



Projeto Piloto de IoT para Cidades Inteligentes - Implantação de um sistema de sensoriamento da frota municipal

INATEL - INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES
ICC - INATEL COMPETENCE CENTER

Santa Rita do Sapucaí
Agosto de 2023

Sumário

Lista de Figuras	ii
Lista de Tabelas	iii
Acrônimos	iv
1 Introdução	1
2 Contexto do Projeto	2
2.1 Informações sobre os municípios do projeto	3
2.2 Parceiros Envolvidos no Sistema de Monitoramento da frota municipal	5
3 Contexto do Monitoramento de frota	6
3.1 Regulamentos para Monitoramento de frota	6
3.2 Sistema de Monitoramento de frota inteligente	6
3.3 Tecnologias	7
4 Descrição da Solução de IoT testada	10
5 Desafios de implementação	16

Lista de Figuras

2.1	Santa Rita do Sapucaí/MG. Fonte: [10]	4
2.2	Caxambu/MG. Fonte: [12]	4
2.3	Piraí/RJ. Fonte: [14]	5
3.1	Topologia de rede de estrela com rede LTE.	8
3.2	Topologia de rede estrela estendida.	8
4.1	Tela Inicial.	11
4.2	Registros dos dados da frota.	11
4.3	Mapa com as localizações da frota.	11
4.4	Mapa do trajeto de um veículo.	12
4.5	Dados da velocidade.	12
4.6	Mapa das ocorrências de excesso de velocidade.	12
4.7	KPI Acessibilidade NB-IoT TIM Celular S/A	13
4.8	Volume Dados DLUL NB-IoT Tim Celular S/A	14
4.9	Volume Total Dados DLUL Acumulado por Dispositivo NB-IoT TIM Celular S/A	15

Lista de Tabelas

2.1	Setores e Aplicações	3
3.1	Características dos protocolos de comunicação.	9

Acrônimos

BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

FINATEL Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações

GSM *Global System for Mobile Communications*

GPS *Global System Positioning*

ISM *Industrial, Scientific, and Medical*

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Inatel Instituto Nacional de Telecomunicações

IoT *Internet of Things*

LGPD Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais

LoRa *Long Range*

LTE *Long Term Evolution*

MCTIC Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

ODS Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Capítulo 1

Introdução

De acordo com a Constituição Federal do Brasil, compete ao município “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local” [1]. Os transportes da rede pública municipal auxiliam na prestação desses serviços como, por exemplo, na saúde, educação, segurança, com a disponibilidade de ambulâncias, veículos escolares e a frota da Guarda Civil Municipal.

O gerenciamento da frota municipal é essencial para controlar o operacional, a logística, os custos, bem como o correto uso dos veículos. Nesse contexto, a utilização de dispositivos *Internet of Things* (IoT) permite a coleta de dados e o rastreamento dos veículos em tempo real, para otimizar o controle e a economia dos recursos públicos e auxiliar na segurança e prevenção de riscos, tanto do condutor quanto dos passageiros [2]. Além disso, a segurança dos dados é importante nesse sistema, sendo necessários algoritmos aprimorados de proteção contra ataques cibernéticos. Diante deste cenário, soluções de IoT possuem grande potencial de aplicação no setor de Mobilidade das cidades [3].

Capítulo 2

Contexto do Projeto

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), liderou um estudo denominado “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil” e propôs um plano de ação para o desenvolvimento da Internet das Coisas no Brasil [4, 5]. Esse estudo foi dividido em 4 fases e cada uma dessas em objetivo e principais produtos. O produto 8A da terceira fase, nomeado “Relatório do plano de ação – Iniciativas e Projetos Mobilizadores”, cita que a adoção de IoT traz benefícios socioeconômicos para a sociedade, assim como, auxilia no cumprimento das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), abrangendo 43% desses objetivos [5].

Uma das verticais priorizadas no estudo é o ambiente de Cidades, que possui 4 objetivos estratégicos: mobilidade, segurança pública, eficiência energética e saneamento e inovação [5]. Dentre as ações para o cumprimento dessas metas está a implantação de um sistema de rastreamento da frota municipal, o qual pode ser integrado e interconectado ao sistema de videomonitoramento inteligente [3], criando assim um sistema integrado entre diferentes áreas, com gestão integrada e aplicações que auxiliam os setores social, econômico e ambiental, como apresentado na Tabela 2.1.

Aplicações reais do sistema de rastreamento da frota municipal já podem ser observadas em diversas cidades. O município de Retirolândia, na Bahia, implantou um sistema de monitoramento de frota nos veículos da Educação, Saúde, Assistência Social e Administração Pública. Os dispositivos utilizados possuem tecnologia GPS e diversos recursos como, por exemplo, localização, registro do caminho realizado e velocidade do veículo, assim como controle do condutor responsável durante o uso [6]. O resultado dessa implantação visa a maior segurança dos servidores e cidadãos que utilizam os veículos, além de “medir e avaliar os comportamentos de condução” [6].

Em 2022, o município de Santos, em São Paulo, também implementou um novo sistema de gerenciamento e localização da frota da Prefeitura, ampliando o controle dos veículos e viaturas ligados ao Centro de Operação e Controle. Os mais de 100 veículos da frota possuem tecnologia GPS e acompanhamento, em tempo real. O objetivo desse sistema visa maior controle das viaturas, melhorando e agilizando o atendimento das ocorrências, bem como otimizar a frota, colaborar com o controle do itinerário dos

Tabela 2.1: Setores e Aplicações

Setor	Aplicação
Social	Monitoramento do tráfego; Semáforo inteligente; Estacionamento inteligente; Monitoramento de possíveis eventos críticos; Qualidade de visibilidade das vias; Segurança da população; Melhorar a interatividade com o cidadão.
Ambiental	Monitoramento meteorológico; Monitoramento e alertas para possíveis catástrofes; Monitoramento da poluição; Detecção de gases tóxicos; Crédito de Carbono.
Econômico	Alerta de acidente ou disparo de arma de fogo; Redução do consumo de energia elétrica; Redução dos custos de manutenção.

veículos, remanejando aqueles ociosos para outra secretaria caso necessário [7].

É importante ressaltar que as soluções tecnológicas de IoT para Cidades Inteligentes são diversas, visto que, cada cidade possui diferentes desafios particulares. Com este intuito é preciso desenvolver, testar e avaliar as diferentes tecnologias disponíveis, em cenários diversificados, para verificar os impactos de cada projeto e conseguir elaborar guias para orientar a aplicação de IoT nas cidades.

Em 2018, o Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel), mantido pela Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações (FINATEL), enviou uma proposta de projeto piloto de IoT Cidades ao BNDES Pilotos IoT para apoio financeiro, com recursos não reembolsáveis. O referente projeto foi aceito e tem como objetivo implantar a telegestão na rede de iluminação inteligente e integrá-la com videomonitoramento para segurança pública [8], bem como realizar o monitoramento dos veículos da Administração Pública. As soluções tecnológicas serão testadas e avaliadas em três municípios, Santa Rita do Sapucaí/MG, Caxambu/MG e Piraí/RJ, entretanto, apenas na primeira cidade será implantado o sistema de rastreamento da frota municipal.

2.1 Informações sobre os municípios do projeto

O foco desse Projeto-Piloto é desenvolver soluções tecnológicas de IoT para cidades de pequeno e médio porte, ou seja, com menos de 100 mil habitantes. A implementação e avaliação da solução serão realizadas em 3 municípios brasileiros. As informações de cada local são apresentadas a seguir:

- **Santa Rita do Sapucaí/MG:**

- População estimada: 44.226 pessoas (2021) [9]

- **Piraí/RJ:**

- População estimada: 29.802 pessoas (2021) [19] [13]
- Área Territorial: 490,255 km² (2021) [13]
- Densidade demográfica: : 52,07 hab/km² (2010) [13]
- Mapa:

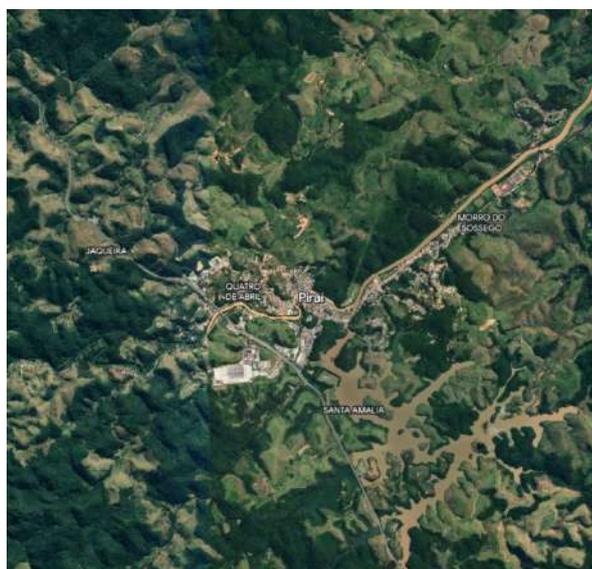


Figura 2.3: Piraí/RJ. Fonte: [14]

2.2 Parceiros Envolvidos no Sistema de Monitoramento da frota municipal

Para que o projeto de Monitoramento de Frota seja implementado de forma eficiente, é fundamental a participação de diferentes parceiros que possam contribuir com recursos financeiros, tecnológicos e de gestão. Entre os parceiros desse projeto estão o BNDES, as prefeituras e municípios, as empresas PowerTec Rastreadores [15], TIM Celular S/A [16], e o Inatel. Cada um desses parceiros traz competências e habilidades específicas que são fundamentais para o sucesso do projeto de rastreamento da frota municipal.

Capítulo 3

Contexto do Monitoramento de frota

A quinta etapa do Projeto-Piloto de IoT Cidades é a implementação do sistema de Monitoramento da Frota municipal, a qual será o objeto de estudo desse relatório. Na seção 3.1 são apresentados os regulamentos importantes para o desenvolvimento de projetos com sistema de monitoramento da frota. Na seção 3.2 são apresentados os sistemas atual e o inteligente. Por fim, na seção 3.3 são descritas e comparadas as tecnologias disponíveis para a implementação do monitoramento.

3.1 Regulamentos para Monitoramento de frota

A seguir são citados os documentos principais sobre o contexto de rastreamento de frotas.

- **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988** [1];
- **Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018:** Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) [17].

3.2 Sistema de Monitoramento de frota inteligente

Atualmente, a frota municipal é gerenciada sem o auxílio da tecnologia de IoT, em que a movimentação, manutenção e custos referentes aos veículos precisam ser definidos previamente ou durante um evento não planejado como, por exemplo, problemas mecânicos no veículo. Nesse contexto, a adoção de recursos tecnológicos e telemetria nas atividades gerenciais se torna uma alternativa para auxiliar no controle e prevenção dessas situações, otimizando os recursos públicos, agilizando o atendimento das ocorrências e reduzindo custos.

Para fins de exemplificação, suponha-se um cenário onde ocorreu uma atividade suspeita e a Guarda Municipal precisa ser acionada para atender a ocorrência. É gerado um chamado para a viatura mais próxima ir até o local, contudo, as localizações

desses veículos são conhecidas apenas após os agentes de segurança informarem suas posições, o que acarreta maior tempo de resposta da ocorrência. No cenário em que o sistema de rastreamento da frota está implementado, essas posições já serão conhecidas previamente, permitindo um tempo de resposta menor assim como, poderá ser indicada a melhor rota até o local desejado. Além dessa situação, os transportes também estão sujeitos a apresentarem problemas mecânicos no dia a dia, mesmo com as revisões realizadas corretamente, gerando gastos extras.

Baseado nisso, a implantação de um sistema de monitoramento de frota, em tempo real, permite conhecer informações importantes sobre o estado e a posição geográfica dos veículos, em que os sensores instalados na frota utilizam o Sistema de Posicionamento Global (do inglês, *Global System Positioning* (GPS)) e através de uma rede de comunicação transmitem os dados coletados para a nuvem ou uma central de monitoramento para serem tratados e gerarem as informações desejadas, as quais serão apresentadas em um *software* de gerenciamento para o usuário. Dessa maneira, através da análise e correlação dos dados, é possível monitorar a frota, gerar relatórios, controlar manutenções, combustível, velocidade, assim como receber alertas. Outro ponto relevante é que a utilização do monitoramento remoto de frota permite que desvios no uso dos recursos públicos possam ocorrer, minimizando pequenas apropriações do aparelho público para atividades para as quais eles não foram destinados. Ressalta-se que, a segurança do acesso e dos dados são importantes para esse sistema e devem estar em conformidade com as regras da LGPD assim como, utilizar *softwares* de proteção para evitar invasões e ataques cibernéticos.

3.3 Tecnologias

No sistema de monitoramento de frota e telemetria, como apresentado na seção anterior, são utilizados sensores conectados a uma rede de comunicação para a transmissão dos dados. No mercado há equipamentos de IoT, tanto para rastreamento de frota empresarial quanto para frota municipal, que utilizam diferentes redes de comunicação de acordo com a aplicação do projeto.

- **NB-IoT:** NB-IoT ou IoT de banda estreita é reconhecida como comunicação sem fio para a Internet das Coisas. NB-IoT vem na categoria de LPWAN (Low Power Wide Area Networks), tendo a capacidade de conectar dispositivos que requerem pequenas quantidades de dados, longo alcance, baixa largura de banda e longa duração da bateria. Utiliza rede LTE, por isso, não requer *gateways* [18]. Sua topologia de rede é a estrela [19], como ilustrado na Figura 3.1.

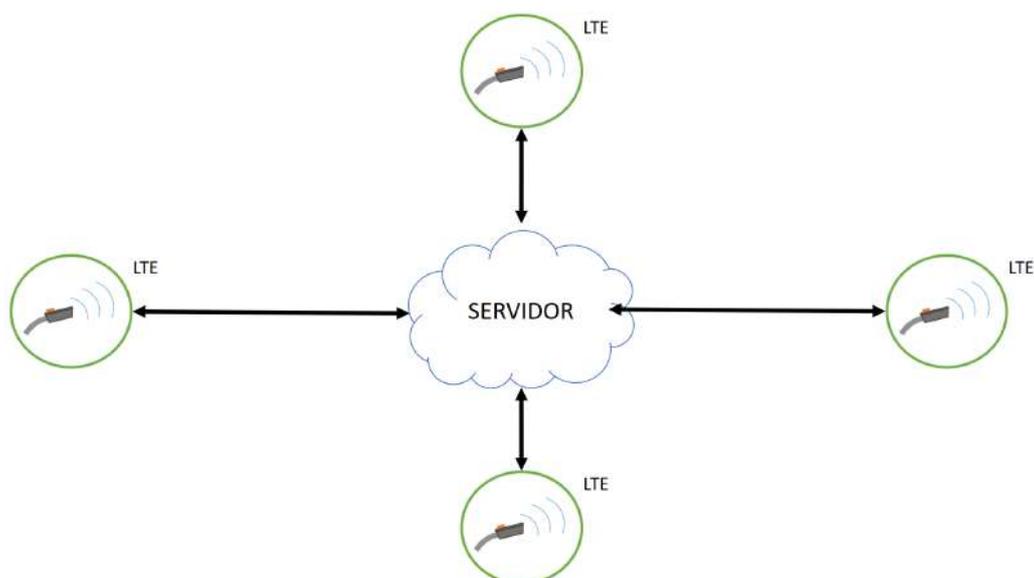


Figura 3.1: Topologia de rede de estrela com rede LTE.

- **LoRaWAN:** é fornecido como protocolo de camada MAC, que é feito para redes de área pública de grande escala. LoRaWAN é criado usando a tecnologia LoRa da Semtech. LoRa e LoraWAN estão sob os protocolos de rede de comunicação sem fio não celular. Ele segue a modulação de espectro de espalhamento chirp (modulação CSS). Requer *gateways* para intermediar as comunicações entre dispositivos [20]. Sua topologia de rede é a estrela estendida [21], como ilustrado na figura 3.2.

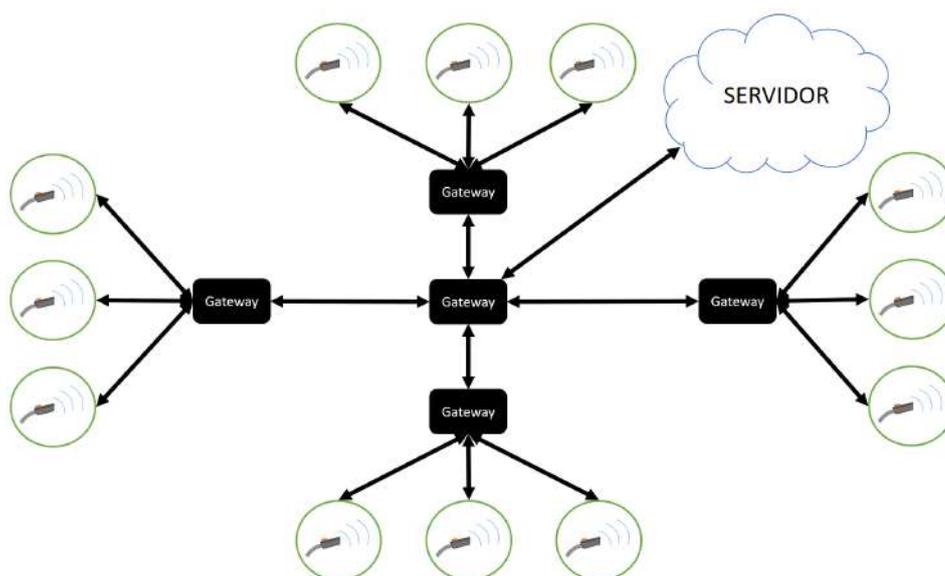


Figura 3.2: Topologia de rede estrela estendida.

A comparação entre as duas tecnologias é apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Características dos protocolos de comunicação.

	NB-IoT	LoRaWan
Frequência	GSM/LTE Band	ISM-Band
Modulação	QAM	CSS
Velocidade de transmissão	21-62.5 kbps(NB1) 120-160kbps(NB2)	30-50 kbps
Distância de transmissão	até 100 km	Urbano: 3-5 km Rural: 15 km
Largura Banda	200KHz	125KHz e 250KHz
Consumo Bateria	Baixo	Baixo
Payload Máximo	1600 Bytes	243 Bytes
Autenticação e Criptografia	Criptografia LTE	AES 128b

Capítulo 4

Descrição da Solução de IoT testada

Nesta seção é descrita a solução tecnológica de IoT proposta pelo Inatel para a implementação do sistema de monitoramento da frota municipal. Esse sistema será implementado apenas no município de Santa Rita do Sapucaí, apresentado na seção 2.1.

A etapa inicial do processo de implementação do monitoramento da frota é a instalação dos rastreadores veiculares na frota municipal. Buscando utilizar soluções já existentes no mercado para a viabilidade econômica da solução, a empresa parceira PowerTec Rastreadores se tornou a responsável pelo fornecimento dos equipamentos e *software* de gerenciamento para o sistema e a TIM Celular S/A responsável pela conectividade.

Na cidade foram instalados 140 rastreadores veiculares na frota municipal, do modelo GTK-110 4G da GeTrack, em rede de comunicação NB-IoT TIM Celular com fallback para rede TIM GSM. Esses dispositivos IoT realizam o monitoramento, em tempo real, e utilizam a tecnologia GPS para determinar a posição geográfica dos veículos, além de coletar dados para transmiti-los para o processamento em nuvem. Na eventualidade de não haver conexão com a rede, os dados coletados são armazenados em uma memória interna, de forma que quando a conexão for reestabelecida estes dados possam ser carregados na nuvem, como esta memória possui um limite, em casos de ausência de conectividade por longos períodos de tempo (superiores a 3 dias por exemplo) pode haver a sobrescrita dos eventos mais antigos para que os eventos mais recentes possam ser armazenados. Alternativamente à rede NB-IoT, em regiões de sombra, o equipamento consegue se conectar em redes dos tipos CAT-M1 e GSM (Ressalta-se que no caso de implementação a rede CAT-M1 não está disponível na cobertura TIM Celular S/A)

Alguns exemplos dos dados coletados dos veículos são: tipo e situação da ignição, velocidade, trajetos, paradas, manutenção, latitude, longitude, estado, deslocamento, entre outras. Em seguida, as informações são apresentadas ao usuário através da interface gráfica do software também da GeTrack. No sistema de gerenciamento, cada veículo possui uma identificação única para ao ser cadastrado e assim, conseguir acessar as informações da telemetria. A tela inicial é mostrada na Figura 4.1, onde pode-se ter mais informações gerais sobre a quantidade de veículos com rastreadores instalados

e quantos desses estão ligados e desligados, além dos mapas de localização e trajetos apresentados, respectivamente, nas Figuras 4.2, 4.3 e 4.4.



Figura 4.1: Tela Inicial.

Motorista	Ign	Tipo	Data	Data GPS	km/h	Estado	Latitude	Longitude
Sem Motorista		Ignição desligada	29/06/2023 09:49:46	29/06/2023 09:49:42	0		-22.225738	-45.719469
Sem Motorista		Periódico normal	29/06/2023 09:49:30	29/06/2023 09:49:25	12		-22.2258	-45.719388
Sem Motorista		Periódico normal	29/06/2023 09:48:28	29/06/2023 09:48:23	0		-22.225677	-45.719708
Sem Motorista		Periódico normal	29/06/2023 09:47:27	29/06/2023 09:47:21	0		-22.225677	-45.719708

Figura 4.2: Registros dos dados da frota.

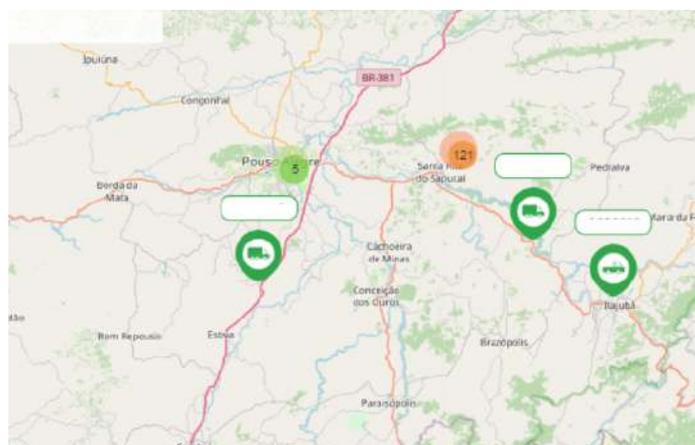


Figura 4.3: Mapa com as localizações da frota.

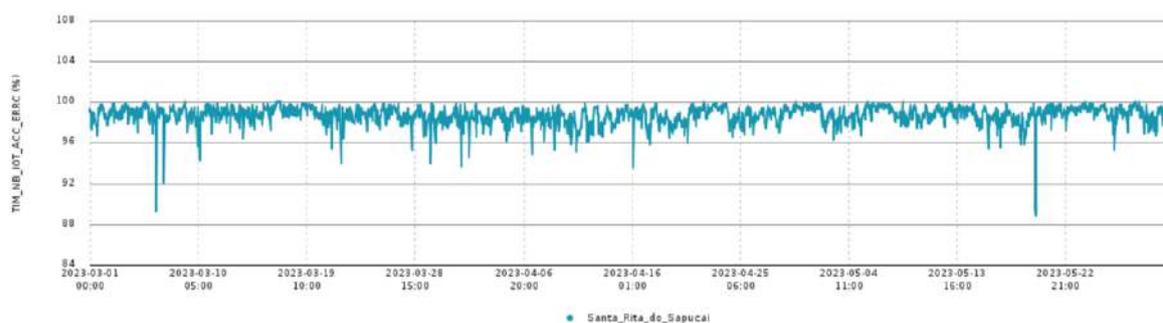


Figura 4.7: KPI Acessibilidade NB-IoT TIM Celular S/A

TIM Celular, para exemplificar os parâmetros desta conectividade e em parceria com a TIM Celular foram obtidos dados de como se comportou esta rede estabelecida para o projeto de Rastreamento de Frota durante um dado período de tempo, a saber: de 01 de Março de 2023 à 22 de Maio de 2023. Os resultados obtidos e os comentários são apresentados a seguir.

O primeiro parâmetro de qualidade da rede estabelecida é o de Acessibilidade que indica um índice percentual das solicitações de usuário que são atendidas pela rede, ou seja, mede o quanto a rede consegue atender as requisições de conexão dos dispositivos, seja de chamadas de voz ou dados, em geral este parâmetro nos dá um indicativo de dimensionamento e congestionamento de rede durante um intervalo de tempo, este valor percentual deve estar acima de 96% indicando que apenas um total de 4% de todas as requisições iniciadas não foram atendidas, a Figura 4.7 indica os valores obtidos em toda a área de cobertura TIM Celular de Santa Rita do Sapucaí-MG no período avaliado.

Nota-se do gráfico acima que durante todo o período de medição o parâmetro de Acessibilidade se manteve acima de 96% com raríssimos momentos em que esteve ligeiramente abaixo devido a eventos de sobrecarga de tráfego na rede, de maneira geral tivemos um indicativo de bom dimensionamento e cobertura para as tecnologias avaliadas.

O segundo parâmetro avaliado é o de Volume de Dados, que indica em uma escala de tempo o Volume total de dados trafegados na rede, este parâmetro nos ajuda a verificar o dimensionamento dos pacotes de dados disponibilizados para estes dispositivos e a sua correta utilização. Na Figura 4.8 o resultado obtido na medição durante o intervalo de testes mencionado anteriormente.

Verifica-se que em média temos um volume de dados na ordem de 5KB trafegados durante o período de medição num intervalo que varia entre 2KB e 8KB, e isso nos dá uma dimensão de que os dispositivos adotados e a topologia de rede implementados oferecem bom suporte com baixa necessidade de tráfego de dados.

Por fim iremos apresentar um indicador com a Média de Utilização de dados trafegados por cada dispositivo durante o período de medição (aproximadamente 80 dias) e este indicador nos apresenta o desempenho em volume total de dados trafegados no

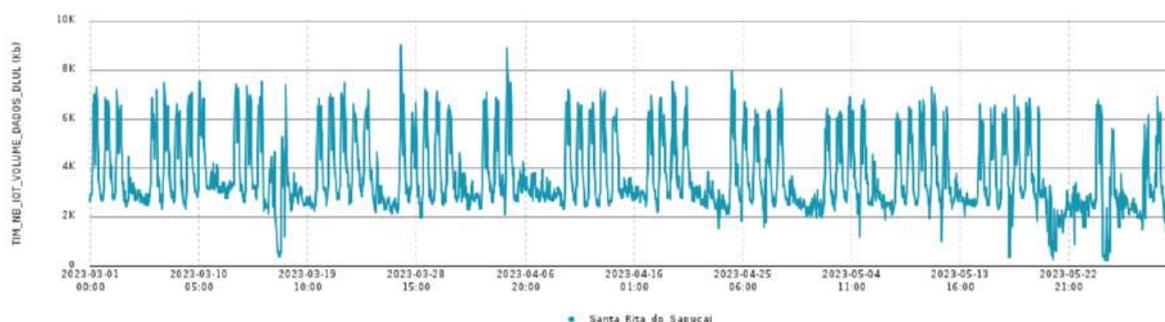


Figura 4.8: Volume Dados DLUL NB-IoT Tim Celular S/A

acumulado e individualizado por dispositivo, o que permite que identifiquemos algum dispositivo com fluxo anormal de dados, que poderia representar um erro de operação ou configuração do dispositivo em questão.

Nota-se (Figura 4.9) que dentre todos os dispositivos implementados tivemos uma média de consumo de dados de 4MB durante o período completo de testes (80 dias) e que os valores observados se encontram entre 1.5MB a 8MB indicando que todos os dispositivos observados apresentam o comportamento esperado no quesito de tráfego de dados. Observa-se ainda que alguns dispositivos não apresentaram qualquer tráfego de dados no período de medição, isso se dá por que alguns dos veículos em que foram implementados o Rastreamento de Frota estavam inativos ou em manutenção durante o período medido, informação que foi confirmada pelos responsáveis pela Secretaria responsável pela frota municipal na cidade de Santa Rita do Sapucaí-MG.

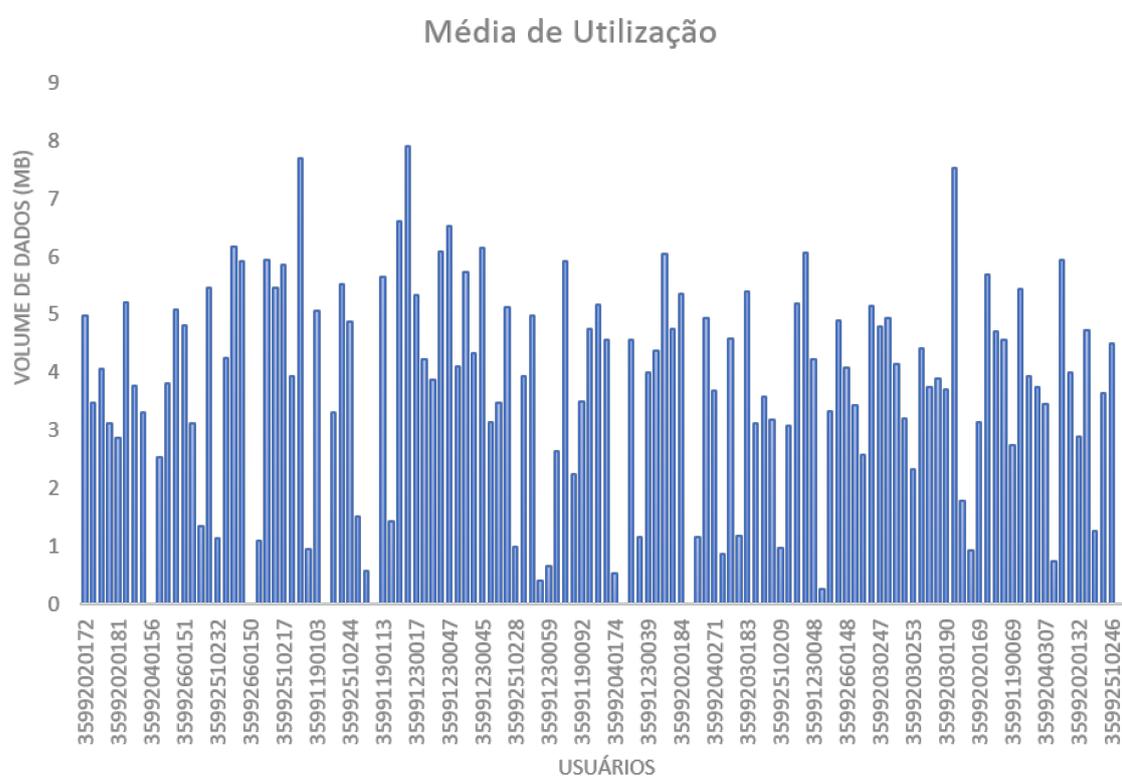


Figura 4.9: Volume Total Dados DLUL Acumulado por Dispositivo NB-IoT TIM Celular S/A

Capítulo 5

Desafios de implementação

A implementação do sistema de monitoramento da frota inteligente é uma tarefa que requer planejamento para atingir os resultados esperados. É preciso considerar os desafios técnicos, operacionais, regulatórios e de expectativas da população, tais como:

- **Privacidade e segurança dos dados:** os dados coletados pelo sistema devem ser tratados, armazenados e analisados de acordo com as normas de segurança de dados. Dessa maneira, é preciso tomar medidas de segurança para proteger os dados coletados e o sistema de potenciais ameaças e invasões;
- **Custo:** a implementação de uma infraestrutura pode ter custo elevado, dependendo dos equipamentos escolhidos, assim como, qual o tipo de estrutura de conexão que será utilizado entre estes. Entretanto uma vez que a rede LTE já se encontra plenamente difundida em quase a totalidade do território nacional, em assim sendo os custos operacionais da implementação de uma rede NB-IoT passaria apenas pela disponibilização de planos de conectividade para os dispositivos implementados.
- **Operação, manutenção e suporte:** a operação de um sistema inteligente requer capacitação especializada dos profissionais para que o sistema funcione corretamente, assim como, seja possível a manutenção e suporte contínuos para evitar problemas de segurança.

Referências Bibliográficas

- [1] (1988) CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. [Online]. Available: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- [2] PowerTec Rastreadores. (2021) Como a implementação de um sistema pode melhorar sua Gestão de Frotas? [Online]. Available: <https://powertecrastreadores.com.br/blog/2021/09/23/como-a-implementacao-de-um-sistema-pode-melhorar-sua-gestao-de-frotas/>
- [3] (2017) Produto 7A: Aprofundamento de Verticais - Cidades. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/776017fa-7c4a-43db-908f-c054639f1b88/relatorio-aprofundamento+das+verticais-cidades-produto-7A.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3rPg5Q>
- [4] (2018) Produto 9a: Relatório Final do Estudo. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/d22e7598-55f5-4ed5-b9e5-543d1e5c6dec/produto-9A-relatorio-final-estudo-de-iot.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m5WVld>
- [5] (2017) Produto 8: Relatório do Plano de Ação. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m0jDUok>
- [6] (2022) MUNICÍPIO DE RETIROLÂNDIA IMPLANTA SISTEMA DE MONITORAMENTO DE FROTA. [Online]. Available: <https://retirolandia.ba.gov.br/municipio-de-retirolandia-implanta-sistema-de-monitoramento-de-frota/>
- [7] (2022) Monitoramento da frota de Santos ganha novo sistema e se integra ao Centro de Controle Operacional. [Online]. Available: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=noticia/monitoramento-da-frota-de-santos-ganha-novo-sistema-e-se-integra-ao-centro-de-controle-oper>
- [8] BNDES. BNDES Pilotos IoT - Internet das Coisas. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/>

inovacao/internet-das-coisas/bndes-projetos-piloto-internet-das-coisas/
bndes-pilotos-iot-internet-das-coisas

- [9] IBGE. Cidades e Estados. [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/santa-rita-do-sapucaia.html>
- [10] Google. (2022) *Google Earth*. [Online]. Available: <https://earth.google.com/web/@-22.2481203,-45.69771196,891.26221225a,12999.80446118d,35y,0h,0t,0r>
- [11] IBGE. Cidades e Estados. [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/caxambu.html>
- [12] Google. (2021) *Google Earth*. [Online]. Available: <https://earth.google.com/web/search/Caxambu,+MG/@-21.98459963,-44.93253246,930.91344124a,12991.18165254d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCTA3-ABtNTbAEU85juCYSTbAGQzJqvTm00bAIUXBiEu23kbA>
- [13] IBGE. Cidades e Estados. [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/pirai.html>
- [14] Google. *Google Earth*. [Online]. Available: https://earth.google.com/web/search/Pira%C3%AD,+RJ/@-22.62736872,-43.90356159,368.07216204a,17946.77045051d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCVd5Sp7x8TXAEY69TAcpBjbAGcmUnln1cUbAIVWcPK_FfEbA
- [15] PowerTec Rastreadores. PowerTec Rastreadores. [Online]. Available: <https://powertecrastreadores.com.br/index.html#hero>
- [16] TIM. TIM. [Online]. Available: <https://www.tim.com.br/>
- [17] (2018) LEI N^o 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018. [Online]. Available: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm
- [18] A. Ukovich. (2022) *NB-IoT Explained: What Is It, and How Does It Work?* [Online]. Available: <https://www.telit.com/blog/nb-iot-new-cellular-standard-means-business/#:~:text=NB-IoT%20is%20a%20Low%20Power%20Wide%20Area%20Network,and%20businesses%20while%20expending%20low%20amounts%20of%20energy.>
- [19] Wi-SUN Alliance. (2017) *Comparing IoT Networks at a Glance*. [Online]. Available: https://www.wi-sun.org/wp-content/uploads/Wi-SUN-Alliance-Comparing-IoT_Networks-r1.pdf
- [20] The Things Network. Lorawan®. [Online]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/modulation-data-rate/>

- [21] LoRa Alliance. *What is LoRaWAN® Specification*. [Online]. Available: <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>