

## PROCEDIMENTO PARA ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO DE UM CENTRO REGIONAL DE DISTRIBUIÇÃO E RECOLHA DE EQUIPAMENTOS

N. R. Candido, V.B. G. Campos

### RESUMO

Apresenta-se neste trabalho um procedimento de auxílio à decisão para escolha da localização de um centro regional de distribuição e recolha de equipamentos utilizados em telecomunicações. Este centro deve atender a um grande conjunto de clientes distribuídos em regiões tipo: estados, municípios ou bairros, e a escolha da localização tem como objetivo minimizar os custos de transporte. Para isto, faz-se uso dos métodos de resolução dos problemas de *p-centro* e *p-mediana*, associado a um método de roteamento. Estes métodos são utilizados em etapas diferentes do processo e têm como base um grafo com as distâncias reais e a demanda de cada cliente, assim como a política de recolha dos equipamentos após o uso. O procedimento proposto sugere uma solução inicial para o estudo de localização, já que se consideram basicamente os custos de transporte relacionados com a distância percorrida.

### 1- INTRODUÇÃO

Um dos problemas mais comuns e dos mais importantes para os profissionais de logística é a definição da localização de instalações, sejam elas fábricas, armazéns ou terminais de transporte. Localizar instalações ao longo de uma cadeia de suprimentos consiste numa decisão que dá forma, estrutura e conformidade ao sistema logístico. Esta decisão é tão importante para a empresa, que, muitas vezes, é responsável pela competitividade e sobrevivência da mesma.

A escolha da localização adequada de centros de distribuição, especialmente no Brasil, se apresenta como um dos principais desafios na implantação de novos centros devido às grandes distâncias e as diferentes características de cada região.

A estratégia de localização depende normalmente do tipo de negócio da empresa. Enquanto as empresas industriais possuem uma estratégia focada na minimização dos custos, as empresas ligadas à área de serviços e varejo preocupam-se com o nível de serviço e a qualidade do atendimento oferecido aos clientes. Estes se traduzem geralmente na busca pela rapidez na entrega e preços baixos. O que se procura na decisão de localização é a maximização dos benefícios, tanto os quantificáveis quanto os não quantificáveis, para a empresa.

O estudo de localização de centros de distribuição de produtos compreende, assim, uma análise de toda a logística de uma empresa e está, principalmente, relacionado com o transporte do produto até os clientes. Em algumas situações tem-se, também, a questão do

retorno do produto ao fabricante. Dentro deste enfoque a localização deve ser definida avaliando o processo de distribuição e recolha do equipamento.

A importância deste processo está na necessidade que algumas empresas têm de distribuir seus produtos e recolhê-los após o uso, principalmente, quando o seu conjunto de clientes se amplia atingindo diversas regiões e, assim, gerando a necessidade de criação de novos centros regionais de distribuição. Para isto, com base nas distâncias de transporte e demandas de produto, propõe-se neste trabalho um procedimento de auxílio à escolha da localização de um centro regional de distribuição e recolha de equipamentos.

Para facilitar o entendimento e a utilização do procedimento de localização proposto, apresenta-se um exemplo de sua aplicação numa empresa de logística. Esta tem, atualmente, um centro de distribuição em São Paulo e ampliou suas operações para o nordeste do Brasil, para atender os clientes de uma empresa de equipamentos de telecomunicações. Restando a esta empresa decidir sobre a implantação de um novo centro de distribuição nesta região.

## **2 LOCALIZAÇÃO DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO E RECOLHA**

O problema de localização de centros de distribuição e recolha se insere no estudo de localização de facilidades. No caso de centros de distribuição pode-se considerar que se trata de um problema da logística direta e no caso de centros de recolha, trata-se da logística reversa. Apesar destes dois enfoques terem características operacionais diferentes, ambos, tem como um dos objetivos buscar uma localização que minimize os custos de transporte.

A logística direta tem como premissa a localização dos centros de distribuição de onde saem os produtos para os clientes distribuídos dentro de um espaço geográfico com diferentes possibilidades de rotas. Em relação à logística reversa tem-se o processo inverso, ou seja, recolhem-se nos clientes os produtos após o uso dos mesmos, para reciclagem ou descarte.

Moreira (1990) considera que a questão da localização de facilidades diz respeito à escolha de um ou mais locais dentre uma série de outros possíveis, que servirão de pontos de oferta de determinados tipos de “serviços” para atender à demanda de outro conjunto de pontos, considerados de “demanda”, buscando a localização que maximiza o resultado, obedecendo às restrições do problema específico em estudo.

Segundo Ballou (2006), os custos de transporte e a distância de transporte têm sido os parâmetros mais utilizados nos estudos sobre a seleção dos locais das facilidades, principalmente, dos centros de distribuição. Este tipo de estudo, cujo tema tornou-se recorrente, começou em 1909 com Alfred Weber com a teoria do Triângulo Locacional, onde predominavam os custos de transportes (Pimentel, 2004).

De acordo com Taniguchi (2001), os elementos básicos para modelos de localização de facilidades são:

- Número de facilidades a serem localizadas;
- Tamanho de cada facilidade;

- Número de facilidades existentes;
- Objetivo do tomador de decisão;
- Demanda (distribuição, demanda atual, variação);
- Locais candidatos a facilidades (distribuição, número);
- Comportamento do usuário da facilidade e
- Limites de capacidade das facilidades.

Os elementos citados acima podem servir para classificar os diversos modelos de localização de facilidades, neste caso, centros de distribuição, em três categorias:

**Modelos Contínuos** nos quais a facilidade pode ser localizada em qualquer ponto do plano ou subconjunto do mesmo, possuindo um número infinito de locais candidatos;

**Modelos em Grafos e Redes**, onde a facilidade só pode ser alocada nos nós ou ligações da rede e os usuários podem mover-se apenas dentro da rede. Este modelo também possui um número infinito de locais candidatos;

**Modelos Discretos** que consideram um número finito de locais candidatos, e a localização ótima é determinada utilizando a localização dos pontos candidatos, e os custos pré-definidos dos nós de demanda para os locais candidatos.

Peixoto (2006) diferencia em duas grandes classes os problemas de localização. A primeira classe trata da minimização de algum valor de distância média ou total entre os clientes e os centros de atendimento. O modelo clássico utilizado para representação dos problemas desta classe é o do problema de *p*-medianas ou “*minisum*”, que busca selecionar *p* vértices em uma rede para a instalação de facilidades de forma a minimizar a soma das distâncias entre os vértices de demanda e a facilidade mais próxima. Estes modelos, que buscam minimizar a distância total ou média, são muito utilizados para a resolução de problemas do setor privado, uma vez que, em muitos casos, a variação do custo das operações está diretamente relacionada às distâncias envolvidas nos atendimentos das demandas.

A segunda classe de problemas de localização propõe-se a encontrar uma forma tal que a distância máxima entre o nó de demanda e a facilidade designada para atendimento (mais próxima) seja minimizada. Estes problemas são conhecidos como problemas de cobertura, *p*-centro ou “*minimax*” e a distância máxima de atendimento é denominada distância de cobertura ou de serviço ou de atendimento. Toregas *et al* (1971) *apud* Peixoto (2006), apresentou um modelo de cobertura de conjuntos para determinar o número mínimo de centros necessários ao atendimento de todos os vértices de demanda, para uma dada distância de cobertura. Devido a sua simplicidade, este modelo não fez distinção da demanda em cada vértice e o número de facilidades necessárias para atendimento de todos os vértices pode ser grande, incorrendo em aumento dos custos fixos de instalação das facilidades. Uma alternativa considera que o número de facilidades a serem instaladas não é suficiente para o atendimento de toda a demanda existente. Neste caso, a restrição de que toda a demanda seja atendida para uma dada distância de cobertura é relaxada e procura-se localizar *p* facilidades de forma que a configuração de cobertura atenda a maior demanda possível. Este problema é conhecido como problema de localização de máxima cobertura. Modelos de cobertura são muito utilizados por órgãos públicos para localizar serviços emergenciais ou não-emergenciais

Evans e Menieka (1992) ainda subdividem os problemas de  $p$ -mediana e  $p$ -centro apresentados anteriormente da seguinte forma:

- **Mediana:** qualquer vértice onde o somatório das distâncias até todos os vértices seja a menor;
- **Mediana geral:** qualquer vértice cuja distância total até todos os arcos seja a mínima possível;
- **Mediana absoluta:** qualquer ponto (situado no arco) cuja distância total até todos os vértices seja a menor possível. Como sempre existe um vértice que é uma mediana absoluta e não um ponto, este problema é idêntico ao da mediana;
- **Mediana geral absoluta:** qualquer ponto cuja distância total até todos os arcos seja a menor possível;
- **Centro:** qualquer vértice com a característica de possuir a mínima distância entre as máximas, em relação aos outros vértices;
- **Centro geral:** qualquer ponto que possua a mínima distância entre as máximas, em relação aos vértices;
- **Centro absoluto:** qualquer vértice que tenha a mínima distância entre as máximas, em relação aos outros vértices e aos pontos;
- **Centro geral absoluto:** qualquer ponto com a característica de possuir a mínima distância entre as máximas, em relação aos outros pontos.

A resolução dos problemas  $p$ -centros e  $p$ -medianas de um grafo se baseiam na determinação dos caminhos de valor mínimo entre cada vértice (nó) do grafo. Assim, a partir de uma matriz com os valores dos caminhos mínimos entre pares de vértices chega-se aos centros e medianas do grafo. Pode-se, então, chegar a uma localização ótima tendo como parâmetro básico as distâncias a serem percorridas.

Naglis (1999) apresenta o problema de  $p$ -mediana considerando como medida de custo o produto entre a demanda no nó  $i$  e a distância do nó  $i$  a instalação. Desta forma, ao se considerar que a demanda influencia o custo de transporte, o produto da distância pela demanda possibilita obter uma solução de localização em que estes dois parâmetros sejam considerados na decisão.

### 3- PROCEDIMENTO PARA ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO

O procedimento desenvolvido tem como objetivo definir o melhor local para a implantação de um CD que distribui produtos para um conjunto de clientes localizados numa determinada região, em pontos previamente conhecidos; tomando-se como parâmetros de análise as distâncias a serem percorridas e as demandas de produtos. Este mesmo CD também deverá funcionar como receptor de produtos pós-uso que devem ser coletados periodicamente em locais pré-definidos pelo fornecedor do produto, com a diferença de que as coletas são realizadas em espaços de tempo pré-determinados e não contam com o fator demanda como variável.

A partir do objetivo do procedimento e das variáveis de decisão: distância de transporte e demanda de produtos, foram definidas 5 etapas para resolução do problema:

### **Etapa 1 – Divisão da região de estudo**

Nesta etapa, considera-se que existe um conjunto de clientes a serem atendidos dentro de um contexto regional e que estes devem ser divididos em sub-regiões, de acordo com a sua localização, dentro de um tipo de divisão administrativa como: estado, município, distrito ou bairros; considerando que o centro de distribuição deverá ser localizado em uma destas sub-regiões.

### **Etapa 2 – Determinação do ponto central de cada sub-região (Locais Possíveis).**

Esta etapa compreende a utilização do método de resolução do problema de *p-centro* em cada sub-região, para identificação do local onde deve ser localizado um centro de distribuição e recolha (CD). Parte-se da premissa de que este local será próximo do cliente mais central em cada sub-região. Para isto, define-se para cada sub-região uma rede cujos vértices são os clientes e os arcos as possíveis vias de interligação entre todos. Utilizando-se, então o método de resolução do problema de *p-centro*, determina-se um local em cada sub-região tomando-se como parâmetro de decisão a distância entre estes.

Como resultado desta etapa tem-se os locais possíveis de localização de um CD dentro do contexto regional, onde o número de localizações possíveis corresponde ao número de sub-regiões.

### **Etapa 3 – Pré-seleção da localização do centro de distribuição (CD) sob o ponto de vista da logística direta**

Nesta etapa, define-se em qual das localizações anteriormente selecionadas deve ser implantado o CD considerando apenas a questão da distribuição. Para isto são considerados dois parâmetros a distância entre estes e a demanda de cada um. Para tanto, define-se um grafo cujos vértices são os pontos de localização definidos na etapa anterior e os arcos são as ligações possíveis entre estes. Busca-se, assim identificar o local que minimize o custo de distribuição dado pelo produto: *distância x custo*. Determina-se, então, a partir do método de resolução do problema *p-mediana*, a mediana do grafo com os valores dos custos finais de cada CD, obtidos pela multiplicação dos valores na matriz de distância mínima ( $d_{ij}$ ) pela demanda de cada CD ( $dd_i$ ).

### **Etapa 4 – Pré-Seleção da localização do centro de distribuição (CD) sob a ótica da logística reversa.**

Para esta etapa consideram-se os locais para onde os clientes enviarão os equipamentos já utilizados, ou seja, a serem levados para manutenção ou descartados. Estes locais são pré-definidos pelo próprio cliente e são chamados de “centrais de manutenção”, onde primeiramente são feitas triagens nos equipamentos para que os mesmos sejam enviados novamente para os fornecedores. Estas centrais estão localizadas na própria região de estudo.

Periodicamente será programado um veículo que sairá do centro de distribuição da região no local a ser escolhido e fará a coleta nestas centrais de manutenção, que são os pontos de concentração dos produtos.

A coleta dos produtos consiste em disponibilizar um veículo que saia do CD a ser escolhido, para percorrer os pontos de coleta e retornar para o mesmo CD, objetivando minimizar a distância percorrida, e conseqüentemente, minimizando o custo de transporte no fluxo reverso. Sendo assim, propõe-se a utilização de um método de roteirização de veículos como, por exemplo, a heurística do caixeiro viajante (Evans e Minieka, 1992).

Desta forma, para cada um dos locais de implantação dos CD definidos na Etapa 2 aplica-se o método de roteirização (minimização de um percurso fechado) com origem em cada uma das localizações dos CD e passando pelos pontos de coleta. Assim, para cada um dos CD será obtido um valor final da distância total percorrida e será possível identificar aquele cuja localização resulta num percurso com a menor distância total percorrida.

### **Etapa 5 - Escolha da localização do CD**

Com a realização das etapas anteriores, foram encontrados os melhores locais para a implantação do CD sob a ótica da Logística Direta e Reversa, separadamente, dentre os locais possíveis e pré-determinados.

Caso os resultados das etapas 3 e 4 sob as duas perspectivas dêem o mesmo CD, tem-se a localização ótima para a implantação do novo CD. Porém, é possível que, após a aplicação dos métodos sugeridos, encontre-se uma localização ideal no contexto da Logística Direta (etapa 3) e outra no contexto da Logística Reversa (etapa 4). Neste caso, define-se um valor relativo dos custos obtidos para todos os CD considerando os valores resultantes em cada etapa e somam-se estes valores; e a localização escolhida para o novo CD será aquela com o menor valor desta soma ( $VF_i$ ), da seguinte forma:

$$VD_{CD}^i = \frac{VCD_i}{\sum_{i=1}^n VCD_i} \quad (1)$$

$$VR_{CD}^i = \frac{VRD_i}{\sum_{i=1}^n VRD_i} \quad (2)$$

$$VF_i = \alpha VD_{CD}^i + VR_{CD}^i \quad (3)$$

Onde :

$VCD_i$  - custo final do CD na localização  $i$  na logística direta (problema da  $p$ -mediana)

$VRD_i$  - custo final do CD na localização  $i$  na logística reversa (problema de roteamento)

$VD_{CD}^i$  - valor relativo do custo final do CD localização  $i$  na logística direta

$VR_{CD}^i$  - valor relativo do custo final do CD localização  $i$  na logística reversa

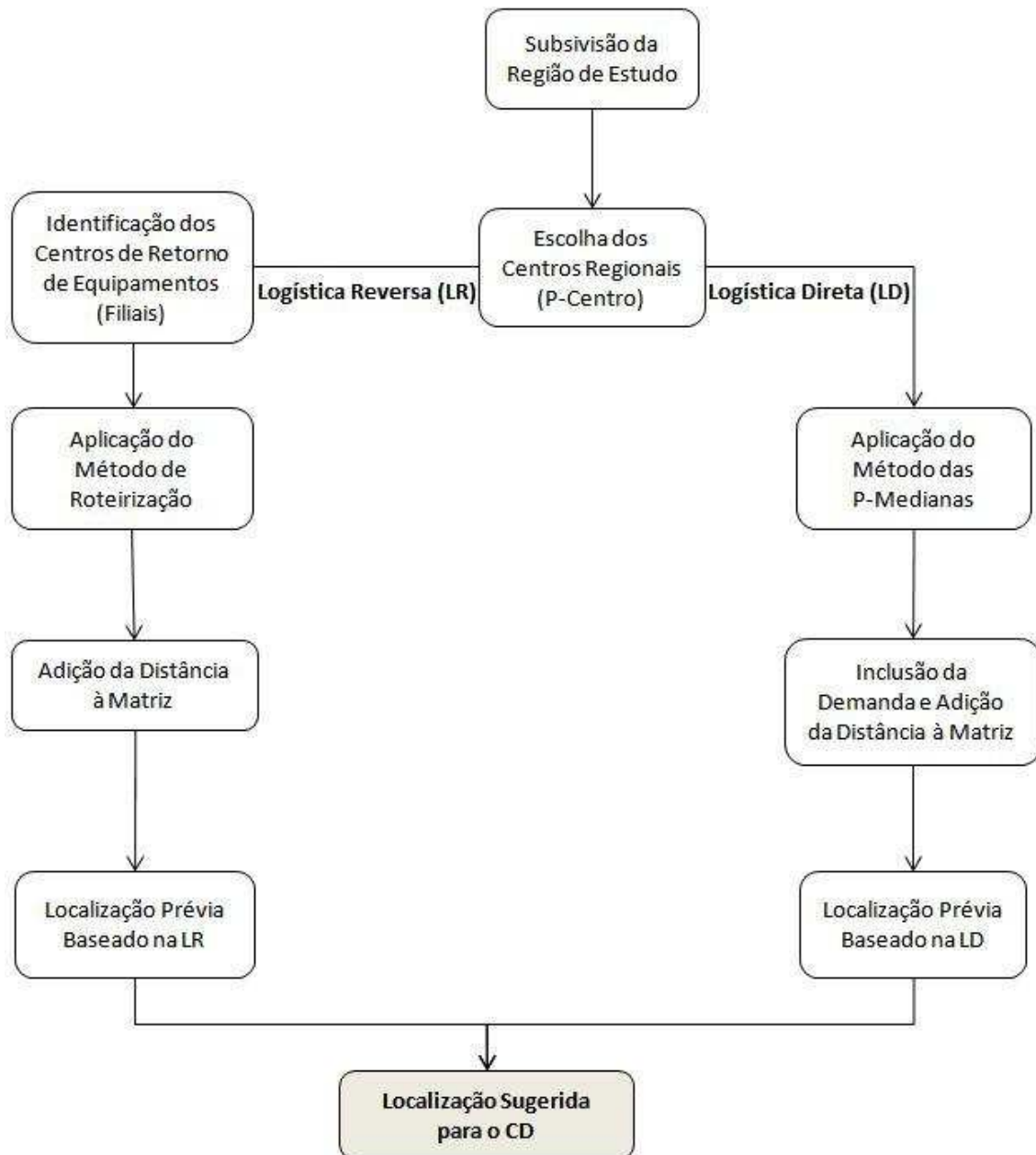
$VF_i$  - valor final da localização  $i$  de cada CD

$\alpha$  - peso  $\geq 2$  que atribuído ao fluxo logístico direto.

Com base no valor final ( $VF_i$ ) define-se a localização do CD escolhendo aquela que resulta no menor valor de  $VF_i$ . Ressalta-se que  $\alpha$  é um peso de valor maior ou igual a 2 que deve ser atribuído pelo tomador de decisão ao valor relativo ( $VD_{CD}^i$ ) resultante do fluxo logístico direto. Este peso tem por objetivo diferenciar proporcionalmente o fluxo logístico direto, que possui uma maior quantidade de pontos a serem atendidos e conseqüentemente uma maior distância a ser percorrida gerando um custo maior que o fluxo logístico reverso que atende um conjunto menor de localizações (centrais de receptores de produtos)

Com o objetivo de apresentar o procedimento de localização proposto de forma organizada e seqüencial, apresenta-se na Figura 1, o fluxo de procedimento com as etapas definidas.

**FLUXOGRAMA DO PROCEDIMENTO - MÉTODOS APLICADOS**



**Figura 1 – Fluxograma do Procedimento**

**4 APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO**

Uma aplicação do procedimento proposto foi realizada com base nos dados de duas empresas que têm observado a necessidade de ampliar seus negócios, implantando um novo CD próximo dos novos pontos de demanda.

As empresas envolvidas são: um Operador Logístico, a **Elemar Logística Suporte e Soluções**, e uma multinacional do ramo de telecomunicações que é cliente deste operador no Brasil, que, visando preservar sua identidade, chamaremos apenas de **Telecom**.

O funcionamento de todo sistema da **Telecom** depende da instalação e manutenção de centrais, repetidoras e sites (estação de menor porte, composta por uma torre ou poste, e por uma sala de equipamentos) que funcionam como distribuidores dos sinais e RF (*Radio Frequency*) e MW (*Microwave*). Estas estações são compostas por diversos equipamentos importados e nacionais que compõem toda a tecnologia envolvida neste sistema. A **Elemar** é responsável por fazer todo o processo de distribuição e coleta destes equipamentos tanto nos fornecedores como nos sites de propriedade da **Telecom**.

Isto torna os serviços de coletas e entregas de vários materiais, bem como a localização dos CDs, pontos fundamentais e estratégicos, não só para as duas empresas envolvidas diretamente no processo, bem como para todos os elos da cadeia logística em questão.

Até o início do ano de 2009 as operações da **Telecom Telecomunicações** no Brasil restringiam-se as Regiões Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) e Centro-Oeste (Distrito Federal e Goiás). Porém, o crescimento constante da demanda por novos pontos de atuação, a **Telecom** decidiu expandir a sua malha de telecomunicações, oferecendo também os seus serviços na Região Nordeste.

A **Elemar** possui atualmente dois CD para atender toda a demanda da **Telecom**: um em São Paulo, que é o CD principal da empresa, e outro no Rio de Janeiro. Cada CD é responsável por atender determinados estados. Esta divisão foi feita baseada na demanda de cada estado e na capacidade de cada CD. Assim, O CD de São Paulo (Base Sul) atende aos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e o CD do Rio de Janeiro (Base Norte) atende aos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal.

Com o início das atividades da **Telecom** na Região Nordeste do Brasil, surgiu a necessidade de realizar um estudo de localização para verificar o melhor local para a implantação de um novo CD naquela região a fim de atender esta demanda.

Assim, aplicando-se o procedimento proposto verificou-se, inicialmente, a localização de cada ponto de demanda (sites) e observou-se que todos eles ficavam localizados basicamente em três Estados da região nordeste: Bahia, Pernambuco e Ceará. Neste caso, constatou-se que a melhor subdivisão para os mesmos seria agrupá-los de acordo com as suas respectivas unidades federativas. Porém, é importante ressaltar que a quantidade de sites em cada um destes estados não é a mesma. No Estado da Bahia existem 64 sites (clientes), em Pernambuco 49 sites e no Ceará 24 sites. O mapa apresentado na Figura 2 ilustra a localização dos CDs já existentes bem como os novos pontos de demanda que precisam ser atendidos.

Definida as sub-regiões, a próxima etapa consistiu em identificar em cada um dos Estados (sub-regiões) o site cuja localização representa o ponto central entre todos através do método de resolução do problema de *p-centro*. Os três pontos centrais encontrados passaram então a representar os locais possíveis (ou próximos) para a implantação do novo CD.





**Figura 2 – Mapa com a localização dos CDs e dos pontos de demanda**

A aplicação do método do *p-centro* compreendeu a definição das matrizes de distâncias mínimas (caminhos mínimos) entre os locais dos sites em cada uma das três sub-regiões estudadas Bahia, Pernambuco e Ceará. Nestas matrizes constam as distâncias mínimas, em quilometro, de cada ponto a todos os demais da mesma região, obtidas através de um SIG-Sistema de Informações Geográficas. A partir desta matriz identificou-se como centro de cada sub-região o site que tem a menor das distâncias máximas entre os demais. A tabela 1 apresenta parte da matriz elaborada para o Estado da Bahia, e serve para ilustrar a base de dados utilizada para a resolução do método do *p-centro*. Observe que na matriz exemplificada (não constam todos os sites), o ponto central seria o site BA006, por possuir a menor distância entre as máximas encontradas.

**Tabela 1 - Exemplo da matriz de distâncias**

DISTANCIA (KM)	BA001	BA002	BA003	BA004	BA005	BA006	BA007	BA008	BA009	BA010	MAIOR DISTANCIA
BA001	0,00	3,38	3,87	5,00	2,96	7,35	9,58	13,69	11,95	5,65	13,69
BA002	3,38	0,00	7,24	6,48	4,50	9,50	12,15	16,45	14,96	8,58	16,45
BA003	3,87	7,24	0,00	6,12	5,10	6,76	7,87	11,30	9,12	3,13	11,30
BA004	5,00	6,48	6,12	0,00	2,14	3,18	6,07	10,46	9,53	9,15	10,46
BA005	2,96	4,50	5,10	2,14	0,00	5,00	7,68	12,03	10,74	7,82	12,03
BA006	7,35	9,50	6,76	3,18	5,00	0,00	2,94	7,30	6,63	9,86	9,86
BA007	9,58	12,15	7,87	6,07	7,68	2,94	0,00	4,38	3,87	10,67	12,15
BA008	13,69	16,45	11,30	10,46	12,03	7,30	4,38	0,00	2,63	13,60	16,45
BA009	11,95	14,96	9,12	9,53	10,74	6,63	3,87	2,63	0,00	11,16	14,96
BA010	5,65	8,58	3,13	9,15	7,82	9,86	10,67	13,60	11,16	0,00	13,60
										<b>P-Centro</b>	9,86

Com a elaboração das matrizes para os estados da Bahia, Pernambuco o Ceará, foram identificados os pontos centrais de cada região, com as respectivas demandas de produtos, conforme o Tabela 2 .

**Tabela 2 – Localização dos Centros Regionais**

LOCALIZAÇÃO DOS CENTROS		
ESTADO	Demanda	SITE
BAHIA	88,66	BA022
PERNAMBUCO	36,69	PE032
CEARÁ	16,37	CE009

Com a identificação dos centros de cada sub-região partiu-se para a Etapa 3, aplicando o método de resolução do problema de *p-mediana* para identificação dos CD (pontos centrais) com a melhor localização sob a ótica da logística direta.

A Tabela 3 representa a matriz resultante da aplicação do método das *p-medianas*, com as distâncias entre as três localizações dos CD (centros) multiplicada pela demanda em cada sub-região de destino (CD), incluindo a distância de cada um até São Paulo e o custo total. Ressalta-se que quantidade demandada para cada Estado é diferente, diretamente associada com a quantidade de sites. Acrescentou-se a distância do possível local do CD até a matriz da empresa **Elemar** localizada em São Paulo (SP), uma vez que o abastecimento deste novo CD seria feito a partir do centro de distribuição da matriz desta empresa

**Tabela 3 – Valores finais de cada localização possível sob a ótica da logística direta**

MATRIZ DE MEDIANAS						
SITES	BA022	PE032	CE009	DISTÂNCIA SITES	DISTÂNCIA PARA SP	DISTÂNCIA TOTAL
BA022	0,00	31508,13	24146,61	55654,74	1936,00	57590,74
PE032	41153,48	0,00	15091,24	56244,72	2603,00	58847,72
CE009	64390,96	30811,28	0,00	95202,24	2927,00	98129,24

O resultado encontrado foi o site **BA022**. Isto significa que, sob a ótica da logística direta o melhor local para a implantação do novo CD seria nas proximidades deste site, localizado no Estado da Bahia

A próxima etapa a ser executada é a identificação do melhor local para a implantação do CD sob a ótica da logística reversa.

O processo de coleta dos equipamentos consiste no deslocamento periódico de um veículo a partir do CD a ser implantado, passando nas centrais de manutenção – pontos do próprio cliente, já existentes em cada uma das sub-regiões de estudo – realizando a coleta dos produtos que serão enviados para o fornecedor ou descartados. Após a coleta dos produtos e entrega no CD, os mesmos devem ser enviados, posteriormente, para a matriz da empresa Elemar (SP) onde serão distribuídos para seus respectivos destinos finais.

Para isto, foi utilizado um método de roteirização conhecido como “heurística do caixeiro viajante” para identificar entre as três possíveis localizações dos CD qual aquela cuja distância percorrida na rotina citada acima seja mínima.

Após a aplicação do método e a adição da distância até a matriz da empresa, foi identificado o local sugerido para a implantação do novo CD sob a ótica da logística reversa. A tabela 4 apresenta os valores finais desta Etapa do procedimento para cada um dos três CD.

**Tabela 4 - Valores finais sob a ótica da logística reversa**

CD	
BAHIA (BA022)	4733,80
PERNAMBUCO (PE(032)	5395,70
CEARÁ (CE009)	5720,80

Identificou-se, então o local do site **BA022**, ou próximo de, como sendo o melhor local para a implantação do CD sob a ótica da logística reversa.

A última etapa do procedimento diz respeito à escolha do local analisando-se conjuntamente os dois processos logísticos: distribuição e recolha. Porém, como o resultado sob as duas óticas coincidiram, tem-se como solução do problema a implantação do novo CD no estado da Bahia, tendo sua localização próxima ao site **BA022**.

Caso os resultados das etapas 3 e 4 não coincidissem ter-se-ia que utilizar as equações 1,2,e 3 apresentadas na etapa 5, descrita no procedimento, para chegar ao resultado final.

## 5 CONCLUSÕES

O trabalho teve como objetivo propor um procedimento de fácil utilização e entendimento para auxiliar em todo o processo que envolve a decisão de implantação de um CD com as características descritas, ou seja, que compreenda um processo de distribuição e de recolha de produtos. Numa análise mais aprofundada outras considerações deverão ser feitas incluindo outros custos relacionados com a implantação de um CD, bem como questões qualitativas para a tomada de decisão. Considera-se que o procedimento é de fácil aplicação na medida em que se baseia num Sistema de Informações Geográfico a partir qual é possível obter o caminho mínimo entre cada localização e aplicar os métodos propostos.

Entende-se então, como limitação para este procedimento, o fato de que o resultado proporciona uma primeira solução, já que se consideram basicamente os custos

relacionados com o transporte. Porém este resultado pode direcionar para outras análises pertinentes a decisão, principalmente quando se tem muitas possibilidades de localização

Ressalta-se, também, que dentro do problema estudado é possível verificar, em algumas situações, se o processo de distribuição deve ser mantido a partir de um centro já existente ou se deve ser instalado um novo centro mais próximo ao conjunto de clientes.

Para empresa Elemar, considerando a decisão de implantação de um novo CD para atender os novos pontos de demanda, localizados na região nordeste do Brasil, o melhor local para a implantação do mesmo seria no estado da Bahia. Pois, no local definido pelo procedimento, o custo de transporte seria comparativamente menor, devido às distâncias a serem percorridas e a demanda a ser distribuída e posteriormente recolhida

## 6 – REFERENCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5.ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006

Evans, J. R., Minieka, E. (1992) – **Optimization Algorithms for Networks and Graphs**. New York: Marcel Dekker.

Faulhaber, F., Ribas, G.; (2006) – **Modelos e Algoritmos de Localização de Instalações: Um Estudo de Caso em Empresa de Distribuição de Derivados de Petróleo**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

Moreira, D.A. (1990) – **Administração da Produção e Operações**. São Paulo, Editora Pioneira Thomson Learning.

MOREIRA, F. M. R. (1990). **Estudo de Localização de Facilidades Logísticas**. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro,

NAGLIS, Marcelo de Mello Mattos; HAMACHER, Silvio;. **Estudo de Caso para Localização de Armazéns Utilizando Programação Linear Inteira**. 1999. Dissertação. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Peixoto, K. (2006) – **Contribuição ao Planejamento e Operação da Coleta Seletiva em Área Urbana**. Dissertação. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro.

Pimentel, F. G. (2004) - **Localização de Centros de Distribuição em uma Cadeia de Suprimentos**. Dissertação. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro.

Taniguchi, E., Thompson, R. G., Yamada, T., Duin, R.V (2001). **City Logistics: Network Modeling And Intelligent Transport Systems**. Oxford: Elsevier,.