7	Atalhos + ônibus + Extensão do arco "corrigida"	
8	Atalhos + apenas rede de pedestres + Extensão do arco "corrigida"	
9	Sistema viário + Extensão do arco "sem correção"	Extensão Com Correção
10	Sistema viário + Extensão do arco "corrigida"	
11	Atalhos + Extensão do arco "sem correção"	
12	Atalhos + ônibus + Extensão do arco "sem correção"	
13	Atalhos + Extensão do arco "corrigida"	
14	Atalhos + apenas rede de pedestres + Extensão do arco "sem correção"	
15	Atalhos + ônibus + Extensão do arco "corrigida"	
16	Atalhos + apenas rede de pedestres + Extensão do arco "corrigida"	

A simulação dos cenários foi conduzida, separadamente, para a obtenção dos custos  $M_f$  (carteiros) e  $V_f$  (veículos). Para os deslocamentos dos carteiros, os custos foram obtidos para cada distrito e para cada alternativa considerando os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . De forma análoga, os custos para deslocamentos de veículos foram obtidos para cada circuito, levando em consideração o coeficiente  $\varpi$ . Os resultados para os custos dos deslocamentos para cada alternativa ( $A_f$ ) estão apresentados na tabela 2.

Finalmente, considerando os custos de alugueis mensais para cada alternativa ( $R_f$ ), que foram 3625, 3500, 3375, 3375 e 3750 reais, respectivamente, para as alternativas 7, 8, 10, 14 e 15. A composição final dos custos para cada cenário e alternativa é apresentada na tabela 3.

**Tabela 2:** Custos dos deslocamentos para cada alternativa ( $A_f$ ) (R\$)

Cenário	Alternativas				
	7	8	10	14	15
1	347,80	328,78	331,90	328,60	332,83
2	348,15	329,15	332,43	329,30	333,25
3	249,78	245,65	352,03	243,48	240,03
4	249,93	254,38	354,15	245,70	242,15
5	293,85	275,88	274,83	275,70	272,83
6	249,93	245,80	252,53	242,63	240,28
7	250,08	254,50	254,83	245,90	242,38
8	294,08	276,05	273,40	275,95	273,08
9	347,85	328,85	331,98	328,68	332,90
10	348,23	329,23	332,50	329,38	333,30
11	249,83	245,70	352,10	243,55	240,10
12	250,00	254,45	354,23	245,78	240,20
13	293,93	275,93	274,90	275,78	272,88
14	249,98	245,88	252,60	242,70	240,33
<b>15</b>	<b>250,15</b>	<b>254,58</b>	<b>254,95</b>	<b>245,98</b>	<b>242,40</b>
16	294,15	276,13	273,45	276,03	273,15

**Tabela 3:** Custo total das alternativas ( $T_f$ ) (R\$)

Cenário	Alternativas				
	7	8	10	14	15
1	468,63	445,44	444,40	453,60	457,83
2	468,98	445,82	444,93	454,30	458,25
3	370,61	362,32	464,53	368,48	365,03
4	370,76	371,04	466,65	370,70	367,15
5	414,68	392,54	387,33	400,70	397,83
6	370,76	362,47	365,03	367,63	365,28
7	370,91	371,17	367,33	370,90	367,38
8	414,91	392,72	385,90	400,95	398,08
9	468,68	445,52	444,48	453,68	457,90
10	469,06	445,89	445,00	454,38	458,30
11	370,66	362,37	464,60	368,55	365,10
12	370,83	371,12	466,73	370,78	365,20
13	414,76	392,59	387,40	400,78	397,88
14	370,81	362,54	365,10	367,70	365,33
<b>15</b>	<b>370,98</b>	<b>371,24</b>	<b>367,45</b>	<b>370,98</b>	<b>367,40</b>
16	414,98	392,79	385,95	401,03	398,15

#### 4.5. Tomada de Decisão e Análise dos Resultados

Os resultados da tabela 3 indicam que a alternativa 15, no cenário 15, gera o menor custo total. A principal razão para a obtenção desse resultado é a constatação de que essa alternativa está localizada na região central da cidade de Sobradinho e que proporciona excelentes condições topográficas e de transporte (sistema viário e acesso ao transporte público).

Analisando os resultados numéricos, a primeira impressão poderia ser de que a variação é mínima entre as alternativas, entretanto deve-se considerar que o custo final  $T(f)$  é diário e que existem outros 7 mil terminais iguais a esse em Sobradinho. Dessa forma, a diferença de 1,05% para a alternativa 8 poderia causar significativos prejuízos para a ECT se todos os CDDs fossem incorretamente localizados.

Esse resultado, de certa forma, ratifica a análise para a determinação das localizações potenciais na seção 4.3. Ou seja, pode-se verificar que a análise multi-criterial (macro) com o MAH está coerente com a análise de custos da rede C/D(micro). Em ambos os casos, pode-se verificar a significativa contribuição das variáveis geo-espaciais na localização do CDD de Sobradinho.

Em termos comparativos, verifica-se que existe uma grande variação dos resultados dependendo do cenário e da alternativa considerada. Comparando-se os resultados dos cenários 1 (equivalente a modelagem tradicional) e 15 (metodologia proposta), nota-se que a alternativa 10 seria escolhida e que ela geraria cerca de 21% de custos adicionais em relação a alternativa 15. Tanto a diferença entre as escolhas das alternativas quanto ao aumento nos custos podem ser atribuídos a não consideração de variáveis geo-espaciais (atalhos, padrões de uso do solo e declividades). Em relação aos outros cenários, pode-se constatar que as maiores variações ocorrem entre o resultado do cenário 15 ( $T_{15}=367,40$ ) e os cenários 1 ( $T_{10}=444,40$ ), 2 ( $T_{10}=444,93$ ), 9 ( $T_{10}=444,48$ ), e 10 ( $T_{10}=445,00$ ). Pode-se atribuir essas variações principalmente a influência dos atalhos nos deslocamentos dos carteiros, que não são considerados nos cenários 1, 2, 9 e 10. Por outro lado, verifica-se o impacto limitado da incorporação das declividades para a rede de veículos, já que os resultados são praticamente os mesmos daqueles que não apresentam a extensão "corrigida". Finalmente, nota-se que o fato de considerar "apenas a rede de pedestres", ou seja, a não disponibilização do uso de ônibus provoca variações de cerca de 5% nos custos (Cenário 16,  $T_{10}=385,95$ ; Cenário 14,  $T_8=362,54$ ).

## 5. CONCLUSÃO

A metodologia proposta e aplicada ao estudo de caso visa contribuir para que a ECT possa definir a melhor localização para um CDD, baseando-se em procedimentos e formulações especificamente desenvolvidas para que as características e peculiaridades da empresa sejam levadas em consideração. Assim, espera-se que a empresa possa conduzir análises e/ou avaliações de outros CDDs e que eventualmente ela possa reduzir custos e gerar eficiência na prestação de serviços.

Procurando representar com exatidão aquelas características que afetam a localização do CDD, o uso integrado do SIG, SR e MAH foi elemento crucial para a concepção desenvolvida e testada na cidade de Sobradinho. Essa integração possibilita a realização de análises em vários níveis, que gradualmente incorporaram as características urbanas. Essa incorporação foi concebida para que possa ser realizada sem que seja necessário dispender significativos recursos de tempo e dinheiro, já que procura-se explorar ao máximo fontes de dados alternativas como o SR. Por outro lado, é importante destacar o papel do MAH que permite a seleção de localizações potenciais para o CDD de forma simples e direta.

Especificamente em relação ao estudo de caso, pode-se concluir que a incorporação das variáveis e características geo-espaciais resulta em uma análise mais representativa da realidade urbana afetando a localização do CDD. Os resultados mostram, claramente, a influência dessa realidade urbana na seleção da melhor localização para o terminal postal. Ou seja, caso as variáveis geo-espaciais não fossem incorporadas a análise, a localização do terminal poderia ser totalmente diferente daquela que foi obtida com a metodologia proposta. Na verdade, há alguns anos atrás o terminal estava localizado dentro na área comercial do distrito 8, que equivale a alternativa 7. Segundo os técnicos da empresa, a mudança para a área comercial do distrito 11, que equivale a alternativa 15 do estudo de caso, foi motivada principalmente pela necessidade de diminuir os deslocamentos em aclave e aumentar a acessibilidade ao transporte por ônibus. Nota-se que o processo de seleção foi quase que empírico, o que poderá ser evitado com o uso da metodologia proposta neste trabalho.

Apesar do significativo avanço na incorporação da dimensão espacial na localização do terminal postal, pode-se apontar possíveis perspectivas para futuras pesquisas. Primeiramente, seria interessante analisar divisões modais, que não foram consideradas no caso do CDD já que trata-se de um terminal de pequeno porte, com fluxos limitados de carga e veículos. Outra direção seria a avaliação do impacto de atividades de C/D com grande variação, tais como telegramas e SEDEX, que foram incorporadas como atividades diárias fixas. Esse tipo de demanda é de especial interesse para a ECT e tende a crescer, o que poderia afetar significativamente a localização do CDD. Finalmente, seria interessante pesquisar a influência da definição da área de atendimento dos distritos simultaneamente a determinação da localização do CDD.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avery, T. E., Berlin, G. L. (1990) *Fundamentals of Remote Sensing and Air photo Interpretation*. Maxwell Macmillan International, EUA.
- Dantas, A.S.; Abreu, V. C., Silveira, L. S. C., Silveira, P.W.G.; Yamashita, Y., Bartoli, S.P. (1997) *Decisões no Planejamento de Transportes: uma abordagem hierárquica e georeferenciada*; XI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET. pp. 230- 242, Rio de Janeiro, Brasil.
- Daskin, M. S. (1985) *Logistics: An overview of the state of the art and perspectives on future research*; Transportation Research A vol 19A, pp. 383 – 398.
- ECT - Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (1990) *Manual de Informações Gerenciais e Estatísticas - Módulo 10*; Brasil.
- ECT - Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (1991) *Manual de Transporte*; DETRA; Brasil.
- INTERGRAPH (1994) *MGE - Modular GIS Environment*; EUA.
- Kovacs, L. B; Galle, P. (1993) *The logic of walking: representing design knowledge on pedestrian traffic nets*; Environment and Planning B: Planning and Design; vol. 20; pp. 105 – 118.
- Novaes, A. G. (1989) *Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos*; ed. Edgard Blücher Ltd; pp. 372, Brasil.
- Ran, B.; Boyce, D. (1996) *Modeling Dynamic Transportation Networks – An Intelligent Transportation System Oriented Approach*; Second edition; pp.354; Springer; New York, EUA.,
- Satty, T. L. (1991) *Método de Análise Hierárquica*. McGraw-Hill, Rio de Janeiro, Brasil
- Sato, M. (1974) *Principles of Mail Processing*; Ministry of Posts and Telecommunications - Building Department; Internal circulation paper from the Postal and Telecommunications Ministry), pp. 45; Japão.
- Taco, P.W.G.; Yamashita, Y.; Souza, N.M., Dantas, A.S. (2000) *Trip Generation Model: A New Conception Using Remote Sensing and Geographic Information Systems*. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, Alemanha, vol. 2, pp- 119-131.
- Yamashita, Y.; Dantas, A.S.; Hideshima, E.; Yamamoto, K. (2000) *A hierarchical and georeferenced approach for freight terminal location*, Journal of Japanese Civil Engineering Association, no. 17, pp. 361-368; Japão.