

MODELAGEM UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA PARA A DETERMINAÇÃO DO MELHOR DIMENSIONAMENTO DO ATENDIMENTO: aplicação em uma casa lotérica na cidade de Catalão-GO

Frederico Netto Canedo (CESUC) asfredttcanedo@gmail.com
Emerson William da Silva (CESUC) emerson.w.silva@bol.com.br

Resumo:

As filas estão presentes em diversas atividades de nossa vida, mas quando é mal dimensionada e controlada, pode tornar-se um fator preocupante para a garantia da qualidade neste mercado extremamente competitivo. O estudo da teoria das filas e simulação mostra-se como uma ferramenta em que auxilia no melhor dimensionamento para o atendimento dos clientes, garantindo a qualidade a curto e longo prazo. Esse estudo tem como intuito a aplicação da teoria das filas e simulação em uma casa lotérica em Catalão-GO. Utilizou-se o software Arena para a realização da análise e avaliação, visita e coleta de amostras na empresa em questão. O objetivo do estudo é analisar o nível de atendimento na lotérica, verificando a capacidade de atendimento e formação de filas, e assim fazer um diagnóstico de qual ação tomar com base no estudo apresentado.

Palavras chave: Teoria das filas. Simulação. Arena

MODELING USING ARENA SOFTWARE FOR THE DETERMINATION OF THE BEST DIMENSIONING OF THE SERVICE: application in a lottery house in the city of Catalão-GO

Abstract

Queues are present in various activities of our life, but when poorly scaled and controlled, it can become a worrying factor for quality assurance in this extremely competitive market. The study of queuing theory and simulation shows itself as a tool in which it assists in the best dimensioning for customer service, guaranteeing quality in the short and long term. This study intends the application of queuing theory and simulation in a lottery house in Catalão-GO. The Arena software was used to carry out the analysis and evaluation, visit and sample collection in the company in question. The objective of the study is to analyze the level of attendance in the lottery, verifying the capacity of attendance and formation of queues, and thus make a diagnosis of which action to take based on the presented study.

Key-words: Theory of the queues. Simulation. Arena

1. Introdução

É comum que na rotina diária de compromissos, em algum momento, surja à necessidade pegar fila para conseguir algum tipo de atendimento, seja ele relacionado com produtos ou a prestação de serviços. As filas são uma ocorrência inerente à atividade e muitas vezes são difíceis de determiná-la e controlá-la. As filas são processos em espera para serem executadas, do mesmo modo que uma lista de tarefas ou um processo produtivo. Ferreira (2010) define a fila como uma sequência de indivíduos que se colocam um atrás do outro, pela ordem de chegada.

O cliente, quando requer um serviço, não espera apenas por um atendimento de qualidade, mas também que seja atendido no mínimo tempo possível. O ideal, do ponto de vista do cliente, é chegar e ser logo atendido; do ponto de vista da empresa, isso significa perdas com ociosidade de servidores (operários, atendentes, entre outros). Desta forma, se faz importante realizar um

estudo para gerir adequadamente um sistema, de modo que tenham filas, mas que estejam a um nível aceitável pelo cliente. Com o objetivo de gerar satisfação para os clientes, e ao mesmo tempo, economia para a empresa, de forma a evitar custos desnecessários. Johnston (2002) salienta que uma boa gestão de qualquer operação envolve o estudo e gerenciamento de três fatores, maximizar os benefícios para o cliente, minimizar os custos financeiros e de sacrifício para o cliente e minimizar o custo para a organização.

A teoria das filas é uma ferramenta em que se aplicam conhecimentos matemáticos ao fenômeno das filas. Têm se mostrado uma ferramenta útil. Como auxílio às empresas para prever, mensurar e manipular o comportamento de uma fila, através de ferramentas estatísticas e probabilísticas. Como problematização. Surge a seguinte pergunta: como a teoria das filas e simulação auxilia na determinação do melhor dimensionamento, de modo que seja utilizada com eficácia?

O presente trabalho tem como objetivo geral a aplicação da teoria das filas e simulação em uma casa lotérica para seu melhor entendimento e gerenciamento, mensurando o comportamento da fila como forma de identificar a atual situação e propor melhorias. Os objetivos específicos são: apresentar a teoria das filas, simulação e o software Arena; realizar a coleta de dados de chegada e atendimento do sistema em estudo; através do simulador, calcular, analisar e apresentar os resultados obtidos do sistema atual, gerando informações como tamanho médio da fila e do sistema, tempo médio da fila e do sistema, taxa de utilização, entre outros; demonstrar através do uso de animação, o sistema equivalente ao real; comparar o sistema atual com as possíveis mudanças (simuladas) e verificar qual se adequa melhor; sugerir as mudanças (se necessário), com a finalidade de otimizar o atendimento e melhorar a performance; e por fim explicar os benefícios do uso da simulação, como também explicar detalhadamente os recursos utilizados do software arena e a geração dos resultados.

2. Teoria das filas

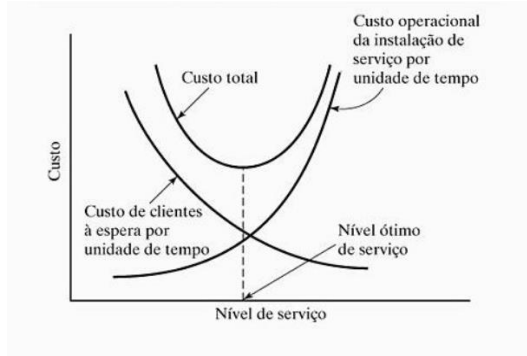
A teoria das filas é o desenvolvimento de estudos que objetivam interpretar a dinâmica e o comportamento dos sistemas de filas. Segundo Prado (2014, p. 20), “a teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas”. “Filas compreendem uma grande variedade de situações características por chegadas, esperas e tempo de serviço”. (Ehrlich, 1991, p. 245). “É a presença de clientes solicitando por serviços de alguma maneira.” (Andrade, 2009, p. 104).

As filas não precisam, necessariamente, referir-se somente a pessoas. Podem envolver atividades da vida diária, como supermercados, bancos, casas lotéricas e hospitais. Ao estudo de sistemas de produção com a finalidade de encontrar e mitigar os possíveis gargalos. Podem da mesma forma, abranger recursos abstratos. Como sequenciamento de tarefas, inclusive computacionais. Sendo assim, a teoria das filas possui grande variedade de aplicações. (Prado, 2014)

Sobre a utilização da ferramenta, a utilização da teoria das filas e simulação não são técnicas de otimização, mas sim determinam medidas do desempenho das filas, como taxa de utilização, tempo médio de espera na fila, tempo médio no sistema, entre outros. Sendo importante informação para o planejamento estratégico de um negócio, seja para criação, ampliação ou melhoria no atendimento. (Taha, 2008)

O objetivo da teoria das filas é encontrar o nível ideal de serviço, e ao mesmo tempo, minimizar os custos decorrentes de dois fatores: o custo de clientes à espera por unidade de tempo e o custo operacional da instalação de serviço por unidade de tempo. (Taha, 2008). É também a procura pelo melhor dimensionamento (Prado, 2014).

Figura 1: Modelo de decisão de filas baseado em custo

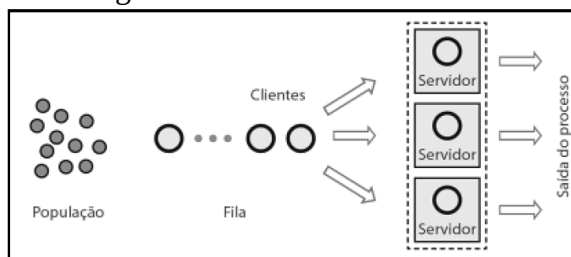


Fonte: Taha (2008)

2.1. Elementos de uma fila

Uma fila é caracterizada pela necessidade de indivíduos de certa população à utilização de um serviço. Quando a chegada de clientes da população é grande ou irregular e está além do que o serviço pode prestar, têm-se a geração de filas. Conforme demonstrado na figura a seguir:

Figura 2: Elementos de uma fila



Fonte: Marques (2012)

2.2. Características de uma fila

Chegada de clientes (λ): número médio de clientes que chegam e requerem atendimento. Os dados de chegada poderão ser segundos, minutos, horas e até dias. Conforme o que melhor se adapte ao modelo em estudo. Sendo λ = ritmo médio de chegada; IC = intervalo entre chegadas; Por definição $IC = 1/\lambda$.

Tempo de serviço (μ): tempo médio que um servidor ou atendente leva para solucionar a necessidade do cliente. Existem duas variáveis para o tempo de atendimento. μ = ritmo médio de atendimento e c = capacidade de atendimento ou quantidade de atendentes.

População: Pode ser infinita ou finita. Infinito quando o número de elementos é muito elevado e as chegadas são consideradas independentes. Finita quando a população é pequena, as chegadas são dependentes, ou seja, a chegada de um cliente interfere na chegada de clientes subsequentes. (Prado, 2014).

Número de servidores: número de atendentes disponíveis para o atendimento dos clientes.

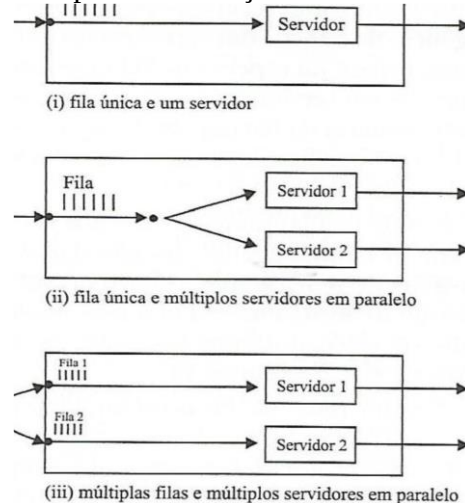
Disciplina da fila: é o modo como a sequência de atendimento é feita. Podem ser:

- FIFO (“First in first out”): o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido.
- LIFO (“Last in first out”): o último a chegar é o primeiro a ser atendido.
- PRI (“Priority service”): são estabelecidas prioridades de atendimento, através de requisitos pré-definidos.

- SIRO (“Service in random order”): o atendimento ocorre de forma aleatória.

Tipo de fila e quantidade de servidores: quando dimensiona um sistema, são variadas as opções para a disposição de filas e servidores. Segundo Arenales et al. (2007), os tipos de formação de filas podem se encaixar em i) fila única e um servidor, ii) fila única e múltiplos servidores em paralelo e iii) múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo. Conforme demonstrado na figura a seguir.

Figura 3: Tipos de formação de filas e atendimento



Fonte: Arenales et al. (2007)

2.3. Variáveis do sistema

Para a realização do estudo da teoria das filas, são utilizadas fórmulas para calcular as variáveis referentes ao sistema. No entanto, com o uso do simulador, o procedimento é feito automaticamente pelo próprio software e em tempo extremamente curto. Segue os itens calculados neste estudo.

2.3.1. Variáveis referentes ao sistema

Número médio de clientes no sistema (NS): quantidade aproximada de clientes que terão tanto na fila, quanto em processo de atendimento.

Tempo médio no sistema (TS): tempo aproximado que um cliente terá de esperar na fila e o tempo para ser atendido.

2.3.2. Variáveis referentes à fila:

Tempo médio na fila (TF): tempo aproximado que um cliente terá de aguardar para receber o atendimento.

Número médio de clientes na fila (NF): quantidade média de clientes que estarão na fila aguardando o atendimento.

Taxa de utilização (p): porcentagem do tempo em que o servidor está realizando o atendimento. Exemplo: Se $p = 60\%$, significa que em 60% do tempo ele realiza o atendimento, e os outros 40% com ociosidade.

2.4. Notação de Kendall

O professor David George Kendall, criou, em 1953, uma notação para facilitar a identificação e determinação de um modelo de fila, devido à diversidade existente de modelos de filas para se analisar. (Teixeira, 2004). Esta notação segue a seguinte ordem: $A / B / c / K / m / Z$. Prado (2009, p. 71) descreve sobre cada um sendo:

- A = distribuição dos intervalos entre chegadas (Processo de Chegadas);

- B = distribuição do tempo de serviço;
- c = quantidade de atendentes;
- K = capacidade máxima do sistema (Tamanho da Fila);
- m = tamanho da população que fornece clientes;
- Z = disciplina da fila.

Prado (2009) declara que, na notação. “A” e “B” especificam a distribuição (M: marcoviana, Em: erlang, Hm: hiperexponencial, D: determinística ou G:geral) na qual o sistema obedece, intervalos entre chegadas e o tempo de serviço, nesta ordem. “Z” representa a obediência da fila. “K” representa a capacidade máxima do sistema, ou seja, número máximo de clientes permitidos no sistema (tanto na fila quanto no atendimento). Já o “m” refere-se ao tamanho da população que fornece os clientes ao sistema, podendo ser infinita ou finita, e “c” indica o número de servidores no sistema. Usualmente, pode-se omitir “K” e “m” da notação caso eles sejam infinitos, e “Z”, caso seja uma disciplina de fila genérica (FIFO).

Na casa lotérica analisada, o sistema possui uma única fila e diversos servidores e segue o modelo M/G/2/∞/∞/FIFO. Sendo que, M: representa que o intervalo entre chegadas possui distribuição exponencial negativa (Markoviana). G: o processo de atendimento segue uma distribuição normal. 2: a quantidade de servidores que realizam o atendimento, podendo esse valor ser no máximo 5. K e m são infinitos, pois não se tem limite para o tamanho da fila e o tamanho da população que fornece clientes. Z: disciplina da fila segue o tipo FIFO.

3. Simulação

Segundo Pedgen (1990), “simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

A simulação estima as medições de desempenho reproduzindo o comportamento do sistema real, que no caso em específico, utiliza como base a probabilidade e modelos estocásticos da teoria das filas para analisar as filas de espera. (Prado, 2014)

As vantagens para o emprego da simulação em relação à teoria das filas são inúmeras, na teoria das filas, os cálculos são puramente matemáticos e sua aplicação é limitada a formulas. (Prado, 2014). E que, dependendo de certos casos, podem ser extremamente complexos, recomendando assim a utilização de um software. (Taha, 2008).

A simulação permite responder a perguntas como: o que aconteceria se? Pode-se realizar a análise e o estudo sem que o sistema real sofra qualquer perturbação e atuar no desenvolvimento de projetos e mudanças mais positivas (Freitas, 2008). Ou, quando o sistema real não existe, é dispendioso ou não apropriado (Prado, 2014).

4. Arena

A história do Arena, de forma sucinta, segundo Prado (2014, p. 33):

O ARENA foi lançado pela empresa americana systems Modeling em 1993 e é o sucessor de dois outros produtos de sucesso da mesma empresa: SIMAN (primeiro software de simulação para PC) e CINEMA, desenvolvidos em 1982 e 1984, respectivamente. O SIMAN é uma evolução da arquitetura do GPSS, lançado pela IBM em 1961 e que, durante anos, foi o líder entre os produtos de simulação de uso geral no mercado mundial. Em 1984 o SIMAN recebeu um complemento chamado CINEMA (primeiro software de animação para PC), que adicionava habilidades de animação gráfica. Esse conjunto foi continuamente melhorado e, a partir de 1993, os dois programas foram unificados e aperfeiçoados em um único software, o ARENA. A partir de 1998 a empresa Rockwell Software incorporou o Systems Modeling.

Conforme a história, o Arena constitui-se de duas partes, a parte lógica, que é a utilização de comandos e blocos, semelhante à criação de um fluxograma; e a animação, em que são

utilizados símbolos e desenhos que representam as atividades do sistema real, além do movimento e tendência no decorrer do tempo.

Para o entendimento da execução, Prado (2014, p.40):

O Arena se baseia na lógica da programação fornecida para o modelo. Ele se encarrega de manusear todos os dados surgidos na própria simulação, tais como tempo de espera na fila, taxa de utilização de atendentes, etc. Além disso, ele faz com que a animação na tela tenha um aspecto próximo à realidade. Ao final da simulação, ele disponibiliza relatórios que mostram os principais resultados do processo.

A tendência da chegada e do processo de atendimento é gerada através do método de Monte Carlo (simulação), em que se geram números aleatórios baseados em uma distribuição de probabilidades, que são obtidas através das amostras coletadas que descrevem o sistema real. Por isso, é importante coletar uma amostra com elevada confiança e de baixo erro, para evitar erros nas partes posteriores da análise da simulação, no processamento e na leitura dos resultados.

5. Metodologia de pesquisa

O presente estudo foi realizado em uma casa lotérica, localizada no município de Catalão (Goiás), o dono do estabelecimento optou pelo sigilo na realização da pesquisa. Sendo assim, será adotado o nome fictício casa lotérica alpha. Com capacidade de atendimento de até 5 atendentes para as filas normais, e 1 atendente para as filas especiais. Em sua maioria, são utilizados 2 atendentes para atender as filas normais (atendimento ao público em geral), sendo utilizada a total capacidade nos casos de filas grotescas. O processo de atendimento é do tipo FIFO (primeiro que chega é o primeiro a ser atendido), e sua estrutura é M/G/2/∞/∞/FIFO, com o significado detalhado do modelo exposto anteriormente.

Para a análise das filas, inicialmente foram feitas as coletas de dados relacionados aos processos de chegada e de atendimento utilizando um cronômetro. Os tempos de intervalos entre chegadas estão dispostos na tabela 1 a seguir. Ao iniciar a cronometragem, o primeiro cliente aparece no instante de 42 segundos. O segundo cliente aparece 28 segundos após a chegada do primeiro cliente, e assim consecutivamente.

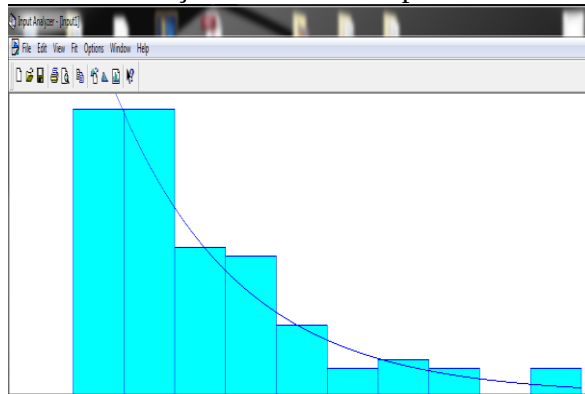
Tabela 1: Intervalos entre chegadas (segundos)

Cliente 1	42	Cliente 13	175	Cliente 25	7	Cliente 37	17	Cliente 49	39
Cliente 2	28	Cliente 14	20	Cliente 26	22	Cliente 38	33	Cliente 50	44
Cliente 3	62	Cliente 15	56	Cliente 27	43	Cliente 39	5	Cliente 51	183
Cliente 4	50	Cliente 16	134	Cliente 28	102	Cliente 40	125	Cliente 52	72
Cliente 5	98	Cliente 17	69	Cliente 29	15	Cliente 41	30	Cliente 53	92
Cliente 6	248	Cliente 18	71	Cliente 30	2	Cliente 42	57	Cliente 54	79
Cliente 7	197	Cliente 19	23	Cliente 31	233	Cliente 43	42	Cliente 55	30
Cliente 8	135	Cliente 20	92	Cliente 32	67	Cliente 44	30	Cliente 56	6
Cliente 9	97	Cliente 21	7	Cliente 33	16	Cliente 45	72	Cliente 57	34
Cliente 10	103	Cliente 22	13	Cliente 34	1	Cliente 46	12	Cliente 58	100
Cliente 11	25	Cliente 23	250	Cliente 35	36	Cliente 47	4	Cliente 59	15
Cliente 12	35	Cliente 24	28	Cliente 36	22	Cliente 48	55	Cliente 60	1
Cliente 61	43	Cliente 73	6	Cliente 85	98	Cliente 97	19	Cliente 109	9
Cliente 62	4	Cliente 74	21	Cliente 86	113	Cliente 98	33	Cliente 110	22
Cliente 63	117	Cliente 75	98	Cliente 87	62	Cliente 99	47	Cliente 111	3
Cliente 64	42	Cliente 76	33	Cliente 88	104	Cliente 100	57	Cliente 112	191
Cliente 65	85	Cliente 77	68	Cliente 89	86	Cliente 101	83	Cliente 113	48
Cliente 66	2	Cliente 78	77	Cliente 90	69	Cliente 102	125	Cliente 114	26
Cliente 67	174	Cliente 79	38	Cliente 91	56	Cliente 103	41	Cliente 115	1
Cliente 68	30	Cliente 80	135	Cliente 92	32	Cliente 104	170	Cliente 116	73
Cliente 69	77	Cliente 81	42	Cliente 93	31	Cliente 105	155	Cliente 117	39
Cliente 70	15	Cliente 82	9	Cliente 94	11	Cliente 106	46	Cliente 118	85
Cliente 71	40	Cliente 83	18	Cliente 95	72	Cliente 107	37	Cliente 119	103
Cliente 72	92	Cliente 84	88	Cliente 96	13	Cliente 108	55	Cliente 120	42

Fonte: Próprio autor

Colocando os dados no input analyser, a distribuição estatística que mais se enquadra ao modelo é a exponencial, notem que o erro percentual é muito baixo. Sendo confiável a utilização da expressão para o modelo.

Figura 4: Distribuição estatística do processo de chegada



Fonte: Próprio autor

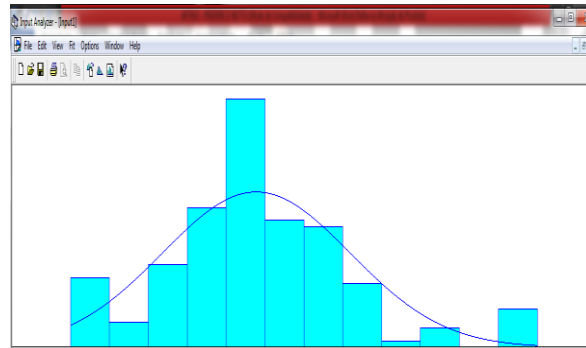
O mesmo procedimento foi feito com relação ao processo de atendimento. Como resultado, o processo de atendimento segue a distribuição normal, com o erro percentual muito baixo, garante-se a confiança da utilização do modelo. Seguem-se as amostras de tempo de atendimento coletadas e utilizadas no modelo.

Tabela 2: Tempo de atendimento dos clientes (em segundos)

Ciente 1	85	Ciente 16	79	Ciente 31	242	Ciente 46	151	Ciente 61	186
Ciente 2	230	Ciente 17	207	Ciente 32	165	Ciente 47	87	Ciente 62	209
Ciente 3	253	Ciente 18	236	Ciente 33	161	Ciente 48	216	Ciente 63	200
Ciente 4	422	Ciente 19	310	Ciente 34	95	Ciente 49	421	Ciente 64	211
Ciente 5	186	Ciente 20	198	Ciente 35	195	Ciente 50	172	Ciente 65	94
Ciente 6	216	Ciente 21	237	Ciente 36	207	Ciente 51	113	Ciente 66	193
Ciente 7	281	Ciente 22	160	Ciente 37	191	Ciente 52	202	Ciente 67	171
Ciente 8	203	Ciente 23	164	Ciente 38	187	Ciente 53	155	Ciente 68	202
Ciente 9	179	Ciente 24	259	Ciente 39	184	Ciente 54	213	Ciente 69	182
Ciente 10	301	Ciente 25	232	Ciente 40	409	Ciente 55	286	Ciente 70	196
Ciente 11	274	Ciente 26	97	Ciente 41	251	Ciente 56	250	Ciente 71	203
Ciente 12	258	Ciente 27	276	Ciente 42	216	Ciente 57	223	Ciente 72	221
Ciente 13	299	Ciente 28	208	Ciente 43	263	Ciente 58	202	Ciente 73	252
Ciente 14	87	Ciente 29	225	Ciente 44	219	Ciente 59	350	Ciente 74	275
Ciente 15	200	Ciente 30	292	Ciente 45	257	Ciente 60	200	Ciente 75	261
Ciente 76	408	Ciente 91	114	Ciente 106	129	Ciente 121	78	Ciente 136	189
Ciente 77	417	Ciente 92	148	Ciente 107	148	Ciente 122	178	Ciente 137	259
Ciente 78	403	Ciente 93	79	Ciente 108	185	Ciente 123	197	Ciente 138	233
Ciente 79	228	Ciente 94	157	Ciente 109	211	Ciente 124	176	Ciente 139	200
Ciente 80	155	Ciente 95	190	Ciente 110	222	Ciente 125	149	Ciente 140	194
Ciente 81	115	Ciente 96	154	Ciente 111	194	Ciente 126	94	Ciente 141	231
Ciente 82	207	Ciente 97	170	Ciente 112	233	Ciente 127	274	Ciente 142	165
Ciente 83	213	Ciente 98	285	Ciente 113	91	Ciente 128	235	Ciente 143	355
Ciente 84	161	Ciente 99	203	Ciente 114	264	Ciente 129	199	Ciente 144	247
Ciente 85	215	Ciente 100	219	Ciente 115	210	Ciente 130	254	Ciente 145	350
Ciente 86	206	Ciente 101	244	Ciente 116	297	Ciente 131	178	Ciente 146	175
Ciente 87	271	Ciente 102	195	Ciente 117	255	Ciente 132	191	Ciente 147	162
Ciente 88	285	Ciente 103	244	Ciente 118	194	Ciente 133	208	Ciente 148	157
Ciente 89	234	Ciente 104	227	Ciente 119	181	Ciente 134	262	Ciente 149	281
Ciente 90	307	Ciente 105	232	Ciente 120	225	Ciente 135	69	Ciente 150	210

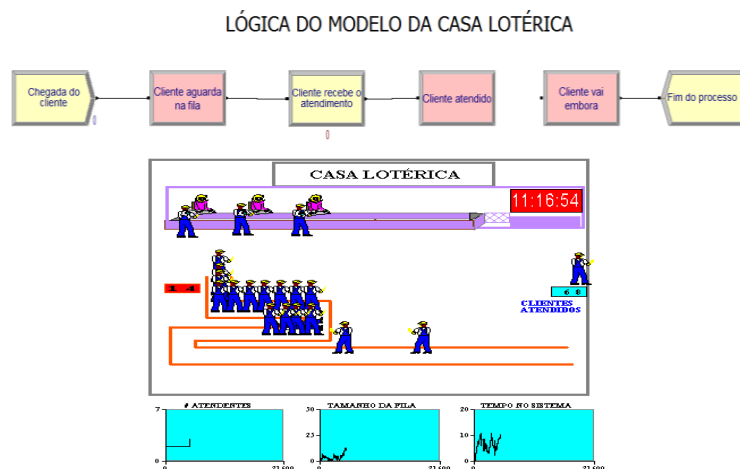
Fonte: Próprio autor

Figura 5: Distribuição estatística do processo de atendimento



Fonte: Próprio autor

Com as distribuições estatísticas devidamente encontradas, o sistema está pronto para ser colocado no software Arena para ser rodado e verificado. As lógicas do modelo de fluxograma deste processo assim como à animação, estão representadas na figura a seguir. Os parâmetros da taxa de chegada e de atendimento são idênticos às encontradas nas distribuições e coletas de amostras. Figura 6: Lógica do modelo e animação da casa lotérica



Fonte: Próprio autor

Como se pode observar, durante a própria execução do modelo, os resultados estatísticos e gráficos vão sendo gerados. Com isso, o Arena permite mensurar e avaliar as condições em que o sistema atual se encontra, bem como simular possíveis mudanças para melhorias e efetuar melhores decisões sobre mudanças de capacidade e dimensionamento para atender a clientela.

6. Resultados e discussões

Com o modelo operado e todas as condições colocadas na simulação, é emitido um relatório de resultados (output analyser) em que são gerados parâmetros mensuráveis passíveis de análise. Tais como: tempo médio de espera na fila, tempo médio de atendimento, entre outros. Esses dados foram gerados e estão dispostos conforme demonstrado na tabela 6 a seguir.

6.1. Simulação – 2 atendentes (sistema atual)

Tabela 3: Resultados do relatório de saída do sistema atual (utilizando 2 atendentes)

Relatório sobre filas (Queues)		Relatório sobre recursos (Resources)	
Campo	Valor	Campo	Valor
Waiting time – average (Tempo médio na fila)	31,5 minutos	Number busy (Quantidade em uso)	1,91 atendentes
Waiting time – minimum (Tempo na fila - Valor mínimo)	0	Number Scheduled (Disponibilidade)	2
Waiting time – maximum (Tempo na fila - Valor máximo)	78 minutos	Scheduled utilization (Taxa de utilização)	96%
Number waiting – average (Tamanho médio da fila)	34 pessoas	Configurações no sistema	Valor
Number waiting – minimum (Tamanho da fila - Mínimo)	0	Capacity (Capacidade)	2
Number waiting – maximum (Tamanho da fila - Máximo)	102 pessoas	Replication length (Tempo de simulação)	15000 segundos

Fonte: Próprio autor

Analizando o relatório sobre filas, percebe-se que o tempo médio de espera na fila é de 31,5 minutos, tempo extremamente longo e que pode ocasionar em frustrações e perdas para a lotérica. Esse tempo de espera, em alguns casos, chegou a até mais de 1 hora. Com relação à quantidade de pessoas na fila, a média foi de 34 pessoas e chegou ao máximo de 102 pessoas. Essa grande variação ao tempo e a quantidade deve-se ao fato de que o sistema está sujeito às grandes variações da demanda em um mesmo dia ou período. Com a análise dos tempos observados, esse modelo (2 atendentes) não é recomendado, pois provoca uma alta fila e um alto tempo de espera para aqueles que a utilizam. Apesar dos grandes problemas apresentados por essa capacidade, ainda existe um ponto positivo nesse modelo, que pode ser observado à alta taxa de utilização dos servidores com um percentual de 96%, indicando que há um percentual muito baixo na ociosidade de atividade.

6.2. Simulação – 3 atendentes

O resultado do mesmo modelo operando com 3 atendentes, segue na tabela 4.

Tabela 4: Relatório de saída com o sistema operando com 3 atendentes

Relatório sobre filas (Queues)		Relatório sobre recursos (Resources)	
Campo	Valor	Campo	Valor
Waiting time – average (Tempo médio na fila)	14,75 minutos	Number busy (Quantidade em uso)	2,78 atendentes
Waiting time – minimum (Tempo na fila - Valor mínimo)	0	Number Scheduled (Disponibilidade)	3
Waiting time – maximum (Tempo na fila - Valor máximo)	45 minutos	Scheduled utilization (Taxa de utilização)	92%
Number waiting – average (Tamanho médio da fila)	17 pessoas	Configurações no sistema	Valor
Number waiting – minimum (Tamanho da fila - Mínimo)	0	Capacity (Capacidade)	3
Number waiting – maximum (Tamanho da fila - Máximo)	56 pessoas	Replication length (Tempo de simulação)	15000 segundos

Fonte: Próprio autor

Pode-se observar que houve uma mudança considerável na dinâmica das filas, com o tempo médio espera na fila passando a ser de 14,75 minutos, com o máximo de 45 minutos. Uma média de 17 pessoas na fila e no máximo 56 pessoas. Portanto, a utilização desse sistema é adequado, mas apenas a períodos com demandas normais ou baixas, visto que em altas

demandas os valores de espera e tamanho de fila poderão chegar à valores muito elevados. A taxa de utilização ainda mantém a qualidade, ou seja, ainda há pouca ociosidade de serviço (92%) por parte dos atendentes.

6.3. Simulação – 4 atendentes

O resultado do modelo operando com 4 atendentes, segue na tabela 5.

Tabela 5: Relatório de saída com o sistema operando com 4 atendentes

Relatório sobre filas (Queues)		Relatório sobre recursos (Resources)	
Campo	Valor	Campo	Valor
Waiting time – average (Tempo médio na fila)	4 minutos	Number busy (Quantidade em uso)	3,26 atendentes
Waiting time – minimum (Tempo na fila - Valor mínimo)	0	Number Scheduled (Disponibilidade)	4
Waiting time – maximum (Tempo na fila - Valor máximo)	13 minutos	Scheduled utilization (Taxa de utilização)	81,5%
Number waiting – average (Tamanho médio da fila)	4 pessoas	Configurações no sistema	Valor
Number waiting – minimum (Tamanho da fila - Mínimo)	0	Capacity (Capacidade)	4
Number waiting – maximum (Tamanho da fila - Máximo)	17 pessoas	Replication length (Tempo de simulação)	15000 segundos

Fonte: Próprio autor

Com a utilização de 4 atendentes operando em demandas normais, tem-se alta eficiência e agilidade no atendimento, com um tempo médio de atendimento de 4 minutos e chegando ao máximo em 13 minutos. Com um tamanho médio da fila de 4 pessoas e no máximo 17 pessoas. Entretanto, a ociosidade dos funcionários aumenta consideravelmente, a taxa de utilização cai para 81,5%. Portanto, esse sistema não é recomendado para períodos normais, mas apenas casos especiais como horários de pico ou qualquer outro caso em que a demanda se eleve consideravelmente.

6.4 Considerações sobre as simulações

Conclui-se com os dados apresentados, que o modelo apresentado utilizando a capacidade de 2 atendentes não é o ideal, pois têm-se um tempo muito alto do cliente na fila, ocasionando em muitas desistências, o que significa perda de negócio. O ideal é adotar em demandas normais (períodos do dia e dias em que a demanda não oscile bruscamente) e analisando sob o ponto de vista em custo e benefício, o que mais se encaixa é a utilização de 3 atendentes, porque tem-se uma maior eficácia e um tempo de espera razoável, além de existir uma valor muito pequeno de ociosidade por parte dos atendentes. A utilização de 4 atendentes gera alta eficiência e um período bem curto de espera, entretanto a ociosidade dos mesmos cresce consideravelmente (aproximadamente 19,5% do tempo total), sendo recomendado esse número ou 5 com períodos específicos com a demanda mais elevada.

7. Considerações Finais

Os resultados alcançados confirmaram o alcance dos objetivos propostos, identificando o estado do sistema atual e propondo melhorias. Com a simulação, viabilizou a comparação de diversos sistemas aos quais a lotérica pode configurar e os respectivos efeitos sobre as filas. Desse modo, permite fazer uma análise criteriosa das variáveis de decisão, para então tomar uma decisão mais assertiva. Independentemente de qual tipo de processo seja, pois todo processo pode gerar filas, alguns mais fáceis de visualizar (produção) e outros mais difíceis (tarefas ou atividades), a fila é simplesmente um desequilíbrio em que a demanda requerida é maior que a oferta. Com a utilização do software Arena e a demonstração dos resultados, o decisor tem agora uma orientação adequada de como operar o seu negócio, gerindo a casa

lotérica da melhor forma possível e tomando decisões baseadas em parâmetros pragmáticos e não em empirismos.

Assegura-se com a execução da pesquisa, que o software Arena e o uso da simulação auxiliam a determinar o melhor dimensionamento de um processo, utilizando-a com eficácia, diminuindo o tempo de espera na fila de atendimento e à manutenção da estabilidade do atendimento. Contudo, é essencial a coleta de dados regularmente, para que se consiga elaborar novas propostas, simulando novos estados, como forma prática de melhoria contínua.

Diante da importância desta técnica para o diagnóstico e gestão eficaz das filas, dispõe-se a prática de novos estudos em outras atividades, a utilização desta metodologia para uma análise comparativa do comportamento de filas em relação às outras unidades do mesmo negócio, para a análise de atividade operacional dos concorrentes entre si. Além disso, a relação de custos provenientes com a quantidade de clientes que se abstêm do atendimento e da ociosidade de atendentes (consequências do mal dimensionamento de filas). Por fim, a elaboração de pesquisas de satisfação de clientes para avaliar outras variáveis importantes à qualidade de atendimento.

8. Referências

- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional, métodos e modelos para análise de decisões**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- ARENALES, M. et al. **Pesquisa Operacional**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BATEMAN, Robert E.; BOWDEN, Royce O.; GOGG, Thomas J.; HARRELL, Charles R.; MOTT, Jack R. A.; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. **Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- EHRlich, PIERRE JACQUES. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- FERREIRA, AURÉLIO BUARQUE DE HOLANDO. **Mini Aurélio: o dicionário da língua portuguesa**. 8. ed. Curitiba: Positivo, 2010.
- FREITAS FILHO, PAULO JOSÉ DE. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- JOHNSTON, R.; CLARK, G. **Administração de operações de serviço**. São Paulo: Atlas, 2002.
- MARQUES, C. F. **Estratégia de gestão da produção e operações**. Curitiba: IESDE Brasil, 2012.
- PEDGEN, C. D; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1990.
- PRADO, DARCI SANTOS DO. **Teoria das filas e da simulação**. 5. ed. São Paulo: Falconi, 2014.
- PRADO, DARCI SANTOS DO. **Usando o ARENA em simulação**. 5. ed. São Paulo: Falconi, 2014.
- TAHA, HAMDY A. **Pesquisa operacional: uma visão geral**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2008.
- TEIXEIRA, Mário Meireles. **Introdução à Teoria das Filas**. Disponível em: <www.ceset.unicamp.br/~marlih/ST565/intro-filas.pdf>. Acesso em: 05 maio. 2017.