

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS
Faculdade de Computação e Engenharia Elétrica
Bacharelado em Sistemas de Informação

**ANÁLISE DE DESEMPENHO EM *CLUSTER* VEICULAR UTILIZANDO
TEORIA DE FILAS**

Arthur William Lourenço Ferreira

MARABÁ – PA

2016

Arthur William Lourenço Ferreira

**ANÁLISE DE DESEMPENHO EM *CLUSTER* VEICULAR UTILIZANDO
TEORIA DE FILAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador:

Prof^ª. MSc. Alex de Souza Vieira

Coorientador:

Prof^ª. Evaldo da Silva Andrade

MARABÁ – PA

2016

Arthur William Lourenço Ferreira

**ANÁLISE DE DESEMPENHO EM CLUSTER VEICULAR
UTILIZANDO TEORIA DE FILAS**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal do Sul e
Sudeste do Pará, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do Título de Bacharel
em Sistemas de Informação.

Marabá: 27/04/2016.

Prof^a. MSc. Alex de Sousa Vieira
(Orientador)
(UFESSPA)

Prof^a. Título (Ex: Dr.) Nome do Orientador
(Examinadora da Banca)
(UFPA)

Prof^a. Título (Ex: Dr.) Nome do Orientador
(Examinadora da Banca)
(UFPA)

Marabá
2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família, que sempre me apoiou no decorrer deste curso, em especial ao meu pai, que sempre me incentivou a estudar, mostrando que este caminho era difícil, mas o mais promissor e concreto na vida de qualquer ser humano na sociedade. Dedico também a minha namorada Rafaely Rodrigues que me incentivou e me deu motivação para continuar lutando e não desistir.

Dedico de uma forma especial, para meus amigos (ZSL) de faculdade, parceiros que sempre ajudaram uns aos outros lutando juntos para um bem maior.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter permitido eu caminhar até aqui me dando forças através de minhas orações. Agradeço imensamente ao meu antigo orientador e hoje Coorientador Evaldo Andrade que foi a peça fundamental na realização deste trabalho. Agradeço também ao meu Atual orientador, Alex Vieira que me ajudou nesta fase final do curso e permitiu que eu pudesse ter uma nova esperança de finalização deste trabalho. Agradeço a todos.

RESUMO

É notável um grande aumento na quantidade de veículos circulando no país. Com o crescimento dessa população, os acidentes de trânsito proporcionalmente também aumentaram. A análise de desempenho de redes veiculares tem como seu principal objetivo diminuir esses acidentes por meio de comunicação interna (entre os próprios veículos da rede) ou externa (com outras redes como, por exemplo, *internet*). O presente trabalho aborda um modelo de análise de desempenho em um *cluster* veicular, baseando em teoria de filas, cujo foco é mensurar a latência de aplicações que trabalhem em um *cluster* veicular terrestre, levando em consideração sua população e a quantidade de requisições a ele destinado. Dentre outras possibilidades de tecnologias, neste trabalho, foram utilizados e comparados os enlaces de redes 3G, UHF e EDGE. Os resultados demonstram que o enlace 3G teve um melhor desempenho em relação aos demais, devido ao fato de sua largura de banda ser maior.

Palavras-Chave: Análise de Desempenho; *Cluster* Veicular Terrestre; Teoria de Filas.

ABSTRACT

It is noted a large increase in the number of vehicles circulating in the country. With this population growth, traffic accidents also increased proportionately. The vehicle network performance analysis has as its main objective reduce these accidents through internal communication (between the own network vehicles) or external (with other networks, for example, Internet). This paper discusses a performance analysis model in a car cluster, based on queuing theory, which focuses on measuring the latency applications that work in a terrestrial vehicle cluster, taking into account the population and the number of requests it. Among other possibilities of technology in this paper were used and compared the links of 3G, EDGE and UHF. The results show that the 3G link performed better than the other, due to the fact that their bandwidth is greater.

Keywords: Performance Analysis; Cluster Vehicular Road; Queuing Theory.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3. METODOLOGIA.....	20
3.1 Ferramentas	20
3.2 Metodologia de Pesquisa	20
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	23
4.1 Uma análise sobre redes 3G.....	23
4.2 Uma análise sobre redes UHF	29
4.3 Uma análise sobre redes EDGE	35
4.4 Resumo da discussão	40
5 TRABALHOS RELACIONADOS	42
6 CONCLUSÃO.....	43
7 REFERÊNCIAS	444

LISTA DE SIGLAS

AMPS - *Advanced Mobile Phone System*

CDMA - *Code Division Multiple Access*

CH – *Cluster Head*

DSA - *Dynamic Spectrum Access*

EDGE - *Enhanced Data rates for GSM Evolution*

FIFO - *First-in First-out*

GSM - *Global System for Mobile Communications*

ITS - *Intelligent Transportation System*

RAT - *Radio Access Technology*

UHF - *Ultra High Frequency*

UIT - *União Internacional de Comunicações*

VANets - *Vehicular ad-hoc Networks*

VDSA - *Vehicular Dynamic Spectrum Access*

V2I - *Veículo para infraestrutura*

V2V - *Veículo para veículo*

WAVE - *Wireless Access Vehicular Environment*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a quantidade de veículos nas estradas tem aumentado significativamente, fazendo com que os automóveis se tornassem um dos meios de transporte mais utilizados no mundo. No entanto, surgiram vários problemas no que diz respeito ao tráfego, como acidentes e congestionamentos, que impulsionaram o desenvolvimento de um sistema de transporte com novas características.

O sistema de transporte inteligente (ITS - *Intelligent Transportation System*) tem como principal foco oferecer condições seguras aos condutores de veículos, visando minimizar principalmente o número de acidentes com perdas de vidas, como por exemplo, com a utilização de aplicações que forneçam um sistema de aviso de emergência em uma determinada área, tais esforços têm sido feito tanto por parte do governo quanto das indústrias que tem trabalhado em conjunto para oferecer uma perspectiva de um sistema de transporte livre de acidentes.

As inúmeras aplicações desejadas pelo ITS têm estimulado o desenvolvimento de um novo tipo de redes *ad-hoc*: Redes veiculares *ad-hoc* (*VANets Vehicular ad-hoc Networks*) como descritas em Boukerche (2008), Kafsi (2008), Gerla, Kleinrock, (2010), Dobre (2011).

Diversas tecnologias têm sido propostas para servir como meio de comunicação para VANets, tais como 2G/3G, Wimax, como demonstrado em Lee (2010).

Os protocolos de roteamento são divididos em duas principais categorias, roteamento baseado em topologia e roteamento baseado em posição, uma descrição a respeito dos protocolos de roteamento é demonstrada por Lee (2010). No entanto, devido às peculiaridades desse tipo de rede, ainda há vários esforços sendo feitos no que diz respeito a problemas de conexão entre os nós e sobrecarga nos canais de comunicação.

Com o forte aumento de veículos nas estradas nos últimos anos, o ato de conduzir um veículo não deixou de ser mais desafiador e perigoso. Estradas estão saturadas, distância de segurança e velocidades razoáveis é pouco respeitada, e os motoristas muitas vezes não têm a atenção suficiente. Sem um sinal claro de melhoria em um futuro próximo, os principais fabricantes de automóveis decidiram trabalhar em conjunto com as agências governamentais nacionais para desenvolver soluções destinadas a ajudar os motoristas nas estradas, antecipando eventos perigosos ou evitando áreas que apresentam lentidão ou grandes engarrafamentos.

Um dos resultados foi um novo tipo de acesso sem fio chamado de *Wireless Access Vehicular Environment* (WAVE) conforme a norma IEEE 1609 Family, no qual a comunicação pode ocorrer de duas formas V2V - veículo para veículo e V2I - veículo para infraestrutura. A utilização de mecanismos de comunicação entre veículos visa melhorar a segurança global do

tráfego de veículos, prometendo soluções de gestão de tráfego e aplicações de entretenimento de bordo dos veículos.

Com o intuito de propor um modelo elegantemente tratável, no qual possa avaliar a viabilidade de diferentes cenários que uma rede veicular possa assumir, surge a teoria de filas como um mecanismo de auxílio em computar algumas das métricas de rede comunicação existentes, a fim de verificar a viabilidade de alguns cenários e a demanda das principais aplicações englobadas pelo ITS.

O principal objetivo desta pesquisa é medir o desempenho em um modelo de cenário onde a comunicação veicular é baseada em *cluster* utilizando teoria de filas. Além disso, pretende-se também avaliar uma rede veicular baseada em cluster através da modelagem utilizando teoria de filas, e avaliando as principais métricas de rede de comunicação, tais como: Latência, Tempo de Serviço, tempo médio de espera na fila, *throughput*. Verificação da quantidade máxima de nós que podem ser comportado em um cluster dada uma determinada tecnologia de acesso sem fio RAT (*Radio Access Technology*).

1.1 Motivação

Tendo em vista os principais problemas abordados na comunicação veicular, o presente projeto tem como proposta estudar a viabilidade de formação de *cluster* em uma rede comunicação veicular, através de modelo que possa ser tratável de forma precisa. As redes veiculares têm como principal proposta diminuir os acidentes de trânsito, aumentando a segurança. Por este motivo que se fez necessário o estudo do modelo proposto neste projeto, sabendo que o trânsito brasileiro é bastante violento, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Mortalidade por acidente de Trânsito na região Norte. Fonte: INSTITUTO SANGARI 20129

UF/REGIÃO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*	Δ %
ACRE	88	100	110	100	85	96	80	100	113	119	134	52,3
AMAPÁ	94	112	121	116	117	109	120	100	91	108	120	27,7
AMAZONAS	324	264	301	312	354	385	421	360	375	368	469	44,8
PARÁ	639	714	806	852	859	970	1.010	1.072	1.119	1.024	1.355	112,1
RONDÔNIA	316	293	341	370	341	336	416	355	453	497	608	92,4
RORAIMA	110	125	139	82	70	104	110	144	121	127	146	32,7
TOCANTINS	321	322	350	366	463	366	355	436	456	455	529	64,8
NORTE	1892	1930	2168	2198	2289	2366	2512	2567	2728	2698	3361	77,6

Este trabalho está organizado da seguinte forma. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, e é apresentada uma análise dos padrões de redes pesquisados neste trabalho. No Capítulo 3 encontra-se a metodologia. No Capítulo 4, é mostrado a análise das redes em si, onde essa análise é dividida em dois fatores. O Capítulo 5 apresenta os trabalhos relacionados. E, por fim, a conclusão encontra-se no Capítulo 6.

2. Fundamentação Teórica

Alguns conceitos de análises são observados na tela do programa Maxim. No menu inicial, temos algumas opções para análise como mostra na Figura 1.



Figura1 – Tela Inicial do programa Maxim. Fonte: Imagem retirada do *Software Maxim*

Ainda de acordo com a Figura 1, note que não somente a análise de filas é possível, mas este *software* oferece também vários outros tipos de análises, dentre elas temos:

- Modelos de probabilidade (*Probability Models*) onde se pode fazer cálculos baseados em alguns modelos de probabilidade existentes, tais como, Distribuição Binomial, Distribuição De Poisson, Distribuição Geométrica etc.
- Modelos Tempo discretos de *Markov* (*Discrete Time Markov Models*) segundo Nogueira (2009), em matemática uma cadeia de *Markov* de tempo discreto, é um processo estocástico de tempo discreto que apresenta a propriedade de *Markov* chamado assim em homenagem ao matemático *Andrei Andreyevich Markov*;
- Modelos Contínuos de *Markov* (*Continuous Time Markov Models*) segundo Aguiar (2013), essa opção representa uma classe de modelos de análise contínuos sobre sistemas, dada pela cadeia de *Markov*;
- Modelos Generalizados de *Markov* (*Generalized Markov Models*) onde mostra apenas o modelo *Series System* de *Markov*;
- Modelos de Filas (*Queueing Models*) onde é possível selecionar uma variedade de filas distintas, para se fazer análises baseadas nas mesmas;
- Modelos de *Design* (*Design Models*) que disponibiliza alguns modelos para análises em redes telefônicas;

- Modelo de Controle (*Control Models*) onde disponibiliza alguns modelos de controle de acesso a redes telefônicas.

Porém o que mais interessa neste estudo é a análise de filas, ou seja, somente a opção Modelos de Filas (*Queueing Models*). Ao clicar nesta opção o *software* nos transfere para outra tela onde existem três novas opções como mostra na Figura 1.1.

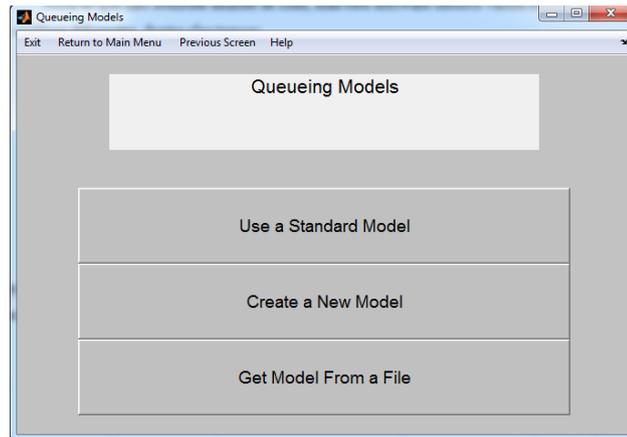


Figura 1.1- Modelos de Filas. Fonte: Imagem retirada do *Software Maxim*

A primeira opção (*Use a Standard Model*), nos dá as filas padrões que o *software* possui, também pode-se criar um novo modelo clicando na opção 2 (*Create a New Model*), ou importar um pré-existente no computador clicando da opção 3 (*Get Model From a File*). Porém o que interessa são os modelos padrões encontrados no programa. Ao clicar nesta opção o *software* nos transfere para uma tela com várias opções de filas a serem escolhidas, mostrado na Figura 1.2.

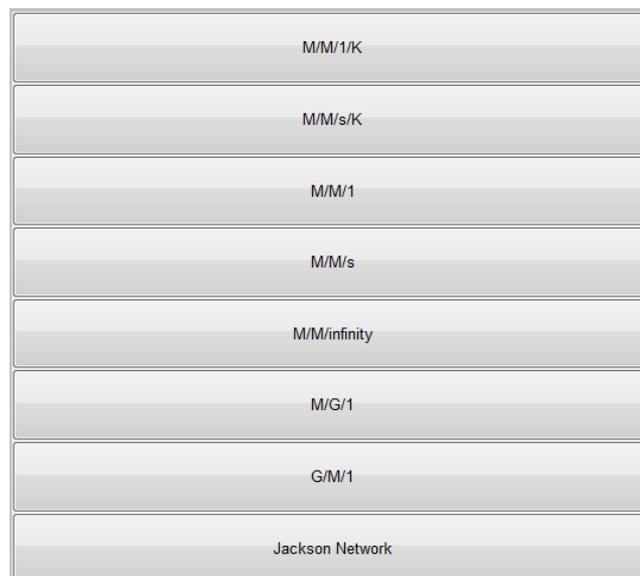


Figura 1.2 – Modelos de Filas Padrão. Fonte: Imagem retirada do *Software Maxim*

A Figura 1.2 mostra que existe vários modelos de filas que podem ser analisados com esse *software*, tais como:

- M/M/1/K, que representa o modelo de fila seleciona para a realização deste projeto, que será explorado no Capítulo 2;
- M/M/s/K, similar a fila M/M/1/K, a fila M/M/s/K tem como sua maior característica ser uma fila limitada e possuir S número de servidores, diferente da M/M/1/K que só possui apenas um servidor (Oliveira, 1998, p. 23);
- M/M/1 fila com um número infinito de clientes e que possui apenas com um servidor (Oliveira, 1998, p. 13);
- M/M/s fila com um número infinito de clientes e que possui S número de servidores (Oliveira, 1998, p. 16);
- M/M/*infinity* uma fila com quantidade infinita de servidores, o cliente chega e não precisa ficar esperando, não existe fila de espera (Pinheiro, 2010, p. 82);
- M/G/1 fila onde a Taxa de Serviço atende a distribuição geral (Pinheiro, 2010, p. 106);
- G/M/1 similar a fila M/G/1 onde as chegadas ocorrem em função de um processo geral, porém os tempos de serviço tem uma distribuição exponencial (Pereira, 2009, p. 109);
- *Jackson Network*, trata-se de um teorema aplicado a filas onde as mesmas comportam-se como se fossem individuais e não dependessem umas das outras (Bose, 2002, p. 7).

Nota-se que o *software* Maxim possui uma grande variedade de filas, que podem ser selecionadas para determinados tipos de análises distintas.

2.1 Caracterização de FILAS

Filas são ubíquas, em toda parte nos deparamos com elas, seja em um caixa de supermercado, fila de banco, estacionamento, engarrafamento, e etc. Podemos ainda entrar em uma fila ao realizar uma chamada de voz ou transmissão de dados em um canal de comunicação. Filas são frequentemente indesejadas devido aos seus custos, demanda de recurso, dinheiro.

Entretanto, fazem-se necessárias quando o recurso disponível para a realização do serviço é insuficiente para atender a demanda de clientes.

Diante disso a teoria de filas usa ferramentas matemáticas para descrever o comportamento de um sistema de filas, tal como a probabilidade de um cliente ser bloqueado pelo sistema, o tempo de espera na fila, tempo de resposta do sistema, tempo de serviço, vazão e etc. Um sistema de fila consiste de um fluxo de clientes chegando, uma fila e um estágio de um serviço. Para modelar tal sistema alguns elementos básicos são necessários como demonstrados abaixo.

- As chegadas dos clientes são descritas por um processo estocástico;
- As partidas ou serviço também seguem a um processo estocástico;
- Número de servidores existentes no sistema (m);
- Capacidade do Sistema (K);
- Tamanho da população de clientes (N);
- Disciplina da Fila (Z).

Com isso podemos representar um sistema de fila utilizando a notação chamada de notação de Kendall A/B/m/K/N/Z, onde A e B especificam a distribuição do tempo entre chegadas e tempo de serviço, respectivamente: M denota distribuição exponencial (sem memória), Ek para distribuição K-Erlang, G para distribuição arbitrária, D para tempo determinístico e etc. Se qualquer das descrições K, N e Z foram omitidas, nós assumimos que $K = \infty$, $N = \infty$ e Z= (FIFO - First in First out) disciplina.

A fila utilizada para a presente pesquisa é a M/M/1/K. É uma fila com modelo FIFO, ou seja, o primeiro que entra é o primeiro que sai, possui tamanho finito então pode haver clientes perdidos ou rejeitados, em contrapartida todo sistema com capacidade de fila limitada tende a ser estável. A fila M/M/1/K tem presente um servidor e K posições de espera.

O primeiro M da notação da fila significa a taxa de chegada exponencial, o segundo M da notação da fila significa Taxa de Serviço exponencial, o número um informa a quantidade de servidores, e a notação K faz referência à população.

Dentre as várias operações feitas com a fila M/M/1/K, existem algumas para calcular várias métricas, tais como:

- Probabilidade de sistema vazio, dada pela fórmula:

$$P_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{B+1}} \quad \text{para } \rho \neq 1 \qquad P_0 = \frac{1}{B+1} \quad \text{para } \rho = 1$$

- Probabilidade de N clientes no sistema, dada pela fórmula:

$$P_n = P_0 \rho^n = \frac{1-\rho}{1-\rho^{B+1}} \rho^n \quad \text{para } 0 \leq n \leq B$$

Fórmula 2 – Probabilidade de N clientes no sistema. Fonte: UERJ, Professor Gil Pinheiro

- Probabilidade de Bloqueio, dada pela fórmula:

$$P_b = P[B] = P_0 \rho^B = \frac{1-\rho}{1-\rho^{B+1}} \rho^B$$

Fórmula 3 – Probabilidade de Bloqueio. Fonte: UERJ, Professor Gil Pinheiro

- Número de Clientes no sistema, dada pela fórmula:

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(B+1)\rho^{B+1}}{1-\rho^{B+1}}$$

Fórmula 4 – Numero de Cliente no Sistema. Fonte: UERJ, Professor Gil Pinheiro

Cluster veicular é formado através da eleição de um nó mestre (*Cluster Head*), responsável por gerenciar os outros nós presentes no *Cluster*, existem várias técnicas para eleição do nó mestre ao qual não será citado neste trabalho, pressupõem-se que alguma dentre essas técnicas foi assumida para esse contexto. Além de gerenciar, o *Cluster Head* tem a função de *Gateway*, permitindo a comunicação de todos os nós com a rede externa, conforme mostra a Figura 1.7.

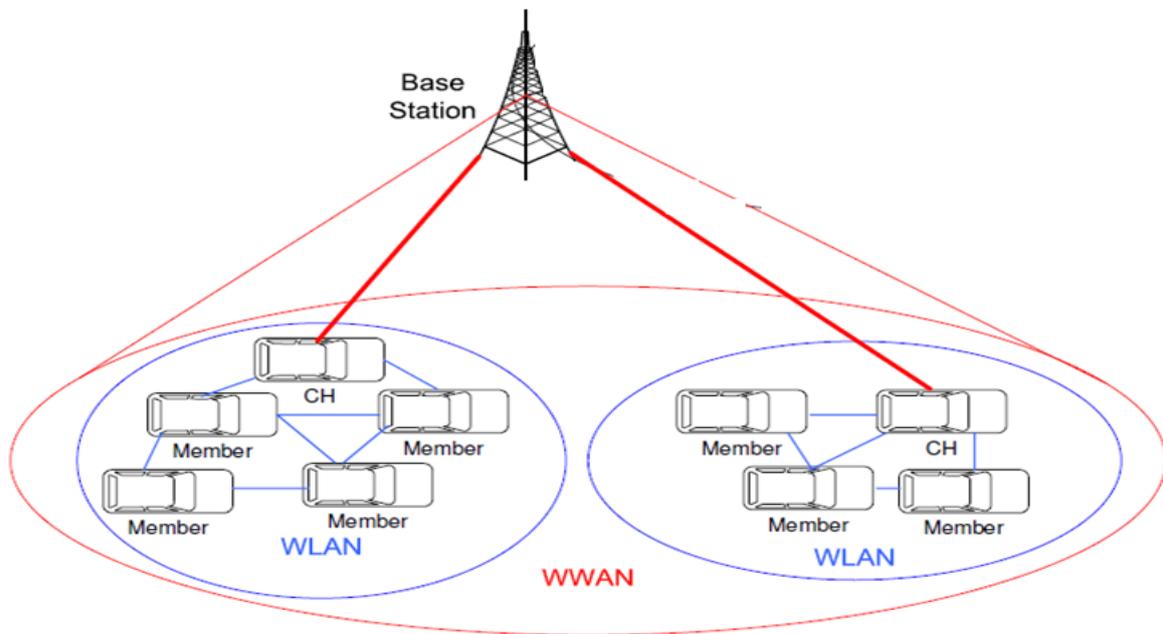


Figura 1.7 - Exemplo formação de Cluster para comunicação veicular. Fonte: Adaptado de Li (2011)

Note que na Figura 1.7 tem-se um *cluster* veicular com uma estação-base e uma rede WWAN contendo uma rede WLAN à esquerda da figura, com cinco veículos, e outra rede WLAN à direita da figura, contendo quatro veículos. O *Cluster Head*, é denominado pela sigla CH, e os demais nós do *Cluster* recebem o nome *Member*.

2.2 REDES ANALISADAS

2.2.3 REDE 3G

A tecnologia 3G, ainda hoje é uma das mais usadas no país e no mundo. Apesar de já está perdendo seu espaço para a 4G, ela ainda é muito utilizada, principalmente para telefonia móvel. Segundo Ramos (2012) o termo 3G foi criado justamente para indicar a geração de telefonia celular, ou seja, estamos na terceira geração desse tipo de rede, as antecessoras à ela foram a 2G (CDMA/GSM) *Code Division Multiple Access/Global System for Mobile Communications* e 1G (AMPS) *Advanced Mobile Phone System*.

A grande diferença entre suas demais antecessoras está na largura da banda e nos serviços oferecidos. A tecnologia AMPS referente à rede 1G possui uma largura de banda de aproximadamente 48,6Kbps (TUDE, 2003, p. 4). Já a tecnologia CDMA referente à rede 2G, possui uma largura de banda de aproximadamente 1,25Mbps (RAMOS, 2012, p. 10), (Monteiro, 2012, p. 54).

Com o advento da rede 3G a tecnologia móvel pôde ser aprimorada para transmissão de dados e voz, oferece velocidades maiores na conexão, videochamadas, transmissão de sinal de televisão, entretenimento e jogos etc. Atualmente existe no Brasil dois tipos de tecnologia 3G em funcionamento. As redes 1XEV-DO e WSDMA/HSDPA, sabendo que a rede 1XEV-DO possui uma largura de banda de 2.4Mbps sendo a menor das citadas, e a rede HSDPA tem uma largura de até 14.4 Mbps sendo a maior das citadas (CARDOSO, 2008, p. 22,38). Sem especificar os modelos citados, podemos dizer que a tecnologia 3G abrange uma largura de banda de 2.4Mbps a 14.4Mbps.

Em 1999, a União Internacional de Comunicações (UIT) criou o IMT-2000, um padrão global para o 3G com o objetivo de facilitar o crescimento, aumento da banda e suporte a aplicações diversas. O objetivo de escolher essa rede para análise do desempenho em um cluster veicular é justamente pelo fato de ser uma tecnologia muito utilizada atualmente, e por conter uma largura de banda extremamente acessível a objetivos que as redes veiculares pretendem alcançar (CARDOSO, 2008, p. 13).

2.2.4 UHF

Partindo para outro ambiente de rede, o sinal UHF (*Ultra High Frequency*) também foi submetido a esta análise. O nome em si já descreve o que se trata, é uma rádio frequência que trabalha entre 300MHz à 3000MHz (LIMA, 2006, p. 11). A frequência UHF se aproxima muito das características da Luz, não penetra em materiais com muita facilidade, são absorvidas pela água e tendem a refletir com maior intensidade, porém podem ser lidas a longas distancias o que facilita nas redes veiculares. Segundo (CHEN, 2011, p. 1) existe um método chamado DSA (*Dynamic Spectrum Access*) onde permite que dispositivos não licenciados utilizem um espectro licenciado, assegurando ao mesmo tempo, que os direitos do titular da licença, sejam respeitados. Em resumo ele pega temporariamente um espectro “emprestado”. Ainda segundo (CHEN, 2011, p. 6) a UHF é dividida em subcanais cada um com largura de banda de 1MHz, assumindo que exista ruídos no canal, levamos em consideração que este canal tem largura de banda de 800Kbps.

2.2.5 EDGE

O padrão EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) é uma evolução da tecnologia GSM, ambas são intermediárias da terceira geração o 3G, a EDGE é considerada como a 2.75G, ou seja, é a última tecnologia antes do lançamento do 3G. Segundo Fortuna (2009), o EDGE na teoria pode chegar a taxas de 473,6 Kbps, mas na prática só chega a 384

Kbps. Observa-se que ainda hoje muito utilizada nas redes de telefonia móvel, o padrão EDGE apesar de estar ficando ultrapassado, ainda sobrevive no mercado. Nota-se que a maioria dos usuários da tecnologia móvel, talvez já tenham observado em seu celular, um símbolo com a letra “E” para demonstrar a conectividade com a internet. Esse símbolo da letra “E” representa o padrão EDGE.

3 METODOLOGIA

Inicialmente foi feito um levantamento dos principais tópicos que envolvem as redes veiculares: as principais aplicações almeçadas por esse tipo de rede de comunicação e seus requerimentos, bem como os tipos de tecnologias de acesso sem fio que poderiam servir de base para a comunicação dentro da arquitetura de VANET.

3.1 Ferramentas

Para analisar os parâmetros que se seguem neste projeto, utilizou-se o *software* Maxim (KULKARNI, 2011, p. 10). É um programa escrito em MATLAB e está disponível gratuitamente. O mesmo ajuda na análise, dando a opção de escolher a fila para ser analisada, neste caso em questão a fila M/M/1/K. O *software* permite calcular os parâmetros necessários para se chegar aos resultados finais das análises. Além deste, utilizou-se também o *software* MATLAB Versão 7.12 que foi necessário para a criação dos gráficos apresentados neste projeto. O computador utilizado para computar os resultados dessa análise tem como componentes, processador i3 3220 3.30Ghz, memória RAM 12Gb, sistema operacional Windows 7 64bits.

3.2 Metodologia de Pesquisa

A fila selecionada para a elaboração deste projeto é a M/M/1/K, mencionada no Capítulo 2. A Figura 1.8 mostra os parâmetros a serem considerados nesta fila.

Capacity	0
Service Rate	0
Arrival Rate	0

OK

Figura 1.8 – Parâmetros do Modelo M/M/1/K. Fonte: Programa Maxim

O primeiro parâmetro observado na Figura 1.8, é a Capacidade (*Capacity*), ou seja, o número de nós ou carros que o *cluster* possui em seu valor máximo. Neste trabalho foi adotado um valor padrão de 60 nós para todas as análises decorrentes. O segundo parâmetro a ser

observado, é a Taxa de Serviço (*Service Rate*). Este é o valor de requisições que o *cluster* pode atender por segundo. Para chegar neste valor é preciso fazer um cálculo, baseado no tamanho do pacote e a largura da banda.

Dado que 1 Byte é igual a 8bits, para transformar o valor de 500 *Bytes* de um determinado pacote em bits, basta multiplicar o mesmo por 8. Dessa forma encontra-se o valor do pacote em bits. O próximo passo é calcular a largura da banda. Se consideramos uma banda de 800 Kbps basta multiplicar por 1000. Deve-se considerar o valor 1000 quando estiver calculando taxa de transferência (*Bit Calculator*, 2015).

O cálculo desse parâmetro ficará da seguinte forma: $500 \cdot 8 / (800 \cdot 1000)$. O que resultara no tempo de 0,005 segundos, o que representa cinco ms. Mas este ainda não é o valor da Taxa de Serviço, pois este parâmetro equivale à capacidade de atendimento do Cluster, ou seja, quantas requisições ele atende por segundo. Podemos dizer que 5 ms é o tempo de ocupação do canal segundo Chen (2011).

Para encontrar a Taxa de Serviço real, basta dividir o valor 1 (segundo), pelo tempo de ocupação do canal, que neste caso seria 0,005 segundos ou somente 5 ms. Ficaria da seguinte forma: $1 / 0,005 = 200$. O valor da Taxa de Serviço neste exemplo será de 200 atendimentos por segundo. O último parâmetro mostrado na Figura 1.8, é a Taxa de Chegada (*Arrival Rate*) que se refere ao número de requisições feitas pelos nós.

Ao adicionar todos os valores correspondentes, a tela exibe o resultado da análise, conforme pode ser observado na Figura 1.9.

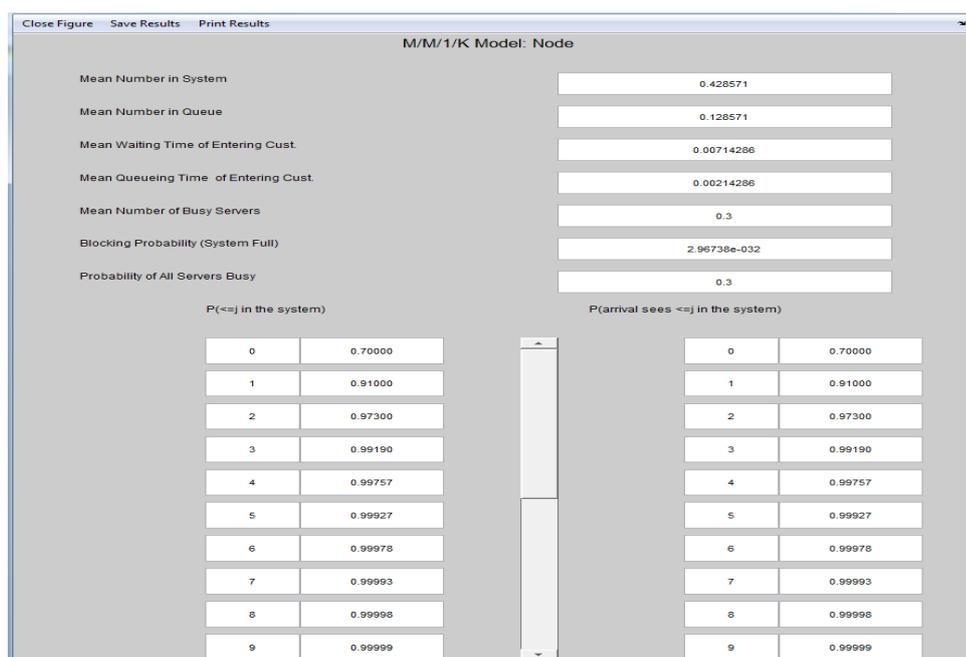


Figura 1.9 – Resultado da Análise. Fonte: Tela do Maxim

Nota-se que o *software* mostra vários tipos de resultados, cada um de um parâmetro diferente. Dos quais são:

- Número Médio no Sistema (*Mean Number In System*) mostra o número médio de clientes no sistema;
- Número Médio na Fila (*Mean Number In Queue*) mostra o número médio de clientes na fila;
- Tempo Médio de Serviço (*Mean Waiting Time of Entering Cust*) informa o tempo médio de serviço, ou seja, o tempo que cliente demora para ser atendido, estando dentro do sistema;
- Tempo Médio de Espera na Fila (*Mean Queueing Time of Entering Cust*) informa o tempo médio de espera na fila, ou seja, é o tempo que o cliente fica esperando na fila para posteriormente ser atendido;
- Número de Servidores Ocupados (*Mean Number of Busy Servers*) informa o número de servidores que estão ocupados, como a fila M/M/1/K só possui um servidor, este valor é dado de forma fracionada e abaixo do valor 1.
- Probabilidade de Bloqueio (*Blocking Probability*) informa a probabilidade de um cliente ser bloqueado, isso acontece se por acaso a fila estiver completamente lotada sem espaços para mais requisições.
- Probabilidade de Todos os Servidores Ocupados (*Probability of All Servers Busy*) mostra a probabilidade de todos os servidores estarem ocupados, como a fila M/M/1/K trabalha apenas com um servidor, este valor é mostrado de forma fracionada, e se encontra abaixo do número 1.

Neste estudo foi levado em consideração apenas dois desses parâmetros, que seriam o Tempo Médio de Serviço, e o Tempo de Espera na fila, em função da taxa de chegada. As análises que aqui se seguem, obedecem um padrão de 2 fatores distintos, o primeiro fator, é submeter as redes citadas no Capítulo 2, a trafegarem com um pacote padrão de 500 *Bytes* de tamanho. O segundo fator foi submeter essas mesmas redes a trafegarem com um pacote de 1500 *Bytes* de tamanho. É importante ressaltar que, para todas as análises, foi utilizado uma população fixa de 60 nós (Veículos).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Uma análise sobre as Redes 3G

Inicialmente o cenário submetido a esta análise, foi a tecnologia 3G, cujo os resultados foram obtidos em função dos dois fatores apresentados no Capítulo 3.

4.1.2 Análise de Redes 3G - Fator 500Bytes

A análise que se segue, tem como fator um pacote de 500 Bytes de tamanho em um cenário 3G, as seguintes análises abordarão a Latência, Tempo de Espera na fila e Tempo de serviço.

4.1.3 Análise da Latência na rede 3G

Partindo para análise do 3G, podemos considerar uma largura de banda de 3Mbps, levando em consideração que se trabalha com um pacote de 500 Bytes de tamanho sabendo que esse é aproximadamente o tamanho médio de um pacote utilizado para tráfego na Internet (Chen, 2011, p. 6) como observa-se no Gráfico 1.

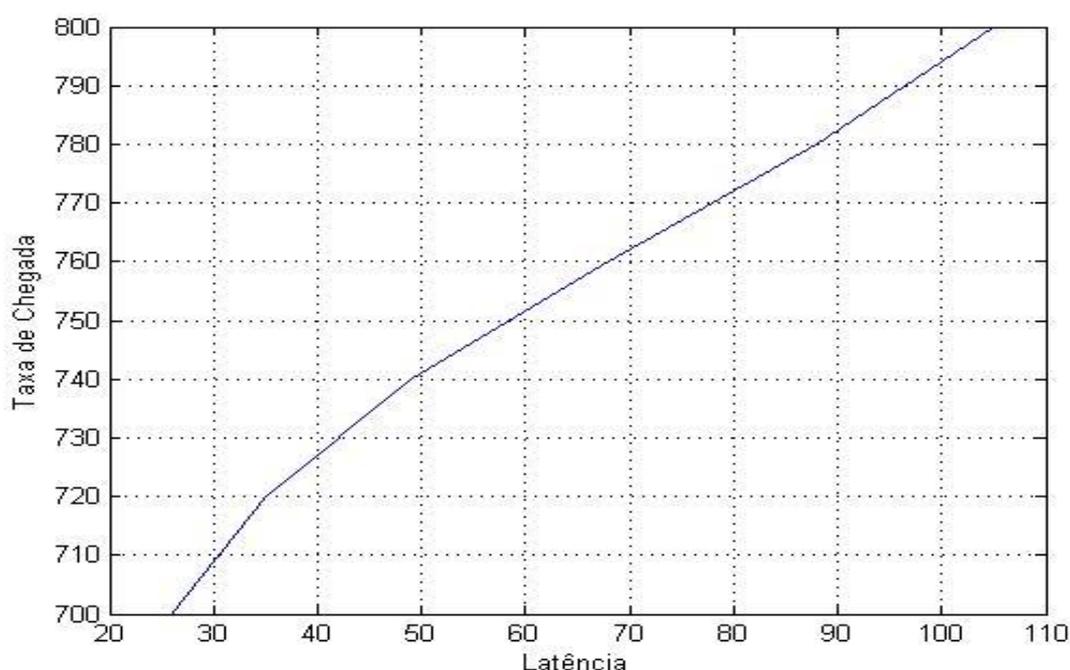


Gráfico1 – Análise da Latência na rede 3G. Fonte: Elaborado pelo Autor

Notou-se que em um cenário como esse, a latência só começa a aumentar significativamente, quando a Taxa de Chegada (*Arrival Rate*) ultrapassa 700 requisições.

Detalhando o gráfico, podemos notar que com 700 requisições temos uma latência de 26 ms o que é totalmente aceitável em um ambiente de rede que precise utilizar aplicações voltadas a segurança veicular, que no caso, esse é um dos principais objetivos das redes veiculares.

O gráfico segue um padrão de aumento de taxa de chegada de 20 requisições em cada intervalo, no intervalo de 760, podemos notar que a latência subiu para 68 ms, quase o triplo da primeira situação analisada, mas ainda assim continua aceitável para aplicações de segurança. No último intervalo do gráfico que tem uma quantidade de 800 requisições, a latência ultrapassa os 100 ms que é o valor máximo permitido por aplicações de segurança, se for mais que isso já não é tão apropriado utilizar sabendo que, para esses tipos de aplicações exigisse certa rapidez pelo fato de estar tratando de vidas Humanas (CHEN, 2011, p. 6). Para esse cenário, utilizou-se uma População (*Capacity*) de 60 nós por *Cluster*, o que iremos adotar como o número máximo da população em todas as análises que se seguem nesse projeto. O modelo de fila M/M/1/K permite que o valor das requisições ou taxa de chegada, ultrapasse o valor da população. É importante ressaltar também, que nesse cenário em questão, uma rede 3G de 3Mbps, pode atender 769 requisições por segundo.

4.1.4 Análise do Tempo de Espera na Fila da rede 3G

Para se chegar à latência correta, é necessário analisar dois tipos de parâmetros. O primeiro parâmetro é o tempo de espera na fila, ou seja, o tempo que a requisição leva para chegar ao topo da fila com base no tamanho da mesma e sabendo que a M/M/1/K é uma fila com disciplina FIFO (*First-in First-out*). Para representar esse parâmetro o Gráfico 1.1 mostra com detalhes o tempo de espera de acordo com a taxa de chegada.

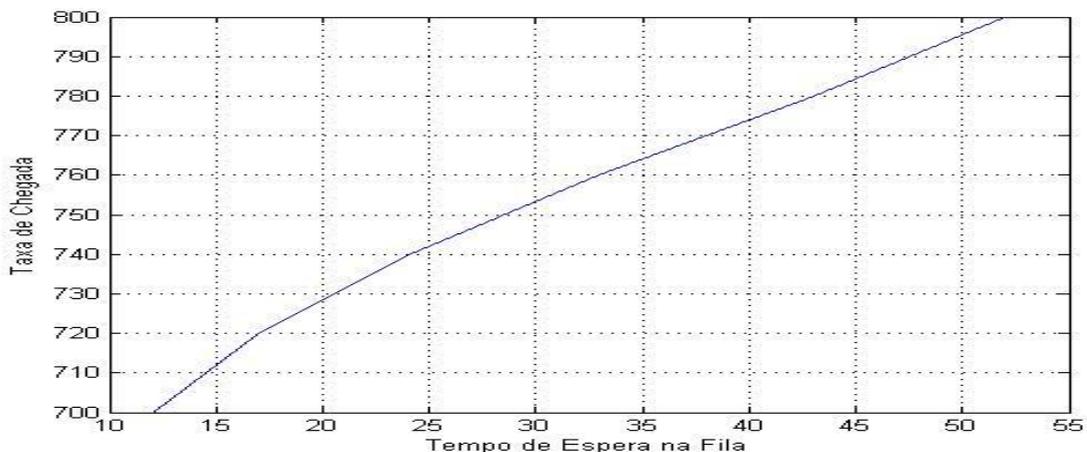


Gráfico 1.1 – Tempo de espera na fila da rede 3G. Fonte: Elaborado pelo Autor

Nota-se que à medida que a Taxa de chegada aumenta, o tempo de espera na fila também aumenta. Neste gráfico no intervalo de 800 requisições que seria o máximo permitido na situação analisada anteriormente, percebe-se que se levássemos em consideração somente o tempo de espera na fila, ele estaria dentro dos padrões aceitáveis para aplicações de segurança, pois o tempo chega apenas a 53 ms.

4.1.5 Análise do Tempo de Serviço na rede 3G

O segundo parâmetro seria o Tempo de serviço, que neste caso é o tempo que a requisição demora para ser atendida pelo servidor. Este tempo está representado no Gráfico 1.2.

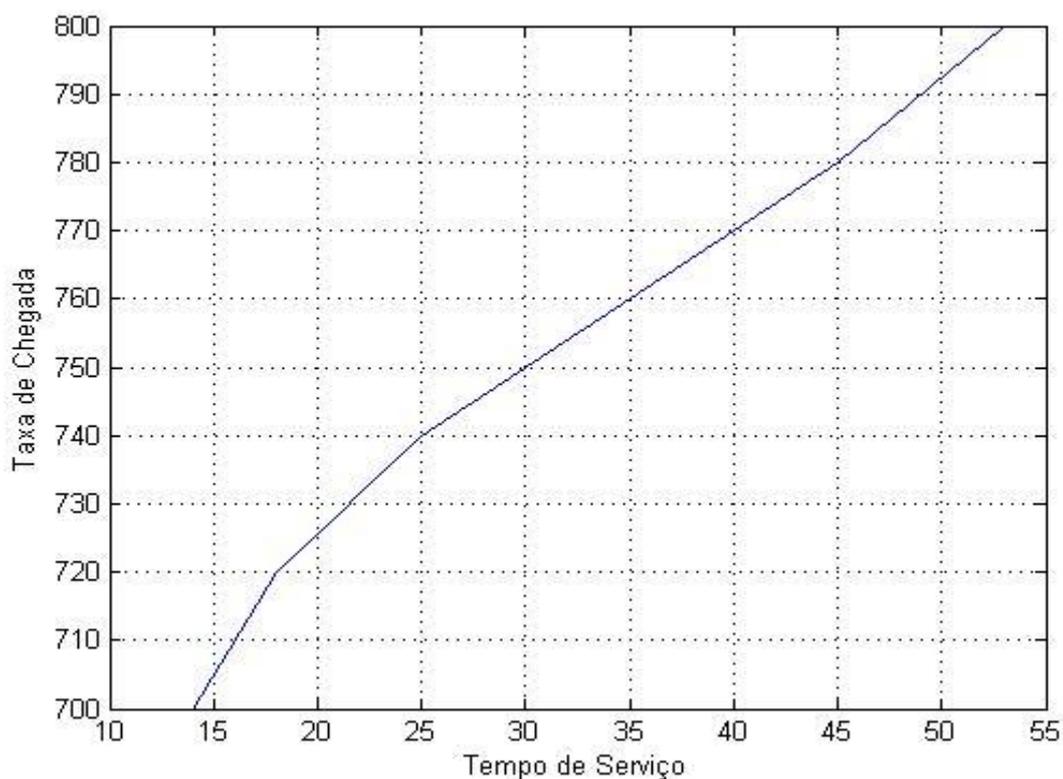


Gráfico 1.2 – Tempo de Serviço na rede 3G. Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico segue o mesmo padrão dos anteriores, obviamente que o valor em ms para cara análise é diferente. Neste caso temos como valor inicial o tempo de 14 ms com uma taxa de chegada de 700, e um valor final de 53 ms como uma taxa de chegada de 800 requisições. Para se chegar ao valor da latência, temos que calcular o Tempo de Serviço e somar com o Tempo de Espera na Fila.

4.1.6 Análise Rede 3G - Fator 1500Bytes

Ainda na análise da rede 3G, podemos levar em conta o mesmo quadro anterior mudando apenas o tamanho do pacote utilizado. Anteriormente analisou-se o desempenho com um pacote de 500 Bytes de tamanho, agora este valor aumentou para 1500 Bytes de tamanho. 1500 Bytes pode ser considerado um “pacotão” e é bem difícil encontrar um maior que este no tráfego comum da Internet, por esse motivo que o colocamos como análise final em um cenário 3G.

4.1.7 Análise da Latência na rede 3G

Observou-se que neste contexto, com esses valores de parâmetros, uma rede 3G pode atender 250 requisições por segundo.

Seguindo o mesmo padrão de análise do cenário anterior, o primeiro gráfico mostra a variação da latência em função da taxa de chegada conforme demonstrado no Gráfico 1.3.

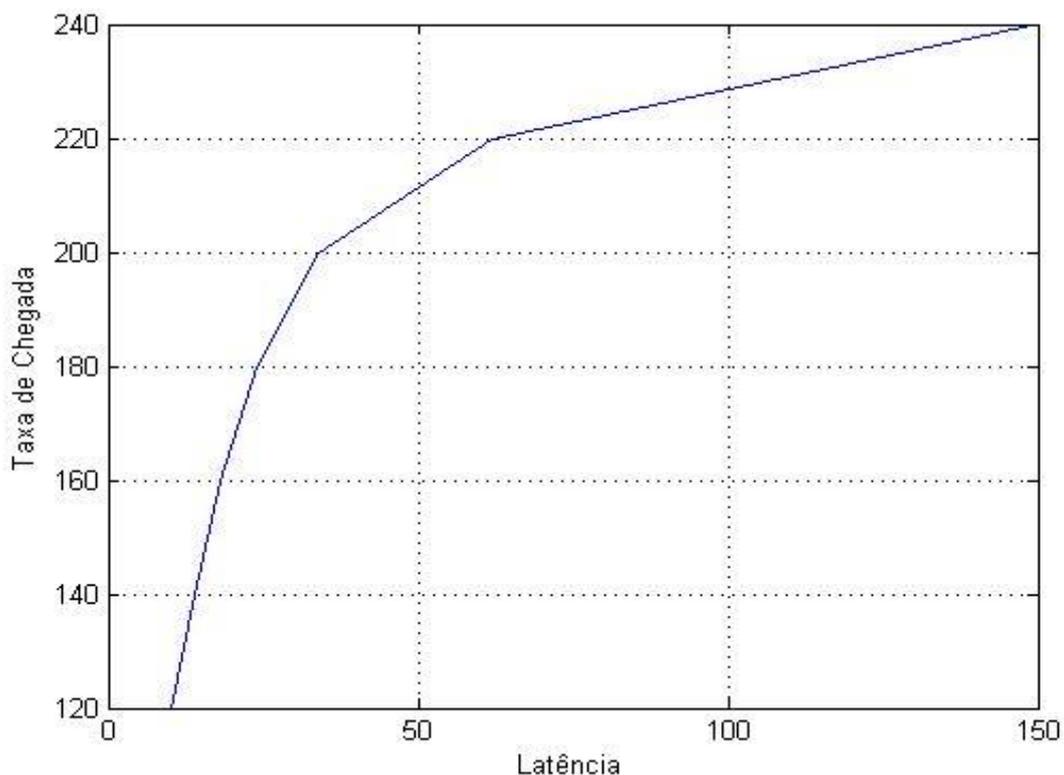


Gráfico 1.3 – Latência na rede 3G. Fonte: Elaborado pelo Autor

Diferente do cenário anterior, mas levando em consideração que estamos usando o mesmo parâmetro de uma rede com largura de banda de 3Mbps e com uma população de 60

carros, a latência começou a subir significativamente depois da taxa de chegada atingir 120 requisições. O que é bem diferente da análise anterior, pois nessa agora, a capacidade que o *Cluster* tem para atender é de 250 requisições por segundo. Com 120 requisições podemos notar que a latência estava exatamente em 10 ms o que é totalmente aceitável. O gráfico segue um padrão de intervalo de 20 requisições (Taxa de Chegada) para cada valor computado, com a taxa de chegada igual a 200, podemos notar que a latência chegou a 34 ms, que ainda é aceitável. Se passarmos para o último valor do gráfico onde a taxa de chegada está em 240, notamos que a latência ultrapassa o valor ideal, chegando a 150 ms o que é bastante inapropriado para aplicações de segurança.

4.1.8 Análise do Tempo de espera na fila da rede 3G

Além da latência, pode-se analisar isoladamente o tempo de espera na fila e o tempo de serviço, o Gráfico 1.4 abaixo mostra o tempo de espera na fila em função da taxa de chegada.

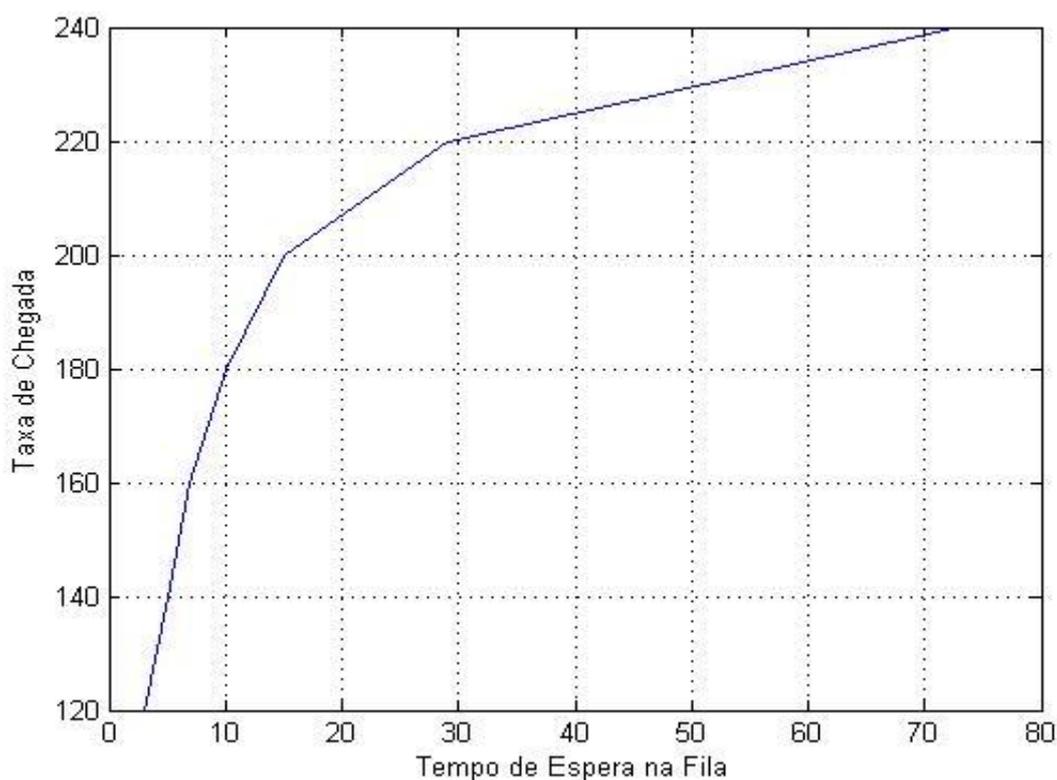


Gráfico 1.4 – Tempo de Espera na Fila da rede 3G. Fonte: Elaborado pelo Autor

Descrevendo um pouco o gráfico acima, notamos que com a taxa de chegada em 120 requisições por segundo, o tempo de espera na fila é de 3 ms, ou seja, se fosse considerado somente o tempo de espera que uma requisição fica na fila, 3 ms é totalmente aceitável aos requisitos de aplicações de segurança. Passando para o intervalo de 240 na taxa de chegada, o tempo de espera na fila está exatamente em 73 ms, conclui-se que somente nesse cenário individual e isolado, a latência em seu valor mais baixo e em seu valor mais alto ainda estaria dentro dos padrões para aplicações de segurança.

4.1.9 Análise do Tempo de Serviço da rede 3G

É importante ressaltar que para se obter o valor da latência como um todo, como foi analisado no primeiro cenário no Gráfico 1.3, deve-se somar o valor do tempo de espera na fila mais o valor do tempo de serviço ao qual analisou-se no Gráfico 1.5.

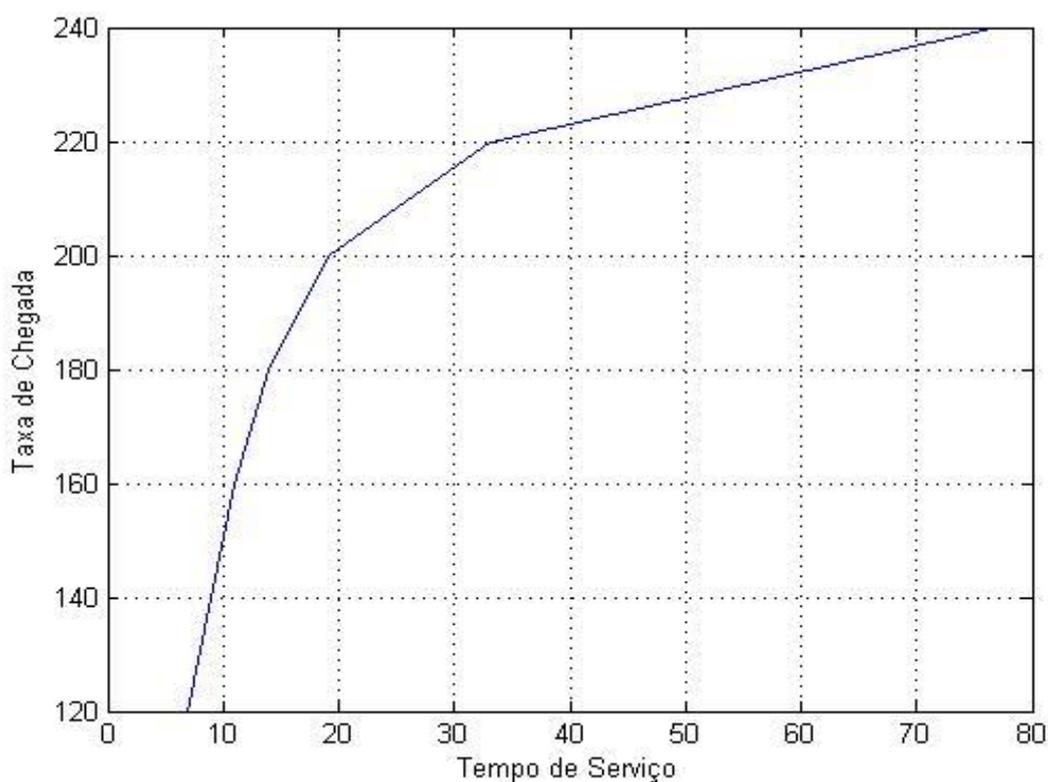


Gráfico 1.5 – Tempo de Serviço da rede 3G. Fonte: Elaborado pelo Autor

Bem parecido com a análise anterior, o gráfico acima mostra somente o tempo de serviço, ou seja, a requisição já saiu da fila e está sendo atendida. Com a taxa de chegada em 120, o tempo de serviço está exatamente em 7 ms. Partido para o topo do gráfico, com a taxa

de chegada em 240, o tempo de serviço está em 77 ms. Assim como a análise anterior, se fosse levar em consideração somente o tempo de serviço, este cenário estaria totalmente apto a atender aplicações de segurança em redes veiculares.

4.2 Uma análise sobre redes UHF

Alterando o ambiente anterior, a análise a seguir, baseia-se na tecnologia UHF, e novamente segue os mesmos padrões estabelecidos no Capítulo 3.

4.2.1 Análise de redes UHF fator 500 Bytes

Aplicando o fator 500 Bytes descrito anteriormente, a análise seguinte se encontra em um ambiente de rede UHF.

4.2.2 Análise da Latência na rede UHF

Analisando o cenário de UHF com uma banda de 800Kbps, um pacote de 500Bytes de tamanho e uma população de 60 carros, observou-se que esta rede com esses determinados valores, tem a capacidade de atender 200 requisições por segundo. O primeiro ponto a ser analisado é o valor da latência, como mostra no Gráfico 1.6.

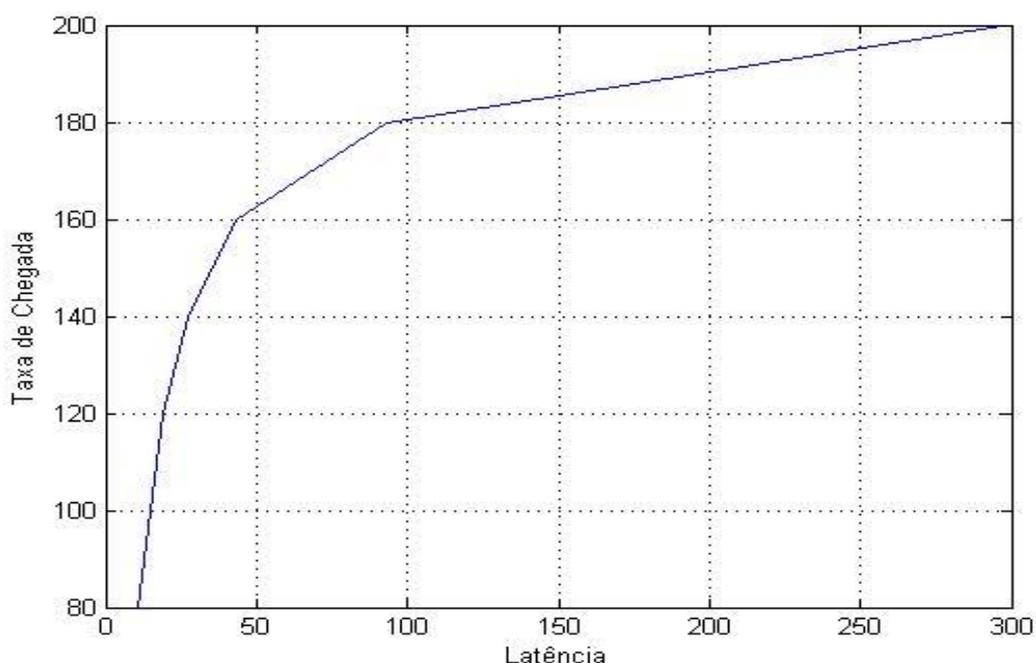


Gráfico 1.6 – Latência na rede UHF. Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico segue um padrão de intervalo de 20 requisições. No primeiro momento, temos a taxa de chegada em 80 requisições com uma latência de 11milisegundos. Em um segundo momento, observa-se que no intervalo de 160 requisições, a latência sobe para 43 ms, até então totalmente aceitável para o ambiente veicular. Passando para o último valor do gráfico, nota-se que a latência extravasa o limite de 100ms, chegando à marca de 299 ms.

Em uma rede veicular isso seria totalmente inaceitável, devido ao fato do objetivo principal se tratar de aplicações de segurança. Caso haja uma situação de perigo na estrada o carro que houver constatado tal situação de risco, poderia eventualmente alertar os demais carros da ocorrência de tal situação, ocorrendo uma comunicação V2V. Nesse caso a latência ultrapassando o patamar de 100 ms, faz com que o alerta de risco seja maior ou até mesmo ineficiente em virtude do pacote chegar tardiamente aos destinatários, podendo assim aumentar a probabilidade da ocorrência de acidentes.

4.2.3 Análise do Tempo de Espera na Fila da rede UHF

Seguindo o mesmo padrão da análise do 3G, o próximo gráfico mostra somente o tempo de espera que uma requisição fica na fila, como mostra o Gráfico 1.7.

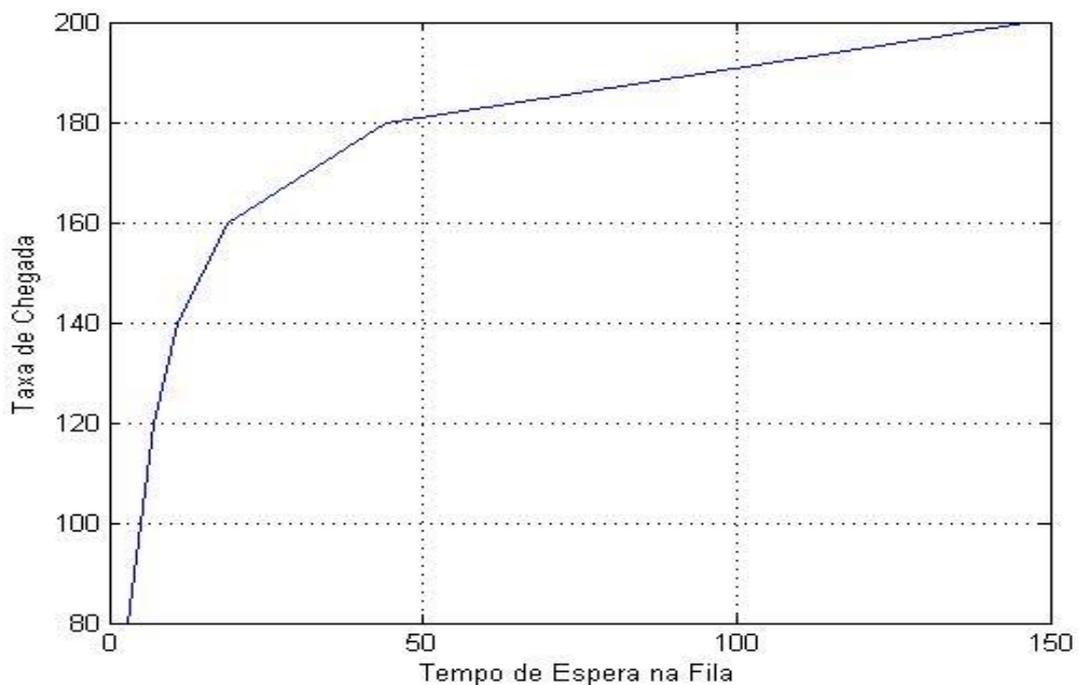


Gráfico 1.7 – Tempo de Espera na Fila da rede UHF. Fonte: Elaborado pelo Autor

Observemos que neste cenário, existem grandes diferenças em relação a análise do tempo de espera na fila da rede 3G. Em um primeiro momento, respectivamente falando no intervalo inicial de 80 requisições, o tempo de espera estava exatamente em 3 ms, o que é algo extremamente rápido e ideal para o objetivo em questão. Dando um salto para 180 requisições, observa-se que o tempo de espera está em 44 ms, ainda continua aceitável e ideal para o objetivo analisado. Em contrapartida o último intervalo do gráfico onde a taxa de chegada está situada em 200 requisições, o tempo de espera na fila, ultrapassa os 100 ms, chegando a 147ms, ou seja, ao analisar esse parâmetro isoladamente, nota-se que ele atende o padrão de latência exigido pelas aplicações de segurança até antes do último momento.

4.2.4 Análise do Tempo de Serviço na rede UHF

Por último, a análise seguinte mostra somente o tempo de serviço, ou seja, o tempo que a requisição demora em ser atendida pelo servidor conforme observado no Gráfico 1.8.

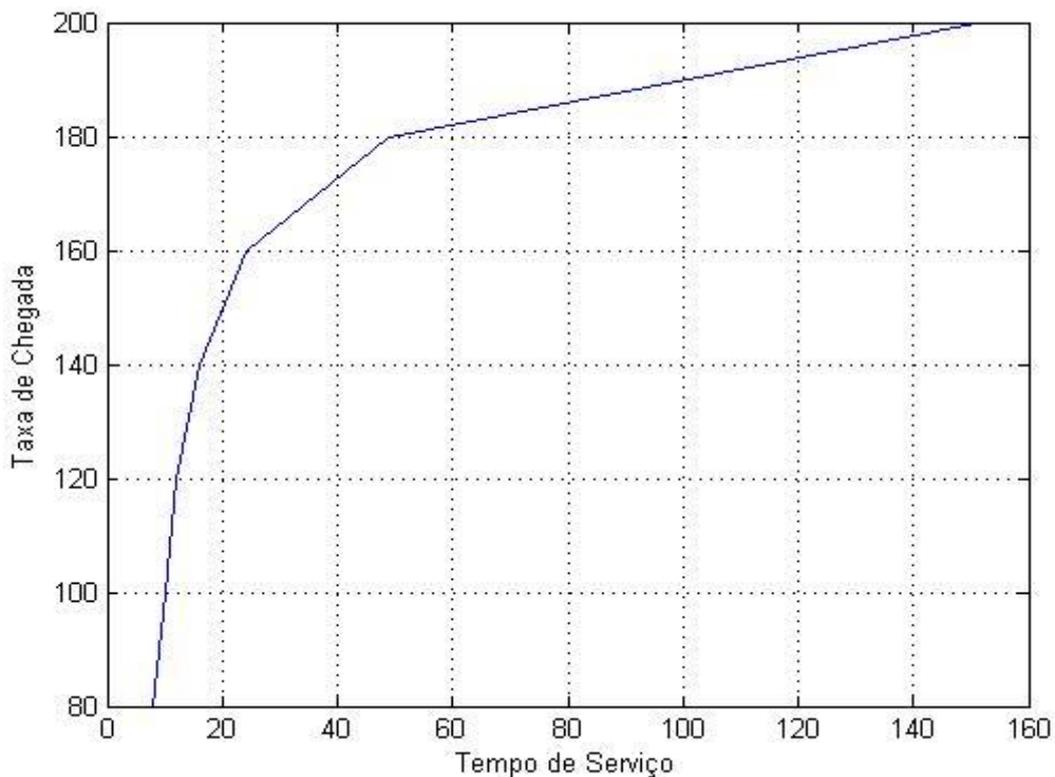


Gráfico 1.8 – Tempo de Serviço na rede UHF. Fonte: Elaborado pelo Autor

Nota-se em no seu primeiro momento, onde a taxa de chegada está em 80 requisições, à latência está exatamente em 8 ms. Elevando a Taxa de Chegada para 140 requisições por segundo, observa-se que a latência está em 27 ms, em ambos os casos, esse valor está dentro

do padrão aceitável. Porém no intervalo de 200 na taxa de chegada, a latência está em 152 ms, ultrapassando o limite de 100 ms exigido para aplicações de segurança. É importante ressaltar que não somente aplicações de segurança que é seu objetivo principal, mas as redes veiculares pretendem trabalhar com outros tipos de serviços, dentre eles existe o entretenimento de bordo. Mesmo neste caso, uma latência de 299 ms observado no Gráfico 1.6, não seria viável para atender os requisitos do mesmo, ou de outros serviços futuramente disponibilizados pelas redes veiculares.

4.2.5 Análise UHF Fator 1500 Bytes

A análise seguinte permanece na rede UHF, porém aumentando a tamanho do pacote utilizado para 1500 Bytes de tamanho.

4.2.6 Análise da Latência na rede UHF

Iremos considerar a mesma largura de banda de 800Kbps, a mesma população de 60 carros, porém com 1500 Bytes de tamanho do pacote. O primeiro parâmetro e o mais importante a ser analisado é a latência, como mostra no Gráfico 1.9.

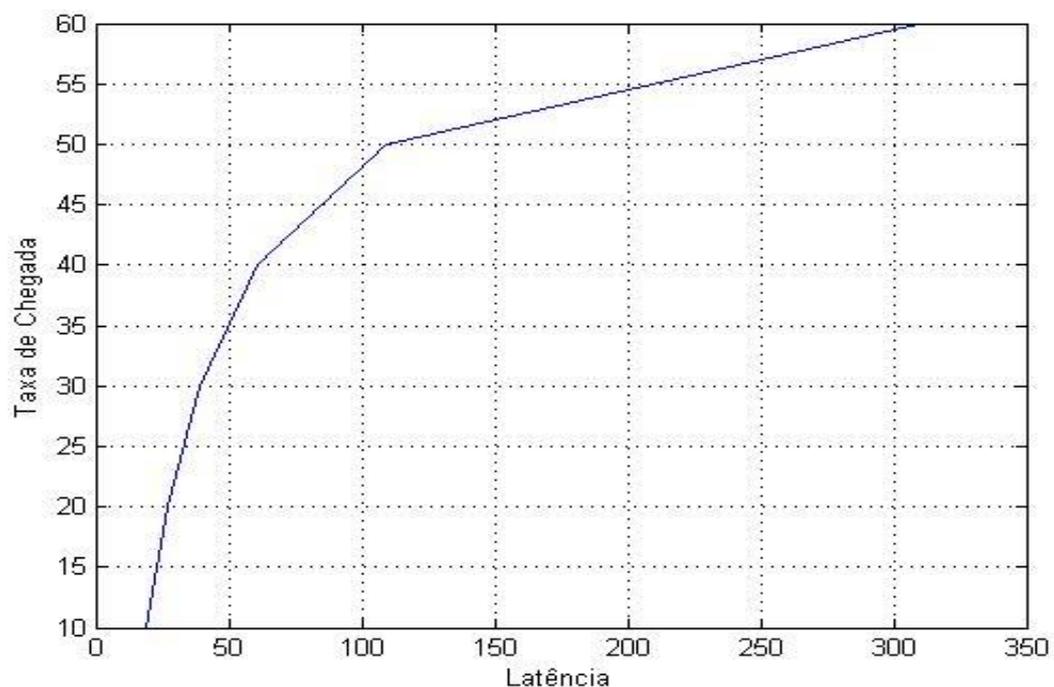


Gráfico 1.9 – Latência na rede UHF. Fonte: Elaborado pelo Autor

Neste caso, cada resultado é computado com um intervalo de 10 em 10 na taxa de chegada. Com um pacote de 1500 *Bytes* de tamanho, o *cluster* tem a capacidade de atender 66 requisições por segundo, sabendo que a população total é de 60 veículos. No momento inicial em que a taxa de chegada se encontra em 10, observa-se que a latência está exatamente em 11 ms. Passando para 40 na taxa de chegada, a latência aponta para 62 ms. Os dois últimos resultados computados assumindo que os valores da taxa de chegada, são respectivamente, 50 e 60 requisições por segundo, apresentam valores de latência superiores ao valor almejado pelas aplicações que envolvem segurança rodoviária, ultrapassando os 100ms, no instante de 50 na taxa de chegada, a latência está exatamente em 109 ms, e no último resultado, com a taxa de chegada em 60, à latência aponta para 311 ms, muito além do padrão aceitável.

4.2.7 Análise do Tempo de Espera na Fila da rede UHF

Além da análise da latência, foi analisado dois parâmetros isoladamente, que seriam o tempo de espera na fila e o tempo de serviço. O Gráfico 2.0 mostra o tempo de espera na fila.

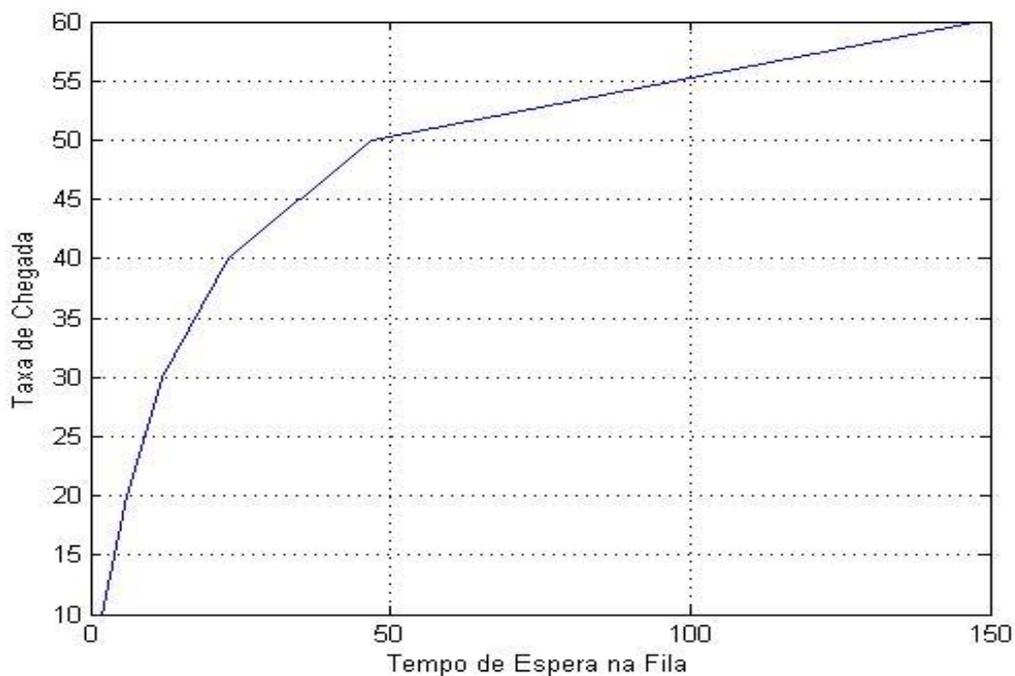


Gráfico 2.0 – Tempo de Espera na Fila da rede UHF. Fonte: Elaborado pelo Autor

No primeiro momento, onde a taxa de chegada se encontra em 10 requisições por segundo, observa-se que o tempo de espera na fila está em 2 ms, passando para outro intervalo, com a taxa de chegada em 40, o tempo de espera na fila se encontra em 23 ms. Entre o penúltimo

e o último valor computado, observa-se uma diferença bem evidente entre os dois, o penúltimo momento com taxa de chegada de 50, se encaixa no padrão aceitável com o tempo de espera exatamente em 47 ms, em contrapartida, o último intervalo ultrapassa esse valor, com a taxa de chegada em 60 o tempo de espera na fila sobe para 148ms.

4.2.8 Análise do Tempo de Serviço na rede UHF

Por fim, a última análise tanto desse cenário quanto do sinal UHF, seria o tempo de serviço, como explanado no Gráfico 2.1.

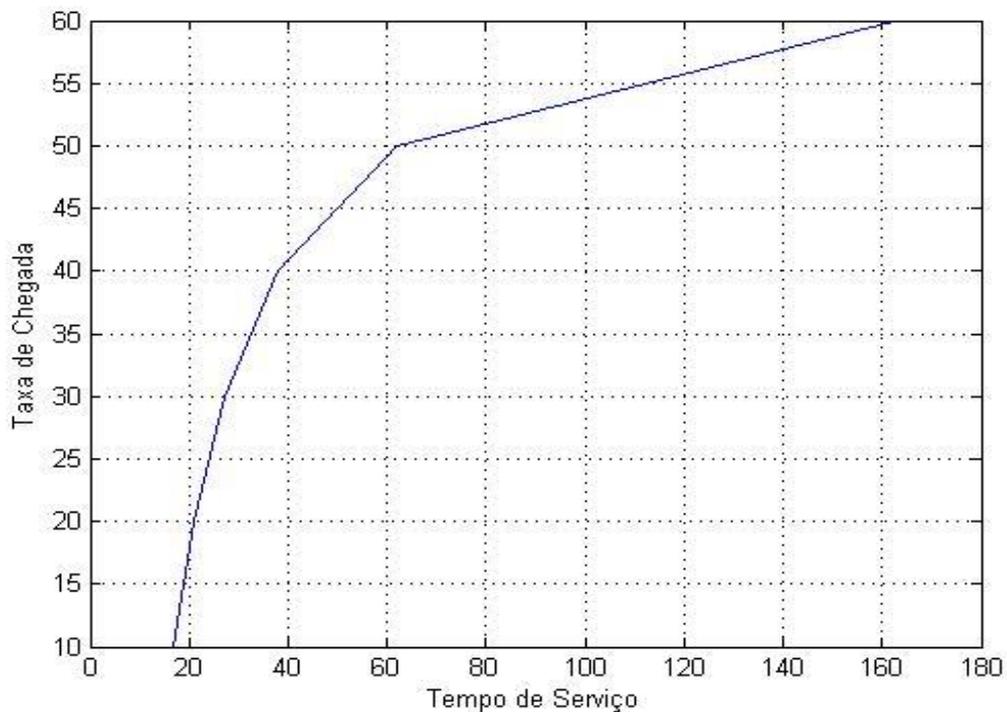


Gráfico 2.1 – Tempo de Serviço na rede UHF. Fonte: Elaborado pelo Autor

Com a taxa de chegada em 10, nota-se que o tempo de serviço se encontra em 17 ms. Partindo para o instante de 40 na taxa de chegada, observa-se que o tempo de serviço está em 38 ms. Novamente entre o penúltimo e o último valor computado, existe uma diferença bem evidente de tempo, no penúltimo momento, a taxa de chegada está em 50 e o tempo de serviço em 62 ms, e no último momento, a taxa de chegada está em 60 e o tempo de serviço em 163 ms, o que já ultrapassa o valor padrão.

O método DSA (*Dynamic Spectrum Access*) citado anteriormente, é um método novo e inexistente no Brasil, apesar do sinal UHF ser relativamente antigo, essa técnica de cognição

no sistema de rádio, futuramente poderá se tornar muito eficiente para as redes veiculares, por esse motivo, que fizemos a análise no sinal UHF.

4.3 Uma análise sobre redes EDGE

A última tecnologia analisada, é a rede EDGE que segue o mesmo padrão das demais redes analisadas anteriormente.

4.3.1 Análise de redes EDGE fator 500 Bytes

Baseado na afirmação descrita na sessão 4.2.3, a análise a seguir, foi feita em uma rede EDGE com a largura de banda de 384 Kbps, com um pacote de 500 Bytes de tamanho e uma população de 60 carros.

4.3.2 Análise da Latência da rede EDGE

Nota-se que sempre foi utilizado o mesmo padrão de análise para todos os outros cenários passados, mudando apenas o padrão de rede utilizado. O Gráfico 2.2 mostra a variação da latência em função da taxa de chegada.

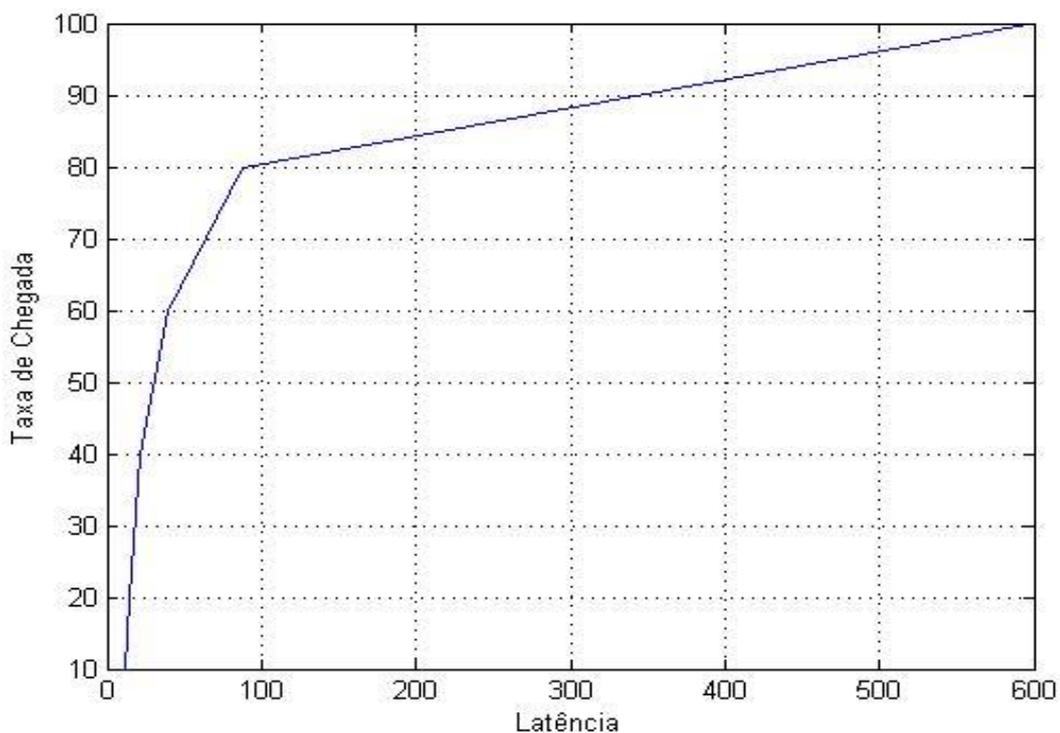


Gráfico 2.2 – Latência na rede EDGE. Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico começa situado em 10 na taxa de chega, o primeiro intervalo tem um salto de 10 requisições, e os próximos seguem um padrão de 20 em 20. A rede EDGE analisada nesses parâmetros tem a capacidade de 100 atendimentos por segundo. Nota-se que no primeiro valor do gráfico, a latência se encontra bem baixa, com o valor de 12 ms, mais a frente no gráfico, no intervalo de 60 na taxa de chegada, a latência subiu bastante e se encontra em 40ms. Entre o penúltimo e último valor computado, observa-se uma mudança significativa na latência, no instante de 80 na taxa de chegada a latência se encontra em 88 ms, porém, ao passar para o último resultado, que seria o valor de 100 na taxa de chegada, a latência dá um salto gigantesco, subindo para 600 ms, o que é extremamente inaceitável para a análise em questão.

4.3.3 Análise do Tempo de Espera na Fila da rede EDGE

Seguindo o padrão de análise dos cenários anteriores, os gráficos que se seguiram, mostrarão duas análises isoladas, que são o tempo de espera na fila, e o tempo de serviço. O Gráfico 2.3 mostra o tempo de espera na fila.

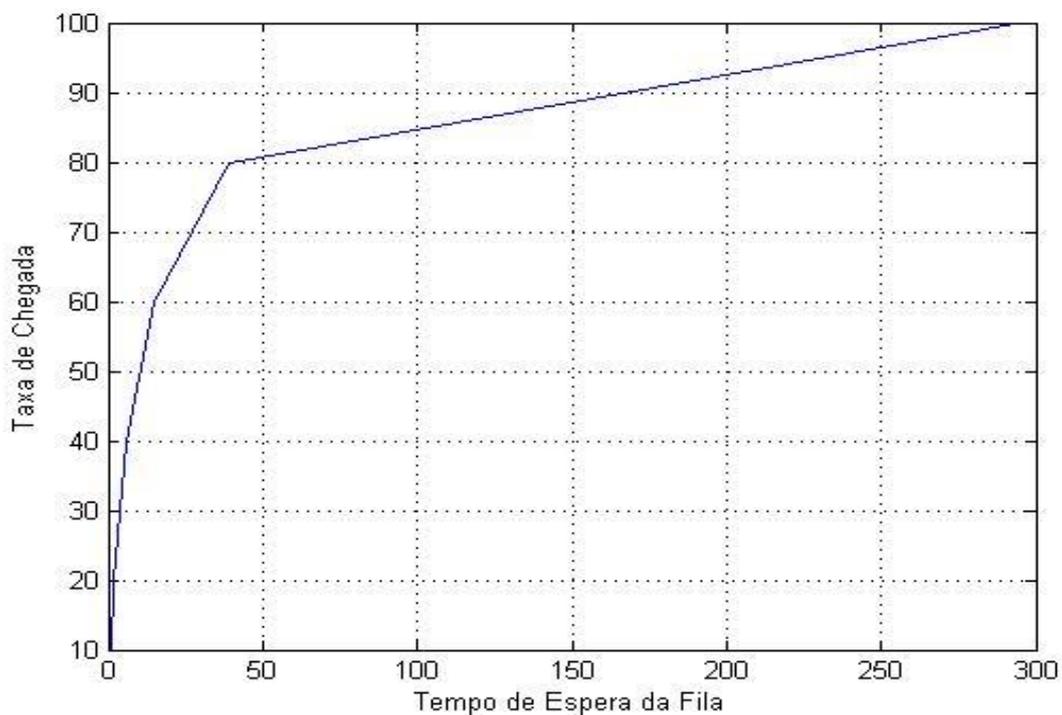


Gráfico 2.3 – Tempo de Espera na Fila da rede EDGE. Fonte: Elaborado pelo Autor

A princípio, com a taxa de chegada em 10, o tempo de espera na fila está bem baixo, mostrando apenas 1ms. Em 40, o tempo de espera se encontra em 6 ms, e novamente observa-se um salto extremo entre a penúltima e última computação, em 80 na taxa de chegada, o tempo

de espera está em 39 ms, e em 100 na taxa de chegada o tempo de espera dá um salto para 295 ms. No último momento se fosse levar em consideração somente o tempo de espera na fila, já estaria fora do padrão.

4.3.4 Análise do Tempo de Serviço na rede EDGE

O Gráfico 2.4 dessa análise, mostra somente o tempo de serviço de forma isolada.

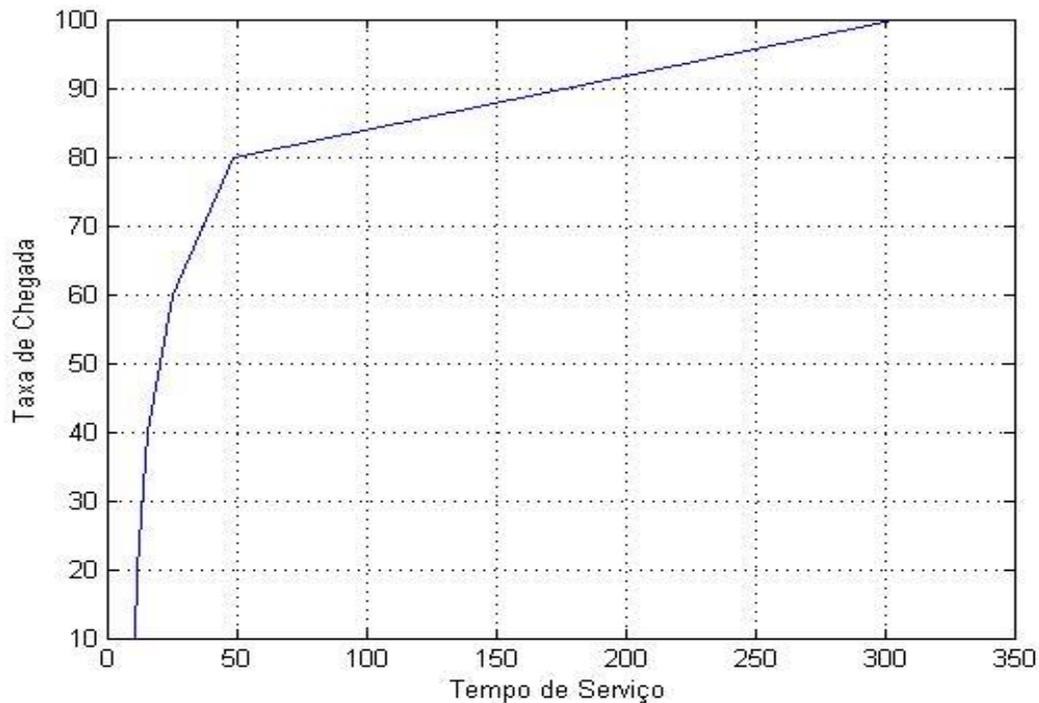


Gráfico 2.4 – Tempo de Serviço na rede EDGE. Fonte: Elaborado pelo Autor

No primeiro instante, nota-se a taxa de chegada em 10 requisições, e o tempo de serviço exatamente em 11 ms. Partindo para 60 na taxa de chegada, observa-se que o tempo de serviço se encontra, em 25 ms. Até então esses dois valores e os outros computados anteriormente, estão dentro do padrão. Passando para o penúltimo e o último valor, em 80 na taxa de chegada o tempo de serviço se encontra em 49 ms, e no último valor com a taxa de chegada em 100, o tempo de serviço ultrapassa a margem padrão requerida por aplicações de segurança nas redes veiculares, chegando à marca de 305 ms.

4.3.5 Análise de redes EDGE Fator 1500 Bytes

A análise a seguir, permanece no padrão EDGE porem agora utilizando um paco de 1500 Bytes de tamanho.

4.3.6 Análise da Latência na rede EDGE

A primeira e mais importante análise a se fazer é da latência, como mostra o Gráfico 2.5.

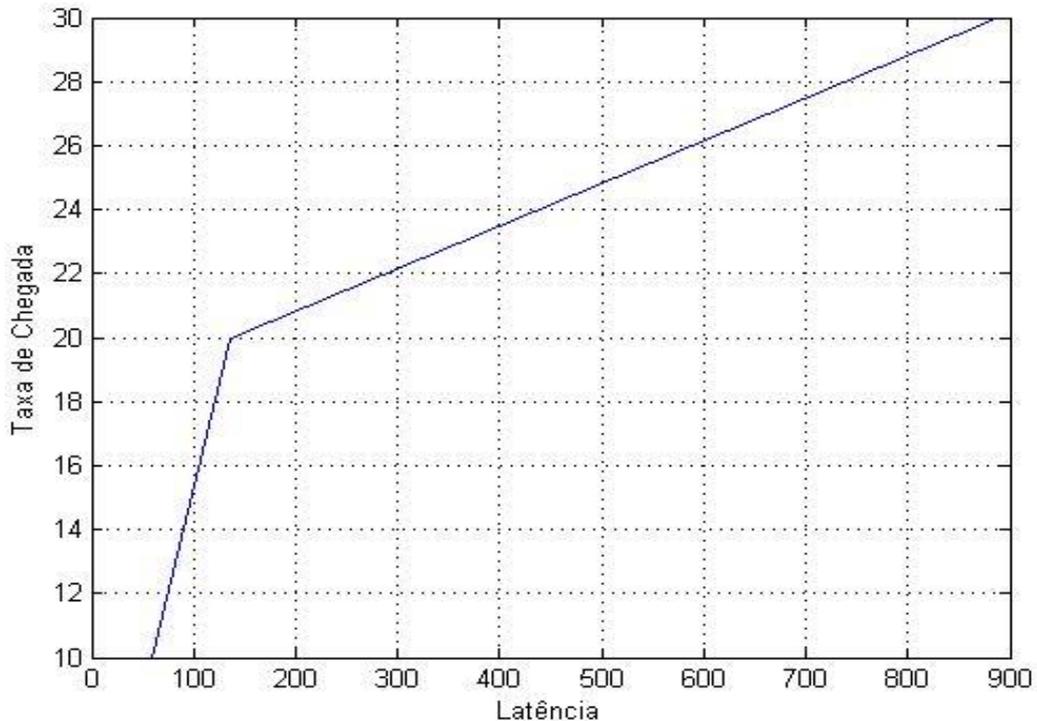


Gráfico 2.5 – Latência da rede EDGE. Fonte: Elaborado pelo Autor

Em suma, o que nos interessa são somente três valores. Em um cenário como esse com base nos parâmetros analisados, a rede tem a capacidade de 32 atendimentos por segundo. No primeiro instante do gráfico, onde a taxa de chegada se encontra em 10, a latência está exatamente em 59 ms. No segundo momento com a taxa de chegada em 20, a latência já ultrapassa o limite, chegando em 135 ms. No último valor computado, onde a taxa de chegada está em 30, o valor da latência está em 888 ms, extremamente inapropriado para o objetivo em questão, chegando a quase um segundo de tempo.

4.3.7 Análise do Tempo de Espera na Fila na rede EDGE

Para se chegar à latência, foi necessário analisar novamente dois parâmetros isolados, que são o tempo de espera na fila, e o tempo de serviço. O Gráfico 2.6 mostra o tempo de espera na fila.

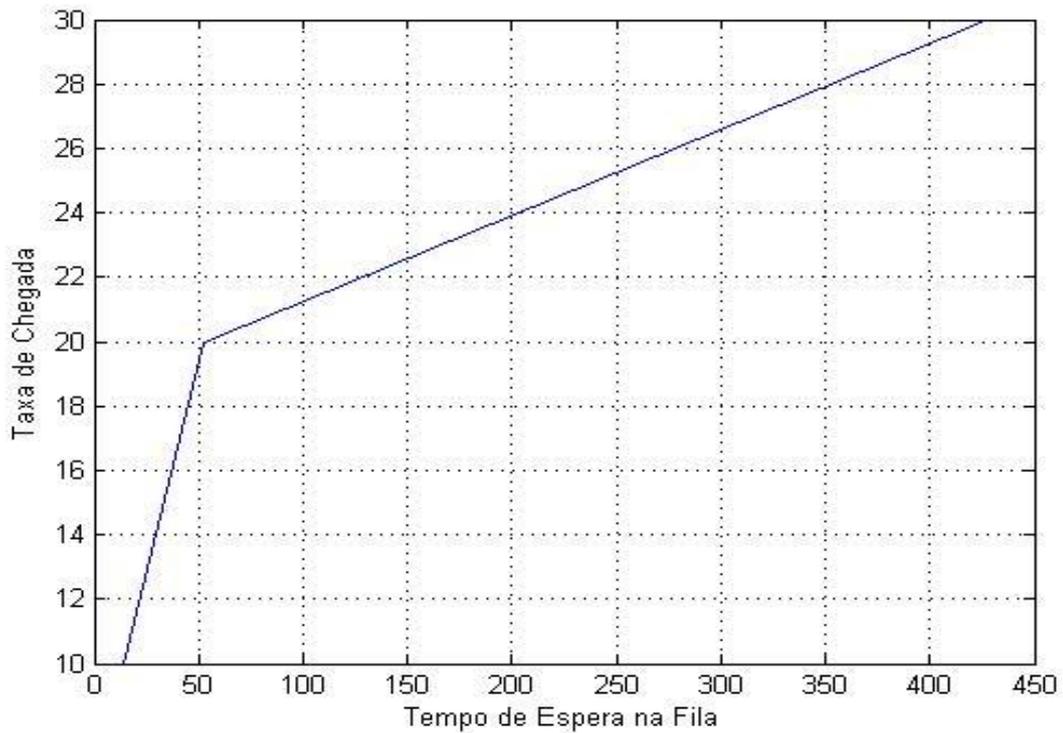


Gráfico 2.6 – Tempo de Espera na Fila da rede EDGE. Fonte: Elaborado pelo Autor

Nota-se que no instante inicial, com 10 na taxa de chegada, o tempo de espera se encontra em 14 ms. Em um segundo momento com a taxa de chegada em 20, o tempo de espera está exatamente em 52 ms. E por último, com a taxa de chegada em 30 requisições, o tempo de espera está situado em 428 ms, o que também foge totalmente do padrão aceitável em nossa análise.

4.3.8 Análise do Tempo de Serviço da rede EDGE

Por fim, o Gráfico 2.7, mostra o tempo de serviço, ou seja, o tempo que uma requisição demora em ser atendida pelo servidor, em função da taxa de chegada.

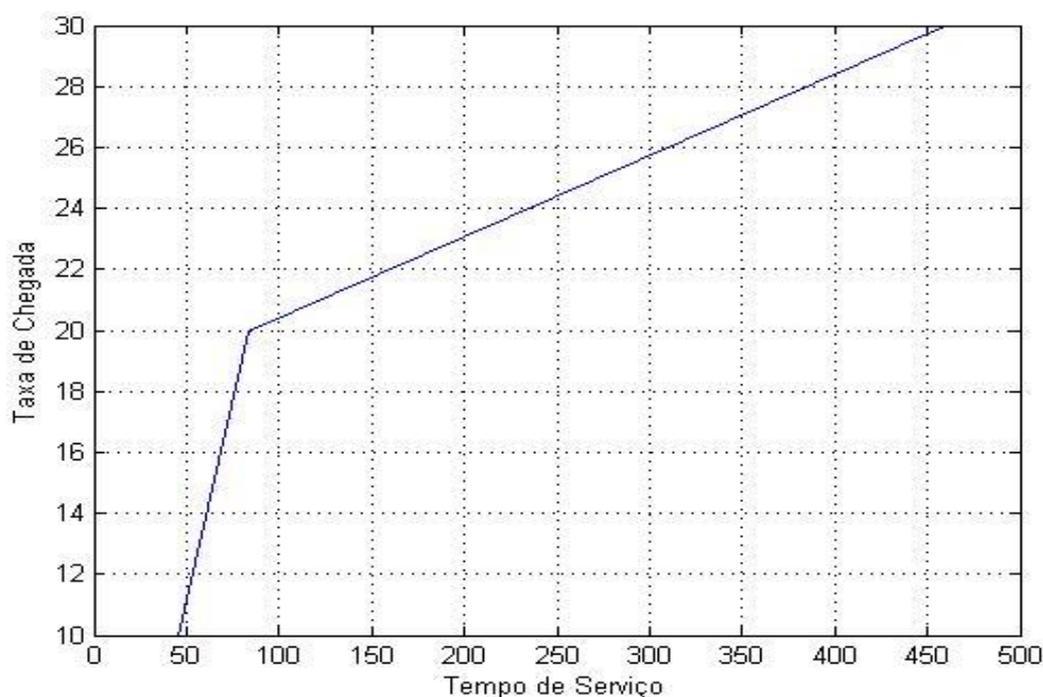


Gráfico 2.7 – Tempo de Serviço na rede EDGE. Fonte: Elaborado pelo Autor

Com a taxa de chegada em 10, o tempo de serviço está em 45ms. Passando para taxa de chegada em 20, o tempo de serviço se encontra em 83 ms. E por fim, com a taxa de chegada em 30, o tempo de serviço ultrapassa o padrão exigido e chega a 460 ms.

4.4 RESUMO DA DISCUSSÃO

De todos os cenários analisados neste projeto, a tecnologia EDGE se mostrou a menos eficaz, no tráfego de informações, pois a mesma possui uma banda muito escassa. Apesar de ser bem limitada em relação às demais redes analisadas, o padrão EDGE ainda hoje é utilizado, e por esse motivo que foi submetida a esta análise.

O cenário 3G se mostrou o mais eficaz para o estudo desse projeto, por dispor de uma maior largura de banda. O padrão UHF se mostrou eficaz, mas o seu ponto mais importante é a versatilidade, pois o sinal de rádio está presente em quase toda parte, e sabendo que a análise feita, parte do princípio que estamos fazendo cognição na frequência de rádio UHF. A tabela a seguir mostra um quadro comparativo dos variados desempenhos das redes analisadas neste projeto.

Tabela 2 – Comparação entre as requisições por segundos em redes 3G, UHF e EDGE.

REDE	REQUISIÇÕES/Seg		LATÊNCIA LIMITE	
	500 Bytes	1500 Bytes	500 Bytes	1500 Bytes
3G	790	220	97 ms	62 ms
UHF	180	40	93 ms	61 ms
EDGE	80	10	88 ms	59 ms

Observe que a Tabela 2 mostra a quantidade de requisições em função do tamanho do pacote utilizado, sabe-se que os padrões de 500 Bytes e 1500 Bytes, foram utilizados neste trabalho. É importante lembrar que os valores computados estão dentro do valor máximo de 100 ms. De acordo com os cenários apresentados é possível observar que o padrão 3G teve o melhor desempenho em relação aos demais.

5 TRABALHOS RELACIONADOS

Vehicular Dynamic Spectrum Access (VDSA) utilizando os canais que estão vagos na banda de TV UHF foi proposto por Pagadarai, (2009), onde é realizada uma campanha para obter um mapa descrevendo a localização geográfica e os canais livres ao longo da rodovia I-90 no estado de *Massachusetts*, demonstrando que esse pode ser um recurso disponível para a utilização em redes veiculares, atendendo as necessidades exigidas por parte das aplicações existentes.

Em Chen (2010) é demonstrado o estudo de viabilidade para a utilização desse recurso citado no parágrafo anterior, a análise é realizada utilizando teoria de filas, sendo que os modelos de fila empregados foram M/M/m e M/D/m para avaliar o desempenho, bem como o tempo de resposta e a probabilidade de bloqueio pelo sistema. Nesse trabalho foi demonstrado que em áreas onde a concentração de veículos e de média para baixa densidade, os canais UHF podem ser utilizados para a comunicação veicular, já em áreas onde a urbanas onde a densidade de veículos é maior, o tempo de resposta obtido é maior que exigido pelas aplicações que norteiam as redes veiculares, entretanto o autor propõe que esse problema pode ser resolvido com o auxílio da utilização de outros tipos de redes sem fio.

Em Ramos (2016) mostra a evolução da telefonia móvel, neste projeto pôde-se verificar a largura de banda da rede 3G, e seu histórico de evolução. Para o padrão UHF, a largura da banda está disponível em Chen (2010) mencionado anteriormente e suas características encontram-se em Moreira (2013).

Em Fortuna (2009) é mostrado a largura de banda do padrão EDGE, e as características da rede. Neste artigo também é mostrado a evolução da tecnologia móvel, desde redes 1G até a mais atual no mercado a 4G. Além da evolução, o artigo descreve um pouco do que é a portabilidade que essas redes oferecem para seus usuários.

6 CONCLUSÃO

Ao longo deste projeto notou-se que o advento das redes veiculares trará grandes benefícios para a vida dos condutores, não somente para promover uma maior segurança nas estradas que é seu objetivo principal, mas para abrir portas para outros tipos de aplicações, como o entretenimento. Sua aplicabilidade poderá reduzir a violência nas estradas, vinculando a tecnologia com a segurança. A análise feita neste projeto, foi baseada em 3 tipos de redes, a 3G, UHF e EDGE, escolhidas com base na sua utilidade e acessibilidade nos dias atuais, notou-se que essas três redes ainda são comumente usadas. Apesar de todas as redes serem acessíveis para a análise deste projeto, a rede que obteve maior eficiência nas análises, foi a 3G, por dispor de maior largura de banda do que as demais.

Redes veiculares permitem que o cenário computacional de um salto muito grande. Com base no estudo feito nesse projeto, pôde-se perceber a grande importância desse novo tipo de tecnologia ainda em fase inicial no cenário mundial e principalmente no cenário nacional. Com o advento da mesma, a taxa de mortalidade no trânsito diminuirá. Esse estudo mostrou apenas um modelo dentre vários outros que estão surgindo e ainda irão surgir futuramente.

7 REFERÊNCIAS

Aguiar, P. Avaliação e Desempenho MAB-515. 2013. Disponível em: <<http://www.dcc.ufrj.br/~sadoc/ad20122/cmtc.html> > Acesso em 10 abri. 2016.

Bose, S. K. Open and Closed Networks of M/M/m Type Queues (Jackson's Theorem for Open and Closed Networks). 2002. Disponível em: <home.iitk.ac.in/~skb/qbook/Slide_Set_14.PDF > Acesso em: 11 abri. 2016.

Boukerche, A., Oliveira, H. A., Nakamura, E. F., and Loureiro, A. A. "vehicular ad hoc networks: A new challenge for localization-based systems". *Computer Communications*, pages 222–230, 2008.

Cardoso, M.A. Tecnologia 3G: uma visão prática. Porto Alegre, 2008. Disponível em: < www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15978/000695282.pdf> Acesso em: 05 jan. 2016.

Chen, S., Wyglinski, A. M., Vuyyuru, R., and Altintas, O. "feasibility analysis of vehicular dynamic spectrum access via queueing theory model". *IEEE Vehicular Networking Conference*, pages 223 – 230, 2010.

Fortuna, B. C, Silva, H.K, Mendes, L. A. TELEFONIA CELULAR: OS RECURSOS E A PORTABILIDADE, Barbacena MG, 2009. Disponível em: <<http://fsd.edu.br/revistaeletronica/arquivos/2Edicao/artigo13.pdf>> Acesso em: 07 jan. 2016.

Fowler, S.; Häll, C.H.; Di Yuan; Baravdish, G.; Mellouk, A., "Analysis of vehicular wireless channel communication via queueing theory model," *Communications (ICC), 2014 IEEE International Conference on* , vol., no., pp.1736,1741, 10-14 June 2014

George J. Klir, B. Y. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications*. Prentice Hall Inc, 1995.

Gerla, M. and Kleinrock, L. "vehicular networks and the future of the mobile internet". *Computer Networks*, 2010.

Kafsi, M., Papadimitratos, P., Dousse, O., Alpcan, T., and Hubaux., J.-P. "vanetconnectivity analysis". In *IEEE Workshop on Automotive Networks and Applications*, 2008.

Kulkarni, V.G. *Introduction to Modeling and Analysis of Stochastic Systems* Second Edition. Nova York: Springer Science+Business Media LLC, 2011.

Lee, K., Lee, U., and Gerla, M. "survey of routing protocols in vehicular ad hoc networks", 2010.

Lee, U. and Gerla, M. "a survey of urban vehicular sensing platforms". *Computer Networks*, 2010.

Lima, A. S, Siqueira, J. P. COMUNICAÇÃO VHF/UHF VIA WEB. Belém PA, 2006. Disponível em: < <http://docslide.com.br/documents/comunicacao-vhfuhf-via-web.html>> Acesso em: 02 jan. 2016.

Monteiro, M. A. Introdução à Organização de Computadores Quinta Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora LTC, 2012.

Moreira, F. M. Uso de RFID na gestão de artigos retornáveis em cadeias de distribuição tipo closed-loop. Rio de Janeiro, 2013.

Nogueira, F. Cadeias de *Markov*. 2009. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/epd042/files/2009/02/cadeiaMarkov1.pdf>> Acesso em: 12 abri. 2016.

Oliveira, F. J. Filas de Espera. 1998. Disponível em: <<https://web.fe.up.pt/~mac/ensino/docs/IO20032004/FilasEspera.pdf>> Acesso em: 120 abri. 2016.

Pagadarai, S., Wyglinski, A., and Vuyyuru, R. "characterization of vacant uhf tv channels for vehicular dynamic spectrum access". IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), pages 1–8, 2009.

Pereira, C. R. UMA INTRODUÇÃO ÀS FILAS DE ESPERA. 2009. Disponível em: <digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/48/1/MestradoCláudiaPereira.pdf> Acesso em: 22 mar. 2016.

Pinheiro, G. Teoria de Filas e Sistemas de Comunicação. 2010. Disponível em: <www.lee.eng.uerj.br/~gil/filas/Filas.pdf> Acesso em: 21 mar. 2016.

R. Zhang, Y. P. and Kouikoglou, V. *Fuzzy Control of Queuing Systems*.Springer. 2005.

Ramos, M. F. A Evolução da Telefonia Celular, 2012. Disponível em: < http://pt.slideshare.net/ManoelFelipeRamos/artigo-a-evolucao-da-telefonia-celular?from_action=save>. Acesso em: 05 jan. 2016.

Tom, T. Tomtom Traffic Index Measuring Congestion Worldwide, 2015. Disponível em: <http://www.tomtom.com/pt_br/trafficindex/list> Acesso em: 23 mar. 2016.

Tude, E. Tutorial TDMA, Teleco (Inteligência em Telecomunicações), 2003. Disponível em : <www.teleco.com.br/pdfs/tutorialtdma.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2016.

Waiselfisz, J. J. Mapa da Violência 2012 CADERNO COMPLEMENTAR 2 ACIDENTES DE TRÂNSITO, São Paulo: INSTITUTO SANGARI, 2012. Disponível em: <<http://www.mapadaviolencia.org.br/>> Acesso em: 23 mar. 2016.