

DIMENSIONAMENTO DA FROTA DE AMBULÂNCIAS DO GRUPAMENTO OPERACIONAL DO COMANDO GERAL DO CORPO DE BOMBEIROS PARA O ATENDIMENTO DE EMERGÊNCIAS NA REGIÃO CENTRAL DO RIO DE JANEIRO

Gláucio Henrique Batista de Barros

Programa de Engenharia de Produção / COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ
glauciohenrick@ig.com.br

Fabio Batista de Oliveira

Programa de Engenharia de Produção / COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ
fabiobaba75@yahoo.com.br

Marcos dos Santos

Programa de Engenharia de Produção / COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ
marcosdossantos_coppe_ufrj@yahoo.com.br

Mário Jorge Ferreira de Oliveira

Programa de Engenharia de Produção / COPPE
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ
mario_jo@pep.ufrj.br

Resumo

Em um sistema de atendimento de urgência a minimização dos tempos de resposta das ambulâncias e de espera nas filas por pacientes são variáveis cruciais. Neste trabalho é apresentado um modelo de simulação computacional para o dimensionamento da frota de ambulâncias do Grupamento Operacional do Comando Geral do Corpo de Bombeiros no atendimento às demandas da Região Central do Rio de Janeiro com destino ao Hospital Souza Aguiar no qual foi utilizado o software Simul8. Foram realizados ensaios com o aumento gradativo de demanda a fim de obter combinações ótimas em relação à quantidade e os tipos de ambulâncias. O modelo pode ser adaptado a outros cenários e regiões onde além de diagnosticar a eficiência de um sistema poderá subsidiar o processo de tomada de decisão da compra de novas viaturas.

Palavras-Chaves: SAMU, ambulâncias, simulação

Abstract

In a system of emergency care the minimization of ambulances response times and waiting in queues of patients are crucial variables. This paper presents a computer simulation model for sizing the fleet of ambulances from Grupamento Operacional do Comando Geral do Corpo de Bombeiros in meeting the demands of the Central Region of Rio de Janeiro served by Hospital Souza Aguiar where we use the software SIMUL8 . Essays were performed with the gradual increase in demand to achieve optimum combinations for the quantity and types of ambulances. The model can be adapted to other scenarios and regions where in addition to diagnosing the efficiency of a system can support the decision making process of purchasing new vehicles.

Keywords: SAMU, ambulances, simulation

1. INTRODUÇÃO

O uso de modelagens de simulação tem fornecido ao longo dos anos uma grande gama de estudos e artigos voltados para as aplicações na área de saúde. Trabalhos como a modelagem de tempo de permanência de pacientes geriátricos (El-Dharzi, 1998 ; Marshall e Vasilakis, 2005) são um exemplo disso; assim como, trabalhos sobre localização de bases confeccionados por Galvão, 1993; Grendreau , 1997; Chaiken, 1998 e Grendreau , 2001), programação de equipes (Green & Kolesar, 1984; Taylor & Huxley, 1989 e Aubin, 1992) , sistemas de emergência(De Oliveira, 2001 e Oliveira, 2012), problemas de congestionamento (Berman & Larson, 1982; Brandeau & Larson, 1986; Marianov & Serra,1998) e previsão do tempo de deslocamento de ambulâncias (Henderson, 2011). Revisões dos estudos desenvolvidos nas últimas décadas podem ser encontradas em Kolesar e Swersey (1986), Louveaux (1993), Swersey (1994), e Brotcorne (2003).

O elevado grau de incerteza é uma característica comum em sistemas emergenciais como o SAMU (Sistema de Atendimento Médico de Urgência) o que tornam necessárias respostas rápidas; assim como, taxas mínimas de utilização dos operadores do sistema a fim de se evitar a deterioração dos serviços oferecidos. O adequado dimensionamento desses sistemas é um desafio permanente para muitos pesquisadores, pois quando esses recursos não são racionalmente mensurados seus operadores passam longos períodos sobrecarregados, conseqüentemente reduzindo a eficiência dos serviços a um nível inaceitável.

2. OPERAÇÕES TERRESTRES

As operações terrestres, relacionadas ao Atendimento Pré-Hospitalar (APH) do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro são operacionalizadas pelo Primeiro Grupamento de Socorro de Emergência (1º GSE).Contemplando duas modalidades assistenciais: APH móvel e APH fixo.

O Atendimento Pré-Hospitalar fixo é operacionalizado pelos Centros de Recuperação de Afogados (CRA) e o Atendimento Pré-Hospitalar móvel é operacionalizado pelos veículos terrestres - ambulâncias (ASE).

As operações terrestres do 1º GSE tem como atribuições o atendimento pré-hospitalar a vítimas em situações de urgência e emergência em vias ou logradouros públicos, domicílios, assim como o transporte de pacientes entre os hospitais da rede pública do estado do Rio de Janeiro. É uma modalidade de socorro, que visa chegar precocemente à vítima, prestar-lhe o primeiro atendimento e transportar a mesma, para hospital de referencia mais próximo.

No Atendimento Pré-Hospitalar, no que se refere a operações terrestres, as viaturas (ambulâncias) são divididas em:

Auto Socorro de Emergência Leve - ASE-L.

Auto Socorro de Emergência Avançado - ASE-A.

Auto Socorro de Emergência para Transporte Inter Hospitalar - ASE-TIH.

Auto Socorro de Emergência intermediário - ASE-I.

Auto Socorro de Emergência Básico - ASE-B.

ASE-L: tem como função prestar supervisão e apoio operacional as viaturas - ASE-I e ASE-B, contém equipamentos e materiais médicos, que permitem realizar suporte avançado e básico de vida e por se tratar de uma viatura leve, sua guarnição é composta por um Oficial Médico e um Praça Condutor (motorista).

ASE-A, ASE-TIH Adulto e Neonatal: contém equipamentos e materiais médicos, que permitem realizar suporte Avançado e básico de vida, sua guarnição é composta de um Oficial Medico, um Praça Técnico de Enfermagem e um Praça Condutor.

ASE - I: contém equipamentos e materiais que permitem realizar suporte básico de vida, compatíveis com o grau de formação da guarnição, que é composta por um Oficial Enfermeiro, um Praça Técnico de Enfermagem e um Praça Condutor.

ASE - B: contém equipamentos e materiais que permitem realizar suporte básico de vida, compatíveis com o grau de formação da guarnição, que é composta por dois Praças Técnicos de Enfermagem e um Praça Condutor.

As operações terrestres (APH) compreendem as seguintes fases:

1. Solicitação do atendimento - via 193/192
2. Confirmação da solicitação
3. Acionamento do Socorro
4. Deslocamento do Socorro
5. Atendimento da cena
6. Transporte para o hospital de referencia
7. Retorno do socorro ao quartel de origem.

3. PRINCIPAIS DEFINIÇÕES

TARM: Corresponde a Telefonista Auxiliar de Regulação Médica. Profissional civil que recebe a ligação direta via telefone 192. Através de um processo de educação permanente este profissional é capaz de realizar o acolhimento, colher os dados principais protocolares (endereço, referências, telefones, etc.) e identificar o risco de forma básica e de acordo com a sua capacitação, direcionando esta ligação para um fluxo determinado e de acordo com a sua classificação de risco e local da ocorrência (áreas públicas ou domicílio). Poderá direcionar a chamada diretamente para o despacho de frota ou médico regulador primário.

SUPERVISOR MÉDICO: Responsável pela supervisão operacional e técnica de regulação médica realizada por profissionais médicos civis. Exerce a sua função baseada em protocolos técnicos.

MR1: Médico Regulador Primário – recebe a ligação 192 através da TARM ou via DESPURG (Despacho de Urgência). Confirma ou não a estratificação de risco e, quando indicado, solicita o envio emergencial da VTR/recurso mais apropriado e hierarquizado em conformidade com a disponibilidade imediata.

MR2: Médico Regulador Secundário – recebe a ligação de equipe da ponta (básica, avançada ou intermediária) através de linha específica e conduz de forma operacional e técnica o atendimento à distância, seguindo protocolos técnicos.

DESPURG ou DESPACHO DE FROTA: Despacho de Urgência – setor composto por profissionais denominados Operadores de Frota ou Rádio-operadores. Na COGS estes profissionais são técnicos de enfermagem. Recebem a ligação direta da TARM ou do médico.

CORDENADOR MÉDICO: Oficial superior médico responsável por todas as operações, demandas técnicas e administrativas na Central de Regulação de Urgências- COGS. Também chamado de Superior Médico de Dia à COGS.

TIH: Transporte Inter-hospitalar entre unidades de saúde, de abrangência estadual. Setor operacional composto por militares praças, técnicos de enfermagem. Responsável pelo acolhimento, estratificação de risco e reconhecimento de prioridades para empenhar um recurso apropriado a cada demanda. Toda esta operação é supervisionada pelo Coordenador Médico militar.

Todos os militares envolvidos nas operações terrestres são capacitados com cursos de aperfeiçoamento, assim como cursos de reciclagem, que são realizados periodicamente. A figura 1 mostra o fluxograma das operações terrestres e a figura 2 um resumo dos principais processos das operações

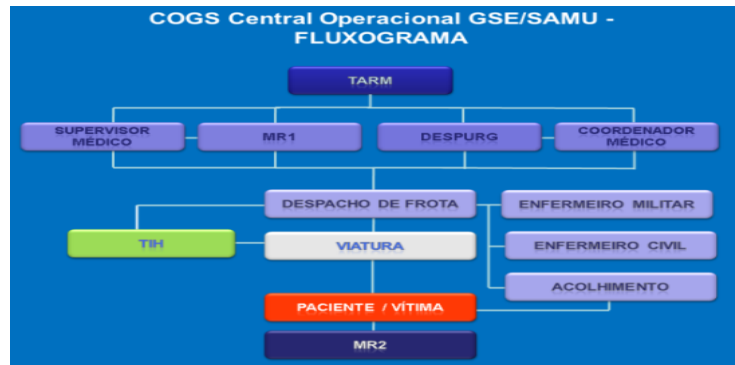


Figura 1 –Central Operacional GSE/SAMU

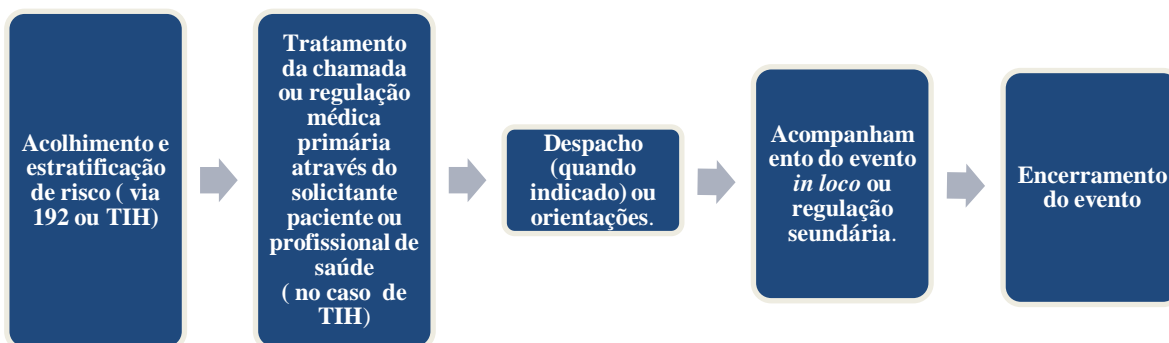


Figura 2: elaboração dos autores

4. MODELO PROPOSTO

Este modelo concentrou-se no estudo do dimensionamento do número de ambulâncias do posto do Grupamento Operacional de Comando Geral em relação ao serviço integrado do setor de emergência do Hospital Souza Aguiar que seria o mais próximo. Isto é, como se o grupamento, com um determinado número ambulâncias de auto socorro básicas, intermediárias e avançadas estivesse disponível e todo o efetivo da unidade atendesse aos casos oriundos da região da zona central do Rio de Janeiro utilizando como hospital de destino o Souza Aguiar. O modelo focalizou a busca do melhor dimensionamento da frota de ambulâncias para a região sem a necessidade de apoio de ambulâncias de regiões vizinhas. Além disso, foram realizadas simulações de cenários com o aumento da frequência dos acionamentos para que fossem contextualizados situações de pouca, média alta e grande complexidade a fim de que fossem medidos os impactos no desempenho do serviço juntamente com a melhoria dos atendimentos do sistema ao alterarmos também o número de viaturas em combinações específicas priorizando a aquisição de ambulâncias básicas e posteriormente as intermediárias e avançadas. O modelo desenvolvido com o software Simul8 é mostrado na figura 3:

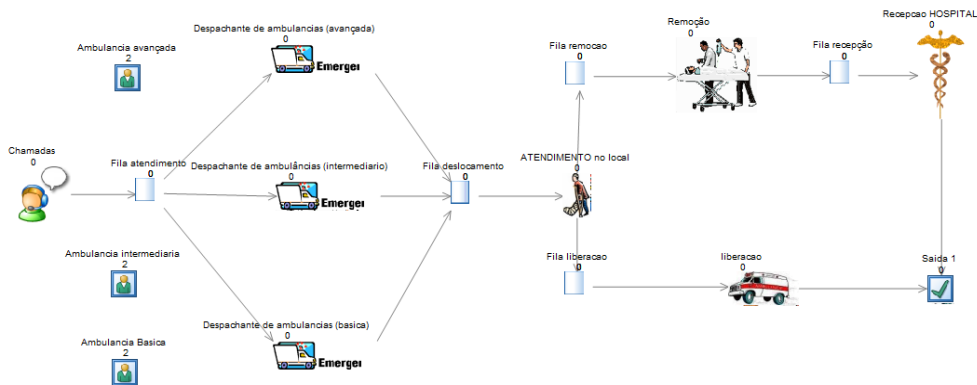


Figura 3

5. PARÂMETROS DO MODELO

Os parâmetros utilizados no modelo foram selecionados a partir de um artigo Garcia (2006). Esses parâmetros são:

- Solicitação de atendimento: o tempo entre chamadas segue uma distribuição Exponencial com média de 2,17 chamadas a cada uma hora;
- Percentual de chamadas atendidas: 100% são atendidas com envio de ambulância.
- O recurso é enviado com um tempo de resposta que segue uma distribuição triangular (5,9,30) minutos.
- O atendimento no local do evento segue também uma distribuição triangular (5,10,30) minutos.
- O percentual de removidos para o hospital em estudo é de 50%.
- O tempo gasto na remoção segue uma distribuição triangular (5,10,30).
- O tempo gasto na liberação da equipe da ambulância para outro hospital, ou por causa de morte do acidentado ou por outra causa que não implica remoção para o hospital em estudo segue uma distribuição triangular (1,6,11).
- O tempo gasto na recepção do acidentado no hospital em estudo segue uma distribuição triangular (5,20,48).
- O número de ambulâncias disponíveis na área do hospital é igual a 2 (duas) de Auto Socorro de Emergência Básicas, 1(uma) Auto Socorro de Emergência Intermediária, 1(uma) Auto Socorro de Emergência Avançada e o número de atendentes no despacho de ambulâncias é igual a 1(um) em cada um dos centros de despachos pois, devido a limitações do software foi necessária a classificação das chamadas de acordo com o uso das ambulâncias.
- Foram utilizadas combinações nas quantidades de ambulâncias e analisadas as reduções nas seguintes variáveis: tempo médio de atendimento, tempo médio de atendimento

efetivo e tempo máximo de acordo com a complexidade dos cenários. As diferentes combinações são mostradas no anexo 1.

Infelizmente não foi possível obter o tempo de preparação de cada uma das viaturas e o tempo de deslocamento individualizado de cada ambulância. Alguns estudos como por exemplo os de Ching e Hwang (2009) realizados na Ásia, utilizaram dados fornecidos por câmeras e sensores equivalentes aos da CET-RIO do Brasil para que fossem inferida uma distribuição de probabilidade que descreva o tempo de deslocamento. Zheng, Jiandong, Xiaomin e Keqiang (2011) consideraram o tempo de deslocamento uma variável Fuzzy enquanto que outras pesquisas usam sistemas geográficos e de satélite para medirem esses dados.

6. RESULTADOS DO MODELO

O modelo foi implementado de tal forma que ao final da simulação serão registrados a taxa de utilização das ambulâncias, o uso médio e máximo das mesmas, os tempos médios, máximos e de duração efetiva dentro de uma fila de atendimento e por fim o tempo médio do sistema. Em cada um dos cenários alternativos foram realizadas 10.000 simulações de acordo com o acréscimo de chamadas nos cenários de baixa, média alta e alta complexidades assim como, no uso de combinações diferentes no número de ambulâncias sejam básicas, intermediárias ou avançadas. Em cada uma das simulações realizaram-se replicações, com um comprimento de uma semana com 24 horas de simulação por dia. Não foi analisada a variável custo.

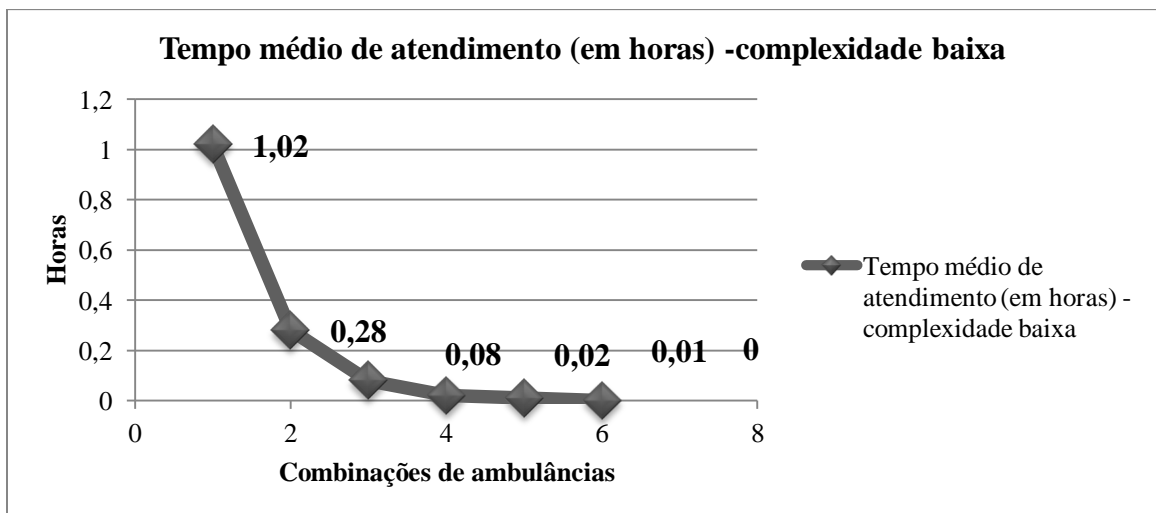


Gráfico 1 –Tempo médio de atendimento (em horas) –complexidade baixa

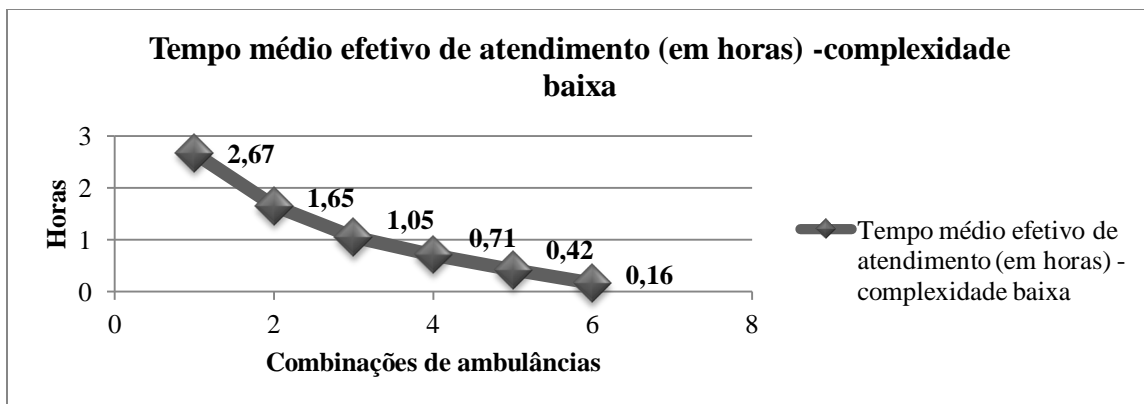


Gráfico 2 –Tempo de atendimento efetivo (em horas)-complexidade baixa

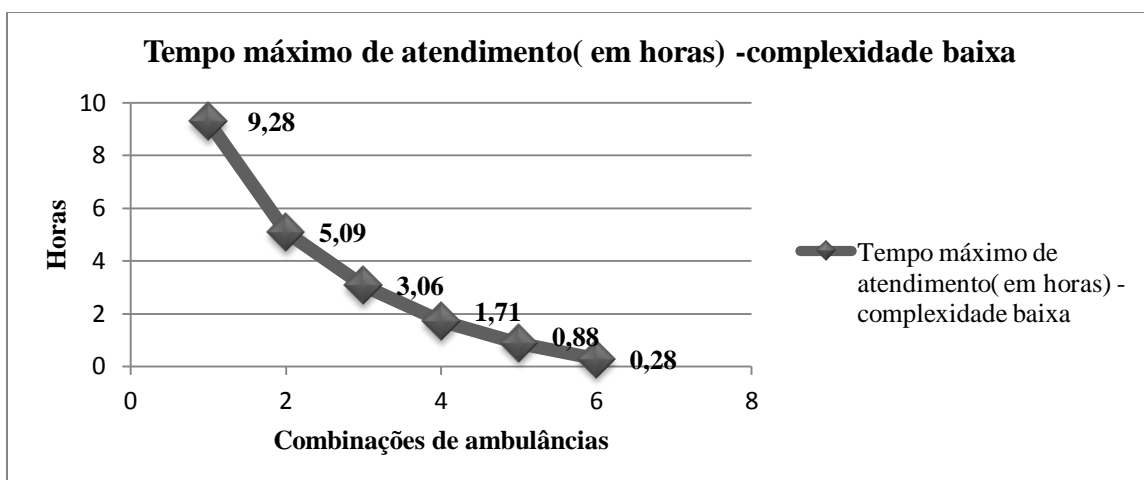


Gráfico 3-Tempo máximo de atendimento (em horas) –complexidade baixa

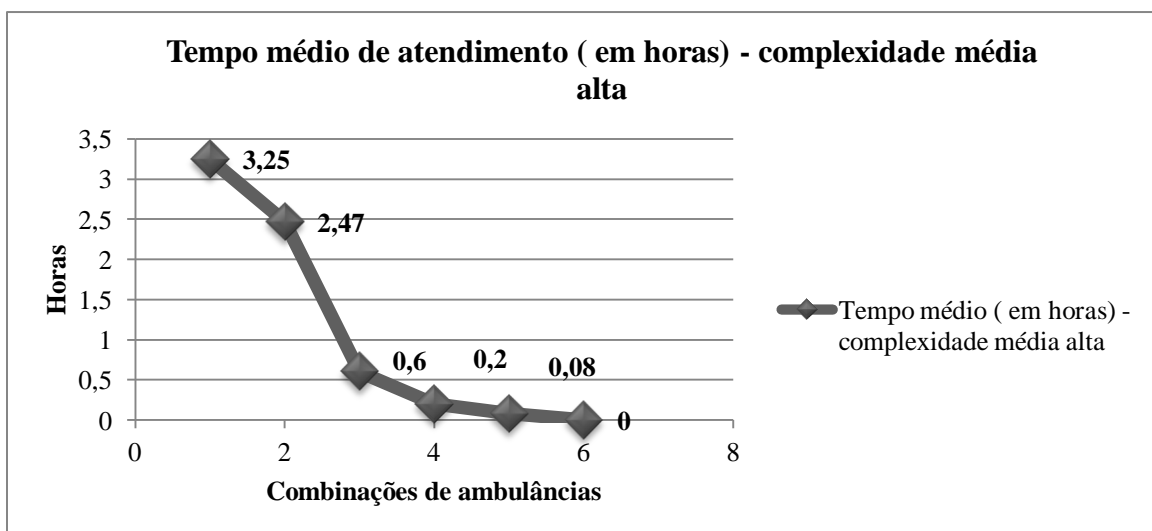


Gráfico 4 – Tempo de atendimeto (em horas) – complexidade média alta

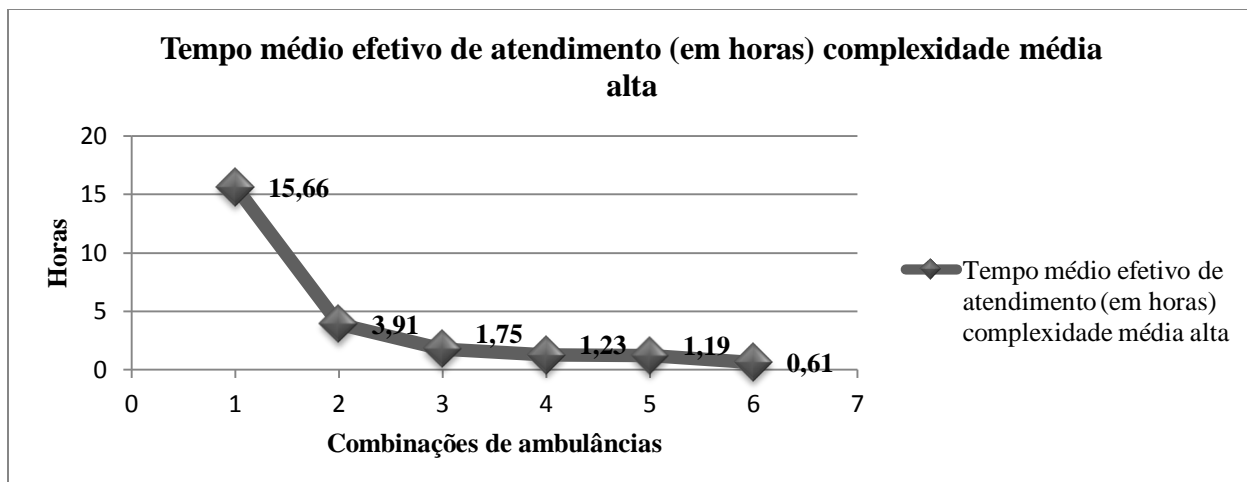


Gráfico 5 –Tempo de atendimento efetivo (em horas) – complexidade média alta

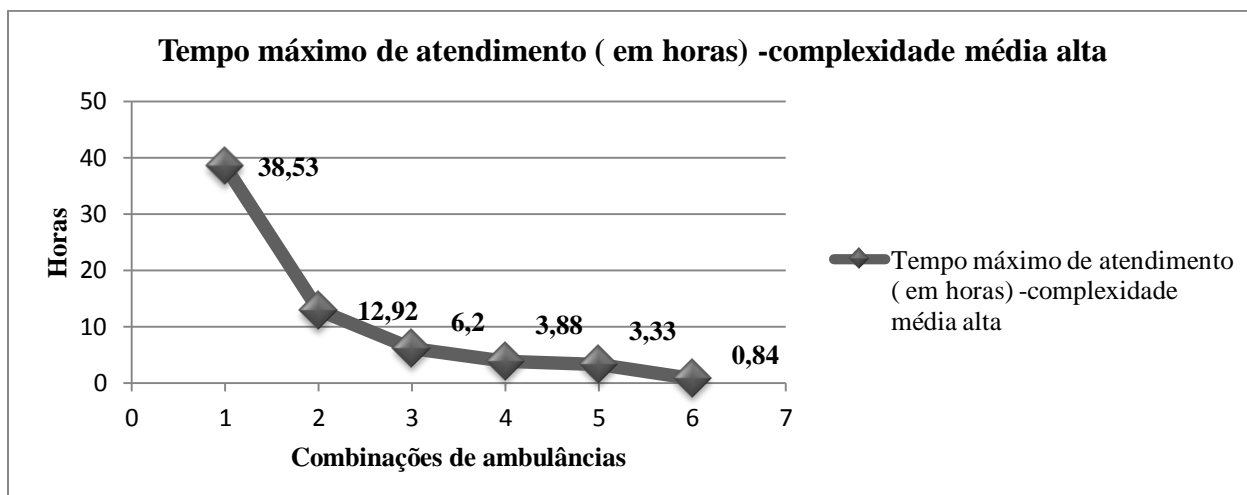


Gráfico 6 –Tempo máximo de atendimento (em horas) – complexidade média alta

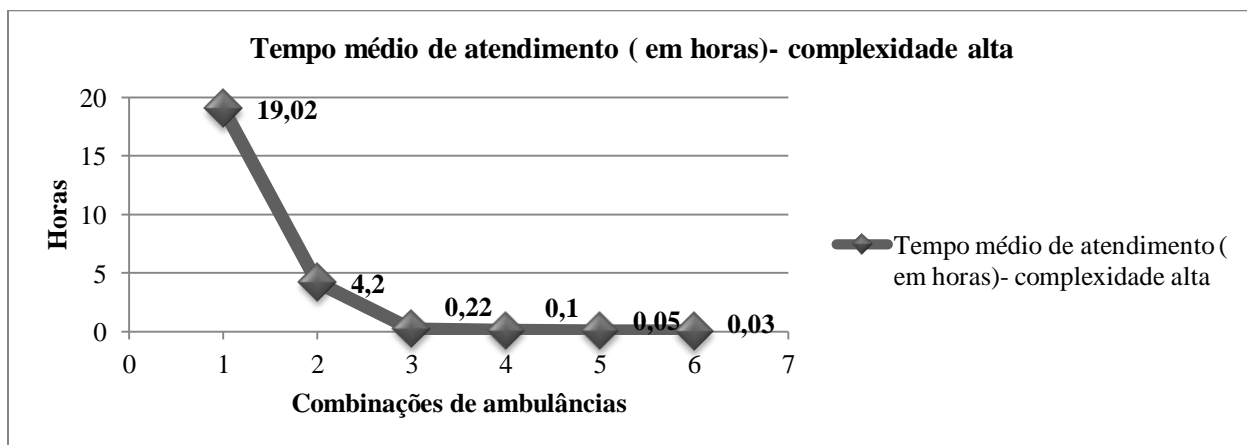


Gráfico 7 – Tempo de atendimento (em horas) – complexidade alta

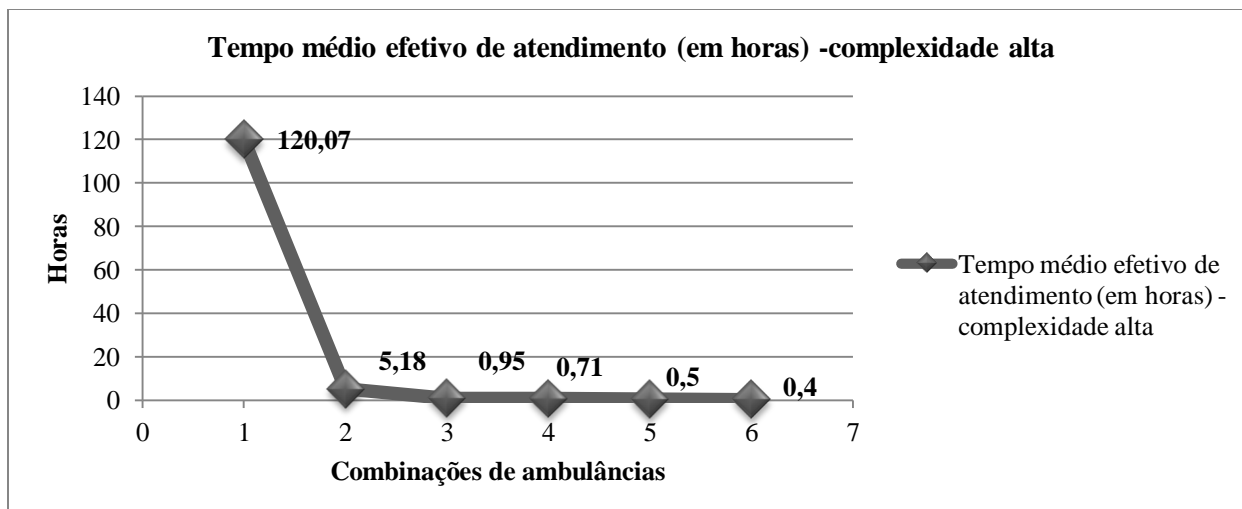


Gráfico 8 – Tempo de atendimento efetivo (em horas) – complexidade alta

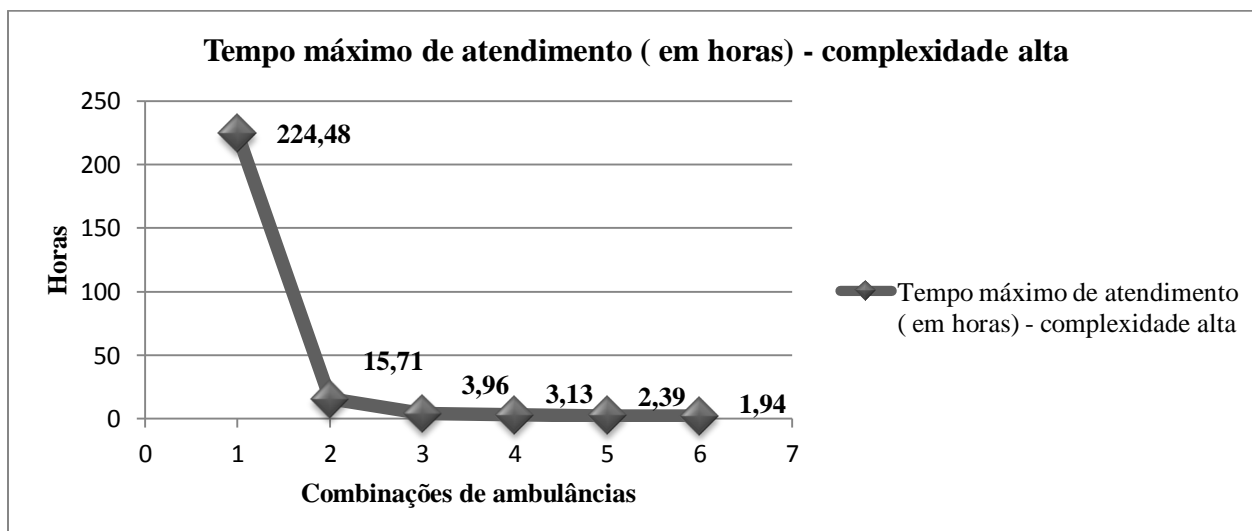


Gráfico 9 – Tempo máximo de atendimento (em horas) – complexidade alta.

Foi observado que em cenários de baixa complexidade o simples acréscimo de uma ambulância básica reduz drasticamente o tempo de espera pelo atendimento de 1,02 horas para 0,28 horas (cerca de 17 minutos). Porém com o gradativo aumento de atendimentos existe a necessidade de um acréscimo de viaturas. Os momentos mais críticos são os de média exponencial abaixo de 0,7 onde por exemplo o tempo médio de um paciente na fila chega a 19 horas o que seria inviável com o número atual de ambulâncias obrigando um incremento considerável desse recurso. Tempos de espera razoáveis (cerca de 0,22 horas) só foram obtidos utilizando quatro ambulâncias de cada tipo totalizando 12 ambulâncias no Grupamento. Vale ressaltar que o cenário de alta complexidade engloba uma situação de guerra ou tragédia natural, ou seja uma situação de uso extremo.

7. CONCLUSÃO

O software Simul8 mostrou-se extremamente eficaz na modelagem de sistemas urbanos de atendimento de urgências. Os resultados por ele produzidos servem de subsídio para a adoção de políticas públicas eficazes e ações diretas sobre a operação do sistema de recursos humanos tanto na região estudada como em todo o Estado do Rio de Janeiro e na racionalização na aquisição de recursos. A redução dos tempos de espera discriminada por tipos de ambulâncias, como por exemplo no decréscimo do tempo de espera no cenário de complexidade alta e três ambulâncias básicas, intermediárias e avançadas de 4,2 horas de espera média para 0,22 horas (pouco mais de 12 minutos) com a simples aquisição de uma viatura de cada modelo, e a redução do tempo de espera no cenário de baixa complexidade de 1,02 horas pra 0,28 (aproximadamente 17 minutos) com a compra de uma simples ambulância básica mostra principalmente o ganho humano na racionalização desses recursos.

Em estudos posteriores sugerimos a verificação detalhada dos tempos de deslocamento para os locais de resgate através de problemas de caminho mínimo, caminho mínimo Fuzzy ou heurísticas e considerarmos os congestionamentos de trânsito em horários distintos a fim de melhorarmos o modelo e torná-lo mais aderente à realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]Achão, N.F. (2002), A simulação como método de avaliação da qualidade de atendimento hospitalar: o caso na emergência de um hospital municipal. Msc. Dissertação, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil

[2]Aubin, J. (1992). Scheduling ambulances. *Interfaces*, 22(2), 1-10.

[3]Berman, O. & Larson, R.C. (1982). The median problem with congestion. *Computers and Operations Research*, 9(2), 119-26.

[3]Brandeau, M. & Larson, R.C. (1986). Extending and applying the hyper cube queueing model to deploy ambulances in Boston. In: *Delivery of Urban Services*.

[4]Brotcorne, L.; Laporte, G. & Semet, F. (2003). Ambulance location and relocation models. *European Journal of Operational research*, 147, 451-63.

[5]Chaiken J. e Larson R. (1998), Methods for allocating urban emergency units: a survey. *Management Science*, 19, 110-130.

[6]Chang H.W e Hwang K.P. (2009) Using a Discrete-event Simulation to Balance Ambulance Availability and Demand in Static Deployment Systems. *Academic Emergency Medicine* Volume 16, Issue 12, pages 1359–1366, December 2009

[7]De Oliveira, M.J.F. e Toscano, L.N.P., *Emergency Information Support System for Brazilian Public Hospitals*, In: Quantitative approaches in health care management. 27th Meeting of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services (*ORAHS*), p. 235-251, Proceeding, Viena, Austria, jul 20- Aug 4, 2001.

[8]El-Darzi, E., Vasilakis, C., Chausalet, T. and Millard, P.H. (1998) A simulation modelling approach to evaluating length of stay, occupancy, emptiness and bed blocking in a hospital geriatric department. *Health Care Management Science*, 1(2):143-149.

[9]Galvão, R.D. (1993). The use of Lagrangean relaxation in the solution of uncapacitated facility location problems. *Location Science*, 1, 57-79.

[10]Garcia C.L. (2006), Dimensionamento de recursos de atendimento móvel de urgência da região metropolitana II do estado do Rio de Janeiro. Msc. Dissertação. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil

[11]Gendreau, M.; Laporte, G. & Semet, F. (1997). Solving an ambulance location model by Tabu search. *Location Science*, 5, 75-88.

[12]Gendreau, M.; Laporte, G. & Semet, F. (2001). A dynamic model and parallel Tabu search heuristic for real-time ambulance relocation. *Parallel Computing*, 27, 1641-53.

[13]Green, L. & Kolesar, P. (1984). A comparison of the multiple dispatch and M/M/C priority queueing models of police patrol. *Management Science*, 30(6), 665-670.

[14] Henderson S.G. ,Matteson D.S., Westgate B.S. e Woodard D.B. Travel time estimation for ambulances using Bayesian data augmentation. Under revision for *Annals of Applied Statistics*. Originally published as a technical report by Cornell University School of Operations Research and Information Engineering in July 2011.

[15]Kolesar, P. & Swersey, A.J. (1986). The deployment of urban emergency units: a survey. In: *Delivery of Urban Services* [edited by A.J. Swersey and E.J. Ignall], 22, *TIMS Studies in the Management Science*, Elsevier, 87-119.

[16]Louveaux, F. (1993). Stochastic location analysis. *Location Science*, 1, 127-154.

[17]Marianov, V. & Serra, D. (1998). Probabilistic, maximal covering location-allocation models for congested systems. *Journal of Regional Science*, 38(3), 401-424.

[18]Marshall A. H., Vasilakis C, El-Darzi E (2005) "Length of Stay-Based Patient Flow Models: Recent Developments and Future Directions", *Health Care Management Science Journal*, (3), pp. 213 - 220.

[19] Oliveira F. B.(2012). A Simulação de uma central de operações e controle para emergências hospitalares em eventos de grande porte. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

[20] Taylor, P.E. & Huxley, S.J. (1989). A break from tradition for San Francisco police: patrol officer scheduling using an optimization-based decision support system. *Interfaces*, 19(1), 4-24.

[21] Zheng .S, Jiandong C., Xiaomin L.e Keqiang L.(2011) Urban pickup and delivery problem considering time-dependent fuzzy velocity. *Computers & Industrial Engineering* 60 821-829

ANEXO 1

Combinções de Ambulâncias	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6	CMA1	CMA2	CMA3	CMA4	CMA5	CMA6	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6
Básicas/Intermediárias/Avançadas	1/1/2	2/1/2	2/2/2	3/2/2	3/3/2	3/3/3	1/1/2	2/1/2	2/2/2	3/2/2	3/3/2	3/3/3	2/2/2	3/3/3	4/4/4	5/4/4	5/5/4	5/5/5
Parâmetros	2,17 (Complexidade baixa)						1,4(Complexidade media alta)						0,7(Complexidade alta)					
Numero de entradas	327,82						509						1029,22					
Ambulância Básica																		
Utilização(%)	78,17%	59,55%	56,88%	44,32%	43,93%	42,67%	97,92%	79,46%	72,20%	59,10%	59,20%	57%	99,95%	95,34%	89,10%	74,58%	73,44%	72,35%
Uso médio	0,78	1,19	1,14	1,33	1,32	1,28	0,98	1,59	1,42	1,77	1,78	1,72	2	2,86	3,24	3,73	3,67	3,62
Uso máximo	1	2	2	3	3	3	1	2	2	3	3	3	2	3	4	5	5	5
Ambulância Intermediária																		
Utilização(%)	52,90%	29,51%	19,62%	10,58%	7,68%	3,61%	93,73%	66,59%	51,81%	34,75%	48,07%	26,74%	99,93%	89,31%	49,97%	39,72%	33,54%	25,96%
Uso médio	0,53	0,3	1,39	0,21	0,23	0,08	0,94	0,67	1,04	0,69	1,48	0,79	2	2,68	2	1,59	1,68	3,68
Uso máximo	1	1	2	1,98	2,88	0,11	1	1	2	2	3	3	2	3	4	4	5	5
Ambulância Avançada																		
Utilização(%)	69,89%	60,86%	58,22%	57,98%	57,66%	44,36%	96,52%	85,00%	75,29%	72,49%	74,09%	80,08%	99,92%	95,56%	81,91%	80,29%	79,64%	73,51%
Uso médio	1,4	1,22	1,16	1,16	0,23	1,33	1,93	1,7	1,51	1,45	1,48	2,4	2	2,87	3,28	3,21	3,19	3,68
Uso máximo	2	2	3	2	2,88	3	2	2	2	2	2	3	2	3	4	4	4	5
Fila Atendimento																		
Tempo médio	1,02	0,28	0,08	0,02	0,01	0	14,66	2,47	0,6	0,2	0,19	0,08	19,02	4,2	0,22	0,1	0,05	0,03
Tempo médio efetivo	2,67	1,65	1,05	0,71	0,42	0,16	15,66	3,91	1,75	1,23	1,19	0,61	120,07	5,18	0,95	0,71	0,5	0,4
Tempo máximo	9,28	5,09	3,06	1,71	0,88	0,28	38,53	12,92	6,2	3,88	3,33	0,84	224,48	15,71	3,96	3,13	2,39	1,94
Tempo médio do sistema	8,61	8,04	7,8	7,84	7,82	7,84	21,44	10,15	7,68	7,36	7,34	2,72	125,41	11,76	7,92	7,88	7,82	7,83