

APLICAÇÃO DA TEORIA DE FILAS NA COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA EM ITABUNA

Isadora Rosário Dantas (UESC) isadorarosario@gmail.com
Mayesk Alves Rocha (UESC) mayeskalvess@gmail.com
Daniela Nunes dos Santos Ferreira (UESC) nunese10@gmail.com
Zamora Silva Duque (UESC) zamoraengproducao@gmail.com
Antônio Oscar Santos Góes (UESC) oscargoes11@hotmail.com

Resumo

Com a busca da necessidade de reduzir as filas em estabelecimentos que demandam certa quantidade de pessoas, foi aplicado neste trabalho o teorema de filas. Apresentando como propósito, mais rapidez de atendimento em uma Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba) para evitar insatisfação do cliente, por conta do tempo de espera nas filas. Através de um simulador, *Simul8* e *Minitab*, juntamente com o programa do Excel, foram plotados os valores do tempo de chegada na fila e do atendimento, obtidos através de uma pesquisa de campo com 102 clientes no estabelecimento. Onde se usou para a modelagem o modelo de um servidor (M/M/1):(GD/∞/∞). Logo, os resultados demonstraram que a simulação do teorema de filas é uma forma prática para encontrar uma média real do tempo em que cada cliente ficou esperando no sistema e na fila particularmente. Concluindo-se que ao apresentar os resultados de forma satisfatória, foi proposto mudanças no atendimento para um menor tempo de espera e de desistência levando a uma maior satisfação do cliente.

Palavras-Chaves: (Teoria de Filas; Modelagem; Serviços).

1. Introdução

É indiscutível que, a maioria das pessoas passou ou irão passar pelo aborrecimento de ter que esperar em filas. Podendo ser encontrado nos bancos, nos hospitais, nos supermercados e no trânsito.

As filas simulam um dos sinais mais reais de funcionamento ineficiente de um sistema. Embora as filas causem tédios e prejuízos, temos que conviver com elas na vida real, visto que não é economicamente viável um sistema que não exista filas. O que se busca é alcançar um equilíbrio apropriado que permita um atendimento aceitável que satisfaça a relação do cliente com os servidores (COSTA, 2006; PRADO, 2006).

Para compreender melhor esse cenário, uma análise sobre teoria das filas é indispensável. De acordo com MOREIRA (2007), “teoria das filas é um corpo de conhecimentos matemáticos, aplicado ao fenômeno das filas”. Pode-se descrever um sistema

de filas como, por exemplo, clientes que chegam para um determinado serviço e que são prontamente atendidos ou esperam, saindo logo após o atendimento.

A principal razão de se estudar Teoria de Filas é de obter uma otimização do sistema, que é caracterizado por uma melhor utilização dos serviços disponíveis, menor tempo de espera na fila, além de uma maior agilidade e presteza no atendimento.

Refletindo sobre este tema, o objetivo do presente trabalho é apresentar conhecimentos básicos e teóricos sobre a Teoria de Fila. A partir dos softwares *Simul8*, *Minilab* e Excel irão simular o tempo de espera dos clientes na fila e o tempo de atendimento dos servidores de um estabelecimento que presta serviços para a Coelba. Logo, o programa mostrará a problemática e será solucionado a partir dos resultados adquiridos, podendo trazer uma melhor satisfação aos clientes.

2. Referencial Teórico

2.1. Filas

Esta seção tem por objetivo definir filas bem como, as suas peculiaridades e características expressas no âmbito da pesquisa operacional.

Segundo Aurélio (2008), pode-se definir filas como uma fileira de pessoas que se colocam umas atrás das outras, desde a ordem de chegada até a um ponto de embarcamento, ou também, uma estrutura de dados organizados na qual, estes são recuperados na ordem inicial que foram inseridos.

Alves et al., (2013) corroboram que é trivial a formação de filas em variados locais, como por exemplo: (1) pedágios; (2) bancos; (3) supermercados; (4) engarrafamentos, entre outros, ocasionando situações indesejáveis e estressantes, em virtude da espera demasiada, para as pessoas que necessitam receber um determinado tipo de atendimento.

Em consonância com o supracitado, Andrade (2009), afirma que existem variadas peculiaridades que condicionam a ação de um sistema, ou seja, podem interferir na performance do sistema, passando a atuar como função deles, essas características podem ser elencadas como: (1) forma de atendimento; (2) forma das chegadas; (3) disciplina da fila e (4) estrutura dos sistema. Desta forma, tem-se que:

A disciplina da fila é um conjunto de regras que determinam a ordem em que os clientes serão atendidos, esse atendimento pode ser feito pela ordem de chegada, primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido (FIFO – *First In First Out*), último a chegar é o primeiro a ser atendido (LIFO – *Last In First Out*), aleatório, isto é, os atendimentos são feitos sem qualquer preocupação com a ordem de chegada e, com

prioridade, os atendimentos são feitos de acordo com prioridades estabelecidas (TAHA, 2008).

A seção posterior descreverá o problema das filas no sentido de destacar os seus fluxos e canais.

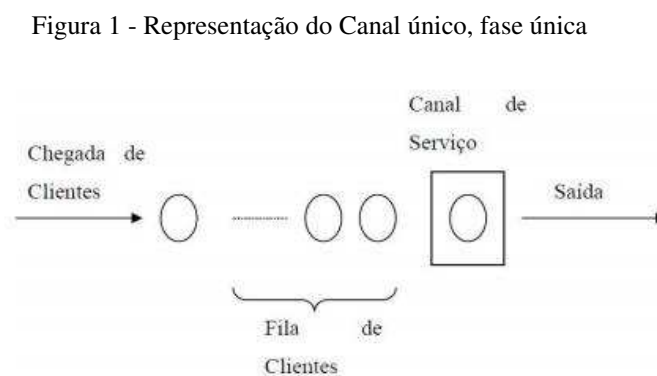
2.2. Problema de fila

De acordo com Ackoff e Sasieni (1979) um dos problemas das filas consiste na forma em que são programadas as chegadas de modo a amortizar a soma dos custos dos clientes em espera e do estabelecimento. Sobre esta ótica e de acordo Taha (2008) tem-se que “o tamanho da fila desempenha um papel na análise de filas e pode ser finito, como na área de segurança entre duas máquinas sucessivas, ou pode ser infinito, como em serviços de mala direta”.

Alves et al, (2013) exprime que os fluxos de itens a serem servidos nas estruturas de filas podem acompanhar uma fila única, múltipla ou mista, o formato dependerá parcialmente da quantidade de clientes atendidos e das contenções impostas pela sequência que define ou orienta a ordem da realização do serviço.

Sob essa discussão, Chase, Jacobs e Aquilano (2004) afirmam que as filas estão dispostas em variados canais, como sendo:

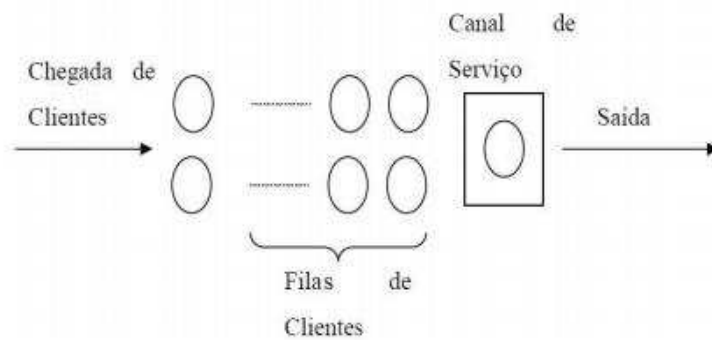
- Canal único, fase única: versa-se em um único canal um (a) atendente e uma única fila. Configura-se o tipo mais simplório de estrutura de fila de espera, conforme ilustrado na Figura 1 abaixo:



Fonte: Chase, Jacobs e Aquilano (2004)

- Canal único, fases múltiplas: constitui-se de um atendente e várias filas. Configuram-se filas de espera separadas, conforme ilustrado na Figura 2 a seguir:

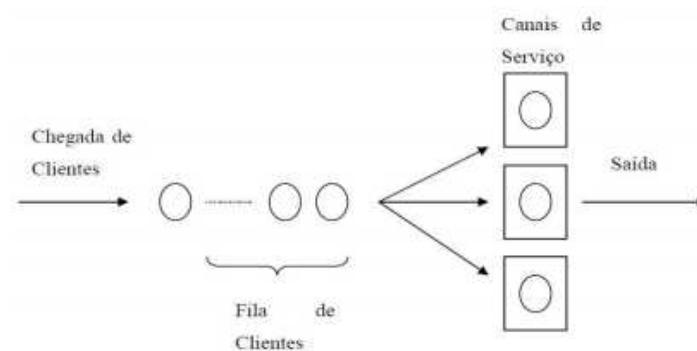
Figura 2 - Representação do Canal único, fases múltiplas



Fonte: Chase, Jacobs e Aquilano (2004).

- Canais múltiplos, fase única: Consiste em variados atendentes e uma única fila, o que acarreta dificuldades nos diferentes intervalos de serviços ofertados a cada cliente o que por sua vez, resulta em um fluxo desigual entre as filas, conforme expresso na Figura 3:

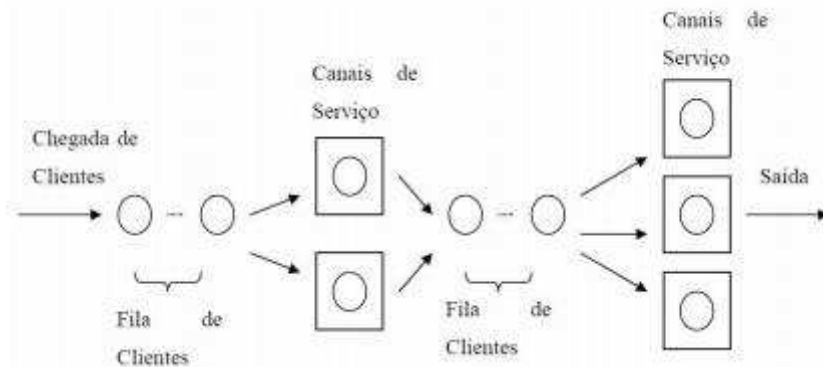
Figura 3 - Representação dos Canais múltiplos, fase única



Fonte: Chase, Jacobs e Aquilano (2004)

- Canais múltiplos, fases múltiplas: expressa vários canais e várias filas, sendo este caso similar ao descrito à cima, com exceção que dois ou mais serviços são realizados em continuidade, como elucidado na Figura 4 à seguir:

Figura 4 - Representação dos Canais múltiplos, fases múltiplas



Fonte: Chase, Jacobs e Aquilano (2004).

- Misto: Configuram-se em duas subcategorias, as estruturas múltiplas para canais únicos e a estrutura de caminhos alternativos.

Com as classificações e disposições das filas, originaram-se três modelos distintos de um sistema de filas: (1) sistema de um canal e uma fila com população infinita; (2) sistema de uma fila e múltiplos canais e (3) sistema de um canal com população finita.

2.3. Teoria das filas

O objetivo desta seção é tratar sobre a Teoria das Filas, levando em consideração seu surgimento, processos bem com, as suas características correlacionadas ao Canal Único e dos Canais Múltiplos e Fila Única.

De acordo com a literatura Prado (2006) onde abordava sobre as teorias de filas que surgiu em 1908, em Copenhague na Dinamarca, com A. k. Erlang, denominado o pai da Teoria das Filas. Porém, somente a partir da Segunda Guerra Mundial que a mesma, foi aplicada em múltiplas problemáticas de filas.

Fogliatti e Mattos, (2007) corroboram que “um sistema de fila é qualquer processo onde as pessoas chegam para receber um serviço pelo qual esperam”. Sendo assim, e segundo Costa (2006), a teoria de filas contempla um corpo de saberes matemáticos aplicados a fenômenos de filas que tem por intuito encontrar o equilíbrio que satisfaça o cliente, que seja viável para o atendente e que seja possível prever seus possíveis eventos, tais como: (1) dimensionamento; (2) quantidade suficiente de equipamentos para a satisfação dos variados tipos de clientes; (3) infraestrutura entre outras.

O subitem posterior descreverá as características do Canal único e Fila única e dos Canais Múltiplos e Fila Única tendo como objetivo a familiarização e o entendimento das especificidades presentes nesta teoria.

2.3.1. Características do canal único e fila única e dos canais múltiplos e fila única

De acordo com Andrade (2009), o canal único e fila única, são baseados nos seguintes processos de atendimento como:

- As chegadas se processam de acordo com uma distribuição de Poisson com média λ e chegada/tempo;
- Os tempos de atendimento seguem a distribuição exponencial negativa com média $\frac{1}{\mu}$;
- O atendimento à fila é realizado por ordem de chegada;
- O número de clientes potenciais é grande suficiente para que a população seja considerada infinita;

Em contrapartida para os canais múltiplos e fila única, Andrade (2009) levanta algumas características como sendo:

- As chegadas se ocorrem de acordo a distribuição de Poisson, com média de λ e chegadas/unidades de tempo;
- Os intervalos de tempo de atendimento, por canal, seguem a distribuição exponencial negativa com média $\frac{1}{\mu}$;
- O atendimento é realizado por ordem de chegada;
- O numero de canais de serviços no sistema é S ;
- O número de clientes de clientes grande o suficiente para que a população seja considerada infinita;
- O ritmo de serviço é $\mu \cdot S$;
- A condição de estabilidade do sistema é $\lambda < \mu \cdot S$

2.4. Modelos lineares generalizados

Os modelos lineares generalizados (MLG) abrange uma série de modelos de regressão usuais em Estatística, que é formada pela distribuição normal, Poisson, binomial, gama, normal inversa e engloba os modelos lineares tradicionais (erros com distribuição normal), tal como modelos logísticos (SANT'ANNA; CATEN, 2005).

Segundo McCullagh e Nelder (1989) estes modelos de regressão são definidos por uma distribuição de probabilidade e uma distribuição da família exponencial, onde são caracterizados pelos seguintes componentes (TADANO; UGAYA; GRANCO, 2009):

- Componente Aleatória: n variáveis explicativas y_1, \dots, y_n , de uma variável resposta que percorre uma distribuição da família exponencial com valor aguardado $E(y_i) = \mu$;
- Componente sistemática ou estrutural: elabora uma estrutura linear para o modelo de regressão $\eta = \beta xT$, denominado de preditor linear, onde $xT = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})T, i = 1, \dots, n$ são as chamadas variáveis explicativas;
- Função de ligação: Uma função monótona e diferenciável, chamada de função de ligação, capaz de conectar as componentes aleatória e sistemática, ou seja, relaciona a média da variável resposta (μ) à estrutura linear, definida nos MLG por $g(\mu) = \eta$, onde:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n$$

Na Tabela 1, apresenta as principais distribuições que compõem a família exponencial com as respectivas características.

Tabela 1 - As principais distribuições da família exponencial

Distribuição	Normal	Binomial	Poisson	Gama	Gaussiana
Notação	$N(\mu, \sigma^2)$	$B(m, \pi)/m$	$P(\lambda)$	$Ga(v, \frac{v}{\mu})$	$IG(\mu, \sigma^2)$
Suporte	$-\infty, +\infty$	$\{0, \frac{1}{m}, \dots, 1\}$	$\{0, \frac{1}{m}, \dots, 1\}$	$(0, +\infty)$	$(0, +\infty)$
θ	μ	$\ln\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right)$	$\ln \lambda$	$-\frac{1}{\mu}$	$-\frac{1}{2\mu^2}$
$\alpha(\phi)$	σ^2	$\frac{1}{m}$	1	$\frac{1}{v}$	σ^2
ϕ	σ^2	1	1	$\frac{1}{\mu}$	σ^2
ω	1	m	1	1	1
$c(y, \phi)$	$-\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{\theta} + \ln(2\pi\phi) \right)$	$\ln\left(\frac{m}{my}\right)$	$-\ln y!$	$v \ln v - \ln \Gamma(v) + (v-1) \ln y$	$-\frac{1}{2} \left\{ \ln(2\pi\phi y^3) + \frac{1}{y\phi} \right\}$
$b(\theta)$	$\frac{\theta^2}{2}$	$\ln(1 + e^\theta)$	e^θ	$-\ln(-\theta)$	$-(-2\theta)^{1/2}$
$b'(\theta) = E(Y)$	θ	$\pi = \frac{e^\theta}{1 + e^\theta}$	$\lambda = e^\theta$	$\mu = 1 - \frac{1}{\theta}$	$\mu = (-2\theta)^{-1/2}$
$b''(\theta) = V(\mu)$ var(Y)	1 σ^2	$\frac{\pi(1-\pi)}{\pi(1-\pi)}$ m	λ λ	μ^2 $\frac{\mu^2}{v}$	μ^3 $\mu^3 \sigma^2$

Fonte: Turkman e Silva (2000)

2.5. Modelo de distribuição normal

O modelo linear normal, ou simplesmente modelo clássico, foi desenvolvido no início do século XIX por Legendre e Gauss, onde dominou a modelagem estatística até o meado do século XX (TURKMAN; SILVA, 2000).

Segundo Turkman e Silva (2010), o modelo clássico, como dito anteriormente, compõe os modelos lineares generalizados (MLG), dado que, as variáveis repostas são independentes, o valor esperado μ_i está com o preditor linear $\eta_i = z_i^T \beta$ através da relação $\mu_i = \eta_i$ e a função de ligação é a função identidade. O modelo linear normal é descrita pela equação:

$$\mu_i = z_i^T \beta = \sum_{j=1}^p z_{ij} \beta_j$$

3. Metodologia

O trabalho foi realizado na cidade de Itabuna no estado da Bahia na companhia de eletricidade (COELBA). Onde este estabelecimento além de prestar serviços para pagamentos de conta de energia, ela também oferece pagamentos de água e de telefone fixo.

A partir do atendimento ao cliente, foi aplicado o teorema de fila para verificar a quantidade de clientes que chegam ao estabelecimento e o tempo que eles levam para serem atendidos pelo servidor. O modelo escolhido para a elaboração deste trabalho foi o modelo de um único servidor (M/M/1):(GD/∞/∞), onde não se tem um limite de chegada e nem de saída de clientes. Através deste modelo foram identificados o tempo que os clientes esperam na fila e no sistema, a probabilidade de não esperar na fila e a quantidade de cliente no sistema e na fila.

Observou-se 102 pessoas chegando ao sistema no período da tarde de 13:24 as 15:50. No qual foi utilizado um cronômetro para medir o tempo de chegada do cliente, além de cronometrar também o início e o fim do atendimento, sendo registrado em uma folha pautada para melhor organização dos dados que iriam ser obtidos naquele período.

Este estudo é de natureza aplicada em que os procedimentos técnicos empregados para o alcance do objetivo geral, foram à pesquisa de campo, algumas leituras dos últimos cinco anos, pesquisas tematizadas, além de utilizar software *Simul8*, *Minitab* e o Excel.

4. Discussão dos resultados

De acordo com os dados obtidos a partir do tempo de chegada e de saída do cliente no sistema, montou-se a Tabela 2.

Tabela 1 - Intervalo de tempo no sistema

Quantidade de Pessoas	Hora de Chegada	Horário de Atendimento	
N °	Horas	Início	Fim
1	13:24	13:24	13:25
2	13:28	13:28	13:31
3	13:32	13:32	13:33
4	13:32	13:33	13:34
5	13:33	13:34	13:35
6	13:35	13:35	13:36
7	13:36	13:36	13:36
8	13:36	13:38	13:39
9	13:39	13:39	13:40
10	13:41	13:41	13:42
11	13:42	13:42	13:43
12	13:44	13:44	13:45
13	13:45	13:45	13:47
14	13:47	13:47	13:48
15	13:48	13:48	13:49
16	13:48	13:49	13:50
17	13:50	13:50	13:52
18	13:50	13:52	13:54
19	13:51	13:54	13:56
20	13:52	13:56	13:57
21	13:52	13:57	13:57
22	13:52	13:57	13:58
23	13:53	13:58	13:59
24	13:56	13:59	14:00
25	13:59	14:00	14:01
26	14:02	14:02	14:03
27	14:04	14:04	14:05
28	14:06	14:06	14:07
29	14:10	14:10	14:13
30	14:12	14:13	14:14

31	14:15	14:15	14:16
32	14:16	14:16	14:17
33	14:16	14:17	14:19
34	14:20	14:20	14:21
35	14:22	14:22	14:23
36	14:23	14:23	14:24
37	14:24	14:24	14:25
38	14:24	14:25	14:26
39	14:25	14:26	14:26
40	14:29	14:29	14:30
41	14:31	14:31	14:32
42	14:31	14:32	14:33
43	14:32	14:33	14:34
44	14:32	14:34	14:36
45	14:37	14:37	14:38
46	14:39	14:39	14:40
47	14:40	14:40	14:41
48	14:43	14:43	14:44
49	14:44	14:44	14:45
50	14:45	14:45	14:46
51	14:45	14:46	14:46
52	14:45	14:46	14:47
53	14:46	14:47	14:48
54	14:48	14:48	14:52
55	14:50	14:52	14:54
56	14:51	14:54	14:55
57	14:53	14:55	14:56
58	14:58	14:58	14:59
59	14:59	14:59	15:00
60	15:00	15:00	15:02
61	15:00	15:02	15:05
62	15:00	15:05	15:06
63	15:03	15:06	15:07

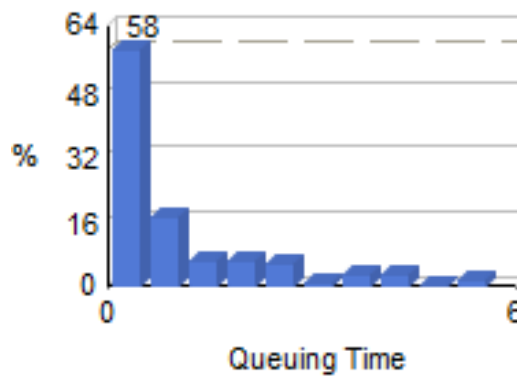
64	15:03	15:07	15:08
65	15:08	15:08	15:09
66	15:08	15:09	15:10
67	15:09	15:10	15:11
68	15:10	15:11	15:13
69	15:10	15:13	15:14
70	15:11	15:14	15:15
71	15:13	15:15	15:16
72	15:17	15:17	15:18
73	15:17	15:18	15:19
74	15:18	15:19	15:20
75	15:18	15:20	15:22
76	15:19	15:22	15:23
77	15:21	15:23	15:24
78	15:21	15:25	15:27
79	15:25	15:27	15:28
80	15:26	15:28	15:29
81	15:26	15:29	15:30
82	15:27	15:30	15:32
83	15:29	15:32	15:33
84	15:30	15:33	15:34
85	15:33	15:34	15:35
86	15:34	15:35	15:37
87	15:34	15:37	15:38
88	15:34	15:38	15:39
89	15:37	15:39	15:41
90	15:38	15:41	15:42
91	15:40	15:42	15:43
92	15:42	15:43	15:44
93	15:43	15:44	15:45
94	15:44	15:45	15:46
95	15:45	15:46	15:49
96	15:46	15:49	15:50

97	15:47	15:50	15:52
98	15:47	15:52	15:53
99	15:48	15:53	15:55
100	15:49	15:55	15:56
101	15:50	15:56	15:58
102	15:50	15:58	15:59

Fonte: Autoria própria

A partir das equações de modelagem probabilística e simulação, onde os dados plotados nos softwares são exibidos como médias, notou-se que o tempo de espera na fila (W_q) foi equivalente a 0,86 minutos, mostrado no Gráfico 1.

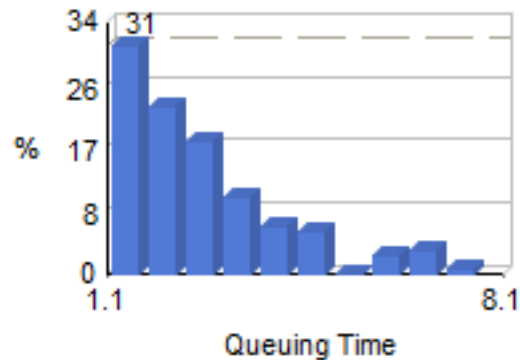
Gráfico 1 – Tempo médio de espera na fila



Fonte 1: *Simul8 e Minitab*

E o tempo de espera no sistema (W_s) foi de 2,74 minutos, mostrando no Gráfico 2, ou seja, 31,38% representa a porcentagem do tempo em que o cliente passa na fila.

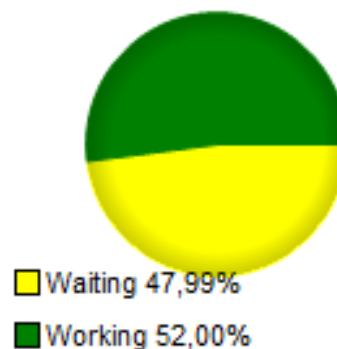
Gráfico 2 – Tempo médio no sistema



Fonte 2: *Simul8 e Minitab*

A probabilidade no período de 13:24 a 15:50 de não haver pessoas no sistema é de 47,99%, podendo em um intervalo de tempo ocasionar em um tempo ocioso. E 52,00% mostra a porcentagem do tempo em que o servidor atendia pelo menos um cliente, Gráfico 3.

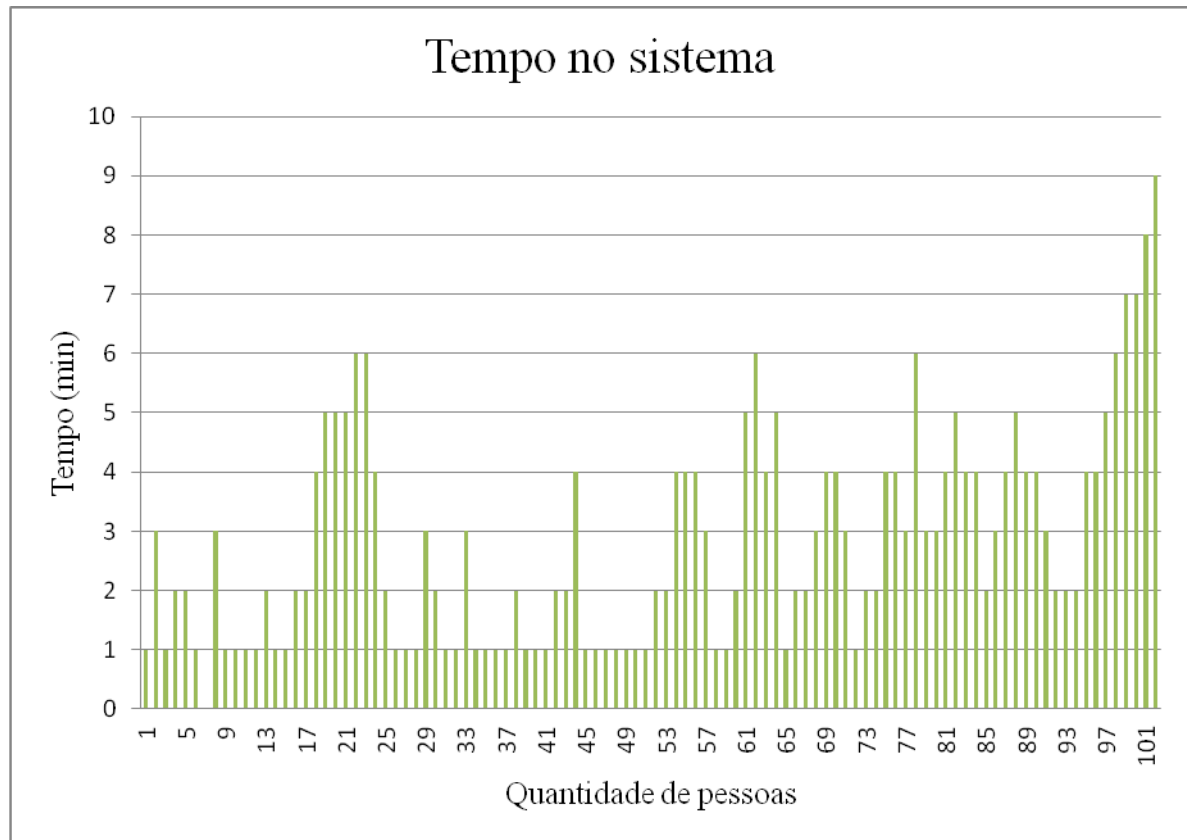
Gráfico 3 - Relaciona o tempo ocioso e o tempo de trabalho do servidor



Fonte: *Minitab e Simul8*

Conforme o Gráfico 4 e a Tabela 2, pôde-se obter que houveram vários períodos em que o fluxo de clientes foram menores, como por exemplo de 13:24 as 13:50, não havendo grandes esperas dos clientes no sistema. E também no período de 13:59 as 14:46 quase não houveram grandes picos de pessoas, tornando-se o tempo de espera menor na fila. A partir das 14:50 esse fluxo de pessoas começou a aumentar dando sequência até o final das observações que foi até as 15:50, tendo o maior índice de espera no sistema, como mostra o Gráfico 4. Esse aumento do fluxo equivale a 35,29%, se considerar que a partir de 4 minutos já há um prolongamento do tempo de espera.

Gráfico 4 - Atendimento dos clientes no sistema



Fonte - Autoria própria.

No período inicial da tarde, onde houve alguns picos de espera, pode ser justificado pela falta de troco do servidor, tendo que se deslocar do local de atendimento para buscar troco para os clientes. Muitas vezes também foi por conta da falha do leitor de código de barra, prolongando o tempo de atendimento. Outra observação foi referente à época de pagamento das contas, provocando pouco fluxo no sistema em relação aos outros períodos do ano, pois o tempo em que foram coletados os dados para a pesquisa foi no início do ano, onde a maioria da população se encontrava de férias, além de ser também início do mês, não havendo muitos pagamentos a serem feitos. O seguinte fator que influencia nas reduções de filas da Companhia de Eletricidade (COELBA) são os pagamentos online e débitos em conta, trazendo ao cliente praticidade na hora de efetuar um pagamento.

5. Conclusão

De acordo com o que foi discutido e com a ajuda de softwares, pode-se compreender que apesar do tempo de espera, tanto da fila quanto do sistema tenha sido pouco significativo, as mudanças em relação ao estabelecimento tem que ser feitas, pois o período realizado não favoreceu para a pesquisa. Sendo um período de pouco fluxo na região de Itabuna, por conta

das férias e do período de pagamento ser realizado com mais frequência no final de mês. Porém ao passar esse período, o fluxo de clientes poderá aumentar, podendo provocar grandes filas e um tempo longo de espera, levando a insatisfação do cliente.

As mudanças que poderão trazer pontos positivos ao estabelecimento é disponibilizar dinheiro suficiente para o servidor, com o objetivo de dar troco aos clientes de forma rápida e realizar manutenções frequentes nos sistemas de leitura a laser, para evitar demora do leitor de código de barras. Logo essa modificação poderá diminuir a quantidade de desistência, se houver e reduzir ainda mais o tempo de espera no sistema, conduzindo a uma maior satisfação do cliente.

Referências Bibliográficas

- ACKOFF, R. L.; SASIENI, M. W. Introdução/A Natureza da Pesquisa Operacional. In: ACKOFF, R. L.; SASIENI, M. W. Pesquisa Operacional. Ed. 4. Rio de Janeiro: LTC, 1979. Cap. 1, p. 1-27.
- ALVES, P. F. L., REZENDE, A. F., ALVES, P. F. T., BOIKO, P. J. T., MORAIS, F. M., Teoria das Filas: Conceitos e Aplicações. VII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, de 11 a 13 de novembro de 2013.
- ANDRADE, E. L. Problemas de Congestionamento das Filas. In: ANDRADE, E. L. Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões. Ed. 4. Rio de Janeiro : LTC, 2009. Cap. 6, p. 104-120, 2009.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. Administração da Produção para a Vantagem Competitiva. 10. ed. Porto Alegre, RS.: Bookman, 2004.
- COSTA, L. C., Teorias das Filas. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Maranhão 2006.
- FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. Teoria de Filas. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2007.
- McCULLAGH, P.; NELDER, J. A. Generalized linear models. 2 ed. Flórida, EUA: Chapman & Hall, 1989.
- MOREIRA, D. A. Pesquisa Operacional – Curso Introdutório. 2. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- PRADO, D. S. Teoria das Filas e da Simulação. Nova Lima (MG): INDG, 2006.
- NOVO DICIONÁRIO AURÉLIO DA LÍNGUA PORTUGUESA. 2008. Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 1838 p
- SANT'ANNA, O. M. A. ; CATEN. T. S. C. Modelagem da Proporção Defeituosos Usando Modelo Quase-verossimilhança. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de novembro de 2005.
- TADANO, Y. S.; UGAYA, C. M. L.; FRANCO, A. T. Método de Regressão de Poisson: Metodologia para Avaliação do Impacto da População Atmosférica na Saúde Populacional. Revista Ambiente & Sociedade, Campinas, v. XII, n. 2 p. 241-255 jul-dez. 2009.
- TAHA, H. A. Sistemas de Filas. In: TAHA, H. A. Pesquisa Operacional. Ed. 8. São Paulo: Person Prentice Hall, 2008. Cap. 15, p. 247-270.
- TURKMAN, A. A. M. SILVA, L. G. Modelos Lineares Generalizados- da teoria á prática, FCT - PRAXIS XXI – FEDER, 2010.