



**Encontro Técnico
AESABESP**
30º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



FENASAN
30ª Feira Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



139 - ESTUDO DA TEORIA DAS FILAS APLICADO A GESTÃO DE FALTA D'ÁGUA EM EMPRESA DE SANEAMENTO

Nome do Autor

Renato Von Randow Junior.

Engenheiro Civil Pós Graduado em Gerenciamento de Projetos e MBA Em Gestão Competitiva.

Endereço⁽¹⁾: Travessa Augusto Schwambach, 119, Ap201, Centro – Domingos Martins - ES - CEP: 29260-000 – Brasil - Tel: +55 (27) 99996-8138 - e-mail: renatpra@gmail.com.

RESUMO

O estudo da teoria das filas mostra-se uma ferramenta que garante a otimização das empresas prestadoras de serviços. Os consumidores, cada vez mais exigentes, buscam atendimentos rápidos e eficientes, resultando no surgimento de novos métodos mais ágeis para garantir a efetividade dos atendimentos. O abastecimento de água, essencial à vida, é um serviço prestado por companhias de saneamento públicas e privadas, e os tempos de atendimento para reestabelecimento do abastecimento de falta d'água devem ser diminuídos para melhorar a satisfação dos clientes. O objetivo desse trabalho é apresentar um estudo de viabilidade econômica para o dimensionamento de equipes para atendimento de reclamações de faltas d'água no município de Cariacica, no estado do Espírito Santo, podendo sua aplicação se desdobrar a qualquer setor de abastecimento e também outros serviços. O estudo foi desenvolvido através da análise da Teoria das Filas, apresentando como amostra os dados de Dezembro do ano 2018, da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) dos serviços de verificação de falta d'água em Cariacica-ES. Dos resultados obtidos foi determinado um número economicamente viável, de maneira a respeitar os requisitos mínimos para cumprimento de três pilares: exigências contratuais, viabilidade financeira e legislação Agência Reguladora de Serviços públicos.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria das Filas, Viabilidade, Verificação de Abastecimento, Falta D'água, Tempo de atendimento.

INTRODUÇÃO

O abastecimento de água, realizado por empresas prestadoras de serviços de saneamento, é um dos principais serviços para manutenção da vida humana. Portanto, na ocorrência de alguma paralisação, manutenção, ou falha de abastecimento, o tempo de atendimento para verificação e resolução de demandas de falta d'água é um dos indicadores mais valiosos que uma empresa de saneamento deve buscar atender.

Segundo Hillier e Lieberman (2010) a pesquisa operacional está relacionada à pesquisa sobre atividades de conduzir e coordenar operações. Ao identificar a existência de um problema, inicia-se o desenvolvimento do método científico através de levantamento de dados relevantes para a construção do modelo matemático, que irá alinhar os dados reais para obter a solução ótima. Na pesquisa operacional, diversas técnicas de modelagem auxiliam no processo decisório para a otimização do problema identificado, e a Teoria das Filas é uma das ferramentas que analisa a relação entre a demanda e eficiência do sistema de atendimento em um intervalo de tempo (ARELANES et al.; 2007).

De acordo com Arenales (2007), filas são desagradáveis e encontram-se geralmente em ambientes onde há um excesso da demanda sobre o sistema de fornecimento. Na análise da fila de espera deve-se levar em consideração o comportamento do cliente, já que o mesmo pode trocar, desistir de entrar na fila ou abandonar o sistema por esperar muito tempo (TAHA, 2008). Modelos de filas são comuns no cotidiano, encontrados em áreas de lazer, praças de alimentação, agências de correios, ou até em um cinema e esse tempo de espera provoca desgastes dos clientes e problemas na qualidade de vida dos mesmos, interferindo negativamente na eficiência econômica (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

OBJETIVO

O presente trabalho tem como tema o estudo de viabilidade para dimensionamento de equipes para atendimento de demandas de falta d'água causados por falhas na distribuição de água potável. Será utilizado como referência o município de Cariacica- ES, atendido pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). O foco será no comportamento das filas e na probabilidade de n clientes no sistema solicitarem os serviços da empresa para resolução do desabastecimento de água em suas residências. Nesta perspectiva, a análise realizada utilizará a abordagem da Pesquisa Operacional referente a filas, e associada à Engenharia de Operações e Processos, com enfoque na Gestão de Sistemas de Produção e Operações, pois trata-se de uma verificação desse sistema e sua eficiência no setor de serviços.

De acordo com Andrade (2011), uma organização pode possuir informações como a probabilidade de se ter n clientes em seu sistema, qual o tempo médio de espera na fila e no sistema, o tamanho da fila, qual o melhor sistema a ser utilizado, percentual de tempo em que o posto de trabalho permanece ocioso ou ocupado, etc. Para as empresas, as filas estão relacionadas ao custo, podendo ser a perda de um cliente que não quis esperar, ou até mesmo a indenização pela má prestação do serviço. O aumento no tempo de produção/execução devido à formação de filas também um custo que deve ser considerado para análises de viabilidade.

A água é um bem universal, no entanto seus processos de captação, tratamento e distribuição são fornecidos por empresas prestadoras de serviços. Portanto o consumidor tem seu fornecimento amparado pelo código de defesa do consumidor (CDC) que define consumidor: “é toda pessoa física ou jurídica que adquire ou utiliza produto ou serviço como destinatário final.”

O CDC define que o fornecedor do serviço está sujeito a reparar os danos causados aos consumidores por danos decorrentes da má prestação do serviço. Outrossim, o art. 927 do CC, estabelece que “Aquele que, por ato ilícito, causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo.

Embasado nestas condições, este trabalho desenvolve uma ferramenta para melhoria da gestão de equipes para investigar e solucionar o mais rápido possível a causa da interrupção do fornecimento de água.

JUSTIFICATIVA

O Código de Defesa do Consumidor (CDC) determina que as concessionárias de serviços públicos são obrigadas a implantar a manutenção, modernização e fiscalização de suas estações, sub-estações, distribuidores, redes e sistemas de canalização, etc, bem como de todos os equipamentos instalados em tais locais, para segurança dos consumidores que estão próximos de tais instalações. Caso descumprimento, as concessionárias ficam submetidas à multas, indenizações, custos com advogados, ocupação de mão de obra para justificar falhas, sem contar a imagem da empresa que fica manchada devido má prestação de serviços.

Portanto, cada caso de falta d'água é tratado de uma forma específica e para isso, são necessárias equipes que respondem à chamados, com origem em um centro de atendimento (call center) e repassadas para as respectivas áreas operacionais e de manutenção das empresas, fornecedoras de serviços de abastecimento de água para as devidas tratativas. As grande empresas contam com sistemas informatizados de atendimento, repasse e controle dos chamados

As solicitações de serviços ocorrem de maneira aleatória e são submetidas a avaliação de programadores de serviços que priorizam e controlam os atendimentos com apoio dos técnicos e engenheiros responsáveis pela operação dos sistemas de distribuição de água. Relatórios de atendimento são gerados constantemente e as notas de serviços, são monitoradas através de filas de atendimento, sendo que as mais antigas devem ser priorizadas, para não exceder os tempos contratuais, estabelecidos por cada empresa, município, legislação, etc...

De acordo com Hillier e Lieberman (2010), a formação de filas de espera é um fenômeno que ocorre quando a demanda se torna maior que a capacidade de fornecer um serviço em um determinado período. Por exemplo, se o número de servidores for abaixo do necessário em um restaurante no horário de almoço, o cliente pode acabar esperando um tempo maior do que está disposto, resultando em insatisfação ou até mesmo desistência da utilização do serviço. Porém, a análise do caso contrário também é fundamental. Se o número de servidores alocados for maior do que o necessário, o custo para mantê-los torna-se alto. Para essas análises, é preciso levar em consideração as condições do estabelecimento, como horário de atendimento, número de consumidores que procuram o serviço e horas de pico.

Moreira (2007) diz que a “Teoria das filas é um corpo de conhecimentos matemáticos, aplicado ao fenômeno das filas”. Seu objetivo principal é desenvolver modelos matemáticos que permitam prever o comportamento de sistemas de prestações de serviços (MARINS, 2011).

O Quadro 1 a seguir, informa algumas causas de problemas de abastecimento de água que podem ser causados por diversos motivos:

Quadro 1: Falta d’água - Problemas, causas e prováveis soluções.

Problemas	Causas	Prováveis Soluções
Falta d’água em apenas um cliente	Vazamento na rede de distribuição, obstrução na rede de distribuição, registro fechado (no hidrômetro do cliente), vazamento interno à residência, problemas no reservatório do cliente, intermitência de abastecimento, etc...	Quando há apenas uma reclamação na localidade, os programadores de serviços da companhia direcionam o chamado à equipe de manutenção que se desloca até o cliente e após aferir o medidor (hidrômetro) do cliente, a primeira medida é averiguar como está o abastecimento na vizinhança. Caso abastecimento normalizado, nos vizinhos, conclui-se que a falta d’água é localizada e deve ser tratada de forma pontual até o reestabelecimento. Os problemas após o Hidrômetro, como vazamentos e obstruções, dentro da residência do cliente, são de responsabilidade do mesmo. Há locais em que o abastecimento é majoritariamente no período noturno, ou no período de funcionamento da estação Elevatória. Estas particularidades devem ser consideradas para melhor averiguação.
Falta d’água em uma região	Vazamento na rede de distribuição, obstrução na rede de distribuição, Problemas em Estação Elevatória, Problemas em Válvulas, Mudanças operacionais como manobras, interligações, etc...	O mapeamento das ocorrências indica a área afetada e desta forma a identificação da falha deve ser estudada percorrendo as áreas para tentar identificar a causa do desabastecimento, problemas e anormalidades no setor reclamante. A solução não depende de grandes mobilizações, e na maioria das vezes vem após análise das equipes de campo apontando e corrigindo as falhas. Após a correção, as equipes devem se certificar que todos que reclamaram tiveram seu abastecimento reestabelecido. Esta certificação é realizada com a conferência das pressões no hidrômetro do reclamante após as devidas correções. Carros pipa são enviados para complementar o abastecimento das residências afetadas.
Falta d’água generalizada	Vazamento em redes de grande porte, obstrução em rede de grande porte, Problemas em Estação Elevatória, Problemas em	Diversas ocorrências são abertas em curto espaço de tempo e se distribuem em todo o setor de abastecimento. A identificação da falha é rápida, no entanto a solução pode depender de grandes



	Válvulas, Mudanças operacionais, Problemas na captação e ou estação de tratamento de água que venham a interromper o fornecimento de água, problemas nos reservatórios, etc...	mobilizações, obras, equipamentos, pessoas, etc...
Falta d'água programada	Manutenções programadas que afetam áreas de abastecimento e são informadas com antecedência à população através dos meios de comunicação com rádio, TV e site das companhias.	Os clientes devem possuir reservatórios para suprir a demanda de um dia de consumo. Por isso as paralisações devem ser planejadas para não ultrapassar 24 horas de interrupção.

METODOLOGIA

Na primeira etapa do estudo, foram levantadas as quantidades de solicitações de serviços relativos à falta d'água do ano 2018 no município de Cariacica-ES. Para ilustrar as necessidades de atendimentos das demandas de falta d'água no município veja a seguir as reclamações, distribuídas ao longo do ano 2018 (Média diária de reclamações ao longo do ano).

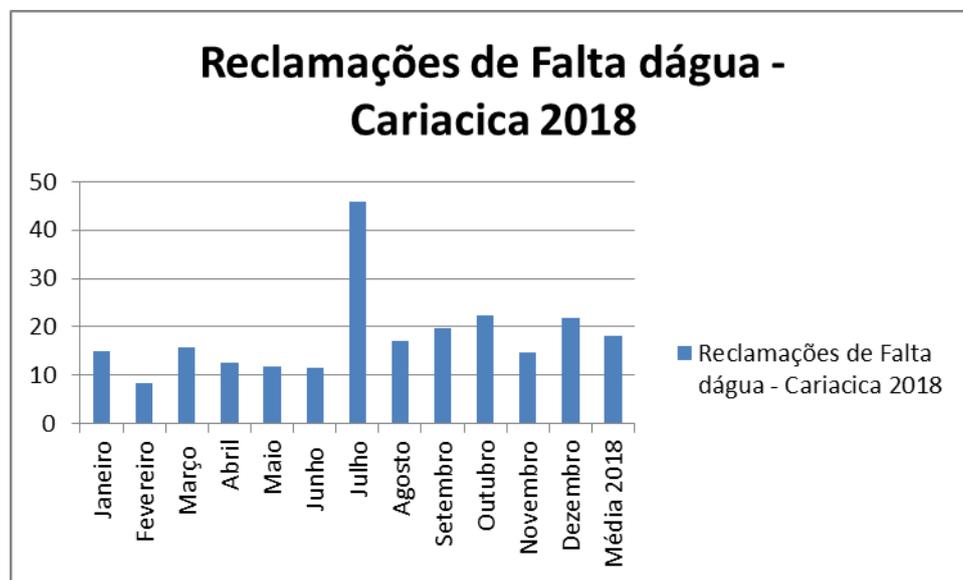


Figura 1: Média diária de reclamações de falta d'água no município de Cariacica- ES. Ano 2018. Fonte: CESAN.

Foi informado pela empresa que em Julho/2018 ocorreu uma obstrução em uma importante adutora de abastecimento e no mês de Outubro houve paralisação programada do sistema para manutenção. Por estes motivos, o elevado número de ocorrências são justificadas para este mês e não foram escolhidos para detalhamento do estudo. Portanto, foi eleito o mês de dezembro deste ano para o estudo, já que, dentre os demais eletivos, foi o que representou maior número de reclamações sem identificação de nenhum fato relevante, como paralisação programada ou interrupção significativa do abastecimento no município de Cariacica. Foi importante a escolha de dezembro por se tratar de um mês com temperaturas elevadas, quando o consumo de água é maior, e que reflete bem uma amostra ao longo do ano.

A seguir, a representação de como se dá o atendimento através de uma fila de atendimento.

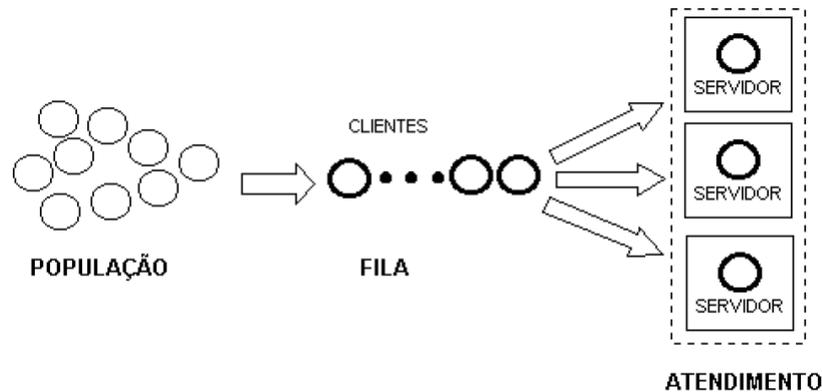


Figura 2: Elementos de uma fila Fonte – (Prado 2009).

A Figura 1 ilustra os elementos de uma fila em que, a população representa as reclamações de falta d'água no município, que serão organizadas em forma de fila de atendimentos, e atendidas por servidores de empresas contratadas. Este atendimento, se resume à uma visita de verificação para constatação do problema, investigação e resolução. Quando o constatada a falta de abastecimento, inclusive no período noturno, o cliente deverá ser abastecido por carro pipa, até que o abastecimento seja solucionado.

Taha (2008) exemplifica dois tipos de fontes para formação de filas: finita, que limita a chegada de clientes para o serviço, e infinita, em que os clientes podem continuar chegando sem parar, ou seja, não existe um número máximo de clientes permitidos. No caso de reclamações de falta d'água, não existe limitação, portanto é considerada uma fonte infinita.

A empresa analisada foi a Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan). Uma empresa de economia mista, de regime jurídico de direito privado, sociedade anônima, sediada na cidade de Vitória (ES). O acionista majoritário é o Governo do Estado do Espírito Santo. Criada em 8 de fevereiro de 1967 pela Lei nº 2.282/67 com a extinção do Departamento de Água e Esgoto (DAE). Atua no setor concessionário de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, realizando estudos, projetos, construção, operação e exploração comercial dos serviços. Atua em 52 dos 78 municípios do Espírito Santo, sendo 7 na Região Metropolitana da Grande Vitória (Vitória, Vila Velha, Cariacica, Viana, Serra, Guarapari e Fundão) e 45 no interior.

No momento do estudo, no município de Cariacica, a Companhia contava com 17 equipes, que trabalhavam no atendimento às demandas gerais de manutenção nas redes de distribuição de água nos municípios de Cariacica e Viana. Estas atuavam no trabalho de eliminação de vazamentos, e atendimentos de demandas de falta d'água. Desse número total de equipes, não existia uma quantidade específica exclusiva para atendimentos às demandas de falta d'água. O funcionamento acontecia em horário entre 8:00 e 22 horas com 15 equipes de segunda a sexta e duas equipes que trabalham no horário noturno (20:00 às 8:00) revezando-se em regime de escala. Os trabalhos no sábado e domingo eram realizados por equipes em escalas diferenciadas, de acordo com as demandas.

As filas eram utilizadas para repasse das demandas de atendimento e prioridade, através de notas de serviços, também conhecidas por Solicitação de Serviço (SS) em que cada equipe recebia as demandas no início do dia (8:00) e no meio do dia (13:00). Caso não tivessem nenhuma demanda, para eliminação de vazamento ou verificação de falta d'água, as equipes aguardavam na base operacional novos chamados.

As filas em si podem assumir diversas disciplinas. Segundo Taha (2008), a disciplina mais comum é “primeiro a chegar, primeiro a ser atendido”, há também “último a chegar, primeiro a ser atendido”, “serviço em ordem aleatória”, “serviço por ordem de prioridade”, podendo ser “preemptiva”, onde o serviço em andamento é interrompido para atender quem acabou de solicitar, como em prontos-socorros, ou “não-preemptiva”, onde o serviço em andamento é concluído antes de atender quem acabou de chegar, entre outras.

Existem diversos modelos diferentes de filas baseados nas hipóteses feitas sobre seu comportamento. Dois modelos comuns são fila única e vários servidores, como em bancos, ou fila única e um único servidor, como a compra de



fichas em uma cantina de uma universidade. Prado (2009) afirma que um modelo de filas pode ser descrito pela notação de Kendall-Lee:

A/B/c/K/m/Z

equação (1)

A - Distribuição do intervalo entre chegadas; B – Distribuição do tempo de serviço; c – Número de canais de atendimento; K – Capacidade Máxima de usuários no sistema; m – Tamanho da População; Z – Disciplina da fila.

RESULTADOS

Primeiramente foi determinada a taxa de ligações por hora, utilizando o mês de dezembro/2018. Foram 623 atendimentos em 744 horas (31 dias x 24 horas). Portanto a taxa, ou ritmo de chegada de clientes foi de 0,837 clientes por hora.

Fato que foi levado em consideração foi o período a quantidade média de ligações por período do dia. Segue Figura 3, ilustrando os períodos e porcentagem de solicitações de clientes informando a falta d'água.

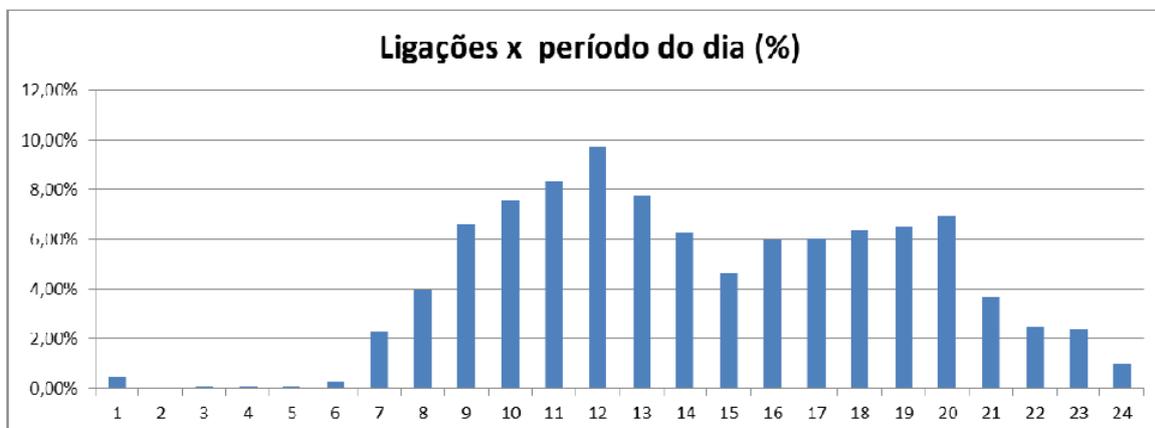


Figura 3: Picos de Solicitações de atendimento de acordo com o período do dia

No período compreendido entre 6 horas e 22 horas, se concentram 97,54% das reclamações de falta d'água. Ao meio dia, ocorre o pico de solicitações com 9.75% da demanda diária.

No mês de Dezembro para as 623 notas de verificação de abastecimento (Fote: CESAN), a média de tempo de execução de todas as notas, foi de 28:59 (Vinte e oito minutos e cinquenta e nove segundos) por cliente, o que equivale a 0,488 horas.

Desta forma, foi determinada uma estimativa do número de atendentes, ou seja, equipes de campo para recebimento da solicitação de serviço (SS) e atendimento in loco de verificação do abastecimento, diagnóstico e solução.

Para este dimensionamento, foi definido para cada atendente 1 hora de mobilização e desmobilização e 1 hora de intervalo de almoço. Portanto, no período de um mês, das 220 horas previstas de trabalho, cada atendente ou equipe de atendimento realiza efetivamente 172,21 horas.

Visto pois, o Quadro 2 indica o número possível de notas a serem atendidas de acordo com o tempo médio de deslocamento entre atendimentos, o tempo médio para execução do serviço e o número de atendentes.

Quadro 2: Número de atendimentos no mês em razão do tempo médio de deslocamento (A), Tempo médio de execução (B), quantidade de equipes



A (min)	B (h)	1	2	3	4	5
0	0,48	358,63	717,25	1075,88	1434,50	1793,13
10	0,65	266,42	532,85	799,27	1065,70	1332,12
15	0,73	236,08	472,15	708,23	944,31	1180,39
20	0,81	211,94	423,87	635,81	847,75	1059,68
25	0,90	192,28	384,55	576,83	769,10	961,38
30	0,98	175,95	351,90	527,86	703,81	879,76
35	1,06	162,18	324,37	486,55	648,73	810,92

Portanto, para que fosse possível o atendimento das 623 notas do mês de dezembro, conforme já informado anteriormente, a empresa deveria contar com no mínimo 3 equipes de atendimento para cumprir as demandas, considerando 20 minutos de deslocamento médio entre atividades e tempo médio de execução de 0,48 horas. Esta então, será a taxa utilizada para realização das simulações e estatísticas da Teoria das Filas deste trabalho.

Seguem as notações que serão levadas em consideração - Andrade (2009):

$$\lambda = \text{chegadas/unidades de tempo} = 623/744 = 0,837 \text{ (clientes/hora)}$$

As taxas podem ser calculadas para os períodos do dia, mas neste trabalho, levaremos em conta a taxa média calculada no mês. No horário de pico a taxa pode chegar a 1,95 clientes por hora.

Os tempos de atendimento, por canal, seguem a distribuição exponencial negativa, com média de $1/\mu$ sendo que μ é o tempo médio de atendimento, incluindo o deslocamento. Este tempo foi de 0,81 horas. Portanto, a taxa média de atendimento será de $1/0,81 = 1,23$ atendimentos por hora por equipe de atendimento; Com duas equipes trabalhando simultaneamente, a taxa de atendimentos passa a ser 2,46 atendimentos por hora. Assim é determinado o ritmo de serviço, multiplicando-se a taxa de atendimento pelo número de atendentes.

A condição de estabilidade do sistema é $\lambda < \mu.c.$

O número de clientes é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita.

Esse trabalho conta com um procedimento de pesquisa experimental, pois tal método permite utilizar as variáveis envolvidas em questão e mensurar o efeito na análise dos resultados encontrados por meio do método selecionado. Uma pesquisa experimental deve ser delimitada em relação aos objetivos que se almeja alcançar de modo que mantenha um rígido controle ao manipular os dados coletados sem influenciar negativamente no produto da pesquisa (VIANNA, 2001).

Com os dados coletados, e os modelos propostos, utilizou-se a ferramenta Excel do pacote Microsoft Office para o desenvolvimento dos cálculos e obtenção dos resultados e do gráfico. Em detenção de todas as probabilidades calculadas, foi realizada uma análise dos valores resultantes.

De acordo com as informações coletadas, decidiu-se por calcular as probabilidades de n clientes nesse sistema, pois, apesar da empresa possuir controle da solicitações de serviços e tempo de atendimento, a mesma não o utiliza para prever a demanda pelo serviço especificamente para verificações de falta d'água, já que as equipes realizam diversas atividades.

$$P(x) = ((\lambda^x) * e^{(-\lambda)}) / (x!) \quad \text{equação (2)}$$

Quadro 3: Probabilidade de n Clientes no sistema, considerando a Taxa de chegada de 0,837 clientes por hora.



Número de Clientes	Probabilidade	Acumulado
0	43,28%	43,28%
1	36,25%	79,53%
2	15,18%	94,71%
3	4,24%	98,94%
4	0,89%	99,83%

Os valores obtidos, revelam no Quadro 3 que a probabilidade de não haver nenhum cliente aguardando atendimento é de aproximadamente 43%. Percebe-se também que a probabilidade de o sistema ter 4 clientes ou menos é de aproximadamente 99,83%.

Foi determinado também o intervalo entre chamadas consecutivas calculado conforme Quadro 4, a partir da equação 3.

$$P(t \leq T) = 1 - (e^{-(\lambda) \cdot t}) \quad \text{equação (3)}$$

Quadro 4: Probabilidade dos tempos (t), intervalo entre reclamações.

Intervalo entre chamados (h)	Probabilidade (t)
0	0,00%
1	56,60%
2	81,17%
3	91,83%
4	96,45%

Existe a probabilidade de 96,45% do tempo entre chamadas consecutivas ser menor do que 4 horas.

É possível calcular a probabilidade de que na unidade de tempo assumida sejam atendidos (y) clientes, a partir da equação 4 a seguir. Os resultados estão apresentados no Quadro 5.

$$P(y) = (\mu^y) \cdot (e^{-\mu}) / (y!) \quad \text{equação (4)}$$

y = número de clientes atendidos em uma hora

μ é a taxa média de atendimentos por hora

e = algarismo neperiano = 2,7183

Quadro 5: Probabilidade de atendimento de y clientes em uma hora com um atendente.

Número de Clientes Atendidos em 1 hora	$\mu = 1,23$	Acumulado
0	29,31%	29,31%
1	35,97%	65,29%
2	22,07%	87,36%
3	9,03%	96,38%
4	2,77%	99,15%

Quadro 6: Probabilidade de atendimento de y clientes em uma hora com dois atendentes.

Número de Clientes	$\mu = 2,46$	Acumulado
--------------------	--------------	-----------



Atendidos em 1 hora		
0	8,59%	8,59%
1	21,09%	29,68%
2	25,88%	55,56%
3	21,17%	76,73%
4	12,99%	89,72%
5	6,38%	96,10%
6	2,61%	98,70%
7	0,91%	99,62%

Conforme o Quadro 6, há probabilidade de se atender até 7 cliente em uma hora, considerando duas equipes trabalhando simultaneamente.

Para determinar o fator de utilização, recomendamos que seja feita a distribuição das equipes sendo, duas equipes trabalhando simultaneamente no período de pico de solicitações.

Foi feita uma simulação de distribuição das atividades conforme figura 3 onde também foram apresentadas as taxas de reclamações por período, os horários de trabalho de cada equipe e os ritmos de atendimento de cada horário.

Para definir o fator de utilização do sistema, foi utilizada a equação 5.

$$r = \lambda / \mu \quad \text{equação (5)}$$

Quadro 7: Simulação 1 - Distribuição de equipes de atendimento. Taxas de entradas de clientes e Ritmos de atendimentos. Cálculo do Fator de utilização do sistema.

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
SS	3	0	0	0	0	1	14	25	41	47	52	61	48	39	29	37	38	40	40	43	23	15	15	6			
%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	4%	7%	8%	8%	10%	8%	6%	5%	6%	6%	6%	6%	7%	4%	2%	2%	1%			
Eq 1									Equipe 1 (8 às 17hs)																		
Eq 2												Equipe 2 (11 às 20)															
Eq 3	Equipe 3 (20 às 8)																					Equipe 3					
λ	0,18								1,51				1,36				1,33				0,47						
μ	1,23								1,23				2,47				1,23				1,23						
r	15%								122%				55%				107%				38%						

Quando a taxa de chegada de clientes na fila é maior do que o ritmo de atendimento o sistema não apresenta-se estável. Por isso, diante da Simulação do quadro 7, foi proposta uma redistribuição das equipes para estabilizar o sistema, conforme apontado no quadro 8:

Quadro 8: Simulação 2 de distribuição de equipes. Taxas de entradas de clientes e Ritmos de atendimentos para cálculo do Fator de utilização do sistema.



Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
SS	3	0	0	0	0	1	14	25	41	47	52	61	48	39	29	37	38	40	40	43	23	15	15	6				
%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	4%	7%	8%	8%	10%	8%	6%	5%	6%	6%	6%	6%	7%	4%	2%	2%	1%				
Eq 1							Equipe 1 (8 às 17hs)																					
Eq 2								Equipe 2 (08 às 17)																				
Eq 3																Equipe 3 (14 às 22)												
λ	0,03					0,63			1,55					0,93		1,21		0,95										
μ	0,00					1,23			2,46					3,69		2,46		1,23										
r						51%			63%					25%		49%		77%										

Perante a simulação do quadro 8, é possível constatar que o período entre 23 e 5 horas da manhã, as demandas são praticamente nulas e a probabilidade do sistema estar vazio é de (1-r) praticamente 100%. Para estes casos, a empresa poderá solicitar, em caso de emergência, a verificação de demandas esporádicas por equipe de plantão, a critério de cada caso específico.

Para definir a probabilidade do sistema estar vazio, podemos ponderar o ritmo de atendimento, conforme o número de atendentes, no caso da Simulação 2, a probabilidade do sistema estar vazio no período entre 6 e 22 horas será de: $1,2/1,46 = 0,82$ (r) portanto, $1-r = 17,80\%$. Baixa probabilidade de estar ocioso, diferente do período noturno.

Portanto, para finalizar os resultados, será estimada a probabilidade de que haja n clientes no sistema, esperando ou sendo atendidos no período entre 6 e 22 horas, com o ritmo de atendimento de 1,46 (média ponderada) dada pela equação 6.

$$P(n) = ((l/m)^n) * P(0) \quad \text{equação (6)}$$

Quadro 9: Probabilidade de n clientes sendo atendidos ou aguardando atendimento.

Número (n) de Clientes na Fila	P (n)	Acumulado
0	17,81%	17,81%
1	14,64%	32,45%
2	12,03%	44,48%
3	9,89%	54,36%
4	8,13%	62,49%
5	6,68%	69,17%
6	5,49%	74,66%
7	4,51%	79,17%
8	3,71%	82,88%
9	3,05%	85,93%
10	2,51%	88,44%
11	2,06%	90,50%
12	1,69%	92,19%
13	1,39%	93,58%

Portanto foi calculado que existe 90,50% de probabilidade de existir menos do que 11 clientes no sistema de atendimento no período entre 6 e 22 horas, conforme quadro 9.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Através desse trabalho, a empresa estudada terá maior conhecimento sobre seu sistema e probabilidade de assertividade para atendimento às demandas de verificação de abastecimento, dimensionamento de equipes,

distribuição em períodos de pico, posicionamento geográfico para definir tempos máximos e mínimos de deslocamento.

Diante do exposto, concluiu-se que para o município de Cariacica, pode-se considerar a utilização de 3 equipes de atendimento trabalhando com a taxa de 1,23 atendimentos por hora por equipe, e 20 minutos como tempo médio de deslocamento entre atendimentos e também descontando o horário de almoço de mobilização dos atendentes.

Recomenda-se que as equipes se distribuam no período entre 6 e 22 horas, de modo que mantenha o sistema estável, ou seja, com a taxa de chegada de cliente não ultrapasse o ritmo de atendimento.

Como temas para próximos trabalhos sugerimos o estudo para diminuição do tempo de deslocamento entre atendimentos com a melhor distribuição geográfica para posicionamento das equipes. Esta sugestão poderá ser estudada com base na estatística da maioria dos chamados. Outra inovação a ser estudada seria a utilização de aplicativos que melhor distribuam as equipes e gerenciem as filas de atendimentos calculando em tempo real o número ideal de equipes de maneira a satisfazer os indicadores das empresas. Estes cálculos poderão ser definidos de acordo com as demandas das últimas horas e fazendo os ajustes para atendimentos com base no histórico das localidades, a época do ano, dia da semana, eventos relevantes tais como paralisações programadas, pós manutenções de grande porte, etc... O objetivo principal será a busca de atendimentos cada vez mais eficientes e os clientes mais satisfeitos com a prestação de serviço.

Este trabalho poderá ser replicado para outras disciplinas tais como eliminação de vazamentos em ramais, redes, cavaletes, serviços de leitura de hidrômetros, serviços de ligação, serviços de execução de redes, etc... Da mesma forma poderá ser desdobrado para os demais municípios da Grande Vitória, e porque não dizer para qualquer empresa de saneamento que possua o controle dos tempos de atendimento e execução dos serviços.

Como melhoria especificamente para o município estudado, pode-se sugerir que equipes sejam direcionadas exclusivamente para atendimentos de demandas de verificação de abastecimento, e que os tempos de deslocamentos também sejam computados e analisados, buscando-se a redução destes com a utilização de recursos tecnológicos como aplicativos que permitam a recepção e baixa das solicitações de serviços em tempo real e também calculem as melhores rotas de deslocamento para otimizar os atendimentos em menores tempos possíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, E. L. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análises de decisões. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
2. ARENALES, M. et al. Pesquisa operacional. 1. ed., 6. reimpr. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
3. CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto. Artmed, 2010.
4. HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. Introdução à pesquisa operacional. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
5. Lei nº 11.445/2007 - Saneamento Básico <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/alocacao-de-agua/oficina-escassez-hidrica/legislacao-sobre-escassez-hidrica/uniao/lei-no-11-445-2007-saneamento-basico/view> > Acesso em 23 Abril 2019
6. LEI Nº 8.078, DE 11 DE SETEMBRO DE 1990.
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18078.htm > Acesso em 23 Abril 2019
7. MARINS, F. A. S. Introdução à Pesquisa Operacional. São Paulo: Cultura Acadêmica, Pró Reitoria de Graduação, 2011.
8. MOREIRA, D. A. Pesquisa Operacional: curso introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
9. PRADO, D. Teoria das filas e da simulação. 4. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2009.



10. TAHA, A. A. Pesquisa Operacional: uma visão geral. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
11. VIANNA, I. O. de A. Metodologia do trabalho científico: um enfoque didático da produção científica. São Paulo: E.P.U, 2001.