

EDSON RIATO JUNIOR

DISTRIBUIÇÃO OTIMIZADA DE VIATURAS DA POLÍCIA MILITAR

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Setor de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Teresinha Arns Steiner

CURITIBA

2003

EDSON RIATO JUNIOR

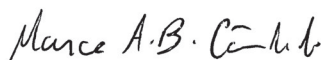
DISTRIBUIÇÃO OTIMIZADA DE VIATURAS DA POLÍCIA MILITAR

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, M.Sc. – Área de concentração: Programação Matemática – Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Federal do Paraná, pela banca examinadora formada pelos professores:


Orientadora:



Profª. Maria Teresinha Arns Steiner, D. Eng.
Departamento de Matemática – UFPR.



Prof. Marco Antonio Barbosa Cândido, D. Eng.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PUC – PR.



Prof. Julio Eduardo Arce, D. Eng.
Departamento de Engenharia Florestal – UFPR.



Profª. Elizabeth Wegner Karas, D. Eng.
Departamento de Matemática – UFPR.

Curitiba, 26 de Maio de 2003.

À Deus.
À minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento deste trabalho.

A minha orientadora Profª. Maria Teresinha Arns Steiner, pela orientação, apoio e ensinamentos no transcórre deste trabalho.

A Polícia Militar pela permissão dada para que fosse possível a realização deste trabalho, em particular ao Capitão Robson Cláudio F. Lima pela amizade e incentivo dado durante a realização do mesmo.

Ao professor Julio Eduardo Arce pela ajuda na implementação do modelo no *software LINGO*.

Aos professores, funcionários e colegas do CESEC, pela amizade.

Aos amigos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora pelas críticas e sugestões apresentadas na defesa da dissertação.

A minha família pelo amor, apoio e incentivo sempre dado a meus estudos e que certamente foram indispensáveis para a realização deste trabalho.

Em especial, à minha esposa Mayra por toda sua compreensão, ajuda, paciência e amor que foram fundamentais para elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE SIGLAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos do Trabalho.....	2
1.2 Importância do Trabalho.....	2
1.3 Limitações do Trabalho.....	2
1.4 Estrutura do Trabalho.....	3
2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	4
2.1 Introdução.....	4
2.2 Definição do Problema.....	6
2.2.1 Funcionamento da 1ª companhia do 13º Batalhão.....	11
2.3 Dados Utilizados.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 Trabalhos Relacionados.....	16
3.2 Trabalhos Específicos – O Problema da Segurança.....	22
3.2.1 Método <i>Computer Statistics (COMSTAT)</i>	22
3.2.2 Sistema de Informações Criminais (INFOCRIM).....	22
3.2.3 Ação e Estratégia das Organizações Policiais.....	24
3.2.4 A Informação a Serviço da População.....	27

3.2.5	A Distribuição Satisfatória de Serviços Públicos de uma Forma Geral.....	28
4	CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO PARA O PROBLEMA ABORDADO.....	30
4.1	Introdução – Cálculos Preliminares.....	30
4.2	Modelagem do Problema.....	30
4.2.1	Função Objetivo.....	32
4.2.2	Restrições.....	33
4.2.2.1	Restrições de Atendimento.....	33
4.2.2.2	Restrições com Relação ao Número de Viaturas.....	34
4.3	Modelo Matemático Completo.....	35
5	IMPLEMENTAÇÃO, SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
5.1	Implementação do Modelo.....	38
5.1.1	Aplicação do Modelo a 1ª Cia. do 13º BPM.....	42
5.1.2	Aplicação do Modelo ao 4º EPM do RPMon.....	51
5.2	Simulações.....	59
5.2.1	Simulação 1.....	60
5.2.2	Simulação 2.....	61
5.2.3	Simulação 3.....	63
5.3	Polícia Militar de Curitiba.....	65
5.4	Análise dos Resultados Obtidos.....	65
5.4.1	Análise dos Pesos Utilizados no Modelo Matemático.....	66
5.4.2	Análise dos Resultados Propriamente Ditos.....	66
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS....	66
6.1	Conclusões.....	66

6.2	Sugestões Para Trabalhos Futuros.....	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
	ANEXO.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Divisão do 12º BPM	8
Tabela 2.2 – Divisão do 13º BPM	8
Tabela 2.3 – Divisão do RPMon	9
Tabela 2.4 – Escala de Horário dos Policiais das RPA's	11
Tabela 2.5 – Distribuição das Viaturas do 12º BPM	12
Tabela 2.6 – Distribuição das Viaturas do 13º BPM	12
Tabela 2.7 – Distribuição das Viaturas do RPMon	13
Tabela 2.8 – Horário das viaturas da 1ª Cia. do 12º BPM	13
Tabela 2.9 – Horário das viaturas da 2ª Cia. do 12º BPM	13
Tabela 2.10 – Horário das viaturas da 3ª Cia. do 12º BPM	13
Tabela 2.11 – Horário das viaturas da 4ª Cia. do 12º BPM	13
Tabela 2.12 – Horário das viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM	14
Tabela 2.13 – Horário das viaturas da 2ª Cia. do 13º BPM	14
Tabela 2.14 – Horário das viaturas da 3ª Cia. do 13º BPM	14
Tabela 2.15 – Horário das viaturas da 4ª Cia. do 13º BPM	14
Tabela 2.16 – Horário das viaturas da 2º EPM do RPMon	14
Tabela 2.17 – Horário das viaturas da 2º EPM do RPMon	15
Tabela 2.18 – Horário das viaturas da 2º EPM do RPMon	15
Tabela 5.1 – Informações sobre a quantidade de crimes ocorridos a cada hora do dia do mês de dezembro de 2002 da 1ª Cia. do 12º BPM	39
Tabela 5.2 – Quantidade de crimes atendidos por hora e por setor pela 1ª Cia. do 13º BPM (01/02/2002)	43
Tabela 5.3 – Horário das viaturas da 1º Cia. do 13º BPM	44
Tabela 5.4 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM (01/12/2002)	44

Tabela 5.5 –	Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área da 1ª Cia. do 13º BPM (01/12/02).....	46
Tabela 5.6 –	Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM (02/12/2002)	47
Tabela 5.7 –	Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área da 1ª Cia. do 13º BPM (02/12/02).....	48
Tabela 5.8 –	Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM (03/12/2002)	49
Tabela 5.9 –	Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área da 1ª Cia. do 13º BPM (03/12/02).....	50
Tabela 5.10 –	Horário das viaturas do 4º EPM do RPMon	52
Tabela 5.11 –	Número de atendimentos realizados pelas viaturas do 4º EPM do RPMon (01/12/2002)	52
Tabela 5.12 –	Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área do 4º EPM do RPMon (01/12/02).....	54
Tabela 5.13 –	Número de atendimentos realizados pelas viaturas do 4º EPM do RPMon (02/12/2002)	55
Tabela 5.14 –	Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área do 4º EPM do RPMon (02/12/02).....	56
Tabela 5.15 –	Número de atendimentos realizados pelas viaturas do 4º EPM do RPMon (03/12/2002)	57
Tabela 5.16 –	Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área do 4º EPM do RPMon (03/12/02).....	58
Tabela 5.17 –	Simulação com troca de pesos de viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM (01/12/2002)	60
Tabela 5.18 –	Simulação com aumento de 1 RPA no setor 1 da 1ª Cia. do 13º BPM (01/12/2002)	62
Tabela 5.19 –	Simulação com aumento de 1 RPA no 4º EPM do RPMon (01/12/2002).	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 –	Mapa da Polícia no Estado do Paraná	6
Figura 2.2 –	Curitiba com a definição das áreas atendidas pelos diferentes Batalhões...	9

LISTA DE SIGLAS

BO's	Boletins de ocorrência
BPFlo	Batalhão de Polícia Florestal
BPGd	Batalhão de Polícia de Guarda
BPM	Batalhão de Polícia Militar
BPRv	Batalhão de Polícia Rodoviária
BPTran	Batalhão de Polícia de Trânsito
Cia.	Companhia
CIPGd	Companhia Independente de Polícia de Guarda
COCT	Centro de Observação Criminológico e Triagem
COM	Complexo Médico Penal
<i>COMSTAT</i>	<i>Computer Statistics</i>
CPC	Comando do Policiamento da Capital
CPI	Comando do Policiamento do Interior
DETRAN – PR	Departamento de Trânsito do Paraná
DIRETRAN	Diretoria de Trânsito de Curitiba
EPM	Esquadrão de Polícia Militar
FD	Função Déficit
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
IML	Instituto Médico Legal
INFOCRIM	Sistema de Informações Criminais
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba

<i>LINGO</i>	<i>Language for Interactive General Optimizer</i>
PCE	Penitenciária Central do Estado
PM	Polícia Militar
PMMG	Polícia Militar de Minas Gerais
PPC	Prisão Provisória de Curitiba
RPA	Rádio Patrulha
RPMon	Regimento de Polícia Montada
SESP	Secretaria de Estado de Segurança Pública
SISCOP	Sistema de Controle Operacional
TRE I	Tribunal Regional Eleitoral I
TRE II	Tribunal Regional Eleitoral II
VEP	Vara de Execuções Penais

RESUMO

O desenvolvimento deste trabalho teve como principal motivação a criação de uma ferramenta de consulta e apoio à Polícia Militar de Curitiba. Esta cidade possui três Batalhões da Polícia Militar, divididos em companhias ou esquadrões que ficam responsáveis por uma região da cidade. Estas companhias e esquadrões, por sua vez, também dividem suas regiões em áreas menores chamadas de setores. A Polícia Militar possui um departamento que é responsável por todo o levantamento estatístico da mesma, sendo que os comandantes das companhias têm acesso a informações sobre horários, dias da semana e bairros com índices de criminalidade mais alto, bem como várias outras informações para que os mesmos possam organizar a distribuição de suas viaturas da maneira mais adequada. Baseando-se no que existe hoje na Polícia Militar de Curitiba em relação à distribuição de viaturas, o trabalho foi desenvolvido com a finalidade de se analisar a capacidade de atendimento das companhias a delitos, levando-se em consideração o número e tipos de viaturas disponíveis em cada uma delas. Através da análise do número de delitos ocorridos a cada hora do dia pode-se fazer uma ligação entre estes e a capacidade de atendimento dos carros disponíveis em cada um dos setores das companhias. O modelo matemático desenvolvido neste trabalho realiza a análise desta capacidade de atendimento de cada companhia, levando-se em consideração turnos de trabalho, números e tipos de viaturas das companhias. O modelo ainda permite aos comandantes realizarem simulações para verificar o número ideal de viaturas em uma situação real ou que possa vir a ocorrer, tornando-se desta maneira uma ferramenta de consulta que, se bem aproveitada, pode trazer muitos benefícios.

Palavras-chave: Programação Linear Inteira, Polícia Militar, Simulação Numérica.

ABSTRACT

The development of this project had, as the main motivation, the creation of a support tool for the Military Police of Curitiba. This city has three Military Police Battalions, divided in companies or squadrons responsible for each region of the city. These companies and squadrons divide their regions into smaller areas called sectors. The Military Police has a department responsible for statistic research and the company commanders have access to the information of schedules, days of the weeks and neighborhoods with higher crime rates, as well as other information that can help them to properly organize the distribution of their units. Based on what there is today in the Military Police of Curitiba relating to the distribution of their units, the project was developed to analyze the company's capacity to respond to crime, considering the number and type of cars available. Through the analysis of crimes committed each hour of the day it is possible to make a correlation between this information and the units' capacity to respond in each sector of those companies. The math model developed in this project provides the analysis of the company to respond, considering work shifts, number and types of cars available. The model allows the commander to perform simulations that verify the ideal number of cars needed in a real situation. As a result, it can be used as a consultation tool that, if used properly, can bring about many other benefits.

Keywords: Linear Integer Programming, Military Police, Numerical Simulation.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Segurança é um assunto sempre em pauta em qualquer cidade do mundo. Com os últimos acontecimentos no cenário brasileiro – fugas e rebeliões em cadeias, o tráfico de drogas tomando conta das grandes cidades (e chegando às pequenas também), violência no trânsito, fechamento do comércio por ordem de traficantes, assassinatos, assaltos, arrombamentos... – o sentimento de medo é crescente acarretando a necessidade de se tomar providências a fim de melhorar as condições de vida da população.

É evidente que existe atualmente uma grande crise no Sistema de Justiça e Segurança Pública do nosso país, e que a violência e a criminalidade têm como principais causas questões de ordem social, econômica e cultural.

Uma outra causa do crescimento da violência é a impunidade que faz com que maus elementos da sociedade permaneçam ilesos.

Existe a necessidade de se modificar o sistema de Justiça e Segurança Pública com medidas concretas a curto, médio e longo prazo. Enfim, a violência só será superada quando Estado e população civil trabalharem juntos com o mesmo objetivo, que é o bem estar de todos.

Outro problema que ocorre no Brasil, de um modo geral, são os baixos salários dos policiais. Isto não é nenhuma novidade, afinal, várias vezes foi possível ler ou assistir a notícias que traziam informações sobre greves na polícia cujo objetivo era justamente a melhoria no valor que estes profissionais recebem. Este é um problema grave, pois policiais mal pagos muitas vezes precisam trabalhar em outros serviços para complementar suas rendas, o que lhes gera um desgaste muito grande, isto sem contar com o pior, que é quando alguns policiais aceitam subornos em troca de favores a bandidos.

Para modificar este quadro é claro que seria preciso toda uma reorganização na sociedade (assistência médico-hospitalar e educação escolar de qualidade, oferta de condições adequadas de emprego e, conseqüentemente de moradias, entre outros), de forma a dar aos cidadãos as ferramentas para o desenvolvimento satisfatório do indivíduo – pensar globalmente, agir

localmente – desta forma, se não evitando, pelo menos minimizando o crescimento das frentes do narcotráfico e a necessidade de apelar para meios escusos de ganhar a vida.

Através do presente trabalho pretende-se disponibilizar mais uma ferramenta de consulta e planejamento, que servirá de apoio à Polícia Militar no combate ao crime, abordando alguns dos problemas citados acima.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

Na tentativa de melhorar o panorama atual do cenário brasileiro até que sejam realizadas mudanças que aperfeiçoem de uma forma geral a segurança no Brasil, esta dissertação visa apresentar um estudo da estrutura de trabalho da Polícia Militar (PM), baseando-se nesta já existente na cidade de Curitiba - PR e, através da análise de dados sobre crimes ocorridos na referida cidade, aplicar técnicas de Pesquisa Operacional para fazer a distribuição desejada das viaturas de Policiais Militares de acordo com a frequência, locais e horários em que esses crimes ocorrem, mostrando, quando possível, falhas que existam na estrutura hoje utilizada pela PM.

1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Devido ao crime estar se tornando cada vez mais organizado, torna-se necessário, dentre outras providências, que os policiais tenham treinamento adequado e, além disso, que a distribuição das viaturas e policiais seja feita de maneira rápida, sincronizada e concentrada nas áreas de maior incidência de crimes.

Atualmente essa distribuição é feita manualmente pelos comandantes de companhia, conforme será descrito no capítulo II.

Com a aplicação de técnicas da Pesquisa Operacional pretende-se criar um modelo matemático que agilize e melhore essa distribuição conforme apresentado no capítulo IV.

1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Pelo fato do número de viaturas e policiais militares ser reduzido, os crimes são classificados segundo a gravidade da ocorrência para que se faça o atendimento.

No presente trabalho a distribuição das viaturas e policiais será feita baseando-se somente na quantidade de crimes ocorridos, não sendo consideradas quaisquer distinções entre os tipos de ocorrência.

Como na prática todos os chamados devem ser atendidos, estar-se-á verificando na verdade, a necessidade da quantidade de viaturas adicionais em cada região.

No dia-a-dia existe comunicação entre as companhias (Cia.) e Batalhões da Polícia Militar (BPM) de uma região ou outra, podendo assim uma viatura de uma companhia realizar atendimento na área de outra quando for necessário. No entanto no presente trabalho as mesmas serão analisadas separadamente, o que impossibilita a ligação entre viaturas de uma companhia com outra, pois isto é o que deveria ocorrer se as companhias fossem auto-suficientes.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste capítulo é feita uma breve introdução onde estão especificados os objetivos, limitações e importância do trabalho.

A descrição do problema da distribuição de viaturas policiais, e os dados que são utilizados nas simulações estão descritos no Capítulo II.

O Capítulo III mostra a revisão bibliográfica que abrange aplicações da Pesquisa Operacional e também artigos que são interessantes e ligados ao presente trabalho de dissertação.

O Capítulo IV apresenta o desenvolvimento do modelo matemático.

O Capítulo V apresenta dados sobre crimes, horários de viaturas e também a implementação e obtenção de resultados através do mesmo, além de toda uma análise de tudo o que foi feito no trabalho, comentando também sobre o desempenho atual da Polícia Militar na cidade de Curitiba.

O Capítulo VI apresenta as conclusões obtidas com o trabalho e exhibe algumas sugestões sobre possíveis trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

2.1 INTRODUÇÃO

A Polícia Militar do Estado do Paraná está dividida em dois comandos principais: o Comando do Policiamento do Interior (CPI) que é responsável pelo controle de todas as atividades operacionais no Estado do Paraná, exceto Curitiba e região Metropolitana que são atendidas pelo Comando do Policiamento da Capital (CPC), que tem a responsabilidade de organizar, supervisionar, dirigir e controlar todas as atividades operacionais da polícia militar nesta área.

A área de atuação do CPI atinge 349 municípios com aproximadamente 6.400.000 habitantes, em uma área de 190.791 km². Para prestar este atendimento o CPI possui:

- 15 Batalhões:
 - 1º Batalhão de Polícia Militar (Ponta Grossa);
 - 2º Batalhão de Polícia Militar (Jacarezinho);
 - 3º Batalhão de Polícia Militar (Pato Branco);
 - 4º Batalhão de Polícia Militar (Maringá);
 - 5º Batalhão de Polícia Militar (Londrina);
 - 6º Batalhão de Polícia Militar (Cascavel);
 - 7º Batalhão de Polícia Militar (Cruzeiro do Oeste);
 - 8º Batalhão de Polícia Militar (Paranavaí);
 - 9º Batalhão de Polícia Militar (Paranaguá);
 - 10º Batalhão de Polícia Militar (Apucarana);
 - 11º Batalhão de Polícia Militar (Campo Mourão);
 - 14º Batalhão de Polícia Militar (Foz do Iguaçu);
 - 15º Batalhão de Polícia Militar (Rolândia);
 - 16º Batalhão de Polícia Militar (Guarapuava);
 - 18º Batalhão de Polícia Militar (Cornélio Procópio).

- 2 Companhias Independentes:

1ª Companhia Independente de Polícia Militar (Lapa);

2ª Companhia Independente de Polícia Militar (União da Vitória).

- 2 Batalhões especializados:

Batalhão de Polícia Rodoviária (BPRv);

Batalhão de Polícia Florestal (BPFlo).

Já a área de atuação do CPC atinge 22 municípios com aproximadamente 2.100.000 habitantes, em uma área de 8.763 km².

O CPC é composto por 4 batalhões (12º BPM, 13º BPM, 17º BPM e Regimento de Polícia Montada), que serão descritos posteriormente, e 4 unidades especiais.

As unidades especiais são:

- Batalhão de Polícia de Trânsito (BPTran): atua sistematicamente na fiscalização, orientação e controle de tráfego em Curitiba, com o objetivo de proporcionar segurança e fluidez no trânsito.

Trabalha em conjunto com o Departamento de Trânsito do Paraná (DETRAN - PR), Prefeitura Municipal de Curitiba, Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba (IPPUC) e Diretoria de Trânsito de Curitiba (DIRETRAN), fazendo cumprir a legislação nacional de trânsito.

- Batalhão de Polícia de Guarda (BPGd): faz a segurança externa do Centro de Observação Criminológico e Triagem (COCT), da Prisão Provisória de Curitiba (PPC), Penitenciária Central do Estado (PCE), Complexo Médico Penal (COM), Educandário São Francisco, realiza escolta de detentos, segurança nos consulados da Alemanha, Argentina, Japão, Itália, Polônia, Paraguai, Portugal, Bélgica e Senegal. Além de policiar também o Tribunal Regional Eleitoral I e II (TRE I e TRE II), Vara de Execuções Penais (VEP), Vara Menores, Fórum Criminal, Promotoria de Bairros Patrono.

- Companhia Independente de Polícia de Guarda (CIPGd) que tem como função fazer a segurança do Tribunal de Justiça, Vara de Família - Promotoria de Família, Auditoria Militar, Defensoria Pública, Secretaria de Estado de Segurança Pública (SESP), Casa de Campo do Governador, Tribunal de Alçada, Assembléia Legislativa, Residência do Secretário de Segurança Pública e Procuradoria Geral do Estado.

- Companhia de Polícia de Choque: atua preventivamente e/ou repressivamente, isolada ou em conjunto com outras forças legais, em locais ou áreas onde ocorra ou haja a iminência de perturbação da ordem pública, em ações de controle de tumultos, contra guerrilha urbana e rural e ocupação, defesa e retomada de pontos sensíveis através da tropa de Choque, quando requer intervenção pronta e enérgica de policiais especialmente instruídos.

No mapa apresentado na Figura 2.1 é possível observar as áreas de atuação do CPC e do CPI.

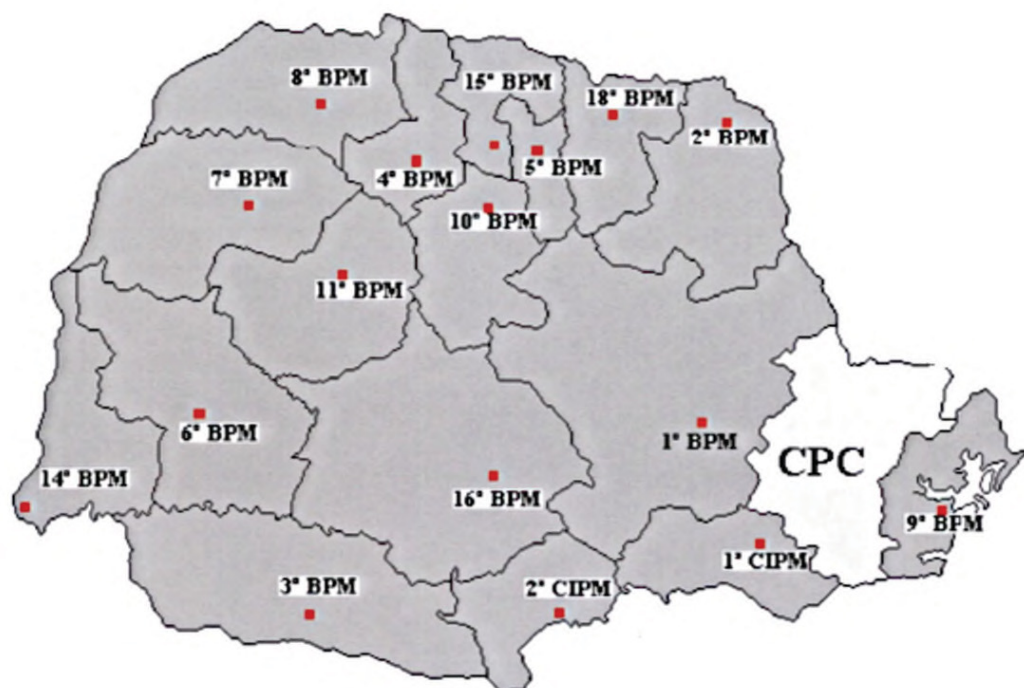


Figura 2.1 Mapa da Polícia no Estado do Paraná.

Os batalhões que não aparecem no mapa da Figura 2.1 (12º BPM, 13º BPM e 17º BPM) são os que atuam na área do CPC.

2.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A área da unidade territorial da cidade de Curitiba é de 430 Km², com 75 bairros e aproximadamente 1.600.000 habitantes segundo o censo de 2000.

Para atender a cidade de Curitiba existem 3 batalhões: 12º BPM, 13º BPM e o Regimento de Polícia Montada (RPMon).

O 12º Batalhão situado à Rua Desembargador Motta, número 2791, é dividido em 4 companhias.

A 1ª Companhia, cuja sede fica na rodoviária, é responsável pelo policiamento do Centro da cidade e pelo bairro do Rebouças.

A 2ª Companhia, situada na rua da Cidadania de Santa Felicidade, faz o policiamento nos bairros Batel, Bigorriho, Bom Retiro, Mercês, Pilarzinho, São Francisco e Vista Alegre.

A 3ª e a 4ª Companhias têm sede no próprio batalhão. A 3ª Companhia policia os bairros do Abranches, Ahú, Alto da Glória, Barreirinha, Cachoeira, Centro Cívico, Juvevê, São Lourenço e Taboão, enquanto a 4ª Companhia policia os bairros do Butiatuvinha, Cascatinha, Lamenha Pequena, Orleans, Santa Felicidade, Santo Inácio, São Braz e São João.

O 13º Batalhão situado à Rua Sebastião Malucelli, número 54, é também dividido em 4 companhias.

A 1ª Companhia, com sede no batalhão, faz o policiamento dos bairros Capão Raso, Novo Mundo, Parolin, Portão, Vila Fanny, Vila Guaíra e Vila Lindóia.

A 2ª Companhia situa-se à Rua Bocaiúva, número 891, e é responsável pelo patrulhamento dos bairros Água Verde, Campina do Siqueira, Campo Comprido, Mossunguê, Santa Quitéria, Seminário e Vila Izabel.

A 3ª Companhia, situada à Rua Senador Acyolli Filho, número 3372, realiza o policiamento nos bairros Augusta, CIC I ao IV, Fazendinha, Riveira e São Miguel.

A 4ª Companhia fica no Ceasa e patrulha os bairros Campo do Santana, Caximba, Ganchinho, Pinheirinho, Sítio Cercado, Tatuquara, Umbará e Xaxim.

O 17º Batalhão de Polícia Militar, que pertence ao CPC, é o responsável pela região metropolitana, que não será abordado no âmbito do problema.

O Regimento de Polícia Montada situado à Rua Konrad Adnauer, número 1166, está dividido em 4 esquadrões.

O 1º Esquadrão de Polícia Montada (EPM), com sede no próprio Regimento, realiza o policiamento Hipomóvel (policiamento a cavalo).

O 2º EPM fica à Rua Guabirota, na Vila das Torres, e realiza o patrulhamento motorizado nos bairros Alto da XV, Cajuru, Capão da Imbuia, Cristo Rei, Guabirota, Jardim Botânico, Jardim das Américas, Prado Velho e Tarumã.

O 3º EPM fica no terminal do Boa Vista e realiza patrulhamento motorizado nos bairros Atuba, Bacacheri, Bairro Alto, Boa Vista, Cabral, Hugo Lange, Jardim Social, Santa Cândida e Tingui.

O 4º EPM, situado na Rua da Cidadania do Carmo, realiza o patrulhamento motorizado nos bairros Alto Boqueirão, Boqueirão, Hauer e Uberada.

As Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3 mostram os dados acima citados de forma esquematizada.

Tabela 2.1 – Divisão do 12º BPM

12º Batalhão	
1ª Cia.	Centro e Rebouças
2ª Cia.	Batel, Bigorriho, Bom Retiro, Mercês, Pilarzinho, São Francisco e Vista Alegre
3ª Cia.	Abranches, Ahú, Alto da Glória, Barreirinha, Cachoeira, Centro Cívico, Juvevê, São Lourenço e Taboão
4ª Cia.	Butiatuvinha, Cascatinha, Lamenha Pequena, Orleans, Santa Felicidade, Santo Inácio, São Braz e São João

Tabela 2.2 – Divisão do 13º BPM

13º Batalhão	
1ª Cia.	Capão Raso, Novo Mundo, Parolin, Portão, Vila Fanny, Vila Guaíra e Vila Lindóia
2ª Cia.	Água Verde, Campina do Siqueira, Campo Comprido, Mossunguê, Santa Quitéria, Seminário e Vila Izabel
3ª Cia.	Augusta, CIC I ao IV, Fazendinha, Riveira e São Miguel
4ª Cia.	Campo do Santana, Caximba, Ganchinho, Pinheirinho, Sítio Cercado, Tatuquara, Umbará e Xaxim

Tabela 2.3 – Divisão do RPMon

Regimento de Polícia Montada	
1º EPM	Realiza Policiamento Hipomóvel
2º EPM	Alto da XV, Cajuru, Capão da Imbuia, Cristo Rei, Guabirota, Jardim Botânico, Jardim da Américas, Prado Velho e Tarumã
3º EPM	Atuba, Bacacheri, Bairro Alto, Boa Vista, Cabral, Hugo Lange, Jardim Social, Santa Cândida e Tingui
4º EPM	Alto Boqueirão, Boqueirão, Hauer e Uberaba

Na Figura 2.2 pode-se observar a cidade de Curitiba dividida em batalhões.

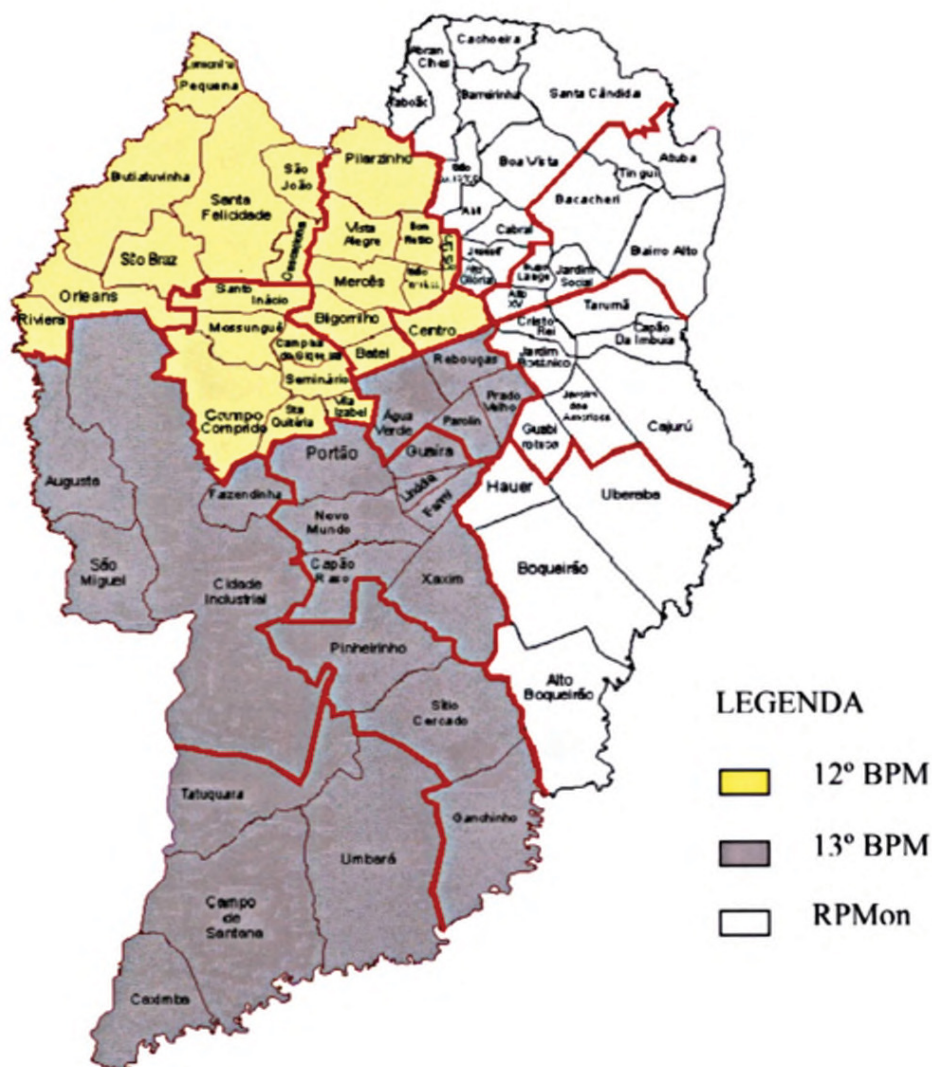


Figura 2.2. Curitiba com a definição das áreas atendidas pelos diferentes batalhões.

Cada um dos batalhões possui um comandante responsável pela sua região e cada uma das Companhias ou Esquadrões tem seu próprio comandante que, dentre outras funções, deve organizar o policiamento na área definida à sua Companhia.

A área em questão é dividida em setores que possuem uma viatura cada. Assim sendo, se o número de viaturas aumentar no decorrer dos anos, a região de atuação das mesmas irá diminuir.

A distribuição das viaturas nestes setores é sempre a mesma e o policial sabe quais são as ruas e bairros que devem ser visitados por ele. Enquanto não existir nenhuma ocorrência em seu setor, a ronda será feita da maneira que o policial julgar mais conveniente.

Para fazer a distribuição das viaturas de acordo com o número de crimes, um relatório mensal referente à sua área é enviado a cada comandante de companhia, constando data, hora e local do crime, bem como o tipo de crime ocorrido.

O comandante pode também acessar através de seu computador as diversas informações formatadas de várias maneiras: dados diários, semanais, anuais ou por tipo de crime, local, horário e outros.

Levando em consideração tais informações, é possível direcionar de maneira mais eficiente as rondas feitas pelos policiais, procurando inibir os crimes que podem ser mais freqüentes em uma determinada região ou bairro. Esta distribuição é feita empiricamente, através da observação da constância nos horários e bairros mais violentos; se algum detalhe passar despercebido, a distribuição pode ser prejudicada.

A maioria das companhias trabalha com 3 tipos de patrulhas: Rádio Patrulha (RPA), Patrulha Escolar e Patrulha Comercial e tem-se previamente estabelecido, o horário de serviço de todos os policiais destas viaturas para o mês todo.

Os policiais da RPA trabalham em turnos de 12 horas diárias com 24 horas de descanso. Após completar dois serviços o policial tem direito a um dia de descanso e em seguida trabalha no reforço conforme poderá ser verificado na Tabela 2.4.

As patrulhas escolar e comercial têm outros horários de trabalho que serão mencionados posteriormente neste mesmo capítulo. As companhias que possuem áreas com pouco comércio ou escolas extinguem esse tipo de patrulha e trabalham apenas com RPA.

A Tabela 2.4 mostra como é feita a escala de horário dos policiais que trabalham com as RPA's. As letras A, B, C, D e E indicam as equipes que compõem cada RPA, sendo que a cada 5 dias a escala se repete. Vale ressaltar que a equipe A está saindo do turno às 7h de segunda-feira.

Tabela 2.4 – Escala de Horário dos Policiais das RPA's

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
19h – 7h	A	E	D	C	B	A	E
7h – 19h	B	A	E	D	C	B	A
Descanso	C	B	A	E	D	C	B
Reforço	D	C	B	A	E	D	C
Folga	E	D	C	B	A	E	D

2.2.1 Funcionamento da 1ª Cia. do 13º BPM

A 1ª companhia do 13º batalhão possui 18 viaturas, das quais, 11 são utilizadas de segunda a sexta-feiras, sendo 5 RPA's, 3 Escolares, 1 Comercial e 2 reforços. Das outras 7, algumas estão em manutenção, enquanto outras servem para substituir alguma viatura que eventualmente apresente algum defeito ou ainda para fazer algum reforço, quando necessário.

Todas as viaturas têm 2 policiais conforme já mencionado, sendo que os policiais da RPA trabalham num período de 12h por dia (7h – 19h ou 19h – 7h), enquanto que 1 viatura da patrulha escolar trabalha das 7h – 15h e 2 trabalham das 16h – 23h. A patrulha comercial trabalha das 10h – 16h.

Nos finais de semana, as patrulhas escolar e comercial quase sempre estão de serviço, pois fazem um horário mais curto durante a semana. Sempre que há qualquer evento como futebol, bingos, festas juninas, sorteio de mega-sena acumulada, entre outros, que necessitem de policiamento nos finais de semana, essas patrulhas são acionadas.

Normalmente, os policiais que trabalham nas patrulhas escolar e comercial são os que estudam durante algum período do dia ou que possuem algum outro tipo de atividade que complemente a renda familiar.

Uma viatura é capaz de atender em média a 2 chamados por hora. É claro que existem atendimentos que podem demorar um pouco mais ou menos, podendo diminuir ou aumentar a quantidade de atendimentos feitos por uma viatura em uma hora, respectivamente.

Essa companhia tem sua área dividida em 4 setores menores, facilitando o atendimento às ocorrências. Cada um desses setores tem uma RPA que faz o policiamento 24 horas por dia. A 5ª RPA, normalmente conduzida por um sargento, também responsável pela supervisão das outras patrulhas, faz atendimentos quando solicitada ou quando a situação requer a presença de um policial com maior graduação e que tenha maiores conhecimentos técnicos como, por exemplo, quando identificada a necessidade de uso de algum tipo de arma mais “pesada”.

As RPA's são responsáveis por um setor dentro da companhia. Na ocorrência de algum delito, primeiro deve-se acionar a viatura responsável por aquela região. Quando não for possível que a mesma faça o atendimento, outra viatura mais próxima se deslocará até o local e assim por diante.

As patrulhas escolares são acionadas quando não existe uma outra maneira para resolver o problema, ou seja, quando todas as viaturas (RPA ou Comercial) estão ocupadas.

Também são acionadas quando a ocorrência está localizada em uma escola, porém, a função principal deste contingente são as rondas diárias nas regiões escolares.

A quantidade de viaturas das demais companhias está listada nas Tabelas 2.5, 2.6 e 2.7.

Tabela 2.5 – Distribuição das Viaturas do 12º BPM

	RPA	Comercial	Escolar	Reforço	Manutenção	Total
1ª Cia	5		1	A pé	18	24
2ª Cia	4			2	11	17
3ª Cia	4			1	13	18
4ª Cia	2		1	1	4	8

Tabela 2.6 – Distribuição das Viaturas do 13º BPM

	RPA	Comercial	Escolar	Reforço	Manutenção	Total
1ª Cia	5	1	3	2	7	18
2ª Cia	3	1	1	3	7	15
3ª Cia	3		2	2	10	17
4ª Cia	3	3	2	A pé	7	15

Tabela 2.7 – Distribuição das Viaturas do RPMon

	RPA	Comercial	Escolar	Reforço	Manutenção	Total
2ª EPM	3	1	1	1	10	16
3ª EPM	4			A pé	15	19
4ª EPM	5	1	1	2	13	22

Serão apresentados nas Tabelas de 2.8 a 2.18 a seguir os horários de trabalho das viaturas nas respectivas companhias.

Tabela 2.8 – Horário das viaturas da 1ª Cia. do 12º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	5	19h – 7h	5
Patrulha Escolar	7h – 14h	1	16h – 22h	1

Tabela 2.9 – Horário das viaturas da 2ª Cia. do 12º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	4	19h – 7h	4
Reforço	7h – 15h	2	15h – 23h	2

Tabela 2.10 – Horário das viaturas da 3ª Cia. do 12º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	4	19h – 7h	4
Reforço	7h – 13h	1	13h – 19h	1

Tabela 2.11 – Horário das viaturas da 4ª Cia. do 12º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	2	19h – 7h	2
Patrulha Escolar	7h – 15h	1	16h – 23h	1
Reforço	21h – 7h	1		

Tabela 2.12 – Horário das viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	5	19h – 7h	5
Patrulha Escolar	7h – 14h	2	16h – 22h	1
Patrulha Comercial	10h – 16h	1		
Reforço	22h – 4h	2		

Tabela 2.13 – Horário das viaturas da 2ª Cia. do 13º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	3	19h – 7h	3
Patrulha Escolar	7h – 14h	1	16h – 22h	1
Patrulha Comercial	7h – 15h	1	15h – 22h	1
Reforço	13h – 20h	2	11h – 23h	1

Tabela 2.14 – Horário das viaturas da 3ª Cia. do 13º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	3	19h – 7h	3
Patrulha Escolar	16h – 23h	2		
Reforço	17h – 5h	2		

Tabela 2.15 – Horário das viaturas da 4ª Cia. do 13º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	3	19h – 7h	3
Patrulha Escolar	6h – 12h	1	12h – 24h	2
Patrulha Comercial	6h – 18h	3	18h – 24h	1

Tabela 2.16 – Horário das viaturas da 2º EPM do RPMon

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	3	19h – 7h	3
Patrulha Escolar	7h – 15h	1	16h – 24h	1
Patrulha Comercial	12h – 19h	1		
Reforço	10h – 16h	1		

Tabela 2.17 – Horário das viaturas da 3º EPM do RPMon

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	4	19h – 7h	4

Tabela 2.18 – Horário das viaturas da 4º EPM do RPMon

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	5	19h – 7h	5
Patrulha Escolar	9h – 16h	1	16h – 23h	1
Patrulha Comercial	13h – 20h	1		
Reforço	17h – 2h	1		

2.3 DADOS UTILIZADOS

Os dados relativos aos horários, data, local e tipo de crime, dos dias 1, 2 e 3 do mês de dezembro de 2002, foram coletados a partir de relatórios fornecidos pelo Sistema de Controle Operacional (SISCOP) que é o setor responsável por toda a estatística da polícia militar de Curitiba.

As informações relativas à distribuição de viaturas, tipos de patrulhas, números de policiais, turnos de trabalho e outras informações operacionais foram obtidas nos batalhões e companhias através de um questionário que se encontra no Anexo 1.

Com as informações obtidas a realização do trabalho se torna possível, bastando analisar as informações sobre crimes e relacioná-los com o número de viaturas e horários de trabalho das mesmas, tentando desta maneira organizar a distribuição das viaturas do modo mais adequado a cada horário do dia.

CAPÍTULO III

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica são analisados alguns problemas que de alguma forma, dizem respeito ao trabalho aqui desenvolvido. São problemas que trabalham com técnicas de roteamento, distribuição de pessoas e programação de horários de funcionários para empresas.

Abordar-se-á, também, trabalhos relacionados especificamente ao desenvolvimento deste trabalho como, por exemplo, alguns métodos que foram utilizados em algumas cidades para que houvesse um declínio no número de crimes.

3.1 TRABALHOS RELACIONADOS

- Figueira (2002), em seu trabalho feito na policlínica de Pato Branco – PR, realizou a otimização no horário de atendentes em enfermagem, tendo como objetivo principal a elaboração da escala de horário das enfermeiras maximizando a satisfação das mesmas com seus turnos de trabalho.

O desenvolvimento do trabalho se deu através de três etapas:

- i. Modelagem de um problema de Programação Linear Inteira adaptado ao Modelo de Transporte: a função objetivo considerada no problema visa maximizar os pesos relativos à satisfação das enfermeiras. As restrições estão separadas em quatro categorias: de demanda, que indica a necessidade de funcionários; de oferta, que mostra a disponibilidade de cada atendente; de bloqueio, para que uma mesma atendente não seja alocada em dois setores distintos do hospital em um mesmo dia, e de integralidade, pois o problema trabalhado é de natureza inteira.
- ii. Geração de pesos para “alimentar” o modelo do item i anterior analisando: escolaridade, tempo de serviço e idade das atendentes, entre outras informações, que alimentam a função objetivo do problema. Os programas para criação dos pesos foi desenvolvido usando o programa *Microsoft Visual Basic*.
- iii. Implementação do modelo: um programa computacional carrega as informações obtidas em um banco de dados do tipo *Access*, efetua a multiplicação dos pesos

previamente calculados com os respectivos fatores de cada característica das atendedoras, fornecendo uma listagem que é utilizada pelo *software LINGO (Language for Interactive General Optimizer)* versão 6.0 para solucionar o problema.

A solução obtida com o uso de técnicas de Pesquisa Operacional fornece ao hospital uma alternativa para efetuar o escalonamento das atendedoras em enfermagem de uma forma rápida, organizada e que possibilita uma maior satisfação dos funcionários com relação a seus horários de trabalho e dias de folga.

• Barboza (2000), desenvolveu o trabalho de otimização de horários de atendedoras em central telefônica, com a finalidade de melhorar o atendimento aos que buscam auxílio a lista telefônica através do número 102 (Curitiba – PR). Para tanto, o problema foi resolvido em três fases:

- i. Cálculo do número necessário de atendedoras, conhecido o número de chamadas para cada horário: foi desenvolvido um simulador que analisa o grau de atendimento (eficiência do atendimento para que os clientes esperem o menor tempo possível ao telefone) das chamadas a cada meia hora do dia e apresenta o número necessário de atendedoras para cada período.
- ii. Determinação do número de atendedoras em cada jornada de trabalho de forma a minimizar os custos da empresa, conhecendo-se o número necessário de atendedoras: foi formulado um modelo de Programação Linear Inteira que faz o referido cálculo utilizando o *software LINGO*.
- iii. Designação dos horários aos funcionários procurando maximizar a satisfação dos atendedoras com relação à preferência: nesta fase foi utilizado o algoritmo do *Matching de Peso Máximo*. O peso dado a cada atendente foi calculado considerando a data de admissão do funcionário na empresa e através de um questionário onde os funcionários indicavam os horários que gostariam de trabalhar.

A solução encontrada através do uso das técnicas de Pesquisa Operacional acima mencionadas, oferece à empresa uma série de melhorias em seu procedimento de trabalho: melhoria no serviço, uma vez que a quantidade de atendedoras passa a ser compatível com a necessidade de cada horário elevando o grau de atendimento; economia considerável em relação aos salários dos atendedoras, uma vez que identifica e distribui melhor a quantidade de funcionários necessários em cada turno e ajustando os horários conforme a necessidade de seus atendedoras. A idéia de que o empregador se preocupa com a satisfação de seus funcionários fará

com que haja uma cumplicidade e identificação com a empresa, fazendo com que o ambiente de trabalho melhore e, conseqüentemente, o modo como o serviço é prestado aos clientes.

- Siqueira (1999), em seu trabalho sobre escalas de motoristas e cobradores de ônibus, apresenta dois objetivos principais: minimizar o número de horas extras e de horas ociosas nas jornadas diárias dos motoristas e cobradores, assim como, atender a demanda dos usuários de transporte coletivo com um número mínimo de funcionários.

Os funcionários que trabalham nas empresas de transporte urbano devem ter uma jornada semanal de 36 horas. O que exceder a isso será considerado hora extra, que evidentemente gera um custo muito mais elevado à empresa.

Como as escalas de horários dos ônibus são elaboradas de maneira a atender a demanda dos usuários, tem-se horários de início e término desencontrados e escalas com durações variadas. Isso impossibilita que todos os funcionários tenham 36 horas semanais de trabalho.

Na primeira fase deste trabalho foram feitas quebras das jornadas de longa duração utilizando-se a técnica de Programação Dinâmica. Após a determinação de escalas menores, numa segunda fase, foi feita uma combinação entre as mesmas com o auxílio do algoritmo do *Matching* de peso máximo.

Na terceira fase definiu-se jornadas de dias úteis combinadas com jornadas de fim-de-semana utilizando-se novamente o algoritmo do *Matching*, a fim de completar o total de horas estipuladas anteriormente. Nesta etapa priorizou-se as combinações que não gerariam horas extras e nem horas ociosas.

Na quarta e última fase foi feita a designação das jornadas de trabalho para os funcionários. A fim de evitar muitas mudanças nos horários dos funcionários e com isso gerar insatisfações, levou-se em conta as preferências de cada funcionário que serviram para se atribuir os pesos no algoritmo do *Matching*.

A solução proposta neste trabalho reduziu consideravelmente o número de horas extras e horas ociosas das empresas e apresentou um nível de satisfação dos funcionários com as novas jornadas de trabalho de aproximadamente 90%.

- Ngamchai e Lovell (2000), criaram um modelo de algoritmo genético para otimização das rotas de ônibus e frequência do serviço em cada uma delas, tendo como objetivo principal reduzir custos operacionais, assim como, custos para os clientes.

O modelo modifica rotas existentes, alterando os pontos de transferência do sistema e investigando caminhos mais curtos entre certas origens e destinos para testar novos componentes para estas rotas.

• Ceder (2000) menciona em seu trabalho que o processo de planejamento de transporte público tem como base quatro itens:

- i. o planejamento das diversas rotas;
- ii. horários dos ônibus;
- iii. *scheduling* dos veículos designados;
- iv. designação dos motoristas.

É desejável que se faça todo o planejamento utilizando-se destes quatro elementos, notando-se que a alteração de um influenciará no outro.

Este estudo procura trabalhar com os horários dos ônibus e o *scheduling* de veículos, a fim de aumentar a oferta de ônibus disponíveis com a demanda de passageiros, minimizando recursos (tamanho da frota requerida).

Pode ser aplicado tanto para linhas simples quanto interligadas, de maneira automática.

As informações necessárias para a utilização deste método resumem-se em: rotas da rede de ônibus, definição dos horários, número médio de veículos no trânsito, número máximo de pontos de parada, média de tempo utilizado em cada percurso, tolerâncias para ocupação (fatores de carga de passageiros) e tolerância nos horários de saída de algum ponto previamente estabelecido. Baseando-se nestas informações, é realizada toda uma análise sobre as saídas e cumprimento das rotas, bem como a influência do tempo utilizado no roteamento da próxima saída.

A função déficit (FD) é definida, sendo que o máximo valor de FD é o número mínimo de veículos requeridos sem alterações (nos horários de saída). Os horários são ajustados conforme as restrições definidas.

Desta forma a metodologia permite criar um cronograma de transporte público com consideração aos seus usuários, senso comum e carga de passageiros equilibrada, assegurando que as rotas serão atendidas com um número mínimo de veículos.

Cria-se um resultado eficiente tanto na perspectiva do passageiro quanto para o operador.

• Corberán, Fernández, Laguna e Martí (2000) em sua pesquisa enfocaram o *scheduling* de ônibus escolares em áreas urbanas, considerando múltiplos objetivos com pontos de vista

conflitantes. Ou seja, pelo lado da empresa transportadora, é desejável que se minimize a quantidade de ônibus utilizados no transporte de crianças de suas casas para a escola e no caminho de volta. Porém, à escola, às crianças e aos seus pais, pode ser desejável que se minimize o tempo que a criança gasta neste trajeto.

Foi desenvolvido um procedimento que considera cada um dos objetivos separadamente e, conseqüentemente, procura por um conjunto eficiente de soluções, ao invés de uma única função priorizando apenas um objetivo.

A solução é baseada num enfoque evolucionário chamado de pesquisa dispersa (*scatter search*), originado de estratégias para criação de regras de decisão composta e restrições do tipo *surrogate*.

Estudos recentes têm demonstrado vantagens práticas neste tipo de enfoque na solução de vários problemas de otimização, tanto os clássicos quanto os modernos, incluindo problemas de transporte e roteamento.

Esta forma de pesquisa, em contraste com outros procedimentos evolucionários como algoritmos genéticos, fornece princípios unificados de junção de soluções baseadas em construções genéricas em espaços Euclidianos e utiliza estratégias onde outros procedimentos utilizam randomização.

A implementação propõe mecanismos inovadores para atualizar e manter o intervalo de soluções, bem como estratégias para soluções combinadas.

- Silva (2002), em seu trabalho de programação de horários, tem como objetivo melhorar as escalas dos militares e ao mesmo tempo observar a hierarquia para que as preferências sejam atendidas de forma adequada, ou seja, obedecendo à hierarquia. Para isto foi desenvolvido um modelo de Programação Linear para encontrar a solução do problema.

Algumas restrições são de suma importância neste trabalho: finais de semana devem ter escalas separadas dos dias de semana, devendo-se observar ainda que um militar não pode trabalhar dois dias seguidos e nem finais de semana seguidos.

Não seria conveniente que um militar de plantão na sexta-feira trabalhe também no sábado. Para fazer a ligação entre as escalas semanais com as de final-de-semana e também a combinação de um mês com o outro, algumas restrições foram acrescentadas ao modelo, impedindo assim que escalas indesejáveis fossem formadas.

Após a modelagem, o problema foi resolvido com o auxílio do *software LINGO*. Para facilitar a digitação dos dados ao usuário final, foi desenvolvido um programa no *Microsoft Visual Basic* que faz a interface entre esses dados e o referido *software*.

O trabalho foi de grande ajuda, uma vez que resolve um problema que antes era resolvido manualmente, tomando muito tempo do responsável por esse levantamento, além do fato de que não gerava a melhor solução.

- No trabalho de Arce (1997) sobre programação do transporte principal de multiprodutos florestais, verifica-se que existem muitos fatores que devem ser considerados para as tomadas de decisão.

Foram usadas algumas técnicas da Pesquisa Operacional para melhorar as decisões a serem tomadas com relação ao transporte florestal. Foi feita uma otimização nas viagens dos caminhões buscando diminuir o tempo de espera em filas, utilizando-se a Programação Dinâmica.

Existem diversos pontos de produção, tipos de produtos florestais, tamanhos diferentes de caminhões para o transporte florestal e demandas a serem atendidas.

Através de uma modelagem matemática, determinou-se de quais pontos de produção os produtos deveriam sair para atender aos clientes. Também foi considerado o tipo de produto que cada cliente necessitava e o tamanho do caminhão que faria essa entrega.

Com os resultados obtidos através deste trabalho, a empresa pôde negociar com a empresa responsável pela frota de caminhões uma diminuição no preço do frete, já que a distribuição do material a ser carregado/descarregado ficava melhor distribuído, diminuindo-se o tempo de carga e facilitando a liberação do transporte para novas viagens.

O procedimento desenvolvido possibilita organizar todos os dias na empresa, tudo o que deverá acontecer no dia seguinte: entregas, local de saída do produto e modelo de caminhão ideal para o transporte do material, ou seja, as empresas têm uma otimização completa de todo o seu trabalho. Esse planejamento poderia ser feito semanalmente, porém, como neste ramo de serviço deve-se levar em consideração situações inesperadas como, por exemplo, chuvas, problemas mecânicos de equipamentos (caminhões e máquinas), entre outros, é necessário executar o modelo todos os dias e, quando se fizer necessário, o operador poderá adaptar o sistema, inserindo algumas alterações manualmente.

3.2 TRABALHOS ESPECÍFICOS – O PROBLEMA DA SEGURANÇA

Em seguida são mencionados alguns artigos que mostram como o planejamento nos serviços públicos de maneira coerente é importante para a melhoria do padrão de vida da população, ajudando a diminuir o índice de criminalidade em várias cidades.

3.2.1 Método *Computer Statistics (COMSTAT)*

O método *COMSTAT* foi criado por Jack Maple, do Departamento de Polícia de New York, em 1993 e é reconhecido por contribuir muito para a redução da criminalidade desta cidade, bem como de New Orleans, Newark e Birmingham.

O *COMSTAT* é um método que faz o gerenciamento de resultados, através de um processo que recupera e analisa rapidamente dados sobre crimes.

Este gerenciamento é baseado em quatro princípios:

- i. Disponibilização de informações precisas e pontuais para toda a força policial.
- ii. Distribuição dos policiais e investigadores de forma rápida, sincronizada e concentrada nas áreas de maior incidência de crimes.
- iii. Informações para seleção, coordenação e aplicação das táticas mais apropriadas para cada situação.
- iv. Incessante acompanhamento e avaliação.

De acordo com a metodologia estão previstas também reuniões administrativas semanais, onde são analisados os resultados obtidos, identificando as possíveis tendências e fatores comuns relacionados a crimes, associações e interações de criminosos ou suspeitos.

O *COMSTAT* possui um sistema para geração diária de relatórios sobre todos os crimes e prisões ocorridos no distrito, incluindo informações relacionadas a estes eventos nos últimos 12 meses. Essas informações são mapeadas e examinadas nas reuniões semanais, auxiliando o desenvolvimento de estratégias de combate ao crime.

3.2.2 Sistema de Informações Criminais (INFOCRIM)

O INFOCRIM foi implantado pela Secretaria da Segurança Pública do Estado de São Paulo em setembro de 2000.

Este sistema foi planejado no início de 2000 e é uma ferramenta indispensável no Programa de Integração das Polícias. Através dele foi possível estabelecer metas de redução de crimes contidos no sistema, um trabalho conjunto e, por consequência mais eficiente nas operações policiais bem como uma otimização de recursos humanos e materiais, tudo através da troca de informações criminais.

O INFOCRIM é um sistema *on-line* que possui informações geradas a partir dos Boletins de Ocorrência (BO's). Traz informações como local, data e horário do crime além de características físicas dos envolvidos, modo como atua e outras particularidades, caso existam.

Todas essas informações são apresentadas em planilhas, gráficos e mapas o que facilita a visualização e combate ao crime por parte dos policiais.

De posse destas informações, a Polícia de São Paulo pode planejar com muito maior precisão as ações policiais e o gestor da Secretaria cobrar resultados na redução da criminalidade, com base nas metas estabelecidas anteriormente.

O sistema possui um menu de consultas, todas citadas abaixo:

- Consulta a “Metas” que apresenta as metas de redução de criminalidade;
- Consulta de “Desempenho”, onde é possível verificar qual o desempenho das unidades policiais em relação ao cumprimento das metas;
- Consulta “Estatísticas” que apresenta a estatística entre as ocorrências registradas.

Além das consultas pode-se fazer também pesquisas, do tipo:

- Pesquisa a “Ocorrências” podendo verificar entre outras informações data, hora, local, tipo de crime e Distrito Policial que registrou o boletim.
- Pesquisa a “Naturezas”, onde são apresentadas as ocorrências agrupadas por natureza e mais algumas informações estatísticas a respeito da mesma.
- Pesquisa de “Logradouros”, onde são mostradas algumas informações estatísticas a respeito dos logradouros, a frequência das ocorrências por dia da semana e período do dia.
- Pesquisa de “Envolvidos” verifica e apresenta, se for o caso, a relação de BO's onde um determinado indivíduo teve participação de algum modo.
- Pesquisa de “objetos” apresenta uma relação de objetos furtados, roubados ou localizados.
- Pesquisa de “Histórico” apresenta BO's que possuem palavras que foram submetidas à pesquisa.

- Pesquisa de “Mapas” apresenta mapas com a localização de ocorrências e pontos de interesse (escolas, postos de saúde, etc), possui também mapas temáticos que mostram de forma mais precisa áreas críticas de criminalidade.

Além desses menus existem outros como por exemplo os menus de “Gerenciamento de Boletins” e “Fórum de Debates”.

O INFOCRIM possibilitou pela primeira vez a integração de um banco de dados da Polícia Civil, boletins de ocorrência, com banco de dados da Polícia Militar, FOTOCRIM, uma Base Fotográfica Criminal com mais de 75.000 criminosos cadastrados.

O sistema permite identificar de forma automática na base fotográfica indivíduos desconhecidos, através da descrição das características físicas destes indivíduos contidas no BO.

Disponibilizado nas *Intranets* da Secretaria de Segurança, Polícia Civil e Polícia Militar, está disponível hoje em mais de 300 unidades policiais da Capital, incluindo Distritos Policiais, Seccionais de Polícia, Delegacias Especializadas, Companhias PM, Batalhões PM, Choque, unidades de ensino e unidades de apoio das Polícias, Gabinete do Secretário, Disque Denúncia, entre outras.

O INFOCRIM faz uso da INTRAGOV que é uma infra-estrutura de comunicação que esta sendo implantada pelo Governo de São Paulo, através do qual pretende-se cobrir todo o Estado. Esta estrutura poderá ser utilizada por diversos órgãos públicos.

Estão cadastrados no INFOCRIM aproximadamente 2000 policiais, com uma média de acesso diário de 250 usuários.

A idéia é fazer uma parceria entre Estado-Município e implantar na região metropolitana de São Paulo, programas municipais para a prevenção do crime e da violência com base nos dados do INFOCRIM.

3.2.3 Ação e Estratégia das Organizações Policiais

Segundo Beato (2001), o estilo de policiamento a partir de cinco tópicos centrais, do ponto de vista de sua eficiência, bem como das relações entre a polícia e a sociedade, são fundamentais nas ações e estratégias dessas organizações.

Para comentar sobre estes cinco tópicos, são analisadas as características básicas das operações realizadas pela Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) durante o ano de 1998.

- a) A eficiência da ação policial: a alocação de recursos humanos e materiais

Para a polícia, a cidade é dividida em regiões conhecidas como áreas de policiamento, que se encontram sob a jurisdição de batalhões e companhias encarregadas do policiamento nessas áreas. De acordo com cada companhia existem turnos e em todos eles existe uma quantidade de viaturas e policiais que saem às ruas para fazer o policiamento ostensivo.

Vários estudos já foram feitos para analisar se a presença ostensiva diminui a criminalidade e aumenta o grau de satisfação da comunidade. Em muitos deles ficou claro que a quantidade de policiais por habitante, muitas vezes, não altera o índice de criminalidade.

Uma das respostas para a ineficiência neste estilo de patrulhamento tem a ver com o fato do policial ser alocado de acordo com a lógica da organização da corporação, e não com a dinâmica espacial e temporal dos delitos criminais.

Os recursos são alocados de maneira reativa, ou seja, de acordo com o número de delitos já ocorridos nas áreas de policiamento.

Uma análise mais detalhada da incidência destes delitos poderia mostrar claramente como existem dinâmicas distintas para cada tipo de ocorrência, com características próprias que podem ser identificadas.

As ocorrências não se dão de forma aleatória ou desorganizada pela cidade. A concentração de delitos na área central da cidade ocorre em horários e locais distintos dos ocorridos em bairros residenciais.

Alguns tipos de delitos contra o patrimônio, tais como assaltos a casas lotéricas, ou mercearias e supermercados ocorrem em horários e locais bastante previsíveis. A concentração de passageiros em ônibus e, conseqüentemente, de maiores oportunidades para os furtos se dá em horários determinados.

b) Polícia e comunidade

O policiamento feito nos bairros sempre pelos mesmos policiais, com a intenção de tornar o policial conhecido dos comerciantes e moradores, é o que facilita a comunicação entre polícia e comunidade. Esse tipo de atuação favorece o deslocamento das atividades policiais em relação aos bairros, vizinhanças e comunidades.

Por outro lado, por serem alocados de forma concentrada, pelo centro de operações e por estarem sempre envolvidos em ocorrências diversas, os policiais acabam não tendo um envolvimento efetivo com a população. Esta, por sua vez, não conhece as propostas para a reforma das polícias e as questões que estão tentando resolver. Apesar de toda essa desinformação e pouca interatividade, a maioria da população ainda acredita que as polícias

militar e civil são competentes, embora apenas a metade crê que essas organizações estão preocupadas com os direitos humanos.

c) Problemas e atividade policial

Os policiais enfrentam uma variedade cada vez mais complexa de situações e problemas a cada dia. Podem-se identificar claramente três pontos que se sobressaem no modo como lidam com esses problemas.

- i. Essas organizações usam as informações de uma maneira muito limitada, e mesmo quando são usadas, limitam-se a um amontoado de dados produzidos pelo setor de estatística, sem a preocupação de qualificar as informações ou contextualizar os dados.
- ii. Pelo motivo exposto anteriormente, a estratégia para a ação da polícia se torna reativa, sendo orientada de acordo com incidentes tomados de forma isolada. Embora esteja claro à polícia que um grande número de delitos como assalto a caminhões de carga ou a ônibus, por exemplo, é o resultado da ação de poucas pessoas (quadrilhas organizadas), a falta de comunicação entre as polícias civil e militar dificultam ainda mais a resolução desses problemas.
- iii. De uma forma geral, a falta de políticas de segurança gera a ausência de mecanismos de avaliação, tanto da implementação, como dos resultados obtidos de ações, estratégias e programas. Não se procura relacionar os problemas e encontrar formas de trabalho conjuntas a outras organizações, afim de cooperar para a solução do mesmo, que tipo de envolvimento deve ter a polícia e o cidadão para que a solução de crimes se torne mais rápida e eficaz, e, por último, quais os resultados que devem ser obtidos.

d) O grau de discricionariedade (resolução dependente da vontade) dos policiais que atuam nas ruas.

A atuação dos policiais em suas atividades diárias exige que os mesmos tomem várias decisões em relação aos delitos que estão ocorrendo.

As decisões dos policiais acerca de quando deve-se ou não acionar as leis para a manutenção da ordem determinam em larga medida os próprios limites da implementação da lei (Goldstein, 1998).

O policial tem de tomar decisões conforme a situação, uma vez que ele tem o respaldo da lei e vários métodos ou ações para resolver o mesmo problema. É aí que é verificado o grau de envolvimento da pessoa com os ideais da corporação. Esse grau de discricionariedade dos policiais é um dos aspectos mais complicados que o comando tem para gerenciar.

Vários administradores ainda tendem a acreditar que as ordens dadas por escalões superiores são cumpridas fielmente pelos subordinados, que margens de interpretação devem ser regidas por regras e normas que ditam como se comportar em cada situação específica, como se tudo isso pudesse ser aplicado sem uma contextualização.

A divisão das responsabilidades, pode ser a forma mais eficiente de se desenvolver a discricionariedade dos policiais, o que faria com que eles fossem mais responsáveis sobre suas ações.

e) A questão do gerenciamento da atividade policial.

O militarismo está extremamente presente na organização hierárquica e centralizada, ou seja, os comandantes acreditam que as ordens são obedecidas sem qualquer questionamento pelos escalões inferiores.

De outro lado, porém, tem-se uma atividade profissional altamente discricionária e que, para ser adequadamente realizada, exige um grande grau de autonomia e iniciativa segundo Ianni e Ianni (1983).

Isso é algo que diferencia as atividades policiais de outras entidades puramente militares como o Exército, entretanto, essa característica das organizações policiais parece não ter sido incorporada nos cursos de formação de oficiais que insistem em ver seus subordinados como meros executores de ordens e estratégias.

É provável que os grandes desafios para o gerenciamento das organizações policiais sejam desenvolver mecanismos de decisão descentralizados necessários a um novo modelo administrativo e, também, salários melhores para atrair pessoas com melhor capacitação para a carreira policial, além é claro, de treinamento mais prolongado e de nível mais elevado.

3.2.4 A Informação a Serviço da População

Em Fortaleza existe na central de emergência 190 um sistema de telefonia integrado ao mapa digitalizado da cidade, sendo possível verificar em tempo real a posição das 220 viaturas que patrulham as regiões da cidade.

O número 190 serve para todas as chamadas de emergência, sejam casos de polícia, bombeiros ou Instituto Médico Legal (IML). Essa unificação de serviços agiliza o atendimento e evita o desperdício de recursos, uma vez que sempre existem chamadas repetidas.

O atendente pode verificar ao atender um chamado, o número do telefone e o endereço de onde esta sendo feita. No mapa digitalizado da cidade, é possível determinar o ponto da chamada e o da ocorrência, além da posição das viaturas da Polícia Militar equipadas com o *Global Positioning System (GPS)*.

Através desse sistema o controle do patrulhamento também pode ser feito de maneira mais efetiva, sendo que o percurso de cada um dos carros é automaticamente gravado, facilitando a verificação de situações em que o policial diz que compareceu a uma ocorrência e, na verdade, não se deslocou ao local.

O resultado de todo esse sistema informatizado se reflete em um atendimento de maior qualidade.

Nos últimos dois anos, a chegada da polícia e dos bombeiros aos locais das ocorrências foi reduzida de 20 para 4 minutos.

3.2.5 A Distribuição Satisfatória de Serviços Públicos de uma Forma Geral

Meneghetti (1992) aponta em seus estudos que a distribuição de serviços públicos está definida em dois eixos. O primeiro segue a teoria de Shoup (1989) que diz que estes serviços são distribuídos sistematicamente dentro de determinados critérios, várias vezes até injustos, e o segundo é a hipótese de Hero (1988) que acredita na distribuição acidental.

O fato é que a distribuição de serviços públicos de maneira organizada e com planejamento, pode ser a diferença entre um bom atendimento à população ou não. A seguir são colocados dois exemplos que deixam bem claro o bom e o mau atendimento a população.

No ano de 2001 foi publicado no jornal “O Globo” um artigo sobre distribuição da força policial na cidade do Rio de Janeiro.

Este artigo mostra que além da distribuição desigual de renda, que afeta a qualidade de vida da população, existe também o problema do foco que é dado para se alocar os policiais nas ruas. Fica claro através do levantamento estatístico feito pela Secretaria de Segurança que áreas com maior índice de crimes têm menor número de policiais para cada mil habitantes.

Esta distribuição desigual se dá, segundo alguns estudiosos da área, devido ao fato de se dar maior prioridade a crimes contra o patrimônio do que crimes contra a vida. Desta maneira, é claro, que áreas mais ricas da cidade ficam muito mais policiadas do que áreas pobres.

Já em 2002, foi publicado no jornal “Gazeta do Povo” um artigo apresentando uma situação existente no Corpo de Bombeiros de Curitiba. O mesmo mostra que em Curitiba existem hoje sete postos do Corpo de Bombeiro em funcionamento. A descentralização desse serviço possibilita o atendimento a diversas regiões em até cinco minutos, que é o ideal segundo o padrão internacional.

O objetivo final da Corporação é espalhar postos por todas as regiões da cidade de modo que o deslocamento das viaturas sempre possa ser feito em no máximo cinco minutos.

Para que isso seja possível com menores gastos, foi feito um estudo para que os novos postos sejam instalados em pontos estratégicos. Pretende-se construir até 2004 mais oito postos do Corpo de Bombeiros.

Com estes dois exemplos é possível observar o efeito que se tem no resultado final quando a análise é feita com base em dados e real objetivo da pesquisa, nestes casos, o atendimento à população.

CAPÍTULO IV

4 CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO PARA O PROBLEMA ABORDADO

4.1 INTRODUÇÃO – CÁLCULOS PRELIMINARES

O presente trabalho foi desenvolvido junto à Polícia Militar de Curitiba, através da autorização de oficiais do CPC e cooperação de Batalhões e companhias, que em todos os momentos se dispuseram a fornecer informações e explicações a respeito do funcionamento e operações do sistema, incentivando sempre o desenvolvimento deste trabalho.

Em Curitiba e região metropolitana é possível entrar em contato com a Polícia Militar através do telefone 190 que atende ininterruptamente 24 horas por dia, 7 dias por semana. Este telefone atende também a chamados do Corpo de Bombeiros.

4.2 MODELAGEM DO PROBLEMA

Para se resolver o problema foi desenvolvido um Modelo de Programação Linear Inteira (Zionts, 1974) buscando a melhor distribuição das viaturas e dos carros de reforço.

Os dados de entrada utilizados no modelo são número, tipo (RPA, Escolar, Comercial e Reforço) e horário de atendimento das viaturas, quantidade e horário dos crimes e número de setores da Cia.

Os dados colocados no modelo sofrem algumas alterações de companhia para companhia, haja visto que o número de viaturas, bem como o tipo de cada uma, varia bastante.

As restrições, de um modo geral, podem ser divididas em dois blocos, sendo elas:

- a) quanto ao número de atendimentos, que é limitado a, no máximo, dois por hora para cada viatura;
- b) quanto ao número de viaturas, que deve ser suficiente para atender a todas as ocorrências.

Conforme já abordado no Capítulo II, os policiais possuem turnos próprios de horários, de acordo com o tipo de viatura com que trabalham. Será visto que estes turnos são muito importantes para a modelagem do problema.

Os índices usados na modelagem são os seguintes:

- a) i : índice associado a cada RPA - varia de acordo com o número de RPA's de cada companhia;
- b) k : índice associado a cada Patrulha Escolar - varia de acordo com o número de Patrulhas Escolares de cada companhia;
- c) l : índice associado a cada Patrulha Comercial - varia de acordo com o número de Patrulhas Comerciais de cada companhia;
- d) t : índice associado a cada carro de reforço - varia de acordo com o número de reforços de cada companhia;
- e) j : índice associado aos setores - varia de acordo com cada companhia;
- f) h : índice associado a cada hora - varia de 1 a 24. É necessário ressaltar que o índice $h = 1$ corresponde ao intervalo de 1 às 2h, $h = 2$ ao intervalo de 2 às 3h, e assim por diante.

Os dados de entrada usados no modelo são os seguintes:

- a) m : número de RPA's da companhia ($m = n + 1$);
- b) a : número de Patrulhas Escolares da companhia;
- c) b : número de Patrulhas Comerciais da companhia;
- d) c : número de carros de reforço da companhia;
- e) n : número de setores da companhia.

Existem também alguns valores que são conhecidos, mas que variam conforme a hora e setor de uma companhia:

- a) D_{jh} : quantidade de delitos ocorridos na hora h no setor j ;
- b) nch : número máximo de chamados que uma viatura (R_{ijh} , E_{kjh} e C_{ljh}) pode atender por hora.
- c) nch' : número máximo de chamados que a viatura de reforço (S_{tjh}) pode atender por hora.

As variáveis utilizadas no modelo matemático são as seguintes:

- a) R_{ijh} : representa o número de atendimentos da viatura RPA i aos crimes da hora h no setor j ;

- b) E_{kjh} : representa o número de atendimentos da viatura Escolar k aos crimes da hora h no setor j ;
- c) C_{ljh} : representa o número de atendimentos da viatura Comercial l aos crimes da hora h no setor j ;
- d) S_{tjh} : representa o número de atendimentos da viatura de Reforço t aos crimes da hora h no setor j .

Conforme mencionado no Capítulo II existem turnos de trabalho para as RPA's. Como nas variáveis definidas anteriormente há um índice que fornece a hora, basta verificar o horário do atendimento para saber-se a qual turno esta viatura pertence. O mesmo ocorre com a Patrulha escolar.

Sendo assim, torna-se desnecessário separar as RPA's em duas variáveis para saber a que turno pertence. Vale ressaltar mais uma vez que cada setor possui uma única RPA e que se o número de RPA's aumentar os setores serão divididos em áreas menores para que sempre haja uma única RPA em cada setor.

4.2.1 Função Objetivo

O critério da função objetivo considerada no modelo é o de minimização. A finalidade do mesmo é fazer com que a maioria dos delitos ocorridos em um setor seja atendido pela sua respectiva RPA. Para isso, dar-se-á menor peso aos atendimentos que são realizados pelas RPA's do próprio setor e maior às outras viaturas.

Na equação (4.1) é possível observar a função objetivo.

$$\text{Min } Z = \sum_{h=1}^{24} \left(\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m P_{ij} R_{ijh} + \sum_{k=1}^a P_e E_{kjh} + \sum_{l=1}^b P_c C_{ljh} + \sum_{t=1}^c P_s S_{tjh} \right) \right) \quad (4.1)$$

Com relação aos pesos, são dados valores relativamente altos para as viaturas Escolar e Comercial (neste trabalho, $P_e = 8$, $P_c = 8$), pois o objetivo das mesmas não é o atendimento a ocorrências e sim o policiamento preventivo. De qualquer modo, este peso pode ser alterado quando for necessário. Para o reforço, o peso dado ($P_s = 4$) faz com que o mesmo atue sempre

que as RPA's não possam atender a ocorrências devido a falta de tempo ou de carro. Por último, foram dados pesos iguais a 1 às RPA's quando P_{ij} tem $i = j$ e, igual a 3, quando $i \neq j$.

4.2.2 Restrições

Os conjuntos de restrições para o modelo podem ser separados em dois grupos, como já foi visto anteriormente: restrições quanto ao atendimento e restrições com relação ao número de viaturas.

4.2.2.1 Restrições de Atendimento

As restrições de atendimento visam satisfazer o limite de atendimentos de ocorrências de uma viatura. O número total de atendimentos de uma viatura aos diferentes setores não pode ser superior ao limite máximo de ocorrências que uma viatura pode atender.

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=1}^n R_{ijh} &\leq nch \quad (i = 1 \text{ a } m) \quad (h = 1 \text{ a } 24) \\
 \sum_{j=1}^n E_{kjh} &\leq nch \quad (k = 1 \text{ a } a) \quad (h = 1 \text{ a } 24) \\
 \sum_{j=1}^n C_{ljh} &\leq nch \quad (l = 1 \text{ a } b) \quad (h = 1 \text{ a } 24) \\
 \sum_{j=1}^n S_{tjh} &\leq nch' \quad (t = 1 \text{ a } c) \quad (h = 1 \text{ a } 24)
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

Um exemplo desse tipo de restrição pode ser dado da seguinte maneira: em uma companhia com quatro setores e cinco RPA's, ter-se-ia como restrições para as mesmas as seguintes:

$$\begin{aligned}
 R_{11h} + R_{12h} + R_{13h} + R_{14h} &\leq nch \quad (h = 1, 2, \dots, 24) \\
 R_{21h} + R_{22h} + R_{23h} + R_{24h} &\leq nch \quad (h = 1, 2, \dots, 24)
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

$$R_{31h} + R_{32h} + R_{33h} + R_{34h} \leq nch \quad (h = 1,2,\dots,24)$$

$$R_{41h} + R_{42h} + R_{43h} + R_{44h} \leq nch \quad (h = 1,2,\dots,24)$$

$$R_{51h} + R_{52h} + R_{53h} + R_{54h} \leq nch \quad (h = 1,2,\dots,24)$$

Deve-se observar que nas variáveis R_{ijh} que formam as restrições (4.3), o índice i indica o setor de origem da viatura que faz o atendimento, o índice j mostra qual setor está sendo atendido pela viatura i e o índice h fornece o horário deste atendimento. Desta maneira, se a variável R_{135} assumir valor 2, por exemplo, isto significa que a RPA do setor 1 fez 2 atendimentos no setor 3 durante o intervalo das 5 às 6h, ou seja, pela definição dada a essa variável na página 31, o número de atendimento da variável R_{135} é 2.

4.2.2.2 Restrições com relação ao número de viaturas

Estas restrições indicam quais viaturas estão fazendo atendimentos em determinado setor, verificando também se algum deles necessita de maior atenção e em qual horário.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{k=1}^a E_{kjh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} &\geq D_{jh} \quad (j = 1 \text{ a } n) \quad (h = 7 \text{ a } 9) \\ \sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{k=1}^a E_{kjh} + \sum_{l=1}^b C_{ljh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} &\geq D_{jh} \quad (j = 1 \text{ a } n) \quad (h = 10 \text{ a } 14) \\ \sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{l=1}^b C_{ljh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} &\geq D_{jh} \quad (j = 1 \text{ a } n) \quad (h = 15) \\ \sum_{t=1}^m R_{ijh} + \sum_{k=1}^a E_{kjh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} &\geq D_{jh} \quad (j = 1 \text{ a } n) \quad (h = 16 \text{ a } 22) \\ \sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} &\geq D_{jh} \quad (j = 1 \text{ a } n) \quad (h = 23 \text{ a } 6) \end{aligned} \tag{4.4}$$

Na restrição (4.5) a seguir, é possível observar como fica uma restrição desse tipo em um determinado horário ($h = 7$) e setor ($j = 1$) para as viaturas RPA ($i = 1,2,3,4,5$), Escolar ($k = 1$) e Reforço ($t = 1,2$).

$$R_{117} + R_{217} + R_{317} + R_{417} + R_{517} + E_{117} + S_{117} + S_{217} \geq D_{17} \quad (4.5)$$

Os índices das variáveis do tipo R_{ijh} já foram descritos anteriormente.

A variável do tipo E_{kjh} indica em k qual viatura está atuando, pois como já foi visto, podemos ter mais de uma viatura escolar trabalhando no mesmo horário. O índice j indica qual setor está sendo atendido e o último índice, h , mostra o horário do atendimento.

Na variável S_{tjh} , como em todas as outras, os índices j e h mostram setor e horário do atendimento, respectivamente. Já o índice t diz respeito à viatura, pois podem ter mais dessas viaturas trabalhando num mesmo horário; na restrição citada acima existem duas.

O número de ocorrências está representado pela variável do tipo D_{jh} , que na restrição (4.5) envolve os delitos ocorridos das 7 às 8h no setor 1.

Como no modelo todos os delitos devem ser atendidos, e as viaturas têm uma limitação quanto ao número de atendimentos, as variáveis de folga em cada uma destas restrições, em alguns horários, poderão ser diferentes de zero. Quando isto ocorrer, indicará que houve um número de chamados maior do que as viaturas poderiam atender, o que deixaria claro que neste horário existiu uma deficiência quanto ao número de viaturas.

Para evitar essa variável de folga optou-se por deixar a variável referente ao carro de reforço (S_{tjh}) com o limite de atendimentos maior, ou seja, a mesma receberá os delitos que ficaram impossibilitados de serem atendidos por outros carros.

4.3 MODELO MATEMÁTICO COMPLETO

De um modo geral os dados colocados no modelo mudam para cada companhia, pois o número de viaturas, horário de trabalho, número de delitos, entre outros, diferem de uma para outra. Estes dados variam também, conforme o dia da semana.

O modelo matemático completo, conforme detalhamento apresentado na seção 4.2, fica definido da forma apresentada a seguir. É importante ainda se observar que os horários utilizados no modelo a seguir são referentes aos fornecidos na Tabela 2.12 e que o modelo resolve o problema para cada dia da semana:

$$\text{Min } Z = \sum_{h=1}^{24} \left(\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m P_{ij} R_{ijh} + \sum_{k=1}^a P_e E_{kjh} + \sum_{l=1}^b P_c C_{ljh} + \sum_{t=1}^c P_s S_{tjh} \right) \right)$$

$$\text{s.a. } \sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{k=1}^a E_{kjh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} \geq D_{jh} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (h = 7, 8, 9) \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{k=1}^a E_{kjh} + \sum_{l=1}^b C_{ljh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} \geq D_{jh} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (h = 10, 11, \dots, 14)$$

$$\sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{l=1}^b C_{ljh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} \geq D_{jh} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (h = 15)$$

$$\sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{k=1}^a E_{kjh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} \geq D_{jh} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (h = 16, 17, \dots, 22)$$

$$\sum_{i=1}^m R_{ijh} + \sum_{t=1}^c S_{tjh} \geq D_{jh} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (h = 23, 24, 1, \dots, 6)$$

$$\sum_{j=1}^n R_{ijh} \leq nch \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (h = 1, 2, \dots, 24)$$

$$\sum_{j=1}^n E_{kjh} \leq nch \quad (k = 1, 2, \dots, a) \quad (h = 1, 2, \dots, 24)$$

$$\sum_{j=1}^n C_{ljh} \leq nch \quad (l = 1, 2, \dots, b) \quad (h = 1, 2, \dots, 24)$$

$$\sum_{j=1}^n S_{tjh} \leq nch' \quad (t = 1, 2, \dots, c) \quad (h = 1, 2, \dots, 24)$$

$$R_{ijh}, E_{kjh}, C_{ljh}, S_{tjh} \geq 0 \text{ e inteiras}$$

O número de variáveis do problema é de $(m + a + b + c) \cdot h \cdot n$ e o número de restrições é de $(n + m + a + b + c) \cdot h$.

Numa companhia com 4 setores, 5 RPA's, 2 patrulhas escolares, 1 patrulha comercial e 2 carros de reforço, tem-se 960 variáveis e 336 restrições.

Para que existisse solução factível para o problema, foi necessário "relaxar" o número de atendimentos feitos pelo reforço, estipulando-se para os mesmos um limite de, por exemplo, 6 atendimentos.

Essa variável (reforço) serve ao problema como uma variável de folga, conforme já mencionado.

A implementação do modelo e análise do mesmo são mostrados a seguir no Capítulo V.

CAPÍTULO V

5 IMPLEMENTAÇÃO, SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados a implementação e análise dos resultados obtidos com o modelo matemático, em relação ao funcionamento operacional da Polícia Militar de Curitiba.

5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

O modelo matemático foi desenvolvido e solucionado no *LINGO 6.0*.

Para testar o modelo foram utilizados dados de 11 companhias. É possível observar na Tabela 5.1 a seguir, a maneira como as informações se apresentam depois de alguns ajustes.

Os referidos ajustes dizem respeito a: bairros, ruas, companhia de atendimento, ambiente do delito entre outros. Essas informações se referem ao mês de dezembro de 2002 da 1ª Cia. do 12º BPM.

Como pode-se observar, os valores nestas tabelas dizem respeito a quantidade de crimes ocorridos a cada hora do dia durante o mês pesquisado.

Os valores ainda não se encontram separados por setor. Isto poderá ser observado posteriormente em outras tabelas.

Tabela 5.1 – Informações sobre a quantidade de crimes ocorridos a cada hora do dia do mês de dezembro de 2002 da 1ª Cia. do 12º BPM

Hora\Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	1	3	3	2	8	7	7	2	2
2	4	4	8	3	6	3	4	11	2	1
3	5	1	0	5	7	3	8	3	2	1
4	4	0	0	5	3	2	6	5	2	2
5	9	2	0	2	0	0	8	3	1	1
6	2	0	0	0	1	2	1	0	1	0
7	5	1	1	1	0	4	3	3	4	0
8	4	3	1	2	0	6	1	4	1	2
9	1	2	6	1	1	1	0	3	1	3
10	0	1	5	6	4	2	4	1	2	5
11	1	3	1	0	3	2	5	2	6	2
12	3	4	5	4	2	2	5	3	1	2
13	6	5	5	4	5	1	4	3	5	10
14	5	9	6	6	3	2	2	9	5	2
15	3	7	7	5	7	5	5	3	6	12
16	3	8	9	8	7	7	1	2	7	4
17	4	11	8	0	4	3	8	6	1	1
18	4	3	6	3	2	3	3	1	10	3
19	3	3	4	4	1	4	5	4	2	2
20	2	2	5	3	2	2	4	4	6	2
21	3	5	5	4	6	5	2	2	3	3
22	1	2	4	9	1	9	4	4	4	1
23	4	4	4	7	5	5	4	1	1	5
24	4	5	5	10	2	3	8	0	6	3
Total dia	87	86	98	95	74	84	102	84	81	69

(segue)

(continuação)

Hora\Dia	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	4	11	5	3	4	2	2	2	3	5
2	7	7	5	3	5	3	8	2	6	5
3	4	4	4	2	2	3	3	3	3	4
4	1	6	4	6	5	6	1	3	8	5
5	0	1	4	7	4	4	2	4	2	3
6	1	0	1	1	2	1	2	0	2	0
7	0	1	2	5	1	2	3	0	2	3
8	3	2	3	1	1	1	2	3	5	3
9	4	1	0	4	2	4	2	6	2	5
10	4	4	3	5	4	4	2	5	2	5
11	8	5	2	6	2	3	7	4	6	8
12	5	6	7	4	5	3	6	7	2	7
13	12	5	9	7	6	6	13	6	3	8
14	7	4	8	2	2	4	7	5	4	4
15	4	1	6	1	2	5	7	3	6	6
16	6	2	2	2	2	1	10	10	4	10
17	5	6	3	7	2	5	1	2	9	5
18	4	6	10	4	2	3	6	8	5	7
19	7	5	5	8	2	5	5	2	3	5
20	5	5	3	3	1	5	4	2	4	2
21	7	7	3	0	1	5	5	7	7	9
22	6	5	5	2	5	4	4	12	5	6
23	6	4	8	6	7	7	3	8	7	5
24	1	10	7	9	3	3	2	5	3	8
Total dia	111	108	109	98	72	89	107	109	103	128

(Segue)

(continuação)

Hora\Dia	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total
1	6	0	2	3	3	2	4	6	3	1	3	116
2	5	5	3	2	4	1	4	6	4	1	1	133
3	6	2	2	4	8	4	6	3	1	4	1	108
4	4	4	2	4	3	2	4	3	3	1	2	106
5	6	1	3	5	4	4	0	2	3	0	1	86
6	6	2	0	3	3	1	2	4	3	0	0	41
7	1	5	0	1	0	4	3	2	0	0	1	58
8	3	1	1	1	2	3	7	1	1	3	1	72
9	5	2	1	1	0	5	5	4	3	4	1	80
10	5	4	7	5	1	0	3	1	1	2	2	99
11	6	5	6	7	0	2	2	1	3	4	2	114
12	5	4	7	8	1	3	8	2	1	4	6	132
13	3	5	9	5	0	1	3	2	0	1	7	159
14	10	5	7	3	4	2	1	4	2	4	2	140
15	5	5	10	6	1	4	3	4	0	3	3	145
16	4	4	5	5	1	0	5	4	4	8	2	147
17	8	6	3	3	2	3	6	3	5	4	0	134
18	6	3	7	3	4	1	2	3	4	1	2	129
19	4	7	7	4	2	2	7	5	3	2	2	124
20	4	8	8	7	2	3	4	7	0	4	5	118
21	5	1	3	5	2	1	7	2	6	1	1	123
22	7	3	3	4	2	3	4	5	3	13	1	141
23	4	4	10	3	2	0	6	6	4	6	2	148
24	6	7	4	2	0	3	6	6	1	1	3	136
Total dia	124	93	110	94	51	54	102	86	58	72	51	2789

O modelo matemático desenvolvido no *software LINGO*, é um modelo de Programação Linear Inteira, pois se sabe que não é possível a uma viatura realizar, por exemplo, 1,5 atendimentos. Na solução do problema a viatura atende ou não a um chamado.

Vale ressaltar que este modelo resolve o problema para um dia de cada vez, sendo que na representação está o modelo para o dia 1º de dezembro de 2002.

5.1.1 Aplicação do Modelo à 1ª Cia. do 13º BPM

São apresentados a seguir dados sobre delitos ocorridos no dia 01/12/2002, da 1ª Cia. do 13º BPM.

Vale ressaltar que as planilhas com informações sobre delitos que são coletadas no SISCOP, trazem informações e classificação quanto ao local de crimes apenas por companhia, ou seja, é fácil identificar qual companhia deve atender ao respectivo chamado, mas não o setor.

As informações a respeito de setores que realizam os atendimentos, no presente trabalho, são gerados através de um cálculo onde leva-se em conta o percentual de delitos que ocorrem em cada setor.

Para obter os valores por setor foi necessário que cada comandante de companhia, através de sua experiência, respondesse qual o percentual de crimes que ocorre por setor. Estas informações foram obtidas através de um questionário (Anexo 1) feito aos comandantes.

Após os cálculos de percentagem para cada setor obtém-se os dados como na Tabela 5.2 a seguir. Através desta tabela, pode-se verificar o número de crimes em um dado setor e qual o horário do mesmo.

Tabela 5.2 – Quantidade de crimes atendidos por hora e por setor pela 1ª Cia. do 13º BPM
(01/02/2002)

Hora\Setor	S – 1	S – 2	S – 3	S – 4	Total h
1	6	4	2	3	15
2	6	4	2	3	15
3	5	3	2	2	12
4	4	3	2	2	11
5	4	3	2	2	11
6	4	2	1	2	9
7	1	1	0	0	2
8	0	0	0	0	0
9	1	1	0	0	2
10	1	1	0	1	3
11	1	1	0	1	3
12	0	0	0	0	0
13	2	1	1	1	5
14	0	0	0	0	0
15	2	1	1	1	5
16	1	1	0	1	3
17	3	2	1	1	7
18	2	2	1	1	6
19	2	1	1	1	5
20	3	2	1	2	8
21	3	2	1	2	8
22	2	2	1	1	6
23	2	1	1	1	5
24	3	2	1	1	7
Total Setor	58	40	21	29	148

o

Os dados acima são digitados no *software LINGO* e após a resolução é possível verificar os valores das variáveis. O modelo matemático aplicado ao dia 01/12/2002 à 1ª Cia. do 13º BPM pode ser consultado no Anexo 2. Na Tabela 5.3 verifica-se qual viatura, está atuando e o horário, lembrando que estes dados valem para a 1ª Cia. do 13º BPM.

O modelo fornece para as variáveis os valores mostrados na Tabela 5.4, sendo que os mesmos estão digitados nesta tabela sem o último índice (hora). Para facilitar a visualização, cada coluna é referente a um horário.

O valor da função objetivo para este dia (01/12/2002) é 222 num total de 367 iterações.

Tabela 5.3 – Horário das viaturas da 1º Cia. do 13º BPM

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	5	19h – 7h	5
Patrulha Escolar	7h – 14h	2	16h – 22h	1
Patrulha Comercial	10h – 16h	1		
Reforço	22h – 4h	2		

Tabela 5.4 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM
(01/12/02)

Viat \ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	2	2	1		1	1	1	1	2	17
R_{22}	2	2	2	2	2	1		1	1	1			14
R_{31}					1								1
R_{33}	2	2	2	2	1							1	10
R_{44}	2	2	2	2	2				1	1		1	13
R_{51}	1	1	1	1	1								5
R_{52}		1	1	1									3
R_{54}	1												1
S_{21}	3	2											5
S_{22}	2												2
Total h	15	12	10	10	9	2	0	2	3	3	1	4	71

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	20
R_{22}		1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	18
R_{31}				1			1	1			1		4
R_{33}		1		1	1	1	1	1	1	1	1	2	11
R_{44}		1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	14
R_{52}												1	1
R_{54}												1	1
S_{21}												4	4
S_{22}												1	1
Total h	1	4	3	7	6	4	8	8	6	5	7	15	74

Nota-se que na Tabela 5.4 tem-se 6 viaturas ao todo: R_{11} ; R_{22} ; R_{31} e R_{33} (mesma viatura RPA (3) atendendo aos setores 1 e 3); R_{44} ; R_{52} e R_{54} (mesma viatura RPA (5) atendendo aos setores 2 e 4); S_{21} e S_{22} (mesma viatura de Reforço atendendo aos setores 1 e 2).

Os atendimentos feitos por viaturas fora de seu setor foram R_{315} , R_{3116} , R_{3119} , R_{3120} , R_{3123} . Como pode-se observar todos ocorreram no setor 1, sendo que os mesmos foram atendidos pela RPA do setor 3. Não estão sendo contados aqui os atendimentos realizados pelo carro de supervisão, pois o mesmo serve de apoio a setores que necessitem.

Como foram várias as vezes (5) em que o setor 1 necessitou de auxílio, seria então necessário verificar se isto ocorre sempre, e a possibilidade de se colocar mais um carro nos dias da semana em que isto ocorre.

Na Tabela 5.5 a seguir tem-se os atendimentos reais ocorridos neste dia a esta companhia. A sigla ND significa que não é possível identificar qual carro realizou o atendimento ou que a ocorrência não pode ser atendida. Esses dados reais foram obtidos através do SISCOP, mas não é possível identificar de qual companhia ou setor são as viaturas que realizam os atendimentos, nem mesmo de que tipo são elas (RPA, Escolar, Comercial ou Reforço). Por este

motivo, as tabelas com os atendimentos reais serão colocadas mas não são feitos comentários entre os resultados do modelo e o real.

Tabela 5.5 – Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área da 1ª Cia. do 13º BPM (01/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
ND	11	8	4	5	3				1			1	33
4746		1	2		2	1				1	1	1	9
4750	1	1	1	2	1			1	1	1		1	10
5090			1	1	2			1					5
4737	3	2	1	2	1	1				1		1	12
3559									1				1
5091			1										1
Total h	15	12	10	10	9	2	0	2	3	3	1	4	71

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
ND		1		3			2	3		1	2	10	22
4746		1	1	1					1		1	1	6
4750		2	1		1		1	2		2	1		10
5090	1		1	1	1	2		1	3		1	1	12
4737				1	3		1			1		2	8
4433											1	1	2
3508									1				1
4754										1			1
5186					c						1		1
4694							1						1
4820						1							1
4731					1								1
4735							1	1					2
3715				1									1
4739							1						1
4668						1							1
3408								1					1
5141									1				1
5187							1						1
Total h	1	4	3	7	6	4	8	8	6	5	7	15	74

Na Tabela 5.6 são apresentados resultados da 1ª Cia. do 13º BPM para o dia 02/12/2002, cuja função objetivo teve como resultado o valor 114 em 269 iterações.

Tabela 5.6 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM (02/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}			1	1				1		1	1		5
R_{22}			1	1				1			1		4
R_{44}	1	1		1	1		1		1		1	1	8
Total h	1	1	2	3	1	0	1	2	1	1	3	1	17

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	1	1	2	1	2	2		1	2	2	1	1	16
R_{22}	1	1	1	1	2	1		1	2	2	1	1	14
R_{31}									2				2
R_{32}					1								1
R_{33}				1	1	1			2	2	1		8
R_{44}	1	1	1	1	2	1	1		2	2	1		13
R_{51}					2				2	1			5
R_{52}										1			1
S_{22}									2				2
S_{24}									1				1
Total h	3	3	4	4	10	5	1	2	15	10	4	2	63

Conforme a Tabela 5.6, para o dia 02/12/2002 entre 1 e 16h, as companhias atenderam a seus chamados sem que fosse necessário a assistência de carros de outros setores.

Para este intervalo (1h às 16h) o número de viaturas é suficiente; pode-se verificar ainda que não ocorreram chamados no setor 3, ou seja, o carro deste setor poderia, se fosse o caso, atender a chamados de outros setores.

É possível observar ainda que apenas 2 vezes os setores 1 e 2 necessitaram de ajuda (R_{3121} e R_{3217}), mas às 21h foi necessário que carros do reforço atuassem.

Conforme a Tabela 5.3 os carros de reforço só iniciam suas operações a partir das 22h, ou seja, existiu a necessidade dos atendimentos mais não havia carros para atender, para amenizar esta situação existe uma patrulha escolar que poderia efetuar atendimentos neste horário, mesmo assim não seria suficiente, pois ela está limitada a no máximo 2 atendimentos por hora. Assim sendo, haveria falta de viaturas para este horário (21h).

A Tabela 5.7 abaixo exibe os atendimentos reais ocorridos neste dia a esta companhia.

Tabela 5.7 – Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área da 1ª Cia. do 13º BPM (02/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
ND												1	1
4746		1		1				1		1	1		5
4750			1	1				1	1		1		5
5090					1								1
4737	1		1										2
4433							1						1
4731				1									1
3549											1		1
Total h	1	1	2	3	1	0	1	2	1	1	3	1	17

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
ND			1		4	3			5	5	1		19
4746	1	1	-	1	1				1	1		1	7
4750		1	2		1		1		2	1			8
5090										1	1		2
4737												1	1
4740								1	3	1	1		6
4433									1				1
4264					3	1		1	1				6
3559				1									1
4747					1				1				2
3508				1		1							2
4754	1		1	1									3
3718		1											1
4387										1	1		2
4814									1				1
4695	1												1
Total h	3	3	4	4	10	5	1	2	15	10	4	2	63

Para o dia 03/12/02, a função objetivo é igual a 83 em 260 iterações. Analogamente, tem-se os resultados encontrados no modelo na Tabela 5.8 a seguir.

Tabela 5.8 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM (03/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	1		1				1	2	1	2	2	12
R_{22}	1	1		1					1	1	2	1	8
R_{33}	1								1		1	1	4
R_{44}	1	1	1	1	1	1			1		2		9
R_{51}											1		1
Total h	5	3	1	3	1	1	0	1	5	2	8	4	34

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	1	1	2		2		2	1	1	2	1	2	15
R_{22}	1	1	1		1		2	1	1	2	1	1	12
R_{31}										1			1
R_{33}			1		1		1			1		1	5
R_{44}		1		1		1	1	1	1	2	1	1	10
R_{51}										1			1
Total h	2	3	4	1	4	1	6	3	3	9	3	5	44

Segundo a Tabela 5.8 anterior o único horário em que foi necessário um carro da companhia realizar atendimento fora de seu setor, foi às 22h (R_{3122}). Neste horário já existem carros de reforço, e estes poderiam realizar estes atendimentos sem problemas.

De um modo geral com poucas variações, nota-se que os atendimentos que estão sendo realizados por viaturas de outros setores, segundo a resolução do *LINGO*, são em sua maior parte atendimentos ocorridos entre os horários de 22 e 4 h da manhã. Nesse intervalo as companhias normalmente colocam carros de reforço, que poderiam fazer estes atendimentos.

A Tabela 5.9 abaixo exhibe os atendimentos reais ocorridos neste dia a esta companhia.

Tabela 5.9 – Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área da 1ª Cia. do 13º BPM (03/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
ND	1	1							1		3		6
4746		1						1	2		1	2	7
4750		1		1						1	1		4
5090	1												1
4740	2		1	2		1							6
4433										1	1		2
3559									2			1	3
4747												1	1
3508											1		1
5186											1		1
4739					1								1
5188	1												1
Total h	5	3	1	3	1	1	0	1	5	2	8	4	34

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
ND					1	2			1		2	2	8
4746		1	1		1	1	1	1	2			1	9
4750					2			1		1			4
5090								1		2		1	4
4740											1		1
4433										1			1
4264							1						1
3559												1	1
4747		1				1							2
4729			1				1			2			4
3718	1		1										2
4694										1			1
4820									1				1
3715		1											1
857	1												1
998				1									1
4015			1										1
4499							1						1
Total h	2	3	4	1	4	1	6	3	3	9	3	5	44

5.1.2 Aplicação do Modelo ao 4º EPM do RPMon

Para aplicar o modelo matemático a este esquadrão não é necessário que se faça alteração quanto ao número de viaturas, pois o mesmo é igual ao da 1ª Cia do 13º BPM. A única diferença que existe entre a 1ª Cia. e o 4º EPM, sem levar em conta o número de crimes, são os horários das viaturas de reforço.

Como no modelo as viaturas de reforço aparecem em todos os horários (variável de folga), não será necessária nenhuma alteração no modelo matemático, sendo que a diferença consiste na interpretação dos resultados. Para isso, deve-se verificar sempre nos atendimentos da viatura de reforço se naquele horário ela realmente está atuando ou se é apenas uma variável de folga, conforme já visto em 5.1.1.

São apresentados na Tabela 5.10, os horários das viaturas do 4º EPM do RPMon, e em seguida na Tabela 5.11, resultados do dia 1º de dezembro de 2002 para o 4º EPM do Regimento de Polícia Montada.

Para este dia, o valor da função objetivo foi igual a 250 em 308 iterações.

Tabela 5.10 – Horário das viaturas da 4º EPM do RPMon

Viatura	Turno 1	Qtd.	Turno 2	Qtd.
RPA	7h – 19h	5	19h – 7h	5
Patrulha Escolar	7h – 14h	1	16h – 22h	1
Patrulha Comercial	10h – 16h	1		
Reforço	22h – 2h	2		

Tabela 5.11 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas do 4º EPM do RPMon (01/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	-7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	2	2	1	1		1	1	1	1	16
R_{22}	2	2	2	2	2		1		1	1	1	1	15
R_{33}	2	2	2	2	2		1						11
R_{42}	1		1		1								3
R_{43}				1									1
R_{44}	1	2	1	1	1								6
R_{51}	2		1										3
R_{52}		1	1	2	1								5
R_{53}		1			1								2
S_{11}		4	2	3	4								13
S_{12}		2											2
Total h	10	16	12	13	14	1	3	0	2	2	2	2	78

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	21
R_{22}	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	19
R_{31}						1							1
R_{33}		1	1		1	1		1	2	1	1	2	11
R_{42}									1				1
R_{44}					1	1		1	1	1	1	2	8
R_{51}									2				2
R_{52}												1	1
R_{53}												1	1
S_{11}												3	3
S_{12}												2	2
Total h	2	4	4	2	6	7	2	6	10	6	6	15	70

Conforme Tabela 5.11 nota-se que os setores 1, 2 e 3 necessitaram da ajuda de carros de outros setores (R_{421} , R_{423} , R_{425} , R_{434} , e R_{3118}), bem como, de carros de reforço (S_{1124} e S_{1224}) para atender a seus chamados.

É necessário que o comandante do esquadrão, faça uma avaliação para verificar a possibilidade de se colocar mais viaturas para realizar os atendimentos nestes dias da semana e nestes horários, pois existem alguns atendimentos, que no modelo, foram realizados pelos carros de reforço em horários que os mesmos não atuam, deixando ainda mais claro a necessidade de viaturas.

Na Tabela 5.12 abaixo tem-se os atendimentos reais ocorridos neste dia a este esquadrão.

Tabela 5.12 – Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área do 4º EPM do RPMon (01/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
ND	8	7	6	4	6	1	1						33
4760	1	4	2	2	2								11
4253		1		2	1				1		1		6
4781			1	3	1		1						6
4765		1	3	1			1		1	2	1	1	12
4695					1								1
5582		2			1								3
3715					1								1
3508					1								1
4442	1												1
5174												1	1
3501				1									1
5188		1		1									1
Total h	10	16	12	13	14	1	3	0	2	2	2	2	78

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
ND			1		1	2			3	2	2	11	22
4760					2		1	1	2			1	7
4780					1	1		1	1		1		5
4253	2	2	1	1				2		1			9
4781						2		1	1	1		1	6
4765		1				1		1	1	1	3	2	10
3498		1					1						2
5582									1				1
3508						1							1
4612			1						1				2
4442										1			1
4814					1								1
5184				1									1
3497					1								1
5673			1										1
Total h	2	4	4	2	6	7	2	6	10	6	6	15	70

Na Tabela 5.13 a seguir tem-se os resultados encontrados no modelo para o dia 02/12/2002 para o 4º EPM, sendo que a função objetivo tem valor igual a 91 para este dia em 258 iterações.

Tabela 5.13 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas ao 4º EPM do RPMon (02/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	1				1	1	1	1	1	1		9
R_{22}	1	1						1	1	1	1		6
R_{33}	1										1		2
R_{44}	1												1
Total h	5	2	0	0	0	1	1	2	2	2	3	0	18

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	20
R_{22}	2	2	1	1	1	2	1		1	2	2		15
R_{31}											1		1
R_{33}	1	2	1	1		1	1		1	2	1		11
R_{44}	1	1				1	1		1	1	1		7
R_{51}		2								1			3
R_{52}										1			1
Total h	6	9	4	3	2	6	5	1	5	9	7	1	58

De um modo geral neste dia o esquadrão conseguiu atender a seus chamados sem maiores transtornos; apenas em quatro casos (R_{3123} , R_{5114} , R_{5122} e R_{5222}) foi necessário que viaturas de outros setores ou viaturas de supervisão realizassem atendimentos.

Na Tabela 5.14 abaixo tem-se os atendimentos reais ocorridos neste dia a este esquadrão.

Tabela 5.14 – Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área do 4º EPM do RPMon (02/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
ND	1	1						1		1			4
4760	1	1											2
4780								1			1		2
4253	1												1
4781							1						1
4765	1												1
4695									1				1
4830											1		1
3498						1			1				2
4814										1			1
5185											1		1
5186	1												1
Total h	5	2	0	0	0	1	1	2	2	2	3	0	18

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
ND		3	2			1	3		1	3	3		16
4760										1	1		2
4780	2			1		1			1	2	2		9
4253						2	1	1					4
4781		2		1	1		1		1	2	1		9
4695		1	1										2
4830	2	1											3
3498	1												1
5582												1	1
3715		1			1	1							3
4820			1			1			1				3
5420									1				1
5008	1												1
4015										1			1
5489		1											1
5615				1									1
Total h	6	9	4	3	2	6	5	1	5	9	7	1	58

Na Tabela 5.15 a seguir são apresentados os resultados do número de atendimentos realizados pelas viaturas, no dia 03/12/2002 para o 4º EPM; para este dia obteve-se o valor de 95 para a função objetivo em 252 iterações.

Tabela 5.15 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas ao 4º EPM do RPMon (03/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2		1							1	1	1	6
R_{22}	1		1							1	1	1	5
R_{33}	1		1							1			3
R_{44}	1	1		1				1					4
Total h	5	1	3	1	0	0	0	1	0	3	2	2	18

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	21
R_{22}	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	18
R_{31}										1			1
R_{33}		1		1	1		1	1	1	1	2	2	11
R_{41}					1								1
R_{44}					1			1	1	1	2	1	7
R_{51}											1	1	2
R_{52}											1		1
S_{11}											1		1
Total h	2	4	2	4	7	2	4	6	6	7	11	8	63

Na Tabela 5.15 é possível localizar seis atendimentos realizados por viaturas fora de seu setor, viatura de supervisão ou viaturas de reforço (R_{3122} , R_{4117} , R_{5123} , R_{5124} , R_{5223} e S_{1123}). Embora existam estes seis atendimentos, não há necessidade de um maior número de viaturas, pois nos horários em que os mesmos ocorrem existem patrulhas suficientes para realizar estes atendimentos.

Em alguns horários (5, 6, 7, e 9h) nota-se que não houve chamados, sendo que, nestes horários as viaturas devem apenas estar fazendo o policiamento preventivo.

Na Tabela 5.16 abaixo tem-se os atendimentos reais ocorridos neste dia a este esquadrão.

Tabela 5.16 – Atendimentos reais realizados pelas viaturas aos delitos ocorridos na área do 4º EPM do RPMon (03/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
ND	1												1
4760	1												1
4780	1	1	2	1						1		1	7
4253											1	1	2
4781	1		1										2
4695	1							1			1		3
4830										2			2
Total h	5	1	3	1	0	0	0	1	0	3	2	2	18

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
ND			1	2	2		1		1	5	5	1	18
4760				1	2	1		2	1		1	3	11
4780	1	1			1		1	1		2	1	2	10
4253		1	1				2	1	2		1		8
4781						1		1	1		2	1	6
4695					1						1		2
4830	1												1
3498								1					1
3715				1									1
3508		1											1
5420		1											1
5174												1	1
857					1								1
4522									1				1
Total h	2	4	2	4	7	2	4	6	6	7	11	8	63

5.2 SIMULAÇÕES

Na tentativa de sugerir algumas soluções para problemas que possam surgir no trabalho da polícia, seria interessante simular algumas situações utilizando o modelo matemático, como por exemplo: aumentando o número de carros, dando menor ou maior peso no modelo a alguns carros, limitando horários de viaturas, enfim, possibilidades que possam ocorrer em algum momento.

Tudo isso pode ser feito de acordo com a necessidade de cada companhia ou esquadrão, ou seja, quando os mesmos verificam que será necessário, em algum dia, agir de maneira diferente do normal devido a alguma situação que está preste a ocorrer.

São apresentadas a seguir, algumas simulações feitas em alguns dias e companhias já descritas em 5.1.1 e 5.1.2.

5.2.1 Simulação 1

No capítulo II foi descrito que nos finais de semana as viaturas escolares e comerciais, trabalham sempre que há algum evento ou quaisquer outras demandas. Sendo o dia 01/12/2002 um sábado, as patrulhas escolares e comerciais trabalham apenas em caso de necessidade. A simulação feita para este dia propõe diminuir o peso da patrulha escolar de 8 para 2, pois nesta data não é preciso que atuem em áreas escolares, ficando assim liberadas para atender ocorrências em setores que necessitem de ajuda.

Como normalmente o comércio funciona aos sábados, não será feita nenhuma modificação no modelo envolvendo a patrulha comercial, deixando a mesma liberada para atuar, se for o caso, da mesma maneira que em dias de semana.

Vale ressaltar que o horário de atuação destas e das demais viaturas nesta simulação continua o mesmo.

Mediante estas novas informações, o modelo foi executado, sendo que na Tabela 5.17 estão apresentados os resultados encontrados dia 01/12/2002 para a 1ª Cia. do 13º BPM. A função objetivo tem valor 219 para esta simulação obtido em 368 iterações.

Tabela 5.17 – Simulação com troca de pesos de viaturas da 1ª Cia. do 13º BPM
(01/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	2	2	1		1	1	1		2	16
R_{22}	2	2	2	2	2	1		1	1	1		1	15
R_{31}					1								1
R_{33}	2	2	2	2	1							1	10
R_{44}	2	2	2	2	2				1	1		1	13
R_{51}	1	1	1	1	1								5
R_{52}		1	1	1									3
R_{54}	1												1
S_{21}	3	2	1	1									7
S_{22}	2												2
Total h	15	12	11	11	9	2	0	2	3	3	0	5	73

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}		2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21
R_{22}		1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	18
R_{31}											1		1
R_{33}		1		1	1	1	1	1	1	1	1	2	11
R_{44}		1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	14
R_{52}												1	1
R_{54}												1	1
E_{21}				1			1	1					3
S_{21}												4	4
S_{22}												1	1
Total h	0	5	3	7	6	5	8	8	6	5	7	15	75

A Tabela 5.17 apresenta poucas alterações em relação aos resultados obtidos anteriormente contidos na Tabela 5.4. A diferença consiste que na Tabela 5.4, algumas chamadas do setor 1 foram atendidas pela RPA do setor 3, enquanto que, na simulação, as mesmas chamadas seriam atendidas pela patrulha escolar (E_{2116} , E_{2119} e E_{2120}).

Estas poucas mudanças nos resultados se devem ao horário de trabalho definido para as viaturas escolares. No horário de sua escala, há pouco número de ocorrências. Se numa próxima simulação, além do peso ocorrer também mudanças nos turnos destas viaturas, com certeza elas poderão ser melhor exploradas pois estarão cumprindo seu papel num horário mais crítico.

5.2.2 Simulação 2

A próxima simulação que será descrita abaixo, será aplicada a mesma situação da simulação anterior, sendo que a diferença é que agora sugere-se o aumento de 1 RPA no setor, pois o mesmo é o que apresenta maior número de ocorrências.

A Tabela 5.18 apresenta os resultados obtidos nesta simulação, que forneceu o valor 182 para a função objetivo em 398 iterações.

Tabela 5.18 – Simulação com aumento de 1 RPA no setor 1 da 1ª Cia. do 13º BPM
(01/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	2	2								10
R_{22}	2	2	2	2	2	1		1	1	1		1	15
R_{33}	2	2	2	2	1							1	10
R_{44}	2	2	2	2	2				1	1		1	13
R_{51}		1											1
R_{52}	1	1	1	1									4
R_{54}	1												1
R_{61}	2	2	2	2	2	1		1	1	1		2	16
S_{21}	2												2
S_{22}	1												1
Total h	15	12	11	11	9	2	0	2	3	3	0	5	73

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}				1			1	1			1	2	6
R_{22}		1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	18
R_{33}		1		1	1	1	1	1	1	1	1	2	11
R_{44}		1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	14
R_{52}												1	1
R_{54}												1	1
R_{61}		2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21
S_{21}												2	2
S_{22}												1	1
Total h	0	5	3	7	6	5	8	8	6	5	7	15	75

Nota-se através da Tabela 5.18 que a alteração (inclusão de 1 RPA) feita agora gerou um número bem maior de modificações em relação a Tabela 5.4.

Esta simulação 2 também apresenta resultado melhor do que a simulação feita anteriormente, pois devido ao horário de atuação das RPA's a utilização do carro "extra" foi maior do que a utilização da patrulha escolar da simulação 1.

O comandante de companhia pode verificar também fazendo simulações, o número de viaturas que seria o ideal para cada dia. Na Tabela 5.18 nota-se que as patrulhas escolar e comercial não foram utilizadas. Não se pode concluir com isso que elas sejam descartáveis neste dia, pois rondas preventivas são necessárias, o que poderia se fazer é verificar se aos sábados apenas um dos dois carros não seria o suficiente para suprir a demanda, economizando assim os gastos com um carro.

5.2.3 Simulação 3

É apresentada a seguir mais uma simulação utilizando neste exemplo o dia 01/12/2002 para o 4º EPM do RPMon; desta maneira os resultados que serão obtidos podem ser comparados com os resultados da Tabela 5.11.

Como já foi visto anteriormente na resolução deste exemplo, em 5.1.2, na Tabela 5.11, existem vários atendimentos feitos pelos carros de reforço em horários que os mesmos não atuam. O que poderia ser proposto seria uma modificação nestes horários, adaptando os mesmos a um turno mais crítico, ou seja, horários que necessitem mais. Supondo que isso não possa acontecer, propõe-se então, o aumento de uma RPA, sendo que a mesma não precisa ter um setor definido, mas sim atuar como auxiliar de todos os setores.

A simulação com está RPA auxiliar, forneceu para a função objetivo valor igual a 240 em 337 iterações, e os resultados estão apresentados na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 – Simulação com aumento de 1 RPA no 4º EPM. do RPMon (01/12/02)

Viat. \ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	2	2		1		1	1	1	1	15
R_{22}	2	2	2	2	2		1		1	1	1	1	15
R_{33}	2	2	2	2	2		1						11
R_{42}			1	1	1								3
R_{44}	1	2	1	1	1								6
R_{51}			1	1	1								3
R_{52}	1	1	1	1									4
R_{53}		1			1								2
R_{61}	2		2	1	1								6
R_{62}		2			1								3
R_{63}				1									1
S_{11}		4		1									5
Total h	10	16	12	13	12	0	3	0	2	2	2	2	74

(segue)

(continuação)

Viat. \ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	21
R_{22}	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	19
R_{33}		1	1		1	1		1	2	1	1	2	11
R_{41}									1				1
R_{44}					1	1		1	1	1	1	2	8
R_{51}						1							1
R_{52}									1			1	2
R_{53}												1	1
R_{61}									1				1
R_{62}												2	2
S_{11}												4	4
Total h	2	4	4	2	6	7	2	6	10	6	6	16	71

A Tabela 5.19 apresenta resultados melhores do que a Tabela 5.11, pois o número de atendimentos realizados pelos carros de reforço em horários que os mesmos não atuam diminuiu.

O que se pode notar porém, é que esta simulação ainda não resolveu todos os problemas, pois ainda existem atendimentos (S_{112} e S_{114}) com carros de reforço fora de seu turno.

O objetivo neste capítulo é a resolução de algumas situações reais para o problema e também mostrar que esta ferramenta pode auxiliar em simulações de situações reais. Desta maneira seria redundante apresentar simulações adicionais; de qualquer modo tem-se para consulta mais resultados no Anexo 3.

5.3 POLÍCIA MILITAR DE CURITIBA

Como qualquer outra polícia do Brasil, a Polícia Militar de Curitiba tem problemas, tais como viaturas insuficientes, baixos salários, entre outros.

É possível verificar no capítulo II que a polícia tem várias viaturas, mas por falta de pessoal ou muitas vezes porque as viaturas estão danificadas, estas ficam impossibilitadas de sair às ruas para realizar o policiamento preventivo.

Apesar de todos estes fatores foi possível verificar na realização deste trabalho, que o CPC em conjunto com seus BPM's estão sempre à procura de novas tecnologias que possam auxiliar no combate ao crime.

O departamento responsável pela estatística da PM, o SISCOP, é um exemplo do que foi citado acima. Através de levantamentos estatísticos, são passados aos comandantes de companhia planilhas, gráficos, períodos do dia, dias da semana e diversas outras informações sobre crimes. Se com todas estas informações disponíveis ainda não está fácil reprimir as ações dos bandidos, sem as mesmas seria uma tarefa quase impossível.

Neste mesmo processo está o desenvolvimento deste trabalho que, juntamente com o SISCOP, apresenta um mecanismo bastante importante de consulta e simulação aos comandantes.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A análise dos resultados foi dividida em duas partes, sendo que a primeira apresenta informações a respeito dos pesos utilizados no modelo e a segunda mostra a análise dos resultados propriamente dita.

Não foi possível realizar uma comparação efetiva dos resultados obtidos com a situação atual real, devido à falta de informações sobre tipo, companhia e setor das viaturas que constam nos atendimentos realizados nas Tabelas 5.5, 5.7, 5.9, 5.12, 5.14 e 5.16.

5.4.1 ANÁLISE DOS PESOS UTILIZADOS NO MODELO MATEMÁTICO

Os pesos utilizados no modelo corresponderam às expectativas, visto que as soluções obtidas mostram que a prioridade de atendimento de delitos por viaturas do próprio setor ocorreu, uma vez que, as viaturas realizaram atendimentos fora de seu setor somente quando a viatura do próprio setor não podia fazê-lo.

Os pesos dados às patrulhas escolar e comercial também se mostraram satisfatórios, pois as mesmas não foram utilizadas nos resultados obtidos.

5.4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS PROPRIAMENTE DITOS

O que se pode dizer a respeito dos resultados encontrados através do modelo matemático é que foi possível verificar que de segunda à sexta-feira o trabalho da polícia está sendo realizado de maneira satisfatória, sendo necessário, apenas, uma avaliação na escala de horários dos carros de reforço de algumas companhias.

Nos finais de semana a situação se torna um pouco crítica, devido ao maior número de delitos. Em muitas situações, o que se pode observar é que realmente há uma deficiência quanto ao número de carros disponíveis nestes turnos.

O modelo matemático alcançou os objetivos propostos no capítulo I e além disto se apresentou como uma ferramenta adequada que possibilita a seus usuários que realizem simulações de situações reais.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

São apresentadas neste capítulo as conclusões e sugestões para possíveis trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através do modelo matemático deixam claro que as técnicas da Pesquisa Operacional, em particular a Programação Linear Inteira usada neste trabalho, são extremamente eficazes e aplicadas às mais diversas situações reais.

Como instrumento de consulta, o modelo matemático pode identificar falhas na distribuição de viaturas, bem como, ajudar a definir o número de viaturas necessárias em uma certa situação crítica que pode vir a ocorrer.

O modelo matemático trabalha com dados históricos pois o índice de ocorrências tem comportamento parecido para dias de semana iguais. Por exemplo, com a análise dos dados anteriores é possível prever o que deve ser feito nas segundas-feiras. É claro que dias particulares como feriados ou datas em que ocorrem algum evento devem ser tratados de maneira diferenciada. Deste modo pode-se fazer toda uma programação para cada dia da semana, incluindo também sábados e domingos que geralmente têm um número maior de delitos, como foi possível observar nas Tabelas 5.4 e 5.11. Para que esta programação fique ainda melhor pode-se também aplicar o modelo utilizando dados históricos de um certo mês para programar o modo de atuação no mesmo mês do ano seguinte.

Neste trabalho não foi feita menção à designação dos policiais para as viaturas, tomando-se como premissa que para cada viatura existem dois policiais (é o que ocorre de fato) e que os turnos de trabalho ficam a critério da PM.

Uma sugestão quanto à implementação do modelo pela PM seria o emprego do modelo matemático de maneira *on-line*, o que possibilitaria utilizar dados de crimes que estão ocorrendo no presente dia e programar uma ação imediata para resolver tais problemas.

Além de tudo isso, o modelo matemático permite a realização de muitas simulações já que o melhor no combate ao crime ainda é agir de maneira preventiva.

Como foi visto, este trabalho possibilita que os comandantes tenham mais um instrumento de consulta, bem como uma ferramenta que pode auxiliar na definição de como e quando colocar as viaturas na rua.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a intenção de melhorar os resultados obtidos, são colocadas a seguir algumas sugestões para trabalhos futuros.

- a) Modelar o problema fazendo distinção entre os tipos de ocorrências e dando peso maior àquelas que tenham maior urgência.
- b) Construir um modelo que abranja um BPM inteiro, fazendo ligações entre as companhias, ou seja, uma companhia poderia auxiliar outra quando a situação demandasse tal esforço.
- c) Elaborar rotas de rondas para as viaturas observando os locais e horários de maior ocorrência de crimes.
- d) Elaborar um modelo matemático para avaliar, também o funcionamento do 17º BPM (Região Metropolitana).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORA, D.; GOULART, G. **A Má Distribuição da Segurança**. O Globo 09/2001.

ARCE, J. E. **Um Sistema de Programação do Transporte Principal de Multiprodutos Florestais Visando a Minimização de Custos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1997.

BARBOZA, A. O. **Aplicação de Algumas Técnicas da Pesquisa Operacional na Otimização de Horários de Atendentes em Central Telefônica**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setor de Tecnologia e Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.

BEATO, C. C. F. **Accion y Estrategia de las Organizaciones Policiales**. Policía, Sociedad y Estado: Modernizacion y Reforma Policial en America del Sul. Santiago, 2001.

CEDER, A. **Efficient Timetabling an Vehicle Scheduling for Public Transport**. Computer-Aided Scheduling of Public Transport, 8th International Conference. Berlim, 2000.

CORBERÁN, A.; FERNÁNDEZ, E.; LAGUNA, M.; MARTÍ, R. **Approximation Procedures for Multiobjective Scheduling of School Buses**. Computer-Aided Scheduling of Public Transport, 8th International Conference. Berlim, 2000.

FIGUEIRA, C. V. **Otimização no Horário de Atendentes em Emfermagem Utilizando Técnicas da Pesquisa Operacional**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setor de Tecnologia e Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

GOLDSTEIN, J. **Police Discretion Not to Invoke the Criminal Process: Low-visibility Decisions in the Administration of Justice**. West/Wadsworth Publishing Company pag. 85-103, 1998.

HERO, R. **The urban service delivery literature: some questions and considerations.** 1988.

IANNI, E. R.; IANNI F. A. J. **Street Cops and Management Cops: The Two Cultures of Policing.** Cambridge/ Massachusetts, pag 251-276. London, 1983.

INFOCRIM. **Sistema de Informações Criminais.** Disponível em <<http://www.seguranca.sp.gov.br/infocrimsp>>. Acesso em fevereiro de 2003.

MARTINS, F. **Bombeiros Inauguram Posto na Região do Bairro Alto.** Gazeta do Povo 09/2002

MENEGHETTI, A. N. **A Distribuição dos Serviços Públicos: Teorias e Evidências.** Indicadores Econômicos FCC, v. 20 , n° 2, pag. 115, 1992.

NEW ORLEANS POLICE. **COMSTAT.** Disponível em <<http://www.nopdonline.com/comstat.htm>>. Acesso em março de 2002.

NGAMCHAI, A; LOVELL, D. J. **Optimal Time Transfer in Bus Transit Route Design Using A Genetic Algorithm.** Computer-Aided Scheduling of Public Transport, 8th International Conference. Berlim, 2000.

POLICÍA MILITAR DO PARANÁ. **Você Vê. Você Conhece. Você Confia.** Disponível em <<http://www.pr.gov.br/pmpr>>. Acesso em março de 2002.

SHOUP, C.S. **Rules for distributing a free government service among areas of a city.** 1989.

SILVA, T. C. L. **O Problema de Programação de Horários de Trabalho Considerando Preferências e Hierarquia: Aplicação a Uma Escala de Plantão de Militares.** Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setor de Tecnologia e Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

SIQUEIRA, P. H. **Aplicação do Algoritmo do Matching no Problema da Construção de Escalas de Motoristas e Cobradores de Ônibus**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setor de Tecnologia e Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.

TEIXEIRA, S. J.; NAIDITCH, S. **Vote no Computador**. Exame, Edição 773, Ano 36, nº 17, pag.96-98, 2002.

ZIONTS, S. **Linear and Integer Programming**. Prentice – Hall International Series in Management. New Jersey, 1974.

Anexo 1 – Questionário aplicado aos comandantes de companhias e esquadrões

1) Tipos de viaturas e quantidades diárias.

RPA	Comercial	Escolar	Reforço	Manutenção

2) Turnos de trabalho das viaturas.

RPA		COMERCIAL		ESCOLAR		REFORÇO	
Turno	Qtd	Turno	Qtd	Turno	Qtd	Turno	Qtd

3) Número de setores da Cia?

4) Em relação a Cia., qual o percentual de ocorrências em cada setor?

5) Quais são os bairros de cada setor?

6) Quantas ocorrências uma RPA pode atender em média por hora?

7) Telefone e e-mail para contato.

Anexo 2 – Modelo Matemático Desenvolvido no *LINGO*

Modelo aplicado a 1ª Cia. do 13º BPM (01/12/2002)

model:

sets:

```

setor      /1..4/;
rpa        /1..5/;
escolar    /1..2/;
comercial  /1..1/;
reforco    /1..2/;
horas      /1..24/: hora;
matriz1(rpa, setor, horas) :R;
matriz2(escolar, setor, horas) :E;
matriz3(comercial, setor, horas) :C;
matriz4(reforco, setor, horas) :S;
pesos(rpa, setor) :P;
crimes(setor, horas) :D;

```

endsets

!Começa a Função Objetivo;

```

min = @sum(setor(j) :
    @sum(horas(h) :
        @sum(rpa(i) :      P(i,j)*R(i,j,h))
        +@sum(escolar(k) : 8*E(k,j,h))
        +@sum(comercial(l) : 8*C(l,j,h))
        +@sum(reforco(t) : 4*S(t,j,h)))));

```

!Começam as restrições;

```

@for(setor(j) :
    @for(horas(h) | hora(h) #GE# 7 #AND# hora(h) #LE# 9 : !filtra as
horas entre 7 e 9;
        @sum(rpa(i) : R(i,j,h))
        +@sum(escolar(k) : E(k,j,h))
        +@sum(reforco(t) : S(t,j,h)) >= D(j,h)));

```

```

@for(setor(j):
  @for(horas(h) | hora(h) #GE# 10 #AND# hora(h) #LE# 14 : !filtra as
horas entre 10 e 14;
    @sum(rpa(i): R(i,j,h))
    +@sum(escolar(k): E(k,j,h))
    +@sum(comercial(l): C(l,j,h))
    +@sum(reforco(t): S(t,j,h)) >= D(j,h));

@for(setor(j):
  @for(horas(h) | hora(h) #EQ# 15 : !filtra a hora igual a 15;
    @sum(rpa(i): R(i,j,h))
    +@sum(comercial(l): C(l,j,h))
    +@sum(reforco(t): S(t,j,h)) >= D(j,h));

@for(setor(j):
  @for(horas(h) | hora(h) #GE# 16 #AND# hora(h) #LE# 22 : !filtra as
horas entre 16 e 22;
    @sum(rpa(i): R(i,j,h))
    +@sum(escolar(k): E(k,j,h))
    +@sum(reforco(t): S(t,j,h)) >= D(j,h));

@for(setor(j):
  @for(horas(h) | hora(h) #LE# 6 : !filtra as horas menores que 6;
    @sum(rpa(i): R(i,j,h))
    +@sum(reforco(t): S(t,j,h)) >= D(j,h));

@for(setor(j):
  @for(horas(h) | hora(h) #GE# 23: !filtra as horas maiores que 23;
    @sum(rpa(i): R(i,j,h))
    +@sum(reforco(t): S(t,j,h)) >= D(j,h));

@for(rpa(i): @for(horas(h): @sum(setor(j):R(i,j,h)) < nch));
@for(escolar(k): @for(horas(h): @sum(setor(j):E(k,j,h)) < nch));
@for(comercial(l): @for(horas(h): @sum(setor(j):C(l,j,h)) < nch));
@for(reforco(t): @for(horas(h): @sum(setor(j):S(t,j,h)) < 6));
@for(setor(j):@for(horas(h):@for(rpa(i):@gin(R(i,j,h)))));

```

```

@for(setor(j):@for(horas(h):@for(escolar(k):@gin(E(k,j,h)))));
@for(setor(j):@for(horas(h):@for(comercial(l):@gin(C(l,j,h)))));
@for(setor(j):@for(horas(h):@for(reforco(t):@gin(S(t,j,h)))));

```

data:

```

hora = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24;

```

```

D = !setor 1;
    6,5,4,4,4,1,0,1,1,1,0,2,
    0,2,1,3,2,2,3,3,2,2,3,6,
    !setor 2;
    4,3,3,3,2,1,0,1,1,1,0,1,
    0,1,1,2,2,1,2,2,2,1,2,4,
    !setor 3;
    2,2,2,2,1,0,0,0,0,0,0,1,
    0,1,0,1,1,1,1,1,1,1,1,2,
    !setor 4;
    3,2,2,2,2,0,0,0,1,1,0,1,
    0,1,1,1,1,1,2,2,1,1,1,3;

```

```

nch = 2;

```

```

P = 1, 3, 3, 3,
    3, 1, 3, 3,
    3, 3, 1, 3,
    3, 3, 3, 1,
    3, 3, 3, 3;

```

enddata

end

Anexo 3 – Alguma Simulações Adicionais

1 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 4ª Cia. do 12º BPM (Função Objetivo = 61, 84 iterações, dia 01/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	1	1	1	1		1						7
R_{22}	2	1	1										4
S_{11}	2												2
S_{12}	1												1
Total h	7	2	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	14

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}		1	1	1	2	1	2	1	1	2		2	14
R_{22}		1	1		1		1			2		2	8
S_{11}												2	2
S_{12}												2	2
Total h	0	2	2	1	3	1	3	1	1	4	0	8	26

2 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 2º EPM do RPMon (Função Objetivo = 166, 193 iterações, dia 01/12/02)

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	1	1	1			1	1			11
R_{22}	2	2	2	1	1	1		1				1	11
R_{33}	2	2	2	1	1	1	1					1	11
S_{11}	3	1											4
S_{12}	3	1											4
S_{13}	3	1											4
Total h	15	9	6	3	3	3	1	1	1	1	0	2	45

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2		2	18
R_{22}	2	2		1	2	2	2	2	2	2	1	2	20
R_{33}	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	19
S_{11}		1								1		2	4
S_{12}												1	1
S_{13}												2	2
Total h	6	7	2	3	6	4	5	6	5	7	2	11	64

**3 – Número de atendimentos realizados pelas viaturas da 12ª Cia. do 12ºBPM (Função
Objetivo = 75, 201 iterações, dia 01/12/02)**

Viat.\ h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Viat.
R_{11}	2	2	2	2	2			1					11
R_{22}	2	1	2	1	1								7
R_{33}	2	1	2	1	1								7
R_{44}	2	1	2	1	1								7
S_{21}	2		1										3
Total h	10	5	9	5	5	0	0	1	0	0	0	0	35

(segue)

(continuação)

Viat.\ h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total Viat.
R_{11}	1				2	1	1	1	1	1		2	10
R_{22}					1	1	1	1	1	1		1	7
R_{33}					1	1	1	1	1	1		1	7
R_{44}					1	1	1	1	1	1		1	7
Total h	1	0	0	0	5	4	4	4	4	4	0	5	31