

Utilização da p-mediana para simulação de bases táticas de helicópteros policiais

Isnard Martins (Depto. Engenharia Industrial PUC-Rio) isnard@openlink.com.br
Nélio D. Pizzolato (Depto. Engenharia Industrial PUC-Rio) ndp@ind.puc-rio.br

Resumo

Um algoritmo utilizado como ferramenta de apoio à decisão pode otimizar a eficiência de recursos destinados a serviços emergenciais de defesa civil ou segurança pública, particularmente, se um fator crítico como tempo de atendimento adquire importância maior nesta operação. Este estudo examina o problema de localização física para um heliponto, destinado a basear aeronaves policiais mobilizadas para apoio tático aéreo nas operações de capturas ou de repressão ao crime organizado.

Palavras Chave

Localização Física, P-mediana, Simulação, Sistemas de Informações Geográficas.

1 - O Problema

O labirinto característico das habitações construídas de forma desordenada nas quase seiscentas favelas instaladas no município do Rio de Janeiro favorece o esconderijo de uma pequena minoria de marginais de alta periculosidade dentre os residentes locais. Somando-se a esse fato a permanente escassez de recursos humanos e materiais disponíveis na Polícia do Estado, verifica-se cotidianamente um alarmante aumento de conflitos armados entre marginais e forças policiais nessas áreas densamente povoadas. Como consequência, ocorrem com razoável frequência ferimentos graves ou perdas irreparáveis de vidas de policiais ou de moradores inocentes, atingidos por balas perdidas, disparadas a esmo por marginais, sem qualquer responsabilidade, compromisso ou noção de civilidade. A necessidade de otimizar os recursos policiais disponíveis tornou-se então imperativa.

Neste cenário, o helicóptero policial adquire uma importância singular como veículo de apoio tático. De acordo com Damasceno; (2002), as rotas do patrulhamento em helicóptero nas atividades de rotina devem ser planejadas à semelhança dos traçados viários e áreas de atuação, com ênfase sobre os trechos mais densamente habitados, em sincronia com o policiamento terrestre e patrulhamentos afins. Esse equipamento extraordinário pode ser considerado importante e revolucionária ferramenta no patrulhamento da polícia, integrando qualquer operação policial, ostensiva ou reservada, desde o pronto emprego ou atividades de rotina, até uma implacável perseguição contínua aos fugitivos, independentemente da topografia do terreno, enquanto que o espaço aéreo é transcontinental, obedecendo as normas aeronáuticas. As rotas devem ser previamente estabelecidas, planejadas conforme o grau de violência que a região apresenta, visando o exercício de uma segurança preventiva.

Para este estudo foram selecionados 27 bairros (*Figura-1*), localizados no município do Rio de Janeiro. Os bairros foram escolhidos de forma a obter uma maior participação das principais

zonas do município, desenhando a hipotética rede considerada. O problema proposto será a identificação de um ponto geográfico ideal para a localização temporária de um heliponto que proporcione, no menor tempo possível, o apoio tático a grupamentos policiais terrestres chamados para enfrentamento de marginais e situações de conflitos de média e alta gravidade.

O problema foi segmentado em duas hipóteses. A primeira desconsidera a incidência relativa de delitos nos bairros selecionados, levando em consideração apenas o menor somatório possível dos tempos de vôo para chegada da aeronave aos pontos de destino. A segunda hipótese acrescenta ao problema um indicador de violência, utilizado com frequência em sistemas de segurança pública, combinando o histórico de delitos de média e alta gravidade relacionado com a população residente para cada um dos bairros selecionados.



Figura 1 – Mapa físico do município do Rio de Janeiro e bairros selecionados para o estudo

Dados os N bairros incluídos no estudo, deseja-se identificar um certo bairro h , $h \in N$, onde o tempo médio de vôo de h aos bairros da rede seja mínimo. Supondo-se uma velocidade v constante da aeronave em todas as missões e a distância d_{ij} a ser coberta entre o ponto base do helicóptero e os bairros da rede, deseja-se identificar o bairro h tal que o somatório seja mínimo:

$$\left(\sum_{i \in N} w_i d_{ih} v \leq \sum_{i \in N} w_i d_{ir} v \right) \quad (1)$$

Onde:

- w_i = peso associado ao vértice i (na primeira hipótese, $w_i = 1$)
- d_{ij} = distância mais curta entre os vértices (bairros) i e j
- N = conjunto de bairros selecionados
- r = um bairro qualquer da rede

As medidas usadas no estudo estão aproximadas, tendo em vista as imprecisões da ferramenta utilizada neste ensaio e da localização dos bairros realizada por meios visuais no mapa. As distâncias obtidas com essas ferramentas cumprem apenas a finalidade prevista neste estudo, não devendo ser utilizadas como dados geográficos efetivos ou informes precisos. Os cálculos para determinação do centro de gravidade da rede foram gerados pela ferramenta *Siciliana*, destinada a modelagem de soluções de localização física e tratamento de algoritmos, desenvolvida por Martins (2003).

Este estudo pretende identificar um local alternativo para basear o helicóptero da policia, eventualmente distinto do Heliponto oficial da Lagoa (SEGOA), de alto nível estratégico para o

Estado, e que contempla necessidades operacionais da Defesa Civil, encontrando-se próximo às praias, onde o índice de afogamentos é expressivo. Encontra-se também próximo de importantes áreas de risco, como Favela da Maré, Morro do Alemão e Morro de São Carlos, o que justifica fortemente a sua atual localização junto às margens da lagoa Rodrigo de Freitas.

2 - Hipóteses consideradas na primeira alternativa

As distâncias computadas são lineares, presumindo um vôo de aeronave policial, com preferência de rota e altitude (preferência esta representada por um vôo ponto a ponto, emergencial e sem desvios significativos que possam ampliar a distância prevista na rota previamente selecionada). Não existe preferência de atendimento a nenhum dos bairros selecionados.

3 - Fundamentação Teórica

Um aspecto relevante é a concepção de critérios técnicos para o estabelecimento da base das aeronaves em relação à sua área de operação, devendo levar em consideração os fatores da sua destinação. O local mais recomendado deverá ser representado pelo **centro geográfico** da rede, podendo ser identificado, mediante estudos específicos de otimização da base de partida e retorno das aeronaves.

Uma frota de 20 helicópteros de uso constante na baía de Campos, em 1990, levou a Petrobrás ao uso de sofisticadas ferramentas automatizadas e ao uso de **algoritmo heurístico**, desenvolvido com objetivo de estabelecer rotas para os helicópteros, com propósito de satisfação da demanda e minimização do custo operacional associado aos vôos (Galvão e Guimarães, 1990). No caso da Petrobrás, um plano de vôo consiste de diversas rotas, com apenas um helicóptero escalado para cada rota. Cada plano de vôo destina-se a um determinado conjunto de escalas específicas, localizadas nas plataformas baseadas em alto-mar.

No caso enfocado neste estudo, o helicóptero cumprirá pontualmente uma única rota a ser determinada pelo atendimento de um chamado emergencial. Desta forma, enquanto o algoritmo usado no problema da Petrobrás aproxima-se do método aplicado no algoritmo do Caixeiro Viajante, a solução do heliponto hipotético considerado em nosso estudo aproximar-se do **algoritmo da p-mediana**. Essa recomendação justifica-se pela procura da minimização do tempo médio de atendimento da aeronave para missões pontuais realizadas nos bairros selecionados, enquanto que o estudo para a Petrobrás visava uma rota de visitas às plataformas. O tempo total despendido nos vôos é representado pelo somatório dos tempos individuais de vôo entre a localização do heliponto a ser identificado e a localização de cada bairro atendido pelos chamados emergenciais. Existe um bairro que representa a solução para p-mediana de um conjunto de bairros pertencentes ao município, que minimiza a soma das distâncias ponderadas de todos os bairros a este ponto central, e que será eleito como base do helicóptero, conforme considerações anteriores especificadas neste estudo.

Resultados de Hakimi

Para Santos (2000), o objetivo da solução p-mediana é identificar **p** instalações de um conjunto predefinido com **N** (onde $N > p$) instalações candidatas, que deverão atender a um conjunto de demandas, de forma que a soma total das distâncias percorridas de cada ponto de demanda até a instalação mais próxima seja a menor possível. As **p** instalações que pertencerem a uma solução qualquer são chamadas de medianas. O teorema estabelece que, ao se escolher um ponto central

em uma rede, o candidato a ponto central deve pertencer à rede. Problema conhecido como problema da **p-mediana**, a seleção ficará restrita aos bairros (vértices) selecionados. Assim, no caso da p-mediana, o número de possíveis alternativas é $\binom{N}{p}$

4 - Desenvolvimento do estudo

As etapas abaixo foram sequenciadas para solução do problema proposto.

4.1 - Fase-1: Seleção dos bairros no mapa do município (os vértices da rede).

Vinte e sete bairros foram identificados, procurando obter-se uma ampla dispersão geográfica no desenho da rede selecionada. Desta forma, foram eleitos sete bairros na zona oeste, onze bairros na zona central e nove bairros na zona leste.

4.2 - Fase-2: Identificação das distâncias lineares entre todos os bairros que participaram do estudo (os arcos da rede e a matriz de distâncias).

As distâncias foram registradas, segundo apresentado na matriz abaixo:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	sta Cruz	Sepetiba	Cosmos	P Guaratiba	Guaratiba	Cpo Grande	Grumari	Senador Cel. Carneiro	Realengo	Jacarepagu	V Pequena	R Bandeira	Parque Anchieta	Imchal Herrmann	Pça Seca	Freguesia	Gardenia A. de Moraes	Barra Tijuca	Brás Pina	Olaria	Meier	Alto B Vista	S Conrado	Cajú	R Comprido	Galeão	Pavuna
sta Cruz	0	14	13	22	15	21	35	27	38	32	32	36	51	56	40	41	43	42	49	51	51	53	54	57	58	59	60
Sepetiba	14	0	19	6	12	33	15	34	45	34	27	27	54	50	44	37	34	33	56	59	60	57	59	51	49	64	44
Cosmos	13	19	0	20	16	17	21	20	31	27	25	28	43	44	41	34	34	30	45	48	53	51	53	44	43	53	33
P Guaratiba	22	6	20	0	9	34	29	36	45	21	19	22	48	40	34	27	31	29	59	60	57	54	56	48	46	67	47
Guaratiba	15	12	16	9	0	29	16	30	39	29	11	13	51	43	36	30	29	21	56	52	49	44	46	40	36	64	44
Cpo Grande	21	33	17	34	29	0	37	12	23	16	34	39	33	34	42	35	32	39	35	38	47	52	54	41	44	43	23
Grumari	35	15	21	29	16	37	0	33	37	16	7	5	42	34	28	21	18	14	53	45	42	37	39	33	29	63	43
Senador Cel. Carneiro	27	34	20	36	30	12	33	0	10	21	32	33	24	25	30	23	25	40	26	29	38	43	46	35	36	34	14
Realengo	38	45	31	45	39	23	37	10	0	22	31	33	24	25	29	22	26	29	26	29	38	40	42	33	32	34	14
Jacarepagu	32	34	27	21	29	16	16	21	22	0	14	14	27	19	13	6	4	11	42	36	31	26	28	24	18	50	30
V Pequena	32	27	25	19	11	34	7	32	31	14	0	6	36	28	22	15	13	13	46	38	32	27	29	28	19	62	42
R Bandeira	36	27	28	22	13	39	5	33	33	14	6	0	41	33	26	20	17	11	51	43	38	33	35	31	30	60	40
Parque Anchieta	51	54	43	48	51	33	42	24	24	27	36	41	0	21	28	21	24	35	22	25	34	39	46	36	36	30	10
Imchal Herrmann	56	50	44	40	43	34	34	25	25	19	28	33	21	0	20	13	20	32	23	26	35	38	40	30	30	31	11
Pça Seca	40	44	41	34	36	42	28	30	29	13	22	26	28	20	0	7	10	15	32	29	26	28	30	17	20	40	20
Freguesia	41	37	34	27	30	35	21	23	22	6	15	20	21	13	7	0	6	10	36	31	28	25	27	19	17	44	25
Gardenia A. de Moraes	43	34	34	31	29	32	18	25	26	4	13	17	24	20	10	6	0	9	39	31	28	24	26	19	16	49	29
Barra Tijuca	42	33	30	29	21	39	14	40	29	11	13	11	35	32	15	10	9	0	43	35	32	30	32	23	22	54	38
Brás Pina	49	56	45	59	56	35	53	26	26	42	46	51	22	23	32	36	39	43	0	27	29	31	35	20	27	32	12
Olaria	51	59	48	60	52	38	45	29	29	36	38	43	25	26	29	31	31	35	27	0	21	23	27	12	19	35	15
Meier	51	60	53	57	49	47	42	38	38	31	32	38	34	35	26	28	28	32	29	21	0	20	23	9	13	44	24
Alto B Vista	53	57	51	54	44	52	37	43	40	26	27	33	39	38	28	25	24	30	31	23	20	0	18	11	8	49	29
S Conrado	54	59	53	56	46	54	39	46	42	28	29	35	46	40	30	27	26	32	35	27	23	18	0	15	10	58	38
Cajú	57	51	44	48	40	41	33	35	33	24	28	31	36	30	17	19	19	23	20	12	9	11	15	0	7	46	26
R Comprido	58	49	43	46	36	44	29	36	32	18	19	30	36	30	20	17	16	22	27	19	13	8	10	7	0	51	31
Galeão	59	64	53	67	64	43	63	34	34	50	62	60	30	31	40	44	49	54	32	35	44	49	58	46	51	0	20
Pavuna	60	44	33	47	44	23	43	14	14	30	42	40	10	11	20	25	29	38	12	15	24	29	38	26	31	20	0

Figura 2 – Matriz de distâncias entre os bairros selecionados

Utilizando a ferramenta ER_VIEWER, processamos as distâncias lineares, bairro a bairro, dentre vinte e sete selecionados, assumindo serem exatas as suas localizações no mapa, considerando como aceitável a precisão das medidas obtidas.

4.3 - Fase-3: Alimentação do programa Siciliano com as variáveis da hipótese

O programa é alimentado por duas tabelas: a matriz de distâncias e a tabela de pesos ou ponderações. A matriz de distâncias, em Excel, é lida pelo programa, que inicialmente processa a simetria das distâncias na tabela, tomando por base a diagonal, fornecendo a organização dos dados, conforme apresentados na Figura 2 acima. A tabela de ponderações (Figura 3) é um recurso de grande importância, com atributos flexíveis que podem alterar completamente os resultados da solução pesquisada. No caso em questão, considerando as hipóteses formuladas para a primeira alternativa, os pesos associados terão valores iguais a [1]. Isto poderá ser interpretado pelo equilíbrio das prioridades relativas no atendimento da aeronave aos bairros selecionados. Entretanto, poderíamos destinar aos pesos associados, considerações diversas, tais como indicadores de violência, delitos localizados, áreas de risco com escala de gravidade, volume de ocorrências policiais etc. Um exemplo de redes ponderadas foi observado em um modelo de pesquisa de serviços sociais realizado no México por Zubieta e Coria (2001), utilizando algoritmo p-mediana (*Aplicacion del algoritmo de la p-mediana a programas de desarrollo social utilizando un simulador de vuelo tridimensional del territorio nacional como visualizador de los resultados*).

Desta forma, e como segunda alternativa do estudo, construiríamos cenários distintos, ampliando possíveis resultados para localização do bairro escolhido para o heliponto, de acordo com os pesos atribuídos a cada bairro, representando ponderações a serem consideradas pelo algoritmo da P-Mediana e tratado no programa Siciliano. A Figura 3 apresenta os dados utilizados pelo modelo de apoio aéreo, segundo a primeira alternativa do estudo, considerando uma rede de prioridades niveladas.

sta Cruz	Sepetiba	Cosmos	P Guarati	Guaratiba	Cpo Gran	Grumari	Senador (Realengo	Jacarepaç	V Pequen	R Bandeir	Parque Ai	mchal	Hel Pça	Seca	Freguesia	Gardenia	Barra Tiju
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 3 Tabela parcial de pesos associados

4.4 - Fase-4: Processamento da P-Mediana

Cada bairro é selecionado como possível alternativa para o centro geográfico. Gradualmente, o programa compara e substitui o total processado pelo menor somatório encontrado, correspondente à distância do bairro candidato aos demais bairros pertencentes à rede. Ao final, o programa apresentará a solução ótima:

4.5 - Fase-5: Resultados

O programa indica o vértice 10 (**Jacarepaguá**) como solução ótima para o cenário proposto. Os resultados, resumidos na Figura 4, exibem os totais computados após o processamento da matriz de distâncias ponderadas. Cada coluna representa um bairro candidato e abaixo o somatório, em quilômetros, correspondente à distância deste bairro aos demais bairros da rede. O bairro de

Jacarepaguá oferece a menor soma geral nas distâncias lineares de vôo [611 km], seguindo-se os bairros de Freguesia [620 km] e Gardênia Azul [636 km].

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
sta Cru	Sepeti	Cosm	P. Gu	Guara	Cpo	Gruma	Senad	Reale	Jacar	V. Pec	R. Ban	Parqu	mcha	Pça S	Fregue	Gardê	Barra	Brás	Olaria	Meier	Alto	S. Cor	Caju	R. Co	Galeão	Pavuna
1050	1017	886	966	860	887	792	756	797	611	688	765	881	801	707	620	636	722	952	884	902	890	966	755	747	1236	762

Figura 4 – Tabela Parcial das distâncias finais P-Mediana Computadas

4.6 - Fase-6: Apresentação do Resultado



Figura 5: solução do heliponto para o caso particular dos 27 bairros

Considerando o critério utilizado para seleção dos bairros, o resultado matemático não ofereceu nenhuma surpresa quanto ao resultado esperado. O bairro de Jacarepaguá representa uma espécie de centro geográfico da rede projetada. Como decorrência desta condição particular, o programa confirmou esta localização como possível bairro para o heliponto temporário, recomendando-o para basear a aeronave durante o curso da missão policial, objeto deste estudo. Sem qualquer influência no processamento, mas tornando viável a escolha desenvolvida pela modelagem matemática, Jacarepaguá já dispõe de aeroporto alternativo, podendo receber aeronaves de médio porte e dotado de infra-estrutura para basear helicópteros civis ou policiais.

5 - Uma Visão do Problema com Pesos Diferenciados

O segundo estudo, levando em conta a incidência relativa de eventos que podem exigir a participação de helicópteros, leva em conta os dados expressos nas Tabelas 6,7 e 8. Este ensaio tem como objetivo apresentar uma modelagem alternativa para o problema, agregando pesos diferenciados (tempo de atendimento do serviço) aos bairros que integram a rede. Selecionamos para ponderação um indicador representativo de ocorrências policiais de média e alta gravidade (dados fictícios, exceto indicadores de população), que poderiam, potencialmente, mobilizar a aeronave para o apoio tático pretendido no caso de operações de capturas ou confronto armado.

Bairros	População	Bairros	População
Alto da Boa Vista	7602	Méier	51866
Barra da Tijuca	97935	Parque Anchieta	27566
Barra de Guaratiba	4090	Pavuna	84928
Brás de Pina	60093	Olaria	10642
Caju	17554	Realengo	178404
Campo Grande	320750	Recreio dos Bandeirantes	47996
Cosmos	70421	Rio Comprido	31035
Freguesia Jacarepaguá	55600	Santa Cruz	195413
Galeão	23522	São Conrado	9414
Gardênia Azul	23035	Senador Camará	117697
Grumari	142	Sepetiba	40290
Guaratiba	102762	Vargem Pequena	14585
Jacarepaguá	115917	Praça Seca	61964
Marechal Hermes	50557		

Figura 6 - População nos bairros selecionados - Fonte: Secretaria de Segurança Pública, 2002

Bairros	Ocorrências policiais	Bairros	Ocorrências policiais
Alto da Boa Vista	25	Méier	76
Barra da Tijuca	206	Parque Anchieta	77
Pedra de Guaratiba	13	Pavuna	103
Brás de Pina	104	Olaria	20
Caju	171	Realengo	319
Campo Grande	852	Recreio dos Bandeirantes	76
Cosmos	128	Rio Comprido	47
Freguesia Jacarepaguá	89	Santa Cruz	277
Galeão	64	São Conrado	12
Gardênia Azul	53	Senador Camará	117
Grumari	1	Sepetiba	182
Guaratiba	503	Vargem Pequena	16
Jacarepaguá	329	Praça Seca	388
Marechal Hermes	115		

Figura 7 – Ocorrências policiais (dados fictícios, meramente para cenário do estudo)

Bairros	Ocorrências/ 10 mil ha	Bairros	Ocorrências/ 10 mil ha
Alto da Boa Vista	33	Méier	15
Barra da Tijuca	21	Parque Anchieta	28
Pedra de Guaratiba	31	Pavuna	12
Brás de Pina	17	Olaria	19
Caju	98	Realengo	18
Campo Grande	27	Recreio dos Bandeirantes	16
Cosmos	18	Rio Comprido	15
Freguesia Jacarepaguá	16	Santa Cruz	14
Galeão	27	São Conrado	12
Gardênia Azul	23	Senador Camará	10
Grumari	14	Sepetiba	45
Guaratiba	49	Vargem Pequena	11
Jacarepaguá	28	Praça Seca	63
Marechal Hermes	23		

Figura 8 – Índice de ocorrências/10 mil habitantes - (dados fictícios, meramente para cenário do estudo)

A Figura 6 apresenta o número de habitantes para cada bairro selecionado na rede em estudo. A Figura 7 apresenta volumes mensais (hipotéticos) de delitos de média e alta gravidade, em cada bairro integrante da rede. A Figura 8 correlaciona as duas tabelas anteriores, apresentando o índice de ocorrências médias mensais por 10 mil habitantes. Este indicador pondera o resultado, privilegiando os bairros com maior incidências de delitos, aumentando a distância dos bairros menos violentos, tal que o somatório seja minimizado, de acordo com a expressão (1).

O processamento aproximará o heliponto dos bairros mais violentos, cujo atributo relaciona-se diretamente com as distâncias ponderadas pelos volumes de ocorrências. Os pesos apresentados na Figura 9 correspondem aos indicadores computados, segundo o critério acima estabelecido.

sta Cruz	Sepeti	Cosm	P. Gua	Guara	Cpo G	Grumã	Senad	Reale	Jacar	V. Pec	R. Ban	Parqu	mchal	Pça S	Fregue	Garden	Barra	Brás	Olaria	Meier	Alto B	S. Con	Cajú	R. Co
14	45	18	31	49	27	14	10	18	28	11	16	28	23	63	16	23	21	17	19	15	33	12	98	15

Figura 9 – Tabela parcial das ponderações

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	sta Cruz	Sepeti	Cosm	P. Gua	Guara	Cpo G	Grumã	Senad	Reale	Jacare	V. Pequ	R. Ban	Parque	mchal	Pça S	Fregue	Garden	Barra	Brás P	Olaria	Meier	Alto B
sta Cruz	0	196	182	308	210	294	490	378	532	448	448	504	714	784	560	574	602	588	686	714	714	742
Sepetiba	630	0	855	270	540	1485	675	1530	2025	1530	1215	1215	2430	2250	1980	1665	1530	1485	2520	2655	2700	2565
Cosmos	234	342	0	360	288	306	378	360	558	486	450	504	774	792	738	612	612	540	810	864	954	918
P. Guaratiba	682	186	620	0	279	1054	899	1116	1395	651	589	682	1488	1240	1054	837	961	899	1829	1860	1767	1674
Guaratiba	735	588	784	441	0	1421	784	1470	1911	1421	539	637	2499	2107	1764	1470	1421	1029	2744	2548	2401	2156
Cpo Grande	567	891	459	918	783	0	999	324	621	432	918	1053	891	918	1134	945	864	1053	945	1026	1269	1404
Grumari	490	210	294	406	224	518	0	462	518	224	98	70	588	476	392	294	252	196	742	630	588	518
Senador C	270	340	200	360	300	120	330	0	100	210	320	330	240	250	300	230	250	400	260	290	380	430
Realengo	684	810	558	810	702	414	666	180	0	396	558	594	432	450	522	396	468	522	468	522	684	720
Jacarepagu	896	952	756	588	812	448	448	588	616	0	392	392	756	532	364	168	112	308	1176	1008	868	728
V. Pequena	352	297	275	209	121	374	77	352	341	154	0	66	396	308	242	165	143	143	506	418	352	297
R. Bandeira	576	432	448	352	208	624	80	528	528	224	96	0	656	528	416	320	272	176	816	688	608	528
Parque And	1428	1512	1204	1344	1428	924	1176	672	672	756	1008	1148	0	588	784	588	672	980	616	700	952	1092
mchal Herm	1288	1150	1012	920	989	782	782	575	575	437	644	759	483	0	460	299	460	736	529	598	805	874
Pça Seca	2520	2772	2583	2142	2268	2646	1764	1890	1827	819	1386	1638	1764	1260	0	441	630	945	2016	1827	1638	1764
Freguesia	656	592	544	432	480	560	336	368	352	96	240	320	336	208	112	0	96	160	576	496	448	400
Gardenia A	989	782	782	713	667	736	414	575	598	92	299	391	552	460	230	138	0	207	897	713	644	552
Barra Tijuc	882	693	630	609	441	819	294	840	609	231	273	231	735	672	315	210	189	0	903	735	672	630
Brás Pina	833	952	765	1003	952	595	901	442	442	714	782	867	374	391	544	612	663	731	0	459	493	527
Olaria	969	1121	912	1140	988	722	855	551	551	684	722	817	475	494	551	589	589	665	513	0	399	437
Meier	765	900	795	855	735	705	630	570	570	465	480	570	510	525	390	420	420	480	435	315	0	300
Alto B Vista	1749	1881	1683	1782	1452	1716	1221	1419	1320	858	891	1089	1287	1254	924	825	792	990	1023	759	660	0
S. Conrado	648	708	636	672	552	648	468	552	504	336	348	420	552	480	360	324	312	384	420	324	276	216
Cajú	5586	4998	4312	4704	3920	4018	3234	3430	3234	2352	2744	3038	3528	2940	1666	1862	1862	2254	1960	1176	882	1078
R. Comprid	870	735	645	690	540	660	435	540	480	270	285	450	540	450	300	255	240	330	405	285	195	120
Galeão	1593	1728	1431	1809	1728	1161	1701	918	918	1350	1674	1620	810	837	1080	1188	1323	1458	864	945	1188	1323
Pavuna	720	528	396	564	528	276	516	168	168	360	504	480	120	132	240	300	348	456	144	180	288	348

Figura 10 – Matriz parcial de distâncias ponderadas entre os bairros selecionados

Grumari	Senador Ca	Realengo	Jacarepagu	V Pequena	R Bandeira	Parque An	mchal Herm	Pça Seca	Freguesia	Gardenia A	Barra Tijuca	Brás Pina	Olaria
20553	20798	21965	15996	17903	19885	23930	21326	17422	15727	16083	18115	24803	22735

Figura 11 – Tabela Parcial das distâncias finais P-Mediana Computadas

A tabela apresentada na Figura 11 exibe os resultados processados, computados pelas distâncias ponderadas dos índices de ocorrências extraídos de cada bairro da rede.

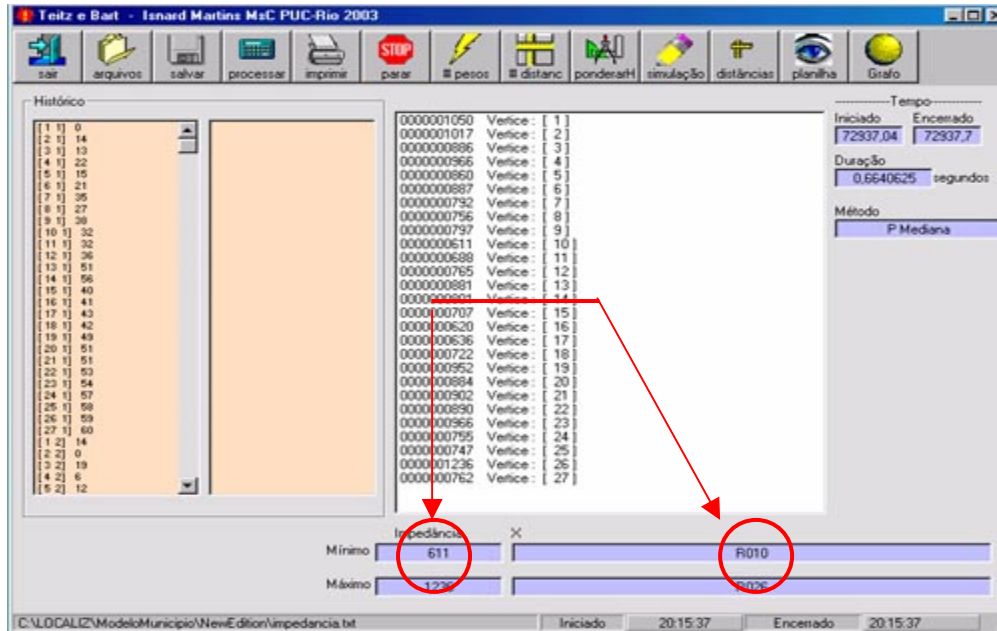


Figura 12 – Imagem da tela do programa Sicilano, após o último ciclo do processamento.

Apresentação do Resultado do Cenário Ponderado



Figura 13 - Solução do heliponto para o caso dos 27 bairros com ponderação

O centro geográfico deste novo cenário deslocou-se na direção nordeste do município, fixando-se no bairro de Freguesia de Jacarepaguá. Alguns bairros com grande volume de ocorrências, tais

como Pavuna, Méier, Olaria e Rio Comprido, influenciaram a ponderação, atraindo o centro anterior localizado em Jacarepaguá para o novo centróide processado.

6 - Conclusões

O problema de localizar uma instalação ou posto de serviço consiste em escolher uma posição geográfica para sua operação, tal que seja maximizada uma medida de utilidade, satisfazendo diversas restrições, em particular, restrições de demanda. No setor público, procura-se maximizar o benefício oferecido à sociedade ou minimizar os custos dos serviços oferecidos, citando, por exemplo, a distância média ou o tempo médio gasto pelos beneficiários do sistema para alcançar o serviço oferecido (Pizzolato, 2003). Na hipótese estudada neste trabalho, consideramos o tempo médio para levar o serviço aos beneficiários do sistema, a exemplo de serviços assistenciais de saúde pública (remoção de acidentados por ambulâncias) ou emergenciais da Defesa Civil (serviços de bombeiros).

Com auxílio deste recurso matemático poderemos modelar com rapidez cenários que atendam com melhor justiça social e mais eficiência os benefícios esperados pelos serviços ofertados.

Uma variada gama de estudos voltados para os mais diversificados objetivos podem ser encontrados em centros de estudos matemáticos, aplicando o modelo da p-mediana como ferramenta de apoio à pesquisa de soluções de localização de instalações, tanto no setor público como no setor privado.

7 - Bibliografia

Galvão, R.D. e Guimarães, J. (1990). The control of helicopter operations in the Brazilian oil industry: Issues in the design and implementation of a computerized system. *European Journal of Operational Research*, 49, 266-270.

Galvão, R. D., Júlio Francisco Barros Neto, Virgílio J. M. Ferreira Filho & Horácio Brescia de Sousa Henriques (1997), Roteamento de Veículos com Base em Sistemas de Informação Geográfica, *Gestão e Produção*, Vol. 4, pp. 159-173.

Pizzolato, Nélio;
DEI, PUC-Rio.
Notas de Aula, 2003

Damasceno Manoel, Cel PM RR.
O Emprego do Helicóptero em Missões Táticas.
<http://www.brasilseguranca.com.br/index.html>;
Consulta em setembro de 2002

Elon **Santos** Corrêa.
Heurística busca tabu;
<http://www.cpgmne.ufpr.br/dissertacoes/elon.pdf>
Consulta em 13 de dezembro de 2003

Judith **Zubieta** Garcia, Alberto Alonso y **Coria**

Aplicacion del algoritmo de la p-mediana a programas de desarrollo social utilizando un simulador de vuelo tridimensional del territorio nacional como visualizador de los resultados.

<http://www.labvis.unam.mx/elio/zubieta>

Consulta em 10 de dezembro de 2003

Martins, Isnard

Projeto de programação Siciliano; DEI, PUC-Rio.

Versão 2/b.

Consulta em novembro de 2003.

Álbum do Rio - Município do Rio de Janeiro, visão Satélite Íconos,
Secretaria de Segurança Pública, 2003.

InfoStrata, Cia Vale do Rio Doce.

Consulta em novembro de 2003