



## APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO DO PROCESSO PRODUTIVO EM UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Thiago Fernando Pires Alves<sup>1</sup>, Márcia de Fátima Moraes<sup>2</sup>, Rony Peterson da Rocha<sup>3</sup>, Larissa de Carvalho<sup>4</sup>, Leticia Fernanda Pires Alves<sup>5</sup>

**RESUMO:** O presente estudo tem por objetivo analisar a eficiência do processo de lavagem industrial da Lavanderia X através da aplicação da Teoria das Filas. A ênfase do estudo foi no processamento da Calça Jeans Masculina na etapa de Laser, composta por 3 máquinas em paralelo. Cada máquina ( $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ) foi analisada como um sistema de 1 Fila e 1 Canal, pois independente do número de máquinas, todas as peças de um lote devem ser processadas na mesma máquina para não apresentar diferença no *designer* das peças. Os métodos de abordagem utilizados foram o qualitativo e quantitativo. A pesquisa classifica-se quanto aos fins como descritiva, explicativa e exploratória e quanto aos meios como bibliográfica e virtual, e estudo de caso. A coleta das 50 amostras dos tempos de atendimento e 50 amostras dos tempos entre chegadas foram realizadas no período de Março à Abril de 2015, e para obtenção da média dos tempos de atendimento e dos tempos entre chegadas das peças no sistema, as mesmas foram tratadas no *Input Analyzer* do Arena. Por fim, concluiu-se que na  $M_1$ , a taxa média de chegada é maior que a capacidade de atendimento, ou seja, sua taxa de ocupação é de 103,82%. Sob essas condições a taxa de ociosidade da máquina é nula, e o colaborador não consegue processar todas as peças que chegam ao sistema no tempo esperado, gerando filas. A taxa de ocupação do sistema da  $M_2$  é de 94,56% da capacidade total, e conseqüentemente uma taxa de ociosidade de 5,75%. Neste sistema as peças aguardam 0,78 minutos para serem processadas, gerando filas de aproximadamente 17 peças. No que se refere à  $M_3$ , a taxa de ocupação do sistema é de 93,1% da capacidade total, e conseqüentemente uma taxa de ociosidade de 6,81%. Nesta máquina, há formação de fila de aproximadamente 14 peças, porém, as mesmas ficam apenas 0,37 minutos na fila de espera. Também foi realizada uma análise comparativa entre as três máquinas. Com relação à eficiência, uma vez que as máquinas  $M_2$  e  $M_3$  são iguais, nota-se que a  $M_2$  é mais eficiente, porém o tempo de espera das peças para serem processadas é maior. Já a  $M_1$  não está conseguindo processar todas as peças que chegam ao sistema. Em ambos os casos, o tamanho do lote não influencia no tempo de processamento das peças, pois os sistemas apresentam taxa de ociosidade. De forma geral, como não se trata de um serviço que exija conhecimentos específicos, duas sugestões foram feitas, sendo elas: i) Treinamento para os operadores das 3 máquinas; e ii) Configurar máquinas  $M_1$  e  $M_2$  a uma maior velocidade, pois os operadores apresentaram ociosidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pesquisa Operacional. Teoria das Filas. Tempo de Atendimento. Tempo de Espera.

### 1 INTRODUÇÃO

A Teoria das Filas é um dos tópicos da Pesquisa Operacional com aplicações no campo da administração das empresas, tratando de problemas de congestionamento de sistemas, na qual, a principal característica é a presença de clientes solicitando serviços de alguma forma (ANDRADE, 2004).

A teoria das filas consiste de um conjunto de conhecimentos matemáticos aplicados aos fenômenos de filas e tem por objetivo encontrar um ponto de equilíbrio que satisfaça o cliente, que seja economicamente viável para o servidor e que seja possível prever seus possíveis acontecimentos, tais como, dimensionamento, infraestrutura e quantidade suficiente de equipamentos para satisfazer os clientes (COSTA, 2006).

Para Carrión (2007) a teoria das filas tem por objetivo aperfeiçoar o desempenho de um sistema reduzindo seus custos operacionais. Para que possa atingir o objetivo de otimizar o desempenho dos modelos de filas de espera, faz-se necessário analisar os resultados gerados por fórmulas apropriadas a um modelo específico. Estes resultados devem permitir a realização da análise de uma situação particular, onde eles podem ser gerados

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial, Colegiado de Engenharia de Produção, Campo Mourão – Bolsista IC/Fundação Araucária – UNESPAR/Campus de Campo Mourão. [pireesthiao@gmail.com](mailto:pireesthiao@gmail.com).

<sup>2</sup> Professor do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial, Colegiado de Engenharia de Produção - UNESPAR/Campus de Campo Mourão. [Maraciamorais.engenharia@gmail.com](mailto:Maraciamorais.engenharia@gmail.com)

<sup>3</sup> Professor do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial, Colegiado de Engenharia de Produção - UNESPAR/Campus de Campo Mourão. [Ronupeterson\\_eng@hotmail.com](mailto:Ronupeterson_eng@hotmail.com)

<sup>4</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial, Colegiado de Engenharia de Produção, Campo Mourão – Bolsista IC/Fundação Araucária – UNESPAR/Campus de Campo Mourão. [larissadecarvalho@gmail.com](mailto:larissadecarvalho@gmail.com)

<sup>5</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial, Colegiado de Engenharia de Produção, Campo Mourão – Bolsista PIBIC/CNPq – UNESPAR/Campus de Campo Mourão. [pireesleticia@gmail.com](mailto:pireesleticia@gmail.com)



manualmente substituindo os dados de entrada nas fórmulas ou então estes podem ser obtidos através de um programa de computador.

Estudos de filas permitem a análise do desempenho operacional em relação à demanda, bem como a análise do tempo esperado para o atendimento, nos mais variados tipos de sistemas de produção e prestação de serviços. Através destes estudos, as empresas podem agir e tomar decisões, inerentes a configuração de seus sistemas, que venham a atender as expectativas e as necessidades dos clientes quanto aos serviços prestados, justificando a realização deste estudo.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a eficiência do processo de lavagem industrial da Empresa X por meio da aplicação da Teoria das Filas, norteadas pela problemática de como aplicar a Teoria das Filas para avaliação do desempenho de produção de uma lavanderia industrial.

Ressalta-se que pesquisas foram realizadas na busca de aplicações da teoria das filas em lavanderias industriais, porém, nenhum trabalho foi encontrado.

O artigo está estruturado em 5 partes. A primeira parte apresenta uma breve contextualização sobre o conteúdo. Logo em seguida apresenta-se a metodologia da pesquisa utilizada. Na terceira parte apresenta-se a teoria de base utilizada na pesquisa. Posteriormente apresentam-se os resultados e discussões. Na quinta parte encontram-se as considerações finais, e por fim as referências bibliográficas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos de abordagem utilizados foram o qualitativo e quantitativo. A pesquisa classifica-se quanto aos fins como descritiva, explicativa e exploratória e quanto aos meios como bibliográfica e virtual, e estudo de caso.

Para a elaboração do referencial teórico-conceitual sobre Teoria das Filas utilizou-se de livros.

Para a descrição do processo de lavagem e identificação dos postos de atendimento do processo de lavagem industrial foram realizadas entrevistas com os colaboradores de cada um dos postos de trabalho da empresa durante uma visita realizada. Das etapas identificadas no processo, foi selecionada etapa de Laser, pois as chegadas dos lotes nas outras etapas do processo são constantes, impossibilitando a aplicação da Teoria das Filas.

A identificação dos parâmetros do sistema de filas no processo de lavagem industrial foi norteadas pelo referencial teórico-conceitual elaborado.

A coleta de dados foi realizada durante os meses de Março e Abril de 2015 durante visitas à empresa, especificamente para este fim. Foram coletadas 50 amostras dos tempos de chegadas de clientes (peças) no sistema, 50 amostras dos tempos de atendimento (processamento) dos clientes e 50 amostras dos tempos de saída dos clientes da etapa de Laser do sistema no processo de lavagem industrial da calça Jeans Masculina. Para a coleta de dados foi utilizado um cronômetro Vollo Stopwatch VL 1809 Digital, e elaborado uma planilha no Excel® para a anotação dos dados coletados, bem como para o tratamento dos mesmos.

Com os dados organizados, foi criado um arquivo no Bloco de Notas para que fosse feito um tratamento estatístico dos mesmos, ou seja, identificando dos parâmetros da distribuição de probabilidade no *Input Analyser* do *Software Arena*®. As distribuições utilizadas formam a distribuição exponencial negativa para os tempos de atendimentos e a distribuição de Poisson para os tempos de chegadas, conforme recomendado na literatura especializada.

Foi utilizado um computador Acer®, com processador Intel Core i5-2450M com 2.5 GHz e 4 GB de memória RAM.

## 3 TEORIA DAS FILAS

É comum aparecerem filas de espera em diversos sistemas de produção, particularmente em serviços tais como, bancos, supermercados, correios, postos de gasolina e sistemas de manufatura, sistemas de transporte (ARENALLES et al, 2007).

Estudar o comportamento de filas é uma forma de modificar sistemas nos quais existem gargalos. O objetivo de estudar o comportamento de filas é prestar um melhor atendimento ou proporcionar uma redução de custos, uma vez que filas são dispendiosas (PRADO, 2006).

Diversos fatores são necessários para descrever um sistema de filas, pois condicionam a operação de um sistema, ou seja, podem interferir tanto que o desempenho de um sistema passa a ser função deles. Segundo Andrade (2009) esses fatores são classificados em quatro grupos:

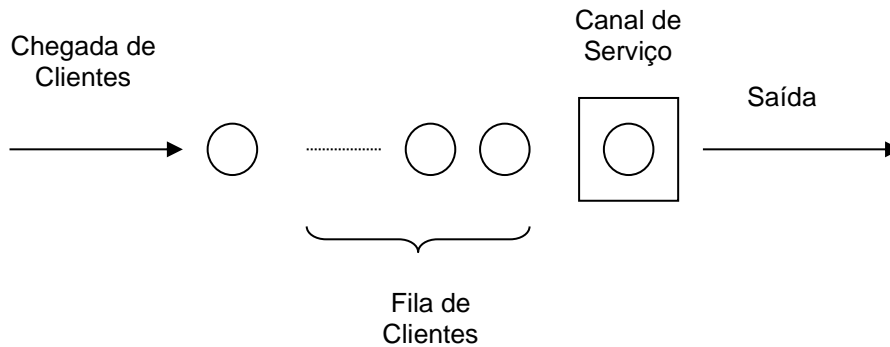
- i) Formas de Atendimento, realizados por pessoas, instalações e equipamentos;
- ii) Formas de Chegadas, determinado pelo intervalo entre chegadas (ARENALLES et al, 2007);
- iii) Disciplina da Fila que representa a ordem de atendimento que os clientes serão submetidos ao sistema sendo eles: Primeiro a chegar, primeiro a ser atendido (FIFO - First In First Out); Último a chegar é o primeiro a ser atendido (LIFO - Last In First Out); Aleatório, respeitando as prioridades estabelecidas a, (TAHA, 2008); e



iv) Estrutura do Sistema, modo em que as filas e os postos de atendimento estão dispostos, conforme segue: Canal único, fila única; Canal único, filas múltiplas; e Canais múltiplos, fila única (CHASE, JACOBS e AQUILANO, 2004).

A seguir serão apresentadas as características e o conjunto de equações para o caso de sistemas com 1 fila e 1 canal, caso verificado na etapa de Laser do Processo de Lavagem Industrial da Empresa X, analisado neste estudo.

Segundo Chase, Jacobs e Aquilano (2004) sistemas com 1 fila e 1 canal de atendimento é o tipo mais simples de estrutura da fila. Trata-se de um único atendente e uma única fila, conforme ilustra a Figura 1:



**Figura 1:** Sistema fila única e um canal  
**Fonte:** Andrade (1998)

Neste tipo de modelo são baseados nas seguintes características dos processos de chegada e de atendimento aos clientes (ANDRADE, 2009):

- i) As chegadas se processam segundo uma distribuição de Poisson com média  $\lambda$  e chegada/tempo;
- ii) Os tempos de atendimento (TA) seguem a distribuição exponencial negativa com média  $1/\mu$  (ou seja, o número de atendentes segue a distribuição de Poisson com média  $\mu$ );
- iii) O atendimento à fila é feito por ordem de chegada;
- v) O número de clientes potenciais é suficientemente grande para que a população seja considerada infinita.

As equações deste modelo são sumarizadas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Equações para cálculo das distribuição de probabilidades do sistema de Cana Único e fase única.

Finalidade	Equação
Probabilidade de haver $n$ clientes no sistema, ou seja, a distribuição de probabilidade do número de clientes no sistema.	$P(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(\frac{\mu - \lambda}{\mu}\right)$
Probabilidade de que o número de clientes no sistema seja superior a certo valor $r$ .	$P(n > r) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{r+1}$
Probabilidade de que o sistema esteja ocioso (sistema inativo).	$P(n = 0) = \left(\frac{\mu - \lambda}{\mu}\right)$
Probabilidade que o sistema esteja ocupado.	$p(n > 0) = \rho = \frac{\lambda}{\mu}$

**Fonte:** Andrade (2004)

Conhecida a distribuição de probabilidades do número de clientes no sistema, podemos calcular os parâmetros da fila, tanto para quantidade de clientes, quanto para o tempo gasto pelos clientes. As questões utilizadas para o cálculo desses parâmetros estão presentes no Quadro 2:

**Quadro 2:** Equações para cálculo dos parâmetros relativos à quantidade de clientes e tempo gasto pelos clientes.

Finalidade	Equação
Número médio de clientes no sistema (NS)	$NS = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
Número médio de clientes na fila (NF). Este valor inclui as filas de tamanho zero. Podemos calcular também o tamanho médio da fila, apenas quando há fila.	$NF = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
Número médio de clientes na fila, para fila >0 (NF).	$NF(fila > 0) = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
Tempo médio de espera na fila por cliente (TF).	$TF = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
Tempo médio gasto no sistema por clientes (TS).	$TS = \frac{1}{\mu - \lambda}$

Fonte: Andrade (2004)

Com base nas equações do Quadro 2, é possível extrair algumas relações entre as algumas medidas de efetividade do sistema, conforme mostra Quadro 3:

**Quadro 3:** Relações entre NS-TS, NF-TF, TF-TS e NF-NS

Finalidade	Equação
Número médio de clientes no sistema (NS) em função do tempo médio no sistema (TS)	$NS = \lambda.TS$
Número médio de clientes na fila (NF) em função do tempo médio na fila (TF)	$NF = \lambda.TF$
Tempo médio de espera na fila (TF) em função do tempo médio no sistema (TS)	$TF = TS - \frac{1}{\mu}$
Número médio de clientes na fila (NF) em função do número médio de clientes no sistema (NS)	$NF = NS - \frac{\lambda}{\mu}$

Fonte: Fonte: Adaptado por Andrade (2004)

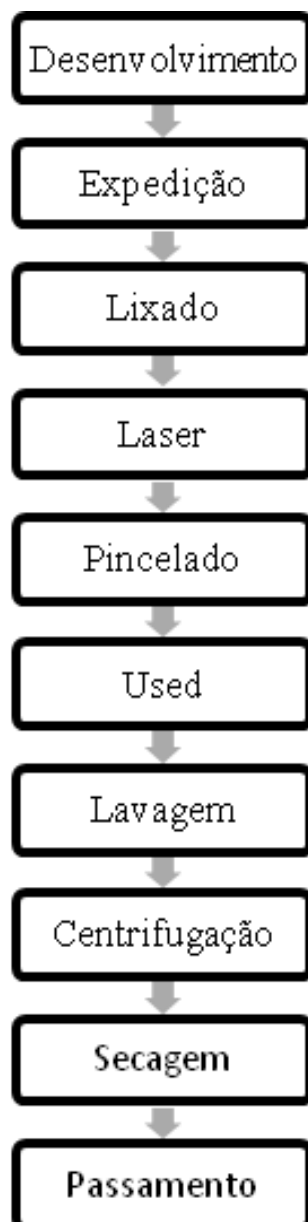
## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 PROCESSO DE LAVAGEM INDUSTRIAL NA EMPRESA X

A Lavanderia X, fundada em 1996, oferece serviços de beneficiamentos de lavagens industriais para confecção em geral, tais como: Bermuda Masculina; Short Feminino; Saia; Calça Jeans Masculina; Calça Jeans Feminina; Jardineira; Jaqueta Masculina e Jaqueta Feminina. Diariamente a empresa produz cerca de 10 mil peças.

O serviço prestado pela empresa consiste primeiramente em desenvolver uma peça de amostragem para aprovação do cliente. Depois de aprovado, o lote de peças é enviado à lavanderia para a execução do processo, conforme desenvolvidos na peça piloto. As peças não passam necessariamente por todas as etapas do processo, ou seja, o processo depende do modelo que foi desenvolvido pela empresa.

A Figura 2 ilustra o fluxograma do processo de lavagem industrial da Lavanderia X.



**FIGURA 2:** Fluxograma do processo de lavagem industrial da empresa X.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2014).

O Quadro 4 apresenta a descrição das etapas do processo de lavagem industrial da Empresa X.

**Quadro 4:** Descrição das etapas do processo de lavagem industrial

Etapa	Descrição
Desenvolvimento	É o coração da lavanderia, pois aqui pesquisa tendências e explora todos os procedimentos possíveis com a infra-estrutura para adequação às tendências das diversas marcas e culturas dos possíveis clientes. Sendo também uma responsabilidade comercial, a lavanderia dispõe de 2 Gerentes comerciais, onde ambos exercem o atendimento ao cliente, pilotagem e pesquisa para desenvolvimento.
Expedição	Os lotes recebidos são colocados sobre <i>pallets</i> . No momento que o cliente chega à lavanderia com os lotes de roupas, é realizada a contagem das peças desses lotes para conferir com número especificado na nota. Dispõe-se de 2 colaboradores para a execução deste serviço. Após isso, os lotes são distribuídos conforme processos efetuados na pilotagem.
Lixado	Serviço terceirizado. Trata-se do processo de desgaste da peça de jeans. O processo é realizado com lixa manual, peça por peça, onde é passado sobre o



	tecido no local onde é desejada a ação de desgaste.
Laser	Processo de queima à laser do tecido, afim de desenvolver marcações como: estampas, bigodes e cortes. A produção consiste em posicionar as peças em um gabarito para aplicação do desenho desenvolvido e aprovado na peça piloto. A aplicação é feita por equipamentos computadorizados, também conhecidos como robôs de aplicação. O setor possui 3 máquinas e 4 colaboradores que realizam o processo. Ressalta-se que um lote é processado apenas por uma máquina. Isso ocorre porque as máquinas são configuradas para realizar o serviço, e duas máquinas diferentes podem causar alteração no designer padrão configurado.
Pincelado	Processo manual onde é aplicado produto corrosivo no jeans, utilizando uma broxa, que depois de molhado no permanganato é passado levemente na peça vestida em uma bóia inflada. Dispõe-se de 5 bóias infláveis e 5 colaboradores para a execução do serviço.
Used	Pigmentação de permanganato, que consiste em uma técnica de corrosão aplicada com pistola industrial, a fim de resultar em um desgaste semelhante ao grande tempo de uso do jeans. Em alguns casos, as áreas a serem desbotadas são antes lixadas para melhor definir as zonas de desbote. Após a aplicação as peças são colocadas em fornos para a secagem do produto. Para a realização do processo, o setor dispõe de 12 suporte de peças, e 12 colaboradores.
Prensa	Efeito de craquelado das peças, geralmente próximos aos bolsos, na coxa e na parte de traz da barra. O efeito é obtido com o uso de pinos e prensa térmica. A prensa pode ser realizada antes, ou depois da lavagem. Caso seja lavada antes, é aplicado resina na peça toda no setor de jateado. Se for realizada após a lavagem é aplicado resina apenas no local específico que vai ser prensado. Dispõe-se de 2 prensas e 3 colaboradores neste setor.
Lavagem	Na lavagem, as peças são separadas entre coloridas e brancas e inseridas nas máquinas de lavagem, na qual são adicionados alvejantes químicos, provocando o efeito de desgaste e/ou envelhecimento conforme o procedimento estabelecido pelo cliente. Depois de lavadas, estas são enxaguadas com amaciante e enviadas para a centrifugação. O setor possui 3 máquinas de tingimento e 6 para lavagem, num total de 9 colaboradores
Centrifugação	As peças são centrifugadas em centrífugas industriais através de movimentos rotatórios. O setor é composto de 3 centrífugas com capacidade de aproximadamente X peças, e por 2 colaboradores
Secagem	A secagem das roupas é realizada em secadoras, que consiste em um equipamento que utilizam uma fonte de energia para o seu funcionamento. Além disso, no final da secagem é aplicado amaciante em forma de spray nas peças. Dispõe-se de 14 secadoras industriais e 2 colaboradores no setor.
Passagem	Consiste em alisar a peça com um ferro de passar industrial, afim de melhoria da aparência da peça. Dispõe-se de 10 ferros industriais e 10 colaboradores.

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

## 4.2 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE FILAS NA ETAPA DE LASER

### 4.2.1 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Conforme apontado anteriormente, não é possível aplicar a Teoria das Filas em todas as etapas do processo porque em algumas destas a chegada das peças é constante. Diante disso, selecionou-se a etapa de Laser para aplicação da Teoria da Filas.

Conforme já mencionado, na etapa de Laser as peças dos lotes são processadas por apenas uma máquina, ou seja, o mesmo lote não pode ser processado por duas máquinas diferentes para não ter diferença no designer das peças, portanto, o sistema foi tratado separadamente.

Para melhor compreensão e estudo das filas formadas no setor de Laser da Lavanderia X, foram coletados durante o mês de Março de 2015 os dados de chegadas dos clientes ao sistema que possui três máquinas, bem como, os tempos de atendimento e saída dos clientes do sistema. Nas Tabelas dos Apêndices I, II e III são apresentados dados coletados referentes aos tempos de entrada, atendimento, saída das peças e tempo entre chegadas ao sistema de processamento referente as máquinas M1, M2 e M3 respectivamente.

Para obtenção da média do TA e TEC de clientes ao sistema, os dados coletados foram analisados no *Input Analyzer* do Arena. Os valores obtidos estão expostos da Tabela 1. Ressalta-se que o TA segue um distribuição exponencial negativa e o TEC uma distribuição de Poisson.

**Tabela 1:** Média do TA dos clientes e TEC de clientes ao sistema

Máquina	TEC (min)	TA (min)
M1	1,6	1,66
M2	1,69	1,60
M3	1,78	1,66

Fonte: Elaborada pelos Autores (2014)

A partir dos dados da Tabela 1 foram obtidas as taxas de chegadas ( $\lambda$ ) e taxas de atendimento ( $\mu$ ) e através dos cálculos e estudos do sistema de uma fila e um canal, referente as três máquinas. Os dados obtidos estão expostos na Tabela 2.

**Tabela 2:** Taxa de atendimento e de chegada de clientes na M1, M2 e M3 respectivamente.

Máquina	$\lambda$ (peças/minuto)	$\mu$ (peças/minuto)
M1	0,625	0,602
M2	0,591	0,625
M3	0,561	0,602

Fonte: Elaborada pelos Autores (2014)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados da Tabela 2 e as equações do Quadro 1, 2 e 3, foram realizados os cálculos dos parâmetros do sistema em estudo. Os mesmos foram feitos separadamente para cada máquina do sistema, conforme segue.

**Tabela 3:** Resultados dos parâmetros do sistema de filas da M1.

Parâmetro	Resultado
Média $\mu$	0,602 peças/minuto
Média $\lambda$	0,625 peças/minuto
$\rho$	103,82 %
P (n=0)	-
NF	-
NS	-
TF	-
TA	-
TS	-

Fonte: Elaborada pelos Autores (2014)

**Tabela 4:** Resultados dos parâmetros do sistema de filas da M2.

Parâmetro	Resultado
Média $\mu$	0,625 peças/minuto
Média $\lambda$	0,591 peças/minuto
$\rho$	94,56 %
P (n=0)	5,75 %
NF	16,47 peças
NS	17,38 peças
TF	0,78 minutos
TA	1,66 minutos
TS	2,44 minutos

Fonte: Elaborada pelos Autores (2014)

**Tabela 5:** Resultados dos parâmetros do sistema de filas da M3.

Parâmetro	Resultado
Média $\mu$	0,602 peças/minuto
Média $\lambda$	0,561 peças/minuto
$\rho$	93,1 %
P (n=0) (%)	6,81 %



NF	12,79 peças
NS	13,68 peças
TF	0,37 minutos
TA	1,66 minutos
TS	2,03 minutos

Fonte: Elaborada pelos Autores (2014)

A primeira análise foi feita individualmente entre as máquinas, pois mesmo as 3 máquinas fazendo parte da mesma etapa do processo, elas não tem relação uma com a outra para realizar o processo, pois como já foi dito, cada lote é processado por apenas uma máquina.

Nota-se por meio dos dados da Tabela 3 que a taxa média de chegada ( $\lambda$ ) maior que a capacidade de atendimento ( $\mu$ ) da M1, ou seja, sua taxa de ocupação é de 103,82%. Sob essas condições a taxa de ociosidade da máquina é nula, e o colaborador não consegue processar todas as peças que chegam no sistema no tempo esperado, gerando filas. Neste caso, identificado a sobrecarga da máquina, poderia realizar treinamento com o colaborador, uma vez que sua habilidade de colocar a peça na máquina influencia diretamente no tempo.

Desta forma, como  $\lambda > \mu$ , não foi possível realizar os cálculos de P (n=0), NF, NS, TF, TS pelo fato da taxa de chegada ser maior que a taxa de atendimento. Uma vez se o sistema operasse interruptamente, ocorreria formação de filas infinitas.

Com relação à M2, a mesma apresenta uma taxa média de chegada ( $\lambda$ ) de 0,59 minutos e que sua capacidade de atendimento ( $\mu$ ) é 0,602, apresentando uma taxa de ocupação do sistema de aproximadamente 94,56% da capacidade total, e conseqüentemente uma taxa de ociosidade de 5,75%. Neste tempo ocioso, o operador poderia aumentar a velocidade da máquina de laser, pois assim, sua taxa de ocupação aumentaria, e como consequência, aumento da taxa de produção da máquina.

Comparando o TA com o TF, deve-se atentar com o TF, pois as peças ficam 0,78 minutos esperando para ser processada, gerando filas de aproximadamente 17 peças no sistema. Essas condições podem gerar insatisfação para os clientes, uma vez que pode acarretar um atraso na entrega final do produto. Como já mencionado, o aumento da velocidade da máquina também irá reduzir o tempo de fila das peças, e conseqüentemente o tempo de sistema.

Com base no período avaliado, o tamanho do lote não influencia no tempo de processamento das peças, uma vez que o sistema apresenta uma porcentagem de ociosidade, e considerando no turno total de trabalho, esse valor que parece insignificante por ser pequeno, causa um impacto muito grande na produção.

A partir dos dados da Tabela 5, referentes à M3, nota-se que a mesma apresenta uma taxa média de chegada ( $\lambda$ ) de 0,561 peças/minutos e que sua capacidade de atendimento ( $\mu$ ) é 0,602, apresentando uma taxa de ocupação do sistema de aproximadamente 93,1% da capacidade total, e conseqüentemente uma taxa de ociosidade de 6,81%. Nesta máquina, há formação de fila de aproximadamente 14 peças, porém, as mesmas ficam apenas 0,37 minutos na fila de espera. A solução para a redução da ociosidade é mesma apontada para a M2, aumento da velocidade da máquina.

Diante dos resultados apresentados nos Tabelas 3, 4 e 5 referente às máquinas M1, M2 e M3 respectivamente, foi possível fazer uma análise entre as mesmas. Com relação à eficiência, uma vez que as máquinas M2 e M3 são iguais, nota-se que a M2 é mais eficiente, pois apresenta uma maior taxa de ocupação. Já a M1, a mesma não está sendo eficiente, pois não está conseguindo processar todas as peças.

Ainda com relação à M2 e M3, a M2 é mais eficiente, porém o tempo de espera das peças para serem processadas é maior, sendo assim, o que justifica essa diferença é a habilidade do operado para colocar a peça na máquina.

## 6 CONCLUSÃO

É comum se deparar com filas em todos os setores de prestação de serviços, seja nele como um todo, como também em uma etapa do processo. Devido à algumas características do sistema de produção da lavanderia industrial, não foi possível aplicar a Teoria das Filas em todas as etapas do processo de lavagem industrial, pois nas etapas do mesmo, a chegada dos lotes serem constantes.

Conclui-se que o problema de pesquisa foi respondido, uma vez que foi analisado o desempenho produtivo da etapa de Laser do processo de lavagem de uma lavanderia industrial.

Observou-se que na etapa do Laser é utilizado 3 máquinas diferentes para o processamento das peças, porém, as peças de um mesmo lote são processadas por apenas uma máquina. Desta forma o sistema de filas é caracterizado como Sistema fila único e um canal.

As análises foram feitas separadamente entre as máquinas. Com relação à M1, notou-se que a taxa de atendimento da mesma é menor que a taxa média de chegada, em consequência, a taxa de ocupação de 103,82%, ou seja, o colaborador não está conseguindo processar todas as peças que chegam ao sistema.





Com relação à M2, os resultados apontaram uma taxa de ocupação de 94,56% da sua capacidade total, um tempo de espera nas filas, consideravelmente alto, de 0,78 minutos, chegando a formar filas de aproximadamente 17 peças.

Já a M3 apresentou uma taxa de ocupação de 93,1 da sua capacidade total, um tempo de espera nas filas de 0,37 minutos, formando filas de aproximadamente 14 peças.

Também foi feito uma análise entre as máquinas M1, M2 e M3. Notou-se que a M2 é mais eficiente em relação a M3, uma vez que ela apresenta uma maior taxa de ocupação. Já a M1 não é eficiente, pois não esta conseguindo processar todas as peças que chegam no sistema.

De forma geral, como não se trata de um serviço que exija conhecimentos específicos, duas sugestões foram feitas, sendo elas: i) Treinamento para os operadores das 3 máquinas; e ii) Configurar máquinas M1 e M2 a uma maior velocidade, pois os operadores apresentaram ociosidade.

## **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, E. L.. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 3a. edição. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

ARENALES M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CARRIÓN, E. Ar. **Teoria das Filas como Ferramenta para Análise de Desempenho de Sistemas de Atendimento**: Estudo do Caso de Um Servidor da UECE. Dissertação de Mestrado. Fortaleza – Ceará; Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE. 2007.

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.. **Apostila da disciplina de Teorias das Filas e Simulação**. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Maranhão, 2006.

PRADO, D. S. **Teoria das Filas e da Simulação**. Nova Lima: INDG, 2006.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. 8ª. edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2008. Cap. 15, p. 247-270.