



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS**  
**ENGENHARIA CIVIL**

**IOHANY ROCHA BURATTO**

**SELEÇÃO DE METODOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO PRELIMINAR ASSERTIVO  
DE VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE PALMAS - TO**

Palmas – TO  
2020

**IOHANY ROCHA BURATTO**

**SELEÇÃO DE METODOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO PRELIMINAR ASSERTIVO  
DE VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE PALMAS - TO**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal  
do Tocantins – Campus Universitário de Palmas para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Mestre Tatiana Ferreira Wanderley Alves

Palmas – TO  
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- B945s Buratto, Iohany Rocha .  
SELEÇÃO DE METODOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO PRELIMINAR  
ASSERTIVO DE VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA  
DE PALMAS - TO . / Iohany Rocha Buratto. – Palmas, TO, 2019.  
80 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2019.  
Orientadora : Tatiana Ferreira Wanderley Alves
1. Diagnóstico preliminar de DMC. 2. Fator de Pesquisa. 3. Índice de  
Perdas na Distribuição. 4. Localização de vazamentos. I. Título

**CDD 624**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer  
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.  
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184  
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**IOHANY ROCHA BURATTO**

**SELEÇÃO DE METODOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO PRELIMINAR ASSERTIVO  
DE VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE PALMAS – TO**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Mestre Tatiana Ferreira Wanderley Alves

**Aprovado em: 28 / 02 / 2020**

**BANCA AVALIADORA**

*Tatiana F. Wanderley*

---

Prof. Me. Tatiana Ferreira Wanderley Alves (Orientadora)  
Universidade Federal do Tocantins - UFT

*Serbastião Noletto Junior*

---

Prof. Me. Serbastião Noletto Junior (Membro)  
Centro Universitário Católico do Tocantins - UniCatólica

*Vilmar Pereira da S. Junior*

---

Bacharel Vilmar Pereira da Silva Junior (Membro)  
BRK Ambiental – Palmas TO

Palmas – TO  
2020

## RESUMO

Os recursos empregados na contenção das perdas físicas de água nas redes de distribuição são escassos, e a identificação dos locais com alto potencial em número de vazamentos é o ponto chave na otimização da rotina operacional. Sendo assim, é necessária a implantação de um método competente que direcione, de forma assertiva, os investimentos para setores com vazamentos economicamente detectáveis, em maior número, e justificando-se a mobilização dos esforços preliminares e reparos. Desta maneira, determinou-se um plano eficiente e prático para elaboração de diagnósticos preliminares e priorização de Distritos de Medição e Controle (DMC) de acordo com sua criticidade. Foram analisados sete DMC de Palmas - TO, onde o estudo resumiu-se em monitorar a vazão das áreas para calcular o Índice de Perdas na Distribuição (IPD), Índice de Perdas por Ligação (IPL) e o Fator de Pesquisa (FP) de cada distrito de medição. Em seguida, realizou-se a comprovação em campo, com a pesquisa sistemática de vazamentos, que detectou a quantidade de falhas na rede (visíveis e não visíveis) para classificação das áreas mais críticas. Comparando-se as classificações de criticidade indicadas pelo IPD, IPL e FP com a classificação comprovada *in loco*, determinou-se a melhor metodologia. O indicador de perdas com maior eficiência foi o Fator de Pesquisa, elegido por meio do Teste Qui-Quadrado. O resultado só comprovou que o FP, por basear-se nas vazões mínimas noturnas, tem menos interferência das perdas aparentes, e é mais efetivo na indicação de área com maior número de vazamentos.

**Palavras-chave:** diagnóstico preliminar de DMC, Fator de Pesquisa, Índice de Perdas na Distribuição, Índice de Perdas por Ligação, localização de vazamentos.

## ABSTRACT

The resources used to contain the physical losses of water in the distribution networks are scarce, and the identification of locations with a high potential in terms of spills is the key point in the optimization of the operational routine. Therefore, it is necessary to implement a competent method that assertively directs investments to areas with economically detectable leaks, in greater numbers, and justifying the mobilization of preliminary efforts and repairs. In this way, an efficient and practical plan for the preparation of preliminary diagnoses and prioritization of District Meter Area (DMA) was determined according to their criticality. Seven DMAs from Palmas - TO were analyzed, where the study was limited to monitoring the flow of the areas to calculate the Non-Revenue Water (NRW), Non-Revenue Water per Connection (NRWC) and the Survey Factor (SF) of each metering district. Then, field verification was carried out, with a leak survey, which detected the number of network failures (visible and not visible) for the classification of the most critical areas. Comparing the criticality ratings indicated by the NRW, NRWC and SF with the classification proven in loco, the best methodology was determined. The most efficient loss indicator was the Survey Factor, chosen through the Qui-Quadrado Test. The result only proved that the SF, because it is based on the minimum night flows, has less interference from apparent losses, and is more effective in indicating the area with the highest number of leaks.

**Key words:** preliminar diagnosis of DMA, Survey Factor, Non-Revenue Water, Non-Revenue Water per Connection, leak location.

## LISTA FIGURAS

Figura 1: Mapa de Palmas-TO com realce para os DMC selecionados .....	30
Figura 2: DMC do Plano Diretor de Palmas - TO .....	31
Figura 3: DMC da Região Sul (Taquaralto) de Palmas - TO .....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Vazões DMC 04 .....	38
Gráfico 2: Mínima vazão noturna DMC 04 .....	40
Gráfico 3: Vazões DMC 10 .....	42
Gráfico 4: Mínima vazão noturna DMC 10 .....	44
Gráfico 5: Vazões DMC 21 .....	46
Gráfico 6: Mínima vazão noturna DMC 21 .....	48
Gráfico 7: Vazões DMC 23 .....	50
Gráfico 8: Mínima vazão noturna DMC 23 .....	52
Gráfico 9: Mínima vazão noturna DMC 39 .....	56
Gráfico 10: Vazões DMC 52 .....	58
Gráfico 11: Mínima vazão noturna DMC 52 .....	60
Gráfico 12: Vazões DMC 63 .....	62
Gráfico 13: Mínima vazão noturna DMC 63 .....	64
Gráfico 14: Comparação IPD e IPL .....	67
Gráfico 15: Comparação FP e IPD .....	68
Gráfico 16: Esperado (IPD & IPL) x Observado .....	69
Gráfico 17: Esperado (FP) x Observado .....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Balanço hídrico - IWA .....	13
Quadro 2: Origem e magnitude das perdas reais .....	16
Quadro 3: Distribuição de Qui-Quadrado .....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Rateio perdas reais x perdas aparentes .....	14
Tabela 2: Indicadores de perdas do SNIS.....	19
Tabela 3: Caterização dos Distritos de Medição e Controle (DMC).....	29
Tabela 4: Dados gerais levantados DMC 04 .....	37
Tabela 5: Dados de vazão DMC 04.....	39
Tabela 6: Indicadores de perdas DMC 04 .....	40
Tabela 7: Vazamentos localizados DMC 04 .....	41
Tabela 8: Dados gerais levantados DMC 10 .....	42
Tabela 9: Dados de vazão DMC 10.....	43
Tabela 10: Indicadores de perdas DMC 10 .....	44
Tabela 11: Vazamentos localizados DMC 10 .....	45
Tabela 12: Dados gerais levantados DMC 21 .....	46
Tabela 13: Dados de vazão DMC 21.....	47
Tabela 14: Indicadores de perdas DMC 21 .....	48
Tabela 15: Vazamentos localizados DMC 21 .....	49
Tabela 16: Dados gerais levantados DMC 23 .....	50
Tabela 17: Dados de vazão DMC 23.....	51
Tabela 18: Indicadores de perdas DMC 23 .....	52
Tabela 19: Vazamentos localizados DMC 23 .....	53
Tabela 20: Dados gerais levantados DMC 39 .....	54
Tabela 21: Dados de vazão DMC 39.....	55
Tabela 22: Indicadores de perdas DMC 39 .....	56
Tabela 23: Vazamentos localizados DMC 39 .....	57
Tabela 24: Dados gerais DMC 52 .....	58
Tabela 25: Dados de vazão DMC 52.....	59
Tabela 26: Indicadores de perdas DMC 52 .....	60
Tabela 27: Vazamentos localizados DMC 52 .....	61
Tabela 28: Dados gerais levantados DMC 63 .....	62
Tabela 29: Dados de vazão DMC 63.....	63
Tabela 30: Indicadores de perdas DMC 63 .....	64
Tabela 31: Vazamentos localizados DMC 63 .....	65
Tabela 32: Classificação indicadores .....	66

Tabela 33: Classificação FP x IPD .....	67
Tabela 34: Quantidade de vazamentos localizados .....	68
Tabela 35: Classificação de prioridade Observado x Esperado .....	69
Tabela 36: Posição dos DMC .....	70
Tabela 37: Resultados do $\chi^2$ para os indicadores.....	71
Tabela 38: Resultados do Teste Qui-Quadrado.....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

IWA - International Water Association

IN<sub>049</sub> - Índice de Perdas na Distribuição (código SNIS)

IN<sub>051</sub> - Índice de Perdas por Ligação (código SNIS)

IPD - Índice de Perdas na Distribuição

IPL - Índice de Perdas por Ligação

FP – Fator de Pesquisa

DMC - Distritos de Medição e Controle

ABES - Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

VRP – Válvula Redutora de Pressão

IVIN - Indicador de Vazamentos da Infraestrutura

PRAI – Perdas Reais Inevitáveis

PPMS - Ponto de Pressão Médio do Setor

PRAA - Perdas Reais Anuais de Água

VVAZ - Número de Vazamentos em Rede

VOEX - Volumes Operacionais Extraordinários

CCO - Centro de Controle Operacional

ETA – Estação de Tratamento de Água

RAP – Reservatório de Água Apoiado

ERT - Estação Remota de Telemetria

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1. Objetivos .....	12
1.1.2. Objetivos Específicos.....	12
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1. Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento .....	13
2.2. Vazamentos no Sistema de Distribuição de Água Tratada .....	15
2.3. Distrito de Medição e Controle (DMC) .....	17
2.4. Controle de Pressão.....	18
2.5. Indicadores .....	18
2.5.1. Índice de Perdas na Distribuição (IPD).....	21
2.5.2. Índice de Perdas por Ligação (IPL).....	21
2.5.3. Fator de Pesquisa (FP).....	22
2.6. Métodos de Locação de Vazamentos Não Visível.....	22
2.7. Sistema de Telemetria e Automação.....	24
2.8. Teste qui-quadrado de Pearson - Qualidade de Ajuste.....	25
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
3.1. Introdução .....	28
3.2. Caracterização dos DMC .....	28
3.3. Levantamento dos Dados Iniciais .....	33
3.4. Determinação do cenário esperado .....	33
3.5. Método de Pesquisa com Medição de Vazão.....	34
3.5.1. Atividades de investigação in loco.....	35
3.6. Método estatístico .....	36
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
4.1. Dados obtidos nos Distritos de Medição e Controle (DMC) .....	37
4.1.1. DMC 04.....	37
4.1.2. DMC 10.....	42
4.1.3. DMC 21.....	46
4.1.4. DMC 23.....	50
4.1.5. DMC 39.....	54
4.1.6. DMC 52.....	58
4.1.7. DMC 63.....	62

4.2.	Diagnóstico preliminar geral.....	66
4.3.	Diagnóstico observado geral.....	68
4.4.	Aplicação Teste Qui-Quadrado.....	70
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Mundialmente se fala em recursos hídricos, dos cuidados com a preservação da água para que se possa evitar possíveis crises hídricas. Uma das formas de minimizar o desperdício de água é a redução das perdas nos sistemas de abastecimento de água, e para tanto, é de grande importância conhecer o atual cenário das prestadoras de serviço de saneamento, pois em sua grande maioria convivem com problemas de infraestrutura do sistema que levam ao desperdício da água potável.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o Índice de perdas na distribuição (IN<sub>049</sub>) no Brasil em 2018 foi de 38,5%. Essa porcentagem representa a água tratada disponibilizada que é perdida devido às falhas nas redes, falhas de medição ou ligações clandestinas. O número vem aumentando, em 2017 fechou em 38,3%, em 2016 foi de 38,1% e de 2015 para 2016 subiu 1,4 pontos percentuais. O estado do Tocantins ficou com 34,9% de perdas, e a cidade de Palmas – TO fechou o ano de 2018 com IN<sub>049</sub> de 33,6%.

O saneamento é um setor onde pode-se atuar de forma direta no controle das perdas de água. Desse modo, existe necessidade determinar metodologias de identificação das perdas no sistema de distribuição das operadoras, e um controle constante de seus ativos hidráulicos.

Considerando somente o lado ambiental, quanto mais o sistema de abastecimento é ineficiente, mais será necessária a captação de água da natureza e mais energia elétrica e produtos químicos serão empregados. Um empreendimento de saneamento investe no controle do Índice de Perdas na Distribuição (IPD) principalmente visando a preservação do ecossistema, mas também com o objetivo de diminuir o impacto financeiro ao investir para tratar a água e disponibilizá-la e a mesma ser desperdiçada na sua distribuição.

De acordo com o estudo “Perdas de água – Desafios para a Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico - 2018” do Instituto Trata Brasil:

*O diagnóstico da situação das perdas deve ser desenvolvido com base no comportamento dos índices de perdas; neste sentido, níveis de perdas elevados e com padrões de crescimento gradual sinalizam a necessidade de maiores esforços para reduzir possíveis ineficiências no âmbito do planejamento, manutenção, direcionamento dos investimentos e atividades operacionais e comerciais. (p.7).*

Dentre as inúmeras atividades e recursos empregados desde a detecção de um vazamento até seu reparo, estão a identificação do local onde surgiu a falha, a mobilização de equipes, equipamentos, caminhões, sinalização, perfuração, reparo do ativo, reaterro e novo

capeamento de asfalto/calçada. Vislumbrando o tamanho do desempenho para manutenção do sistema hidráulico e rotina agitada dentro dos setores de operação, que muitas vezes contam com pouco recurso de equipes disponíveis, é necessária a implantação de um método competente que direcione, de forma fiel, os investimentos para setores com vazamentos economicamente detectáveis (maior concentração), com maior número de serviço, sendo assim, justificável a mobilização dos esforços.

Palmas é a maior cidade do estado do Tocantins, com 2219 km<sup>2</sup>, trazendo desafios do gerenciamento operacional que são característicos de áreas extensas e com alta dispersão populacional. Com uma maior extensão de rede, o trabalho em campo de localização de todos os vazamentos existentes no sistema de distribuição se torna complexo. Existe a necessidade de uma eficiência operacional na identificação preliminar das áreas críticas (com maior ineficiência de sistema), para priorizar os trabalhos e haver viabilidade na manutenção do controle de perdas corretivo e rotineiro em paralelo as ações preventivas (que são mais caras).

Os controles existentes e inúmeros acompanhamentos de indicadores dentro da rotina operacional, geralmente tumultuadas, exige o direcionamento direto, preciso e prático de áreas críticas em falhas na rede de distribuição. Um dos maiores desafios no combate as perdas é reduzir o tempo de detecção dos vazamentos, e diante disso, será realizada uma série de análises de dados para detectar tendências no comportamento de três indicadores, sendo eles o Índice de Perdas na Distribuição de Água (IPD) e Índice de Perdas por Ligação (IPL) escolhidos por serem um dos mais empregados pelas empresas de saneamento e o Fator de Pesquisa (FP) que é menos empregado, mas com grande potencial de uso. Os acompanhamentos serão realizados em regiões da cidade de Palmas - TO que possuem medição na entrada do setor (macromedidores automatizados, visualização *online*) e na saída (consumo auferido nos hidrômetros), conhecidos como Distritos de Medição e Controle (DMC), e a partir disso serão definidas melhores soluções para o controle ativo de vazamentos. Os três indicadores mencionados são práticos e simples de calcular, já que utilizam-se de dados levantados rotineiramente/mensalmente pela parte comercial da empresa, como o número de ligações (ramal) e volumes consumidos pelos clientes, e dados básicos na implantação do gerenciamento de perdas de água, que são as vazões de entrada dos DMC.

Sendo assim, o estudo desenvolvido neste trabalho avalia a eficácia dos três indicadores, citados anteriormente, na identificação de áreas com maior número de vazamentos. Determinando-se o método de diagnóstico preliminar que mais se aproxima do cenário encontrado em campo.

## 1.1. Objetivos

Selecionar um plano eficiente e prático para identificação de áreas com alta relevância em número de vazamentos na rede de distribuição de água de Palmas - TO, a fim de, otimizar os recursos empregados na rotina operacional de contenção das perdas físicas.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Aplicar Método de Pesquisa com Medição de Vazão em cada Distritos de Medição e Controle (DMC) para detecção dos vazamentos;
- Comparar três indicadores de perdas com relação ao diagnóstico detectado em campo para as perdas física;
- Propor o indicador mais eficiente com foco na priorização de áreas diagnosticadas com alta potencial de vazamentos.
- Otimizar o planejamento, seleção e atuação em áreas críticas com falhas na rede de distribuição;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento

O entendimento básico de “perda” não se resume apenas a água tratada disponibilizada que não chega até o cliente para seu consumo. Essa afirmação somente retrata uma das vertentes do extravio do produto, que são as perdas físicas, como por exemplo um vazamento na rede de distribuição (TSUTIYA, 2006).

De forma clara e objetiva Alegre (2006), define as perdas de água em sistemas de abastecimento em dois tipos, as reais e as aparentes. A perda real é a supressão de água fisicamente, devido a vazamentos em adutoras, redes de distribuição e conjuntos de reservação. Já a aparente é denominada perda não-física, causada pelo erro na contabilização do volume consumido pelo cliente, podendo ser devido a medidores com mau funcionamento ou a ocorrência de fraudes e ligações clandestinas.

A International Water Association (IWA) propõe uma metodologia, muito utilizada pelas prestadoras de serviço de saneamento, que parte de uma matriz de balanço hídrico apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Balanço hídrico - IWA

<b>VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO</b>	<b>Consumos autorizados faturados</b>	Consumos medidos faturados (incluindo água exportada)	<b>ÁGUAS FATURADAS</b>
		Consumos não medidos faturados (estimados)	
	<b>Consumos autorizados não faturados</b>	Consumos medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa)	<b>ÁGUAS NÃO FATURADAS</b>
		Consumos não medidos não faturados (combate a incêndio, suprimento de água em áreas irregulares)	
	<b>Perdas aparentes (comerciais)</b>	Consumos não autorizados (fraudes)	
		Falhas do sistema comercial	
		Submedição dos hidrômetros	
	<b>Perdas reais (físicas)</b>	Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição	
		Vazamentos nos ramais prediais	
		Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos	

Fonte: Tardelli Filho (2016)

O Balanço Hídrico da IWA no Quadro 1, define perdas como tudo que é consumo não autorizado, falhas do sistema comercial, submedição dos hidrômetros e vazamentos em geral

dentro do volume produzido ou disponibilizado. Portanto, é a diferença entre o volume disponível e o consumo autorizado.

Em resumo, pode-se dizer que, nos volumes perdidos “reais” são desperdiçados custos de produção e transporte de água tratada. Já nas perdas aparentes existe a frustração na arrecadação do produto consumido, pois está relativo ao valor pago pelo consumidor (TSUTIYA, 2006). Em geral, na composição de preços de uma operadora de saneamento, os custos das perdas de água são incorporados na tarifa do cliente e contabilizadas como coeficiente de eficiência operacional, com metas determinadas em contrato.

A preponderância das perdas ocorre na rede de distribuição e ligações prediais que juntas formam a infraestrutura de distribuição (GALVÃO, 2007). De acordo com informações extraídas da European Commission (2015), Tardelli Filho (2013) e Instituto Aragonés de Estadística (2014), foi criada a Tabela 1 por Tardelli Filho (2016, p. 9) mostrado em percentual exemplos de rateio entre as perdas reais e aparentes em alguns locais pelo mundo. Pode-se perceber que somente exceções como Malta e Madrid têm perdas reais menores que 50%, a maior parte dos locais apresentados têm perdas aparentes menores que 30%.

Tabela 1: Rateio perdas reais x perdas aparentes

Local	Rateio das perdas (%)	
	Reais	Aparentes
Salzburgo - Áustria	92,3	7,7
Região de Flandres - Bélgica	87,5	12,5
Pula - Croácia	89,7	10,3
Lemesos - Chipre	83,6	16,4
Odense - Dinamarca	97,1	2,9
Bordeaux - França	90,4	9,6
Munique - Alemanha	85,3	14,7
Regio Emilia - Itália	77,1	22,9
Malta	30,1	69,9
Buenos Aires - Argentina	91	9
Madrid - Espanha	33	67
São Paulo - Brasil	67	33

Fonte: Tardelli Filho (2016, p. 9)

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2013), dentro das perdas reais os vazamentos nas tubulações são a parte mais expressiva. No aspecto ambiental, os vazamentos geram volumes de água realmente perdidos, pois ninguém o consumiu.

Algumas das causas mais comuns apresentadas pela SABESP (2005), para geração de vazamentos em Adutoras, Redes e Ramais são: pressões elevadas, variação da pressão, má qualidade de materiais dos componentes dos sistemas, falhas de operação, mão-de-obra ruim na manutenção dos sistemas, inexistência de política de detecção de vazamentos não visíveis.

Em síntese, as perdas reais atingem diretamente os custos com a produção e a demanda maior de vazão para alcançar o destino final do produto. Cidades com indicadores de perdas menores que 15% são consideradas excelência na área de saneamento, de modo a avaliar a eficiência das atividades de planejamento, investimento, distribuição, manutenção e comercial do setor. Entretanto, não é viável do ponto de vista econômico e operacional chegar ao patamar de “perda zero” nos sistemas de distribuição, devendo-se buscar um nível aceitável entre o volume perdido e o custo empregado (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Localidades com grandes áreas territoriais e dispersão populacional, ao qual são necessárias maiores extensões de rede para universalizar o abastecimento de água, traz consigo dificuldades na localização e reparo dos vazamentos. Portanto, origina-se um grande desafio para as companhias de saneamento em elaborar uma metodologia que vise eficiência operacional viável economicamente, tendo como proposição priorização de áreas críticas, onde efetivamente concentrarão atividades suficientes para mobilização logística das equipes de localização de vazamentos, e por consequência volume satisfatório à campanha de reparos dos pontos de desvio.

## **2.2. Vazamentos no Sistema de Distribuição de Água Tratada**

A partir de um estudo realizado no município de Belém - PA, sobre “Impacto do volume perdido de água na despesa de energia elétrica em estação de bombeamento de água” realizado por Moreira, Ferreira e Pereira (2017), constatou-se que “o acréscimo da ordem de 30% na vazão bombeada aumenta em quase 30% a despesa de energia elétrica.” Sendo assim, realizar o acompanhamento da vazão média para cada área setorizada permitirá a manutenção dos valores dos volumes bombeados e não haverá aumento dos gastos com energia.

Tsutiya (2005), apresentou as principais causas e magnitudes das perdas reais resumidas no Quadro 2.

Quadro 2: Origem e magnitude das perdas reais

	Subsistemas	Origens	Magnitudes
<b>Perdas Reais (Físicas)</b>	Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Reserva	Vazamento estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, em função do estado das tubulações e principalmente das pressões

Fonte: Tsutiya (2005)

Quando uma empresa trabalha com baixa frequência na localização de vazamentos, maior serão os custos se analisado o valor da água tratada. Portanto, é necessário chegar a um nível econômico de vazamentos em que o custo do volume perdido seja igual ou menor ao custo da detecção e do reparo. (MELATO, 2010)

Existem dois tipos de controle de vazamentos, os ditos passivos e os ativos. O controle passivo é aquele informado por qualquer pessoa que identifica o vazamento visível no local por onde passou. Um vazamento visível deve ser prontamente reparado, pois até a água aflorar já se perdeu um volume significativo. O controle ativo de vazamentos está ligado com a detecção de fugas não-visíveis, que exigem uma gestão especial através de pesquisas sistemáticas que buscam localizar o ponto de falha na rede o mais rápido possível, e assim, diminuir o volume de água desperdiçado. Conforme Costa (2011), deve-se aplicar a tecnologia disponível e viável para a detecção dos vazamentos que ainda não afloraram, para que não permaneçam sem reparo durante meses, anos ou por tempo indeterminado, totalizando volumes consideráveis de perdas de água.

Conforme Lambert (2000), existem 3 tipos de vazamentos o visível, não-visível e o inerente. O vazamento visível é o já aflorado, tem altas vazões e curta duração. O não-visível é detectável, sua duração depende da frequência da pesquisa de vazamento, tem vazões moderadas. O inerente também é um vazamento não visível e não-detectável, pois tem baixa vazão e é de longa duração com tempo de “conhecimento” indeterminado.

A duração dos vazamentos é resultado da soma de três fases, o conhecimento, localização e reparo. Um caso de ocorrência das três fases pode ser (TSUTIYA, 2006):

- Entre o surgimento do vazamento até a equipe de operação detectar uma queda brusca na pressão de um subsetor decorreram 5 dias (tempo de conhecimento);
- Entre a equipe de operação tomar conhecimento e a equipe de detecção de vazamentos apontar o local exato decorreram 2 dias (tempo de localização);
- Entre a equipe de detecção localizar o vazamento e a equipe efetuar o reparo decorreu 1 dia (tempo de reparo);
- Duração do vazamento: 8 dias.

### **2.3. Distrito de Medição e Controle (DMC)**

Um Distrito de Medição e Controle (DMC), também denominado de Distrito Pitométrico, é uma área perfeitamente delimitada por meio de manobras de fechamento de registros ou delimitações naturais, ao qual a fonte de alimentação da mesma seja conhecida e mensurável por meio de processos pitométricos (FÉVERO; SUZUKI, 1987). Para o controle, é implantado um medidor de vazão na rede que fornece água ao setor, e assim, é fiscalizada toda água disponibilizada para a área. Por meio de monitoramento com sistema de telemetria nos medidores, pode-se acompanhar a curva de consumo dentro da zona de medição. Através desses setores, com extensões de rede menores, zonas de pressão mais homogêneas e macromedição na entrada, pode-se identificar as áreas que demandam maior atenção devido ao volume de água desperdiçado e otimizar os trabalhos de combate a falhas no sistema.

As características de consumo não são as mesmas para cada setor, portanto recomenda-se manter sempre a mesma delimitação nos distritos. São fixados parâmetros de consumo, aos quais proporcionam o acompanhamento de possíveis variações nos valores e identificação do aumento do volume perdido dentro do setor. A sua implantação deve ser precedida pela setorização das zonas de influência dos reservatórios ou “boosters” existentes (FÉVERO; SUZUKI, 1987). Em resumo, a NBR 12.218 (ABNT, 1994, p.1) discrimina um setor de medição como “parte da rede de distribuição perfeitamente delimitada e isolável, com a finalidade de acompanhar a evolução do consumo e avaliar as perdas de água na rede”.

## 2.4. Controle de Pressão

Em setores de zona baixa, onde a diferença de cota geométrica é relativamente alta com relação ao ponto que as abastecem, proporcionam elevadas cotas piezométricas somando-se a pressão disponível no ponto de origem com a diferença de cota para chegar até a zona que será abastecida. As altas pressões nesses setores podem ocasionar a maior incidência de vazamentos, levando a rede de distribuição e seus dispositivos a fadiga. Gonçalves e Alvim (2007) explicam que se não houver a redução de pressão, as áreas em questão sempre retornaram ao número de perdas anterior a realização da pesquisa de vazamento, sendo assim, anulando os esforços empregados na recuperação dos volumes perdidos. Para reduzir a pressão a montante a uma pressão constante a jusante, deve-se empregar as válvulas redutoras de pressão (VRP), que são dispositivos de controle automático projetado para essa função (TSUTIYA, 2006).

De acordo com a NBR 12.218 (ABNT, 1994, p.3), “a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 KPa, e a pressão dinâmica mínima, de 100 KPa”. Por meio de sensores de pressão instalados junto as VRP, e conectados aos sistemas de telemetria, pode-se controlar em tempo real a pressão regulada pela válvula e realizar as devidas manutenções. Desse modo, o sistema não ficará sujeito a altas pressões que possam provocar vazamentos.

## 2.5. Indicadores

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresenta indicadores de perdas segundo três unidades diferentes: em percentual; em litros por ligação ao dia; e em metros cúbicos por quilômetro de rede ao dia. Os indicadores mais condizentes consideram o tempo médio de abastecimento, a pressão média, a extensão das redes e o número de ligações, pois estão mais próximos de medir um regime de eficiência. Porém, o indicador em percentual facilita a análise em grandes territórios e proporciona melhor comunicação com o público leigo (SNIS, 2017). A Tabela 2 sintetiza o cálculo dos indicadores de perdas elaborados pelo SNIS.

Tabela 2: Indicadores de perdas do SNIS

Código	Indicador	Equação	Unid.
IN013	Índice de Perdas Faturamento	$IN013 = \left( \frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG011}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 100$	%
IN049	Índice de Perdas na Distribuição	$IN013 = \left( \frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 100$	%
IN050	Índice Bruto de Perdas Lineares	$IN050 = \left( \frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG005} \right) \times \frac{10^3}{365}$	m <sup>3</sup> /km/dia
IN051	Índice de Perdas por Ligação	$IN051 = \left( \frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG002} \right) \times \frac{10^6}{365}$	L/Lig./dia
<b>Parâmetros:</b>			
AG002 - Número de Ligações Ativas (Lig.) <sup>a</sup>		AG011 - Volume Faturado (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)	
AG005 - Extensão da Rede de Água (Km) <sup>a</sup>		AG018 - Volume Tratado Importado (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)	
AG006 - Volume Produzido (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)		AG024 - Volume de Água de Serviço (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano) <sup>c</sup>	
AG010 - Volume Consumido (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano) <sup>b</sup>			
<b>Observações:</b>			
<sup>a</sup> Média do parâmetro, considerando o valor no ano de referências e o valor no ano anterior.			
<sup>b</sup> Volume de água consumido: compreendendo o volume micromedido (AG008), o consumo estimado para as ligações deprovidas de hidrômetro, acrescido do volume de água tratada exportado (AG019) para outro prestador de serviço.			
<sup>c</sup> Volume de água de serviços: inclui-se o volume de água para atividades operacionais, o volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações clandestinas e fraudes e o volume de água para atividades especiais, que enquadra os consumos pelo próprio do operador, pelos caminhões-pipa, pelo corpo de bombeiros, entre outros.			

Fonte: Brasil, 2016.

Segundo Alegre (2000), a International Water Association (IWA) desenvolveu um indicador adimensional focado em perdas reais que relaciona volume perdido total anual com volume perdido total inevitável anual. Denominado Índice Infra-estrutural de Perdas, quanto mais distante do valor unitário, pior é a condição de falhas no sistema. De acordo com Tsutiya (2006) “a vantagem desse indicador é a incorporação de variáveis importantes que influenciam as perdas, tal como a pressão de operação da rede”. Gonçalves e Alvim (2007), menciona a necessidade da utilização do Indicador de Vazamentos da Infraestrutura (IVIN), pois possibilita a análise de desempenho do sistema comparando-o com a condição ideal do mesmo. O mesmo é obtido a partir da relação entre as perdas anuais de água e as reais anuais inevitáveis como demonstrado na equação (1).

$$IVIN = PRAA/PRAI \text{ (m}^3\text{/dia)} \quad (1)$$

As Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI), demonstra dentro de um sistema de abastecimento a perda mínima desejável a partir de suas características (quantidade de ligações,

extensão de rede e pressão). O PRAI é calculado a partir da equação (2) mencionada por Gonçalves e Alvim (2007):

$$\text{PRAI} = (18xL + 0,8xN_c + 25xL_p) \times P/1000 \text{ (m}^3\text{/dia)} \quad (2)$$

onde,

L – Extensão da rede de distribuição (km) – não incluir extensões de ligações prediais, adutoras e subadutoras.

$N_c$  – Número de ligações considerado todas as categorias (residencial, comercial, industrial e pública).

$L_p$  – Extensão de ramal predial interno (km). No Brasil não é significativa e pode ser considerada a extensão igual a zero.

P – Pressão média do período de 24 horas. Realizar medição contínua durante 24 horas, evitando dados pontuais durante o dia.

Para a identificação da pressão média de cada DMC, é determinado o Ponto de Pressão Médio do Setor (PPMS). É obtido a partir da média ponderada das cotas altimétricas dos pontos onde se situam as ligações de água (MELATO, 2010). É utilizado um modelo de análise hidráulica de plantas da rede de distribuição e curvas de nível. Com o PPMS já determinado, deve ser instalado *data logger* de pressão na ligação por 7 dias com intervalo no mínimo. Já os outros dados são levantados a partir de registro do cadastro da operadora de saneamento.

A outra componente de cálculo do IVIN são as Perdas Reais Anuais de Água (PRAA), determinadas a partir do número de vazamentos em rede (VVAZ) e aos usos dos volumes operacionais extraordinários (VOEX), conforme apresentado por Gonçalves e Alvim (2007):

$$\text{PRAA} = \text{VVAZ} + \text{VOEX} \text{ (m}^3\text{/dia)} \quad (3)$$

De acordo com Gonçalves e Alvim (2007), na ausência de informações, pode-se utilizar uma estimativa para a PRAA entre 40% e 60% das perdas totais de água. Esses valores foram obtidos a partir de uma média em vários sistemas nacionais e internacionais.

Com o índice de vazamentos da infraestrutura, pode-se visualizar qual sistema está com a pior praticabilidade comparado com um cenário perfeito, principalmente em situações onde os valores do índice de perdas em porcentagem são muito próximos, sendo assim possível determinar qual pior panorama. Porém, devido à complexidade de sua determinação, não é

como um método de cálculo de rotina, e sim uma aplicação anual para visualização do cenário geral. Para o dia-a-dia na operação é necessário um indicador que possibilite praticidade na decisão de direcionar esforços em regiões críticas.

Portanto, nas tomadas de decisões dinâmicas e práticas, onde deseja-se a indicação de áreas com maiores perdas reais e maior número de vazamentos, leva-se como pressuposto indicadores mais simples de serem calculados, com a utilização de dados rotineiros de monitoramento usual nas companhias, que se utiliza no controle básico de perdas. Como exemplo de indicadores simples de calcular estão o Índice de Perdas na Distribuição (IN049), Índice de Perdas por Ligação (IN051) e o Fator de Pesquisa (FP).

### 2.5.1. Índice de Perdas na Distribuição (IPD)

É um indicador percentual, com código IN051 pelo SNIS, mas que será utilizado com a sigla IPD. Relaciona o volume perdido com o volume produzido no sistema, sendo o ponto de partida para conhecer o nível de perdas no abastecimento e ter a noção básica do volume disponibilizado e o volume utilizado. Se toda ligação de água possuir hidrômetro, é possível contabilizar o volume consumido por cada unidade. É o indicador mais simples de se calcular e de ser compreendido e é amplamente adotado no Brasil. De acordo com Gonçalves e Alvim (2007), a título de análise superficial, pode-se considerar que:

- $IPD > 40\%$  - Sistema com mau gerenciamento;
- $40\% > IPD > 25\%$  - Sistema com gerenciamento de nível intermediário;
- $IPD < 25\%$  - Sistema com bom gerenciamento.

A desvantagem do IPD (%) está no momento de comparar o desempenho de dois sistemas diferentes, que podem ter diferentes valores para o índice e o mesmo volume perdido, sendo assim, mais falho como “indicador técnico”.

### 2.5.2. Índice de Perdas por Ligação (IPL)

O Índice Perdas por Ligação, com código IN051 pelo SNIS, será utilizado com a sigla de abreviação IPL. É um indicador que avalia as perdas considerando o número de ligações de água, calculado pela diferença do volume de água produzido e o consumido, dividido pela quantidade de ligações dentro da área em análise. As perdas de longa duração ocorrem principalmente nos ramais de distribuição, sejam reais ou aparentes, o que confere mais eficiência na avaliação do indicador ao considerar o número de ligações (SNIS, 2017).

### 2.5.3. Fator de Pesquisa (FP)

Segundo Gonçalves e Alvim (2007), a vazão mínima noturna é o principal indicador de perdas reais, qualquer alteração dessa vazão pode significar ocorrência de vazamentos no setor de abastecimento. Também pontua que, setores com abastecimento irregular e/ou demanda reprimida, o método mencionado para indicar perdas reais não é confiável. Melato (2010) explica que a avaliação da vazão mínima noturna consiste na medição constante do consumo no sistema, normalmente com pico de vazão entre 11 e 14 h, e com mínimo consumo ocorrendo entre 3 e 4 h da madrugada que corresponde a vazão mínima noturna. No momento da ocorrência dessa vazão mínima, há pouco consumo e as vazões estão estáveis, e parte significativa corresponde aos vazamentos. Portanto, qualquer alteração no comportamento do consumo de um determinado setor de medição, baseado no seu histórico, é ponto de atenção para priorizar a pesquisa de vazamento.

Quando comparada a vazão média do dia de determinado setor com a vazão mínima noturna do mesmo dia, pode chegar a conclusões sobre as perdas física desse sistema. Por exemplo, em um setor com vazão média diária de 12 l/s e a vazão mínima noturna de 8 l/s, tem aproximadamente 67% da vazão disponibilizada sendo perdida com vazamentos. Diferente de um sistema com a mesma vazão média, mas com o mínimo consumo de 2 l/s o que reduz a vazão desperdiçada por de 17%. A comparação mencionada resume a correlação realizada pelo Fator de Pesquisa (FP), que indica possíveis problemas operacionais no abastecimento de água relacionando vazão mínima noturna e vazão média diária, onde quanto mais o valor do FP tende a 1, maior a probabilidade de ter vazamentos e grande potencial de recuperação de volumes perdidos (FÉVERO; SUZUKI, 1987). Normalmente se o setor apresentar o FP maior que 0,30, os vazamentos da área já são economicamente detectáveis (FÁVERO e DIB, 1981).

## 2.6. Métodos de Locação de Vazamentos Não Visível

O controle ativo de vazamentos pode ser realizado junto as técnicas de detecção acústica, e sua eficiência depende da frequência em que as pesquisas são realizadas. A técnica indica com maior precisão o ponto ao qual está localizada a falha na tubulação, deste modo, evita-se gastos desnecessários com escavações (COSTA, 2011). Outra forma de controle ativo, elucidada por Melato (2010), é o monitoramento da vazão mínima noturna. A pesquisa de vazamento é direcionada a partir do aumento da vazão, pois pode ser um indício de surgimento de vazamento.

Costa (2011) realizou estudo para determinação do melhor método para realizar pesquisa de vazamento, onde dividiu em três principais aplicações conforme características do sistema de abastecimento:

- Varredura de rede: A pesquisa acústica para detecção do vazamento é realizada sem qualquer análise preliminar e priorização de redes em má condições. Sua aplicação é justificada em sistemas de distribuição com pequena extensão de rede;
- Pesquisa sem medição de vazão: É realizada a identificação das zonas de pressão ou setorização por meio de distritos de medição e controle (DMC) com maior probabilidade de ter vazamentos não visíveis. Para definição das áreas mais possíveis de vazamento, deve-se mapear as zonas de pressão, mapear a rede em função de idade das tubulações, mapeamento da incidência de vazamentos visíveis, levantamento de vazamentos consertados por extensão de rede de cada setor de abastecimento. Com o gerenciamento dos bancos de dados levantados, pode-se hierarquizar as áreas para aplicação da pesquisa acústica;
- Pesquisa com medição de vazão: É realizada a priorização das áreas para desenvolver os trabalhos de pesquisa acústica de acordo com o acompanhamento da vazão e pressão nos DMC, setores de abastecimento e zonas de pressão. Usa-se parâmetros de controle como Fator de Pesquisa e Vazão/km de rede que irão direcionar a escolha das áreas. Os acompanhamentos periódicos da vazão nas áreas podem proporcionar a percepção rápida de alterações dos valores de referência e indicam aumento no número de vazamentos.

Ainda segundo estudo de Costa (2011), o método de pesquisa com medição de vazão no DMC, demonstrou-se o mais completo e possibilita uma análise apurada das atividades de pesquisa de vazamento com resultado do volume recuperado após consertos dos vazamentos, indicadores de performance e comportamento da curva de consumo da vazão. O método otimiza a utilização de recursos, pois é realizada pesquisa em áreas com grande potencial de recuperação de vazões. O processo de decisão na escolha das áreas de atuação da pesquisa torna-se mais ágil com a utilização de telemetria para o acompanhamento direto das vazões em áreas de controle.

## 2.7. Sistema de Telemetria e Automação

Por automação entende-se um modelo instintivo controlado por dispositivos mecânicos ou eletrônicos que podem verificar seu próprio funcionamento por meio de medições. Esse sistema automático pode realizar a transmissão de dados (telemetria) e proporcionar correções em tempo real, sem a necessidade de interferência humana. O conjunto é composto por um módulo lógico que converte informações de campo para o escritório de operação por meio de um sistema de comunicação e um software de gestão de dados (VASCONCELOS, 2018).

Segundo Trojan (2005), a escolha do meio de comunicação adequado é fundamental para o funcionamento eficaz do sistema de automação, pois interferências ou falha de sinal podem incorrer em tomada de decisão equivocada e conseqüentemente em problemas operacionais. Dentre as tecnologias disponíveis, as mais usuais são GPRS e rádio, enquanto a primeira possui menor custo e maior facilidade de implantação a segunda requer maior investimento, porém tem maior confiabilidade na transmissão (LOUREIRO, 2007).

Portanto, é fundamental avaliar o equilíbrio técnico-financeiro do projeto e considerar a disposição geográficas dos equipamentos que serão instalados antes de determinar a melhor solução. Na zona urbana de Palmas, por exemplo, há uma boa abrangência de sinal GPRS, que permite o uso dessa tecnologia com confiabilidade e regularidade, ao passo que na zona rural a solução utilizada é rádio.

Ademais, de acordo com Souza (2006), para o funcionamento dos equipamentos do sistema de automação e telemetria é imprescindível a utilização de uma fonte de energia, em locais com rede de energia elétrica disponível esta é a solução mais usual, porém em locais mais isolados faz-se o uso de painel de energia solar para funcionamento dos equipamentos, sendo esta uma solução sustentável e com custo relativamente baixo.

A primeira etapa para implementação da automação em um sistema de abastecimento de água é implantação da telemetria, cujo objetivo é obter, processar e transmitir os dados de campo à longa distância, promovendo eficiência operacional através de um instrumento de gestão e qualidade. O monitoramento pode ser realizado durante 24 horas por operadores treinados através de um Centro de Controle Operacional (CCO) (VASCONCELOS, 2018).

Para Spolaor (2011) a telemetria possibilita o aumento da confiabilidade e disponibilidade do sistema, a redução do desgaste dos equipamentos, o controle remoto dos DMC, o diagnóstico prévio de situações anormais, a otimização da operação do fluxo de água e a redução de custos com deslocamento de equipes. As falhas ocorridas são facilmente

identificadas através do sistema supervisor e o poder de atuação passa a ser instantâneo, aumentando a eficiência no atendimento e evitando perdas físicas de água (TROJAN, 2005).

Após implantada a telemetria com confiabilidade e regularidade é possível avançar para a automação, no qual os dados gerados em tempo real no campo são analisados por sistemas computacionais que avaliam, com base em histórico de funcionamento e por meio de algoritmos, e tomam as decisões mais eficientes e eficazes para manutenção da regularidade do abastecimento e redução de perdas, sem interferência humana (SPOLAOR, 2011).

O sistema de abastecimento de água de Palmas já possui software de inteligência artificial que permite analisar histórico de consumo no DMC, níveis de Reservação e pressão na rede de abastecimento para detectar possíveis vazamentos ou falta d'água em determinada região. Nestes casos o tempo de resposta para solução de vazamentos encontrados na rede de distribuição é muito inferior ao usual, reduzindo significativamente o volume de água perdido.

## 2.8. Teste qui-quadrado de Pearson - Qualidade de Ajuste

O teste  $\chi^2$  ou qui-quadrado é utilizado em contextos onde é importante melhorar uma distinção entre a estatística e sua distribuição. Existem três tipos de aplicações, para homogeneidade, independência e qualidade do ajuste. O teste de homogeneidade compara as proporções em diferentes populações, e o de independência é aplicado sobre uma amostra a partir de uma única população para verificar a independência entre duas variáveis medidas nas mesmas unidades experimentais. Já o teste qui-quadrado de qualidade do ajuste (aderência) estabelece se uma distribuição de frequências observadas difere de uma distribuição teórica.

O teste de aderência é um método estatístico que apresenta com quanta certeza os valores observados podem ser aceitos como orientado pela teoria em questão, desta forma, avalia quantitativamente a relação entre o resultado de um experimento e a distribuição esperada para o fenômeno. Não é um teste paramétrico, sendo assim, não depende de parâmetros populacionais (média e variância). O cálculo do  $\chi^2$  é realizado pela Fórmula 04 que segue abaixo, que quantifica a distância entre as colunas de observado e esperado.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (4)$$

onde,

$\chi^2$  - Teste qui-quadrado;

$O_i$  – Número de observações do tipo  $i$ ;

$N$  – Número total de observações;

$E_i$  – A frequência esperada (teórica) do tipo  $i$ , avaliada sob a hipótese nula de que a fração do tipo  $i$  na população  $p$

Quando as frequências observadas são muito próximas às esperadas, o valor de  $\chi^2$  é pequeno, e quando as divergências são grandes, conseqüentemente assume valores altos. De acordo com Bussab e Morettin (1988), uma vez comparando-se, surgem as diferenças, que podem ser grandes ou pequenas. Se tais diferenças forem grandes (significativas), rejeita-se a hipótese nula ( $H_0$ ); se pequenas, aceita-se  $H_0$  (um exemplo de determinação de  $H_0$  - frequências observadas = frequências esperadas).

Para que a hipótese  $H_0$  seja aceita, o  $\chi^2$  calculado tem que ser menor que o  $\chi^2_c$  (qui-quadrado crítico ou mais conhecido como qui-quadrado tabelado). Para obter-se o qui-quadrado crítico, é necessário determinar o nível de significância ( $\alpha$ ) e o grau de liberdade ( $n$ ). O nível de significância é o risco de rejeitar uma hipótese verdadeira, por exemplo,  $\alpha=5\%$  (mais usual) traduz que existe 5% de chances de rejeitar uma hipótese que na verdade era verdadeira, ou seja, 95% de confiabilidade do resultado com relação a hipótese levantada. O grau de liberdade é a diferença entre o número de classes de resultados e o número de informações da amostra que são necessários ao cálculo dos valores esperados nessas classes, isto é, número total de observações menos a quantidade de categorias de informações ( $n = N-1$ ). Com essas duas informações pode-se determinar o  $\chi^2_c$ , que é tabelado na Distribuição Qui-Quadrado (Quadro 03).

Quadro 3: Distribuição de Qui-Quadrado

n	p=99%	98%	97,50%	95%	90%	80%	70%	50%	30%	20%	10%	5%	4%	2,50%	2%	1%	0,20%	0,10%	n
1	0,0 <sup>3</sup> 16	0,0 <sup>3</sup> 63	0,001	0,004	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	4,218	5,024	5,412	6,635	9,55	10,827	1
2	0,02	0,04	0,051	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	6,438	7,378	7,824	9,21	12,429	13,815	2
3	0,115	0,185	0,216	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	8,311	9,348	9,837	11,345	14,796	16,266	3
4	0,297	0,429	0,484	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	10,026	11,143	11,668	13,277	16,924	18,467	4
5	0,554	0,752	0,831	1,145	1,61	2,343	3	4,351	6,064	7,289	9,236	11,07	11,644	12,832	13,388	15,086	18,907	20,515	5
6	0,872	1,134	1,237	1,635	2,204	3,07	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	13,198	14,449	15,033	16,812	20,791	22,457	6
7	1,239	1,564	1,69	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	14,703	16,013	16,622	18,475	22,601	24,322	7
8	1,646	2,032	2,18	2,733	3,49	4,594	5,527	7,344	9,524	11,03	13,362	15,507	16,171	17,534	18,168	20,09	24,352	26,125	8
9	2,088	2,532	2,7	3,325	4,168	5,38	6,393	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	17,608	19,023	19,679	21,666	26,056	27,877	9
10	2,558	3,059	3,247	3,94	4,865	6,179	7,267	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	19,021	20,483	21,161	23,209	27,722	29,588	10
11	3,053	3,609	3,816	4,575	5,578	6,989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	20,412	21,92	22,618	24,725	29,354	31,264	11
12	3,571	4,178	4,404	5,226	6,304	7,807	9,034	11,34	14,011	15,812	18,549	21,026	21,785	23,337	24,054	26,217	30,957	32,909	12
13	4,107	4,765	5,009	5,892	7,042	8,634	9,926	12,34	15,119	16,985	19,812	22,362	23,142	24,736	25,472	27,688	32,535	34,528	13
14	4,66	5,368	5,629	6,571	7,79	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	24,485	26,119	26,873	29,141	34,091	36,123	14
15	5,229	5,985	6,262	7,261	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	25,816	27,488	28,259	30,578	35,628	37,697	15
16	5,812	6,614	6,908	7,962	9,312	11,152	12,624	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	27,136	28,845	29,633	32	37,146	39,252	16
17	6,408	7,255	7,564	8,672	10,085	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	28,445	30,191	30,995	33,409	38,648	40,79	17
18	7,015	7,906	8,231	9,39	10,865	12,857	14,44	17,338	20,601	22,76	25,989	28,869	29,745	31,526	32,346	34,805	40,136	42,312	18
19	7,633	8,567	8,906	10,117	11,651	13,716	15,352	18,338	21,689	23,9	27,204	30,144	31,037	32,852	33,687	36,191	41,61	43,82	19
20	8,26	9,237	9,591	10,851	12,443	14,578	16,266	19,337	22,775	25,038	28,412	31,41	32,321	34,17	35,02	37,566	43,072	45,315	20
21	8,897	9,915	10,283	11,591	13,24	15,445	17,182	20,337	23,858	26,171	29,615	32,671	33,597	35,479	36,343	38,932	44,522	46,797	21
22	9,542	10,6	10,982	12,338	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	34,867	36,781	37,659	40,289	45,962	48,268	22
23	10,196	11,293	11,688	13,091	14,848	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	36,131	38,076	38,968	41,638	47,391	49,728	23
24	10,856	11,992	12,401	13,848	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	37,389	39,364	40,27	42,98	48,812	51,179	24
25	11,524	12,697	13,12	14,611	16,473	18,94	20,867	24,337	28,172	30,675	34,382	37,652	38,642	40,646	41,566	44,314	50,223	52,62	25
26	12,198	13,409	13,844	15,379	17,292	19,82	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,885	39,889	41,923	42,856	45,642	51,627	54,052	26
27	12,879	14,125	14,573	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	41,132	43,194	44,14	46,963	53,022	55,476	27
28	13,565	14,847	15,308	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,319	34,027	37,916	41,337	42,37	44,461	45,419	48,278	54,411	56,893	28
29	14,256	15,574	16,047	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	43,604	45,722	46,693	49,588	55,792	58,302	29
30	14,953	16,306	16,791	18,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,53	36,25	40,256	43,773	44,834	46,979	47,962	50,892	57,167	59,703	30
n	p=99%	98%	97,50%	95%	90%	80%	70%	50%	30%	20%	10%	5%	4%	2,50%	2%	1%	0,20%	0,10%	n

n = graus de liberdade.  
P = nível de significância (α)

Fonte: Tabela foi adaptada de Bussab e Morettin (1988).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Introdução

Neste capítulo descreve-se os métodos que foram utilizados para levantar os dados dos indicadores de perdas e observações em campo do cenário dos Distritos de Medição e Controle. A metodologia selecionada foi baseada principalmente no “Volume 3 - Pesquisa e Combate a Vazamentos Não Visíveis” dos Guias práticos – Técnicas de operação em sistema de abastecimento de água, elaborado por Gonçalves e Alvim (2007) e método estatístico de comparação Teste Qui-Quadrado.

#### 3.2. Caracterização dos DMC

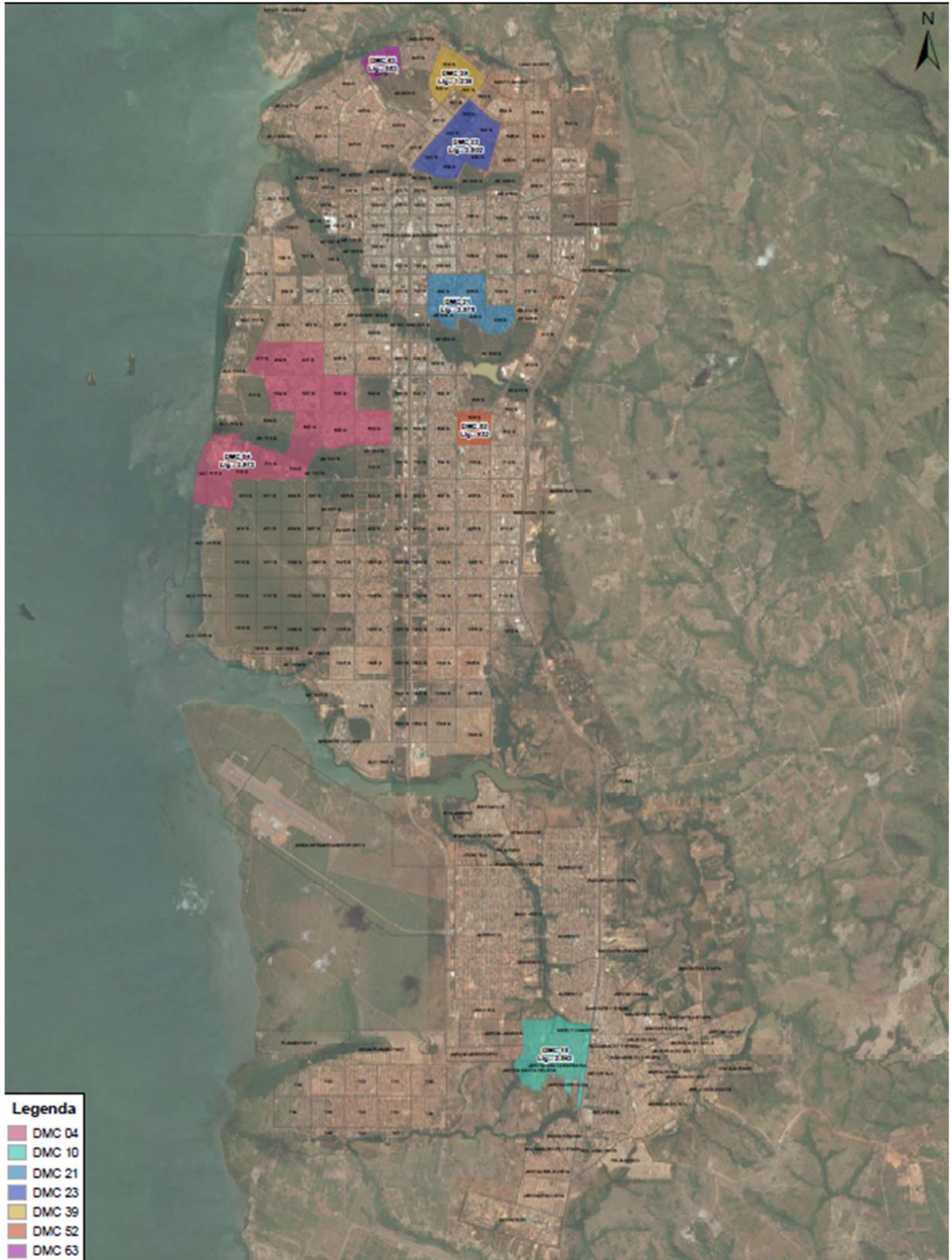
O sistema de abastecimento de Palmas-TO é dividido entre o Plano Diretor e a região de Taquaralto. O Plano Diretor Norte e Sul são abastecidos por gravidade através dos Reservatórios de Água Apoiados (RAP), ao todo são cinco, RAP 02 que recebe água da Estações de Tratamento Água (ETA 3), RAP 06, RAP 09 e RAP 15 recebem água da ETA 6. Já a região de Taquaralto é abastecida por gravidade pelos RAP 04, 05, 03, 10, 13, 14, 17 e 19, onde os RAP 05, 13 e 14 recebem água de uma Unidade de Tratamento Simplificado (UTS 2) e os RAP 04, 03, 10, 17 e 19 recebem água trata da ETA 6. As áreas de estudo correspondem a Distritos de Medição e Controle (DMC) do município de Palmas – TO, que possui atualmente 53 setorizações implantadas. A partir disso, foram selecionados 7 DMC, por já possuírem Estação Remota de Telemetria (ERT) para coleta de dados *online*, e assim optando por pilotos de estudo com maior facilidade no levantamento de informações. Os setores selecionados foram o DMC 04, DMC 10, DMC 21, DMC 23, DMC 39, DMC 52 e DMC 63 (Figura 01). Todos abastecidos por gravidade, estando localizados no Plano Diretor de Palmas-TO, com exceção do DMC 10 que se encontra na região de Taquaralto. O Distrito 10 é abastecido pelo RAP 10, já o DMC 04, 21, 23 e 52 são abastecidos pelo RAP 01, o DMC 63 pelo RAP 06 e o DMC 39 é abastecido pelo RAP 02. Todo distrito selecionado tem um medidor de vazão eletromagnético instalado na rede de entrada do setor medindo o volume disponibilizado, e todas as ligações de água são hidrometradas.

Tabela 3: Caracterização dos Distritos de Medição e Controle (DMC)

<b>CÓDIGO DO DMC</b>	<b>RESERVATÓRIO</b>	<b>ÁREA DE ABRANGÊNCIA MACROMEDIDOR</b>	<b>EXTENSÃO DE REDE (km)</b>	<b>NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)</b>
DMC 04	RAP 01	Plano Diretor Sul Quadras 407, 409, 411, 505, 507, 509, 603, 605, 607, 709, 711, 713 e 815	69,27	2.973
DMC 10	RAP 10	Taquaralto, setores Jardim Santa Bárbara, Jardim Santa Helena, Marly Camargo e Jardim Janaina	29,29	2.842
DMC 21	RAP 01	Plano Diretor Sul Quadras 204, 206, 304, 306 e 308	24,6	3.078
DMC 23	RAP 01	Plano Diretor Norte Quadras 302, 304, 402, 404, 502 e 504	28,59	2.502
DMC 39	RAP 02	Plano Diretor Norte Quadras 503, 601 e 603	12,18	1.236
DMC 52	RAP 01	Plano Diretor Sul Quadra 606	12,03	932
DMC 63	RAP 06	Plano Diretor Norte Quadra 607	5,3	583

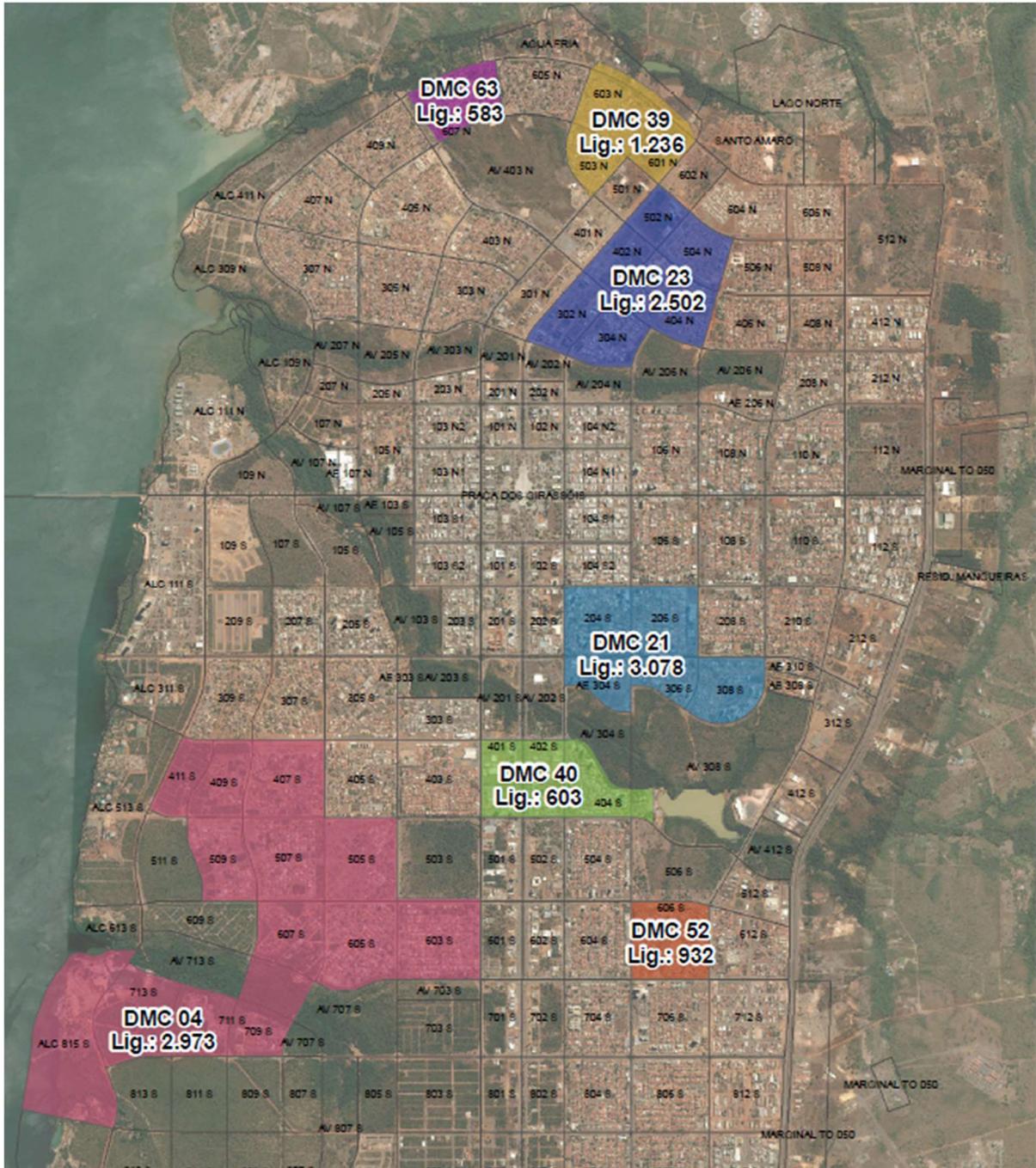
Fonte: Próprio autor

Figura 1: Mapa de Palmas-TO com realce para os DMC selecionados



Fonte: Próprio autor

Figura 2: DMC do Plano Diretor de Palmas - TO



Fonte: Próprio autor



### 3.3. Levantamento dos Dados Iniciais

O estudo basicamente se resumiu em calcular o Índice de Perdas na Distribuição (IPD), Índice de Perdas por Ligação (IPL) e o Fator de Pesquisa (FP) para cada distrito de medição, e em seguida a comprovação em campo da quantidade de vazamento visível e não visível na área. Classificou-se em ordem de criticidade, do maior valor para o menor valor, os DMC de acordo com o cálculo dos indicadores, e em seguida a classificação foi comparada a real ordem de criticidade das áreas baseando-se na quantidade de vazamentos localizadas em campo. O melhor indicador de falhas no sistema de abastecimento de água pôde ser determinado a partir do método de comparação Teste Qui-Quadrado.

De acordo com a atuação das equipes em campo na varredura completa de rede de distribuição em cada área, foram utilizados para os DMC indicadores do fechamento mensal referentes ao mês anterior da investigação *in loco*, de maneira a determinar o diagnóstico preliminar (esperado) mais fiel o possível. Sendo assim, os indicadores apresentados para cada área tiveram as referências apresentadas a seguir: DMC 10 na referência de junho, DMC 63 e 52 em julho, DMC 23 e 21 em agosto, DMC 04, e 39 em setembro.

Para o cálculo dos indicadores, foi necessário realizar o levantamento dos dados das áreas com o setor de Gestão de Perdas de Água e setor comercial da empresa de saneamento vigente. As informações solicitadas foram:

- Número de ligações de cada setor;
- Histórico de dados de vazão da macromedição para geração de perfil de consumo da região;
- Volume micromedido (consumido) para cada setor;
- Histórico de número de vazamentos localizados.

### 3.4. Determinação do cenário esperado

Com os dados de volume disponibilizado e volumes utilizados foi possível identificar o nível de perdas do setor antes da investigação *in loco*. Para tanto foram calculados os indicadores que seguem abaixo, os dois primeiros de acordo com o recomendado pelo SNIS (Tabela 2) e o último de acordo com o proposto por Gonçalves e Alvim (2007, apud Lambert, 2000):

- IPD - Índice de Perdas na Distribuição (%);

- IPL - Índice de Perdas por Ligação (L/Lig./dia);
- FP – Fator de Pesquisa (Adimensional).

O IPD e IPL são dois indicadores que levam em consideração o volume perdido, dessa maneira, é necessário a normalização do volume utilizado. Para normalizar o volume, deve-se fazer coincidir o período da contabilização do volume disponibilizado (dias totais do mês de referência) com o período de leitura dos hidrômetros, de forma a permitir que se façam comparações coerentes. Usou-se o volume consumido dividido pelos dias de micromedição multiplicado pela quantidade de dias do mês (Vol.Consumido/(DiasMicromedição\*DiasMês)). Para os DMC em estudo, não houve volumes tratados importados e nem volumes de serviço.

Já para determinação do FP, a cada dia do mês em análise foram extraídos dos dados de vazão a média diária (24 horas) e vazão mínima noturna (intervalo das 2 horas da manhã até as 6 horas), pois cada distrito de medição pode apresentar um perfil de consumo na madrugada que implica diretamente na obtenção do menor valor de vazão para o momento de consumo quase nulo.

$$FP = Q \text{ mínima noturna} / Q \text{ média diária} \quad (5)$$

O Fator de Pesquisa (FP) indica possíveis problemas operacionais no abastecimento de água. Relaciona vazão mínima noturna e vazão média diária, onde quanto mais o resultado da equação (4) tende a 1, maior a probabilidade de ter vazamentos e grande potencial de recuperação de volumes perdidos (FÉVERO; SUZUKI, 1987). Normalmente se o setor apresentar o FP maior que 0,30, os vazamentos da área são economicamente detectáveis (FÁVERO e DIB, 1981).

### 3.5. Método de Pesquisa com Medição de Vazão

Para obtenção do diagnóstico real do nível de prioridade das áreas, de acordo com a quantidade de vazamentos existentes, foi realizada uma varredura com pesquisa acústica para a detecção dos vazamentos não visíveis e por consequência visualização e localização das falhas que já estavam afloradas.

Para uma melhor distribuição temporal da investigação das áreas e atuação em campo de acordo com a disponibilidade das equipes de Pesquisa Sistemática de vazamento, foi

realizado a divisão da rota de diagnóstico da seguinte forma: DMC 10 em julho, DMC 63 e 52 em agosto, DMC 23 e 21 em setembro, DMC 04, e 39 em outubro. Para uma comparação do estudo in loco com os dados preliminares da situação da área, foram utilizados para cada área os indicadores do fechamento do mês anterior a sua pesquisa de campo, e assim, determinando o diagnóstico preliminar (esperado). Os métodos utilizados na pesquisa de vazamento serão descritos no tópico abaixo.

### **3.5.1. Atividades de investigação in loco**

Em geral, as entradas de quadra de Palmas - TO são providas de registros de manobra para fechamento do abastecimento, com isso, para os Distritos de Medição e Controle que tenham mais de uma quadra faz-se necessária determinar a área ao qual está consumindo a maior parte da vazão mínima noturna. Para tanto, no horário da mínima vazão (mais ou menos às 02:00h), anota-se a vazão e realiza-se o fechamento do registro da quadra, espera-se a estabilização da vazão por alguns minutos, em seguida, anota-se o valor da mesma. Posteriormente, é feito o mesmo processo para os registros de todas as outras quadras do DMC. O maior delta de queda da vazão determina a área com maior probabilidade de vazamentos.

Com uma cópia do mapa do cadastro de rede referente a área onde se realizará a varredura para detecção dos vazamentos, a equipe de pesquisa acústica (geofonistas), estarão dotados de:

- Geofone eletrônico – um equipamento com sensor que capta o som produzido pelo vazamento. É composto por um amplificador, sensor ou transdutor e fones de ouvido;
- Medidor de pressão – as pressões no manômetro são medidas em  $\text{kgf/cm}^2$  (quilograma força por centímetro quadrado);

O mapa de rede da área permite a orientação em campo da distribuição da água. Inicialmente, faz-se a medição da pressão com o manômetro na área para determinar se a pressão está próxima a  $1,5 \text{ kgf/cm}^2$  ou 15 mca, mínimo para o geofone detectar vazamentos. Havendo pressão suficiente no sistema, é realizada a pesquisa de escuta em todos os cavaletes, e ao ser detectado alguma suspeita de vazamento, deve-se marcar o ponto com tinta spray e anotar o número do hidrômetro na caderneta de campo para geração de ordem de serviço de retirada do vazamento. Também deve-se inspecionar os registros existentes na rede da área de pesquisa para verificar se não há vazamentos que venham atrapalhar o serviço de escuta.

### 3.6. Método estatístico

Com os resultados obtidos nos indicadores, classificou-se em ordem de maior para a menor perda os DMC, distribuindo os mesmos de primeira posição até sétima posição de criticidade em perdas de água, de acordo com cada índice. Para os resultados de números de vazamentos localizados em campo, também foi possível classificar os distritos de acordo com a posição de prioridade crítica, chegando a modelagem de vazamentos real do sistema. Em posse dos dados de classificação dos DMC pelos indicadores e pela pesquisa *in loco*, foi realizado a comparação do diagnóstico esperado de cada indicador com o diagnóstico observado em campo utilizando o Teste Qui-Quadrado. Para tal método estatístico, foi adotado a significância de 1% (99% de confiabilidade no resultado) e calculado o grau de liberdade para obtenção do  $\chi^2_c$  (valor crítico). A hipótese nula assumida foi que os dados esperados terão que ser iguais aos dados observados, e para que ela seja verdadeira o  $\chi^2$  calculado tem que ser menor que o  $\chi^2_c$ .

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Dados obtidos nos Distritos de Medição e Controle (DMC)

#### 4.1.1.DMC 04

- Monitoramento de vazão:

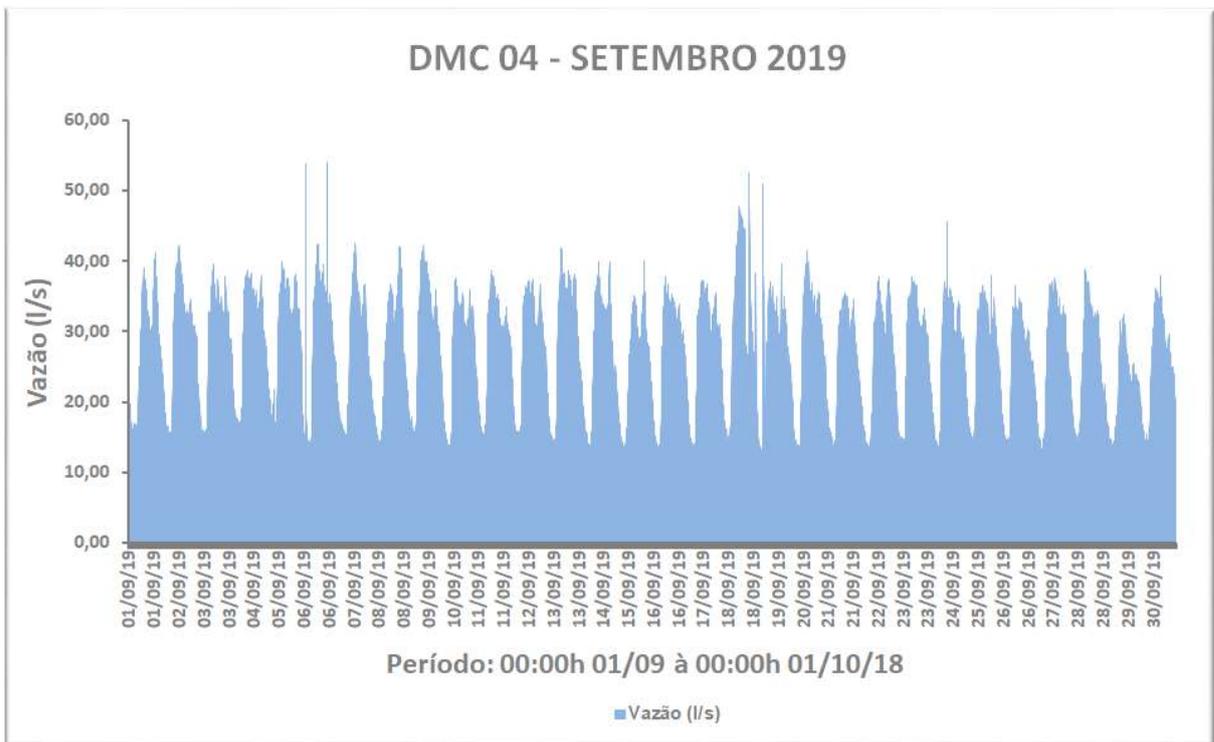
O Distrito de Medição e Controle 04 (DMC 04), com maior extensão de rede entre as áreas estudadas (69,27 km), foi monitorado durante o mês de setembro de 2019 obtendo-se os dados de vazão no intervalo de 10 em 10 minutos, e assim sendo possível o chegar ao volume macromedido do mês (Gráfico 1). Os dados gerais levantados para área estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4: Dados gerais levantados DMC 04

<b>CÓDIGO DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE</b>	<b>DMC 04</b>
NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)	2.973
VOLUME MACROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	70.331,95
VOLUME MICROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	49.707,00
VOLUME MICROMEDIDO NORMALIZADO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	46.600,31
VOLUME PERDIDO TOTAL - PERDAS REAIS E APARENTES (m <sup>3</sup> )	23.731,64

Fonte: Próprio autor

Gráfico 1: Vazões DMC 04



Fonte: Próprio autor

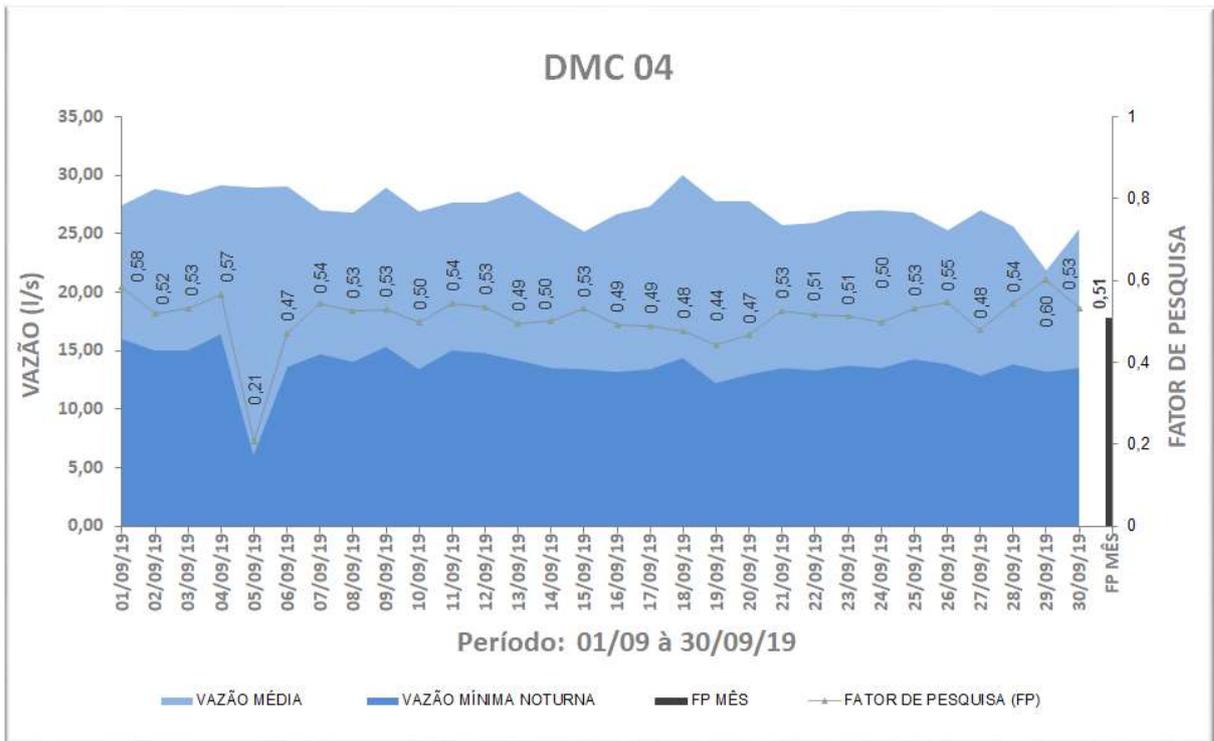
O monitoramento de vazão possibilitou a visualização do comportamento do perfil de consumo para área (Gráfico 1). O DMC 04 apresentou vazão média de consumo de 27,15 l/s e totalizando um volume disponibilizado para área de 70.331,95 m<sup>3</sup>. A vazão mínima noturna média para o mês foi de 13,74 l/s, o que demonstra que 51% da vazão disponível para área está sendo desviada de alguma forma (Tabela 5). No Gráfico 2 é possível observar que metade da vazão diária é perdida com vazamentos, já que a vazão mínima noturna tem pouca influência de consumo dos moradores.

Tabela 5: Dados de vazão DMC 04

DATA	VAZÃO MÉDIA	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	FATOR DE PESQUISA (FP)
01/09/19	27,40	15,98	0,58
02/09/19	28,83	14,96	0,52
03/09/19	28,27	15,06	0,53
04/09/19	29,10	16,45	0,57
05/09/19	28,96	6,03	0,21
06/09/19	29,05	13,67	0,47
07/09/19	27,02	14,68	0,54
08/09/19	26,79	14,09	0,53
09/09/19	28,97	15,33	0,53
10/09/19	26,95	13,45	0,50
11/09/19	27,69	15,06	0,54
12/09/19	27,70	14,80	0,53
13/09/19	28,60	14,15	0,49
14/09/19	26,82	13,46	0,50
15/09/19	25,24	13,39	0,53
16/09/19	26,73	13,15	0,49
17/09/19	27,36	13,38	0,49
18/09/19	30,01	14,32	0,48
19/09/19	27,80	12,27	0,44
20/09/19	27,77	12,94	0,47
21/09/19	25,71	13,51	0,53
22/09/19	25,90	13,33	0,51
23/09/19	26,88	13,77	0,51
24/09/19	27,03	13,47	0,50
25/09/19	26,78	14,26	0,53
26/09/19	25,25	13,78	0,55
27/09/19	27,02	12,92	0,48
28/09/19	25,59	13,88	0,54
29/09/19	21,91	13,22	0,60
30/09/19	25,38	13,48	0,53
<b>MÉDIA</b>	<b>27,15</b>	<b>13,74</b>	<b>0,51</b>

Fonte: Próprio autor

Gráfico 2: Mínima vazão noturna DMC 04



Fonte: Próprio autor

- Resultados dos indicadores:

O volume consumido das ligações na área de 46.600,31 m<sup>3</sup> (no total de 32 dias de micromedição para setembro e o volume normalizado para 30 dias), e o volume do mês de referência foi de 23.731,64 m<sup>3</sup>, 36,74% do volume disponibilizado desperdiçado em perdas aparentes e físicas. Sendo o total de ligações da área de 2.973, o volume de perdas estimado por ligações foi de 266 litros por dia. Os resultados dos índices de perdas da área estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Indicadores de perdas DMC 04

INDICADOR	VALOR
Índice de Perdas por Ligação - IPL [l/lig/Dia]	266
Índice de Perdas na Distribuição - IPD [%]	33,74
Fator de Pesquisa - FP [adimensional]	0,51

Fonte: Próprio autor

- Resultados Pesquisa Sistemática de vazamentos

Para o levantamento da quantidade de vazamentos existentes em campo para o distrito, as equipes de pesquisa sistemática de vazamento realizaram a investigação *in loco* no mês de outubro de 2019, após o diagnóstico preliminar realizado. Foi realizada a varredura de 69,27 km de rede e localizados 29 vazamentos, sendo 16 vazamentos não visíveis e 13 vazamentos que já se encontravam aflorados (Tabela 7).

Tabela 7: Vazamentos localizados DMC 04

VAZAMENTOS OCULTOS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
187239452	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/10/2019 04:36	709 S AL. 06	QI 06 LT 09
187230747	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	23/10/2019 11:09	507 S AL. 22	QI 19 LT 02-A
187193650	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	15/10/2019 06:41	509 S AL. 16	QI17 LT06
187190971	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	14/10/2019 12:07	507 S AL. 08	QI 16 LT 02-C
187172103	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	09/10/2019 04:13	605 S AL. 37	QI 16 LT 18
187172102	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	09/10/2019 04:12	605 S AL. 28	QI 06 LT 03
187172101	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	09/10/2019 04:11	605 S AL. 24	QI 02 LT 07
187172100	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	09/10/2019 04:10	605 S AL. 19	QI13 LT12 CS2
187161193	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	06/10/2019 20:40	603 S AL. 05	QI O LT 04
187159627	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	05/10/2019 05:26	603 S AL. 13	QI J LT 11
187144102	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/10/2019 01:47	603 S AL. 14	QI I LT 32
187144101	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/10/2019 01:46	603 S AL. 14	QI I LT 16
187144100	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/10/2019 01:45	603 S AL. 12	QI I LT 15
187144099	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/10/2019 01:44	603 S AL. 06	QI A LT 32
187144098	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/10/2019 01:42	603 S AL. 06	QI A LT 08
187144097	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/10/2019 01:39	603 S AL. 12	QI I LT 21-A
VAZAMENTOS VISÍVEIS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
187263852	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	30/10/2019 07:11	709 S AL. 08	QI 06 LT 04
187256528	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	28/10/2019 17:59	605 S AL. 12	QI 06 LT 19
187221748	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	21/10/2019 19:25	605 S AL. 32	HM06 LT04 CS6
187218727	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	21/10/2019 11:34	507 S AL. 04	QI 08 LT 08
187217645	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	21/10/2019 09:23	505 S AL. 27	QI 51 LT 02-B
187216992	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	21/10/2019 08:30	605 S AL. 32	HM06 LT04 CS6
187213367	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	18/10/2019 19:01	505 S AL. 27	QI 51 LT 02-B
187189748	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	14/10/2019 10:04	605 S AL. 37	QI 16 LT 18
187186145	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	11/10/2019 16:45	605 S AL. 02	QI 02 LT 25
187182589	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	10/10/2019 18:50	605 S AL. 02	QI 02 LT 26
187150163	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	03/10/2019 17:08	RUA 06	
187192717	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	14/10/2019 16:34	407 S AL. 01	QI 24 LT 05
187162591	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	07/10/2019 09:48	607 S AL. 03	QI 10 LT 22

Fonte: Próprio autor

#### 4.1.2.DMC 10

- Monitoramento de vazão:

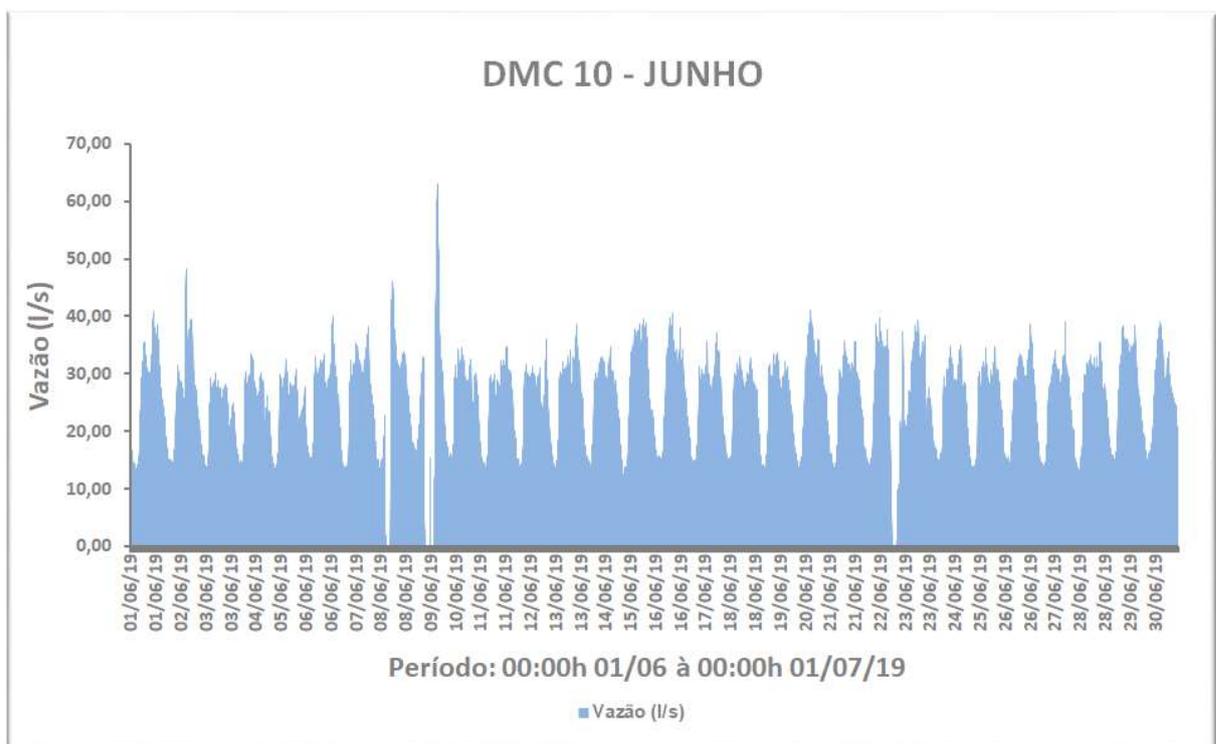
O Distrito de Medição e Controle 10 (DMC 10), com extensão de rede de 29,29 km, foi monitorado durante o mês de junho de 2019 obtendo-se os dados de vazão no intervalo de 10 em 10 minutos, e assim, foi possível chegar ao volume macromedido do mês (Gráfico 3). Os dados gerais levantados da área estão demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8: Dados gerais levantados DMC 10

CÓDIGO DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE	DMC 10
NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)	2.842
VOLUME MACROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	64.330,46
VOLUME MICROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	33.104,00
VOLUME MICROMEDIDO NORMALIZADO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	33.104,00
VOLUME PERDIDO TOTAL - PERDAS REAIS E APARENTES (m <sup>3</sup> )	31.226,46

Fonte: Próprio autor

Gráfico 3: Vazões DMC 10



Fonte: Próprio autor

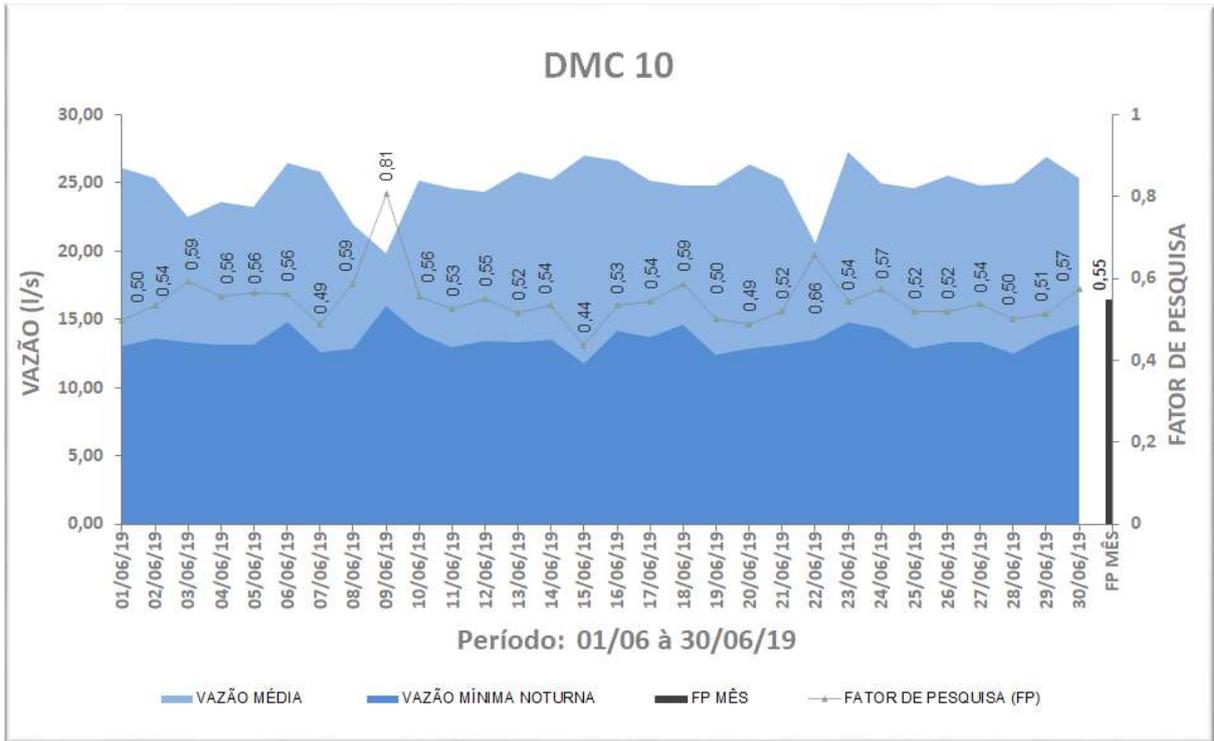
O monitoramento de vazão possibilitou a visualização do comportamento do perfil de consumo para área (Gráfico 3). O DMC 10 apresentou vazão média de consumo de 24,84 l/s e totalizando um volume disponibilizado para área de 64.330,46 m<sup>3</sup>. A vazão mínima noturna média para o mês foi de 13,52 l/s, o que demonstra que 55% da vazão disponível para área está sendo desviada de alguma forma (Tabela 9). No Gráfico 4 é possível observar que metade da vazão diária é perdida com vazamentos, já que a vazão mínima noturna tem pouca influência de consumo dos moradores.

Tabela 9: Dados de vazão DMC 10

DATA	VAZÃO MÉDIA	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	FATOR DE PESQUISA (FP)
01/06/19	26,11	13,02	0,50
02/06/19	25,38	13,60	0,54
03/06/19	22,48	13,29	0,59
04/06/19	23,58	13,12	0,56
05/06/19	23,24	13,11	0,56
06/06/19	26,41	14,84	0,56
07/06/19	25,81	12,58	0,49
08/06/19	21,93	12,89	0,59
09/06/19	19,84	16,02	0,81
10/06/19	25,13	13,98	0,56
11/06/19	24,62	12,97	0,53
12/06/19	24,38	13,43	0,55
13/06/19	25,77	13,32	0,52
14/06/19	25,25	13,52	0,54
15/06/19	27,05	11,79	0,44
16/06/19	26,60	14,18	0,53
17/06/19	25,21	13,72	0,54
18/06/19	24,85	14,58	0,59
19/06/19	24,76	12,44	0,50
20/06/19	26,35	12,91	0,49
21/06/19	25,28	13,15	0,52
22/06/19	20,54	13,51	0,66
23/06/19	27,27	14,80	0,54
24/06/19	25,02	14,35	0,57
25/06/19	24,64	12,83	0,52
26/06/19	25,58	13,32	0,52
27/06/19	24,79	13,30	0,54
28/06/19	24,96	12,50	0,50
29/06/19	26,96	13,82	0,51
30/06/19	25,37	14,59	0,57
<b>MÉDIA</b>	<b>24,84</b>	<b>13,52</b>	<b>0,55</b>

Fonte: Próprio autor

Gráfico 4: Mínima vazão noturna DMC 10



Fonte: Próprio autor

- Resultados dos indicadores:

O volume consumido das ligações na área de 31.104,00 m<sup>3</sup> (30 dias de micromedição para junho, mesma quantidade de dias do mês, sem necessidade de normalizar o volume), e o volume perdido do mês de referência foi de 31.226,46 m<sup>3</sup>, 48,54 % do volume disponibilizado foi desperdiçado em perdas aparentes e físicas. Sendo o total de ligações da área de 2.842, o volume de perdas estimado por ligação foi de 366 litros por dia. Os resultados dos índices de perdas da área estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Indicadores de perdas DMC 10

INDICADORES	VALOR
Índice de Perdas por Ligação - IPL [l/lig/Dia]	366
Índice de Perdas na Distribuição - IPD [%]	48,54
Fator de Pesquisa - FP [adimensional]	0,55

Fonte: Próprio autor

- Resultados Pesquisa Sistemática de vazamentos

Para o levantamento da quantidade de vazamentos existentes em campo para o distrito, as equipes de pesquisa sistemática de vazamento realizaram a investigação *in loco* no mês de julho de 2019, após o diagnóstico preliminar realizado. Foi realizado a varredura de 29,29 km de rede e localizados 43 vazamentos, sendo 6 vazamentos não visíveis e 37 vazamentos que já se encontravam aflorados (Tabela 11).

Tabela 11: Vazamentos localizados DMC 10

VAZAMENTOS OCULTOS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
186784321	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/07/2019 21:57	M.CAMARGO 19A	QD 68 LT 06
186684389	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	04/07/2019 00:18	J.S.BARBARA 01	QD 08A LT 29A
186684387	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	04/07/2019 00:15	J.S.BARBARA 01	QD09 LT01CS1
186676314	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/07/2019 06:07	J.S.BARBARA 08	QD 03 LT 13A
186676313	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/07/2019 06:06	J.S.BARBARA 06	QD 04 LT 18B
186676310	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/07/2019 06:05	J.S.BARBARA 06	QD04 LT18AC2
VAZAMENTOS VISÍVEIS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
186759749	RETIRADA DE VAZAMENTO EM COLAR DE TOMADA	21/07/2019 03:23	J.S.BARBARA 08	QD27 LT21B
186758709	RETIRADA DE VAZAMENTO EM COLAR DE TOMADA	20/07/2019 10:40	J.S.BARBARA 06	QD 37A LT 37
186813265	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	31/07/2019 22:56	J.S.BARBARA 10	QD16 LT02BC2
186803545	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	30/07/2019 14:09	J.S.BARBARA 08	Q27 LT18 CS02
186789022	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	26/07/2019 16:50	J.S.BARBARA 08	QD 37 LT 03
186785997	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	26/07/2019 10:12	J.S.BARBARA 14	QD 10A LT 10
186780524	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	25/07/2019 10:43	J.S.BARBARA 08	QD 36 LT 12
186779609	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	25/07/2019 08:14	J.S.BARBARA 09	QD 18 LT 10C2
186765883	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	22/07/2019 23:22	J.S.BARBARA 03	QD 31A LT 46
186762412	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	22/07/2019 11:15	J.S.BARBARA 03	QD 31A LT 45
186759960	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	21/07/2019 12:24	J.S.BARBARA 09	QD 01 LT 17B
186757989	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	20/07/2019 06:27	J.S.BARBARA 06	QD 29 LT 32B
186745199	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	17/07/2019 16:41	J.S.BARBARA 06	QD20 LT15A C1
186735527	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	16/07/2019 10:14	J.S.BARBARA 06	QD20 LT15A C1
186715295	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	10/07/2019 20:18	J.S.BARBARA 14	QD 10A LT 15
186697691	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	07/07/2019 16:49	J.S.BARBARA 06	QD 04 LT 13A
186697659	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	07/07/2019 16:08	J.S.BARBARA 06	QD 04 LT 14-A
186697603	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	07/07/2019 13:48	J.S.BARBARA 06	QD04 LT18AC2
186697602	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	07/07/2019 13:47	J.S.BARBARA 06	QD 04 LT 15A
186697582	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	07/07/2019 13:09	J.S.BARBARA 06	QD 04 LT 19A
186677742	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	03/07/2019 09:46	J.S.BARBARA 07	QD 28 LT 30B
186675287	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	02/07/2019 16:59	J.S.BARBARA 07	QD28 LT31AC1
186675118	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	02/07/2019 16:37	J.S.BARBARA 12	QD 13 LT 19
186790806	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL - TERRA	27/07/2019 12:56	J.S.BARBARA 02	QD 42 LT 12
186735541	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL - TERRA	16/07/2019 10:15	J.S.BARBARA 05	QD 20 LT 30-B
186724351	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL - TERRA	12/07/2019 15:46	J.S.BARBARA 04	QD 21 LT 12-A
186809978	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	31/07/2019 12:06	J.S.BARBARA 10	QD 16 LT 2A
186802676	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	30/07/2019 11:36	J.S.BARBARA 08	QD 03 LT 14A
186802615	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	30/07/2019 11:29	J.S.BARBARA 13	QD 11 LT 03A
186797868	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	29/07/2019 16:38	J.S.BARBARA 08	QD 28 LT 12A
186765553	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	22/07/2019 18:21	J.S.BARBARA 07	QD 28 LT 23B
186759681	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	20/07/2019 18:46	J.S.BARBARA 08	QD 28 LT 06
186706338	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	09/07/2019 11:53	J.S.BARBARA 14	QD 10A LT 17
186703410	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	08/07/2019 21:41	J.S.BARBARA 03	QD 31A LT 44
186697502	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	07/07/2019 11:20	J.S.BARBARA 04	QD 31A LT 18
186693885	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	05/07/2019 14:44	J.S.BARBARA 11	QD 12 LT 29
186677222	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	03/07/2019 08:42	J.S.BARBARA 02	QD 08A LT 26A

Fonte: Próprio autor

### 4.1.3.DMC 21

- Monitoramento de vazão:

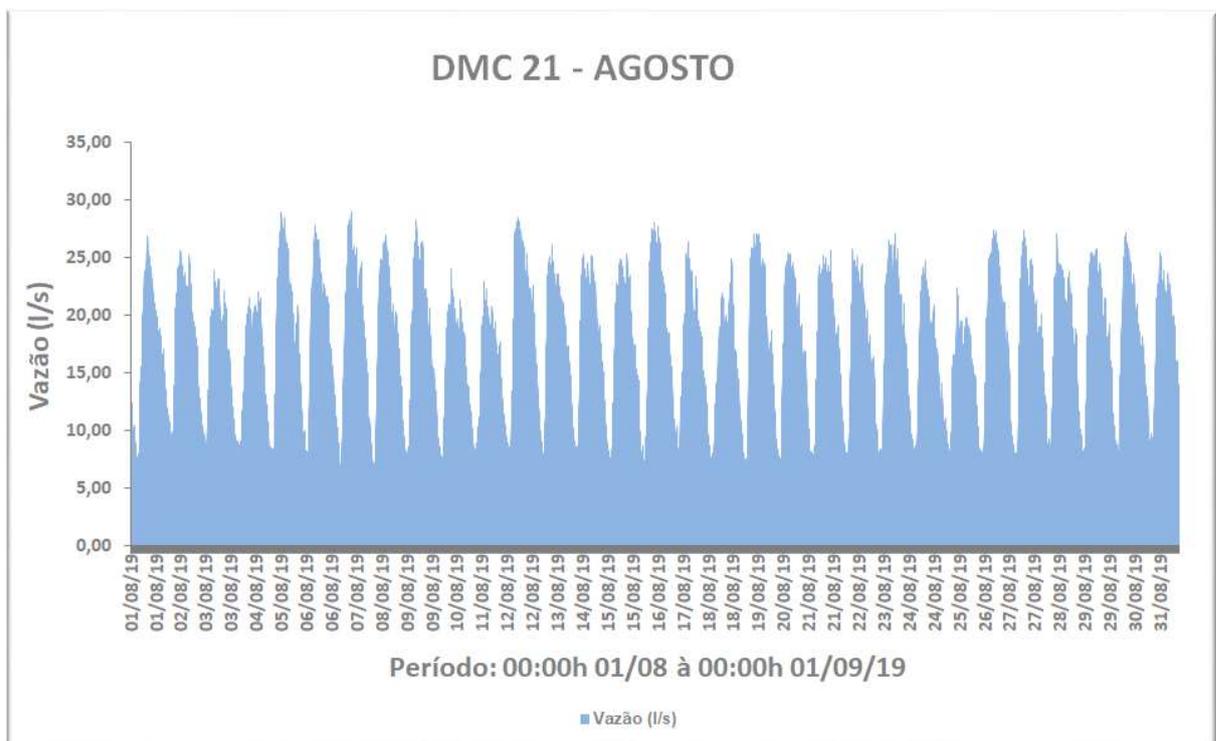
O Distrito de Medição e Controle 21 (DMC 21), com extensão de rede de 24,60 km, foi monitorado durante o mês de agosto de 2019 obtendo-se os dados de vazão no intervalo de 10 em 10 minutos, e assim sendo possível o chegar ao volume macromedido do mês (Gráfico 5). Os dados gerais levantados da área estão demonstrados na Tabela 12.

Tabela 12: Dados gerais levantados DMC 21

CÓDIGO DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE	DMC 21
NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)	3.078
VOLUME MACROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	46.843,29
VOLUME MICROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	46.621,00
VOLUME MICROMEDIDO NORMALIZADO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	45.164,09
VOLUME PERDIDO TOTAL - PERDAS REAIS E APARENTES (m <sup>3</sup> )	1.679,20

Fonte: Próprio autor

Gráfico 5: Vazões DMC 21



Fonte: Próprio autor

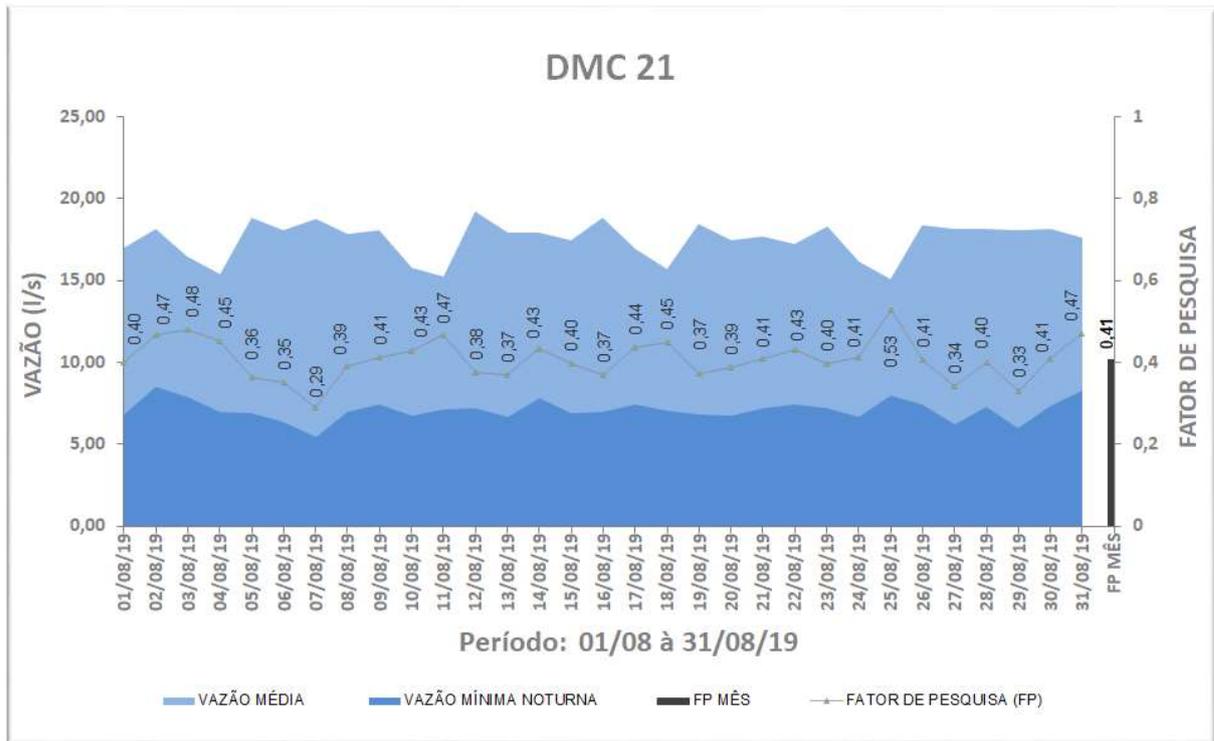
O monitoramento de vazão possibilitou a visualização do comportamento do perfil de consumo para área (Gráfico 5). O DMC 21 apresentou vazão média de consumo de 17,50 l/s e totalizando um volume disponibilizado para área de 48.843,29 m<sup>3</sup>. A vazão mínima noturna média para o mês foi de 7,09 l/s, o que demonstra que 41% da vazão disponível para área está sendo desviada de alguma forma (Tabela 13). No Gráfico 6 é possível observar que quase a metade da vazão diária é perdida com vazamentos, já que a vazão mínima noturna tem pouca influência de consumo dos moradores.

Tabela 13: Dados de vazão DMC 21

DATA	VAZÃO MÉDIA	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	FATOR DE PESQUISA (FP)
01/08/19	17,01	6,79	0,40
02/08/19	18,18	8,52	0,47
03/08/19	16,46	7,88	0,48
04/08/19	15,39	6,96	0,45
05/08/19	18,82	6,86	0,36
06/08/19	18,09	6,37	0,35
07/08/19	18,78	5,44	0,29
08/08/19	17,86	6,95	0,39
09/08/19	18,08	7,46	0,41
10/08/19	15,76	6,74	0,43
11/08/19	15,22	7,09	0,47
12/08/19	19,24	7,22	0,38
13/08/19	17,95	6,64	0,37
14/08/19	17,94	7,78	0,43
15/08/19	17,46	6,93	0,40
16/08/19	18,80	6,97	0,37
17/08/19	16,96	7,40	0,44
18/08/19	15,68	7,06	0,45
19/08/19	18,42	6,84	0,37
20/08/19	17,44	6,76	0,39
21/08/19	17,67	7,20	0,41
22/08/19	17,25	7,42	0,43
23/08/19	18,27	7,24	0,40
24/08/19	16,16	6,66	0,41
25/08/19	15,11	8,00	0,53
26/08/19	18,41	7,46	0,41
27/08/19	18,17	6,20	0,34
28/08/19	18,12	7,25	0,40
29/08/19	18,09	5,94	0,33
30/08/19	18,12	7,39	0,41
31/08/19	17,62	8,30	0,47
<b>MÉDIA</b>	<b>17,50</b>	<b>7,09</b>	<b>0,41</b>

Fonte: Próprio autor

Gráfico 6: Mínima vazão noturna DMC 21



Fonte: Próprio autor

- Resultados dos indicadores:

O volume consumido das ligações na área foi de 45.164,09 m<sup>3</sup> (no total foram 32 dias de micromedição para setembro e o volume normalizado para 31 dias), e o volume perdido para o mês de referência foi de 1.679,20 m<sup>3</sup>, 3,58% do volume disponibilizado desperdiçado em perdas aparentes e físicas. Sendo o total de ligações da área de 3.078, o volume de perdas estimado por ligação foi de 18 litros por dia. Os resultados dos índices de perdas da área estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Indicadores de perdas DMC 21

INDICADORES	VALOR	CLASSIFICAÇÃO
Índice de Perdas por Ligação - IPL [l/lig/Dia]	18	7°
Índice de Perdas na Distribuição - IPD [%]	3,58	7°
Fator de Pesquisa - FP [adimensional]	0,41	4°

Fonte: Próprio autor

- Resultados Pesquisa Sistemática de vazamentos

Para o levantamento da quantidade de vazamentos existentes em campo para o distrito, as equipes de pesquisa sistemática de vazamento realizaram a investigação *in loco* no mês de setembro de 2019, após o diagnóstico preliminar realizado. Foi realizada a varredura de 24,60 km de rede e localizados 25 vazamentos, sendo 15 vazamentos não visíveis e 10 vazamentos que já se encontravam aflorados (Tabela 15).

Tabela 15: Vazamentos localizados DMC 21

VAZAMENTOS OCULTOS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
186989178	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	02/09/2019 06:39	308 S AL. 01	LT 66 CS 03
186988640	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	01/09/2019 06:13	306 S AL. 12	LT 12
186988639	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	01/09/2019 06:12	306 S AL. 01	LT 08 CS 03
186982288	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	01/09/2019 06:15	204 S AL. 14	LT 04
186945295	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:14	204 S AL. 03	LT 11
186945294	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:13	204 S AL. 06	LT 06
186945292	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:12	204 S AL. 04	LT 10 CS 01
186945290	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:11	206 S AL. 06	LT 31
186939081	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 07:11	206 S AL. 10	LT 25
186939069	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 07:05	206 S AL. 10	LT 59
186933468	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:35	206 S AL. 02	LT 66-A
186933466	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:30	206 S AL. 08	LT 36
186933465	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:29	206 S AL. 06	LT 30
186933462	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:26	206 S AL. 06	LT 03
186933460	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	03/09/2019 06:25	206 S AL. 04	LT 05 CS 02
VAZAMENTOS VISÍVEIS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
186919541	RETIRADA DE VAZAMENTO EM COLAR DE TOMADA	15/09/2019 22:55	308 S AL. 01	LT 48
186894426	RETIRADA DE VAZAMENTO EM COLAR DE TOMADA	11/09/2019 10:02	204 S AL. 15	LT 05-A
186867125	RETIRADA DE VAZAMENTO EM COLAR DE TOMADA	05/09/2019 16:47	204 S AL. 02	LT 16
186981819	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	29/09/2019 18:14	206 S AL. 06	LT 07/05-A
186894298	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	11/09/2019 06:49	204 S AL. 15	-
186877355	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	07/09/2019 09:57	206 S AL. 10	LT 36-A
186870305	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	06/09/2019 09:17	204 S AL. 15	-
186853799	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	02/09/2019 08:50	306 S AL. 04	LT 08
186941624	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	21/09/2019 11:11	204 S AL. 14	LT 04
186818260	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	01/09/2019 14:31	306 S AL. 04	LT 06

Fonte: Próprio autor

#### 4.1.4.DMC 23

- Monitoramento de vazão:

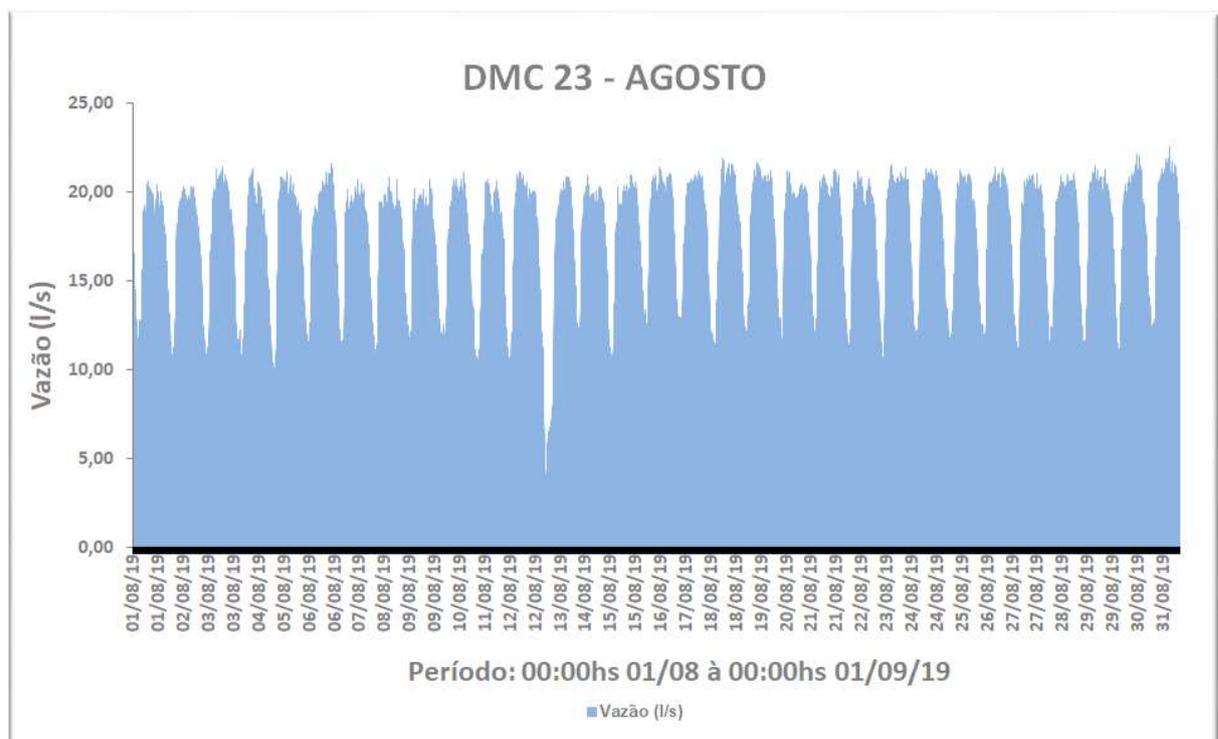
O Distrito de Medição e Controle 23 (DMC 23), com extensão de rede de 28,59 km, foi monitorado durante o mês de agosto de 2019 obtendo-se os dados de vazão no intervalo de 10 em 10 minutos, e assim sendo possível o chegar ao volume macromedido do mês (Gráfico 7). Os dados gerais levantados da área estão demonstrados na Tabela 16.

Tabela 16: Dados gerais levantados DMC 23

CÓDIGO DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE	DMC 23
NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)	2.502
VOLUME MACROMEDIDO REF. SET/19 (m³)	47.005,55
VOLUME MICROMEDIDO REF. SET/19 (m³)	32.429,00
VOLUME MICROMEDIDO NORMALIZADO REF. SET/19 (m³)	31.415,59
VOLUME PERDIDO TOTAL - PERDAS REAIS E APARENTES (m³)	15.589,96

Fonte: Próprio autor

Gráfico 7: Vazões DMC 23



Fonte: Próprio autor

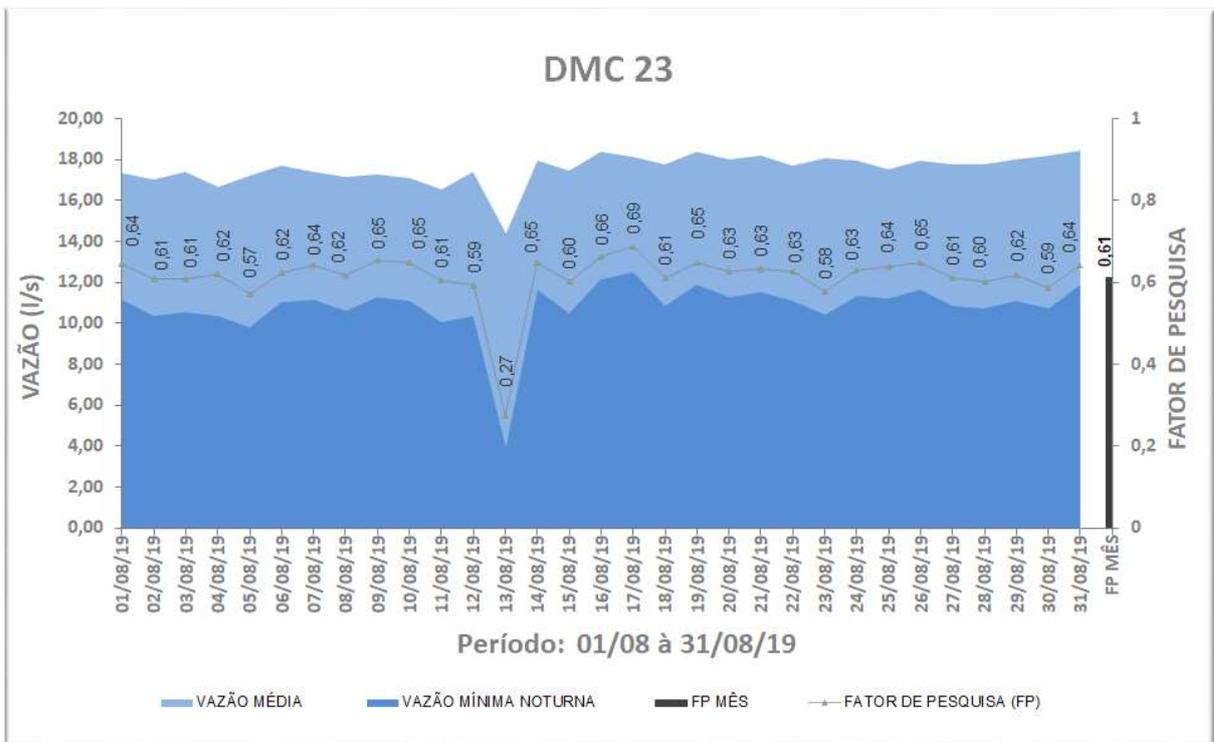
O monitoramento de vazão possibilitou a visualização do comportamento do perfil de consumo para área (Gráfico 7). O DMC 23 apresentou vazão média de consumo de 17,56 l/s e totalizando um volume disponibilizado para área de 47.005,55 m<sup>3</sup>. A vazão mínima noturna média para o mês foi de 10,80 l/s, o que demonstra que 61% da vazão disponível para área está sendo desviada de alguma forma (Tabela 17). No Gráfico 8 é possível observar que metade da vazão diária é perdida com vazamentos, já que a vazão mínima noturna tem pouca influência de consumo dos moradores.

Tabela 17:Dados de vazão DMC 23

DATA	VAZÃO MÉDIA	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	FATOR DE PESQUISA (FP)
01/08/19	17,34	11,17	0,64
02/08/19	17,04	10,37	0,61
03/08/19	17,39	10,56	0,61
04/08/19	16,67	10,33	0,62
05/08/19	17,21	9,82	0,57
06/08/19	17,69	11,02	0,62
07/08/19	17,41	11,16	0,64
08/08/19	17,13	10,59	0,62
09/08/19	17,30	11,30	0,65
10/08/19	17,10	11,06	0,65
11/08/19	16,53	10,02	0,61
12/08/19	17,42	10,34	0,59
13/08/19	14,40	3,93	0,27
14/08/19	17,94	11,61	0,65
15/08/19	17,46	10,50	0,60
16/08/19	18,35	12,15	0,66
17/08/19	18,14	12,49	0,69
18/08/19	17,77	10,87	0,61
19/08/19	18,38	11,88	0,65
20/08/19	17,99	11,27	0,63
21/08/19	18,16	11,50	0,63
22/08/19	17,71	11,09	0,63
23/08/19	18,06	10,42	0,58
24/08/19	17,97	11,31	0,63
25/08/19	17,55	11,20	0,64
26/08/19	17,97	11,66	0,65
27/08/19	17,77	10,87	0,61
28/08/19	17,79	10,72	0,60
29/08/19	18,00	11,11	0,62
30/08/19	18,20	10,70	0,59
31/08/19	18,47	11,87	0,64
<b>MÉDIA</b>	<b>17,56</b>	<b>10,80</b>	<b>0,61</b>

Fonte: Próprio autor

Gráfico 8: Mínima vazão noturna DMC 23



Fonte: Próprio autor

- Resultados dos indicadores:

O volume consumido das ligações na área de 31.415,59 m<sup>3</sup> (no total foram 32 dias de micromedição para setembro e o volume normalizado para 31 dias), e o volume perdido para o mês de referência foi de 15.589,96 m<sup>3</sup>, 33,17% do volume disponibilizado desperdiçado em perdas aparentes e físicas. Sendo o total de ligações da área de 2.502, o volume de perdas estimado por ligação foi de 201 litros por dia. Os resultados dos índices de perdas da área estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Indicadores de perdas DMC 23

INDICADORES	VALOR
Índice de Perdas por Ligação - IPL [l/lig/Dia]	201
Índice de Perdas na Distribuição - IPD [%]	33,17
Fator de Pesquisa - FP [adimensional]	0,61

Fonte: Próprio autor

- Resultados Pesquisa Sistemática de vazamentos

Para o levantamento da quantidade de vazamentos existentes em campo para o distrito, as equipes de pesquisa sistemática de vazamento realizaram a investigação *in loco* no mês de setembro de 2019, após o diagnóstico preliminar realizado. Foi realizada a varredura de 28,59 km de rede e localizados 37 vazamentos, sendo 31 vazamentos não visíveis e 6 vazamentos que já se encontravam aflorados (Tabela 19).

Tabela 19: Vazamentos localizados DMC 23

VAZAMENTOS OCULTOS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
187115278	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 02:23	504 N AL. 13	LT 10
187115275	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 02:01	504 N AL. 20	LT 04
187115274	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:52	504 N AL. 12	LT 09
187115273	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:51	504 N AL. 17-A	LT 02
187115272	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:49	504 N AL. 13	LT 02
187115271	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:45	504 N AL. 17	LT 27 CS 03
187115268	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:12	504 N AL. 05	LT 08
187115267	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:11	504 N AL. 11	LT 14
187115266	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:10	504 N AL. 17-A	LT 33
187115265	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:10	504 N AL. 13	LT 10
187115264	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	27/09/2019 01:09	504 N AV.LO 14	LT 12 SL 02
187114079	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	26/09/2019 16:06	304 N AL. 03	QI05 LT19 CS1
187114071	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	26/09/2019 16:04	304 N AL. 05	QI07 LT20 CS1
187113464	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	26/09/2019 15:00	304 N AL. 04	QI 08 LT 12
187113458	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	26/09/2019 14:59	304 N AL. 01	QI 03 LT 15
187103255	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 02:27	404 N AL. 12	LT 51
187103254	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 02:26	404 N AL. 23	LT 21
187103253	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 02:22	404 N AL. 18	LT 32 CS 02
187103252	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 02:21	404 N AL. 18	LT 25 CS 01
187103251	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 02:19	404 N AL. 16	LT 02
187103250	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 02:19	404 N AL. 24	LT 23
187103247	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 01:42	404 N AL. 28	LT 35
187103246	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 01:41	404 N AL. 18	LT 16
187103245	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 01:39	404 N AL. 09	LT 07 CS 01
187103244	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 01:38	404 N AL. 10	LT 25
187103243	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	25/09/2019 01:37	404 N AL. 06	LT 13
187103076	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	24/09/2019 19:14	504 N AL. 09	LT 48 CS 02
187103075	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	24/09/2019 19:12	404 N AL. 06	LT 37 CS 01
187103073	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	24/09/2019 19:11	404 N AL. 04	LT 15
187103072	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	24/09/2019 19:10	404 N AL. 02	LT 28
187103064	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	24/09/2019 19:05	404 N AL. 02	LT 04
VAZAMENTOS VISÍVEIS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
187078625	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	20/09/2019 08:12	404 N AV.NS 02	
186988687	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	01/09/2019 08:13	302 N AV.NS 02	
187049198	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL - CALÇADA	16/09/2019 08:46	504 N AL. 07	LT 37
187090329	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL - TERRA	22/09/2019 10:08	AV. NS 02	MACRO
187121462	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	28/09/2019 09:01	402 N AV.LO 12	APM 55
186988696	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	01/09/2019 08:24	302 N AV.NS 02	QI 12 LT01/02

Fonte: Próprio autor

#### 4.1.5.DMC 39

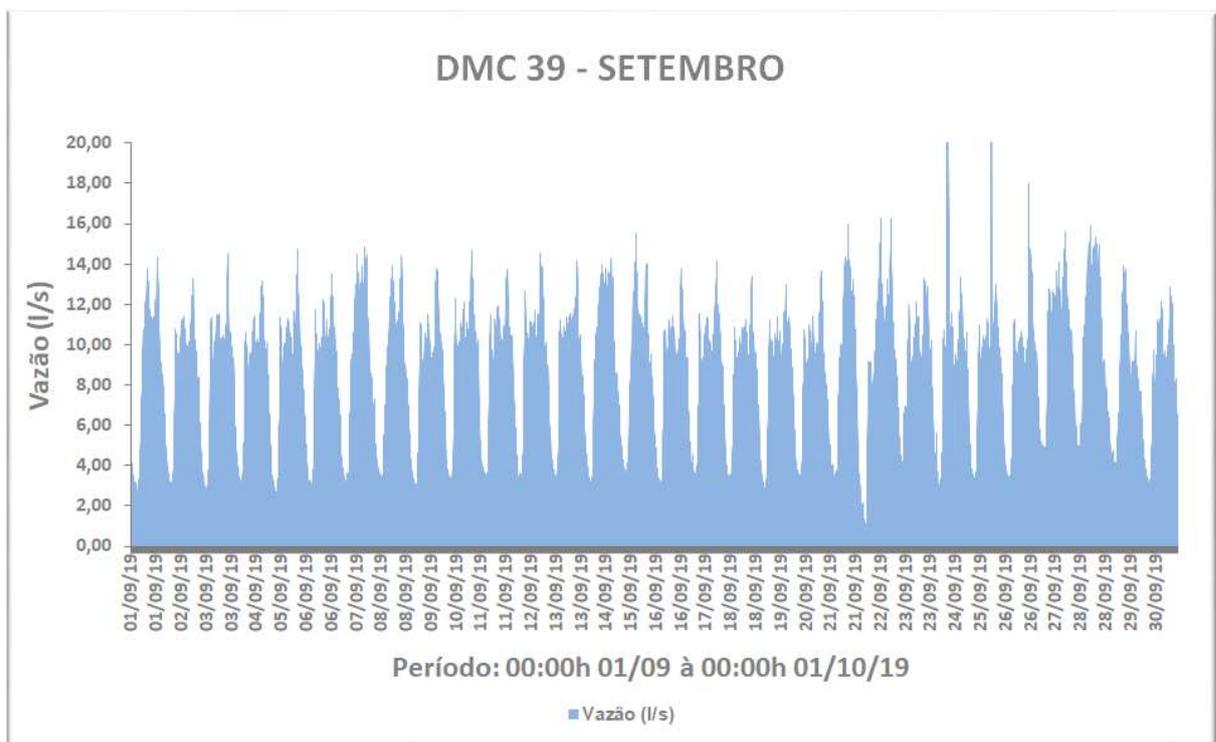
O Distrito de Medição e Controle 39 (DMC 39), com extensão de rede de 12,18 km, foi monitorado durante o mês de setembro de 2019 obtendo-se os dados de vazão no intervalo de 10 em 10 minutos, e assim sendo possível o chegar ao volume macromedido do mês (Gráfico 9). Os dados gerais levantados da área estão demonstrados na Tabela 20.

Tabela 20: Dados gerais levantados DMC 39

CÓDIGO DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE	DMC 39
NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)	1.236
VOLUME MACROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	21.935,92
VOLUME MICROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	17.501,00
VOLUME MICROMEDIDO NORMALIZADO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	16.407,19
VOLUME PERDIDO TOTAL - PERDAS REAIS E APARENTES (m <sup>3</sup> )	5.528,74

Fonte: Próprio autor

Gráfico 09 – Vazões Distrito de Medição e Controle 39



Fonte: Próprio autor

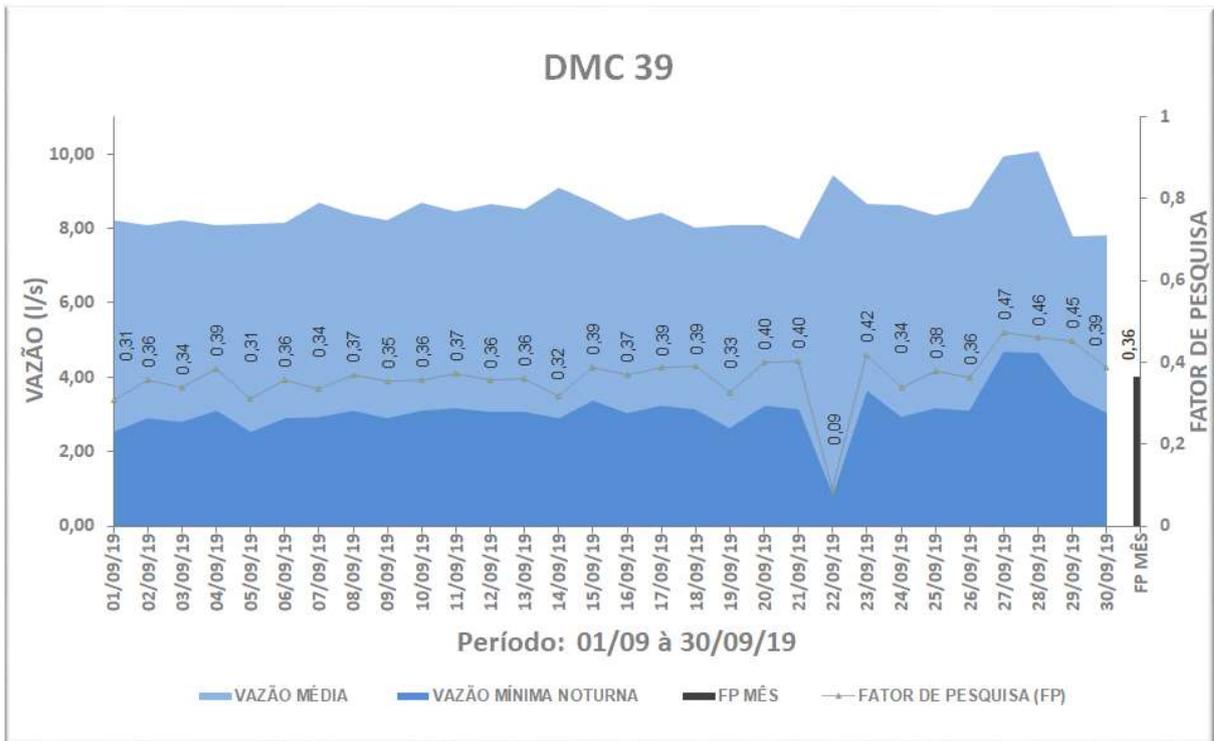
O monitoramento de vazão possibilitou a visualização do comportamento do perfil de consumo para área (Gráfico 8). O DMC 39 apresentou vazão média de consumo de 8,47 l/s e totalizando um volume disponibilizado para área de 21.935,92 m<sup>3</sup>. A vazão mínima noturna média para o mês foi de 3,08 l/s, o que demonstra que 36% da vazão disponível para área está sendo desviada de alguma forma (Tabela 21). No Gráfico 9 é possível observar um terço da vazão média diária é perdida com vazamentos, já que a vazão mínima noturna tem pouca influência de consumo dos moradores.

Tabela 21: Dados de vazão DMC 39

DATA	VAZÃO MÉDIA	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	FATOR DE PESQUISA (FP)
01/09/19	8,20	2,53	0,31
02/09/19	8,09	2,89	0,36
03/09/19	8,22	2,79	0,34
04/09/19	8,09	3,12	0,39
05/09/19	8,13	2,54	0,31
06/09/19	8,15	2,91	0,36
07/09/19	8,69	2,92	0,34
08/09/19	8,39	3,10	0,37
09/09/19	8,20	2,90	0,35
10/09/19	8,68	3,11	0,36
11/09/19	8,46	3,16	0,37
12/09/19	8,67	3,08	0,36
13/09/19	8,51	3,07	0,36
14/09/19	9,08	2,89	0,32
15/09/19	8,70	3,38	0,39
16/09/19	8,20	3,03	0,37
17/09/19	8,41	3,25	0,39
18/09/19	8,02	3,13	0,39
19/09/19	8,08	2,63	0,33
20/09/19	8,08	3,23	0,40
21/09/19	7,73	3,12	0,40
22/09/19	9,44	0,85	0,09
23/09/19	8,65	3,63	0,42
24/09/19	8,64	2,93	0,34
25/09/19	8,35	3,17	0,38
26/09/19	8,55	3,11	0,36
27/09/19	9,92	4,70	0,47
28/09/19	10,07	4,64	0,46
29/09/19	7,78	3,51	0,45
30/09/19	7,83	3,03	0,39
<b>MÉDIA</b>	<b>8,47</b>	<b>3,08</b>	<b>0,36</b>

Fonte: Próprio autor

Gráfico 9: Mínima vazão noturna DMC 39



Fonte: Próprio autor

- Resultados dos indicadores:

O volume consumido das ligações na área foi de 16.407,19 m<sup>3</sup> (no total foram 32 dias de micromedição para setembro e o volume normalizado para 30 dias), e o volume perdido para o mês de referência foi de 5.528,74 m<sup>3</sup>, 25,20% do volume disponibilizado desperdiçado em perdas aparentes e físicas. Sendo o total de ligações da área de 1.236, o volume de perdas estimado por ligação foi de 149 litros por dia. Os resultados dos índices de perdas da área estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22: Indicadores de perdas DMC 39

INDICADORES	VALOR
Índice de Perdas por Ligação - IPL [l/lig/Dia]	149
Índice de Perdas na Distribuição - IPD [%]	25,20
Fator de Pesquisa - FP [adimensional]	0,36

Fonte: Próprio autor

- Resultados Pesquisa Sistemática de vazamentos

Para o levantamento da quantidade de vazamentos existentes em campo para o distrito, as equipes de pesquisa sistemática de vazamento realizaram a investigação *in loco* no mês de outubro de 2019, após o diagnóstico preliminar realizado. Foi realizado a varredura de 12,18 km de rede e localizados 5 vazamentos, sendo eles visíveis (Tabela 23).

Tabela 23: Vazamentos localizados DMC 39

VAZAMENTOS VISÍVEIS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
187275155	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	31/10/2019 15:15	503 N AL. 01	QI12 LT01 CS3
187148413	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	03/10/2019 13:44	603 N AL. 01	QI24 LT16 CS1
187249447	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	27/10/2019 21:12	603 N AL. 04	QC01 LT09 CS5
187187819	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	13/10/2019 08:43	603 N AL. 01	QI26 LT19 CS2
187162263	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	07/10/2019 09:05	603 N AL. 01	QI24 LT15 CS1

Fonte: Próprio autor

#### 4.1.6.DMC 52

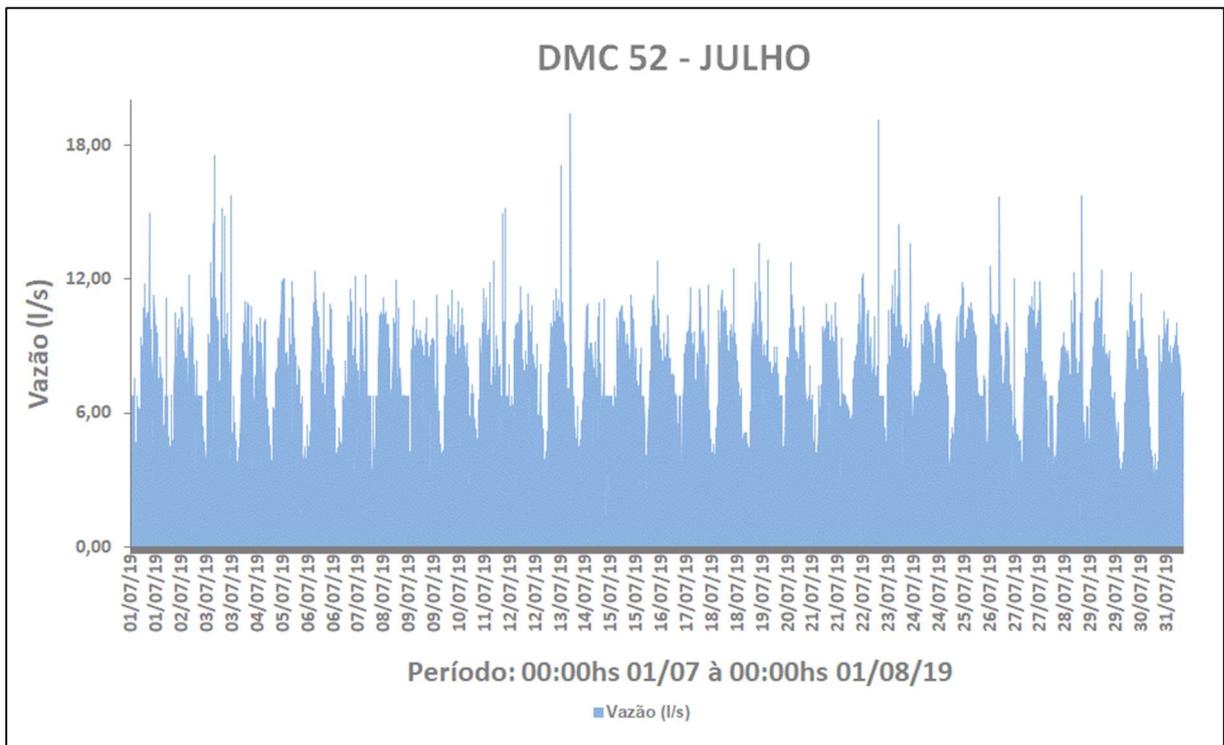
Distrito de Medição e Controle 52 (DMC 52), com extensão de rede de 12,03 km, foi monitorado durante o mês de julho de 2019 obtendo-se os dados de vazão no intervalo de 10 em 10 minutos, e assim sendo possível o chegar ao volume macromedido do mês (Gráfico 10). Os dados gerais levantados da área estão demonstrados na Tabela 24.

Tabela 24: Dados gerais DMC 52

CÓDIGO DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE	DMC 52
NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)	932
VOLUME MACROMEDIDO REF. SET/19 (m³)	17.127,27
VOLUME MICROMEDIDO REF. SET/19 (m³)	12.848,00
VOLUME MICROMEDIDO NORMALIZADO REF. SET/19 (m³)	12.848,00
VOLUME PERDIDO TOTAL - PERDAS REAIS E APARENTES (m³)	4.279,27

Fonte: Próprio autor

Gráfico 10: Vazões DMC 52



Fonte: Próprio autor

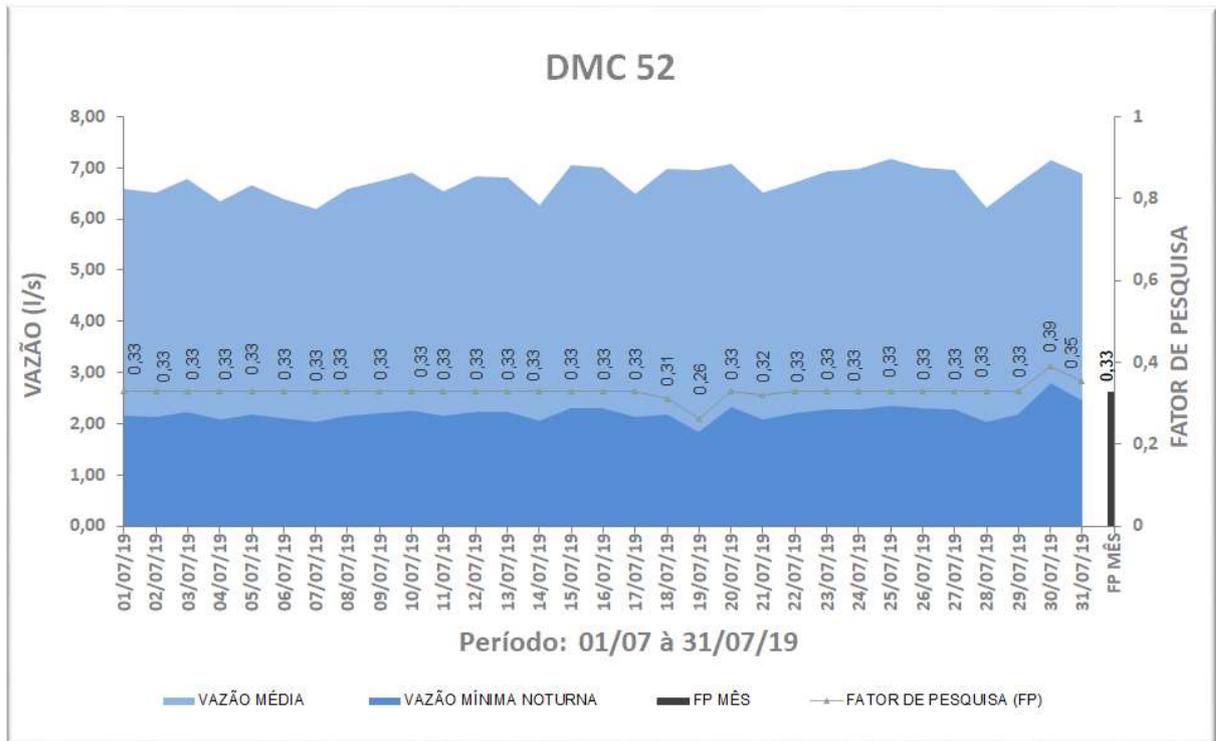
O monitoramento de vazão possibilitou a visualização do comportamento do perfil de consumo para área (Gráfico 10). O DMC 52 apresentou vazão média de consumo de 6,47 l/s e totalizando um volume disponibilizado para área de 17.127,27 m<sup>3</sup>. A vazão mínima noturna média para o mês foi de 2,21 l/s, o que demonstra que 33% da vazão disponível para área está sendo desviada de alguma forma (Tabela 25). No Gráfico 11 é possível observar que um terço da vazão diária é perdida com vazamentos, já que a vazão mínima noturna tem pouca influência de consumo dos moradores.

Tabela 25: Dados de vazão DMC 52

DATA	VAZÃO MÉDIA	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	FATOR DE PESQUISA (FP)
01/07/19	6,60	2,16	0,33
02/07/19	6,52	2,14	0,33
03/07/19	6,77	2,22	0,33
04/07/19	6,36	2,09	0,33
05/07/19	6,67	2,19	0,33
06/07/19	6,40	2,10	0,33
07/07/19	6,21	2,04	0,33
08/07/19	6,58	2,16	0,33
09/07/19	6,75	2,21	0,33
10/07/19	6,90	2,26	0,33
11/07/19	6,55	2,15	0,33
12/07/19	6,83	2,24	0,33
13/07/19	6,82	2,24	0,33
14/07/19	6,28	2,06	0,33
15/07/19	7,06	2,32	0,33
16/07/19	7,00	2,30	0,33
17/07/19	6,49	2,13	0,33
18/07/19	6,99	2,18	0,31
19/07/19	6,97	1,83	0,26
20/07/19	7,08	2,32	0,33
21/07/19	6,53	2,09	0,32
22/07/19	6,72	2,21	0,33
23/07/19	6,93	2,27	0,33
24/07/19	6,99	2,29	0,33
25/07/19	7,17	2,35	0,33
26/07/19	7,01	2,30	0,33
27/07/19	6,95	2,28	0,33
28/07/19	6,21	2,04	0,33
29/07/19	6,68	2,19	0,33
30/07/19	7,16	2,79	0,39
31/07/19	6,88	2,44	0,35
<b>MÉDIA</b>	<b>6,74</b>	<b>2,21</b>	<b>0,33</b>

Fonte: Próprio autor

Gráfico 11: Mínima vazão noturna DMC 52



Fonte: Próprio autor

- Resultados dos indicadores:

O volume consumido das ligações na área foi de 12.848,00 m<sup>3</sup> (sendo os dias de micromedicação para julho de 31 dias, não houve necessidade de normalizar o volume), e o volume perdido para o mês de referência foi de 4.279,27 m<sup>3</sup>, 24,99% do volume disponibilizado desperdiçado em perdas aparentes e físicas. Sendo o total de ligações da área de 932, o volume de perdas estimado por ligação foi de 148 litros por dia. Os resultados dos índices de perdas da área estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 26: Indicadores de perdas DMC 52

INDICADORES	VALOR
Índice de Perdas por Ligação - IPL [l/lig/Dia]	148
Índice de Perdas na Distribuição - IPD [%]	24,99
Fator de Pesquisa - FP [adimensional]	0,33

Fonte: Próprio autor

- Resultados Pesquisa Sistemática de vazamentos

Para o levantamento da quantidade de vazamentos existentes em campo para o distrito, as equipes de pesquisa sistemática de vazamento realizaram a investigação *in loco* no mês de agosto de 2019, após o diagnóstico preliminar realizado. Foi realizada a varredura de 12,03 km de rede e localizados 10 vazamentos, sendo 5 vazamentos não visíveis e 5 vazamentos que já se encontravam aflorados (Tabela 27).

Tabela 27: Vazamentos localizados DMC 52

VAZAMENTOS OCULTOS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
186927466	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	19/08/2019 07:19	606 S AL. MABE	QI 11 LT 24
186927454	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	19/08/2019 07:16	606 S AL. B. MARX	QI 14 LT 18
186927447	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	19/08/2019 07:14	606 S AL. B. MARX	QI 13 LT 31
186926679	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	18/08/2019 06:26	606 S AL .B. GIORGI	QI08 LT09 CS1
186926678	SUSPEITA DE VAZAMENTO PROATIVO	18/08/2019 06:25	606 S AL .B. GIORGI	QI08 LT13 CS5
VAZAMENTOS VISÍVEIS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
186957292	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	25/08/2019 10:23	606 S AL. DJAN	QI 04 LT 01-B
186919134	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	15/08/2019 18:29	606 S AL. O. NIEMEYER	HM6 CASA 12B
186893138	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	10/08/2019 09:11	606 S AL.DI CAV.	HM07 LT02 CS3
186891518	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	09/08/2019 15:32	606 S AL. O. NIEMEYER	HM6 CASA 12B
186856828	RETIRADA DE VAZAMENTO EM COLAR DE TOMADA	02/08/2019 14:33	606 S AL.CESHIATTI	HM 01 CASA 11

Fonte: Próprio autor

#### 4.1.7.DMC 63

- Monitoramento de vazão:

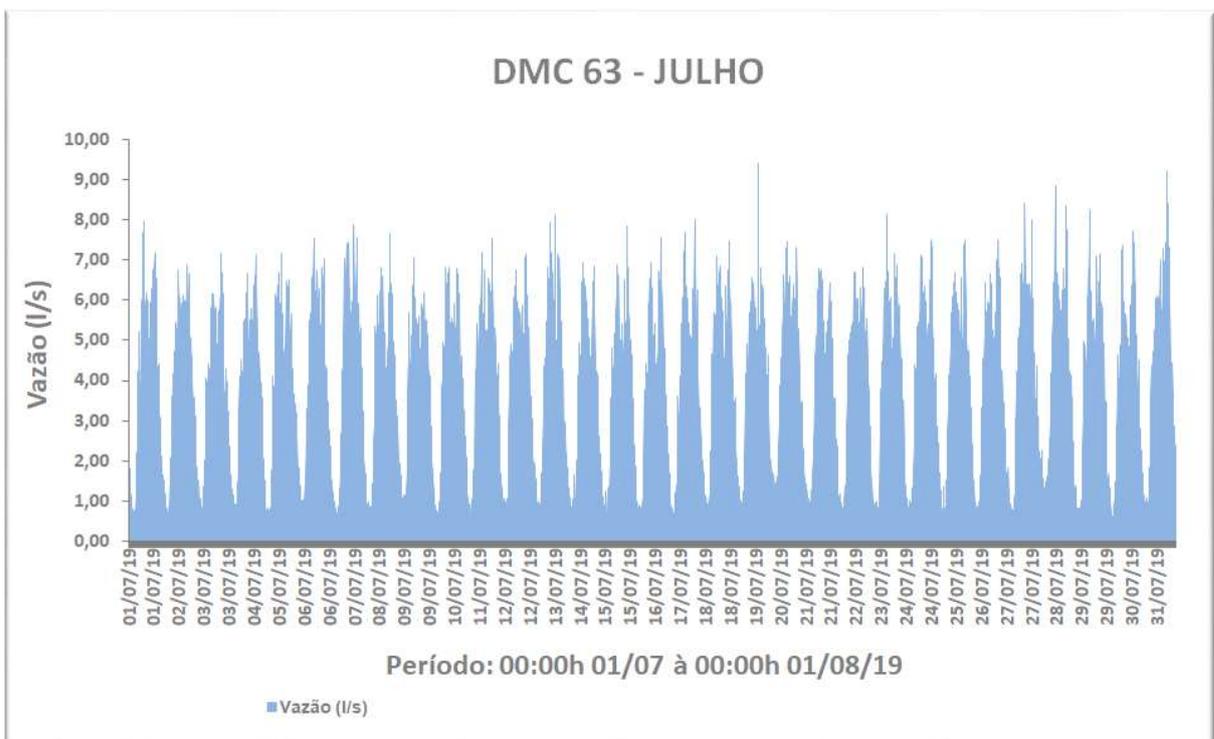
Distrito de Medição e Controle 63 (DMC 63), com menor extensão de rede de todos, de 5,30 km, foi monitorado durante o mês de julho de 2019 obtendo-se os dados de vazão no intervalo de 10 em 10 minutos, e assim sendo possível o chegar ao volume macromedido do mês (Gráfico 12). Os dados gerais levantados da área estão demonstrados na Tabela 28.

Tabela 28: Dados gerais levantados DMC 63

CÓDIGO DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE	DMC 63
NÚMERO DE LIGAÇÕES (unid)	583
VOLUME MACROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	9.797,19
VOLUME MICROMEDIDO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	6.714,00
VOLUME MICROMEDIDO NORMALIZADO REF. SET/19 (m <sup>3</sup> )	6.714,00
VOLUME PERDIDO TOTAL - PERDAS REAIS E APARENTES (m <sup>3</sup> )	3.083,19

Fonte: Próprio autor

Gráfico 12: Vazões DMC 63



Fonte: Próprio autor

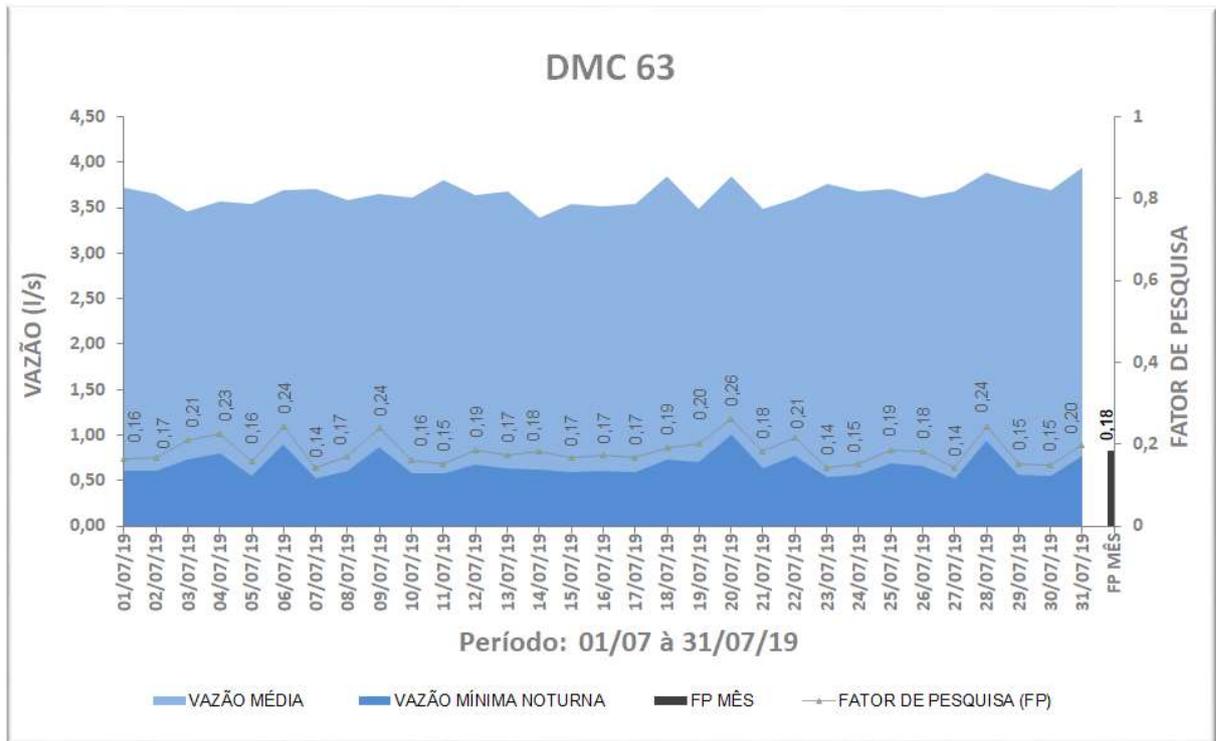
O monitoramento de vazão possibilitou a visualização do comportamento do perfil de consumo para área (Gráfico 12). O DMC 63 apresentou vazão média de consumo de 3,66 l/s e totalizando um volume disponibilizado para área de 9.797,19 m<sup>3</sup>. A vazão mínima noturna média para o mês foi de 0,67 l/s, o que demonstra que 18% da vazão disponível para área está sendo desviada de alguma forma (Tabela 29). No Gráfico 13 é possível observar que menos de um terço da vazão diária é perdida com vazamentos, já que a vazão mínima noturna tem pouca influência de consumo dos moradores.

Tabela 29: Dados de vazão DMC 63

DATA	VAZÃO MÉDIA	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	FATOR DE PESQUISA (FP)
01/07/19	3,73	0,61	0,16
02/07/19	3,65	0,61	0,17
03/07/19	3,46	0,73	0,21
04/07/19	3,56	0,80	0,23
05/07/19	3,54	0,56	0,16
06/07/19	3,69	0,90	0,24
07/07/19	3,71	0,53	0,14
08/07/19	3,59	0,61	0,17
09/07/19	3,66	0,88	0,24
10/07/19	3,62	0,58	0,16
11/07/19	3,80	0,58	0,15
12/07/19	3,64	0,68	0,19
13/07/19	3,68	0,64	0,17
14/07/19	3,39	0,62	0,18
15/07/19	3,54	0,59	0,17
16/07/19	3,51	0,61	0,17
17/07/19	3,55	0,59	0,17
18/07/19	3,85	0,74	0,19
19/07/19	3,49	0,70	0,20
20/07/19	3,85	1,01	0,26
21/07/19	3,48	0,64	0,18
22/07/19	3,60	0,77	0,21
23/07/19	3,76	0,54	0,14
24/07/19	3,68	0,56	0,15
25/07/19	3,71	0,69	0,19
26/07/19	3,61	0,66	0,18
27/07/19	3,68	0,52	0,14
28/07/19	3,89	0,94	0,24
29/07/19	3,77	0,57	0,15
30/07/19	3,70	0,55	0,15
31/07/19	3,95	0,78	0,20
<b>MÉDIA</b>	<b>3,66</b>	<b>0,67</b>	<b>0,18</b>

Fonte: Próprio autor

Gráfico 13: Mínima vazão noturna DMC 63



Fonte: Próprio autor

- Resultados dos indicadores:

O volume consumido das ligações na área foi de 6.714,00,00 m<sup>3</sup> (sendo os dias de micromedicação para julho de 31 dias), e o volume perdido para o mês de referência foi de 3.083,19 m<sup>3</sup>, 31,47% do volume disponibilizado desperdiçado em perdas aparentes e físicas. Sendo o total de ligações da área de 583, o volume de perdas estimado por ligação foi de 171 litros por dia. Os resultados dos índices de perdas da área estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30: Indicadores de perdas DMC 63

INDICADORES	VALOR
Índice de Perdas por Ligação - IPL [l/lig/Dia]	171
Índice de Perdas na Distribuição - IPD [%]	31,47
Fator de Pesquisa - FP [adimensional]	0,18

Fonte: Próprio autor

- Resultados Pesquisa Sistemática de vazamentos

Para o levantamento da quantidade de vazamentos existentes em campo para o distrito, as equipes de pesquisa sistemática de vazamento realizaram a investigação *in loco* no mês de agosto de 2019, após o diagnóstico preliminar realizado. Foi realizado a varredura de 5,30 km de rede e localizados 3 vazamentos visíveis (Tabela 38).

Tabela 31: Vazamentos localizados DMC 63

VISÍVEIS				
ORDEMSERVICO	SERVICO_ABERTURA	DATA_HORA_ABERTURA	LOGRADOURO	COMPLEMENTO
186988575	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL	31/08/2019 20:58	607 N AL. 17	QI 22 LT 16
186870626	RETIRADA DE VAZAMENTO EM RAMAL - TERRA	06/08/2019 09:44	607 N AL. 10	QI 11-A LT 04
186871737	RETIRADA DE VAZAMENTO EM REDE	06/08/2019 11:55	607 N AL. 10	QI 11-A LT 08

Fonte: Próprio autor

## 4.2. Diagnóstico preliminar geral

Baseando-se nos indicadores calculados para cada DMC, foi possível chegar ao nível de criticidade da área, e assim, categorizar em ordem de prioridade quanto a quantidade de vazamentos. Para cada índice foi indicado uma classificação como apresentado na Tabela 32.

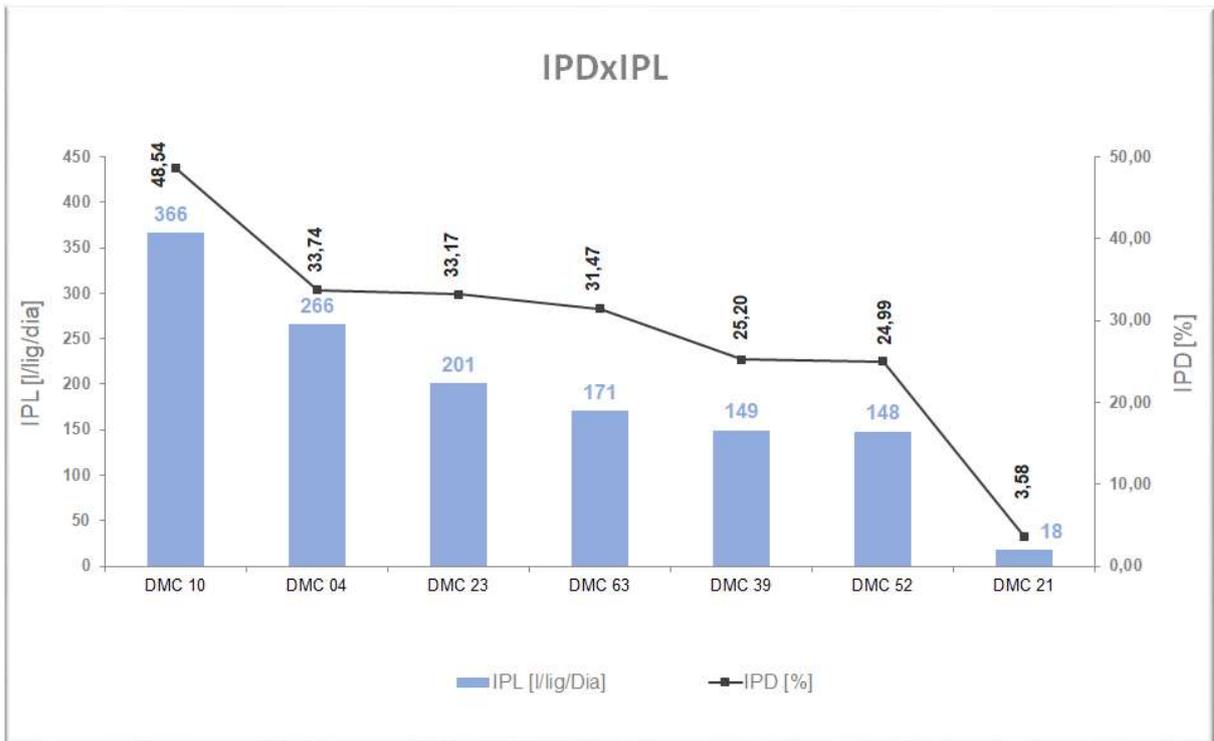
Tabela 32: Classificação indicadores

DMC	ESPERADO IPD & IPL	ESPERADO FP
<b>DMC 04</b>	2°	3°
<b>DMC 10</b>	1°	2°
<b>DMC 21</b>	7°	4°
<b>DMC 23</b>	3°	1°
<b>DMC 39</b>	5°	5°
<b>DMC 52</b>	6°	6°
<b>DMC 63</b>	4°	7°

Fonte: Próprio autor

Para o índice de perdas em porcentagem e índice por ligação, pode-se concluir que podem gerar o mesmo diagnóstico de nível de prioridade decrescente para os DMC (Gráfico 14), onde obtém-se com qualquer um dos dois a avaliação similar das áreas. Entretanto, o IPD considera somente o volume perdido na área e o IPL considera o volume perdido e o número de ligações. As ligações no sistema de distribuição são pontos de maior fragilidade devido as conexões dos ramais e colares, o que poderia caracterizar de melhor forma as perdas em áreas com maior densidade e menor extensão. O indicador percentual é mais fácil de ser compreendido em apresentações gerais sobre o sistema, mas sua grande desvantagem seria se as áreas em análise apresentassem o mesmo volume perdido e índices diferentes, devido a característica de consumo diferentes das áreas. Desta maneira, o IPD não é um indicador auditável, não é técnico, e sim aplicável para avaliações financeiras do problema, tornando-se preferível na escolha entre os dois índices utilizar o IPL.

Gráfico 14: Comparação IPD e IPL



Fonte: Próprio autor

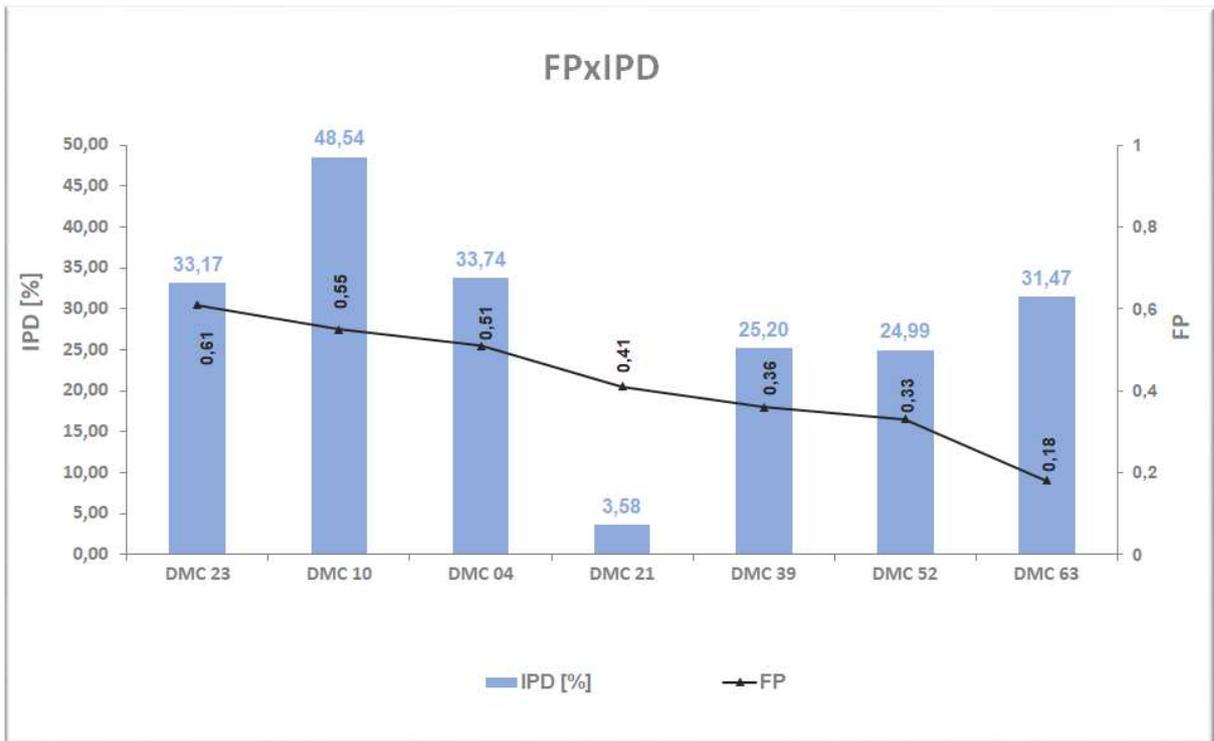
Comparando-se a classificação decrescente do Fator de Pesquisa (Gráfico 15) com os resultados do IPD, pode-se observar que somente no DMC 52 e 39 a classificação de prioridade foi igual para os dois indicadores (Tabela 33), onde as áreas se assemelhavam por terem quase a mesma extensão de rede, de tamanho menor com relação aos outros distritos, e uma pequena diferença entre o número de ligações. Portanto, é possível concluir que para áreas com mesmas características os dois índices apresentam o mesmo resultado de diagnóstico do sistema.

Tabela 33: Classificação FP x IPD

DMC	KM	LIGAÇÕES	ESPERADO IPD & IPL	ESPERADO FP
DMC 21	24,60	3.078	7	4
DMC 04	69,27	2.973	2	3
DMC 10	29,29	2.842	1	2
DMC 23	28,59	2.502	3	1
DMC 39	12,18	1.236	5	5
DMC 52	12,03	932	6	6
DMC 63	5,30	583	4	7

Fonte: Próprio autor

Gráfico 15: Comparação FP e IPD



Fonte: Próprio autor

### 4.3. Diagnóstico observado geral

Com a confirmação em campo, classificou-se os locais de acordo com a maior quantidade de falhas na rede localizadas (Tabela 34), dessa maneira, a verossimilhança entre a classificação dos indicadores e a realidade em campo foram confrontadas (Tabela 35).

Tabela 34: Quantidade de vazamentos localizados

DMC	IPD [%]	FP	IPL [l/lig/Dia]	Nº vaz localizados
DMC 10	48,54	0,55	366	<b>43</b>
DMC 23	33,17	0,61	201	<b>37</b>
DMC 04	33,74	0,51	266	<b>29</b>
DMC 21	3,58	0,41	18	<b>25</b>
DMC 52	24,99	0,33	148	<b>10</b>
DMC 39	25,20	0,36	149	<b>5</b>
DMC 63	31,47	0,18	171	<b>3</b>

Fonte: Próprio autor

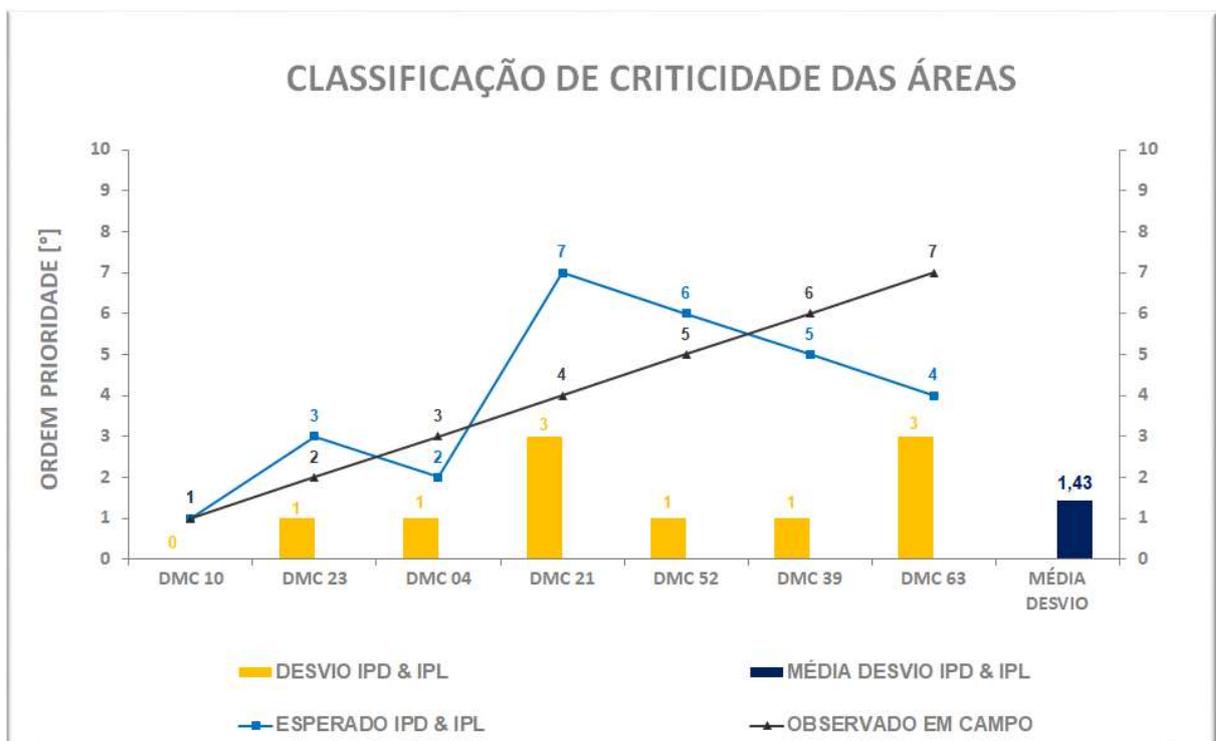
Tabela 35: Classificação de prioridade Observado x Esperado

DMC	OBSERVADO	ESPERADO IPD & IPL	ESPERADO FP
DMC 10	1°	1°	2°
DMC 23	2°	3°	1°
DMC 04	3°	2°	3°
DMC 21	4°	7°	4°
DMC 52	5°	6°	6°
DMC 39	6°	5°	5°
DMC 63	7°	4°	7°

Fonte: Próprio autor

Como apresentado no Gráfico 16, o diagnóstico elaborado pelo IPD e IPL só coincidiu com o observado em campo no DMC 10 e teve maiores desvios nas áreas com maior número de ligações e em área com menor número, podendo-se defini-los como indicadores não aplicáveis para áreas extremas, limitando-os dentro de uma média de ligações 2.400 por distrito. O desvio total dos indicadores comparados com o observado em campo, realizando-se a diferença das casas de posição, foi de 1,43.

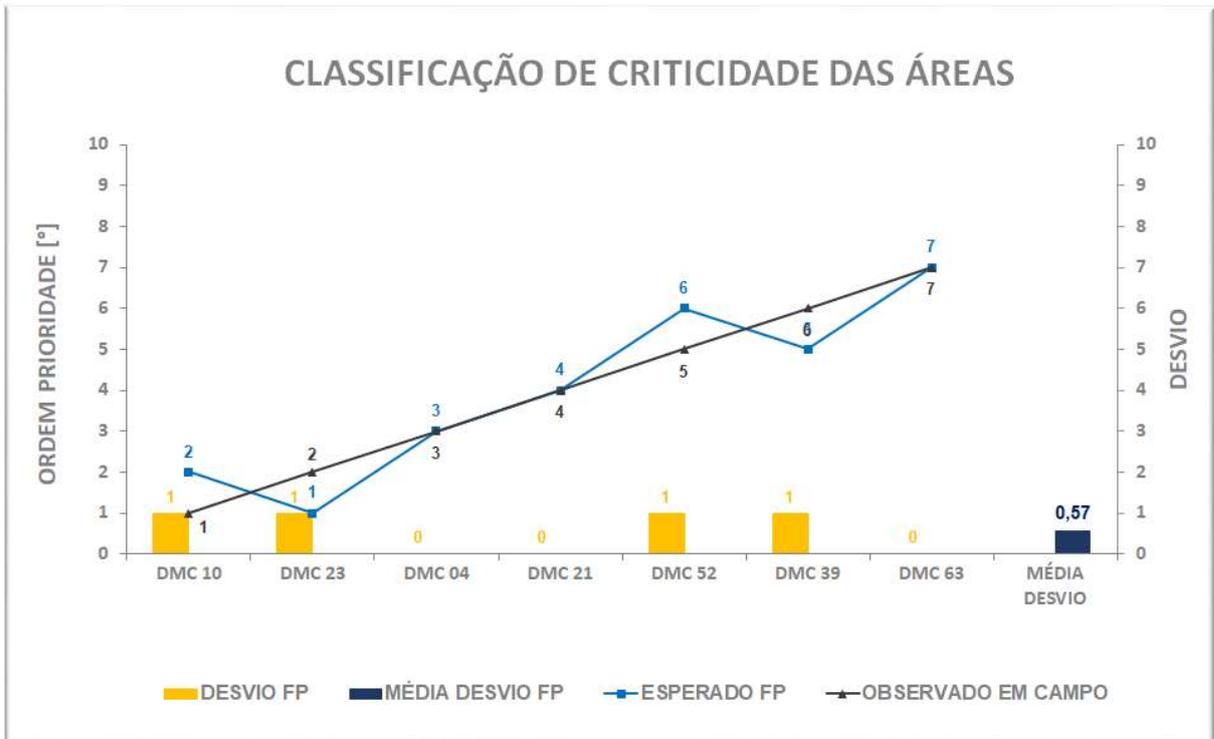
Gráfico 16: Esperado (IPD &amp; IPL) x Observado



Já para o Fator de Pesquisa, comparando-o com o observado em campo, apresentou menor desvio, sendo o desvio médio de posição de 0,57 casas (Gráfico 17). Contrapondo com

o desvio do IPD e IPL, o desvio do FP foi 60% a menos (média de 0,86 a menos de desvio de posição).

Gráfico 17: Esperado (FP) x Observado



Fonte: Próprio autor

#### 4.4. Aplicação Teste Qui-Quadrado

A partir da categorização de primeiro até sétimo nível de prioridade apresentada na Tabela 36, foi possível confrontar as informações de posições esperadas para os DMC com relação a classificação de criticidade de devido aos vazamentos localizados em campo (Tabela 37).

Tabela 36: Posição dos DMC

	DMC 10	DMC 63	DMC 23	DMC 04	DMC 52	DMC 39	DMC 21
ESPERADO IPD	1	4	3	2	6	5	7
ESPERADO IPL	1	4	3	2	6	5	7
ESPERADO FP	2	7	1	3	6	5	4
OBSERVADO EM CAMPO	1	7	2	3	5	6	4

Fonte: Próprio autor

Na comparação dos dados esperados com os resultados observados, aplicou-se o teste qui-quadrado, e assim chegou-se aos valores de  $\chi^2$  para cada indicador (Tabela 38).

Tabela 37: Resultados do  $\chi^2$  para os indicadores

<b>IPD</b>							
	<b>DMC 10</b>	<b>DMC 63</b>	<b>DMC 23</b>	<b>DMC 04</b>	<b>DMC 52</b>	<b>DMC 39</b>	<b>DMC 21</b>
ESPERADO IPD	1	4	3	2	6	5	7
OBSERVADO EM CAMPO	1	7	2	3	5	6	4
$(O_i - E_i)^2/E_i$	0,00	2,25	0,33	0,50	0,17	0,20	1,29
<b><math>X^2 = \sum(O_i - E_i)^2/E_i</math></b>	<b>4,74</b>						
<b>IPL</b>							
	<b>DMC 10</b>	<b>DMC 63</b>	<b>DMC 23</b>	<b>DMC 04</b>	<b>DMC 52</b>	<b>DMC 39</b>	<b>DMC 21</b>
ESPERADO IPL	1	4	3	2	6	5	7
OBSERVADO EM CAMPO	1	7	2	3	5	6	4
$(O_i - E_i)^2/E_i$	0,00	2,25	0,33	0,50	0,17	0,20	1,29
<b><math>X^2 = \sum(O_i - E_i)^2/E_i</math></b>	<b>4,74</b>						
<b>FP</b>							
	<b>DMC 10</b>	<b>DMC 63</b>	<b>DMC 23</b>	<b>DMC 04</b>	<b>DMC 52</b>	<b>DMC 39</b>	<b>DMC 21</b>
ESPERADO FP	2	7	1	3	6	5	4
OBSERVADO EM CAMPO	1	7	2	3	5	6	4
$(O_i - E_i)^2/E_i$	0,50	0,00	1,00	0,00	0,17	0,20	0,00
<b><math>X^2 = \sum(O_i - E_i)^2/E_i</math></b>	<b>1,87</b>						

Fonte: Próprio autor

Tabela 38: Resultados do Teste Qui-Quadrado

	<b>IPD</b>	<b>IPL</b>	<b>FP</b>
$\alpha = 0,1\%$	0,001	0,001	0,001
$X^2_c$	16,81	16,81	16,81
GL	6	6	6
<b><math>X^2</math></b>	<b>4,74</b>	<b>4,74</b>	<b>1,87</b>
$X^2 < X^2_c$	H <sub>0</sub> : dados observados = dados esperados		

Fonte: Próprio autor

Em decorrência do método estatístico aplicado, os três indicadores em análise foram aceitos com relação a hipótese nula (Tabela 45), com significância de 1% (99% de certeza no resultado). Onde o IPD e IPL apresentaram  $\chi^2 (4,74) < \chi^2_c (16,81 \text{ tabelado})$ , e o FP  $\chi^2 (1,87) < \chi^2_c (16,81 \text{ tabelado})$ . De maneira que, no teste qui-quadrado o valor de  $\chi^2$  representa a diferença entre a expectativa e a realidade, e quanto mais próximo de zero mais semelhante o indicador é com relação a realidade observada. Sendo o objetivo, estabelecido inicialmente, de encontrar o indicador que mais se adeque a localizações de concentrações maiores de vazamentos, o Fator

de Pesquisa (FP) é o que mais se encaixa, pois apresentou menos diferença com relação ao observado e maior assertividade do diagnóstico. Enquanto o IPD e IPL apresentaram  $\chi^2 = 4,74$ , o FP obteve  $\chi^2 = 1,87$ , concluindo-se como o melhor método na identificação de falhas na rede.

O FP é mais assertivo, pois leva em consideração somente as vazões de entrada disponibilizadas para o setor (perfil de consumo da macromedicação), e tem menos interferência das perdas aparentes. É um indicador que não depende do cálculo de volume perdido, relacionado a volumes micromedidos que podem ter falhas relacionadas a fraudes, falhas do sistema comercial e submedição dos hidrômetros, sendo assim, é mais fiel na indicação das perdas físicas. Para que o método funcione da melhor forma possível na determinação das perdas reais, deve-se garantir a confiabilidade da medição de vazão realizando anualmente a verificação dos macromedidores e a estanqueidade da área de controle.

#### 4. CONCLUSÃO

- Dentre as inúmeras atividades e recursos empregados desde a detecção de um vazamento até seu reparo, estão: a mobilização de equipes de pesquisa sistemática de vazamentos para identificação no local, em seguida mobilização de equipes de reparo, equipamentos, caminhões, sinalização, perfuração, reparo do ativo, reaterro e novo capeamento de asfalto/calçada. Um cenário perfeito seria poder atuar simultaneamente em todos os pontos de possíveis perdas de água dentro de um sistema de abastecimento, mas muitas vezes os recursos para o mínimo que são as manutenções corretivas são escassos. Sendo assim, o trabalho trouxe a otimização das atividades das equipes por meio do monitoramento da vazão em DMC, onde possibilita analisar as mudanças de comportamento no perfil de consumo com os histogramas de vazão das áreas.
- Na comparação do IPD, IPL e FP, pode-se observar que o indicador em percentual e o por ligação correspondem aos mesmos resultados de diagnósticos das áreas, mas o IPD não é um indicador técnico e sim financeiro. Áreas com um número de vazamentos muito alto, ao não serem priorizadas em detrimento de outras, podem levar os consumidores a receber pressões menores que o mínimo necessário, ocasionando falta de água em pontos altos da área, pois as vazões perdidas desconfiguram a estanqueidade do sistema quando em grandes concentrações comparadas ao que é necessário no perfil de consumo do distrito. Portanto, só se basear na análise de volume perdido não é suficiente para áreas com consumos divergentes.
- Selecionou-se o método de análise preliminar das áreas críticas mais eficaz (com relação a concentração de vazamento, perdas físicas), De acordo com os resultados obtidos, o melhor método para diagnosticar previamente e priorizar áreas com muitos vazamentos é o Fator de Pesquisa, que considera somente a comparação das vazões médias de entrada diária do sistema e as vazões mínimas noturnas. Normalmente se o setor apresentar o FP maior que 0,30, os vazamentos da área já são economicamente detectáveis, pois mais de um terço da vazão média disponibilizada está sendo desperdiçada em perdas físicas.
- O FP foi o que mais se aproximou do cenário examinado quando comparado a realidade crítica de campo em número de vazamentos, onde pode-se priorizar os trabalhos e viabiliza-los, justificando a atuação no local. É um método de classificação muito

interessante para cidades com grande extensão de rede e muitas subáreas (DMC) com características diferentes entre si, podendo nivelá-los e ordenar de acordo com o potencial de vazamentos. É relevante frisar, que para o método funcionar da melhor forma possível na determinação das perdas reais, deve-se garantir a confiabilidade da medição de vazão, realizando anualmente a verificação dos macromedidores e garantindo a estanqueidade da área de controle. O indicador irá diagnosticar previamente o sistema, de forma fiel, evitando priorizações errôneas de áreas que não terão grande potencial de vazamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em sistemas de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2013. 45p.
- ALEGRE, H. et al. **Performance Indicators for Water Supply Services**. Londres: International Water Association (IWA), 2000.
- ALEGRE, H. et al. **Performance Indicators for Water Supply Services**. International Water Association (IWA), Publishing, Second Edition, 2006.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. – **Estatística Básica - Métodos Quantitativos**. Bussab, W.O. e Morettin, P.A. Atual Editora, 6 ed. São Paulo, 1988.
- COSTA, R. F. **Métodos e Aplicações de Técnicas de Locações de Vazamentos não Visíveis em Sistema de Abastecimento de Água**. 154f. Dissertação – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2011.
- FÁVERO, J. A.; SUZUKI, C. T. **Metodologia da aplicação de distritos pitométricos no programa de redução e controle de vazamentos**. Revista DAE, São Paulo – SP, v. 47. n. 149, jun./set. 1987. Disponível em: <[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_149\\_n\\_218.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_149_n_218.pdf)>. Acesso em: 20 março 2019.
- FÁVERO, J. A.; DIB, E. M. **Pesquisa e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Revista DAE, São Paulo – SP, n. 126, 1981. Disponível em: <[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_126\\_n\\_1256.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_126_n_1256.pdf)>. Acesso em 20 março 2019.
- FEIJOO, A.M.L.C. **Provas estatísticas**. In: A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010, pp. 43-69. ISBN: 978-85-7982-048-9. Available from SciELO Books. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/yvnwq/pdf/feijoo-9788579820489-10.pdf>>. Acesso em: 8 novembro 2019.
- GALVÃO, J. R. B. **Avaliação da Relação Pressão x Consumo, em Áreas Controladas por Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs)** – Estudo de Caso: Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de São Paulo. 2007. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2007.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P. R. A. de. Guias práticos – Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água. **Pesquisa e Combate a vazamentos não visíveis**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2007. 3 v.

INSTITUTO TRATA BRASIL – ITB. **Perdas de Água 2018 (SNIS 2016)**: desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. São Paulo, 2015. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf> >. Acesso em: 05 abr. 2019.

LAMBERT, A. **A review of performance indicators for real losses from water supply systems**. IWA/AQUA. 2000.

LOUREIRO, A. A. F. Redes de sensores sem fio. **Anais**: Grandes desafios da pesquisa em computação para o período 2006-2016. Belo Horizonte: 2007.

MELATO, Débora Soares. **Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água**: aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MOREIRAA, Francisca Nara da Conceição; FERREIRA, Jorge Fernando Hungria; PEREIRA, José Almir Rodrigues. **Impacto do volume perdido de água na despesa de energia elétrica em estação de bombeamento de água**. Jornal SSRN. Belém - PA. 13 fev. 2018. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3112994](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3112994)>. Acesso em: 20 maio 2019.

**NBR 12218**. Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, 1994.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Apostila do curso de perdas**. São Paulo: Sabesp, 2005.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2017**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2018**. Brasília, 2020. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SOUZA, Marcelo de. **Proposta de um sistema de gestão empregando instrumentação inteligente e redes de campo na automação do processo de tratamento de água**. 2006. 161

f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Automação, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SPOLAOR, Antônio Sérgio. **Automação nos sistemas de abastecimento de água.** Caso do controle da reservação de distribuição. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

TARDELLI FILHO, Jairo. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água.** Revista DAE, São Paulo - SP, v. 1622, n. 201, p.6-20, jan. 2016. Disponível em: <[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_201\\_n\\_1622.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf)>. Acesso em: 16 maio 2019.

TARDELLI FILHO (São Paulo - SP). Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. **Controle E Redução de Perdas Nos Sistemas Públicos de Abastecimento De Água:** Posicionamento e Contribuições Técnicas da ABES. 2015. Disponível em: <[http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas\\_Abes.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2018.

TROJAN, F.; KOVALESKI, J. L. **Automação no abastecimento de água:** Uma ferramenta para redução de perdas e melhoria nas condições de trabalho. XII SIMPEP, Bauru, SP, 2005.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água.** 3. ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643p. São Paulo, 2006.

VASCONCELOS, Felipe Bandeira; ROCHA, Matheus Xavier; ALEXANDRIA, Auzuir Ripardo de. **Automação em um Sistema de Tratamento e Distribuição de Água:** Um Estudo de Caso. Conexões - Ciência e Tecnologia, [s.l.], v. 12, n. 3, p.25-39, 21 dez. 2018. IFCE. <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v12i3.1323>.