

Universidade Nove de Julho - Uninove
Stefano Fernandes de Sá – RA 618108313

Título: Estudo de Filas Para Aplicação em Modelos de Logística

São Paulo

2019

Stefano Fernandes de Sá – RA 618108313

Título: Estudo de Filas Para Aplicação em Modelos de Logística

Monografia apresentada ao programa de pós-graduação em Estatística Aplicada da Universidade Nove de Julho – Uninove como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Estatística Aplicada.

Prof. Dr. Marcelo Pupim Gozzi

São Paulo

2019

Sumário

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1. Resumo..... | 4 |
| 2. Introdução..... | 5 |
| 3. Conceitos de Logística | 6 |
| 4. Teoria de Filas | 10 |
| 4.1. Introdução a Teoria de Filas | 10 |
| 4.2. Características de um sistema de filas | 11 |
| 4.3. Modelos de chegadas de um sistema de filas | 13 |
| 4.4. Número de Canais de Serviço..... | 14 |
| 4.5. Medidas de Desempenho do Sistema (Variáveis) | 14 |
| 4.6. Modelos Básicos de Estudo de Filas..... | 15 |
| 5. Estudo de Caso | 17 |
| 5.1. Caracterização da Empresa Estudada | 18 |
| 5.2. Apresentação e Análise dos Resultados | 19 |
| 6. Conclusão | 23 |
| 7. Bibliografia | 24 |

1. Resumo

Essa pesquisa apresenta uma proposta de aplicação da Teoria das Filas no sistema do transporte de alimentos de uma determinada empresa. Neste processo foi estudada a mudança do dimensionamento do modelo atual de entregas desta empresa de forma e minimizar impactos no cliente final.

A partir da aplicação da Teoria das Filas, foi possível quantificar o tempo gasto para o transporte e o intervalo de tempo entre a chegada e saídas no sistema. Com os dados coletados, estimaram-se as produções diária e mensal do sistema de carregamento. Os resultados mostraram que a capacidade de transporte supera sua demanda de recurso atual, no entanto, foi necessário um ajuste no modelo afim de não impactar a rotina de horários rígidos impostos pelos clientes devido a mudança para o modelo proposto.

Com base nas informações obtidas, foi proposta o aumento do número de motoristas operantes no sistema, o que evitaria atrasos e “transbordamento” no dimensionamento do sistema.

A aplicação deste trabalho não se restringe empresa estudada, podendo servir de modelo de otimização de transporte de em outras empresas, abrindo precedentes para estudos nesta área produtiva.

2. Introdução

Com a abertura do mercado e a concorrência globalizada, produzir mais, com mais qualidade e com menos recursos que seus concorrentes se tornou um desafio constante e quase que uma obrigação às empresas de logística.

No cenário atual, esta cada vez mais comum às empresas buscarem por soluções inovadoras para maximizar seu lucro e otimizar o seus processos, nesse caso a Teoria das Filas torna-se um método eficiente de avaliar a capacidade de atendimento levando em consideração o número de chegadas, tempo de espera e o tempo que leva cada atendimento.

Neste contexto, é extremamente relevante entender os diversos elementos que afetam as eventuais atrasos por atendimento nas empresas, buscando ações que minimizem esse problema e, conseqüentemente, proporcione uma otimização dos serviços realizados. O estudo da Teoria das Filas contribui exatamente para o gerenciamento e melhorias no processo de atendimento, procurando evitar desperdícios e gargalos e satisfazendo ambas as partes.

O objetivo final deste trabalho é analisar o sistema de atendimento em estudo, ocupação do sistema e cenário de melhoria com disponibilidade de adição de novos motoristas.

3. Conceitos de Logística

Por Logística se entende àquele conjunto de métodos e meios necessários que permitirão levar a cabo a organização de uma empresa, de um serviço, especialmente quando se trata de distribuição. No entanto, a logística conta com uma importante e determinante participação nos diferentes âmbitos como o militar, dos negócios, ou comércio, entre outros.

Segundo Ballou (1993), a logística trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo dos produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.

Segundo Martins (2005), a Logística é responsável pelo planejamento, operação e controle de todo o fluxo de mercadorias e informação, desde a fonte fornecedora até o consumidor.

Tempos atrás, era praticamente impossível pensar em consumir algum produto que não se produzia num lugar relativamente próximo ao qual vivemos os custos e a manutenção desse produto, quando se tratava de produtos alimentares era impossível consumir na Argentina um produto produzido na França, entretanto, quando os sistemas logísticos começaram a evoluir e a se aperfeiçoarem, consumo e produção puderam se separar geograficamente sem nenhum problema.

A logística é uma atividade econômica antiga, porém, com conceitos modernos. Iniciou em 1950, quando o mercado estava em situação de tranquilidade, pois, a satisfação do cliente, suas exigências, a qualidade em si não era cobrada como atualmente. O organograma das empresas era totalmente vertical, cuja distribuição dos produtos ou serviços era subordinada ao setor de marketing da empresa.

Através das atividades logísticas militares da Segunda Guerra Mundial que surgiu muitos dos conceitos logísticos utilizados, atualmente, com a administração

mudando seu foco da produção para a orientação do marketing onde se começa a trabalhar a necessidades dos clientes, ainda se tinha o pensamento em vender e produzir. Contudo, os lucros eram altos e como consequência a ineficiência nos estoques, também.

Após os anos 50, até os anos 70 é que, realmente, se percebe um desenvolvimento representativo em relação às teorias e práticas logísticas, as empresas começaram a mudar seu foco na venda, e comprar para a distribuição física.

De acordo com Ballou (1993) chamava as atividades de distribuição que ocorriam após a produção de bens de “As áreas de negócios infelizmente mais desprezadas e mais promissoras na Américas”.

Percebe-se que a logística pouco era utilizada nas empresas, porém pela busca de formas para se reduzir os custos e maximizar o lucro, as empresas buscaram alternativas dentro da logística, ou seja, técnicas para redução de custo, no qual dentre os fatores que influenciaram ao desenvolvimento dessas técnicas logísticas.

Com isso, as empresas começaram a desenvolver a filosofia econômica de uma melhor gestão dos suprimentos em vez de estímulo de demanda. Controle de custo, produtividade, controle de qualidade, custo de transporte passaram a ser de maior interesse das empresas. Logo, os princípios e conceitos tornaram-se cada vez mais utilizados pelos administradores.

Em um comércio, as atividades inerentes à logística serão a ponte entre a produção e os mercados que se encontram separados como consequência do tempo e da distância. Ou como no caso das empresas, que nestas, a logística, se ocupa principalmente da gestão e ou planejamento das atividades inerentes aos departamentos que a compõem como o de compras, transporte, produção, armazenagem, manutenção e distribuição, entre outros.

As instâncias da logística empresarial, a missão que esta perseguirá será a de colocar os produtos no lugar mais adequado para eles, no momento preciso e nas condições mais desejadas para desta maneira contribuam ao sucesso da marca ou da empresa. No entanto, para consegui-lo, mobilizará os recursos que sejam necessários, os humanos, os consumíveis, a eletricidade, serão necessários para levar a cabo a prestação (armazém, ferramentas, caminhões) e os serviços (transporte, armazém).

Podemos identificar duas etapas básicas em qualquer logística. Por outro lado aperfeiçoará um fluxo de material constante através de uma rede de transporte e de centros de armazenagem e pelo outro, a que se encarregará de coordenar uma sequência de recursos para concretizar um determinado projeto.

Entre os principais males que tentará contra atacar a logística são: evitar a escassez de produtos, reduzir ao mínimo o custo de transporte, obter um bem num tempo mínimo ou a armazenagem mínima de bens.

O conceito de logística tem muitos significados, um deles é que ela é a responsável pela distribuição eficiente dos produtos de uma determinada empresa a um custo menor e excelente serviço ao cliente.

Então, a logística procura gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação, o armazenamento de produtos e controle do estoque, e qualquer fluxo de informação associado, através do qual a organização e seu canal de distribuição são canalizados de forma tal que a rentabilidade presente e futura da empresa é maximizada em termos de custos e efetividade.

Logística determina e coordena de forma ótima o produto certo, o cliente certo, o lugar certo e a hora certa para a realização do serviço. Assumindo que o papel do marketing é estimular a demanda, o papel da logística será exatamente dar satisfação dessa demanda.

Somente através de uma análise detalhada da demanda em termos de localização, nível e tempo, é possível determinar o ponto de partida para alcançar o resultado final das atividades de logística, dar conta da demanda (aos pedidos de

produtos ou serviços), em termos de custos e efetividade. A logística não é, portanto, uma atividade funcional, mas sim, um modelo, um quadro de referência, não sendo uma função operativa, senão um mecanismo de planejamento, uma forma de pensamento que vai mesmo reduzir a incerteza em um futuro desconhecido.

A função operacional da logística inclui todas as atividades e processos necessários para a gestão estratégica do fluxo e armazenagem de matérias-primas e componentes, em processo de inventário e de produtos acabados a fim de que estes sejam na quantidade certa, no lugar certo e na hora certa. Atividades essenciais na logística são: Atendimento ao cliente; Transporte; Gestão de Estoques; Processamento de Pedidos.

Em conjunto, essas atividades vão atingir a satisfação do cliente e da empresa, a redução de custos, que é um dos fatores pelo qual as empresas são obrigadas a se concentrar em logística.

Dentro da logística, a cadeia de abastecimento, é entendida como o conjunto complexo de troca ou fluxo de materiais e informações que são estabelecidas tanto dentro de cada organização ou empresa e fora dela, com os seus fornecedores e clientes.

Embora no campo de conhecimento, há uma diferença clara entre cadeia de abastecimento (conhecida também por Supply Chain) e "Logística", na prática diária, a distinção foi perdida, por isso, é comum utilizar os dois termos como sinônimos, no entanto, é importante saber que por definição, existem conceitos precisos dados pelo Conselho de Profissionais de Supply Chain Management (CSCMP), a principal autoridade no assunto em todo o mundo.

4. Teoria de Filas

4.1. Introdução a Teoria de Filas

A teoria das filas é uma probabilidade que estuda a formação de filas onde prove modelos para demonstrar o número de chegadas e de atendimento de clientes, através de cálculos matemáticas ela tenta encontrar um ponto de equilíbrio que satisfaça o cliente e seja viável ao servidor.

As formações de filas ocorrem porque a procura pelo serviço é maior que a capacidade de atendimento. No cenário atual, esta cada vez mais comum às empresas buscarem por soluções inovadoras para maximizar seu lucro e aperfeiçoar o seus processos, nesse caso a teoria das filas se tornou um método de avaliar a capacidade de atendimento levando em consideração o número de chegadas, tempo de espera e o tempo que leva cada atendimento.

Segundo Dávalos (2012) a teoria parte do seguinte pressuposto “a formação de filas excede a capacidade de fornecer determinado serviço” e envolve o estudo matemático utilizando ferramentas de tratamento estatístico ou estocástico.

Ela provê modelos para demonstrar previamente o comportamento de um sistema que ofereça serviços cuja demanda cresce aleatoriamente, tornando possível dimensioná-lo de forma a satisfazer os clientes e ser viável economicamente para o provedor do serviço, evitando desperdícios e gargalos.

As disciplinas de filas se referem às regras que o servidor vai empregar para decidir qual será o próximo cliente da fila a ser atendido. As disciplinas mais comuns são:

- FIFO - Primeiro a chegar é o primeiro a sair
- LIFO - Último a chegar é o primeiro a sair
- SIRO - Atendimento aleatório
- PRI - Atendimento por Prioridade
- GD - Outra Ordem

4.2. Características de um sistema de filas

Existem muitos tipos diferentes de filas. Em Moreira (2007), as filas são estruturadas de acordo com a Figura 1, em quatro partes principais: a fonte de clientes; a chegada de clientes; o processo de seleção; e o posto de atendimento.

Os clientes são indivíduos de uma população que chegam ao local da prestação do serviço de acordo com determinado comportamento estatístico, para serem atendidos de acordo com um critério de seleção preestabelecido e serão atendidos de acordo com características próprias.

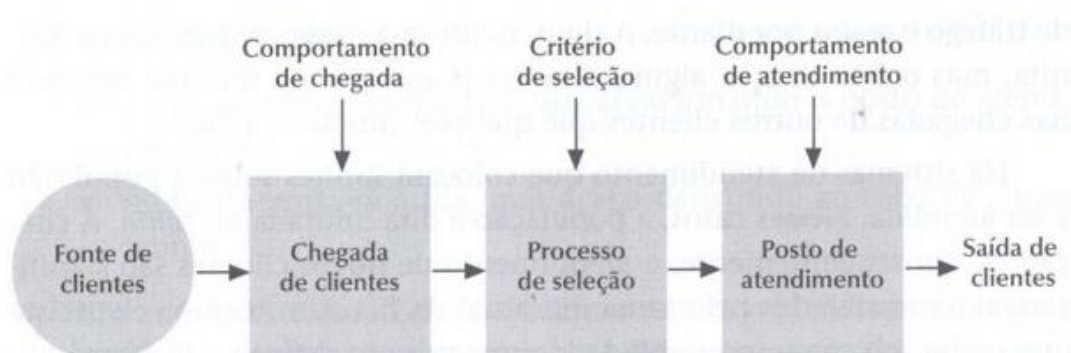


Figura 1 - Fonte: Moreira (2007)

Além das características gerais de um sistema de filas, é importante determinar a estrutura do sistema, que também é um elemento fundamental de estudo das filas as quais se classificam em: fila única e um servidor, fila única e múltiplos servidores em paralelo, múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo, fila única e múltiplos servidores em série.

Segundo Andrade (2011), na teoria das filas existe indicadores que podem ser usados para mensurar a eficiência da prestação do serviço, entre os quais se destacam: tempo médio de um usuário na fila, tamanho médio da fila, tempo gasto pelo usuário na fila desde a chegada até o momento das 40 saídas, tempo em porcentagem da ociosidade ou congestionamento no ponto de atendimento.

As equações são classificadas baseadas nas seguintes características dos processos de chegada e de atendimentos aos clientes: As chegadas se processam segundo uma distribuição de Poisson com média λ chegadas/tempo. Os tempos de atendimento seguem a distribuição exponencial de Poisson com média μ .

De acordo com Arenales (2007), o atendimento à fila é feito por ordem de chegada. O numero de clientes potenciais é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita.

O levantamento de dados estatísticos tem como finalidade determinar a distribuição de probabilidades do número de atendimentos ou da duração de cada atendimento.

4.3. Modelos de chegadas de um sistema de filas

Segundo Moreira (2007), o processo de chegadas dos usuários é especificado pelo comportamento do fluxo de chegadas dos mesmos ao sistema. Se forem conhecidos o número de chegadas e os instantes de tempo em que elas acontecem, esse processo é denominado determinístico; caso contrário, tem-se um comportamento aleatório constituindo um processo estocástico caracterizado por uma distribuição de probabilidade.

Para essa distribuição, é necessária a especificação de um parâmetro denominado taxa de chegadas, que representa o número médio de usuários que chegam ao sistema por unidade de tempo.

Conforme aponta Arenales (2007), as equações são classificadas baseadas nas seguintes características dos processos de chegada e de atendimentos aos clientes: As chegadas se processam segundo uma distribuição de Poisson com média λ chegadas/tempo.

Os tempos de atendimento seguem a distribuição exponencial de Poisson com média μ . O atendimento à fila é feito por ordem de chegada. O número de clientes potenciais é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita.

O levantamento de dados estatísticos tem como finalidade determinar a distribuição de probabilidades do número de atendimentos ou da duração de cada atendimento.

4.4. Número de Canais de Serviço

O número de servidores também conhecido como número de canais de serviço indica a quantidade de "pontos de atendimento" do sistema, de forma a servir aos clientes paralelamente sendo possível mais de um servidor (atendente).

Em um sistema de fila única, existe uma única fila para todos os servidores, como em um caixa de banco. Em um sistema de múltiplas filas, existe uma fila para cada servidor, como em um caixa de supermercado.

4.5. Medidas de Desempenho do Sistema (Variáveis)

Segundo Moreira (2007), as características operacionais de uma fila são números ou indicadores de desempenho calculados para um dado modelo de filas adotado. Dentre as medidas de desempenho citadas por diversos autores, as seguintes variáveis foram escolhidas na definição e cálculo de desempenho de um sistema de filas:

- $r = \text{abreviação de } \mu \lambda;$
- $\rho = \text{taxa de utilização do servidor; é uma medida de congestionamento do servidor;}$
- $P(0) = \text{probabilidade de que o sistema esteja ocioso;}$
- $P(n) = \text{probabilidade de que haja } n \text{ clientes esperando ou sendo atendidos no sistema;}$
- $P(N > k) = \text{probabilidade de que haja mais de "k" clientes na fila;}$
- $L_q = \text{número médio de clientes na fila;}$
- $L = \text{número médio de clientes no sistema.}$
- $W_q = \text{tempo médio de clientes em espera na fila;}$
- $W = \text{tempo médio de clientes em espera no sistema.}$

4.6. Modelos Básicos de Estudo de Filas

Segundo Fogliatti (2007), a maior parte dos modelos elementares de filas de espera baseia-se no processo de nascimento e morte (markoviano). No contexto das filas de espera, um nascimento corresponde à chegada de um novo cliente e uma morte corresponde à partida de um cliente.

A seguir, serão apresentados alguns modelos básicos que compõe um sistema de filas, com ênfase nos processos probabilísticos, onde nestes modelos é comum que os tempos entre chegadas e os tempos de atendimento sigam distribuições exponenciais e as nuances descritas a seguir.

1º Modelo $M/M/1/\infty/FIFO$: Existe um único posto de atendimento, não existe limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO).

2º Modelo $M/M/1/K/FIFO$: Apresenta um único posto de atendimento, porém existe uma limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO). A taxa de ingresso ao sistema (λ) se difere da taxa de chegada λ para $n \geq K$, pela existência da limitação de capacidade no sistema (K).

3º Modelo $M/M/C/\infty/FIFO$: Existem “C” postos de atendimento, não existe limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO).

4º Modelo $M/M/C/K/FIFO$: Existem “C” postos de atendimento, porém existe uma limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao

sistema (FIFO). A taxa de ingresso ao sistema (λ) se difere da taxa de chegada λ para $n \geq K$, pela existência da limitação de capacidade no sistema (K). As equações das medidas de desempenho.

As equações das medidas de desempenho dos modelos de filas apresentados acima são apresentadas abaixo na Figura 2

| | <i>M/M/1/∞/FIFO</i> | <i>M/M/1/K/FIFO</i> | <i>M/M/C/∞/FIFO</i> | <i>M/M/C/K/FIFO</i> |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| r | - | | $\frac{\lambda}{\mu}$ | $\frac{\lambda}{\mu}$ |
| ρ | $\frac{\lambda}{\mu}$ | $\frac{\lambda}{\mu}$ | $\frac{\lambda}{c\mu}$ | $\frac{\lambda}{c\mu}$ |
| $P(0)$ | $1 - \rho$ | $\begin{cases} \frac{1}{K+1} \Leftrightarrow \rho = 1 \\ \frac{1-\rho}{1-\rho^{K+1}} \Leftrightarrow \rho \neq 1 \end{cases}$ | $\left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{r^n/n!}{c!(1-\rho)} + \frac{r^c}{c!(1-\rho)} \right)^{-1}$ ($\rho < 1$) | $\begin{cases} \left(\sum_{n=0}^{c-1} (r^n/n!) + (r^c/c!) \frac{1-\rho^{K-c+1}}{1-\rho} \right)^{-1} & (\rho \neq 1), \\ \left(\sum_{n=0}^{c-1} (r^n/n!) + (r^c/c!) (K-c+1) \right)^{-1} & (\rho = 1). \end{cases}$ |
| $P(n)$ | $\rho^n(1-\rho) \forall n \geq 0$ | $\begin{cases} \frac{1}{K+1} \Leftrightarrow \rho = 1 \\ \frac{(1-\rho)\rho^n}{1-\rho^{K+1}} \Leftrightarrow \rho \neq 1 \end{cases}$ | $\begin{cases} P(0) \frac{r^n}{n!} \Leftrightarrow 1 \leq n \leq c \\ P(0) \frac{r^n}{c^{n-c}} \Leftrightarrow n \geq c \end{cases}$ | $\begin{cases} \frac{r^n}{n!} P_0 \Leftrightarrow 1 \leq n \leq c-1 \\ \frac{r^n}{c!c^{n-c}} P_0 \Leftrightarrow c \leq n \leq K \end{cases}$ |
| L | $\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k$ | $\begin{cases} \frac{(K+1-k)}{K+1} \Leftrightarrow \rho = 1 \\ \frac{\rho^k(1-\rho^{K-k+1})}{(1-\rho^{K+1})} \Leftrightarrow \rho \neq 1 \end{cases}$ | $1 - \sum_{n=0}^{K-1} P(n)$ | $1 - \sum_{n=0}^{K-1} P(n)$ |
| L_q | $\frac{\rho^2}{(1-\rho)}$ | $L - 1 + P_0$ | $\frac{P(0)cr^{c+1}}{c!(c-r)^2}$ | $\frac{r^{c+1}}{c!(1-\rho)^2} [1 - \rho^{K-c} - (1-\rho)(K-c)\rho^{K-c}]P(0)$ |
| W_q | $\frac{\rho}{1-\rho}$ | $\begin{cases} \frac{K}{2} \Leftrightarrow \rho = 1 \\ \frac{\rho \left[\frac{1+K\rho^{K+1}-\rho^K(K+1)}{(1-\rho)(1-\rho^{K+1})} \right]}{(1-\rho)(1-\rho^{K+1})} \Leftrightarrow \rho \neq 1 \end{cases}$ | $r + \left[\frac{r^{c+1}c}{c!(c-r)^2} \right] P(0)$ | $L_q + \lambda(1-p_K)/\mu = L_q + r(1-p_K).$ |
| W | $\frac{\rho}{\mu-\lambda}$ | $\frac{L_q}{\lambda(1-P_K)}$ | $\left[\frac{r^c\mu}{(c-1)!(c\mu-\lambda)^2} \right] P(0)$ | $\frac{L_q}{\lambda(1-P_K)}$ |

Figura 2 - Fonte: Fogliatti (2007)

5. Estudo de Caso

O estudo de caso é uma atividade voltada à busca de respostas e à solução de problemas para questões propostas, para isso utilizam-se métodos científicos. Esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois através de dados obtidos em campo, aos conhecimentos técnicos acadêmicos com a aplicação de técnicas da Teoria das Filas.

Utilizou-se também a pesquisa descritiva, pois foram apresentadas características observadas na área operacional de transporte de cargas. Quanto aos meios, empregou-se a entrevista, para a obtenção de dados do processo de movimentação operacional, sendo todas as observações e coletas de dados realizadas sem interferência no processo natural da transportadora.

Em relação ao objeto de estudo, nesta pesquisa foi empregado um estudo específico para o modelo de entregas de alimentação, os dados foram coletados através de histórico de entregas da mesma natureza em contrato existentes com as mesmas características.

5.1. Caracterização da Empresa Estudada

A GENESIS12 LOGISTICA E TRANSPORTES, situada no município de Campinas, é uma empresa logística, capaz de realizar serviços de distribuição, armazenagem, logística, transporte fracionado, dedicado e exclusivo, transporte de alimentos (alimentação transportada).

Esta em constante busca de aprimoramento para proporcionar aos seus clientes, serviços eficientes com agilidade, segurança e qualidade. Possui também, um sofisticado sistema de logística e parcerias que permitem atender em território nacional, entre as melhorias esta a ideia de usar modelos matemáticos para melhorar o dimensionamento das suas operações.

Dentre os contratos de transportes vigentes da GENESIS12, um dos mais comuns é o modelo de transporte de alimentos prontos, onde são disponibilizados diariamente em horários pré-determinados em diversos clientes no estado de São Paulo.

As empresas objeto de estudo desta monografia, estão situados na região de Campinas a um raio aproximado de 40 km, onde atualmente são distribuídas refeições nos horários fixados conforme Tabela 1.

Atualmente, é utilizado apenas um recurso (motorista) para realização destas atividades, no entanto, tendo em vista uma mudança na periodicidade e no aumento dos horários de entrega, conforme Tabela 2.

Faremos um estudo deste novo modelo para avaliar detalhadamente este novo cenário e através do modelo estatístico de Teoria das Filas, propor um adequado dimensionamento da equipe de transportes impactando o mínimo possível na qualidade do atendimento aos clientes.

5.2. Apresentação e Análise dos Resultados

Para estudo do caso em questão foi analisado primeiramente o comportamento do modelo atual, sendo este considerado com a seguinte rotina:

| Sistema Atual | | | |
|---------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Empresa | Hora de Partida (deslocamento) | Hora da Chegada ao Cliente | Horas Finalização do Serviço |
| 1 | 07:00 | 07:30 | 08:00 |
| 2 | 08:00 | 08:30 | 09:00 |
| 1 | 12:00 | 12:30 | 13:00 |
| 2 | 13:00 | 13:30 | 14:00 |

Tabela 1 – Representação do modelo atual de entregas

Nota-se conforme visto na Tabela 1, que há uma sequência de trabalhos cujo intervalo para sua realização não compromete a atividade subsequente, com isto observamos os seguintes comportamentos:

- Taxa Média entre os trabalhos – 1,00h
- Taxa Média para completar cada trabalho – 0,5h

Realizando a projeção dos dados observados no modelo do sistema M/M/s, podemos constatar na Tabela 2, que de fato o sistema atual possui uma considerável eficiência se probabilidade de atraso ou mesmo problemas em seu dimensionamento:

| M/M/s | |
|----------------------------------------------------------|-------------|
| Taxa de chegada λ | 1,00 |
| Taxa de serviço μ | 0,50 |
| Número de servidores | 1 |
| Utilização P_0 | 2 |
| P(0), probabilidade de que o sistema esteja vazio | -1 |
| Lq, número esperado na fila | -4 |
| L, número esperado no sistema | -2 |
| Wq, tempo esperado na fila | -4 |
| W, tempo total esperado no sistema | -2 |

Tabela 2 – Projeção do sistema atual (Tabela 1) no modelo M/M/s

Em razão da necessidade de mudanças solicitadas pelos clientes para a realização de novos períodos de entregas, o modelo atual passa a ser distribuído da seguinte forma:

| Sistema Desejado | | | |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Empresa | Hora de Partida (deslocamento) | Hora da Chegada ao Cliente | Horas Finalização do Serviço |
| 1 | 07:00 | 07:15 | 07:45 |
| 2 | 07:00 | 07:30 | 08:00 |
| 1 | 07:45 | 08:00 | 08:30 |
| 2 | 08:00 | 08:30 | 09:00 |
| 1 | 12:00 | 12:15 | 12:45 |
| 2 | 12:00 | 12:30 | 13:00 |
| 1 | 12:30 | 12:45 | 13:15 |
| 2 | 13:00 | 13:30 | 14:00 |

Tabela 3 - Representação do modelo desejado para as entregas

- Taxa Média entre os trabalhos – 0,42h
- Taxa Média para completar cada trabalho – 0,5h

Observa-se conforme a Tabela 3, que houve uma mudança significativa na Taxa Média entre os trabalhos em quase metade do tempo, este fator fará com que haja uma alteração significativa na projeção dos dados no modelo M/M/s, conforme pode ser visto abaixo:

| M/M/s | |
|------------------------------------------------------|------|
| Taxa de chegada λ | 0,42 |
| Taxa de serviço μ | 0,50 |
| Número de servidores | 1 |
| Utilização P_0 | 0,84 |
| $P(0)$, probabilidade de que o sistema esteja vazio | 0,16 |
| L_q , número esperado na fila | 4,41 |
| L , número esperado no sistema | 5,25 |
| W_q , tempo esperado na fila | 10,5 |
| W , tempo total esperado no sistema | 12,5 |

Tabela 4 - Projeção do sistema desejado (Tabela 3) no modelo M/M/s

Como pode ser visto na Tabela 4, a taxa de utilização ultrapassa os 80%, e o nível de espera na fila e no sistema ultrapassa às 10 horas, considerando assim, que este modelo de projeção de filas para o novo sistema de entregas não é viável considerando a disponibilidade de um único recurso para realização das atividades como acontece atualmente.

Faremos agora uma nova análise, elevando o número de servidores, ou seja, a quantidade de funcionários para a realização das entregas considerando a nova projeção conforme apresentado na Tabela 3:

| Cálculos de formação da fila M/M/s | |
|------------------------------------------------------|--------------|
| Taxa de chegada (λ) | 0,42 |
| Taxa de serviço (μ) | 0,50 |
| Número de servidores | 2 |
| Unidade de tempo = | horas |
| Utilização | 0,420 |
| $P(0)$, probabilidade de que o sistema esteja vazio | 0,408 |
| L_q , comprimendo esperado da fila | 0,180 |
| L , número esperado no sistema | 1,020 |
| W_q , tempo esperando na fila, em horas | 0,428 |
| W , tempo total esperado no sistema, em horas | 2,428 |

Tabela 5 - Projeção do sistema desejado (Tabela 3) no modelo M/M/s, considerando a utilização de 2 servidores.

Podemos constatar agora de acordo com a Tabela 5, que ao modificar o número de servidores para 2 (dois), tivemos uma redução de quase 50% na taxa de Utilização do sistema, passando a 42%, este valor é admissível dentro de um modelo como este, visto a não possibilidade de mudanças nos períodos das entregas após a assinatura do contrato de prestação de serviços, portanto, pode-se admitir que taxa de utilização na mudará.

6. Conclusão

Com a realização deste trabalho foi possível medir a capacidade operacional do sistema de filas que caracteriza a unidade objeto de estudo. Os resultados apontam para o cumprimento dos objetivos estipulados.

Com a aplicação da Teoria das Filas foi possível visualizar de forma geral o processo de transporte estudado, possibilitando uma análise numérica e precisa que enfatize reflexões para tomadas de decisão que favoreçam a otimização do processo produtivo.

Para o sistema de serviço atual não temos filas ou congestionamentos conforme aponta o modelo, no entanto, devido às mudanças no sistema que como consequência duplicou a rotina de entregas, foi preciso um ajuste através da técnica de múltiplos servidores, onde pudemos observar que o acionamento do segundo entregador fez-se necessária haja vista termos um tempo de espera considerado relativamente grande, caso permanecêssemos com apenas um, entregador.

7. Bibliografia

ANDRADE, Eduardo Leopoldino. Introdução a Pesquisa Operacional. 4ª Ed, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

ARENALES, Et-al, Armentano, Morabito, Yanasse. Pesquisa Operacional. 6ª Tiragem, ED; Campus- Abrepro, Rio de Janeiro, RJ. 2007.

BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993. Tradução de: Hugo T. Y. Yoshizaki.

DÁVALOS, Pablo Bezzera. Hidroquímica do Estuário do Rio Caravelas, Caravelas – BA / Pablo Bezzera Dávalos – Natal, RN, 2012

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. Teoria de Filas. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2007.

MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos. Administração de materiais e recursos patrimoniais. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, Daniel Augusto. Pesquisa Operacional: curso introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2007.