

CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DO SAMU – BAURU/SP

LARISSA DE SOUZA GHUSSN - larissaghussn@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

REGIANE MÁXIMO DE SOUZA - regiane@feb.unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

Resumo: *O SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA (SAMU/192) É UM PROGRAMA DO GOVERNO FEDERAL QUE TEM COMO FINALIDADE PRESTAR SOCORRO À POPULAÇÃO EM CASOS DE EMERGÊNCIA; ESSE SERVIÇO FUNCIONA 24 HORAS POR DIA COM EQUIPES COMPOSTAS POR PROFISSIONAIS DE SAÚDE. A DEMANDA DE USUÁRIOS DO SAMU EM UMA REGIÃO URBANA É, USUALMENTE, SEPARADA POR SUB-REGIÕES, CONSIDERANDO CLASSES DE CHAMADOS DE EMERGÊNCIA, EM QUE A PRIORIDADE DESSAS CLASSES É UM FATOR IMPORTANTE A SER CONSIDERADO. OS OBJETIVOS DESSE TRABALHO SÃO: (I) DESCREVER OS CHAMADOS E OS ATENDIMENTOS DO SAMU – BAURU/SP E (II) VERIFICAR A APLICABILIDADE DO MODELO HIPERCUBO EM UM SISTEMA REAL. PARA ISSO, REALIZOU-SE UM ESTUDO DE CASO NO SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA (SAMU) NO MUNICÍPIO DE BAURU. A PARTIR DESSA ANÁLISE, VERIFICOU-SE QUE É POSSÍVEL APLICAR O MODELO HIPERCUBO PARA ESSE SISTEMA E AVALIAR CENÁRIOS ALTERNATIVOS.*

Palavras-chaves: *SAMU; ANÁLISE DE DADOS; MEDIDAS DE DESEMPENHO; MODELO HIPERCUBO*

Área: *6 - PESQUISA OPERACIONAL*

Sub-Área: *6.3 - PROCESSOS ESTOCÁSTICOS*

DEMAND CHARACTERIZATION OF SAMU – BAURU/SP

Abstract: *THE MOBILE EMERGENCY CARE SERVICE (SAMU/192) IS A FEDERAL GOVERNMENT PROGRAM THAT AIMS TO PROVIDE MEDICAL ASSISTANCE TO PEOPLE IN CASE OF EMERGENCY; THIS SERVICE OPERATES 24 HOURS A DAY WITH TEAMS COMPOSED BY HEALTH PROFESSIONALS. THE SAMU'S USER DEMAND THROUGHOUT URBAN AREAS IS, USUALLY, SORTED BY SUB-REGIONS CONSIDERING CLASSES OF EMERGENCY CALLS, WHOSE PRIORITY OF THESE CLASSES IS AN IMPORTANT FACTOR TO BE CONSIDERED. THE OBJECTIVES OF THIS WORK ARE: (I) DESCRIBE SAMU'S CALLS AND ASSISTANCES AND (II) VERIFY THE APPLICABILITY OF THE HYPERCUBE MODEL IN A REAL SYSTEM. FOR THAT MATTER, WE PERFORMED A CASE STUDY AT THE MOBILE EMERGENCY CARE SERVICE IN BAURU. FROM THIS ANALYSIS, WE VERIFIED THAT IS POSSIBLE TO APPLY THE HYPERCUBE MODEL FOR THIS SYSTEM AND EVALUATE ALTERNATIVE SCENARIOS.*

Keyword: *SAMU; DATA ANALYSIS; PERFORMANCE MEASURES; HYPERCUBE MODEL.*

1. Introdução

Os Sistemas de Serviços de Atendimento Emergenciais (SAE's) são projetados e operados com o objetivo de atender a população com o menor tempo de resposta possível, considerando as limitações dos seus recursos. Para reduzir o tempo de resposta, a maioria dos sistemas de emergência adaptam mudanças nas condições de utilização de “gestão de status do sistema” – um conjunto de estratégias que incluem o reposicionamento dinâmico, no qual se modifica a localização de ambulâncias a fim de obter uma maior cobertura na área de atendimento. (ALANIS; INGOLFSSON e KOLFAL, 2012). No Brasil, o governo federal adotou um tipo de serviço de atendimento emergencial conhecido como SAMU, que teve início através de um acordo bilateral, assinado entre o Brasil e a França, por meio de uma solicitação do Ministério da Saúde, em que as viaturas de suporte avançado possuem, obrigatoriamente, a presença de um médico (LOPES e FERNANDES, 1999).

O Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU/192) é um programa do governo federal que tem como finalidade prestar socorro à população em casos de emergência. Esse serviço funciona 24 horas por dia com equipes de profissionais de saúde como médicos, enfermeiros, auxiliares de enfermagem e socorristas que atendem às urgências de natureza traumática, clínica, pediátrica, cirúrgica, gineco-obstétrica e de saúde mental da população. O SAMU realiza o atendimento de urgência e emergência em locais como: residências, locais de trabalho e vias públicas. O socorro é feito após chamada gratuita feita para o telefone 192 (SAMU-192). A demanda de usuários do SAMU em uma região urbana é, usualmente, separada por sub-regiões e classes de chamados de emergência. Essa demanda pode mudar significativamente ao longo do dia, geográfica e temporalmente, devido à sua natureza aleatória, mas também devido aos diferentes padrões de comportamento da população ao longo do dia.

O modelo hipercubo, proposto originalmente por Larson (1974) tem se mostrado eficiente e preciso para analisar SAE's como foi analisado, por exemplo, nos Estados Unidos, em Chelst e Barlach (1981), Brandeau e Larson (1986), Burwell *et. al.* (1993), Sacks e Grieff (1994), Swersey (1994) e Larson e Odoni (2007). No Brasil, alguns exemplos aparecem em Gonçalves *et. al.* (1995), Mendonça e Morabito (2000), Oliveira (2003), Chiyoshi *et. al.* (2000), Costa *et. al.* (2004), Figueiredo *et. al.* (2005), Takeda *et. al.* (2004, 2007) e Iannoni (2005). A aplicação original do modelo hipercubo foi desenvolvida para o problema de patrulhamento policial, mas depois, o modelo passou a ser aplicado em vários sistemas de emergência como empresas de segurança, bombeiros, ambulâncias, reparos em redes de

energia elétrica, entre outros (LARSON e ODONI, 2007). Para obter mais detalhes sobre o modelo hipercubo, o leitor deverá consultar Larson e Odoni (2007).

Dada a importância dos SAMU's nas cidades brasileiras, os objetivos desse trabalho foram: (i) descrever os chamados e os atendimentos do SAMU – Bauru/SP e (ii) verificar a aplicabilidade do modelo hipercubo no sistema. Para isso, realizou-se um estudo de caso no Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) no município de Bauru, onde se localiza sua base, através da análise estatística dos chamados e atendimentos.

Na próxima Seção, será apresentada uma descrição do SAMU – Bauru/SP. A Seção 3 apresentará a descrição dos atendimentos do sistema. A Seção 4 mostrará a validação das hipóteses para aplicação do modelo hipercubo. E, por fim, a Seção 5 irá apresentar as conclusões desse estudo.

2. O SAMU – Bauru/SP

O SAMU – Bauru/SP, onde o estudo se realizou, integra 16 cidades da região, numa parceria com suas prefeituras, tendo suas bases instaladas em sete delas. A regionalização abrange as cidades de Bauru, cidade sede, que se subdivide em mais regiões, tendo diariamente sete ambulâncias básicas e três avançadas em atendimento; Pederneiras, Lençóis Paulista, Agudos, Arealva, Pirajuí, Duartina, as quais possuem bases com uma ambulância básica; Macatuba, Borebi, Reginópolis, Presidente Alves, Cabrália Paulista, Lucianópolis e Avaí.

Há dois tipos de ambulâncias no SAMU – Bauru/SP. As unidades de suporte básico (USBs) caracterizam-se por ter um motorista e um auxiliar de enfermagem, responsáveis pelo atendimento a pacientes em casos de baixo risco. Já as unidades de suporte avançado (USAs) possuem um motorista, um auxiliar de enfermagem, um enfermeiro e um médico, atendendo, portanto, aos chamados mais graves. Essas se localizam apenas no município de Bauru, sendo duas destinadas ao atendimento local e uma voltada para o atendimento regional.

Todos os chamados recebidos na base do SAMU – Bauru/SP passam por um médico regulador, que indica as providências a serem tomadas imediatamente com o paciente até que a ambulância chegue. Os chamados são divididos por cores (azul, verde, amarelo e vermelho, do mais leve para o mais grave, respectivamente), indicando o tipo de risco e o tempo de espera do paciente, possibilitando que um chamado mais grave seja atendido com prioridade em relação a um chamado de baixo risco.

Os dados foram coletados por meio dos relatórios de síntese de atendimento,

constituídos de dados secundários disponíveis no SAMU – Bauru/SP. A coleta de dados foi realizada em duas fases. Primeiramente, fez-se um levantamento do número de atendimentos, entre janeiro de 2012 a fevereiro de 2013, fornecido pelos gestores do SAMU – Bauru/SP a fim de verificar se havia diferenças estatísticas significativas no número de atendimentos em cada mês do ano analisado. Também foi feito o Boxplot dos chamados (Figura 1). Além disso, verificou-se a existência de diferenças com relação ao número de chamados das semanas. Para verificar se o número médio de atendimentos é estatisticamente igual em todos os casos, aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA), escolhendo-se o nível de significância $\alpha = 0,05$. O banco de dados foi organizado pelo software Microsoft Excel® e a análise estatística dos dados feita pelo software Minitab®.

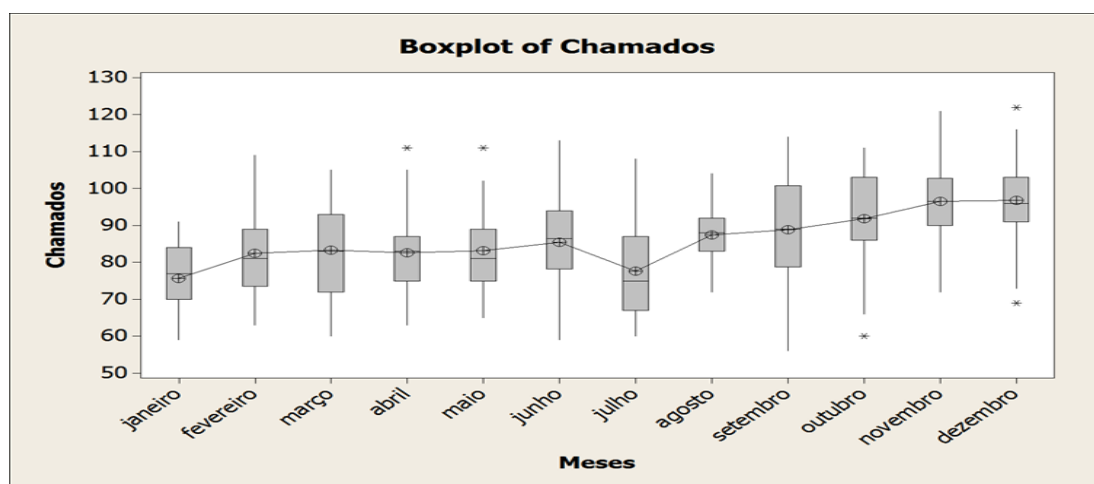


Figura 1 – Boxplot da quantidade de chamados por mês de 2012.

Verificou-se que há diferença entre os meses e, para identificar os meses diferentes, foi aplicado o teste de Tukey, realizado no Software Minitab®. Verificou-se que os meses Ago./12, Set./12, Out./12, Nov./12, dez./12. Jan/13 e Fev./13 foram agrupados como sendo estatisticamente iguais em relação à quantidade de chamados e com maior número de chamados atendidos nos meses analisados. Desses meses observados, foi sorteado o mês de setembro de 2012 para fazer a segunda fase de coleta de dados. A Figura 2 mostra a frequência dos chamados desse período.

Além disso, no mês de Setembro de 2012, não foram verificadas diferenças significativas em relação à quantidade de chamados nas quatro semanas do mês, por meio da Análise de Variância (ANOVA), escolhendo-se o nível de significância $\alpha = 0,05$.

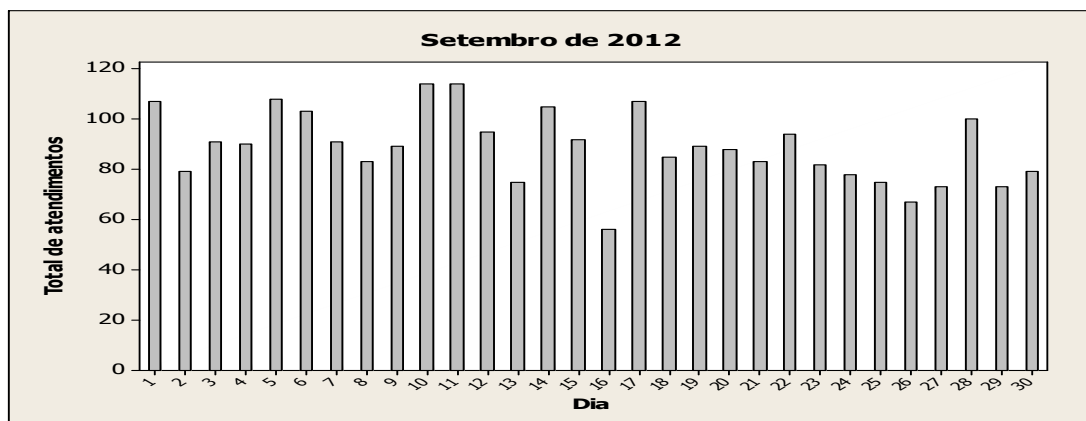


Figura 2 – Total de atendimentos por dia do mês de Setembro de 2012.

Sortearam-se 10 dias do mês de setembro de 2012 para proceder com a segunda fase da coleta de dados. Para cada um dos dez dias escolhidos, durante todo o dia, realizou-se um levantamento minucioso dos chamados, anotando: o horário do chamado, a região de origem, o tipo de urgência, a ambulância que atendeu, o tempo de envio de equipe e saída da base e tempos de viagens dos servidores.

No decorrer da coleta de dados, foram constatadas mudanças significativas no atendimento do SAMU – Bauru/SP. Houve alterações nas bases municipais (Figura 3) e também ocorreu um aumento no número de chamados atendidos pelas unidades avançadas, as quais passaram a atender aos chamados graves com o auxílio de motos, agilizando o contato com o paciente. Devido a esses fatores, também foi realizada a coleta de dados em dez dias do mês de setembro de 2013. A partir dos dados obtidos na segunda fase da coleta de dados, procedeu-se a identificação do(s) período(s) de pico durante o dia, escolhido(s) de forma que apresente(m) maior taxa média de chegada e menor desvio-padrão a partir dos dados coletados em setembro de 2013, que é a configuração atual do SAMU – Bauru/SP. A Figura 4 mostra o número médio de chamados por hora dos 10 dias coletados de setembro de 2013.

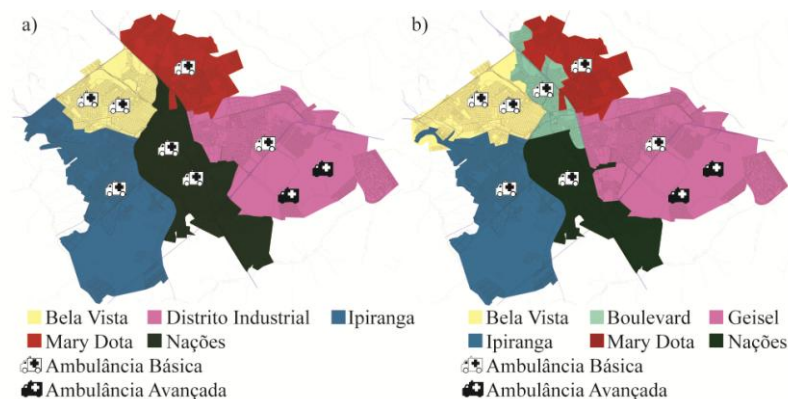


Figura 3 - Mapa de Bauru/SP e as representações dos átomos geográficos de 2012 (a) e 2013 (b) com as respectivas ambulâncias utilizadas pelo SAMU – Bauru/SP.

Fonte: DAE Bauru – modificado por Guilherme Ghussn

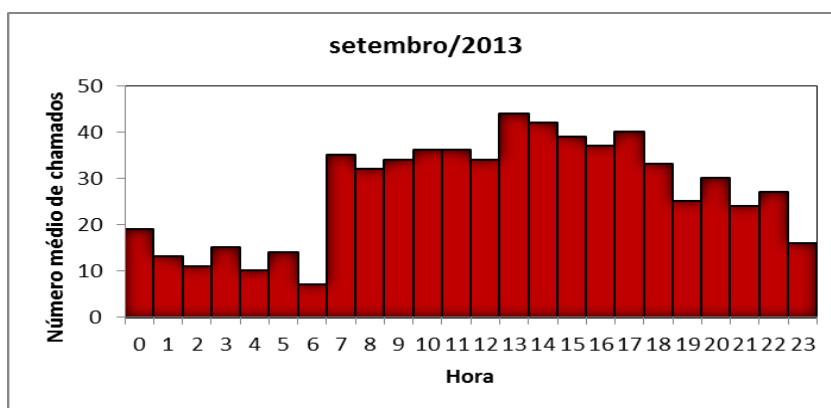


Figura 4 – Número médio de chamados por hora dos 10 dias de coleta de dados em Setembro de 2013.

A análise dos períodos de pico foi feita com os dados obtidos a partir do controle dos chamados do SAMU – Bauru/SP. A Tabela 1 mostra a taxa de chegada (número de chamados dividido pelo período de tempo considerado em minutos) para vários períodos do dia, durante os 10 dias estudados. Foram analisados vários períodos e o período de pico em cada parte do dia foi identificado pela análise feita a partir da média e do desvio padrão da taxa de chegada. O período escolhido (linha destacada da Tabela 1) foi o que apresentou maior taxa média de chegada e menor desvio-padrão, conforme o estudo em Takeda (2000) para o SAMU-Campinas e Souza (2010) para o SAMU-RP. Alguns períodos apresentaram a média e o desvio-padrão muito próximos, assim, escolhe-se aquele de maior duração, a fim de obter uma maior quantidade de dados no período. Pode-se observar que o período escolhido foi o das 12h às 18h.

Tabela 1 – Análise do período de pico.

Período	DIA										média	d-p
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
13-18h	0,047	0,063	0,060	0,063	0,080	0,073	0,087	0,050	0,050	0,100	0,067	0,017
12-18h	0,044	0,069	0,053	0,064	0,078	0,069	0,083	0,053	0,050	0,092	0,066	0,016
13-19h	0,050	0,067	0,058	0,067	0,075	0,067	0,081	0,047	0,050	0,092	0,065	0,014
13-17h	0,042	0,071	0,067	0,063	0,096	0,075	0,079	0,050	0,042	0,092	0,068	0,019

4. Validação das hipóteses do modelo hipercubo

Fez-se necessário verificar se o sistema atende às nove hipóteses do modelo hipercubo, considerando todas as características do SAMU – Bauru/SP.

i) Área dividida em N_A átomos geográficos

Há várias maneiras de se fazer a representação da área estudada em átomos geográficos, como: divisão política, bairros, setores policiais, entre outros. Neste trabalho,

pretende-se utilizar a divisão por setores em 2013: Bela Vista, Boulevard, Geisel, Ipiranga, Mary Dota e Nações, utilizada pelo SAMU – Bauru/SP.

O SAMU – Bauru/SP possui classes diferenciadas de usuários do sistema, chamadas de classificação por risco e identificadas por cores (azul – a, verde – b, amarelo – c e, vermelho – d). O médico regulador é quem decide a gravidade do caso conforme a descrição do solicitante. Dessa forma, nesse trabalho, cada átomo geográfico (Nações – 1, Geisel – 2, Ipiranga – 3, Bela Vista – 4, Mary Dota – 5 e Boulevard – 6) será dividido em quatro sub-átomos (a, b, c e d), totalizando 24 sub-átomos no sistema: Nações – 1a, Geisel – 2a, Ipiranga – 3a, Bela Vista – 4a, Mary Dota – 5a, Boulevard – 6a, Nações – 1b, Geisel – 2b, Ipiranga – 3b, Bela Vista – 4b, Mary Dota – 5b, Boulevard – 6b, Nações – 1c, Geisel – 2c, Ipiranga – 3c, Bela Vista – 4c, Mary Dota – 5c, Boulevard – 6c, Nações – 1d, Geisel – 2d, Ipiranga – 3d, Bela Vista – 4d, Mary Dota – 5d, Boulevard – 6d. Assim, são devidamente representadas no modelo as quatro classes de usuários do SAMU – Bauru/SP. Conforme a Figura 3a, pode-se observar a configuração do SAMU – Bauru/SP, em 2012, com cinco átomos geográficos e, na Figura 4b, a configuração, em 2013, com seis átomos geográficos.

ii) Processo de chegada

Fez-se necessário fazer um teste de aderência nos dados para verificar estatisticamente a hipótese de processo de chegada Poisson. Os métodos utilizados foram Kolmogorov-Smirnov, Anderson Darling e Qui-Quadrado; ver Johnson *et. al.* (1994, 1995). Para fazer a análise do processo de chegada no período de pico, foram considerados os chamados nesse período. Fez-se a análise do processo de chegada para todos os dias de observação, divididos em manhã, tarde e noite (períodos de pico), a fim de verificar se o número de chamados segue o padrão Poissoniano, uma vez que as chegadas dos chamados, em cada átomo, constituem processos de contagem com incrementos independentes. Os testes de aderência foram realizados utilizando-se o software Minitab®. Feitos para os chamados agregados (em todos os átomos), esses testes mostraram que, a um nível de significância de 5%, não se pode rejeitar a hipótese de que os intervalos entre chegadas sucessivas têm distribuição exponencial.

A fim de determinar a taxa média de chegada dos chamados no sistema, foram considerados os intervalos médios de chegadas sucessivas para todos os dias de observação nos períodos de pico. Pode-se verificar que, em todos os casos, os desvios-padrão são, em geral, da ordem de grandeza das médias, ou seja, os coeficientes de variação são relativamente próximos a 1. Isso é mais um indicativo de que o intervalo de tempo entre chegadas sucessivas dos chamados deve ser, de fato, exponencialmente distribuído. Considerando as

devidas proporções que representam as chegadas em cada sub-átomo do sistema, admitindo que os chamados chegam independentemente e de acordo com o Processo de Poisson, encontraram-se as taxas médias $\lambda_{jk} = \lambda \cdot p_{jk}$ ($j = 1, 2, \dots, 6, k \in C$). Verifica-se, na Tabela 2, as taxas de chegadas dos chamados considerando as devidas proporções que representam as chegadas dos chamados em cada sub-átomo do sistema no período de pico.

Tabela 2 – Taxas médias de chegada dos chamados (por hora) para cada sub-átomo.

Tabela 2 – Taxas médias de chegada dos chamados (por hora) para cada sub-átomo.									
Átomo		Nº de chamados	p_j	$\lambda_{j,k}$ (chamados/hora)	Átomo		Nº de chamados	p_j	$\lambda_{j,k}$ (chamados/hora)
1	Nações Azul	6	0,0255	0,1004	13	Bela Vista Azul	7	0,0298	0,1172
2	Nações Verde	20	0,0851	0,3348	14	Bela Vista Verde	20	0,0851	0,3348
3	Nações Amarelo	31	0,1319	0,5189	15	Bela Vista Amarelo	26	0,1106	0,4352
4	Nações Vermelho	0	0,0000	0,0000	16	Bela Vista Vermelho	1	0,0043	0,0167
5	Geisel Azul	1	0,0043	0,0167	17	Mary Dota Azul	3	0,0128	0,0502
6	Geisel Verde	14	0,0596	0,2343	18	Mary Dota Verde	15	0,0638	0,2511
7	Geisel Amarelo	24	0,1021	0,4017	19	Mary Dota Amarelo	9	0,0383	0,1506
8	Geisel Vermelho	16	0,0681	0,2678	20	Mary Dota Vermelho	0	0,0000	0,0000
9	Ipiranga Azul	4	0,0170	0,0670	21	Boulevard Azul	2	0,0085	0,0335
10	Ipiranga Verde	14	0,0596	0,2343	22	Boulevard Verde	3	0,0128	0,0502
11	Ipiranga Amarelo	11	0,0468	0,1841	23	Boulevard Amarelo	8	0,0340	0,1339
12	Ipiranga Vermelho	0	0,0000	0,0000	24	Boulevard Vermelho	0	0,0000	0,0000
					Total		235	1.0000	3.9333

iii) Tempos de viagem

Fez-se necessário calcular os tempos médios de viagem de cada ambulância para cada átomo, cujos dados podem ser obtidos no próprio sistema. Mesmo que não haja dados suficientes, os tempos de viagem entre os átomos podem ser calculados. Os tempos de viagem foram obtidos a partir dos dados do próprio SAMU – Bauru/SP. Nos casos em que não foram encontradas observações do tempo de viagem entre dois átomos, calculou-se a distância entre os centroides dos átomos (a partir do software Google Earth) e, utilizando a velocidade média de 60 km/h, foi possível obter uma estimativa do tempo médio de viagem entre os átomos (indicados na tabela a seguir com “*”). A matriz dos tempos de viagem entre todos os átomos pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3 – Tempo médio de viagem entre sub-átomos obtidos a partir de dados do SAMU – Bauru/SP.

Átomo	1	2	3	4	5	6
-------	---	---	---	---	---	---

1	8,2	13,7	13,2	9,9	10,0	7,6
2	13,7	11,7	15,0	16,0	15,0	9,0
3	13,2	15,0	8,7	15,3	17,0	11,0
4	9,9	16,0	15,3	10,8	15,0	7,4
5	10,0	15,0	17,0	15,0	8,8	11,0
6	7,6	9,0	11,0	7,4	11,0	7,6
Média do sistema = 11,89 minutos						

iv) Servidores

O sistema do SAMU-Bauru/SP é composto por uma frota de nove ambulâncias distintas: oito USB's e duas USA's. Em 2013, as ambulâncias foram descentralizadas, localizadas em seis postos de saúde distribuídos um em cada setor da cidade, podendo deslocar-se para qualquer átomo para realizar um atendimento. As ambulâncias estão distribuídas de acordo com a Figura 3b.

v) Localização dos servidores

A matriz de localização (L) é facilmente obtida a partir da configuração original do sistema, de acordo com os critérios utilizados no SAMU-Bauru.

vi) Despacho dos servidores

O SAMU – Bauru/SP admite enviar apenas uma equipe por chamado, atendendo um dos requisitos para a aplicação do modelo hipercubo. As USAs atendem apenas aos chamados de emergência, caracterizando *backup* parcial. A formação de fila é permitida quando os usuários solicitam atendimento, enquanto todas as ambulâncias estão ocupadas. A fila de espera é formada e a escolha do próximo usuário a ser atendido é feita a partir da prioridade do chamado, na ordem do mais para o menos grave. Observa-se ainda que as USAs atendem apenas aos chamados vermelhos, enquanto que as USBs atendem a qualquer tipo de chamado.

vii) Política de despacho dos servidores

Ao receber um chamado e identificar a gravidade do caso, o médico regulador decide quem atenderá: uma USA ou USB. A política de despacho dos servidores depende da sua distribuição espacial e da localização deles. Lembrando que, na cidade de Bauru, os servidores estão descentralizados, portanto, a escolha do servidor preferencial é feita analisando a origem e a gravidade do chamado e a preferência é dada àquele localizado na mesma área (escolhido aleatoriamente). Se todos estiverem ocupados, é escolhido o primeiro servidor disponível mais próximo do chamado.

A lista de despacho em que um átomo tem mais de um servidor preferencial, ou seja, casos de desempate de prioridade entre ambulâncias do mesmo local, podem ser incorporadas no modelo hipercubo. Isso pode ser feito pela introdução da distribuição de frequências de despachos de cada servidor para cada átomo nas equações de balanço do sistema, ou considerando um número suficientemente grande de listas de preferências de despacho geradas aleatoriamente, o que representa, dessa forma, as possíveis chances dos servidores primários (e/ou *backup*) de cada átomo serem enviados para atender a um chamado em cada cenário investigado (BURWELL, *et al.* 1993; TAKEDA, 2000).

viii) Tempos de atendimento

Os tempos de atendimento são obtidos a partir do intervalo de tempo entre os instantes de saída e retorno à base. Esses valores estão disponíveis nas fichas de regulação médica. O tempo de atendimento é a soma dos tempos de preparo da equipe; tempo de viagem, definido como a saída da base até a chegada ao local; tempo em cena, desde o momento em que a ambulância chega ao local onde a equipe realiza o atendimento às vítimas, quando for o caso, até o momento em que ela sai do local; tempo de viagem de volta, desde o instante de saída do local até o momento em que a ambulância retorna à base. Para verificar estatisticamente a hipótese de que os tempos de atendimento são exponencialmente distribuídos, foi usado o teste de Kolmogorov-Smirnov no software Minitab. Em todas as ambulâncias, foi rejeitada a hipótese de que os tempos de serviço são exponencialmente distribuídos, com $\alpha = 5\%$ de significância.

A Tabela 4 mostra os tempos médios de atendimento (em minutos), desvios-padrão, coeficiente de variação e as taxas médias para cada ambulância. Para verificar a hipótese de diferenças nos tempos de atendimento entre os servidores, foi realizada a análise de variância ANOVA (COSTA NETO, 1977; MAGALHÃES e LIMA, 2002) com nível de significância $\alpha = 5\%$. Os resultados mostraram que as diferenças entre as médias dos tempos de atendimento entre os servidores são significativas nos três períodos. Dessa forma, a aplicação do modelo hipercubo deve considerar que os servidores não são homogêneos para os três períodos considerados. De acordo com Larson (1974, 2007) e Jarvis (1985), esse tipo de sistema pode ser analisado aproximadamente pelo modelo hipercubo sem que a análise seja muito comprometida. Essa aproximação também foi feita em Takeda (2007), Iannoni *et. al.* (2006) e Souza (2010) sem que a análise dos sistemas fosse comprometida.

O tempo médio de atendimento é diferente do desvio-padrão, ou seja, o coeficiente de variação é bem menor que 1, indicando que os tempos de atendimento não são

exponencialmente distribuídos.

Tabela 4 – Tempos e taxas médias de atendimento para cada ambulância.

Ambulância	Tempo médio de atendimento (minutos)	Desvio-padrão (*)	Coefficiente de variação	μ (horas)
1 - GA1	55	12	0,2	1,0856
2 - GA2	55	16	0,3	1,0909
3 - GB	45	15	0,3	1,3245
4 - N	40	14	0,3	1,4957
5 - IP	41	11	0,3	1,4683
6 - BV1	48	19	0,4	1,2429
7 - BV2	43	16	0,4	1,3907
8 - MD	46	19	0,4	1,3034
9 - BO	43	15	0,3	1,3863
USA	55	14	0,3	1,0883
USB	44	15	0,3	1,3731
Total	46	15	0,3	1,3098

ix) Relação entre o tempo de atendimento e o tempo de viagem

É necessário verificar se os tempos médios de viagem são pequenos em relação aos tempos médios de atendimento para cada ambulância. A Tabela 5 mostra o tempo médio de serviço, o tempo médio de viagem e a relação entre o tempo médio de atendimento e o tempo médio de viagem para cada servidor. Pode-se notar que os tempos médios de viagem são relativamente pequenos com relação aos tempos médios de atendimento. Os tempos médios de viagem representam, no máximo, 40% do tempo total de atendimento das ambulâncias 2 e 3, no período da noite, de forma que a hipótese 9 do modelo hipercubo está validada.

Tabela 5 – Relação entre o tempo de atendimento e o tempo de viagem para as ambulâncias.

Ambulâncias		Tempo médio de viagem	Tempo médio de atendimento (minutos)	Relação: Tempo médio de viagem/ Tempo médio de atendimento
1 -	GA1	13,6	55	0,2473
2 -	GA2	11,5	55	0,2091
3 -	GB	11,3	45	0,2511
4 -	N	9,3	40	0,2325
5 -	IP	10,1	41	0,2463
6 -	BV1	12,5	48	0,2604
7 -	BV2	9	43	0,2093
8 -	MD	10,2	46	0,2217
9 -	BO	7,2	43	0,1674
USB		9,9	55	0,2270
USA		12,6	44	0,2282
Sistema		10,5	46	0,2272

5. Conclusões

Neste trabalho, avaliou-se a aplicabilidade do modelo hipercubo para analisar sistemas de atendimento médico de urgência em áreas urbanas por meio de um estudo de caso no SAMU – Bauru/SP. Foram descritos os chamados e os atendimentos do SAMU – Bauru/SP e verificada a aplicabilidade do modelo hipercubo no sistema. A partir dessa análise, será possível aplicar o modelo hipercubo e avaliar cenários alternativos para o sistema avaliado.

Agradecimento: Os autores agradecem ao SAMU – Bauru/SP pela colaboração com essa pesquisa, à Fapesp e ao CNPq.

Referências Bibliográficas

ALANIS; INGOLFSSON; KOLFAL: EMS Repositioning. *Production and Operations Management* 22(1), pp. 216–231, © 2012 Production and Operations Management Society.

BRANDEAU M., LARSON R. C. (1986) Extending and applying the hypercube queueing model to deploy ambulances in Boston. In: SWERSEY A. J., INGNALL E. J. (eds). *Delivery of Urban Services. TIMS Studies in the Management Science* 22, Elsevier, 121 – 153.

BURWELL T. H., JARVIS J. P., McKNEW M. A. (1993) Modeling co-located servers and dispatch ties in the hypercube model. *Computers & Operations Research* 20(2), 113 – 119.

CHELST K. R., BARLACH Z. (1981) Multiple unit dispatches in emergency services: models to estimate system performance. *Management Science* 27(12), p. 1390 – 1409.

CHIYOSHI F., GALVÃO R. D., MORABITO R. (2000) O uso do modelo hipercubo na solução de problemas de localização probabilísticos. *Gestão & Produção* 7(2), p. 146 – 174.

COSTA D. M. (2004) Uma metodologia iterativa para determinação de zonas de atendimento de serviços emergenciais. Universidade Federal de Santa Catarina. *Tese* (doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção.

FIGUEIREDO A. P. S., LORENA L. A. N. (2005) Localização de ambulâncias: uma aplicação para a cidade de São José dos Campos. *Anais XXI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, INPE, p. 1695 – 1972.

GONÇALVES M. B., NOVAES A. G., ALBINO J. C. C. (1994) Modelos para localização de serviços emergenciais em rodovias. In: *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional* 26, Florianópolis, SC, 1994. *Anais*. Florianópolis, p. 591 – 596.

GONÇALVES M. B., NOVAES A. G., SCHMITZ R. (1995) Um modelo de otimização para

localizar unidades de serviço emergenciais em rodovias. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes 9, São Carlos, SP, 1995. Anais. São Carlos 3, p. 962 – 972.

IANNONI A. P., MORABITO R. (2006) Modelo hipercubo integrado a um algoritmo genético para análise de sistemas médicos emergenciais em rodovias. *Gestão & Produção*, 13(1), p. 93 – 104.

LARSON R. C. (1974) Hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services. *Computers and operations research* 1, p.67 - 95.

LARSON R. C., ODONI A. R. (2007) Urban Operations Research. 2 ed. Dynamic Ideas, Belmont, Massachusetts.

LOPES SLB & FERNANDES RJ. Uma breve revisão do atendimento médico pré-hospitalar. **Medicina, Ribeirão Preto, 32:** 381-387, out./dez. 1999.

LUQUE L. (2006) Análise da aglutinação de estados em cadeias de markov do modelo hipercubo de filas com servidores co-localizados. Dissertação de Mestrado. INPE – São José dos Campos.

MENDONÇA F., MORABITO R. (2001) Analysing emergency medical servisse ambulance deployment on a Brazilian highway using the hypercube model, *Journal of the Operational Research Society* 52, p. 261 – 270.

OLIVEIRA L. K. (2003) Uma aplicação do modelo hipercubo de filas para avaliação do centro de emergência da polícia militar de Santa Catarina. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

SACKS S. R., GRIEF S. (1994) Orlando Police Department uses OR/MS methodology, new software to design patrol districts. *OS/MS Today*, Baltimore, p. 30 – 32.

SOUZA, R. M. ; Morabito, R ; Chyioshi, Y. Fernando ; IANONNI, A. P. . Análise da configuração de SAMU utilizando múltiplas alternativas de localização de ambulâncias. *Gestão & Produção (UFSCAR. Impresso)*, v. 20, p. 287-302, 2013.

SWERSEY A. J. (1994) Handbooks in OR/MS. Amsterdam: Elsevier Science B. V., v. 6, p. 151 – 200.

TAKEDA R. A., WIDMER J. A., MORABITO R. (2007) Analysis of ambulance decentralization in an urban emergency medical service using the hypercube queueing model. *Computers & Operations Research* 34, p. 727 – 741.