

Estudo comportamental do sistema de uma casa lotérica utilizando técnicas de simulação

Alexandre Navarro da Silva (UFV) - navarrosilva@hotmail.com

Renan Eleotério Marques (UFV) - renanmarques46@hotmail.com

Rodrigo Luís Ferreira (UFV) - rodrigoferreira04@yahoo.com.br

Filipe de Melo Rodrigues (UFV) - filipedemelo@yahoo.com.br

Danielle Dias Sant'Anna Martins (UFV) - danielledias@ufv.br

Resumo: Com o objetivo de estudar o comportamento do sistema de uma casa lotérica, técnicas de simulação foram utilizadas como ferramenta de avaliação de desempenho. Para isto, procedeu-se à coleta de dados dos intervalos entre chegadas de clientes na fila de espera e dos tempos de atendimento para construção de um modelo no software ARENA, de modo que o sistema em estudo pudesse ser representado. Verificou-se que o atual sistema não é eficaz, uma vez que disponibilizar 3 atendentes para o horário de maior movimento não é necessário para que seja obtido bom tempo de atendimento e espera na fila pelos clientes. Assim, utilizar a metade do tempo de uma atendente para realizar outras tarefas, pode permitir redução de custos para a empresa, sem perda de eficiência e qualidade nos serviços prestados.

Palavras-chave: Simulação; Casa Lotérica; Arena.

1. Introdução

A técnica de simulação computacional é usualmente adotada como ferramenta de avaliação do desempenho de um sistema ou para projeções futuras, caso ainda não exista em termos reais, possibilitando a obtenção de forma bastante precisa do comportamento do sistema, se um modelo que o represente for bem elaborado.

Olsson et al. (2005) afirmam que a simulação corretamente aplicada permite prever o comportamento de qualquer processo e avaliar distintas alternativas de decisão, com uma inversão mínima, risco zero e em um tempo relativamente pequeno, de tal forma que se transforma em uma valiosa ferramenta de suporte para a tomada de decisões.

Segundo Pereira (2000), a simulação computacional pode ser entendida como a representação de um sistema real mediante a implementação de um modelo de grande precisão utilizando o computador. Isto possibilitaria a visualização deste sistema e, assim, implementar mudanças e responder questões do tipo “o que aconteceria se” (what-if), economizando assim, tempo e dinheiro.

De acordo com Saliby (2001), a crescente popularidade do uso da simulação como ferramenta de modelagem e análise de problemas resultou em uma vasta e crescente disponibilidade de softwares de simulação no mercado. Há duas grandes categorias de softwares de simulação disponíveis: os de natureza geral e os voltados para aplicações específicas, tais como manufatura, serviços, telecomunicações, reengenharia e outros (PRADO, 2004). Dentre os softwares de simulação geral disponíveis pode-se citar o Arena

(utilizado neste trabalho), Automod, Extend, Microsaint, Promodel, Simple++, ModSim e o VisSim, entre outros.

Os simuladores são ferramentas de simulação orientadas para aplicações particulares. Com estas ferramentas os modelos constroem-se mediante janelas de diálogo, menus, ou gráficos, sendo estes últimos os mais usados. As principais vantagens dos simuladores são: a facilidade de aprendizagem e de manuseio. Como contrapartida, apresentam menor flexibilidade que as linguagens de simulação (PAIVA, 2005)

Assim, o objetivo deste estudo é verificar como se comporta o sistema de uma casa lotérica, em termos de tempo de atendimento dos clientes, número de pessoas na fila, além da taxa de utilização das atendentes, através de técnicas de simulação, mediante construção de cenários diversos.

2. Descrição do Sistema

O modelo atual conta com 4 caixas, porém com o funcionamento simultâneo de apenas 3 deles. O fluxograma de atendimento aos clientes está representado na Figura 1. Assim, o cliente chega à lotérica e vai para a fila de espera para o atendimento, sendo que o primeiro da fila vai para o caixa que estiver livre e, se nenhum caixa estiver livre, o cliente espera até que isto aconteça para ser atendido. Após o atendimento o cliente sai do sistema (lotérica).

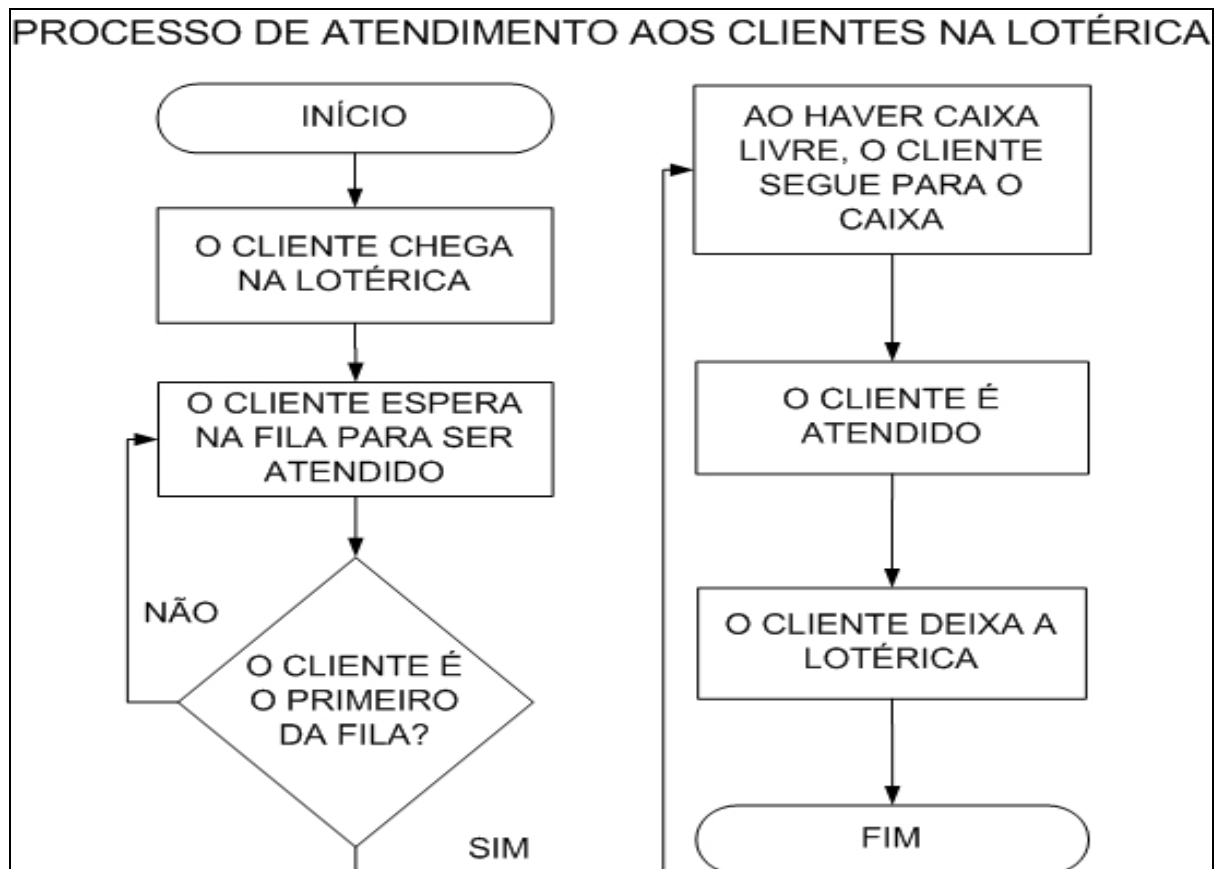


Figura 1. Fluxograma de atendimento aos clientes na casa lotérica estudada.

A Figura 2 representa o espaço físico da lotérica, e a área disponível para os clientes é bastante limitada o que resulta em fila na parte externa do estabelecimento. A fila é única e

não há caixas para atendimento preferencial. No lado esquerdo da área reservada para a fila há uma bancada onde são realizados os jogos. Do lado direito há uma mesa e cadeiras onde os clientes podem esperar e conferir contas.

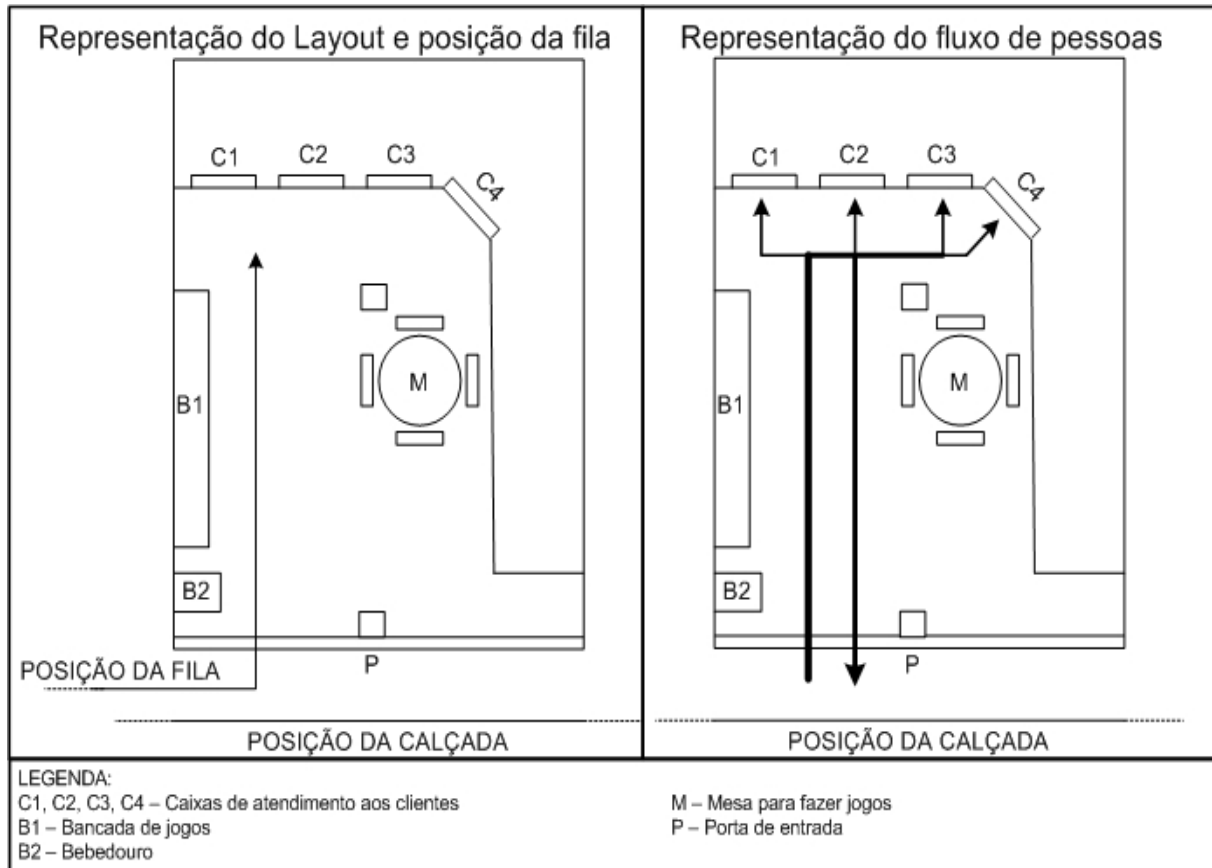


Figura 2. Representação do layout, posição da fila e fluxo de pessoas na casa lotérica estudada.

3. Materiais e Métodos

Os dados coletados foram de duas variáveis, sendo elas: intervalos entre chegadas de clientes sucessivos à casa lotérica e tempo de atendimento dos clientes. Assim, o tratamento dos dados foi feito através da metodologia apresentada por Chwif e Medina (2007), de modo que as análises realizadas foram: análise de *outliers* através da técnica de *box-plot*, sendo utilizado o software Excel, e análise de correlação, para verificar a independência dos dados. Assim, para que estes dados pudessem ser agregados ao modelo construído no software ARENA, para representar o sistema estudado, foi necessário utilizar uma ferramenta deste software, chamada *Input Analyzer*, que permite a inferência dos tempos coletados em distribuições probabilísticas.

A coleta de dados foi realizada entre os dias 1 e 10 dos meses de maio e de junho nos dois períodos que a gerente do estabelecimento julga apresentarem maior fluxo de pessoas, sendo o primeiro no período da tarde entre 12:30 e 13:30, que compreende o horário de almoço da maioria das pessoas, e o segundo à noite entre 18:00 e 19:00, que, geralmente, é o horário de saída das pessoas dos seus trabalhos.

Os *outliers* foram identificados de forma a verificar quais seriam os pontos que distorciam as distribuições a serem adotadas, porém verificou-se que ao retirar os *outliers* dos dados, o modelo computacional passou a não representar a realidade, portanto definiu-se que os dados retirados não eram *outliers* reais, mas dados que representavam a realidade do ambiente estudado.

Para que sugestões de melhorias pudessem ser feitas, foram elaborados 4 cenários a partir do modelo atual, a fim de se obter novas configurações para o funcionamento do sistema, os quais foram:

- Cenário 1: Acrescentar um atendente trabalhando o tempo todo de estudo;
- Cenário 2: Diminuir um atendente por todo o tempo de estudo;
- Cenário 3: Um atendente trabalhar apenas metade do tempo de estudo; e
- Cenário 4: Reduzir o intervalo entre chegadas de clientes em 20%.

Para que houvesse confiabilidade dos dados, também calculou-se o número de replicações do modelo, ou seja, o número de vezes que o software ARENA geraria os dados rodando o modelo construído, utilizando como parâmetro o número de pessoas na fila, segundo metodologia apresentada por Chwif e Medina (2007).

4. Resultados e Discussão

De acordo com metodologia citada, para todos os cenários, utilizou-se 173 replicações para o período da tarde e 255 replicações para o período da noite, para que fosse obtido um intervalo de confiança com 95% de probabilidade.

Quanto às distribuições de probabilidade inferidas para as variáveis em estudo, adotou-se aquelas em que houve maior aderência aos dados coletados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo que elas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuições de probabilidade adotadas.

Período	Variável	Distribuição	p-value
Tarde	Tempo de atendimento	2 + ERLA(57.5, 2)	>0,15
	Intervalo entre chegadas de clientes	-0.01 + EXPO(42.4)	>0,15
Noite	Tempo de atendimento	12 + WEIB(111, 1.07)	>0,15
	Intervalo entre chegadas de clientes	0.999 + 191 * BETA(0.638, 2.33)	>0,15

Assim, para os tempos de atendimentos, a distribuição inferida foi de Erlang para o período da tarde e de Weibull para o período da noite e para os intervalos entre chegadas, foi Exponencial para o período da tarde e Beta para o período da noite.

4.1 Sistema Atual

O sistema atual conta com 3 atendentes disponíveis por todo o tempo estudado para ambos os períodos. Para este sistema, os resultados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados de saída para o sistema atual.

Período	Variável	Unidade	Valor médio
Tarde	Taxa de utilização atendentes	%	84,78
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	3,57
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	139,86
Noite	Taxa de utilização atendentes	%	86,46
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	3,76
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	149,49

De acordo com estes dados, pode-se observar que o sistema atual se comporta de uma maneira satisfatória, porém ainda pode ser melhorado, uma vez que o número de pessoas e tempo de espera na fila são baixos, o que permite a possibilidade de mudanças que podem levar benefícios à lotérica estudada.

4.2 Cenário 1

Para o cenário 1, foi simulado o sistema com 4 atendentes disponíveis simultaneamente por todo o tempo estudado, sendo que os resultados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados de saída do sistema para o cenário 1.

Período	Variável	Unidade	Valor médio
Tarde	Taxa de utilização atendentes	%	67,32
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	0,67
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	26,65
Noite	Taxa de utilização atendentes	%	67,75
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	0,85
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	33,25

Desta forma, através dos dados obtidos, pode-se inferir que o comportamento do sistema se torna indesejável ao serem utilizados os 4 caixas simultaneamente, uma vez que a taxa de utilização dos atendentes é muito baixa, além dos tempos de espera e número de pessoas na fila serem extremamente baixos também. Para o empregador, este cenário não seria adequado.

4.3 Cenário 2

Para o cenário 2, verificou-se como o sistema comportaria, mediante a utilização de apenas 2 caixas simultaneamente, trabalhando por todo o tempo estudado, sendo que os resultados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados de saída do sistema para o cenário 2.

Período	Variável	Unidade	Valor médio
Tarde	Taxa de utilização atendentes	%	95,2
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	13,12
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	524,26
Noite	Taxa de utilização atendentes	%	95,23
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	13,31
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	534,76

Com a análise dos dados descritos na Tabela 3, pode-se verificar que a utilização de apenas 2 atendentes simultaneamente não é suficiente, uma vez que a taxa de utilização dos atendentes e número médio de pessoas na fila se tornam fatores limitantes para este cenário, se tornando uma opção inviável, pois a qualidade do serviço seria muito prejudicada.

4.4 Cenário 3

Para o cenário 3, foi verificado a utilização de 2 caixas trabalhando por todo o tempo de rodada (1 hora) e um caixa trabalhando a metade do tempo (0,5 hora) simultaneamente, sendo que os resultados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados de saída do sistema para o cenário 3.

Período	Variável	Unidade	Valor médio
Tarde	Taxa de utilização atendentes	%	90,15
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	6,1
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	219
Noite	Taxa de utilização atendentes	%	89,15
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	6,32
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	226,88

Analisando os dados obtidos para o cenário 3, obteve-se um resultado bem satisfatório, uma vez que as variáveis de desempenho estudadas assumiram valores consideravelmente

bons com a redução de 50 % da necessidade de mão de obra de um funcionário empregado nesta tarefa.

4.5 Cenário 4

Assim, para o cenário 4, foi suposto um aumento no número de pessoas que chegam à lotérica de 25%, como acontece no caso de quando os prêmios de alguns jogos estão acumulados, segundo a própria gerente do estabelecimento. Este aumento de fluxo, proporcionaria uma redução no intervalo entre chegadas de clientes de 20%. Para esta simulação, utilizou-se o número de atendentes como está o sistema atual, sendo 3 atendentes por todo o tempo de estudo. Desta forma, as distribuições probabilísticas dos tempos que descreveriam este fenômeno seriam modificadas e, utilizando novamente a ferramenta *Input Analyzer* do software ARENA, estas são dadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Tempos médios e distribuições probabilísticas das variáveis de entrada.

Período	Variável	Distribuição	p-value
Tarde	Tempo de atendimento	2 + ERLA(57.5, 2)	>0,15
	Intervalo entre chegadas de clientes	-0.001 + EXPO(33.9)	>0,15
Noite	Tempo de atendimento	12 + WEIB(111, 1.07)	>0,15
	Intervalo entre chegadas de clientes	0.999 + 153 * BETA(0.631, 2.33)	>0,15

Como resultado das variáveis de desempenho do sistema para o cenário 4, tem-se a Tabela 7.

Tabela 7 – Dados de saída do sistema para o cenário 4.

Período	Variável	Unidade	Valor médio
Tarde	Taxa de utilização atendentes	%	95,85
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	10,28
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	334,39
Noite	Taxa de utilização atendentes	%	95,87
	Numero médio de Pessoas na Fila	Pessoas	10,65
	Tempo Médio de Espera na Fila	segundos	345,62

Considerando que este cenário indica o maior fluxo de pessoas na casa lotérica, o quadro atual está consideravelmente bom, uma vez que há uma fila média de 10 pessoas e um tempo de espera médio de 5 minutos, aproximadamente. Estes indicadores possibilitam o oferecimento de um bom serviço ao cliente e bom quadro de funcionários, pois é o que se pratica, atualmente. A taxa de utilização das atendentes pode ser alta neste cenário, mas a justificativa para a utilização deste é que a ocorrência deste evento é de, no máximo, duas

vezes por mês, pois o acúmulo de prêmios ocorre em espaços de tempo relativamente grandes.

5. Conclusão

O sistema atual está provocando uma subutilização dos atendentes, pois há baixos índices de aproveitamento do tempo disponibilizado pelas 3 atendentes, porém suporta, com nível de qualidade de serviço reduzido, um acréscimo de 25% no número de clientes atendidos nos dias de acúmulo de prêmio dos jogos oferecidos pela casa lotérica.

Utilizando a capacidade total de 4 atendentes, o sistema fica com uma ociosidade extremamente elevada, o que prejudica o empregador da casa lotérica, não sendo uma alternativa plausível.

Ao utilizar apenas 2 atendentes, o sistema entra em colapso, ocasionando demora elevada pelos clientes na fila e muito elevada taxa de utilização das atendentes, causando perda da qualidade do serviço prestado.

É interessante que sejam utilizados 2 atendentes para todo o tempo dos horários estudados e 1 atendente para a metade do tempo, a fim de que haja maior utilização dos recursos, com pouco tempo de espera e número de pessoas na fila.

Uma vez que não foram contabilizados os dados de clientes preferenciais, esta pode ser uma oportunidade para que trabalhos futuros fossem realizados, a fim de verificar qual seria o impacto que esta consideração teria no sistema apresentado.

Referências

- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos*. 2. ed. São Paulo: Bravarte, 2007.
- OLSSON, G. J.; ARANDA, M. H.; MALFANTI, I. S.; e MICHALUS, J. C. La simulación como herramienta útil para las pequeñas y medianas empresas. In: *34ª JORNADAS ARGENTINAS DE INFORMÁTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA*. Rosario. 2005.
- PAIVA, A. F. O. Geração automática de modelos de simulação de uma linha de produção na indústria têxtil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial), Universidade do Minho. Guimarães, 2005.
- PEREIRA, I. C. *Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), UNIFEI. Itajubá, 2000.
- PRADO, D. *Teoria das filas e da simulação - Série pesquisa operacional vol.2*. 2. ed. Belo Horizonte: EDG, 2004.
- SALIBY, E. *Softwares para simulação*. Disponível em: <http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-softw.htm>. Acesso em 10/10/2008. 2001.