

LUIZ CARLOS DIAS JUNIOR

**FERRAMENTA INFORMATIZADA PARA DETECÇÃO
DE ANORMALIDADES NO CONSUMO MENSAL DE
ÁGUA: Uma Aplicação na Companhia Águas de Joinville.**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental da
Universidade Federal de Santa
Catarina para obtenção do Grau de
Mestre em Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof^o Dr. Ramon Lucas
Dalsasso.

Florianópolis/SC

2017



**"Ferramenta Informatizada para Detecção de Anormalidades no Consumo Mensal
de Água: Uma Aplicação na Companhia Águas de Joinville"**

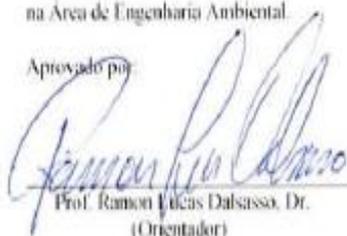
Luiz Carlos Dias Junior

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Engenharia Ambiental

Aprovado por:


Prof. Ramon Lucas Dalbasso, Dr.
(Orientador)


Prof. Davide Franco, Dr.


Prof. Mauricio Luiz Sens, Dr.


Prof.ª Denise C. de G. Santos Michelin, Dr.ª


Prof.ª Maria Iliza Nagel Hassemer, Dr.ª
(Coordenadora)

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dias Junior, Luiz Carlos
FERRAMENTA INFORMATIZADA PARA DETECÇÃO DE
ANORMALIDADES NO CONSUMO MENSAL DE ÁGUA : Uma
Aplicação na Companhia Águas de Joinville. / Luiz
Carlos Dias Junior ; orientador, Ramon Lucas
Dalsasso, 2017.
172 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis,
2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Ambiental. 2. Perdas aparentes..
3. Irregularidades em ligações.. 4. Padrões de
comportamento de consumidores de água.. 5. Sistemas
de abastecimento de água.. I. Dalsasso, Ramon Lucas
. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.
III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço toda minha família pela valiosa colaboração, apoio e paciência comigo por todo tempo que dediquei a este trabalho; Em especial, à Miliane Turnes que passou todo o tempo comigo, ajudando tanto na parte emocional quanto na parte de estrutural desta dissertação;

Ao meu amigo Diorges Filipe Lohn por toda ajuda durante a elaboração da ferramenta informatizada com todo apoio técnico e companheirismo;

Ao meu orientador Ramon Lucas Dalsasso, pelo voto de confiança e pela valiosa orientação;

À companhia Águas de Joinville em geral e a equipe que ajudou de maneira direta: Engenheira Sanitarista Emilly Fritzke, responsável pelo cadastro Augusto Ribeiro e responsável pela fiscalização Edvaldo Fernandes;

A todos que me deram força e confiança.

O assunto mais importante do mundo pode ser simplificado até ao ponto em que todos possam apreciá-lo e compreendê-lo. Isso é - ou deveria ser - a mais elevada forma de arte.

Charles Chaplin

A mais profunda raiz do fracasso em nossas vidas é pensar, 'Como sou inútil e fraco'. É essencial pensar poderosa e firmemente, 'Eu consigo', sem ostentação ou preocupação.

Dalai Lama

RESUMO

O trabalho está no contexto de redução de perdas de água com objetivos de, através do estudo do comportamento de consumo dos usuários, detectar possíveis perdas aparentes. É importante destacar que o Brasil ainda tem altos índices de perdas, enquanto, de acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES,2013), o índice de perdas gerais de países desenvolvidos em Cidades da Alemanha e do Japão é de 11% e a Austrália possui 16%, no Brasil ainda há uma grande disparidade com índice alcançando 36,7% em 2014 (2016b).

Neste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta informatizada para detecção de anormalidades no consumo de água, que utiliza bases estatísticas de um banco de dados de consumo. O projeto foi realizado em parceria com a concessionária Águas de Joinville responsável pelo abastecimento da cidade de Joinville-SC.

A aplicação de tecnologia para auxiliar no combate e prevenção de perdas pode ser uma ferramenta importante das empresas responsáveis pelo saneamento, visto que ações de combate às perdas são medidas essenciais para garantir melhorias na gestão, gerar ganhos financeiros e criar uma nova perspectiva no uso efetivo do banco de dados do cadastro comercial. A proposta da ferramenta é auxiliar a detecção de consumos duvidosos e conseqüentemente diminuir fraudes e perdas aparentes, assim, buscando melhorar a gestão do combate de perdas da concessionária trazendo melhorias para o sistema como um todo.

A partir do banco de dados da companhia foram definidos padrões de comportamento dos consumidores, de acordo com a sua categoria: Residencial, Comercial, Pública e Industrial, isso se deu através de estudos, com bases estatísticas, dos consumos mensais de cada ligação. Após isso, foi adotado um critério de seleção para encontrar ligações suspeitas, que foi baseado na utilização de diagrama de caixa (box-plot), para encontrar valores distantes da mediana de uma determinada categoria e, assim, os consumos fora da caixa, para a categoria residencial, com base nas análises das ligações efetivamente irregulares, foram considerados suspeitos. Foi avaliado também, para categorias não residenciais, consumos considerados sujeitos a avaliação de cadastro por serem muito distantes a um consumo esperado.

Diante dessas duas etapas, foi elaborada uma ferramenta automatizada que é capaz de selecionar ligações, classificando-as como possivelmente suspeitas ou regulares. Destaca-se que o valor utilizado é alterável, podendo ser calibrado na própria ferramenta, ou seja, conforme o potencial de acertabilidade de um critério, em decorrência da aplicação do método de detecção de irregularidades, ele vai sendo aprimorado em busca de encontrar um valor ideal.

Dentro da categoria de ligações residenciais foram realizados testes, a partir do critério adotado, tanto testes de campo, feito diretamente pela fiscalização da companhia, quanto testes retroativos, que foram feitos a partir do histórico da fiscalização e do banco de dados de consumo. Já para as ligações públicas, industriais e comerciais foram apenas levantadas possíveis inconsistências no cadastros relacionadas a altos consumos.

O resultado geral encontrado pela análise retroativa da ferramenta foi de aproximadamente 7% de irregularidades efetivas, considerando todo o banco de dados, o resultado foi superior ao teste de campo feito por ligações aleatórias apontadas pela ferramenta (1,5%) e superior ao resultado da companhia, para as mesmas irregularidades consideradas, que foi de 6,35%. Destaca-se que no Grupo de Faturamento (GF) 55 foi encontrado 13,12% de ligações efetivamente irregulares e no GF 61 foi 3,63%, o que demonstra a variabilidade de acertos conforme a região da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas aparentes, irregularidades em ligações, padrões de comportamento de consumidores de água, sistemas de abastecimento de água

ABSTRACT

The work is in the context of reducing water losses with the objective of detecting possible apparent losses through the study of the consumption behavior of users. It is important to note that Brazil still has high losses rates, while, according to the Brazilian Association of Sanitary Engineering (ABES, 2013), the general loss index of developed countries in Germany and Japan is 11% and Australia is 16%, in Brazil there is still a large disparity with a rate of 36.7% in 2014 (2016b).

The elaborated project is about a computerized tool, in the context of water supply systems, for the detection of consumption abnormalities using statistical bases of historical data series analysis. The work was carried out in partnership with the Águas de Joinville concessionaire responsible for supplying the city of Joinville-SC.

The application of technology to help to combat and prevent losses can be an important tool of companies responsible for sanitation, since actions to combat losses are essential measures to guarantee management improvements, generate financial gains and create a new perspective of analysis of the Database of the commercial register. The proposal of the tool is to help detect dubious consumption and consequently reduce fraud and apparent losses, thus, it seeks to improve the management of the fight against losses of the concessionaire bringing improvements to the system as a whole.

From the company's database and consumer behavior patterns were created according to their category: Residential, Commercial, Mixed (R + C) and Industrial, this was done through statistical studies of monthly consumption of each water connection. After that, a selection criterion was created to find suspicious connections, which was based on the use of the standard deviation value, to find values distant from the mean of the category, and, thus, the most distant consumptions were considered as possible irregulars.

In view of these two steps, an automated tool was developed that is able to select registration number from the water connections, classifying them as possibly suspicious or regular. It should be noted that the value used is alterable and can be calibrated in the tool itself, that is, according to the potential of a criterion's accuracy, due to the application of the method of detecting irregularities, it is being

improved in search of finding a value ideal.

Within the category of residential connections, tests were carried out, based on the adopted criterion, both field tests, done directly by the company's inspection, and retroactive tests, which were made based on the inspection history and the consumption database. Already for the public, industrial connections and were only raised possible inconsistencies in the registries related to high consumptions.

The overall result found by the retroactive analysis of the tool was 7,00% of effective irregularities, considering the whole database, the result was superior to the field test done by random links indicated by the tool (1.5%) and very similar to the company's result, for the same irregularities considered, which was 6.35%. It is noteworthy that in the Billing Group (GF) 55, 13.12% of the connections were found to be irregular, and in GF 65 it was 3.63%, which demonstrates the variability of correct answers according to the city region.

Keywords: Apparent losses, irregularities in water connections, behavior patterns of water consumers, water supply syste

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Abordagem à Ligação Clandestina.....	41
Figura 2 - Flagrante de By-pass	42
Figura 3 - Hidrômetro violado pelo Cliente	43
Figura 4 - Balanço Hídrico	47
Figura 5 – Índice de Perdas (%/ano) de Águas Não Faturada (Por País no ano de 2015)	49
Figura 6 – Hidrômetro Velocimétrico	54
Figura 7 – Hidrômetro Volumétrico Câmara e Pistão Oscilante	55
Figura 8 - Interface do Programa CALcuLEAKator	59
Figura 9 - Interface do Programa WB-EasyCalc.....	62
Figura 10 - Gráfico Comportamento do Desvio Padrão.....	67
Figura 11 - Localização de Joinville	68
Figura 12 - Organograma Águas de Joinville.....	72
Figura 13 - Mapa Estratégico	73
Figura 14 - Fluxograma da Metodologia.....	76
Figura 15 - Divisão por Grupos de Faturamento.....	77
Figura 16 – Variação da Média Mensal Comercial de Consumo Mês a Mês.....	99
Figura 17 – Histograma do Total dos Dados da Categoria Comercial	100
Figura 18 – Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Comercial.....	101
Figura 19 – Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Comercial	102

Figura 20 – Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Comercial.....	103
Figura 21 - Variação da Média Mensal Industrial de Consumo Mês a Mês.....	105
Figura 22 - Histograma do Total dos Dados da Categoria Industrial..	106
Figura 23 - Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Industrial.....	107
Figura 24 - Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Industrial	108
Figura 25 - Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Comercial.....	109
Figura 26 - Variação da Média Mensal Pública de Consumo Mês a Mês	112
Figura 27 - Histograma do Total dos Dados da Categoria Pública	113
Figura 28 - Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Pública	114
Figura 29 - Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Pública	115
Figura 30 - Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Pública	116
Figura 31 - Variação da Média Mensal Residencial de Consumo Mês a Mês.....	118
Figura 32 - Histograma do Total dos Dados de Consumo da Categoria Residencial.....	119
Figura 33 - Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Residencial	120

Figura 34 - Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Residencial	121
Figura 35 - Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Residencial	122
Figura 36 - Box-Plot dos Consumos Irregulares	124
Figura 37 - Critério Adotado	126
Figura 38 – Comparativo das Médias de Consumo Mensais das Categorias.....	128
Figura 39 - Tela Inicial do Software	131
Figura 40 - Tela Cadastro Usuário	132
Figura 41 - Tela de Banco de Dados	133
Figura 42 - Tela Definição Critério.....	134
Figura 43 Tela de Resultados	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de Perdas Cidades Santa Catarina.....	48
Tabela 2 Indicadores de Perdas Empresas de Saneamento Brasileiras...	48
Tabela 3 - Critério Adotados pela CAERN.....	51
Tabela 4 - Dimensionamento de Hidrômetros	56
Tabela 5 - Classes de hidrômetros e correspondentes valores de Q_{min} e Q_t	58
Tabela 6 - Indicadores Operacionais de Água (Companhia Águas de Joinville).....	70
Tabela 7 - Tarifas Aplicadas pela CAJ (2017).....	71
Tabela 8 – Resumo dos Dados Utilizados.....	96
Tabela 9 Utilização das Equações de Erro Amostral e Confiabilidade .	97
Tabela 10 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Comercial	98
Tabela 11 – Resumo do Total dos Dados de Consumo Categoria Comercial Utilizados.....	99
Tabela 12 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Comercial.....	100
Tabela 13 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Comercial	101
Tabela 14 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Industrial.....	104
Tabela 15 – Resumo do Total dos Dados de Consumo Categoria Industrial Utilizados	105
Tabela 16 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Industrial.....	106
Tabela 17 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Industrial.....	107
Tabela 18 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Comercial	111

Tabela 19 – Resumo do Total dos Dados de Consumo Categoria Pública Utilizados	112
Tabela 20 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Pública	113
Tabela 21 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Pública.....	114
Tabela 22 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Residencial	117
Tabela 23 – Resumo do Total dos Dados Categoria Residencial Utilizados	118
Tabela 24 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Residencial	119
Tabela 25 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Residencial ...	120
Tabela 26 – Critérios adotados para categoria pública, comercial e industrial	127
Tabela 27 – Comparativo de Consumo Médios Categorias com 1 e 2 Economias.....	129
Tabela 28 – Comparativo de Consumo Máximos Categorias com 1 e 2 Economias.....	129
Tabela 29 – Comparativo de Medianas Categorias com 1 e 2 Economias	130
Tabela 30 – Comparativo de Médias Categorias com 1 e 2 Economias	130
Tabela 31– Resumo das Variáveis Estatísticas Residencial.....	137
Tabela 32 – Resumo da Fiscalização da Companhia (2013-2015)	138
Tabela 33 – Histórico da Fiscalização (2013 até 2015)	139
Tabela 34 – Resumo Análise Retroativa.....	140
Tabela 35 – Resumo Ligações Fiscalizadas.....	141
Tabela 36 – Resumo Comprovação de Irregularidade	142

Tabela 37 – Resumo de Toda a Análise	142
Tabela 38 – Resumo Verificação Altos Consumos	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características Gerais das Perdas	39
Quadro 2 - Meses e Estações.....	80
Quadro 3 - Cabeçalho da Planilha do Cálculo Método de Investigação	85
Quadro 4 - Respostas da Pergunta 1 do Questionário	90
Quadro 5 - Respostas da Pergunta 2 do Questionário	91
Quadro 6 - Respostas da Pergunta 3 do Questionário	92
Quadro 7 - Respostas da Pergunta 4 do Questionário	93
Quadro 8 - Respostas da Pergunta 5 do Questionário	94

ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
AGESAN - Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico
CAERN - Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte
CAJ - Companhia Águas de Joinville
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CASAN - Companhia Catarinense de Saneamento Básico
CESAMA - Companhia de Saneamento Municipal – Juiz de Fora - MG
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento
DMAs - Áreas de Medidas Distrital
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO - Instituto de Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade
IVI - Índice de Vazamentos da Infraestrutura
IWA - International Water Association
NBR - Norma Brasileira
PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico
PNCDA - Programa Nacional Combate ao Desperdício de Água
REISB - Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento do Saneamento Básico
SABESP - Serviços Públicos de Saneamento Básico no Estado de São Paulo
SCIELO - Scientific Electronic Library Online
SICOM - Sistema Comercial da Companhia
SPELL - Scientific Periodicals Electronic Library

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	31
2.	OBJETIVOS	35
2.1	OBJETIVO GERAL	35
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	37
3.1	PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	37
3.2	CAUSAS DE OCORRÊNCIAS DE PERDAS APARENTES.....	40
3.2.1	Ações para redução de perdas aparentes.....	43
3.3	Balanco Hídrico	46
3.3.1	Índice de perdas.....	47
3.4	CADASTRO COMERCIAL	49
3.4.1	Conceito de economia, ligação, categoria e matrícula	50
3.5	CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DE ANORMALIDADES DE CONSUMO	51
3.6	HIDRÔMETROS	53
3.6.1	Hidrômetros velocimétricos (taquimétrico).....	53
3.6.2	Hidrômetros volumétricos.....	54
3.6.3	Erros de medição.....	56
3.6.4	Normas técnicas e padrões para hidrômetros	57
3.6.5	Classe metrológica.....	58
3.7	SOFTWARES DISPONÍVEIS PARA AVALIAÇÃO DAS PERDAS	59
3.8	AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS DADOS	63
3.8.1	Análise de distribuição de frequência	63
3.8.2	Inferência estatística	64
3.8.3	Erro amostral e confiabilidade da amostra	64
3.8.4	Normalização de dados	65
3.8.5	Medidas estatísticas.....	66
3.9	CIDADE E SISTEMA DE ABASTECIMENTO	

	DE JOINVILLE.....	67
3.9.1	Cidade de Joinville	67
3.9.2	Sistema de abastecimento de água	69
3.9.2.1	Histórico do Sistema	69
3.9.2.2	Estrutura organizacional da companhia	69
4.	METODOLOGIA.....	75
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA FORMA DE AVALIAÇÃO DE CONSUMO DAS COMPANHIAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	78
4.2	AVALIAÇÃO DO BANCO DE DADOS DE CONSUMO A PARTIR DE ANÁLISE EXPLORATÓRIA.....	79
4.2.1	Análise geral.....	79
4.2.2	Definição do tamanho da amostra, erro amostral e confiabilidade	81
4.2.3	Estudos estatísticos	81
4.2.4	Análise comparativa entre ligações de 1 e 2 economias	81
4.2.5	Definição do critério adotado	82
4.3	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA INFORMATIZADA	83
4.3.1	Definição do critério	84
4.3.2	Banco de dados.....	84
4.3.3	Resultados.....	85
4.4	AVALIAÇÃO DA ACERTABILIDADE DA FERRAMENTA.....	86
4.4.1	Avaliação da acertabilidade por testes de campo	86
4.4.2	Avaliação da acertabilidade por análise retroativa	86
4.5	VERIFICAÇÃO DE ALTOS CONSUMOS	87
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
5.1	PROCEDIMENTOS UTILIZADOS POR COMPANHIAS DE SANEAMENTO PARA	

	AVALIAR ANORMALIDADES SOBRE O	
	CONSUMO DE ÁGUA.....	89
5.1.1	Respostas das companhias.....	89
5.1.2	Outros critérios obtidos por pesquisa	
	bibliográfica	95
5.2	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO BANCO DE	
	DADOS DE CONSUMO	95
5.2.1	Definições de amostra e erro amostral	95
5.2.2	Análises estatística por categorias	97
5.2.2.1	Categoria comercial	98
5.2.2.2	Categoria industrial	104
5.2.2.3	Categoria pública	111
5.2.2.4	Categoria residencial	117
5.2.2.5	Categoria residencial – irregulares (critério para	
	ligações residenciais)	123
5.2.3	Definição do critério de avaliação de suspeitos	124
5.2.3.1	Comparativo entre as categorias	127
5.2.4	Resumos geral e detalhado dos resultados com 1	
	economia e com 2 economias	128
5.3	FERRAMENTA INFORMATIZADA	131
5.3.1	Tela cadastro de usuários	131
5.3.2	Banco de dados	132
5.3.3	Tela definição critério	134
5.3.4	Tela de resultados.....	134
5.4	AVALIAÇÃO DA ACERTABILIDADE.....	136
5.4.1	Testes de campo.....	136
5.4.2	Análise retroativa	137
5.5	Verificação de Altos Consumos.....	143
6.	CONCLUSÕES	147
7.	RECOMENDAÇÕES	149
	APÊNDICES	151
	ANEXOS	155
	REFERÊNCIAS	169

1. INTRODUÇÃO

Nos sistemas de abastecimento de água ocorrem perdas de faturamento, classificadas como perdas aparentes, decorrentes basicamente, de falhas cadastrais, erros de medição e irregularidades no consumo de água. De acordo com os dados do Serviço Nacional de Informação em Saneamento (BRASIL, 2016), as perdas de água, em relação à distribuição, nos sistemas de abastecimento do Brasil, variam entre 32,46% na região Sudeste até 47,9% na região Norte, evidenciando a grande disparidade entre as regiões brasileiras em relação a esse item. Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES, 2013b), o nível de perdas gerais no Brasil passou de 45,6% em 2004 para 38,8% em 2011, porém, quando se compara esse índice com o de países desenvolvidos, é notável uma grande diferença, por exemplo, em Cidades da Alemanha e do Japão tem-se 11% e a Austrália possui 16% de perdas.

O Ministério das Cidades desenvolveu o Programa Nacional Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), conforme BRASIL (2017) no seu sítio oficial, esse mecanismo tem como finalidade definir e implementar um conjunto de ações e ferramentas tecnológicas, normativas, econômicas e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água direcionados para consumo nas áreas urbanas, consolidados em publicações técnicas e cursos de capacitação. Esse fator destaca a necessidade de informatização dos sistemas de saneamento e a importância de trabalhos com publicações técnicas na área.

Dentro das políticas públicas de ações e metas para agir nesse contexto, destaca-se a promulgação da Lei Nº 11.445/2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Um dos princípios fundamentais da Lei é a universalização da prestação dos serviços, com a ampliação progressiva do acesso para todos os domicílios, sendo os serviços ofertados de forma adequada à proteção do meio ambiente e à saúde pública. No aspecto específico de perdas em abastecimento de água, a Lei institui o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento do Saneamento Básico – (REISB) que estimula incentivos a redução de perdas através de créditos tributários às prestadores de serviço da área.

Dentro do contexto nacional, também, é importante citar o Plano

Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2013) o qual estabelece diretrizes, metas e ações de saneamento básico para 20 anos (2014-2033), incluindo a universalização dos serviços básicos de saneamento nesse mesmo período. O documento traz algumas informações inerentes às políticas públicas para o setor, dentre as quais, no contexto do trabalho, destacam-se a Estratégia 97:

Alocar recursos públicos federais e financiamentos com recursos geridos ou operados pela União em conformidade com a Lei nº 11.445/2007, condicionados: iii) à implementação eficaz de programa de redução de perdas de águas no sistema de abastecimento de água potável.” e também a Estratégia 134: “Desenvolver análises que avaliem o comportamento de variáveis específicas e determinantes para o estudo de necessidades de investimento e levantamento de custos para a universalização do saneamento básico, considerando a formulação de cenários face à diferentes situações como: melhoria da gestão dos serviços, combate a perdas, regionalização, alternativas para desoneração fiscal, dentre outras. (PLANSAB, 2013).

Por fim, tem-se também para o indicador de porcentagem do índice de perdas na distribuição de água, que tem como meta cair de 39% em 2010 para 31% em 2033 na esfera nacional.

No âmbito da gestão comercial enquadram-se várias causas de perdas aparentes, tais como: demora no cadastramento de novas ligações, reativação de ligações sem o conhecimento da companhia, ligações clandestinas e fraudes. Em todos esses casos a água é consumida, porém não é faturada (TSUTIYA, 2006). Para detectar anormalidades, que poderão caracterizar-se ou não como irregularidades por parte dos clientes cadastrados, pode-se fazer estudos de consumo de água através do histórico comercial e dos consumos mensais atualizados. É essencial buscar e estabelecer critérios que permitam detectar, essencialmente, dois tipos de irregularidades, potenciais fraudes e inconsistência com a informação do cadastro. Vale destacar que as buscas para diminuir as perdas aparentes, resumem-se a evitar suas causas, seja pelo controle de qualidade e manutenção dos equipamentos de hidrometria, treinamento e fiscalização do corpo técnico para buscar anormalidades e também pela informatização do sistema de cadastro e banco de dados.

Como nem todas as companhias de saneamento possuem um sistema informatizado para avaliação de cadastro, é notório a necessidade de trazer tecnologia a esses sistemas para que eles sejam mais eficientes e, desta forma, diminuir as perdas de faturamento sobrando mais recursos para melhorar a qualidade do produto final entregue aos consumidores. A atualização cadastral traz duas consequências diretas, dependendo da condição do imóvel: pode mudar o número de economias e/ou serem acrescentadas novas ligações e também haver uma mudança de categoria. Todas as situações citadas impactam na gestão financeira de uma concessionária e também no conhecimento do sistema de abastecimento como um todo: redes, ligações, categorias, entre outros aspectos.

Evidencia-se, também, dentro do contexto de política tarifária, que a cobrança da água pelas concessionárias é baseada em valores dependem da categoria dos consumidores atendidos pela ligação, classificando-os como: residencial, industrial, público ou comercial. Desta forma, é importante que exista cadastro atualizado para que não sejam gerados valores incorretos de cobrança e também para que seja conhecida a real demanda da rede, assim, pode-se, por exemplo, fazer projetos de ampliação ou manutenção sem confronto entre o real e o que é conhecido.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta informatizada de busca por anormalidades no consumo mensal de água visando atuar no combate de perdas aparentes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta informatizada, baseada em dados históricos de consumo mensal de água, para detectar no presente, o surgimento de anormalidades no volume consumido, usando informações do cadastro comercial de consumidores da cidade de Joinville- SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estimar, a partir do banco de dados do cadastro comercial da Companhia Águas de Joinville (CAJ), padrões de comportamento do consumo de água de sua cidade sede;
- b) Propor e avaliar a aplicabilidade de uma ferramenta informatizada para detectar anormalidades sobre o consumo de água mensal por ligação, em um sistema de abastecimento de água;
- c) Avaliar o potencial de acertabilidade, quanto à presença ou não de anormalidades sobre o consumo de água, em decorrência da aplicação do método proposto no sistema de abastecimento de água de Joinville, SC.

Hipótese do trabalho: A partir da análise de dados estacionários da serie de dados históricos do consumo mensal de água, é possível estabelecer critérios para identificar possíveis anormalidades nas ligações de um sistema de abastecimento de água.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A perda de água é considerada como um dos principais indicadores de desempenho operacional dos prestadores de serviço público de abastecimento de água em todo o mundo. As perdas ocorrem em todos os componentes de um sistema de abastecimento de água, desde a captação até a distribuição, entretanto, a magnitude dessas perdas depende de cada unidade (ReCESA, 2008). Dentro desse contexto é importante destacar que o controle das perdas de água em sistemas de abastecimento de água é uma necessidade, em razão de que os volumes não contabilizados não são faturados. A quantificação das perdas é importante para os prestadores de serviço no que diz respeito à eficiência de distribuição de água, além de aspectos econômicos e ambientais.

Segundo CHEUNG (2009), por conceito, a perda de água é calculada pela diferença entre o volume total fornecido ao sistema e o volume total consumido autorizado. A maior dificuldade dos prestadores de serviços públicos de saneamento básico é identificar, em cada setor de fornecimento, os volumes de perdas reais e aparentes. Essa informação é altamente relevante uma vez que ações de controle e correção são diferenciadas dependendo das características das perdas.

Miranda (2002) apresenta como principais fatores para o elevado índice de perdas de água nos prestadores de serviço público de abastecimento de água:

- Baixa capacidade institucional e de gerenciamento dos sistemas.
- Pouca disponibilidade de recursos para investimentos em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas.
- Cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional.

O controle de perdas em sistemas de abastecimento de água constitui a principal atividade operacional que deve ser desenvolvida por uma empresa de saneamento básico, pois o seu controle está diretamente relacionado com a receita e a despesa da empresa. Conceitualmente existem dois tipos de perdas:

a. Perda real (física)

A perda real é toda a água que vaza no sistema, exceto nas instalações dos usuários. Essas perdas são decorrentes do rompimento em tubulações e de trincas estruturais, fissuras nas impermeabilizações de reservatórios, entre outros fatores. (PNCDA, 2007)”

Outro conceito, segundo Tsutiya (2006), define que a perda real correspondente ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, devido à ocorrência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais.

Segundo Gomes (2005), as perdas reais ocorrem em qualquer tipo de sistema de abastecimento, e são decorrentes de vazamento, provocados por deficiência nos equipamentos, envelhecimento das tubulações e conexões, e operação e manutenção inadequadas em todo o sistema.

b. Perda aparente (não física, de faturamento)

A perda aparente refere-se a toda água que não é medida ou que não tenha o seu uso definido. Essas perdas são relacionadas às ligações clandestinas e/ou irregulares, fraudes nos hidrômetros, erros de micromedição e macromedição, erro cadastral (desatualização do cadastro, ligações inativas, ligação não cadastrada), erro de leitura, etc.” (PNCDA, 2007)”

Segundo Gomes (2005), as perdas aparentes ou comerciais, decorrem de falhas nos equipamentos de medição (macro e micromedidores), erros no cadastro do sistema e fraudes de ligações.

Tsutiya (2006) define perda aparente como o volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. Nesse caso, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada. (TSUTIYA,2006)

O Quadro 1 resume as considerações anteriores, apresentando as características gerais de perdas nos sistemas de abastecimento de água:

Quadro 1 - Características Gerais das Perdas

ITEM	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
	Perdas Reais (Físicas)	Perdas Aparentes (faturamento)
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de Medição
Custos associados ao volume de água perdido	Custos de produção da água tratada	Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio Ambiente	Desperdício de recursos naturais; Maiores impactos ambientais devido à necessidade de ampliação da exploração dos mananciais	Não relevante
Efeito na saúde pública	Riscos de contaminação	Não relevante
Ponto de vista empresarial	Perda de produto "industrializado"	Perda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	Imagem negativa da empresa associada ao desperdício e ineficiência	Não é uma preocupação imediato
Efeitos finais no consumidor	Repasse de custos à tarifa ; Desincentivo ao uso racional de água	Repasse de custos à tarifa; Incitamento ao roubo e fraudes
Impacto sobre o patrimônio	Vazamentos com obstrução de vias públicas	Custo relativo ao reparo de vias.

Fonte: ADAPTADO DE TSUTIYA(2006). Acrescido pelo autor.

3.2 CAUSAS DE OCORRÊNCIAS DE PERDAS APARENTES

As causas e ocorrências mais comuns de perdas aparentes são apresentadas a seguir (SABESP, 2005):

a) Imprecisão da medição

- Imprecisão dos medidores existentes nos sistemas de produção e distribuição de água;
- Má qualidade dos medidores;
- Submedição;
- Dimensionamento inadequado do medidor;
- Detritos (obstrução) nas redes de distribuição ;
- “Efeito caixa d’água” (TARDELLI FILHO, 2004), que faz com que as vazões que passam pelo hidrômetro sejam menores do que as ocorrentes no ponto de consumo interno da residência, devido ao amortecimento proporcionado pelo volume da caixa d’água.
- Envelhecimento do parque de hidrômetros;
- Inclinação dos hidrômetros.

b) Gestão Comercial Inadequada

A gestão da companhia de saneamento pode agravar o problema de perdas de água tanto do tipo física em, por exemplo, na demora para atendimento ou detecção de um vazamento, quanto do tipo aparente em, por exemplo, falta de hidrometração de ligações ou falhas no cadastro comercial.

Às vezes acontece que uma ligação de água é ativada, mas o seu cadastramento demora meses a ser feito no sistema comercial. Assim, essa ligação não terá o seu consumo apurado nesse período, constituindo uma perda de faturamento para a companhia. (TSUTIYA, 2006). Esse tipo de perda pode ser resolvido a partir de uma melhor gestão dos serviços e de cadastramento de novas ligações, um investimento nessa área da empresa pode significar um considerável lucro.

Uma situação muito comum é o caso das ligações inativas, que foram suprimidas do cadastro comercial (demolição do imóvel ou por solicitação do cliente) mas que se tornaram ativas novamente, por ação do cliente, sem que a companhia tenha sido notificada desse fato.

Levantamentos feitos em São Paulo (SABESP/LYSA,1993) verificaram que aproximadamente 25% das ligações que constavam como inativas, na verdade estavam reativadas, consumindo água normalmente. (TSUTIYA, 2006)

c) Outras Causas

- Furto de água por ligações clandestinas.

As ligações clandestinas de água são aquelas onde o cliente ou fraudador improvisa uma retirada de água antes do hidrômetro, com intuito de receber água tratada e não pagar por ela. Segundo CARVALHO (2004) a ligação clandestina se dá quando “o fraudador faz uma ligação direta da rede de distribuição da concessionária local, sem qualquer tipo de permissão e cadastro, roubando assim a água sem qualquer registro e, portanto sem qualquer cobrança pelo seu uso” conforme . A Figura 1 mostra um caso ocorrido na CAJ no qual há o flagrante desse tipo de situação.

Figura 1 - Abordagem à Ligação Clandestina



Fonte: Águas de Joinville, 2015

Furto de água por fraudes (*by pass*, violação de hidrômetro e/ou qualquer tipo de violação na ligação ativa ou inativa);

Outros tipos de ligação clandestina são executados na rede de distribuição, tais como:

- Tomada d'água feita no próprio ramal predial, antes do hidrômetro;
- Tomada d'água feita diretamente no tubo da rede de distribuição.

A execução da ligação clandestina pode ser feita de tal modo que fica difícil ser descoberta pela companhia de saneamento, exigindo análises de consumo ou pesquisas em campo para efetivamente descobrir o fato. Outras são executadas de forma grosseira, facilitando os trabalhos de identificação. (TSUTIYA, 2006).

Uma fraude comum é pelo chamado “by-pass”, onde o usuário fraudador, diferentemente da ligação clandestina, paga somente parte da água. A outra parte do consumo é furtada, ou seja, o cliente possui o hidrômetro, porém com uma tomada de água antes dele. Segundo CAVALHO (2004) a fraude por “by-pass” acontece quando “o fraudador faz uma ligação usando uma conexão antes da passagem pelo hidrômetro e ligando-a ao seu ramal predial, fazendo com que a água que passaria totalmente pela micromedição, derive para essa conexão, abastecendo a rede de alimentação da propriedade, totalmente sem medição”. A Figura 2 evidencia um flagrante da cidade de Joinville-SC, obtida pela fiscalização da companhia Águas de Joinville.

Figura 2 - Flagrante de By-pass



Fonte: Águas de Joinville, 2015

Outro tipo de fraude típica flagrada pela CAJ, são as interferências do usuário no hidrômetro para alterar a medição do consumo. Qualquer tipo de ação, seja mudando a posição, angulação ou até mesmo violando o hidrômetro a fim de influenciar na submedição, são caracterizados como fraudes. A Figura 3 demonstra uma violação por um fraudador no sistema de Joinville:

Figura 3 - Hidrômetro violado pelo Cliente



Fonte: Águas de Joinville, 2015

Ainda dentro de outras causas, tem-se:

- Furto de água em hidrantes ou em quaisquer pontos dos sistemas de redes de distribuição;
- Deficiência nos sistemas e nas rotinas comerciais na apuração dos consumos;
- Política tarifária, como por exemplo, tarifas mais elevadas para consumos maiores que podem favorecer o aumento de fraudes, ou tarifas fixas para favelas, que não favorecem o uso racional da água;

3.2.1 Ações para redução de perdas aparentes

A redução de perdas aparentes é de suma importância as prestadoras de serviço pois além de melhorar seus indicadores e a qualidade de seu serviço, proporciona ganhos financeiros diretos. Cabe ressaltar que, a redução das perdas aparentes tem um impacto financeiro considerável, pois aumenta o volume micromedido,

aumentando consequentemente o faturamento da empresa. Além disso, nas áreas cobertas com redes de esgoto, aumenta mais ainda o faturamento, pois se aumenta também o volume de coletado cobrado pela prestadora. No caso da Região Metropolitana de São Paulo, onde o valor cobrado do esgoto é 100% do valor cobrado de água, este aumento é o dobro. (MELATO,2010), já no caso da companhia em estudo, o percentual cobrado pela coleta e tratamento de esgotos é de 80%, pequeno se comparado com outras cidades de Santa Catarina como Florianópolis (CASAN) de 100% e Blumenau (BRK Ambiental) de 110% referentes a conta de água.

Os três métodos a seguir foram listados como uma das maneiras de combate a esse tipo de perda:

a. Combate às Fraudes e Ligações Clandestinas

A redução de fraudes envolve inspeções nas ligações suspeitas, e medidas de coibição dessa prática, já que uma vez que se demonstrar fragilidade nesta ação, o número de fraudadores tende a aumentar. O levantamento de uma possível fraude ocorre normalmente através de denúncias da população, indícios levantados pelos leituristas dos hidrômetros, e, indiretamente pela análise do histórico de consumo das ligações.

Uma vez levantada a suspeita, deve-se ir a campo para confirmar a fraude, atuar o cliente e regularizar a ligação. Cabe ressaltar que, a fraude ocorre tanto no rol de ligações ativas como inativas.

Nesta questão de redução de fraudes, também deve ser dada atenção às ligações clandestinas em favelas e áreas invadidas. Hoje na maioria das regiões metropolitanas, este problema é bastante comum, e de difícil solução a curto prazo, pois muitas vezes tais comunidades se encontram em áreas de proteção ambiental ou há pendências quanto à posse do terreno. Trata-se de um problema social, e se a prestadora regularizar tais ligações pode ser acusada de favorecer a invasão. (MELATO,2010)

b. Melhorias no Sistema de Gestão Comercial

Compreende o aperfeiçoamento contínuo do sistema de gestão comercial, principalmente no que se refere ao cadastramento das ligações e à apuração dos consumos dos clientes. A gestão comercial de uma

prestadora de serviços de saneamento compreende todo o aparato de processos, sistemas informatizados e recursos humanos que permite a contabilização dos consumos de água tratada e seu faturamento.

Para a redução de perda aparente, deve ser dada atenção na agilidade do cadastramento de novas ligações no sistema comercial, e nas atividades para se encontrar as falhas de cadastro comercial. A atualização do cadastro comercial possui também um fator, sem impacto na perda aparente, porém economicamente válido, que é a atualização do tipo de ocupação do imóvel (residencial, comercial, público ou industrial), pois isto reflete na política tarifária. Descobrir uma ligação não cadastrada e incorporá-la no sistema comercial faz com que se ganhe no faturamento e no volume medido que não era computado. (MELATO,2010)

A metodologia proposta por Baggio (2000) para o controle de perdas estabelece, em um primeiro momento, o gerenciamento pela qualidade da operação dos sistemas como forma de evitar as perdas, para em um segundo momento iniciar algumas soluções clássicas. Baggio (2000) sugere a seguinte estratégia:

- Implantar modelo de gerenciamento da rotina do trabalho do processo de operação de sistemas de abastecimento de água.
- Democratizar as informações e incentivar a criação de consciência sobre as questões de perdas de água.
- Promover ações para a conscientização do problema.
- Bloquear as causas predominantes das perdas de água.

c. Gestão e Envolvimento

Segundo Tardelli Filho (2004), o sucesso de um programa de controle e redução de perdas está diretamente vinculado ao conhecimento e participação de todos os agentes responsáveis, em quaisquer níveis hierárquicos na companhia de saneamento.

Como a questão de perdas é bastante complexa, envolvendo todos os setores das prestadoras de serviços de saneamento, tais como operação, comercial, manutenção, projetos, financeiro, entre outras, o envolvimento e comprometimento de todas essas áreas passa a ser fundamental para o sucesso de um programa de redução de perdas. É necessário o envolvimento e comprometimento desde a alta administração até o empregado da ponta, que será o responsável pela

execução das ações, entendendo o quê está sendo feito e o porquê. Cabe ressaltar também que, este envolvimento também deve ser passado e cobrado no caso de terceirização dos serviços.

Como uma forma de envolver essas pessoas e garantir o seu comprometimento, foi implantado na unidade central da SABESP, a partir de 2005, o chamado “Arrastão”, processo no qual são aplicadas as boas práticas de operação preconizadas pela IWA (International Water Association), onde são desencadeadas simultaneamente todas as ações possíveis de redução de perdas reais e aparentes, nos setores de abastecimento mais críticos, isto é, com os maiores indicadores de perdas, e principalmente com a participação de todas as unidades envolvidas. (MELATO, 2007).

3.3 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico é a análise de todo volume de água presente em um sistema de abastecimento. Segundo Tsutiya (2006), o balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água é uma forma estruturada de avaliar os componentes dos fluxos e usos da água no sistema e os seus valores absolutos ou relativos. É uma poderosa ferramenta de gestão, pois a partir dele podem ser gerados diversos indicadores de desempenho para o acompanhamento das ações técnicas, operacionais e empresariais.

Segundo Córrea (2013), o entendimento dos componentes dos usos da água em um sistema de abastecimento se dá através de uma matriz que representa o Balanço Hídrico. O conjunto de perdas físicas ou reais e de perdas de faturamento ou aparentes é chamado de “Água Não Faturada”. A abordagem econômica para cada tipo de perda é diferente. Sobre as “perdas reais” recaem os custos de produção e distribuição da água, e sobre as “perdas aparentes”, os custos de venda da água no varejo, acrescidos dos eventuais custos da coleta de esgotos.

Segundo Melato (2010), a avaliação de perdas de água em um sistema de abastecimento, ou parte dele, pode ser realizada através da metodologia de auditoria das águas, onde podem ser identificados os volumes de água perdidos, com o objetivo de subsidiar a empresa de saneamento com dados e informações que possibilitem a implantação de programas para redução de perdas, sendo o balanço hídrico, padronizado pela IWA, também chamado método Top-Down (“de cima para baixo”), um dos métodos mais utilizados para a avaliação das perdas de água.

A Figura 4 apresenta a classificação e padronização das perdas de

água por meio de um balanço hídrico, baseado na metodologia da Top-Down:

Figura 4 - Balanço Hídrico

Volume que entra no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo medido faturado (incluindo água exportada)	Água faturada	
			Consumo não medido faturado (estimados)		
	Perdas de água	Consumo autorizado não-faturado		Consumo medido não-faturado (usos próprios, caminhão-pipa, etc.)	Água não faturada
				Consumo não medido, não faturado (combate a incêndios, ocupações desordenadas, etc.)	
		Perdas reais	Perdas aparentes	Consumo não-autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
				Erros de medição (macro e micromedição)	
			Vazamentos nas adutoras de água bruta e nas estações de tratamento de água (se aplicável)		
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição		
			Vazamentos nos ramais prediais até o hidrômetro		
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de distribuição		

Fonte: BRASIL, 2014.

3.3.1 Índice de perdas

Segundo Miranda (2002), os indicadores devem oferecer bases seguras para o planejamento das ações e a avaliação de seus resultados; possibilitar a análise de desempenho, permitindo a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços; bem como contribuir na definição de políticas públicas para o setor saneamento, nas três esferas de governo - federal, estadual e municipal.

Através dos indicadores utilizados no Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto (BRASIL, 2014), para avaliar a situação de perdas de água nas cidades brasileiras, companhias de saneamento brasileiras e de alguns países (Tabela 1, Tabela 2 e Figura 5, utilizou-se os índices de Perdas de Faturamento e Perdas na Distribuição, ambos calculados em porcentagem.

- Índice de Perdas de Faturamento (IPF)

$$\text{IPF: } \frac{AG006+AG018-AG011-AG024}{AG006+AG018-AG024} \times 100$$

Sendo: AG006: Volume de água produzido, AG011: Volume de Água Faturado, AG018: Volume de Água Tratada Importado e AG 024: Volume de Serviço

- Índice de Perdas na Distribuição (IPD)

$$\text{IPD: } \frac{AG006+AG018-AG010-AG024}{AG006+AG018-AG024} \times 100$$

Sendo: AG006: Volume de água produzido, AG010: Volume de Água Consumido, AG018: Volume de Água Tratada Importado e AG 024: Volume de Serviço.

Tabela 1 - Indicadores de Perdas Cidades Santa Catarina

Cidade	Índice de Perdas de Faturamento (%)	Índice de Perdas na Distribuição (%)
Araranguá	3,25	12,36
Blumenau	11,1	31,25
Florianópolis	24,69	38,89
Itajaí	11,49	20,85
Joaçaba	21,53	30,82
Joinville	41,18	48,43
Lages	40,13	49,06

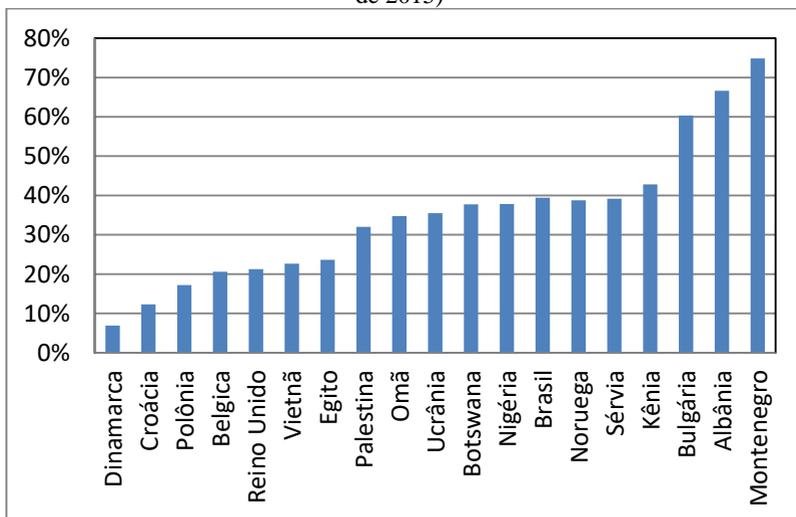
Fonte: BRASIL (2014)

Tabela 2 Indicadores de Perdas Empresas de Saneamento Brasileiras

Prestador de Serviço	Índice de Perdas de Faturamento (%)	Índice de Perdas na Distribuição (%)
Águas de Guabiroba	14,41	19,28
CAERN	48,88	53,06
CAJ	41,18	48,43
CASAN	26,18	39,74
COPASA	28,43	33,64
CORSAN		32,61

Fonte: BRASIL (2014)

Figura 5 – Índice de Perdas (%/ano) de Águas Não Faturada (Por País no ano de 2015)



Fonte: IB-NET (2017)

3.4 CADASTRO COMERCIAL

O cadastro comercial representa o registro sistematizado dos consumidores, envolvendo os dados de localização da ligação, tipo de uso (residencial, comercial, industrial, etc) e demais informações que permitem a correta caracterização do cliente para a apuração do consumo, aplicação da política tarifaria da empresa e emissão de conta. (TSUTIYA, 2006). É importante que o cadastro mantenha-se atualizado pois é a melhor maneira de manter as categorias de consumo condizentes com a realidade e desta forma não perder faturamento.

A Companhia Águas de Joinville (CAJ) possui suas Diretorias comercial/financeira e Diretoria Técnica tem sua independência hierarquia (conforme mostra Figura 12), porém, na prática essas funcionam juntas em alguns aspectos. Um caso prático, onde a integração entre setor comercial e técnico pode ser exemplificada, é quando um analista de consumo ou um software apontam ligações potencialmente suspeitas, então, uma equipe de fiscalização, enviada pela gerência de faturamento e cadastro, vai até o local e avalia a ligação

em questão sendo que, em caso de irregularidade ou inconsistências, as gerências de águas e de projetos são avisadas e fazem as adequações aos seus cadastros, mapeamentos, etc.

Outro fator de interação é que a partir dos dados cadastrais, pode-se calcular a perda aparente conhecida como: Perda Aparente por Falha Cadastral, na qual é levada em consideração a perda de faturamento da concessionária e não a perda de volume de água. Para isso é necessário ter acesso ao banco de dados da companhia e fazer da utilização de fiscalização de campo, ou seja, precisa-se da interação entre o técnico e o administrativo.

3.4.1 Conceito de economia, ligação, categoria e matrícula

É importante abordar os conceitos de identificação relacionados ao banco de dados, pois é a partir deles que a fiscalização pode agir sob um cliente e também é o que pode mudar de acordo com a irregularidade detectada.

De acordo com a Companhia Catarinense de Saneamento Básico (CASAN, 2017):

"**Economia** é a unidade autônoma ou um conjunto de unidades autônomas de um imóvel, atendidas por uma ligação." Já ligação é definida como: "**Ligação** Predial de Água - Ponto de conexão do ramal predial do imóvel à rede pública de distribuição de água." e, por fim, tem-se que "**Categoria** - Classificação do imóvel em função da finalidade de sua ocupação."

Já de acordo com Companhia Saneamento Municipal (CESAMA, 2017) (responsável pelo sistema de Juiz de Fora em Minas Gerais):

"**Economia** é um imóvel de uma única ocupação, ou subdivisão de imóvel com ocupação independente das demais, perfeitamente identificável ou comportável em função da finalidade de sua ocupação legal, dotado de instalação privativa ou comum para uso dos serviços de abastecimento de água ou de coleta de esgoto" "**Ligação** de Água Conexão do ramal predial de água à rede pública de distribuição de água" "**Categoria** de Usuário Classificação do usuário por economia, para o fim de enquadramento na estrutura tarifária da CESAMA" CESAMA, 2017)

Vale destacar que o conceito de **matrícula** que foi adotado no

trabalho está estritamente ligado ao de uma ligação, ou seja, cada ligação tem a sua matrícula ou número de cadastro, podendo essa ter uma ou mais economias de qualquer categoria.

3.5 CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DE ANORMALIDADES DE CONSUMO

Dentro dos critérios para definir anormalidades, algumas concessionárias já definiram os seus, como a Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN - 2011):

“O consumo fora de faixa é definido pela ocorrência de um consumo apurado fora da faixa esperada, por economia, tomando como referência a média mensal de consumo do imóvel como Fora de Faixa (FF), Baixo Consumo (BC), Alto Consumo (AL) e Estouro de Consumo (EC). (CAERN, 2011)”.

No contexto de revisão dos padrões de consumo, ou seja, do que é considerado normal, tem-se como base para início da pesquisa as definições da CAERN:

Tabela 3 - Critério Adotados pela CAERN

Faixa de Consumo	Categoria	Q referência (m³/mês)	Comportamento em Relação à Média
Baixo Consumo	Todas	Q medido > 30	Q médio/Q medido <= 50%
Alto Consumo	Residencial	Q medido > 50	Q medido > 2xQ médio e < 3xQ médio
	Comercial	Q medido > 100	
	Industrial/Público	Q medido > 150	
Estouro de Consumo	Residencial	Q medido > 50	Q medido > 3xQ médio
	Comercial	Q medido > 100	
	Industrial/Público	Q medido > 150	

Fonte: Adaptado CAERN (2011)

A partir dos dados expostos acima, a companhia elaborou seu

critério dentro de proporções fixas acima ou abaixo da média dependendo da categoria da ligação. Dentro desse contexto, a companhia aplica as seguintes ações:

- **Baixo Consumo (BC)**

a) Quando for detectado que o Baixo Consumo foi motivado por uma irregularidade – by-pass, hidrômetro violado etc..- além das sanções previstas e correção da irregularidade, deverá ser cobrado o consumo fraudado.

b) Quando o Baixo Consumo for provocado por mudança de categoria e/ou número de economias, após confirmação da ocorrência, o cadastro do imóvel e do cliente deverá ser atualizado no Software de Análise da Companhia.

c) Quando o Baixo Consumo for por deficiência do hidrômetro – tempo de uso, parado por defeito etc.-o mesmo deverá ser imediatamente substituído.(CAERN, 2011)

- **Alto Consumo (AC) e Estouro de Consumo (EC)**

a) Quando for comprovado que a variação do consumo foi motivada por uma irregularidade – fornecimento indevido, bomba ligada à rede etc..- **além das sanções previstas e correção da irregularidade, deverá ser cobrado o volume dispensado pelo sistema na fatura seguinte.**

b) Quando a variação do Consumo for consequência da mudança de categoria e/ou número de economias, após confirmação da ocorrência, **o cadastro do imóvel e do cliente deverá ser atualizado no GSAN, e o volume dispensado pelo sistema cobrado na fatura seguinte.**

c) Quando a variação do consumo for motivada por vazamento **aparente deverá ser informado ao cliente e mantida a cobrança realizada pelo sistema. Se tratando de vazamento não aparente a conta faturada em 2 (duas) vezes a média poderá ser retificada, obedecendo aos critérios estabelecidos na Norma da Diretoria 08/96-D, após o conserto do vazamento pelo**

cliente.(CAERN, 2011)”

Para baixos consumos o único vale destacar que esse também acontece por hidrômetros com erro de medição, já para altos consumos esse pode ser decorrente de um vazamento. Diante desses fatores, destaca-se que nem sempre uma anormalidade de consumo trata-se de uma irregularidade.

3.6 HIDRÔMETROS

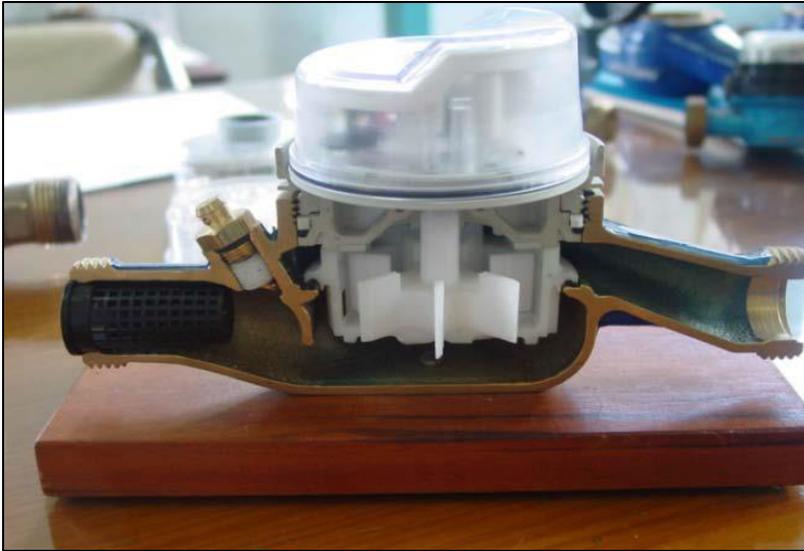
Segundo a NBR 8009/97, o hidrômetro é um “instrumento destinado a indicar e totalizar, continuamente, o volume de água que o atravessa”. Essa mecânica é geralmente destinada a cobrança, por isso, é utilizado em micromedição e registrado periodicamente por meio da indicação propiciada do hidrômetro.

3.6.1 Hidrômetros velocimétricos (taquimétrico)

O hidrômetro velocimétrico, segundo a NBR NM 212 (ABNT), é um “instrumento instalado num conduto fechado, que consiste de um elemento móvel acionado É diretamente pela velocidade do fluxo de água, cujo movimento é transmitido por meios mecânicos ou outros, ao dispositivo indicador”. A parte móvel pode ser do tipo monojato (um único jato tangencial incide sobre o componente móvel e aciona o mecanismo medidor), ou do tipo multijato (vários jatos tangenciais acionam o mecanismo medidor), A passagem de água que aciona o mecanismo medidor, faz o numero de voltas desse mecanismo indicar a velocidade de escoamento da água.

Esse modelo de hidrômetro representa quase a totalidade dos hidrômetros no Brasil, segundo (Sanchez et al, 2000). Seu uso deve-se especialmente ao seu baixo custo, relacionado a boa qualidade de alguns medidores, como os monojato, multijato, e Woltmann. No entanto, o mesmo está sujeito a defeitos e eventuais manutenções e sua duração tende a ser mais baixa do que os hidrômetros Ultrassônicos. A Figura 6 demonstra uma imagem real em paralelo a uma desenho em corte de um hidrômetro velocimétrico.

Figura 6 – Hidrômetro Velocimétrico



Fonte: Silva (2008)

3.6.2 Hidrômetros volumétricos

Os hidrômetros volumétricos funcionam por meio do enchimento de um câmara cilíndrica, com volume definido e uma peça móvel (pistão), que faz com que a passagem da água provoque o movimento de enchimento, que é transmitido ao trem redutor de engrenagem e assim indicando o volume de água percorrido pelo hidrômetro.

Esse modelo costuma ser mais preciso que os velocimétrico, segundo Alves et al. (2004) e Rech (1999), tendo como característica a eficiência no funcionamento em vazões baixas, atingindo o início do funcionamento com 1,0 L/h, com $Q_{nominal}$ igual a 1,5 m³/h.

Sua forma construtiva, no entanto faz com que seja sujeito a defeitos e eventuais manutenções (com, por exemplo, o travamento do hidrômetro pela impureza da água), sobre pena dos consumidores sofrerem constante falta de água. Contudo, em condições favoráveis de funcionamento, esses medidores são mais duráveis e apresenta maior exatidão. Pelo custo mais elevado e pela maior perda de carga, esse tipo de hidrômetro se torna menos utilizado pelas concessionárias. A Figura 7 ilustra esse tipo de hidrômetro e a Tabela 4 demonstra como é calculada a vazão.

Figura 7 – Hidrômetro Volumétrico Câmara e Pistão Oscilante



Fonte: Silva (2008)

Tabela 4 - Dimensionamento de Hidrômetros

Faixas de Consumo Normal	Faixa de Consumo Ampliado	Medidores de Água				
m³/mês	Q_{max} (m³/)	Dn (polegada)	Classe Metrológica	Tipo	Vida Útil n.10²m³	
0 a 10	0 a 15	1,2	1/2	B	UJ	1-2
0 a 10	0 a 15	1,5	1/2 e 3/4	B	UJ/MJ	1-2
0 a 10	0 a 15	2,0	1/2 e 3/4	B	UJ/MJ/V	1-2
0 a 15	0 a 30	3,0	3/4	B-B+	MJ	1-2
15 a 30	0 a 30	3,0	3/4	C	UJ/MJ/V	2-4
30 a 100	10 a 100	3,0	3/4	C	UJ/MJ/V	4-8
100 a 180	30 250	3,0	3/4	C	UJ/MJ/V	4-8
180 a 350	150 450	5,0	3/4	C	UJ/MJ/V	10-15
351 a 560	300 a 700	7,0	1	C	UJ/MJ/V	15-25
561 a 800	550 1100	10,0	1,25	C	UJ/MJ/V	25-45
801 a 1200	800 a 1800	20,0	1,5	C	UJ/MJ/V	45-65
>1200	Seleção e Dimensionamento Específico Projeto de Instalação			UJ/MJ/V		
UJ = Unijato, MJ = Multijato, V = Volumétrico, W = Woltman						

Fonte: Adaptado de Nielsen, 2003

3.6.3 Erros de medição

Os hidrômetros, como todos os equipamentos de medição podem apresentar erros de indicação quando os valores apresentados são menores ou maiores que a vazão que e passam pelo hidrômetro. Os principais fatores que influenciam na precisão dos medidores de água são: suas características construtivas e princípios de funcionamento (como a diferença entre medidores volumétricos e velocimétricos, que apresentam níveis de exatidão diferentes); a influência de sólidos em

suspensão e depositados.

Outro fator que deve ser levado em conta é a perda de carga do hidrômetro com o envelhecimento do aparelho, que acarreta no desgaste das engrenagens internas, fazendo com que a água registrada no hidrômetro não seja registrada corretamente.

Por esse motivo, a Portaria 246/2000 do INMETRO, item 8.1, estabeleceu uma norma afirmando: “as verificações periódicas são efetuadas nos hidrômetros em uso, em intervalos estabelecidos pelo INMETRO, não superiores a cinco anos “ e se o hidrômetro não tiver em correto funcionamento a concessionara responsável deverá providenciar a troca.

Segundo essa mesma Portaria (246/2000) tem-se que os hidrômetro devem ser construídos e regulados para registros de volumes com erros permitidos na margem de 2% para mais ou 2% para menos no campo superior de medição, e de 5% para mais ou 5% para menos no campo inferior de medição (baixas vazões).

3.6.4 Normas técnicas e padrões para hidrômetros

No mundo inteiro foram elaborados normas técnicas e padrões que determinam os valores e erros admissíveis. No Brasil, A Associação Brasileira e Normas Técnicas (ABNT) e o instituto de Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade (INMETRO), são os principais responsáveis por estabelecer e garantir a qualidade da medição de água fornecida à população.

A portaria 246/2000 determina que os hidrômetros são fabricados de acordo com os valores de vazão, que são medidos e padronizados pela normativa. Determina também que os aparelhos devem ser fabricados para as vazões nominais de 0,6 – 0,75 -1,0 – 1,5 – 2,5 – 3,5 – 5,0 – 6,0 – 10,0 - e 15,0 em m³/h.

A mesma portaria é também responsável pela padronização e qualidade da micromedição, também responsável por definir os conceitos de vazão máxima, mínima, normal e de transição.

- **Vazão Máxima (Q_{máx}):** A NBR 8009/setembro 1997 define como sendo a maior vazão na qual o hidrômetro pode operar satisfatoriamente, permanecendo dentro dos limites de erros admissíveis e abaixo do valor máximo de perda de carga.

- **Vazão mínima (Q_{min}):** A norma define como sendo a menor vazão para a qual o hidrômetro deve fornecer indicação dentro dos limites de erros admissíveis.
- **Vazão nominal (Q_n):** Define como sendo aquela vazão, expressa em metros cúbicos por hora ($m^3/hora$), que em escoamento uniforme correspondente a 50% da vazão máxima do hidrômetro, ou seja, $Q_n = 0,5 \times Q_{médico}$.
- **Vazão de transição (Q_t):** A vazão de transição é definida como sendo aquela vazão em escoamento uniforme. Ela representa 5% da vazão máxima, ou seja, $Q_t = 0,5 \times 0,20$.

3.6.5 Classe metrológica

Conforme a portaria 246/2000 do INMETRO, o regulamento técnico metrológico dos hidrômetros utilizados para medição de consumo define que os hidrômetros são classificados em A, B ou C, dependendo da precisão dos mesmos, sendo o mais preciso o de classe C. No entanto, no Brasil, ainda não são fabricados hidrômetros de classe C e o mais utilizado pela população é o de classe A.

Cada uma dessas classes indica, para cada faixa de vazão nominal (Q_n), qual a vazão mínima (Q_{min}) e vazão de transição (Q_t) que cada aparelho deve ser capaz de medir, como erro máximo permitido pelas normas técnicas, como apresentado na Tabela 5:

Tabela 5 - Classes de hidrômetros e correspondentes valores de Q_{min} e Q_t

Classes Metrológicas		Vazão nominal – Q_n (m^3/h)									
		0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	6,0	10,0	15,0
A	Q_{min}	0,024	0,030	0,040	0,040	0,100	0,140	0,200	0,240	0,400	0,600
	Q_t	0,060	0,075	0,100	0,150	0,250	0,350	0,500	0,600	1,000	1,500
B	Q_{min}	0,012	0,015	0,020	0,030	0,050	0,070	0,100	0,120	0,200	0,300
	Q_t	0,048	0,060	0,080	0,120	0,200	0,280	0,400	0,480	0,800	1,200
C	Q_{min}	0,006	0,0075	0,0010	0,015	0,025	0,035	0,050	0,060	0,100	0,150
	Q_t	0,009	0,0110	0,015	0,0225	0,0375	0,0525	0,075	0,090	0,150	0,225

Fonte: Portaria 246/2000, modificada

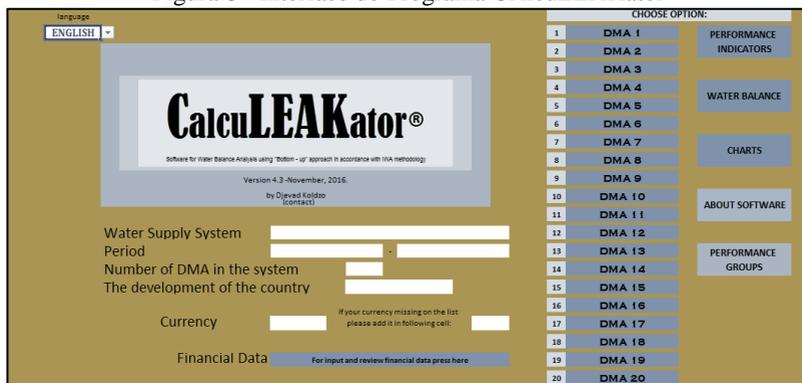
3.7 SOFTWARES DISPONÍVEIS PARA AVALIAÇÃO DAS PERDAS

Atualmente existem uma série de softwares para cálculo do Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho, alguns seguindo o padrão e procedimento da IWA. Dentro desse contexto, foram analisados dois sistemas disponíveis, a seguir segue um pequeno resumo de suas funcionalidades.

a. CalcuLEAKator

O Software CalcuLEAKator funciona direcionando o cálculo do balanço hídrico e dos indicadores de desempenho de acordo com a metodologia International Water Association (IWA) citada no item 3.3. A metodologia aplicada em seu algoritmo baseou-se na medição de perdas reais de DMAs (Áreas de Medidas Distrital), podendo ser programado para sistemas com até 20 DMAs. Destaca-se por ser um software livre. A Figura 8 mostra para o usuário sua interface e um pouco de suas funcionalidades.

Figura 8 - Interface do Programa CalcuLEAKator



Fonte: Próprio autor

O trabalho no CalcuLEAKator é iniciado no painel do programa, onde se deve importar os dados básicos necessários para o funcionamento como: nome do utilitário de água, período de medição, número de DMAs (Distritos de Medida, sendo no máximo 20). Outra

etapa é a definição da moeda em que devem ser apresentados os indicadores financeiros e, posteriormente, os dados relacionados a ela, sendo esses: os preços da água (de acordo com as categorias ou a média), o valor dos custos operacionais anuais e os custos variáveis para a produção de água.

Segundo KOLDZO (2013) a abordagem para o DMA é feita através do painel do programa, onde o "menu" para os DMAs selecionados abre. Dentro desse item, o usuário deve importar os seguintes dados para cada DMA:

1. O comprimento da rede (comprimento dos tubos, material e um diâmetro);
2. O comprimento da rede privada;
3. O consumo legal noturno (de acordo com as categorias dos usuários);
4. O consumo mensurado faturado legalmente (de acordo com a categorias de usuários);
5. Consumo legal não faturado (de acordo com as categorias de usuários);
6. Consumo legal não faturado (de acordo com as categorias de usuários);
7. Consumo legal não faturado não medido (de acordo com as categorias de usuários);
8. Número de conexões legais com os medidores de água (de acordo com as categorias dos usuários);
9. Número de conexões legais sem medidores de água (de acordo com as categorias de usuários);
10. Número de conexões ilegais de acordo com as categorias dos usuários (o programa oferece duas opções: determinação do número de conexões ilegais com base em determinada porcentagem em relação ao número legal de conexões em cada categoria de consumidores, ou importação do número de conexões conexões ilegais para cada categoria de consumidores no DMA);
11. Valores de fluxo medidos (possibilidades de importação de resultados de 7 pontos de medição se eles estão medindo o fluxo de entrada ou de saída);
12. Valores de pressão medidos (possibilidade

de importação do resultado de 7 pontos de medição);

1. Valores medidos das fugas nas conexões (de acordo com o diâmetro dos tubos);
2. Valores medidos dos vazamentos e transbordamentos dos reservatórios (possibilidade de importação para 4 reservatórios na DMA);

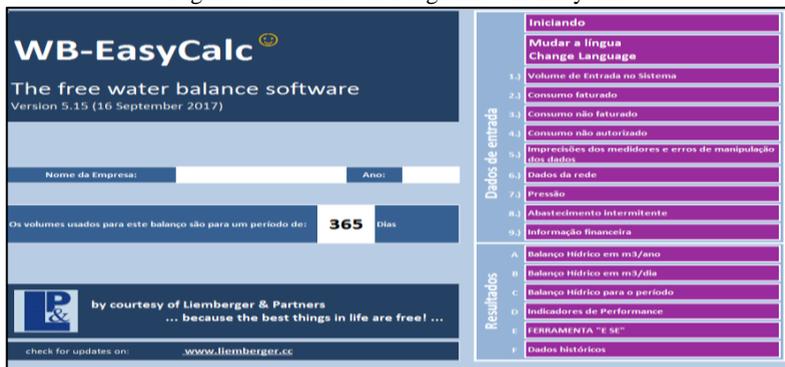
Dentro os resultados possíveis, destaca-se o índice de vazamento de infra-estrutura (ILI) que representa a relação entre as perdas reais medidas e as perdas de corrente anuais inevitáveis. Este índice é um índice varia em 4 categorias, de A (o melhor) a D (o pior). O Programa também apresenta sob a forma dos valores diários médios do diagrama da pressão no sistema, bem como a relação entre os valores de perdas reais e aparentes em cada DMA de medição em todo o sistema.

b. WB-Easycalc

O Software WB-Easycalc é o software do Banco Mundial (World Bank WB-EasyCalc v4.05), utilizado para elaboração do balanço hídrico, escrito pelos pesquisadores da International Water Association (IWA). É uma ferramenta também direcionada a área de saneamento que estabelece valores para o Índice de Vazamentos da Infraestrutura (IVI) e perdas reais.

A ferramenta permite uma avaliação mais detalhada dos volumes de água perdidos em cada DMC, com a utilização de planilha do Microsoft Excel, sendo possível verificar se o sistema encontra-se ou não em níveis aceitáveis, podendo direcionar melhor as ações de equipes técnicas. O IVI é indicado para o cálculo das perdas reais, pois leva em consideração a pressão de operação do sistema, o que o torna mais completo que outros indicadores propostos pela IWA. A Figura 9 mostra interface do software:

Figura 9 - Interface do Programa WB-EasyCalc



Fonte: Próprio autor

Como dados de entrada tem-se: Volume de Entrada no Sistema; Consumo faturado, Consumo não faturado; Consumo não autorizado; Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados; Dados da rede; Pressão; Abastecimento intermitente; Informação financeira e para resultados: Balanço Hídrico em m³/ano; Balanço Hídrico em m³/dia; Balanço Hídrico, Indicadores de Performance; Ferramenta “E SE”; Dados históricos. Dentro do itens de resultado, Segundo SOUZA JUNIOR (2014), o software possui os seguintes grupos:

“Nível de serviço: demonstra os valores relativos ao tempo médio de abastecimento e pressão média, apresentando a margem de erro percentual e através desta calculando os limites inferior e superior dos dados considerando a margem de erro.

Volume de perdas reais: demonstra os valores das perdas reais atuais e os valores das perdas reais inevitáveis para fins de comparação.

Indicadores de performance de perdas reais: através dos volumes de perdas reais citados anteriormente, realiza o cálculo dos indicadores ILI (traduzido na versão em português como índice infraestrutural de perdas - IEE, representa quantas vezes o sistema está pior que o sistema ideal, ou seja, é uma relação entre as

perdas atuais e as inevitáveis), perdas reais por ligação e também apresenta o indicadores em litros por ligação por dia por metro de pressão (mca) e m³ por quilômetro de rede por hora. — Indicadores de perdas aparentes: demonstra os valores relativos as perdas aparentes em percentual e em litros por ligação por dia.

Indicadores de performance financeira: demonstra os valores relativos aos indicadores de águas não faturadas em percentual, valor percentual considerando o custo das águas não faturadas e o custo operacional (é necessário o lançamento do custo operacional anual na planilha informação financeira), e o índice de perdas totais por ligação. Em função do grupo indicadores de performance de perdas reais, o software apresenta a matriz de avaliação de perdas reais, seguindo os parâmetros utilizados pelo Banco Mundial.”

3.8 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS DADOS

3.8.1 Análise de distribuição de frequência

Uma distribuição de frequência é um método de agrupamento de dados em classes a fim de fornecer a quantidade (e/ou a percentagem) de dados em cada classe. Com isso, pode-se resumir e visualizar um conjunto de dados desconsiderando, quando for o caso, suas respostas individuais. Segundo Freund (2007), A construção de uma distribuição de frequência consiste essencialmente em:

1. Escolher as classes (intervalos ou categorias)
2. Separar ou enquadrar os dados nessas classes
3. Contar o número de itens de cada classe

Como a segunda e a terceira etapas são puramente mecânicas, concentremos nossa atenção na primeira a saber, a escolha de uma classificação conveniente. Quando lidamos com grandes conjuntos de dados, e às vezes até lidando com conjuntos nem tão grandes, pode ser

bem problemático obter uma boa visualização da informação transmitida. Em geral é necessário que reordenemos e/ou agrupemos, de alguma forma especial, os dados crus, ou seja, os dados ainda não tratados.

3.8.2 Inferência estatística

A inferência estatística é então um método científico de tirar conclusões sobre os parâmetros da população a partir da recolha, tratamento e análise dos dados de uma amostra, recolhida dessa população. O conjunto completo de todas as observações possíveis constitui a população, enquanto o conjunto dos valores efetivamente observados constitui a amostra. Chama-se população de amostras ao conjunto de todas as amostras observáveis. (NEVES, 2009)

Pode-se dizer que as probabilidades e a estatística têm objetivos diferentes: enquanto nas probabilidades se parte de um dado esquema ou modelo para calcular probabilidades de certos resultados ou acontecimentos, na estatística parte-se de dados ou observações e procura saber-se algo sobre o modelo (Tiago de Oliveira (1990) e Murteira (1990)).

A inferência estatística que tem como um dos objetivos a construção e desenvolvimento de métodos que permitam a extensão do particular para o geral, ou seja, a partir de um conjunto de dados é possível fazer inferências ou generalizações acerca de uma população da qual os dados foram extraídos.

3.8.3 Erro amostral e confiabilidade da amostra

A necessidade da definição de um tamanho adequado para a amostra não está apenas na diminuição do erro amostral, uma amostra muito maior do que o necessário acarreta em um demanda grande de tempo e, por sua vez, uma amostra muito menor do que o necessário pode não ser o suficiente para responder os questionamentos da pesquisa. BOLFARINE & BUSSAB (2005, p.20) escrevem sobre o erro amostral, “O erro padrão do estimador, decresce à medida que aumenta o tamanho da amostra. Assim um ponto-chave de um levantamento amostral é a fixação do tamanho da amostra”.

O erro amostral e o tamanho da amostra seguem sentidos contrários, quanto maior o tamanho da amostra, menor o erro cometido e vice-versa. Para o cálculo do tamanho da amostra, pode-se utilizar a Equação 1.

$$N_o = \frac{1}{E_o} z^2 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

N_o = Tamanho da amostra

E_o = Erro amostral (%)

Já para a confiabilidade, que é a probabilidade do erro máximo permissível ser satisfeito, utiliza-se a seguinte equação:

$$n = \left(\frac{z \cdot \sigma}{e} \right)^2 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

n = tamanho mínimo de uma amostra

e = erro amostral tolerado

σ = desvio-padrão da população

z = valor correspondente ao nível de confiabilidade desejado (distribuição normal padronizada z)

3.8.4 Normalização de dados

Segundo Campos (2000), para normalização dos dados tem-se: “Quando algum dos requisitos para o emprego da estatística paramétrica — normalidade da distribuição dos erros, homogeneidade das variâncias, e aditividade dos efeitos dos fatores de variação — não puder ser preenchido pelos dados da sua amostra experimental, o pesquisador pode ainda tentar o recurso da transformação dos dados, antes de optar pela aplicação da estatística não-paramétrica. É um recurso que sempre vale a pena tentar, porque a estatística paramétrica é evidentemente mais poderosa que a não-paramétrica. De fato, esta somente foi desenvolvida como um recurso complementar, destinado a suprir a necessidade de testes estatísticos nos casos em que alguma restrição desaconselhava o uso da estatística paramétrica, ou quando a própria natureza dos dados, muitas vezes não exatamente numéricos, vedava a aplicação desta.”

3.8.5 Medidas estatísticas

a. Medidas de Dispersão

As medidas de dispersão ou variação visam descrever os dados no sentido de informar o grau de dispersão ou afastamento dos valores observados em torno de um valor central representativo chamado média. Informa se um conjunto de dados é homogêneo (pouca variabilidade) ou heterogêneo (muita variabilidade).

Sobre medidas de dispersão, segundo Bussab 2004, tem-se:

“O resumo de um conjunto de dados por uma única medida representativa de posição central esconde toda a informação sobre a variabilidade do conjunto de observações. A conveniência de serem criadas medidas que sumarizem a variabilidade de um conjunto de observações e que nos permita, por exemplo, comparar conjuntos diferentes de valores, segundo algum critério estabelecido.”

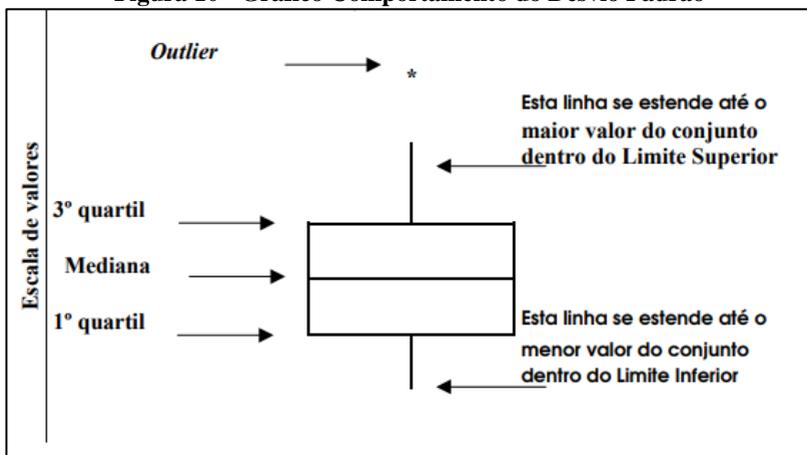
Um critério frequentemente usado para tal fim é aquele que mede a dispersão dos dados em torno de sua média, e duas medidas são as mais usadas: variância, desvio padrão e amplitude.

b. Medidas de Posição

Segundo REIS (2002) “o Boxplot é um gráfico proposto para a detecção de valores discrepantes (outliers), que são aqueles valores muito diferentes do restante do conjunto de dados.”. Destaca-se que esses valores podem representar tanto erros ou mesmo valores que, de fato, são muito diferentes dos demais e, com sua detecção gráfica, é importante avaliar se esses devem fazer parte de uma determinada análise.

Na construção do Boxplot, que também pode ser entendido como um diagrama de caixa, utilizam-se alguns percentis (mediana, primeiro e terceiro quartis), que podem ser influenciados por valores extremos. A Figura 10 exemplifica graficamente uma distribuição segundo esse conceito.

Figura 10 - Gráfico Comportamento do Desvio Padrão



Fonte: Adaptado de REIS (2002)

A Figura 10 representa box-plot constituído por uma caixa atravessada por uma linha (eixo), sendo o fundo da caixa marcado na escala de valores na altura do primeiro quartil (Q1) e o topo da caixa marcado na altura do terceiro quartil (Q3), uma linha é traçada dentro da caixa na altura da mediana, a qual nem sempre se encontra no meio dessa. Em relação a percentual dos dados, entre o primeiro e o terceiro quartis, encontram-se 50% e, por fim, os limites da linha do eixo central, tanto inferior como superior, representam os “fios do bigode” ou “*whiskers*” onde é definido um percentual o qual são encontrados os outliers.

3.9 CIDADE E SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE JOINVILLE

3.9.1 Cidade de Joinville

Localizada na região sul do País, município polo da microrregião Nordeste do Estado de Santa Catarina, Joinville é a maior cidade catarinense, responsável por cerca de 20% das exportações do estado. É também polo industrial da região Sul, com volume de receitas geradas aos cofres públicos inferior apenas as capitais Porto Alegre (RS) e Curitiba (PR). E está em 28º lugar no ranking do PIB nacional. (SEPUD, 2017)

A cidade concentra grande parte da atividade econômica na

indústria com destaque para os setores metalmeccânico, têxtil, plástico, metalúrgico, químico e farmacêutico. O Produto Interno Bruto de Joinville também é um dos maiores do país, em torno de R\$24.570.851,00 por ano (SEPUD, 2017).

Segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2016, a população total do município é de 569.645 habitantes, os quais estão distribuídos entre a zona rural e urbana de Joinville (BRASIL,2016). A Figura 11 destaca a localização de Joinville.

Figura 11 - Localização de Joinville



Legenda

- Santa Catarina
- Joinville

Fonte: Próprio autor adaptado de Santa Catarina (2017)

O município possui uma área de 1.135,05 km² sendo 212,6 km² na área urbana e 922,45 km² na área rural, localiza-se na Vertente Atlântica da Serra do Mar, sendo que o clima da região é do tipo úmido a superúmido, mesotérmico, com curtos períodos de estiagem, apresentando três subclasses de microclima diferentes, devido às características do relevo. (SEPUD, 2017)

3.9.2 Sistema de abastecimento de água

3.9.2.1 Histórico do Sistema

De acordo com Sá (2007), os primeiros registros de um sistema de abastecimento público de água em Joinville datam do ano de 1910, quando a captação era feita no Rio do Engenho, afluente do Rio Cachoeira, situado no Morro Boa Vista, nas proximidades do atual Parque Zoobotânico. Anos mais tarde, por volta de 1916, entrou em operação a captação no Rio Mutucas, afluente do Rio Piraí, localizado nas encostas da Serra do Mar.

Nas décadas seguintes, em virtude do crescimento populacional houve um aumento da demanda por água, levando a necessidade de novas fontes para suprimento. Segundo Sá (2007), em 1955, entrou em operação uma nova captação junto ao Rio Piraí, sendo que esta unidade contava ainda com um sistema de tratamento formado por um sistema de pré-filtragem, cloração e fluoretação .

Sobre a responsabilidade da operação dos sistemas de saneamento, em janeiro de 1965 entrou em operação o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE Joinville, o qual foi criado pela Lei nº. 608, de 19/04/63 e regulamentado pelo decreto nº. 1.296 (MORRIESEN JR.,2003). Já em 1973, a Prefeitura Municipal entregou a concessão de exploração dos serviços desinfecção da água captada e, por fim, em 02 de agosto de 2005, a Companhia Águas de Joinville assumiu efetivamente a gestão dos serviços de água e esgotos do município de Joinville.

3.9.2.2 Estrutura organizacional da companhia

O trabalho foi realizado em parceria com a Companhia Águas de Joinville (CAJ), autarquia de capital misto, majoritariamente, pertencente à Prefeitura Municipal de Joinville, sendo responsável pelo saneamento básico da maior cidade de Santa Catarina, com 562.000 habitantes (IBGE,2015), sendo essa a maior cidade do estado. A empresa possui em números os dados operacionais de acordo com a Tabela 6 e cobra as tarifas de acordo com as categorias e consumos conforme Tabela 7.

Tabela 6 - Indicadores Operacionais de Água (Companhia Águas de Joinville)

Item Operacional	Valor	Unidade
Índice de macromedição	100	(percentual)
Índice de perdas faturamento	41,18	(percentual)
Consumo micromedido por economia	12,67	(m ³ /mês/econ.)
Consumo de água faturado por economia	14,54	(m ³ /mês/econ.)
Extensão da rede de água por ligação	13,9	(m/lig.)
Consumo médio percapita de água	156,38	(l/hab./dia)
Índice de atendimento urbano de água	99,24	(percentual)
Volume de água disponibilizado por economia	26,09	(m ³ /mês/econ.)
Índice de faturamento de água	58,82	(percentual)
Índice de micromedição relativo ao consumo	99,71	(percentual)
Índice de perdas na distribuição	48,43	(percentual)
Índice bruto de perdas lineares	39,01	(m ³ /dia/Km)
Índice de perdas por ligação	583,06	(l/dia/lig.)
Índice de consumo de água	51,57	(percentual)
Consumo médio de água por economia	12,71	(m ³ /mês/econ.)
Índice de atendimento total de água	98,84	(percentual)

Fonte: BRASIL (2014)

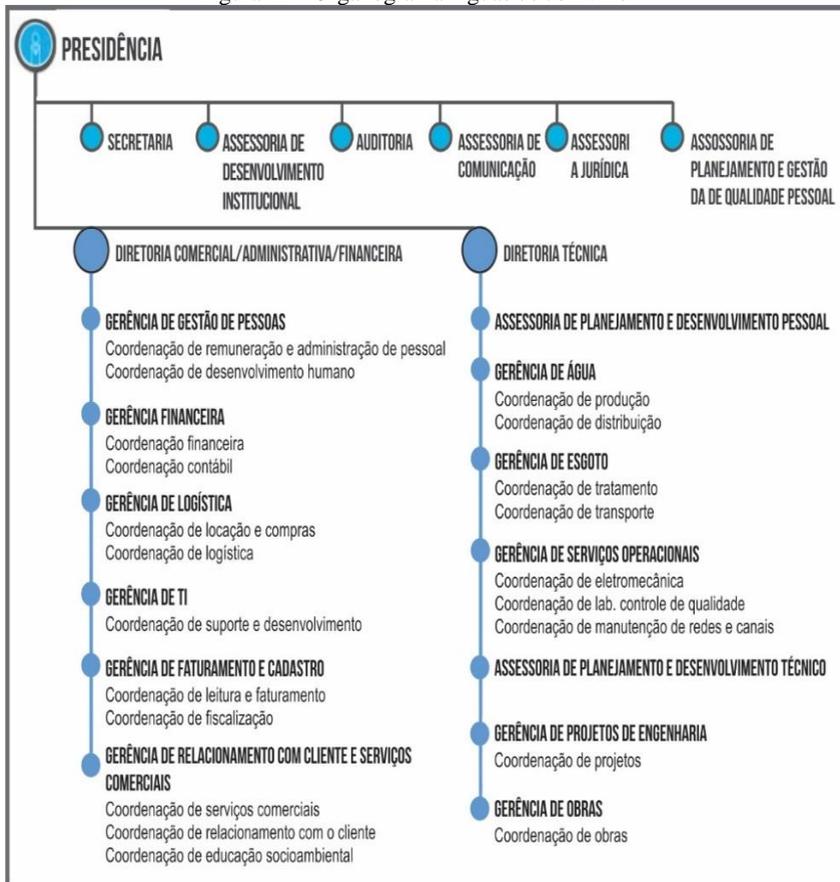
Tabela 7 - Tarifas Aplicadas pela CAJ (2017)

Categoria	Faixa	Consumo (m³/mês)	Valor em R\$
Residencial Tarifa Social Especial	1	Até 15	13,38 - tarifa única
Residencial Tarifa Social	1	Até 10	13,38 - tarifa mínima
Residencial	1	Até 10	32,91 - tarifa mínima
	2	11 a 25	5,81 por m ³
	3	Acima de 25	7,97 por m ³
Comercial	1	Até 10	48,35 tarifa mínima
	2	Acima de 10	7,59 - por m ³
Industrial	1	Até 10	48,35 - tarifa mínima
	2	Acima de 10	7,59 por m ³
Pública	1	Até 10	48,35 - tarifa mínima
	2	Acima de 10	7,59 por m ³

Fonte: Adaptado Águas de Joinville, 2017b.

A empresa tem seu organograma estruturado entre a presidência e seus subordinados na escala hierárquica, destacando-se que existe independência entre os órgãos de secretaria, assessorias e auditorias das diretorias comercial/administrativo/financeira e técnica. A Figura 12 exemplifica toda a estrutura supracitada:

Figura 12 - Organograma Águas de Joinville



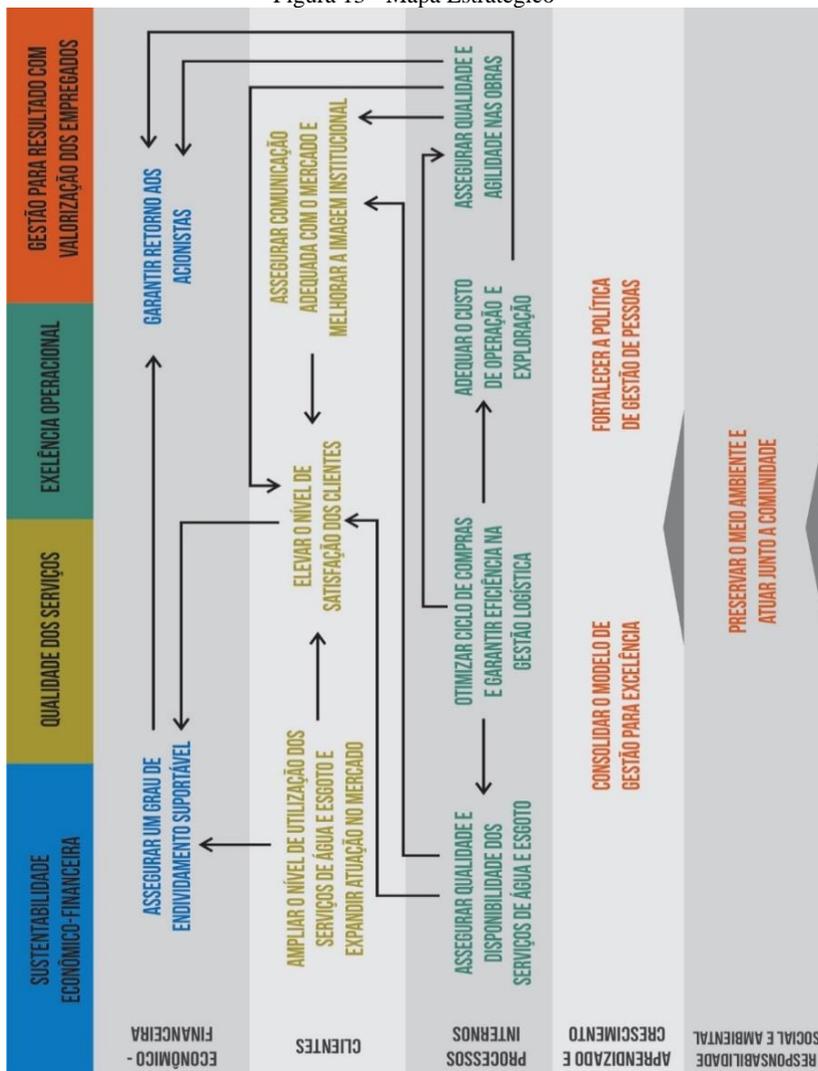
Fonte: Adaptado de Águas de Joinville (2017a)

A gerência de faturamento e cadastro realiza os trabalhos de leitura, faturamento e fiscalização, sendo essa quem coordena as ações de combates às perdas aparentes e quem possui os bancos de dados de consumo e de histórico das fiscalizações, estando diretamente ligada ao contexto do presente trabalho. Para o combate das irregularidades, esse setor está essencialmente ligado às gerências de projeto, obras e água, contando com apoio das demais gerências e sendo subordinado à presidência da empresa.

Segundo (Joinville-SC 2017), sítio oficial da concessionária, a estratégia adotada pela empresa é de desenvolvimento e penetração no

mercado, com responsabilidade socioambiental, autossustentabilidade econômico-financeira, excelência operacional e melhoria na qualidade dos serviços prestados, fatores que são exemplificados pela Figura 13.

Figura 13 - Mapa Estratégico



Fonte: Adaptado de Águas de Joinville (2017)

A temática do trabalho em perdas no sistema de abastecimento de água está diretamente ligada aos conceitos fundamentais aplicados na estratégia funcional da empresa. Desde a saúde financeira, passando pela satisfação dos clientes, em consolidação do modelo de gestão e a responsabilidade sócio ambiental, evidenciam a importância do tema e a necessidade de políticas internas de combate às perdas.

4. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados históricos de consumo mensal de usuários de água e de fiscalização de campo, sendo esses fornecidos pela Gerência de Cadastro e Faturamento, pertencente ao Sistema de Abastecimento de Água de Joinville operado pela Companhia Águas de Joinville, localizado na cidade de Joinville-SC. O período de análise de dados de consumo foi de 2011 a 2015 e de fiscalização de 2013 a 2015.

Primeiramente, buscou-se conhecer como as concessionárias de saneamento fazem para selecionar ligações possivelmente suspeitas para a fiscalização de campo. Para isso, foram feitas pesquisas em portais de trabalhos acadêmicos e na própria internet, buscando critérios adotados para avaliação de anormalidades de consumo.

Através da análise do banco de dados de consumo mensal, foi realizado uma análise exploratória, onde foi preparado o banco de dados para ser feita uma avaliação de variáveis estatísticas e do comportamento de dispersão desses valores. O propósito dessa etapa foi de excluir inconsistências nos dados, avaliar padrões de comportamento dos usuários e definir um critério para caracterizar ligações fora de um padrão de consumo geral.

Para automatizar o processo de avaliação de suspeitos, foi criada uma ferramenta informatizada, para uso da companhia, com intenção de oferecer mais praticidade e rapidez na detecção de ligações possivelmente suspeitas. Essa funcionalidade permite, a partir de um critério adotado e um banco de dados de consumo carregado, apontar ligações fora de um determinado consumo esperado e, então, fornecer a localização dessa ligação com todas as informações disponíveis no cadastro.

Para avaliar a acertabilidade do critério adotado, foram estruturados dois testes: o primeiro com a ajuda da fiscalização de campo da companhia e o segundo através de uma análise retroativa do banco de dados da fiscalização fornecido. Embora a busca por fraudes concentre-se essencialmente nos baixos consumos, também foi feita aplicado um critério adotado para altos consumos, procurando encontrar inconsistências no cadastro. Para uma melhor visualização da metodologia foi elaborado um fluxograma das etapas a serem realizadas, mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma da Metodologia



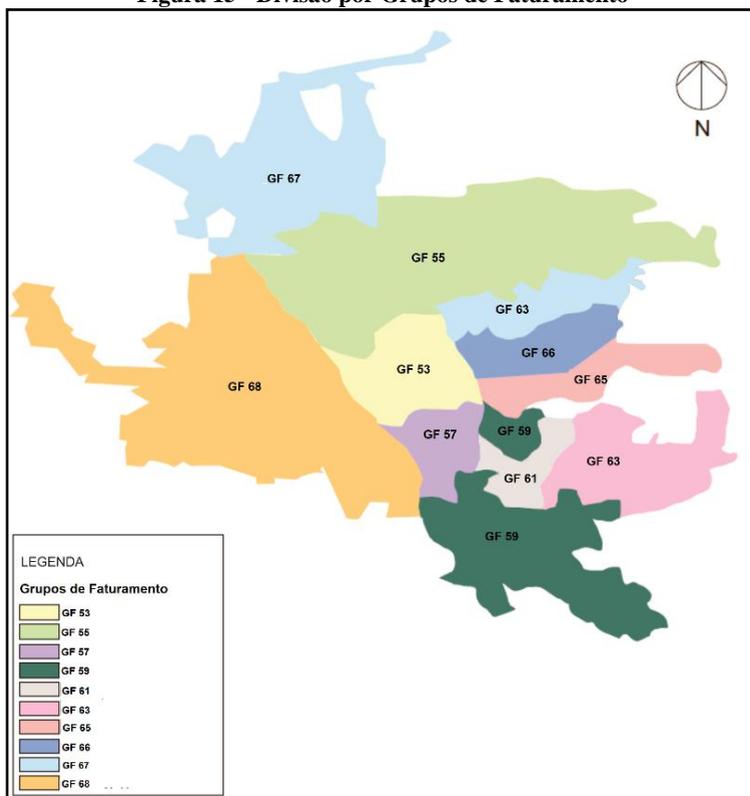
Fonte: Próprio autor.

- Área de Estudo

Para melhor administrar o sistema de abastecimento a companhia divide a cidade em Grupos de Faturamento, conforme Figura 15.

. Esses grupos tem objetivo de reunir, tal como possível, as regiões com características semelhantes nos mais variados aspectos: bairros, renda, pressão de rede, disposição da rede, etc.

Figura 15 - Divisão por Grupos de Faturamento



Fonte: Próprio autor

- Obtenção dos Dados

A companhia forneceu os dados do cadastro técnico dos anos de 2011 a 2015 (exceto meses de novembro e dezembro do último ano)

apresentando informações sobre as matrículas e seus consumos com cinco anos de histórico. As informações que compõem o banco de dados de consumo são: número de ligações, número de economias, histórico de dados de consumo (mensal), dados do hidrômetro e localização geográfica. Foram fornecidos também, porém somente dos anos de 2013 a 2015, os dados do cadastro da fiscalização da companhia, que possuem as seguintes informações:

Cliente: Serviço; Data Fiscalização; Protocolo; Matrícula; Grupo; Localização; Número de Moradores; Situação Edificação; Fonte Própria;

Consumo: Média; Consumo Mensal;

Ligação de Água: Situação Ligação de água Pelo Fiscal; Situação Ligação Água; Recorte Cavalete Executado;

Hidrômetro: Número do Hidrômetro; Situação do Hidrômetro; Lacre do Hidrômetro Rompido; Hidrômetro Invertido; Hidrômetro Invertido Pelo Cliente; Hidrômetro Inclinado;

Cavalete: Situação Do Cavalete; Situação Lacs Cavalete; Cavalete Foi Relacrado; Nº Lacre Montante do Cavalete; Nº Lacre Jusante do Cavalete; Posição do Cavalete; Proteção do Cavalete;

Caixa Padrão: Situação Caixa Padrão; Condição Lacre da Caixa Padrão; Diâmetro Do Cavalete; Material Do Cavalete; Vazamento No Cavalete; Serviço a Executar; Deixou Comunicado De Remoção De Torneira;

Irregularidades: Suspeita De Irregularidade; Tipo Irregularidade;

Outros: Vazamento Ramal; Rebaixar Ramal; Houve Acompanhamento da Fiscalização; Nome Acompanhante; Fiscalização Realizada; Fiscal Observação; Abrir Análise De Parecer; Advertência Ou Notificação Aplicada; Mês Infração De Advertência; Cavalete Inclinado; Necessário Substituir Hidrômetro.

Para organização dos dados, assim como a companhia divide a cidade em Grupos de Faturamento, esses também foram segregados dessa forma.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA FORMA DE AVALIAÇÃO DE CONSUMO DAS COMPANHIAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

. De posse do cadastro e dos registros de consumo, é possível avaliar anormalidades sobre os mesmos e, para isso, é necessário algum

critério. Com objetivo de obter os critérios já utilizados e elaborados pelas companhias foram utilizados dois caminhos: a pesquisa bibliográfica e a consulta às companhias de saneamento através da elaboração de questionários.

Em relação à pesquisa bibliográfica foram levantadas as companhias que já divulgaram algum tipo de estudo, na área de controle de cadastro comercial, através dos portais de pesquisa bibliográficas como CAPES, SCIELO E SPELL e também na própria internet. Já em relação ao questionário, esse foi transmitido a algumas prestadoras de serviço de saneamento básico para verificar seus critérios de análise de cadastro.

Por fim, foi montado um quadro confrontando os critérios adotados por outras companhias com o critério da Companhia Águas de Joinville e, também, com o critério proposto neste presente trabalho.

4.2 AVALIAÇÃO DO BANCO DE DADOS DE CONSUMO A PARTIR DE ANÁLISE EXPLORATÓRIA

Os dados cadastrais de consumo mensal foram classificados, de acordo com o número de economias e categorias, a fim de verificar se existem diferenças nos padrões de consumo entre os tipos residencial, comercial, industrial e pública, buscando encontrar características específicas de cada uma.

4.2.1 Análise geral

Na fase de análise exploratória foi feita avaliação do padrão de comportamento dos consumidores com as mesmas características cadastrais. A principal intenção foi de obter dos dados a maior quantidade possível de informação e, dessa forma, procurou-se encontrar caminhos possíveis de serem utilizados numa fase posterior, como análise confirmatória ou inferência estatística. Para análise do banco de dados foram feitas algumas considerações em relação aos dados recebidos pela companhia, sendo essas listadas abaixo:

- Para os testes foram excluídas as matrículas de 1 economia com consumos a partir de 1000m³/mês para categorias residencial e comercial e 2000m³/mês para categorias pública e industrial, por se tratarem de erros de leitura ou vazamento pós hidrômetro.

Consideram-se todos esses consumos como extrapolantes ou como vazamentos.

- Para obtenção de um padrão de dados, foram excluídas as matrículas cujos consumos não estão completos, ou seja, o período de registro de consumo não vai de 2011 a 2015.
- Foram considerados os consumos 0m^3 (zero) como $0,5\text{m}^3$ pois não são conhecidos seus valores, portanto, é escolhido um valor médio para diferenciar o consumo 0m^3 de consumo NULO, já que o banco de dados traz a informação NULL (nulo) e 0m^3 (zero), porém, em 0m^3 pode haver consumo e em NULL (nulo) não. Destaca-se que, de acordo com o erro máximo permitido pelos hidrômetros, para baixos consumos, com valor de 5%, não foi considerado neste item.
- Para a categoria residencial a cidade foi dividida em Grupos de Faturamento, tal como é feito pela CAJ, a partir da divisão por categoria e por grupos, iniciou-se a análise exploratória.

Nessa avaliação preliminar foram calculadas as médias anuais, consumos mínimos, consumos máximos, médias mensais e foi feita a separação de ligações com apenas uma economia e do restante dos dados. Também foram levantados a quantidade de dados utilizados, excluindo as inconsistências (conforme as considerações deste item). Destaca-se que as análises das 4 categorias foram divididas em: Mensal, estação do ano, anual, total e box-plot total. Destaca-se para as estações foram considerados os seguintes critérios:

Quadro 2 - Meses e Estações

Estação	Meses
Verão	Janeiro, Fevereiro e Março.
Outono	Abril, Maio e Junho.
Inverno	Julho, Agosto e Setembro.
Primavera	Outubro, Novembro e Dezembro.

Fonte: Próprio autor

4.2.2 Definição do tamanho da amostra, erro amostral e confiabilidade

Diante da grande quantidade de dados da companhia Águas de Joinville, antes de iniciar a análise exploratória de dados, foram aplicados os conceitos de erro amostral e confiabilidade de amostra a fim de obter amostras representativas de um conjunto de dados.

Desta forma, o banco de dados foi reduzido e foi possível trabalhar com um número, consideravelmente, menor de matrículas, facilitando a obtenção de respostas dos dados.

A grande quantidade de dados possibilitou a busca por erros amostrais pequenos. A partir disso, aplicou-se a equação do erro amostral (equação 1), onde, a partir do tamanho da amostra, buscou-se obter o menor erro para cada categoria ou grupo de faturamento em análise. Associado aos mesmos fatores também foi utilizado o conceito de confiabilidade dos dados, porém, nesse caso procurou-se encontrar o maior valor possível, ou seja, o maior nível de confiança aplicando a equação 2.

4.2.3 Estudos estatísticos

A partir da organização dos dados, foi utilizado o software Statistica Statsoft 12.0 para leitura e cálculo dos principais parâmetros estatísticos, sendo eles: Média, mediana, moda, frequência da moda, quartis, variância e desvio padrão.

Já para verificação da distribuição dos dados foram feitos os seguintes gráficos: histograma, box-plot (com quartis de 25% até 75%) e gráficos de curva de tendência. Além disso, foi usado o software para visualizar a tendência da curva de distribuição de dados por consumo, onde foram feitos testes com a curva log-normal.

4.2.4 Análise comparativa entre ligações de 1 e 2 economias

Foi avaliada a hipótese de a média de consumo de uma economia corresponda a média de consumo de duas economias somadas, ou seja, se ligações de, por exemplo, duas economias, equivalem, em consumo, a duas ligações de uma economia somadas. Para isso foram calculados, do período de 2011 a 2015, os consumos médios mensais, medianas, consumos máximos das médias mensais e consumos mínimos das médias mensais, para ligações com uma economia e para ligações com duas

economias.

A partir do levantamento desses dados, esses foram comparados entre ligações de uma e duas economias e, então, verificou-se se a diferença de consumos correspondia a 100%, ou seja, se a hipótese levantada era verdadeira.

4.2.5 Definição do critério adotado

Para determinar o critério de classificação de uma ligação como suspeita foram utilizados dois caminhos, ambos com bases na análise exploratória. Para a categoria residencial foi feita a avaliação a partir do banco de dados das ligações efetivamente irregulares, já que havia esses dados disponibilizados pela companhia. Já para as outras categorias, apenas foi definido um critério a partir das análises estatísticas de suas bases de dados.

a. Categoria Residencial

1. Foram selecionadas as ligações comprovadamente irregulares;
2. Para cada ligação efetivamente irregular, foram levantados os consumos irregulares correspondentes.
3. Após o registro do consumo irregular, foi feita a média antes e depois da detecção da irregularidade para cada matrícula.
4. Foram excluídas as matrículas as quais não poderiam ser detectadas através de diferença de consumo, ou seja, não houve variação média antes e depois da detecção da irregularidade.
5. Foram excluídos os consumos nulos. (Considera-se que consumos nulos ou consumos registrados como 0, que podem variar entre 0,0 e 0,99), pois não há medida estatística de classificação em suspeitos que possa ser aplicada a um consumo nulo.
6. Aplicou-se a medida de diagrama de caixas nos consumos irregulares dessas matrículas
7. As pontas da caixa do box-plot (utilizou-se 10% e 90%) são considerados a margem de corte das matrículas suspeitas.

A partir dos resultados avaliou-se um critério que define a faixa de consumo onde as ligações fossem consideradas não suspeitas e outra faixa onde as ligações fossem consideradas suspeitas. Para isso, foi

definido que o consumo registrado da faixa dos 10% menores das ligações é considerado suspeito (para baixos consumos) e o consumo registrado acima de 90% dos consumos (para altos consumos) é considerado inconsistente estatisticamente.

b. Para as Categorias Comercial, Industrial e Pública

Para as outras categorias (comercial, industrial e pública) diante da indisponibilidade de dados de ligações efetivamente irregulares, foram utilizados os próprios dados de consumo gerais de cada categoria. Diante disso, apenas são apontadas prováveis inconsistências no cadastro, ou seja, ligações com um comportamento estatístico de consumo diferente da maioria.

Para essa avaliação optou-se também pelo estudo estatístico de box-plot, onde também pelos extremos de 10% e 90%, foram definidos os consumos estatisticamente distantes. Destaca-se que para a categoria residencial utilizou-se esse critério somente para altos consumos.

4.3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA INFORMATIZADA

A partir da análise exploratória foi criada uma ferramenta informatizada com objetivos de listar matrículas possivelmente irregulares. O programa foi desenvolvido em linguagem de programação a partir do software Java Platform Enterprise Edition, sendo que sua diferencial é que ele não é um programa desktop, ou seja, sua informação está na rede sendo editável a partir de qualquer computador que tenha autorização no sistema. O foco foi criar uma ferramenta que possa ser usada por qualquer companhia e para qualquer comportamento de consumo de qualquer usuário.

A ferramenta é composta por quatro estruturas básicas, sendo elas: Banco de Dados, Resultados, Definição de Critério e Cadastro de Usuários. Cada tipo de usuário tem seu limite de permissões, existindo o tipo de uso consultivo e o uso de desenvolvedor.

A meta é avaliar uma matrícula que seja estatisticamente fora de um padrão determinado e, a partir disso, direcionar as ações de combate a fraudes. Destaca-se que as ligações apontadas são anormalidades de consumo e não necessariamente uma irregularidade.

O grande foco da Companhia Águas de Joinville é encontrar usuários do sistema que praticam ilegalidades, ou seja, fraudam o

sistema de medição e cadastro para pagar menos do que verdadeiramente consomem. Diante disso, o objetivo principal da ferramenta é de procurar ligações com baixo consumo, já que são essas onde ocorrem as situações supracitadas e onde há perda de faturamento pela companhia. A ferramenta como funcionalidade, três menus principais, sendo esses: Critério, Banco de Dados e Resultados.

4.3.1 Definição do critério

O critério adotado foi definido a partir da análise exploratória (item 4.2.5), neste menu o usuário deve colocar os consumos que são considerados a faixa de corte, entre uma matrícula suspeita e um consumo considerado normal.

Destaca-se que o critério adotado para seleção de suspeitos é mutável, ou seja, o critério distancia, a partir de um determinado valor, pode ser modificado para um critério que se aproxime mais da realidade da cidade, o qual pode ter maior efetividade.

É importante que o critério passe por uma calibração, com objetivos de adaptá-lo a situações locais específicas, em virtude disso a ferramenta foi elaborada com o critério editável para todas as categorias de análise. Para encontrar o melhor valor, são necessários testes de campo para comprovar sua eficácia, portanto, o critério adotado é somente uma opção, estando sujeita a ser melhor ou pior do que os critérios já aplicados.

4.3.2 Banco de dados

O banco de dados foi criado como uma função meramente consultiva, tendo grande importância porque é a partir dele que toda a análise de avaliação de suspeitos é feita. Na sua tela foram inseridos os seguintes dados de uma ligação: matrícula, código de localização, endereço, número de economias, categoria, consumo dos últimos 3 meses e média dos consumos.

A grande importância dessa etapa se dá porque o sistema de detecção de ligações suspeitas (com anormalidade no consumo, segundo o critério estabelecido) é automatizado a partir do banco de dados do histórico de consumo, que deve ser atualizado mensalmente. Diante disso, a ferramenta nada mais é do que a transcrição para uma linguagem computacional desta metodologia, onde a média de consumo dos últimos quatro meses é comparada a uma faixa de consumo esperado.

4.3.3 Resultados

Essa parte da ferramenta foi a principal da estrutura elaborada, sendo através dela onde são apontadas as ligações potencialmente suspeitas. Utilizando o banco de dados e o critério foi criado um algoritmo onde são gerados resultados, ou seja, uma lista de matrículas potencialmente suspeitas.

Dentro da função de resultados, foi criada uma opção de filtro na qual se pode escolher a região de investigação, procurar por setor, bairro e categoria. Além dos critérios de procura semelhantes ao da tela de banco de dados (Matrícula e Endereço) pode aplicar filtro por setor, grupo de faturamento, categoria, bairro e porcentagem em relação à média. Destaca-se que na opção do filtro, onde é feita a escolha da porcentagem em relação à média, é o local onde é definida a faixa de consumo onde a ferramenta busca irregularidades.

Após a composição do filtro são exibidas as ligações conforme a característica definida e então é possível classificar, as ligações suspeitas, em ordem crescente ou decrescente definindo suas prioridades de investigação.

Para a formação da tabela código, que foi inserida na linguagem de programação, foram utilizadas 6 variáveis, como pode ser observado no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 - Cabeçalho da Planilha do Cálculo Método de Investigação

Matrícula	Categoria	Número de Economias por Categoria	Última Leitura (m ³)	Situação	Endereço
Número de Identificação da Ligação (correspondente ao hidrômetro instalado)	(Residencial, comercial, industrial ou pública)	Número de economias declaradas em cadastro, por categoria, na ligação.	Último valor de consumo registrado no banco de dados.	Normal ou Anormal (abaixo ou acima do consumo considerado normal).	Endereço de localização do hidrômetro correspondente à matrícula.

Fonte: produção do próprio autor

Vale destacar que os dados: matrícula, categoria, número de economias por categoria, última leitura e endereço foram obtidos pela função banco de dados da companhia e que somente o dado de situação, o qual passa pelo critério definido pela metodologia, foi determinado pela ferramenta.

Em relação à coluna situação, o algoritmo trabalha comparando consumos, onde a média das quatro últimas leituras passará pela análise do critério definido. A situação de cada matrícula é verificada após varredura conforme as opções marcadas na parte de filtro. Por fim, a marcação da coluna situação é considerada normal ou anormal (acima ou abaixo do consumo, mais afastados do consumo médio geral).

4.4 AVALIAÇÃO DA ACERTABILIDADE DA FERRAMENTA

Para avaliação da efetividade da seleção do critério adotado, foram utilizados dois métodos, sendo ambos com o auxílio da equipe de fiscalização da companhia, sendo um de maneira direta com fiscais em campo e outro através do resgate do banco de dados da fiscalização.

4.4.1 Avaliação da acertabilidade por testes de campo

Para o método de fiscalização de campo foi feito uma seleção de ligações que passaram pelo critério de baixo consumo. Foram selecionadas 129 ligações aleatórias e, a partir dessa lista, os fiscais de campo seguiram para os endereços dessas localidades, onde averiguaram os mais diversos fatores, sendo eles: Situação da ligação (Ativa, cancelada, corte no cavalete), situação do imóvel (construído e/ou habitado), se há fonte própria de água, situação da caixa padrão, situação do hidrômetro, situação do cavalete e se há ligação clandestina.

4.4.2 Avaliação da acertabilidade por análise retroativa

A Companhia Águas de Joinville possui, além do histórico de consumo de cada matrícula do seu cadastro, um histórico de fiscalização. Esse documento tem registro de todas as ligações efetivamente irregulares que foram fiscalizadas pela companhia e os investigados não irregulares.

Primeiramente, a partir do banco de dados da própria companhia, foram feitas avaliações da efetividades das fiscalizações de campo, considerando os seguintes parâmetros para irregularidades: Hidrômetro danificado com fraude, hidrômetro invertido, hidrômetro inclinado,

ligação clandestina e fraude por by-pass. Com isso obteve-se a eficiência da companhia e um valor comparativo para a ferramenta proposta.

Para avaliar o potencial de acertabilidade do critério, a partir do arquivo de banco de dados da fiscalização da Companhia Águas de Joinville e dos resultados de todas as matrículas residenciais apontadas pela ferramenta, uma análise comparativa para constatar se as ligações apontadas eram de fato irregulares.

A partir dos dados da planilha da fiscalização da companhia, os tipos de irregularidades consideradas a ser detectadas através do baixo consumo foram: Ligações clandestinas e by pass, hidrômetro invertido, hidrômetro inclinado e hidrômetro danificado com fraude. Dentro desse contexto, todas as ligações classificadas com as irregularidades supracitadas que estiverem na lista de suspeitos, criada a partir do critério da ferramenta, são consideradas efetivamente irregulares.

Com bases no critério adotado para o trabalho, todas as ligações em que a média dos últimos 4 meses ficarem abaixo do consumo definido como limite para baixos consumos ou acima para o limite definido para alto consumo são consideradas suspeitas e sujeita a fiscalização de campo (1º caso) ou passíveis de atualização cadastral (2º caso). Esse número de meses foi escolhido buscando uma passagem de estação meteorológica (conforme Quadro 2) de a média de consumo e o critério adotado.

4.5 VERIFICAÇÃO DE ALTOS CONSUMOS

A partir do critério adotado, porém, com foco nos altos consumos, foi feita análise para ligações de uma economia de todas as categorias. Após a análise, foi levantado o quantitativo de matrículas que se enquadram como inconsistentes, segundo o critério adotado, sendo que esse foi apresentado em forma de tabelas.

Evidencia-se que não foi feita comprovação de efetividade deste método, pois o foco da companhia é nos baixos consumos, portanto, somente foi feito um levantamento da quantidade de ligações que estão de acordo com esse conceito.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PROCEDIMENTOS UTILIZADOS POR COMPANHIAS DE SANEAMENTO PARA AVALIAR ANORMALIDADES SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA

O questionário aplicado, enviado por e-mail para as companhias, encontra-se no item de Apêndice-A, já as respostas de cada uma delas encontram-se no item 5.1.2 transformadas em tabelas. As companhias que responderam ao questionário foram: Companhias Águas de Joinville (CAJ), Companhia Catarinense Saneamento Básico (CASAN), Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e a Companhia Águas de Guabiroba que é a concessionária de Campo Grande no Mato Grosso do Sul, destaca-se que o questionário foi enviado para 16 companhias de saneamento de todo o Brasil.

5.1.1 Respostas das companhias

Anteriormente às respostas, resgatou-se o enunciado das perguntas aplicadas no questionário para um sequenciamento lógico e melhor entendimento. As perguntas procuraram esclarecer de maneira direta os critérios utilizados de companhias de saneamento para encontrar anormalidades no consumo.

Pergunta 1 - Nome e endereço da Companhia / Unidade? Quais são os critérios utilizados para considerar a existência ou não de anormalidade (consumo fora da faixa esperada), sobre o volume consumido por uma ligação / economia(s) de água num determinado mês? (Respostas conforme Quadro 4).

Quadro 4 - Respostas da Pergunta 1 do Questionário

COMPANHIA	RESPOSTA
CAJ	<ul style="list-style-type: none"> • Análise crítica pelo consumo e histórico do cliente com apontamentos feitos pelo leiturista. • Ligação cortada a mais de 7 dias; • Denúncias; • Pesquisa em sistema próprio(Sistema Informatizado) em clientes/matriculas ativas/canceladas; • Ligações que tiveram deslocamento de ramal ou hidrômetros que não geram leituras; • Pente fino em determinadas regiões, fiscalização casa a casa.
CASAN	<ul style="list-style-type: none"> •Problemas relacionados ao hidrômetro; •Queda média anual > 25% e média acima da tarifa mínima (10m³/mês) •Queda média anual > 50% e média acima de 50% da tarifa mínima (10m³/mês) •Queda de volume tarifado > 30% e R\$40,00 •Queda fatura e consumo > 25% (na troca)
CORSAN	É considerado 2,5 vezes a média de consumo do Usuário.
COPASA	O ponto de partida para análise de imóveis cujo consumo saiu da faixa média de consumo é 60%. As contas com variação acima desse patamar são analisadas, diariamente. O faturamento de nossos usuários está distribuído em 20 grupos de processamento, sendo que cada grupo é processado num dia. Esta organização viabiliza a execução das atividades no decorrer do mês.
Águas de Guabiroba -MS	Apontamento dos leituristas; Auto denuncia, Verificação de Irregularidade; Consumo Baixo e Zero e Vistorias de cortes.

Fonte: Produção do próprio autor.

Entre as empresas que apresentam critérios pré-estabelecidos: CASAN, CORSAN e COPASA, destaca-se a companhia catarinense que possui critérios mais elaborados. Já a companhia em estudo (CAJ), faz suas fiscalizações com bases em análises de leituristas, fiscalização, colaboradores do cadastro, Software Sansys (citado na bibliografia),

sem um critério fixo estabelecido. A Águas de Guabiroba, tem uma atuação semelhante à CAJ com a diferença que são feitas vistorias em consumos baixos (sem critério estabelecido) e em ligações cortadas. Já o critério adotado pelo presente trabalho, assim como os critérios da CASAN, CORSAN e COPASA, utiliza a média como ponto de partida para averiguar uma ligação.

Pergunta 2- Quanto ao número de ligações submetidas à análise em busca de possíveis anormalidades sobre o volume consumido, objeto da pergunta 1 ? () todas a ligações de um dado sistema, setor, etc; () um número representativo de ligações ? Quanto?; () outro? Qual ? (Respostas conforme Quadro 5)

Quadro 5 - Respostas da Pergunta 2 do Questionário

COMPANHIA	RESPOSTA
CAJ:	O número representativo é baseado na quantidade levantada, mediante critérios citados acima.
CASAN	Todas as ligações.
CORSAN	São avaliadas somente as situações onde o usuário questiona o consumo que, em tese, fugiu da média.
COPASA	Todas as ligações de um dado sistema, setor, etc.
Águas de Guabiroba	Em média 7.000 ligações mês, a demanda é gerada de acordo com a capacidade de execução das equipes.

Fonte: Produção do próprio autor.

No geral todas as concessionárias declararam que fazem uma varredura geral em seus sistemas, procurando atingir o maior número de ligações possível, independente de categoria, bairro ou número de economias. A exceção foi a empresa CORSAN onde a resposta fugiu um pouco a pergunta aplicada, foi respondido o ponto de vista do usuário e sua possibilidade de questionamento.

Pergunta 3 - Quanto ao método/recursos usados para fazer essa

análise ? () pesquisa sobre material impresso; () uso de planilha eletrônica - Excel; () software específico: Qual? () outra opção: Qual ? (Respostas conforme Quadro 6).

Quadro 6 - Respostas da Pergunta 3 do Questionário

COMPANHIA	RESPOSTA
CAJ:	Uso da planilha eletrônica do Excel, uso do software Sansys e verificação em campo, com utilização de geofone e outros equipamentos;
CASAN	Software Próprio. (Hidrolupa®)
CORSAN	Utilização de software, o equipamento utilizado para coleta da leitura apresenta informação de consumo acima da média e solicita confirmação da leitura informada. A complementação da análise dá-se dentro do sistema comercial corporativo;
COPASA	Software Próprio (SICOM®)
Águas de Guabiroba	Sistema Comercial;

Fonte: Produção do próprio autor.

Todas as companhias utilizam ferramentas informatizadas dentro do contexto dos dados de cadastro e consumo. Nenhuma delas entrou em maiores detalhes em quais as funcionalidades de um deles, porém, sobre a CAJ, nenhuma função específica de busca de irregularidade consta nas planilhas eletrônicas ou no software Sansys.

Pergunta 4 – Quanto a relação Anormalidade / Irregularidade dentro do conjunto de análises realizadas ? Qual a porcentagem de casos tidos como “Anormalidade” se confirmaram, após averiguação, como “Irregularidade” ? (%) () Aspecto não avaliado. (Respostas conforme Quadro 7).

Quadro 7 - Respostas da Pergunta 4 do Questionário

COMPANHIA	RESPOSTA
CAJ:	Em torno de 75 % para caça fraudes e 30% para fiscalização. A assertividade do caça fraudes é bem superior, pois inicialmente é apontada pela fiscalização e posteriormente é enviado outro fiscal (da equipe caça fraudes) para fazer análise do apontamento e só então envia-se a equipe com máquinas e equipamentos para retirada da fraude.
CASAN	12 a 15%
CORSAN	Aspecto não avaliado
COPASA	Aspecto não avaliado
Águas de Guabiroba	Em torno de 50%.

Fonte: Produção do próprio autor.

As empresas CORSAN e COPASA não possuem avaliação de eficiência de suas buscas por fraudes e irregularidades/inconsistências, já a empresa CASAN possui um valor próximo ao encontrado pelo critério adotado pela ferramenta proposta no presente trabalho, que é de 13,8% para inconsistências no teste de campo e até 13,12%, pela análise retroativa, no Grupo de Faturamento 55 conforme Tabela 26.

Os destaques ficam para as empresas CAJ, embora o valor de 30% não tenha sido encontrado através do banco de dados apresentados para o estudo do presente trabalho, e para Águas de Guabiroba com 50% de efetividade. Esses valores altos podem ser em virtude, como o da empresa de Joinville, relacionados a programas caça-fraude onde já é feita uma fiscalização prévia de uma região propensa a apresentar irregularidades.

Pergunta 5 – Foi observado, no sistema/setor considerado, o predomínio de ocorrências de anormalidades, proporcionalmente ao número de ligações e categorias de economias associadas, conforme descrito? (com respostas conforme Quadro 8).

- Em ligações contendo apenas economia(s) residencial(is);
 Em ligações contendo apenas economia(s) comercial(is);
 Em ligações contendo apenas economia(s) industrial(is);
 Em ligações contendo apenas economia(s) pública (s);
 Em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is);
 Outra configuração: Qual ?
 Não foi observado predomínio ou não foi considerado significativo
 Aspecto não avaliado

Quadro 8 - Respostas da Pergunta 5 do Questionário

COMPANHIA	RESPOSTA
CAJ:	Em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is).
CASAN:	Ligações de Todas as Categorias.
CORSAN:	Para todas as categorias, sendo a maior incidência entre residenciais e públicas.
COPASA:	Aspecto não avaliado.
Águas de Guabiroba:	Em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is).

Fonte: Produção do próprio autor.

Com exceção da CASAN que detecta em todas as categorias e da COPASA que não avalia esse aspecto, todas as outras companhias encontram anormalidades predominantes nas categorias residenciais e comerciais. Esse fator é possivelmente em virtude de essas ligações estarem em maior quantidade e possuírem consumos menores, já que é interesse da companhia não perder faturamento, o monitoramento de grandes consumidores é essencial.

5.1.2 Outros critérios obtidos por pesquisa bibliográfica

Além da aplicação do questionário, através de pesquisa bibliográfica para encontrar dados divulgados sobre a temática, encontrou-se o critério adotado pela CAERN, exemplificado na Tabela 3 no item de revisão bibliográfica.

O grande diferencial do critério adotado pela CAERN é que a aplicação é feita dependendo do tipo de consumo e do tipo de anormalidade, entretanto, não apresenta diferenciação entre as categorias. Destaca-se, também, que há uma procura por altos consumos, fator que pode não ser vantajoso financeiramente para a empresa, no entanto traz grande retorno na área de gestão e atualização cadastral.

As das companhias que responderam o questionário, diferentemente da CAERN e da proposta do presente trabalho, não demonstraram preocupação com grandes consumos, fato que é preocupante devido à possibilidade de haver perdas por vazamentos, desperdício de água tratada, falhas cadastrais, entre outros problemas. Ressalta-se que a busca por diminuição no índice de perdas deve envolver todos os aspectos, tanto financeiros como ambientais e de sustentabilidade.

5.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO BANCO DE DADOS DE CONSUMO

Neste item foram obtidos sobre o resumo dos dados utilizados, o cálculo de erro amostral e nível de confiança utilizados, os cálculos de dados estatísticos e tendências de dispersão, além do comparativo entre categorias de 1 e 2 economias. Destaca-se a utilização que o software Statistica Statsoft foi utilizado tanto para a análise das medidas de tendência quanto para a construção de gráficos.

5.2.1 Definições de amostra e erro amostral

A Tabela 8 mostra em resumo todos os dados fornecidos pela CAJ e também os dados que foram utilizados, após a as considerações da metodologia (item 4.2.1). Evidencia-se que apenas a categoria residencial foi dividida em Grupos de Faturamento (Figura 15), sendo que as outras categorias, em virtude de possuir menos matrículas, optou-se por considerar a toda a cidade para manter a representatividade

estatística dos dados.

Tabela 8 – Resumo dos Dados Utilizados

	Total Ligações	Utilizadas (Retirando Matrículas Segundo Critério de Exclusão Adotado)	Taxa De Utilização dos Dados
GF 53	10.825	3.685	34,04%
GF 55	16.587	8.152	49,15%
GF 57	9.118	4.768	52,29%
GF 59	16.481	9.509	57,70%
GF 61	12.401	7.364	59,38%
Residencial GF 63	21.630	12.418	57,41%
GF 65	13.691	9.355	68,33%
GF 66	12.879	9.353	72,62%
GF 67	16.569	9.765	58,94%
GF 68	17.952	10.431	58,10%
Comercial	8.708	4.249	48,79%
Industrial	1.589	577	36,31%
Pública	654	171	26,15%
Outras ligações mistas não utilizadas (Mistas ou outra combinação com 1 economia)	4618		
Ligações com mais de 1 Economia	3.058		
Total de Ligações:		166.760	

Fonte: Próprio autor

A

Tabela 9 mostra a utilização dos conceitos de estatística em relação à confiabilidade da amostra. Foram aplicadas as equações 1 e 2

procurando obter o erro amostral mínimo para cada categoria.

Tabela 9 Utilização das Equações de Erro Amostral e Confiabilidade

Categoria da Ligação	Erro Considerado (%) (Equação 1)	Confiabilidade (Equação 2)	Tamanho da Amostra Necessário	Tamanho da Amostra Utilizado	
Residência I (1 ligação 1 economia)	GF 53	0,2	99%	2.999	3.685
	GF 55	0,2	99%	3.318	8.152
	GF 57	0,2	99%	2.851	4.768
	GF 59	0,1	99%	8.268	9.509
	GF 61	0,1	99%	7.098	7.364
	GF 63	0,1	99%	9.389	12.418
	GF 65	0,1	99%	7.581	9.355
	GF 66	0,1	99%	7.251	9.353
	GF 67	0,1	99%	8.290	9.765
	GF 68	0,1	99%	8.622	10.431
Comercial (1 economia)	0,2	99%	2.810	4.249	
Industrial (1 economia)	0,5	99%	462	577	
Pública (1 economia)	0,9	99%	157	171	

Fonte: Próprio autor

É importante destacar que foram considerados em todos os casos, níveis de confiança de 99% e, conforme possível, um erro amostral mínimo de 0,1%, sendo que foi utilizado, até no máximo 0,2% para a categoria residencial e até 0,5% para outras categorias. Esses valores trazem segurança à pesquisa devido à representatividade da amostra.

5.2.2 Análises estatística por categorias

Os resultados da análise exploratória foram organizados em

tabelas e gráficos elaborados com auxílio do Software Statística (citado na metodologia). As considerações sobre os resultados de cada categoria seguem ao final de cada item correspondente.

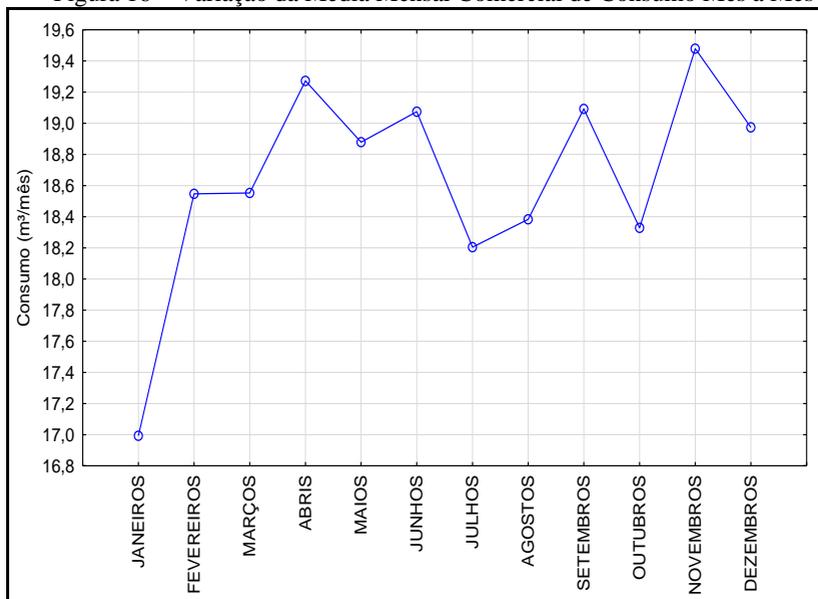
5.2.2.1 Categoria comercial

Tabela 10 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Comercial

Mês	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
Jan.	16,99	21.245	8	1	1.654	0,5	829	32,68
Fev.	18,55	21.245	9	1	1.430	0,5	714	34,98
Mar.	18,55	21.245	9	2	1.367	0,5	732	33,84
Abr.	19,27	21.245	10	0,5	1.404	0,5	980	37,6
Mai.	18,88	21.245	9	0,5	1.422	0,5	827	36,8
Jun.	19,07	21.245	9	0,5	1.447	0,5	934	36,64
Jul.	18,2	21.245	9	0,5	1.419	0,5	847	34,57
Ago.	18,38	21.245	9	0,5	1.456	0,5	922	34,95
Set.	19,09	21.245	10	0,5	1.353	0,5	961	35,84
Out.	18,33	21.245	9	0,5	1.405	0,5	868	33,9
Nov.	19,48	16.996	10	0,5	1.065	0,5	865	35,1
Dez.	18,97	16.996	10	0,5	1.071	0,5	721	33,88

Fonte: Próprio autor

Figura 16 – Variação da Média Mensal Comercial de Consumo Mês a Mês



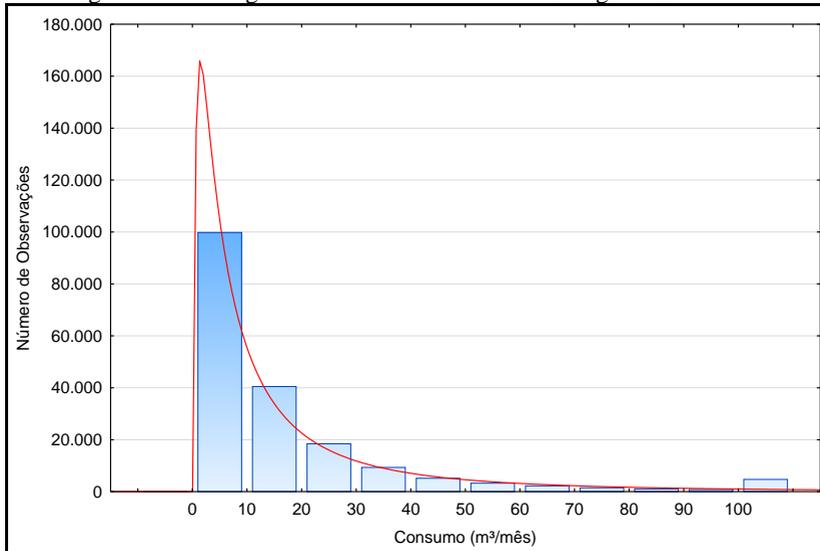
Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Tabela 11 – Resumo do Total dos Dados de Consumo Categoria Comercial Utilizados

Ano	Média	No. Obs.	Mediana	Moda	Frequência da Moda	Consumo Mínimo	Consumo Máximo	Desvio Padrão
2011-2014	18,87	186.956	10	0,5	11.974	0,5	980,0	34,8

Fonte: Próprio autor

Figura 17 – Histograma do Total dos Dados da Categoria Comercial



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Tabela 12 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Comercial

Estação do Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mín. (m³/mês)	Consumo Máx. (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
Verão	18,03	63.735	9	1	4.421	0,5	829	33,85
Out.	19,08	63.735	9	0,5	4.273	0,5	980	37,01
Inver.	18,56	63.735	9	0,5	4.228	0,5	961	35,13
Prima.	18,88	55.237	10	0,5	3.541	0,5	868	34,27

Fonte: Próprio autor

Figura 18 – Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Comercial

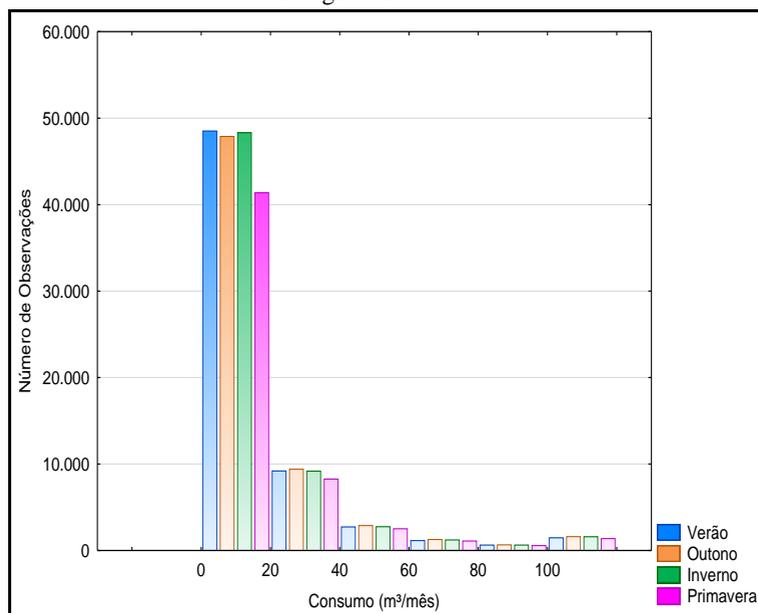
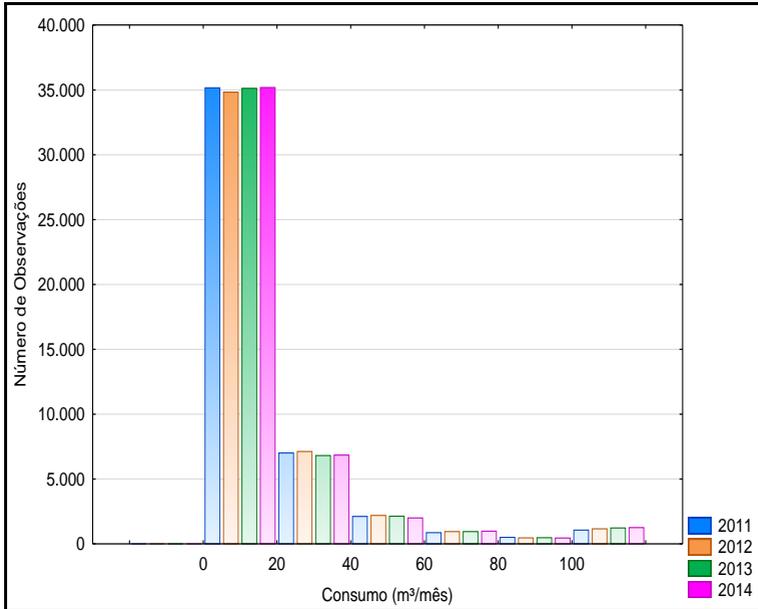


Tabela 13 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Comercial

Ano	Média (m ³ /mês)	No. Obs.	Mediana (m ³ /mês)	Moda (m ³ /mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m ³ /mês)	Consumo Máximo (m ³ /mês)	Desvio Padrão (m ³ /mês)
2011	18,56	46.739	10	1	2.824	0,5	791	33,19
2012	19,01	46.739	10	0,5	2.892	0,5	980	34,98
2013	18,99	46.739	9	0,5	3.024	0,5	865	35,2
2014	18,94	46.739	9	0,5	3.252	0,5	868	35,79

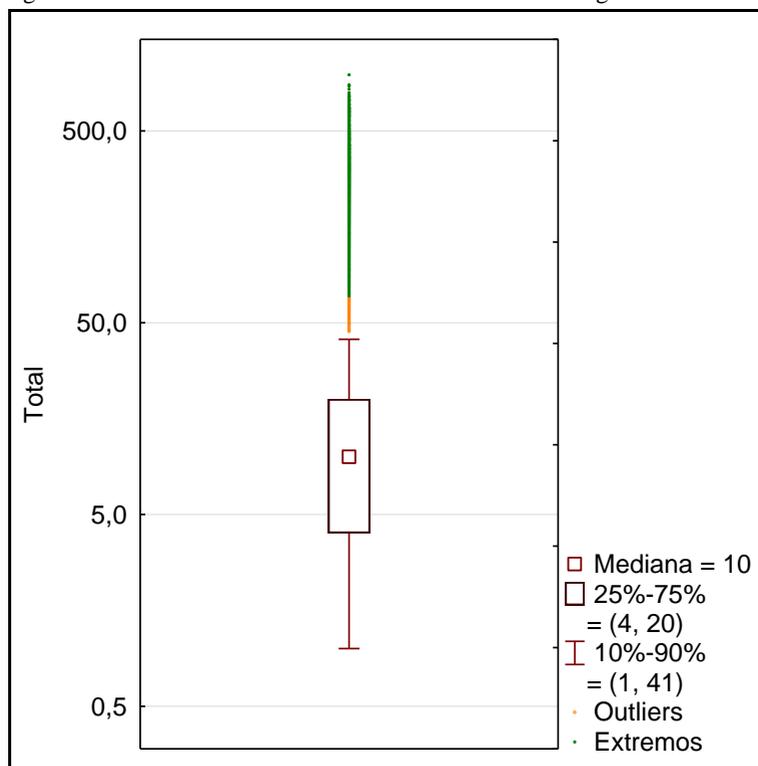
Fonte: Próprio autor

Figura 19 – Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Comercial



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Figura 20 – Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Comercial



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Seguem abaixo algumas constatações sobre as figuras que trazem informações sobre a distribuição (dispersão) dos dados (Figuras 17 a 20) e, também, o resumo das variáveis estatísticas (Tabelas 10 a 14).

- Janeiro é o mês de menor consumo e Novembro o mês de maior consumo.
- O histograma total dos dados demonstrou que a maior dos consumos se encontra entre 0 e 10m³, isso mostra a tendência à baixos consumos para essa categoria. Outro fator relevante é que a linha de tendência evidencia que a os consumos se comportam de maneira log-normal.

- Não há grande variação entre as estações do ano e tampouco variação considerável de consumo de ano a ano.
- O gráfico Box Plot demonstra que o intervalo de porcentagem dos dados de 25% a 75% começa no consumo de 4m³/mês e termina no consumo de 20m³/mês, ou seja, metade dos valores estão entre esses consumos. Há uma grande variação entre o consumo mínimo e máximo registrado, evidenciando que a grande quantidade de ligações aumenta a possibilidade de, apesar de as matrículas pertencerem à mesma categoria, elas são bem distintas em relação ao padrão de consumo.

Evidencia-se que o critério adotado pela ferramenta, para altos consumos, é o registro de 90% dos dados, ou seja, o valor de 41m³/mês representa que abaixo dele há 90% das observações e acima 10% dos dados de consumo.

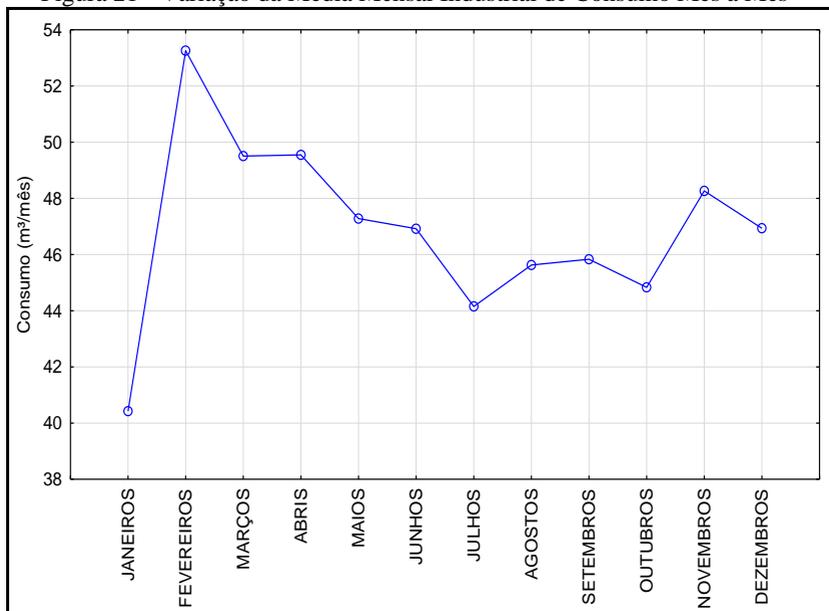
5.2.2.2 Categoria industrial

Tabela 14 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Industrial

Mês	Média (m ³ /mês)	No. Obs.	Mediana (m ³ /mês)	Moda (m ³ /mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m ³ /mês)	Consumo Máximo (m ³ /mês)	Desvio Padrão (m ³ /mês)
Jan.	40,42	2.885	13	0,5	200	0,5	1.405	91,17
Fev.	53,26	2.885	17	0,5	169	0,5	1.673	118,82
Mar.	49,51	2.885	16	0,5	174	0,5	1.163	100,74
Abr.	49,55	2.885	16	0,5	173	0,5	1.067	100,44
Mai.	47,28	2.885	16	0,5	181	0,5	1.041	97,49
Jun.	46,92	2.885	16	0,5	183	0,5	1.030	96,25
Jul.	44,15	2.885	15	0,5	190	0,5	1.069	91,84
Ago.	45,63	2.885	15	0,5	173	0,5	1.129	95,31
Set.	45,83	2.885	15	0,5	167	0,5	885	94,79
Out.	44,83	2.885	15	0,5	178	0,5	1.084	91,72
Nov.	48,27	2.308	16	0,5	135	0,5	1.392	101,96
Dez.	46,94	2.308	17	0,5	134	0,5	1.243	95,32

Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Figura 21 - Variação da Média Mensal Industrial de Consumo Mês a Mês



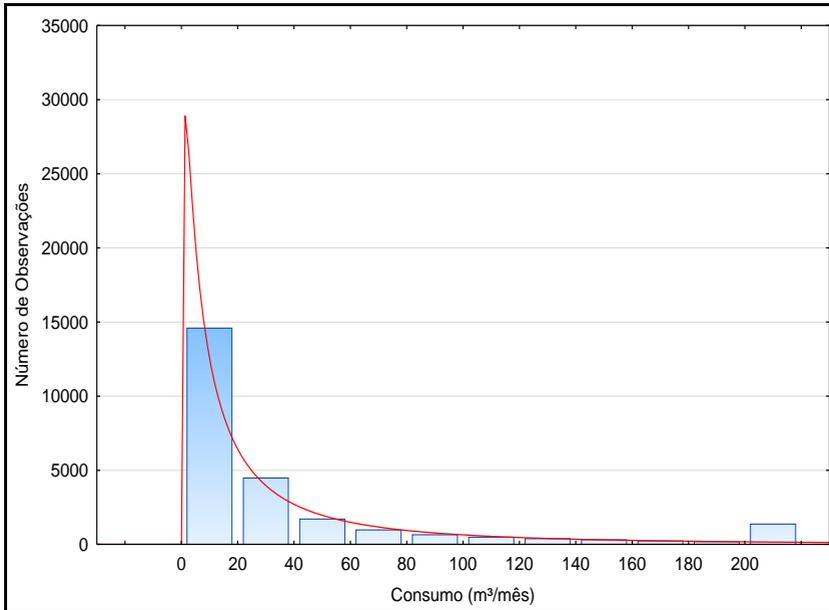
Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Tabela 15 – Resumo do Total dos Dados de Consumo Categoria Industrial Utilizados

Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
2011-2014	48,08	25.388	16,00	0,5	1.493	0,5	1.673,00	99,93

Fonte: Próprio autor

Figura 22 - Histograma do Total dos Dados da Categoria Industrial



Fonte: Próprio autor

Tabela 16 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Industrial

Estação do Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
Verão	47,73	8.655	15	0,5	543	0,5	1.673	104,34
Outono	47,92	8.655	16	0,5	537	0,5	1.067	98,07
Inverno	45,20	8.655	15	0,5	530	0,5	1.129	93,99
Primavera	46,54	7.501	16	0,5	447	0,5	1.392	96,07

Fonte: Próprio autor

Figura 23 - Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Industrial

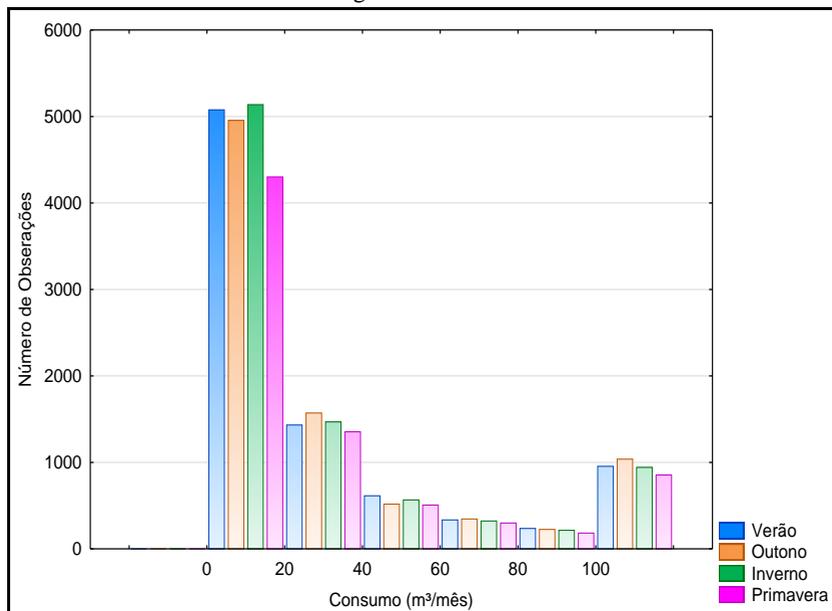
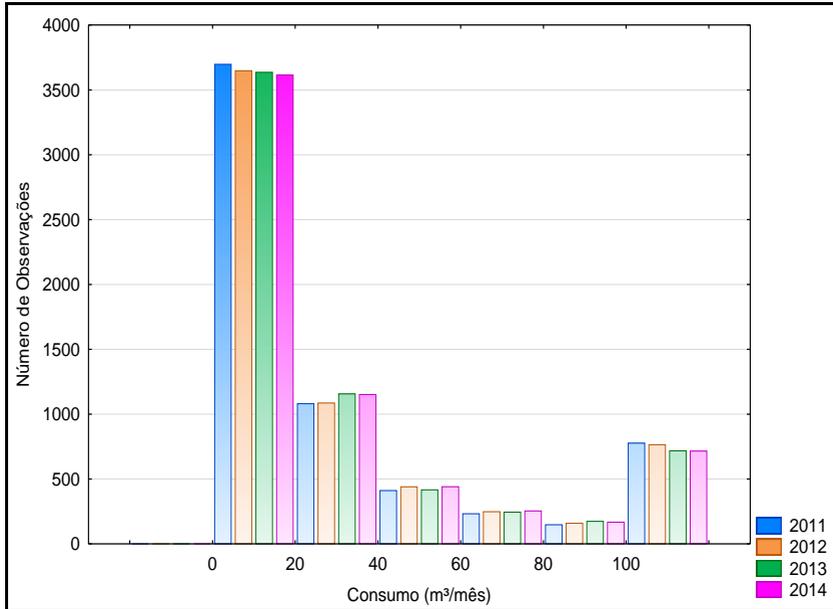


Tabela 17 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Industrial

Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
2011	46,87	6.347	16	0,5	377	0	1.090	94,16
2012	48,60	6.347	16	0,5	372	0	1.673	102,06
2013	48,70	6.347	16	0,5	353	0	1.392	104,43
2014	48,15	6.347	16	0,5	391	0	1.129	98,76

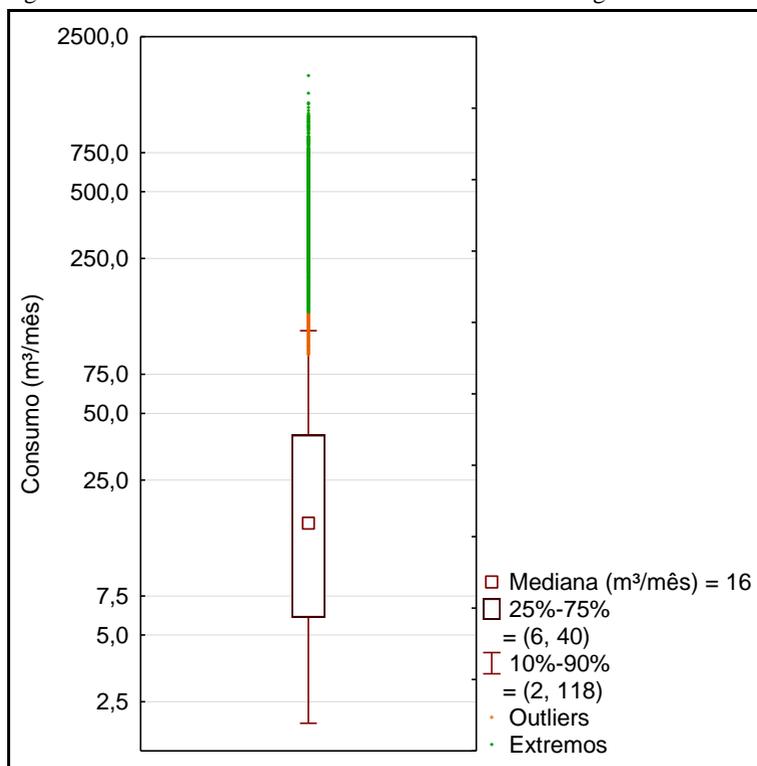
Fonte: Próprio autor

Figura 24 - Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Industrial



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Figura 25 - Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Comercial



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Nos itens abaixo seguem algumas constatações sobre as figuras 21 a 25, as quais trazem conteúdos sobre a distribuição dos dados, da categoria industrial em conjunto com as Tabelas 14 a 17 que apresenta o resumo das variáveis estatísticas.

- Janeiro é o mês de menor consumo e Fevereiro o mês de maior consumo.
- O histograma total dos dados demonstrou que a maior dos consumos se encontra entre 0m³/mês e 20m³/mês, porém uma parcela considerável de altos consumos, mostrando dispersão dos dados essa categoria, ou seja, há uma amplitude maior dos resultados. Assim como a categoria comercial, a linha de

tendência evidencia que a os consumos se comportam de maneira log-normal.

- Não há grande variação entre as estações do ano e tampouco variação considerável de consumo de ano a ano.
- O gráfico Box Plot demonstra que o intervalo de percentagem dos dados de 25% a 75% começa no consumo de $6\text{m}^3/\text{mês}$ e termina no consumo de $40\text{m}^3/\text{mês}$. Há uma grande variação entre o consumo mínimo e máximo registrado, fato que pode ser atribuído pela grande quantidade de dados e também pela falta de padrão de consumo da categoria.

Destaca-se que o critério adotado pela ferramenta, para altos consumos, é o registro de 90% dos consumos, ou seja, o valor de $118\text{m}^3/\text{mês}$.

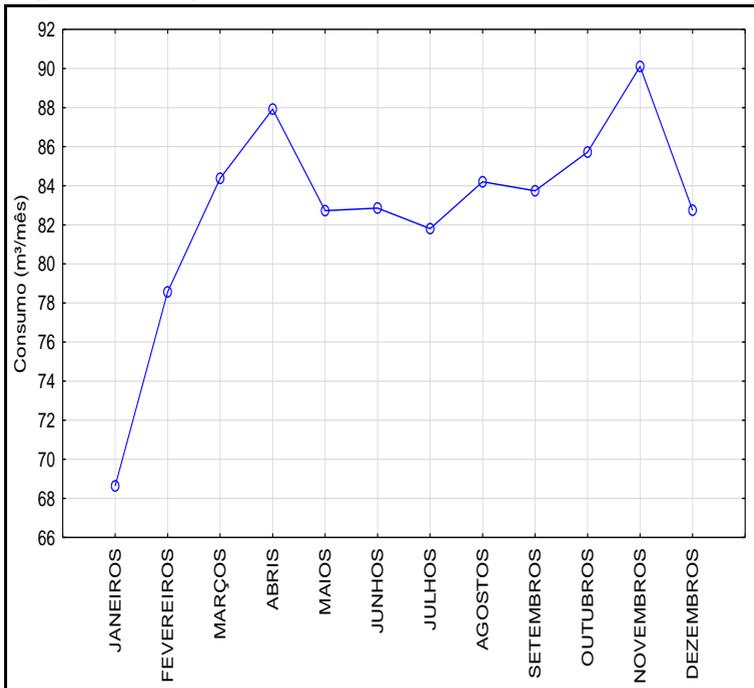
5.2.2.3 Categoria pública

Tabela 18 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Comercial

Mês	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
Jan.	68,63	855	22	5	30	0,5	1.599	154,74
Fev.	78,56	855	35	0,5	23	0,5	1.571	153,08
Mar.	84,38	855	35	0,5	25	0,5	1.706	157,35
Abr.	87,93	855	35	11	26	0,5	1.989	176,13
Mai.	82,73	855	33	8	30	0,5	1.698	158,05
Jun.	82,85	855	34	11	27	0,5	1.598	165,10
Jul.	81,81	855	34	mais de 1		0,5	1.454	157,94
Ago.	84,20	855	38	mais de 1		0,5	1.822	163,08
Set.	83,74	855	37	mais de 1		0,5	1.452	153,70
Out.	85,72	855	36	10	27	0,5	1.692	160,70
Nov.	90,10	684	38	9	21	0,5	1.701	169,72
Dez.	82,75	684	35	10	54	0,5	1.545	152,81

Fonte: Próprio autor

Figura 26 - Variação da Média Mensal Pública de Consumo Mês a Mês



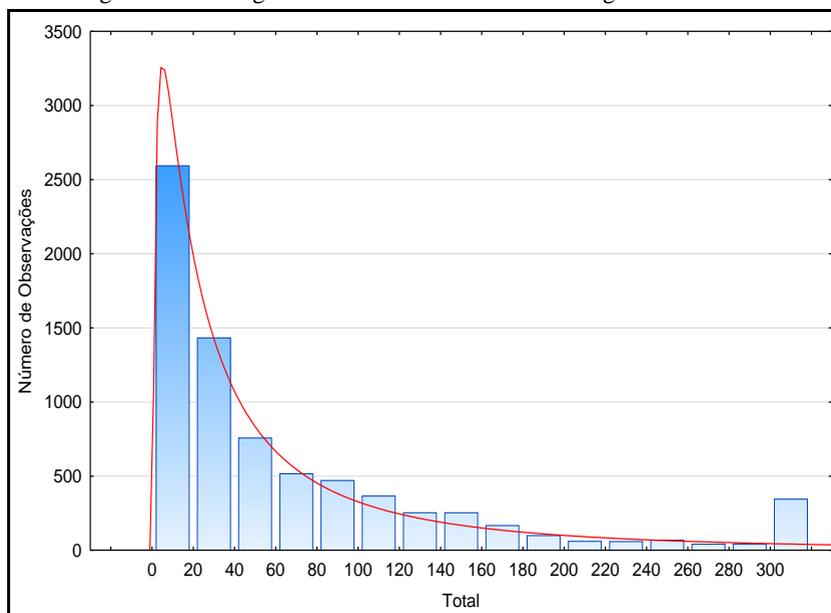
Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Tabela 19 – Resumo do Total dos Dados de Consumo Categoria Pública Utilizados

Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
2011-2014	83,83	7.524	36,00	10	235	0,5	1.928,00	157,12

Fonte: Próprio autor

Figura 27 - Histograma do Total dos Dados da Categoria Pública



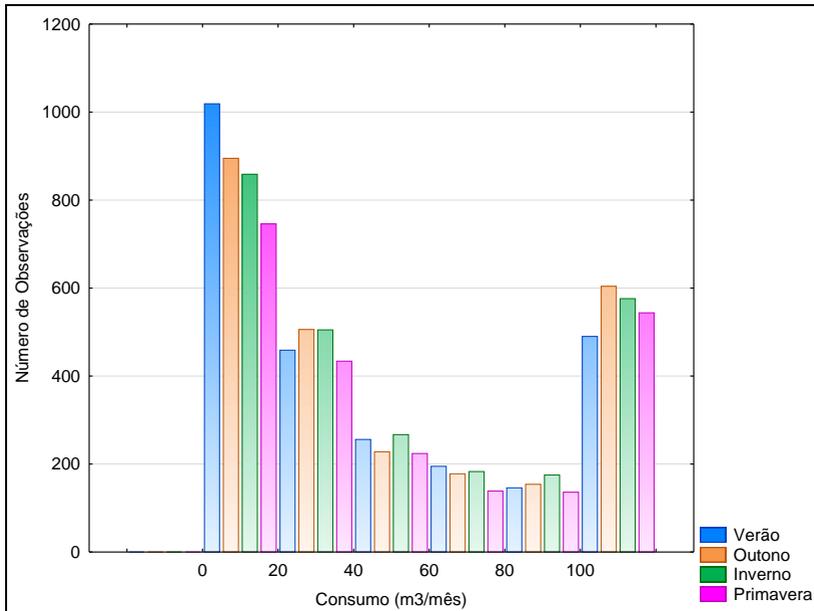
Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Tabela 20 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Pública

Estação do Ano	Média (m ³ /mês)	No. Obs.	Mediana (m ³ /mês)	Moda (m ³ /mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m ³ /mês)	Consumo Máximo (m ³ /mês)	Desvio Padrão (m ³ /mês)
Verão	77,19	2.565	30	0,5	77	0,5	1.706	155,14
Outono	84,50	2.565	34	11	71	0,5	1.989	166,55
Inverno	83,25	2.565	36	10	71	0,5	1.822	158,23
Primavera	86,16	2.223	36	10	101	0,5	1.701	161,14

Fonte: Próprio autor

Figura 28 - Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Pública



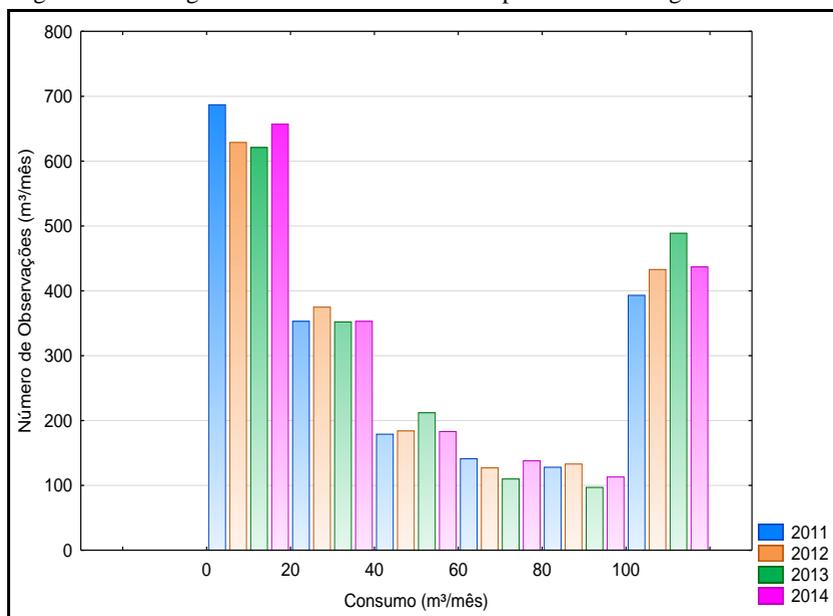
Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Tabela 21 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Pública

Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
2011	78,23	1.881	33	11	56	0,5	1.822	150,39
2012	80,63	1.881	36	0,5	62	0,5	1.563	141,10
2013	89,70	1.881	38	mais de 1		0,5	1.638	165,58
2014	86,72	1.881	36	10	70	0,5	1.928	169,60

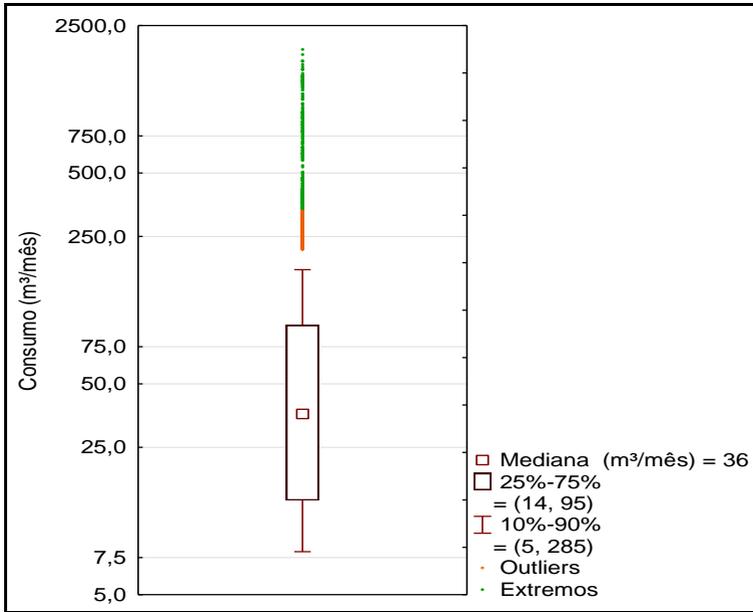
Fonte: Próprio autor

Figura 29 - Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Pública



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Figura 30 - Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Pública



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Seguem abaixo algumas constatações sobre as figuras que trazem informações sobre a distribuição (dispersão e posição) dos dados (Figuras 27 a 30) e, também, o resumo das variáveis estatísticas (Tabelas 18 a 21).

- Tal como a categoria Comercial, Janeiro é o mês de menor consumo e Novembro o mês de maior consumo.
- Essa foi a distribuição com maior dispersão dos resultados, ou seja, não há uma tendência clara de um consumo de uma ligação pública. Destaca-se que também há uma grande quantidade de observações de consumos acima de 100m³/mês, sendo esse o maior número de observações de um consumo específico, há uma grande amplitude entre os quartis e também foi o grupo que apresentou o maior desvio padrão.
- Em relação as estações do ano e a variação anual, ambos as avaliações demonstraram que não há variações de consumo consideráveis.

- O gráfico Box Plot demonstra que o intervalo de porcentagem dos dados de 25% a 75% começa no consumo de 14m³/mês e termina no consumo de 95m³/mês, ou seja, metade dos valores estão entre esses consumos. Há uma grande variação entre o consumo mínimo e máximo registrado, evidenciando que a grande quantidade de ligações aumenta a possibilidade de, apesar de as matrículas pertencerem à mesma categoria, elas são bem distintas em relação ao padrão de consumo.

Evidencia-se que o critério adotado pela ferramenta, para altos consumos, é o registro de 90% dos consumos, ou seja, o valor de 285m³/mês.

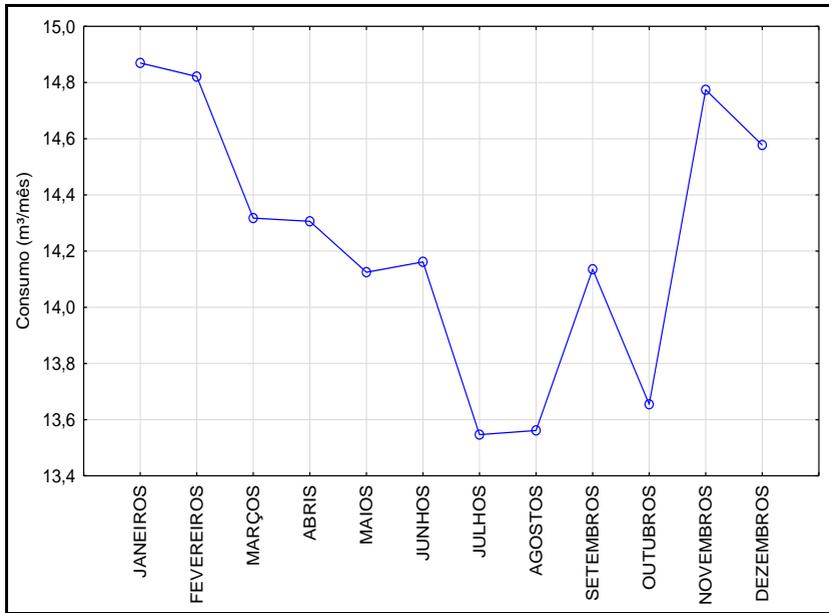
5.2.2.4 Categoria residencial

Tabela 22 – Resumo Mensal dos Dados Categoria Residencial

Mês	Média (m ³ /mês)	No. Obs.	Mediana (m ³ /mês)	Moda (m ³ /mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m ³ /mês)	Consumo Máximo (m ³ /mês)	Desvio Padrão (m ³ /mês)
Jan.	14,86	75.000	13	10	4.875	0,5	564	10,64
Fev.	14,82	75.000	13	10	4.725	0,5	659	11,31
Mar.	14,32	75.000	13	10	5.073	0,5	707	10,37
Abr.	14,31	75.000	13	10	5.123	0,5	659	10,11
Mai.	14,12	75.000	13	10	5.294	0,5	691	10,72
Jun.	14,16	75.000	13	10	5.136	0,5	629	10,18
Jul.	13,55	75.000	12	10	5.393	0,5	601	9,61
Ago.	13,56	75.000	12	10	5.346	0,5	402	9,81
Set.	14,14	75.000	13	10	5.204	0,5	741	10,55
Out.	13,65	75.000	12	10	5.373	0,5	501	9,85
Nov.	14,77	60.000	13	10	4.063	0,5	751	10,18
Dez.	14,58	60.000	13	10	4.066	0,5	591	10,71

Fonte: Próprio autor

Figura 31 - Variação da Média Mensal Residencial de Consumo Mês a Mês



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Tabela 23 – Resumo do Total dos Dados Categoria Residencial Utilizados

Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
2011-2014	14,32	660.000	13,00	10	45.262	0,5	751,00	10,31

Fonte: Próprio autor

Figura 32 - Histograma do Total dos Dados de Consumo da Categoria Residencial

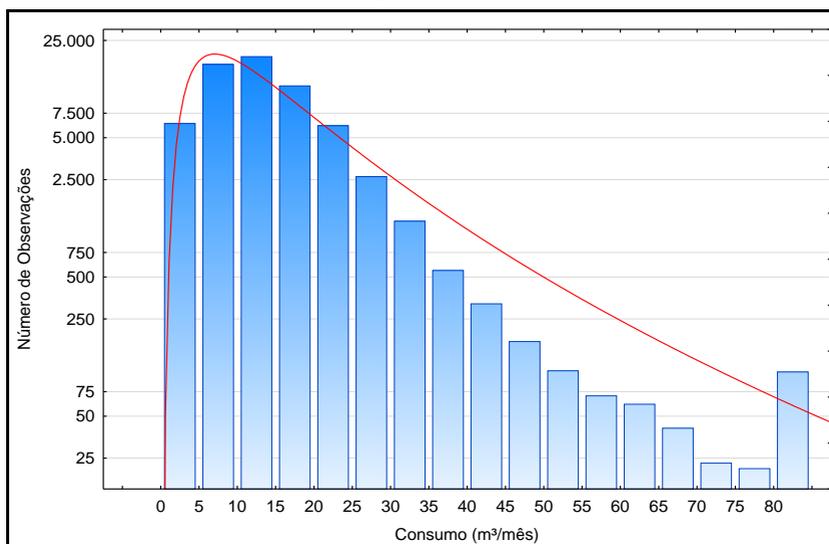


Tabela 24 – Resumo dos Dados de Consumo por Estação do Ano Categoria Residencial

Esta-ção do Ano	Méd. (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Mo-da (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
Verão	14,67	225.000	13	10	14.673	0,5	707	10,79
Outono	14,20	225.000	13	10	15.553	0,5	691	10,34
Inverno	13,75	225.000	12	10	15.943	0,5	741	10,00
Primavera	14,28	195.000	13	10	13.502	0,5	751	10,23

Fonte: Próprio autor

Figura 33 - Histograma dos Dados de Consumo Por Estação do Ano da Categoria Residencial

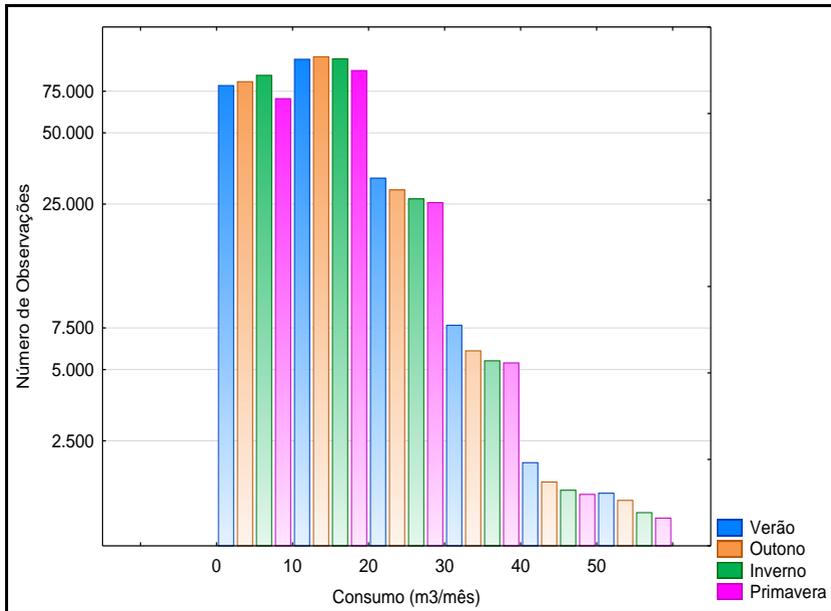
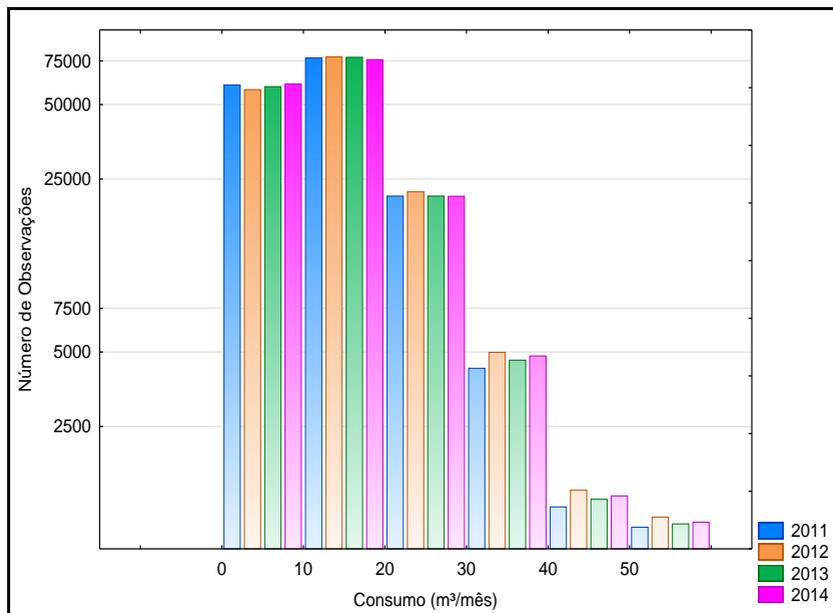


Tabela 25 – Resumo dos Dados por Ano da Categoria Residencial

Ano	Média (m³/mês)	No. Obs.	Mediana (m³/mês)	Moda (m³/mês)	Frequência da Moda	Consumo Mínimo (m³/mês)	Consumo Máximo (m³/mês)	Desvio Padrão (m³/mês)
2011	14,24	165.000	13	10	11.848	0,5	741	10,73
2012	14,53	165.000	13	10	10.996	0,5	707	10,17
2013	14,30	165.000	13	10	11.176	0,5	659	10,37
2014	14,21	165.000	13	10	11.242	0,5	751	9,93

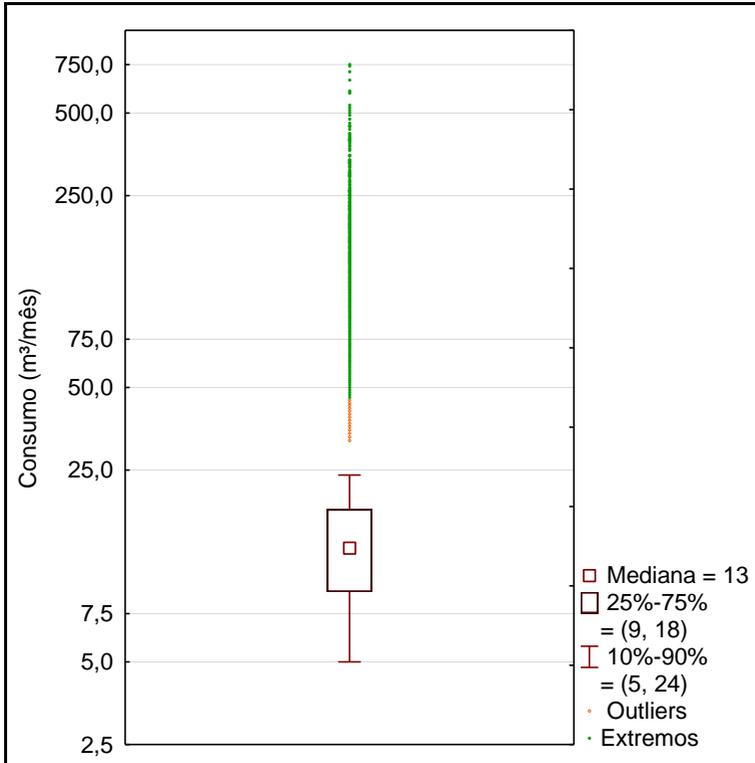
Fonte: Próprio autor

Figura 34 - Histograma dos Dados de Consumo por Ano da Categoria Residencial



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Figura 35 - Box-Plot do Total de Dados de Consumo Categoria Residencial



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Seguem abaixo algumas constatações sobre as figuras que trazem informações sobre a distribuição (dispersão) dos dados (Figuras 31 a 35) e, também, o resumo das variáveis estatísticas (Tabelas 23 a 26).

- Para a categoria residencial o mês de maior consumo médio é Janeiro, isso se justifica por ser o período mais quente do ano sendo onde as pessoas consomem mais água. Em oposição ao mês mais quente, tem-se o mês de Julho que é o mais frio e também onde há o menor consumo.
- Essa foi a distribuição com menor dispersão dos resultados, ou seja, há uma definição clara do comportamento

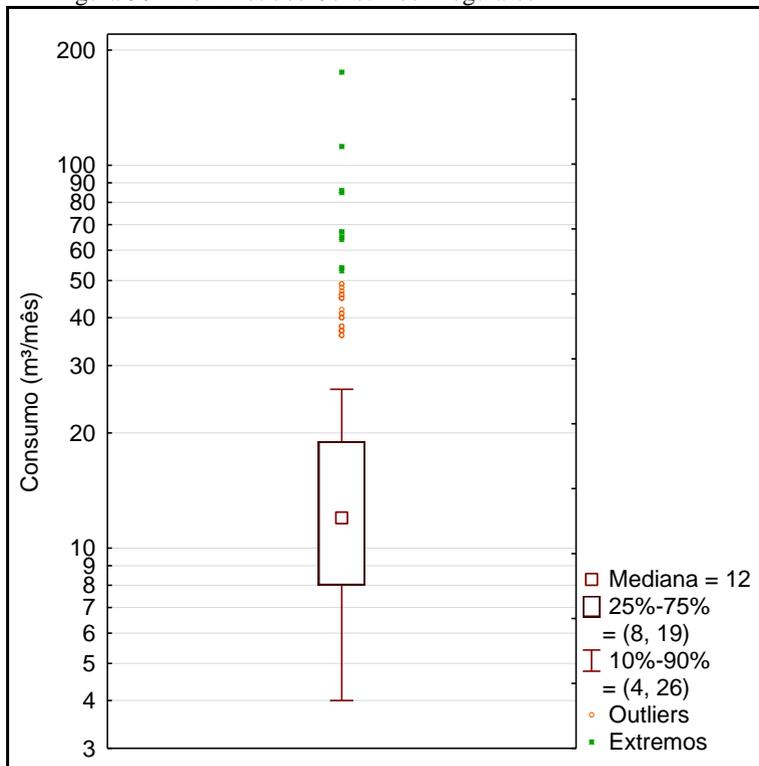
do usuário conforme o período mensal em análise. Destaca-se que a maior parte dos consumo ficaram entre 10 e 15m³/mês.

- Em relação as estações do ano e a variação anual, destaque ficou para o inverno, onde esse é o destaque nos menores consumos.
- O gráfico Box Plot demonstra que o intervalo de porcentagem dos dados de 25% a 75% começa no consumo de 9m³/mês e termina no consumo de 18m³/mês, sendo esses os menores valores entre as categorias.

5.2.2.5 Categoria residencial – irregulares (critério para ligações residenciais)

Para a categoria Residencial a definição do critério se deu a partir dos consumos irregulares das ligações fiscalizadas e comprovadamente irregulares, conforme demonstrado no item 4.2.5. A Figura 36 demonstra o diagrama de caixa de acordo com os critérios pré-estabelecidos.

Figura 36 - Box-Plot dos Consumos Irregulares



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Evidencia-se que o critério adotado pela ferramenta para a categoria residencial, para os baixos consumos são aqueles de $4\text{m}^3/\text{mês}$, já para altos consumos, que corresponde ao registro de 90% dos consumos, ou seja, o valor de $26\text{m}^3/\text{mês}$.

5.2.3 Definição do critério de avaliação de suspeitos

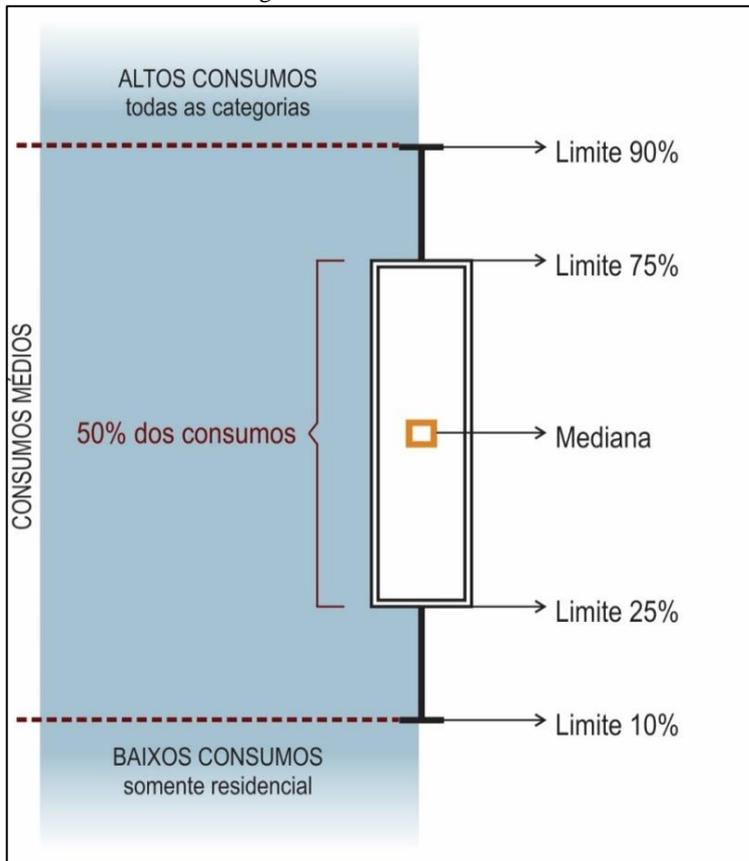
Com bases na análise exploratória em todas as tabelas e figuras do item 5.2, o critério foi baseado em uma distribuição estatística por porcentagem e posição, com objetivo de caracterizar uma ligação passível de avaliação, para todas as categorias. Sendo que, conforme já citado na metodologia, para as ligações residenciais utilizou-se o banco de dados de ligações fiscalizadas e para as outras categorias o banco de dados geral.

O critério adotado para encontrar ligações fora do padrão de

consumo baseou-se na medida estatística de Diagrama de Caixa (Box-Plot). Para esse conceito, utilizou-se como medida central a mediana e como composição da “caixa” e dos bigodes “whiskers” medidas de percentis.

Diante desse critério, a partir do valor central da distribuição dos dados em uma caixa, adotou-se para os limites da caixa 50% dos dados de consumo, já com para os limites extras (whiskers), foi adotado 80% dos consumos, ou seja, 10% estão, em valor, no limite abaixo do bigode, e outros 10% no limite acima. A Figura 37 exemplifica os critérios adotados:

Figura 37 - Critério Adotado



Fonte: Próprio autor (2017)

Para as ligações residenciais foi feito um teste retroativo para verificação da efetividade do critério adotado (Item 5.4.2) para baixos consumos. Para as demais categorias (incluindo também a residencial) foi feita análise para altos consumos, considerando essas como possíveis inconsistências no cadastro, pois estão afastadas do que é considerado um padrão de consumo normal. A Tabela 26 demonstra de forma resumida, conforme os diagramas de caixa já elaborados e citados nos itens anteriores, os critérios adotados para definição de ligações suspeitas ou inconsistências no cadastro para todas as categorias.

Tabela 26 – Critérios adotados para categoria pública, comercial e industrial

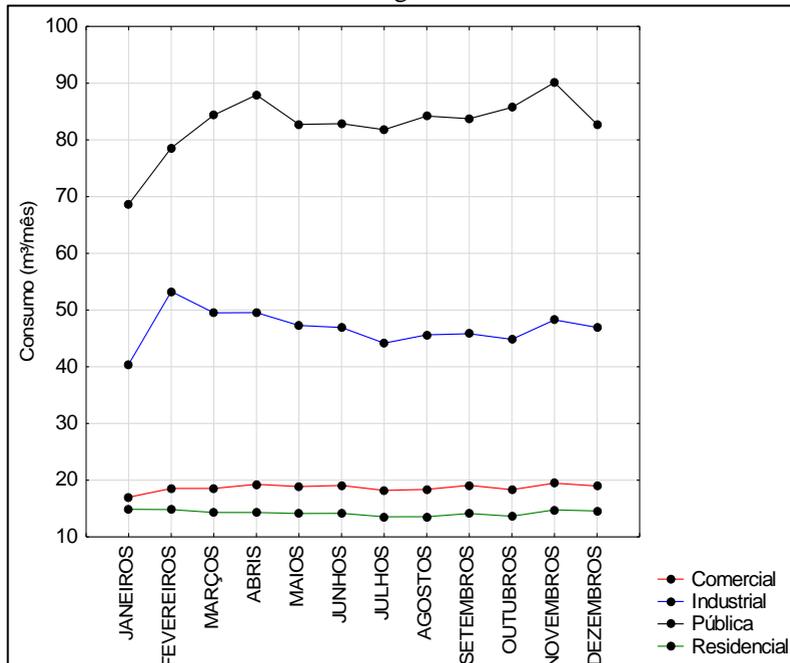
	Critério para Baixos Consumos (m³/mês)	Critério para Altos Consumos (m³/mês)
Residencial	4,0	26,0
Comercial	-	41,0
Industrial	-	118,0
Pública	-	285,0

Fonte: Próprio autor

5.2.3.1 Comparativo entre as categorias

A última figura relacionada aos gráficos gerados pelo Statistica, em relação aos consumos das categorias, tem-se o comparativo das médias de consumos mensais lançadas no mesmo gráfico conforme Figura 38.

Figura 38 – Comparativo das Médias de Consumo Mensais das Categorias



Fonte: Próprio autor (gerado pelo Software Statistica)

Com base na análise da figura comparativa as categorias Residencial e Comercial possuem uma menor variação ao longo dos meses do que as categorias Pública e Industrial. Destacando que os maiores consumos se encontram na categoria Pública e os menores na Residencial, além disso, essa distribuição demonstra que os dados não se coincidem em nenhum mês.

5.2.4 Resumos geral e detalhado dos resultados com 1 economia e com 2 economias

As tabelas 27, 28, 29 e 30 mostram o comparativo entre ligações de 1 economia com ligações de duas economias em parâmetros de consumo médios e medianas.

Tabela 27 – Comparativo de Consumo Médios Categorias com 1 e 2 Economias

Análise / Categorias	Matrículas com 1 Economia	Matrículas com 2 Economias	Incremento Percentual Entre Matrículas de 1 e 2 economias (%)
	Consumo Mínimo dos Consumos Médios Mensais (m ³ /mês)	Consumo Mínimo dos Consumos Médios Mensais (m ³ /mês)	
Residencial	12,33	19,65	59,34
Comercial	16,16	21,07	30,36
Industrial	37,21	17,43	-53,16
Pública	65,74	39,20	-40,37

Fonte: Próprio autor

Tabela 28 – Comparativo de Consumo Máximos Categorias com 1 e 2 Economias

Análise / Categorias	Matrículas com 1 Economia	Matrículas com 2 Economias	Incremento Percentual Entre Matrículas de 1 e 2 economias (%)
	Consumo Máximo dos Consumos Médios (m ³ /mês)	Consumo Máximo dos Consumos Médios (m ³ /mês)	
Residencial	15,89	36,94	132,51
Comercial	20,20	30,26	49,81
Industrial	56,90	36,00	-36,74
Pública	105,10	292,20	178,02

Fonte: Próprio autor

Tabela 29 – Comparativo de Medianas Categóricas com 1 e 2 Economias

Análise / Categorias	Matrículas com 1 Economia	Matrículas com 2 Economias	Incremento Percentual Entre Matrículas de 1 e 2 economias (%)
	Mediana de Todo Histórico (m ³ /mês)	Mediana de Todo Histórico (m ³ /mês)	
Residencial	13,54	21,03	55,39
Comercial	18,61	24,38	31,03
Industrial	46,33	22,21	-52,05
Pública	82,23	95,80	16,50

Fonte: Próprio autor

Tabela 30 – Comparativo de Médias Categóricas com 1 e 2 Economias

Análise / Categorias	Média do Período(m ³ /mês)	Média do Período (m ³ /mês)	Incremento Percentual Entre Matrículas de 1 e 2 economias (%)
Comercial	18,57	26,36	41,92
Industrial	46,75	25,58	-45,28
Pública	82,68	100,70	21,80

Fonte: Próprio autor

O estudo do padrão de consumo de água, de ligações com apenas uma economia, não foi suficiente para descrever o comportamento de ligações que possuam mais de uma economia, ou seja, os critérios: consumo mínimo, consumo máximo, mediana e média, não correspondem ao incremento de 100% entre 2 economias e 1 economia.

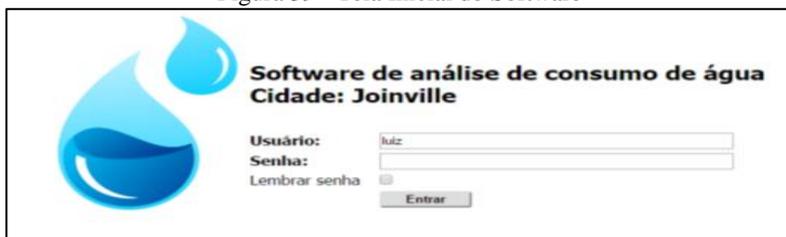
Essa razão reforça a opção da utilização apenas de ligações que possuam somente uma economia para a representação gráfica e análise de consumo, pois dessa forma, é possível representar de uma maneira mais segura o comportamento de 1 ligação única.

5.3 FERRAMENTA INFORMATIZADA

A ferramenta informatizada já se encontra em funcionamento, sendo que o suporte e a atualização podem ser fornecidos remotamente. O dispositivo possui quatro estruturas básicas, sendo que uma é exclusivamente administrativa que é a de cadastro de usuários, já as outras são de cunho informativo.

A tela inicial do software, conforme Figura 39, é composta pelo menu de entrada do sistema onde o colaborador da empresa pode entrar seu usuário e senha. Destaca-se que o sistema pode ser acessado em qualquer dispositivo eletrônico que tenha acesso a internet, não sendo necessário a instalação de um software em um determinado computador ou outro dispositivo.

Figura 39 - Tela Inicial do Software

A imagem mostra a tela inicial de um software. À esquerda, há um ícone de uma gota de água azul. À direita, o texto "Software de análise de consumo de água" e "Cidade: Joinville" está em negrito. Abaixo disso, há campos de entrada para "Usuário:" (contendo "luz") e "Senha:". Abaixo do campo de senha, há uma opção "Lembrar senha" com uma caixa de seleção desativada. Um botão "Entrar" está posicionado à direita dos campos de entrada.

Software de análise de consumo de água
Cidade: Joinville

Usuário:

Senha:

Lembrar senha

Fonte: Produção do Próprio Autor

5.3.1 Tela cadastro de usuários

A tela de cadastro de usuários foi desenvolvida em um *layout* simples somente para preenchimento de informações. A mostra o menu usuário quando esse é solicitado:

Figura 40 - Tela Cadastro Usuário

Alteração dos dados do seu usuário:

Usuario:

Email:

Senha Atual:

Nova Senha:

Cadastro de um novo usuário:

Login usuario:

Email:

Tipo de cadastro:

Senha:

Fonte: Produção do Próprio Autor

Destaca-se que a partir dessa função da ferramenta, que é de uso exclusivo administrativo, é possível fornecer permissões a um determinado usuário e cadastros novos conforme permissões no sistema. Essa aplicabilidade é de suma importância para uma concessionária, já que ela evita que usos técnicos ou codificações de algoritmo possam ser editados por qualquer colaborador.

5.3.2 Banco de dados

A Figura 41 mostra a tela de banco de dados sem nenhum filtro de busca aplicado. Essa função possui informações sobre localização, cliente e consumo, sendo que, o único procedimento aplicável nessa etapa é o de filtro, onde o usuário pode pesquisar por matrícula ou endereço.

Figura 41 - Tela de Banco de Dados

Bem-vindo Luiz | Logoff

[Banco de Dados](#) | [Resultados](#) | [Definir Critério](#) | [Cadastro de Usuário](#)

**Tela das informações de leitura de água dos consumidores.
Período de 2011 a 2015 - Matrículas com 1 economia: Residencial, Comercial, Industrial e Pública.**

Matricula

Localização

Num. Matrícula	Cod. Localização	Endereço	Nº Eco.	Classificação	8/15	8/15	8/15	Média de consumo
243573-5	01.01.0701.023/065.0001	Rua Codomas, 487, Costa e Silva	1	Residencial	19	18	18	18
243573-5	01.01.0701.073/012.0001	Rua General Valgas Neves, 203, Aliradores	1	Residencial	8	10	9	9
243573-5	01.01.0701.023/043.0002	Rua Pedro Lobo, 510, Centro	1	Residencial	54	13	11	26

Fonte: Produção do Próprio Autor.

A grande importância do banco de dados se dá em virtude de sua influência direta nos resultados, já que sua confiabilidade é de suma importância para encontrar os suspeitos. A base de dados é constantemente atualizada, seja pela atualização mensal de consumo e usuários ou pela atualização em virtude da ação da fiscalização.

5.3.3 Tela definição critério

É a partir do critério que o menu de Resultados adota um valor de comparação. Os valores preenchidos para cada categoria correspondem aos valores de limites 10% e 90% diagrama de caixa do estudo da análise exploratória. Esses valores são bases de comparação utilizados pela média de consumo dos últimos 4 meses (conforme explicado no item 4.4.2). A Figura 42 demonstra o menu Definir Critério:

Figura 42 - Tela Definição Critério

Banco de Dados | Resultados | Definir Critério | Cadastro de Usuário

Tela para a definição dos critérios de avaliação de consumo a partir da classificação do imóvel.
Período de 2011 a 2015 - Matrículas com 1 economia: Residencial, Comercial, Industrial e Pública.

	Critério baixo consumo	Critério alto consumo
Residencial	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Comercial		<input type="text"/>
Industrial		<input type="text"/>
Pública		<input type="text"/>

Fonte: Produção do Próprio Autor.

Partindo do pressuposto que para a avaliação da eficiência da ferramenta informatizada, são realizados testes a partir com auxílio da própria companhia Águas de Joinville, o critério pode ser ajustado conforme sua acertabilidade vai sendo testada. Assim, busca-se encontrar o melhor valor de comparação com a melhor definição da característica do consumidor.

5.3.4 Tela de resultados

A Figura 43 mostra a Tela de Resultados, onde se destaca a ampla possibilidade de aplicação da função Filtro. Dentro dela é possível filtrar por índices de localização e, o grande diferencial, filtrar

em relação ao critério adotado, utilizando uma porcentagem e uma situação em relação a ela: maior, menor, igual ou ligação inativa. Após a definição do filtro, o software expõem as ligações conforme a característica definida e então é possível classificá-las em ordem crescente ou decrescente definindo suas prioridades de investigação.

Figura 43 Tela de Resultados

Banco de Dados | Resultados | Definir Critério | Cadastro de Usuário | Bem-vindo Luiz | Logoff

Tela com Resultado da análise de investigação das informações de leitura de água dos consumidores. Período de 2011 a 2015 - Matrículas com 1 economia: Residencial, Comercial, Industrial e Pública.

Filtros

Matricula

Endereço

Bairro

Sector

Classificação

Grupo Comercial

Exibir na coluna Situação
 Maior Menor Igual Ligação Inativa

Exibir PDF

Fonte: Produção do Próprio Autor.

Essa parte da ferramenta é a principal da estrutura elaborada,

sendo através dela que são apontadas as ligações potencialmente suspeitas. O principal objetivo dessa tarefa é apresentar resultados que auxiliem a encontrar ligações com economias não declaradas, com mudanças de categorias não declaradas e ligações irregulares. Para isso é necessário verificar caso à caso, pois existem diversas razões para que exista um consumo abaixo ou acima do normal para uma determinada ligação, sendo sempre válido investigar para encontrar anormalidades.

No item “Exibir na coluna Situação” tem-se a opção de preenchimento de Maior (utilizados para encontrar ligações acima do critério); Menor (Utilizado para encontrar ligações abaixo do critério); Ligações Inativas (ligações cuja média dos últimos 4 meses é nula).

5.4 AVALIAÇÃO DA ACERTABILIDADE

Para verificação dos critérios adotados foram propostos dois testes: os Testes de Campo e a Análise Retroativa. Nos itens 5.4.1 e 5.4.2 seguem as duas análises.

5.4.1 Testes de campo

Em relação à investigação de campo, foi escolhido o setor Grupo de Faturamento 57 que apresentou o maior desvio padrão na avaliação preliminar. Os fiscais de campo da companhia foram investigar 130 ligações aleatórias apontadas pela ferramenta, os resultados da averiguação são mostrados na Tabela 31.

Tabela 31– Resumo das Variáveis Estatísticas Residencial

Itens Avaliados na Fiscalização de Campo				
1) Ligações				
Construído/ habitado	Construído Não Habitado	Corte no Cavalete	Com Fonte Própria	Total Fiscalizadas
90	28	8	4	130
2) Irregularidades e Inconsistências Encontradas				
Caixa Padrão S/ Lacre	Hidrômetro Danificado	Cavalete S/ Lacre	Vazamento no Cavalete	Ligação Clandestina
5	1	1	2	1
3) Eficiência Calculada(%)				
Inconsistências			Irregularidades	
13,8%			1,5%	

Fonte: Próprio autor

A gerência de fiscalização utilizou essas ligações e obteve sucesso (encontrou ligação efetivamente suspeita) em 1,50% dos casos, ou seja, 2 ligações que apresentaram hidrômetro danificado ou era uma ligação clandestina. Já em relação ao total de inconsistências, a porcentagem de sucesso se eleva, nesse caso chegou a 13,8% de inconsistências ou 18 ligações.

5.4.2 Análise retroativa

A Tabela 32 é, em resumo, o banco de dados do histórico da fiscalização da CAJ, que foi base para o teste retroativo. As irregularidades que foram consideradas são as que podem ser detectadas a partir de uma análise de consumo.

Tabela 32 – Resumo da Fiscalização da Companhia (2013-2015)

Total Ligações Fiscalizadas		116,2 24
Total de Irregularidades Por Item	Hidrômetro Danificado com Fraude	853
	Hidrômetro Invertido	283
	Hidrômetro Inclinado*	1.057
	Ligação Clandestina e By-Pass	5.189
Total		7.382
Efetividade (%) - Número de irregularidades / total de ligações fiscalizadas		6,35

Fonte: Próprio autor

*Informação não constante no histórico de fiscalizações fornecido pela companhia, porém constava no banco de dados da fiscalização.

A efetividade da fiscalização, em relação aos anos de análise, mostrou que em torno de 6 (seis) ligações a cada 100 investigadas tem algum tipo de fraude em relação hidrômetro ou é uma ligação clandestina ou by-pass. Esse índice pode ser melhor, se existir uma orientação à fiscalização quanto aos locais onde é feita a investigação e a averiguação.

A

Tabela 33 traz o histórico detalhado da fiscalização, dos anos de 2013 a 2015, que possui além das irregularidades, problemas decorrentes de instalação de cavalete, parque de hidrômetros e vazamentos. Destaca-se que a efetividade é calculada na divisão do total de irregularidades pelo total de fiscalizações.

Tabela 33 – Histórico da Fiscalização (2013 até 2015)

Item/Ano	2013	2014	2015
Hidrômetros fraudados	408	246	199
Hidrômetros Invertidos	143	99	41
Hidrômetros danificadoda s/ fraude aparente	1.699	1.118	775
Hidrômetros c/ cúpula fosca suada	2.118	1.823	1.428
Hidrômetros retirados c/ LA ativa	91	90	89
Ligações violadas (corte cavalete e corte ramal)	951	1.304	1.260
Apontamentos de ligações clandestina e by-pass	1.573	1.734	1.882
Apontamentos de vazamento cavalete	521	359	275
Apontamentos de vazamento ramal	186	70	42
Cavalete sem lacre/rompido	3.793	2.449	1.927
Total de Irregularidades	11.483	9.292	7.918
Total de Fiscalizações	46.882	37.613	31.729
Efetividade das Fiscalizações	24,50%	24,70%	24,95%

Fonte: Próprio autor

Com a tabela detalhada, o índice de efetividade sobe de 6% para próximo de 25%, isso acontece porque o fiscal avalia os mais diversos fatores quando vai a campo e não somente a questão de irregularidades. Também existem itens que não podem ser detectados a partir de uma análise de consumo, como cavalete sem lacre e hidrômetro com a cúpula fosca ou suada.

A partir da Tabela 34 são representadas as análises retroativas realizadas, em relação aos anos de 2013 a 2015, ou seja, essa é a comparação das ligações apontadas pela ferramenta, a partir do critério adotado, com as ligações efetivamente irregulares do período supracitado.

Tabela 34 – Resumo Análise Retroativa

Grupo Comercial	Número Total de Ligações	Número de Ligações Suspeitas
GF 53	3.685	468
GF 55	8.152	1041
GF 57	4.768	613
GF 59	9.509	1250
GF 61	7.364	1.191
GF 63	12.418	1.623
GF 65	9.355	1.106
GF 66	9.353	980
GF 67	9.765	1.370
GF 68	10.431	1.304

Fonte: Próprio autor

Existe uma grande variabilidade do item efetividade que muda de um Grupo de Faturamento para outro, isso evidencia que a escolha do critério pode ser boa ou ruim, depende do local onde esse está sendo aplicado. Nem todas as ligações apontadas pela ferramenta foram fiscalizadas, a Tabela 35 mostra as ligações suspeitas fiscalizadas e não fiscalizadas pela CAJ.

Tabela 35 – Resumo Ligações Fiscalizadas

Grupos	Suspeitas Fiscalizadas Pela Companhia	Suspeitas Não Fiscalizadas
GF 53	243	225
GF 55	587	638
GF 57	460	153
GF 59	801	448
GF 61	799	392
GF 63	975	648
GF 65	566	540
GF 66	528	452
GF 67	846	524
GF 68	812	492

Fonte: Próprio autor

Já a Tabela 36 mostra um resultado mais efetivo, das ligações fiscalizadas quais foram realmente irregulares, o resultado está a seguir:

Tabela 36 – Resumo Comprovação de Irregularidade

Grupos	Fiscalizadas Comprovadamente Regulares	Fiscalizadas Comprovadamente Irregulares	Efetividade (Irregulares / Ligações Suspeitas Fiscalizadas)
GF 53	214	29	11,93%
GF 55	510	77	13,12%
GF 57	438	22	4,78%
GF 59	748	53	6,62%
GF 61	770	29	3,63%
GF 63	915	60	6,15%
GF 65	536	30	5,30%
GF 66	490	38	7,20%
GF 67	784	62	7,33%
GF 68	756	56	6,90%

Fonte: Próprio autor

O índice de efetividade varia de 3,63% até 13,12%, mostrando que esse índice é altamente dependente da região onde o critério é aplicado, ou seja, recomenda-se que sejam adotados diferentes critérios de acordo com a região da cidade e que esses passem por constante calibração a fim de obter melhor eficiência.

A Tabela 37 traz um resumo de toda a análise para todos grupos de faturamento da categoria residencial, ou seja, dos dados levantados nas tabelas anteriores desse item.

Tabela 37 – Resumo de Toda a Análise

Grupo Comercial	Número Total de Fiscalizações (2013-2015)	Número de Ligações Suspeitas Apontadas	Número de Ligações Suspeitas Fiscalizadas	Ligações Efetivamente Irregulares	Efetividade
Resumo total	192.093	11.129	6.617	456	6,90%

Fonte: Próprio autor

A partir da varredura de todo o histórico de consumo dos anos de 2013 a 2015 (período o qual havia registro de dados da fiscalização), dentro dessa análise a ferramenta apontou 11.129 ligações com média de consumo quadrimestral utilizado para critério baixo consumo, além de 6.617 ligações de altos consumos, ou seja, com alta probabilidade de inconsistência no cadastro.

O resultado geral encontrado foi de 6,90% de irregularidades efetivas, considerando todo o banco de dados, o resultado foi superior ao teste de campo (1,5%) sendo maior que o resultado da própria companhia de 6,35%. Destaca-se que no GF 55 foi encontrado 13,12% de ligações efetivamente irregulares (conforme mostrado na Tabela 34), o que demonstra a variabilidade de acertos conforme a região da cidade.

5.5 VERIFICAÇÃO DE ALTOS CONSUMOS

A verificação de altos consumos foi calculada, diferentemente dos baixos consumos, considerando o limite de 90% do diagrama de caixa. A Tabela 38 mostra os resultados para todas as categorias:

Tabela 38 – Resumo Verificação Altos Consumos

Categoria	Número de Ligações Utilizadas	Número de Ligações Sujeitas à Avaliação de Cadastro	Porcentagem de Ligações no Critério de Alto Consumo	
Residencial	GF 53	3.685	549	14,90%
	GF 55	8.152	1234	15,14%
	GF 57	4.768	806	16,90%
	GF 59	9.509	1.552	16,32%
	GF 61	7.364	1.024	13,91%
	GF 63	12.418	1.939	15,61%
	GF 65	9.355	1.487	15,90%
	GF 66	9.353	1.451	15,51%
	GF 67	9.765	1.453	14,88%
	GF 68	10.431	1.739	16,67%
Comercial	4.249	825	19,42%	
Industrial	577	86	14,90%	
Pública	171	18	10,53%	

Fonte: Próprio autor

Para esse critério destaca-se a pouca amplitude entre os resultados de porcentagem de ligações com consumo considerado alto. A categoria pública possui o menor índice, fator que pode ser relacionado com seu alto desvio padrão de 158,00m³/mês e as poucas ligações avaliadas.

Dentro desse critério evidencia-se a questão de sustentabilidade e de perdas reais, já que grandes consumos precisam ser acompanhados, em busca de conscientização do usuário, avaliando se esses gastos de água são realmente necessários, incentivando políticas de reuso e aproveitamento de águas pluviais.

O fato dessa avaliação, não ser de interesse financeiro das companhias de saneamento, já que os altos consumos são faturados, é de suma importância levantar ligações estatisticamente distantes de um padrão esperado, para que essas possam ser acompanhadas e as suas inconsistências, como excesso de economias ou perdas por vazamentos, sejam corrigidas.

6. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento do trabalho foram obtidos padrões estatísticos do comportamento de consumo mensal de usuários de diferentes categorias, relacionados ao período de 2011 a 2015. Foi possível, através dos resultados obtidos, avaliar o efeito que o critério adotado por diagramas de caixa teve sobre o banco de dados da companhia, sendo que foram considerados seus extremos em 10% e 90%.

Com a aplicação da metodologia e com o auxílio da análise exploratória, foi desenvolvida uma ferramenta informatizada que automatizou o procedimento de detecção de consumos suspeitos. O banco de dados da companhia foi utilizado como base e a partir dele, já com a definição dos critérios, foi possível identificar ligações potencialmente suspeitas da categoria residencial. Destaca-se que sua interface e algoritmos foram desenvolvidos para deixar um critério não fixo e, assim, permitir que seja feita uma calibração constante do critério adotado com objetivo de obter a melhor eficiência.

A ferramenta foi testada de duas maneiras, a primeira através de um teste aplicado pela própria fiscalização da CAJ e a segunda através de um teste retroativo, onde as ligações apontadas pelo software foram confrontadas com o banco de dados da fiscalização, local o qual possui o registro das ligações irregulares.

Para o primeiro teste foram encontradas 1,5% de ligações efetivamente irregulares e 13,8% de problemas relacionados com a ligação: hidrômetro, caixa padrão e cavalete. Evidencia-se que, não somente uma efetiva irregularidade é apontada, mas, também, possíveis inconsistências no cadastro ou mesmo problemas decorrentes do equipamento de medição.

Já para o segundo teste, há uma grande volatilidade nos resultados, dependendo da região da cidade, sendo que foi encontrado eficiência de 3,63% até 13,12%. Sugere-se a aplicação extensiva da ferramenta para obtenção de critérios com rendimentos ainda maiores, adaptando o critério por região e por categoria.

7. RECOMENDAÇÕES

Para o aprimoramento da efetividade da ferramenta, recomenda-se a aplicação de variados critérios tanto para baixos quanto para altos consumos, em diferentes regiões da cidade e para diferentes categorias, procurando calibrar a ferramenta conforme a realidade do local onde essa está sendo executada. Além disso, é importante que haja acompanhamento individual das ligações para monitorar alterações consideráveis de consumo.

O auxílio da equipe de fiscalização é fundamental na aplicação do método, visto que não se pode concluir a irregularidade apenas com informações quantitativas. Portanto, o treinamento desses colaboradores e o incentivo a melhorias no nível estratégico, para aperfeiçoar o nível operacional, é de suma importância na busca pelo melhor critério. Destacando que, a ideia não é somente de fiscalização para diminuir as perdas aparentes, deve haver foco também em educação e campanhas sociais, além de aplicações tarifárias diferenciadas e incentivos aos clientes regulares.

Em relação à ferramenta informatizada, recomenda-se o constante aprimoramento de sua interface e a inclusão de novas funções. É importante que haja uma função de mapeamento com a localização das irregularidades e do controle da fiscalização, mostrando onde a equipe já fez alguma averiguação. Além disso, recomenda-se aglutinar informações das ligações irregulares para verificar seu comportamento após a notificação/multa em busca de saber se a irregularidade voltou a se repetir.

Propõem-se, também, maior abertura e relacionamento entre as companhias para compartilhamento de informações em seus programas caça-fraudes. O trabalho propôs uma metodologia, sendo essa adaptável a qualquer cidade ou situação, evidenciando que o critério depende de experiências e, portanto, a integração entre as companhias pode fornecer informações necessárias para maior eficácia de um determinado critério adotado.

APÊNDICES



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
 CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
 CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
 TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

PERGUNTAS

1 – Nome e endereço da Companhia / Unidade ? Quais são os critérios utilizados para considerar a existência ou não de anormalidade (consumo fora da faixa esperada), sobre o volume consumido por uma ligação / economia(s) de água num determinado mês ?

2 - Quanto ao número de ligações submetidas à análise em busca de possíveis anormalidades sobre o volume consumido, objeto da pergunta 1 ?

() todas a ligações de um dado sistema, setor, etc; () um número representativo de ligações ? Quanto ? _____;
 () outro Qual ? _____

3 - Quanto ao método/recursos usados para fazer essa análise ?

() pesquisa sobre material impresso; () uso de planilha eletrônica - Excel;
 () software específico: Qual ? _____
 () outra opção: Qual ? _____

4 – Quanto a relação Anormalidade / Irregularidade dentro do conjunto de análises realizadas ? (a seu critério, conforme o período utilizado: mensal ou anual):

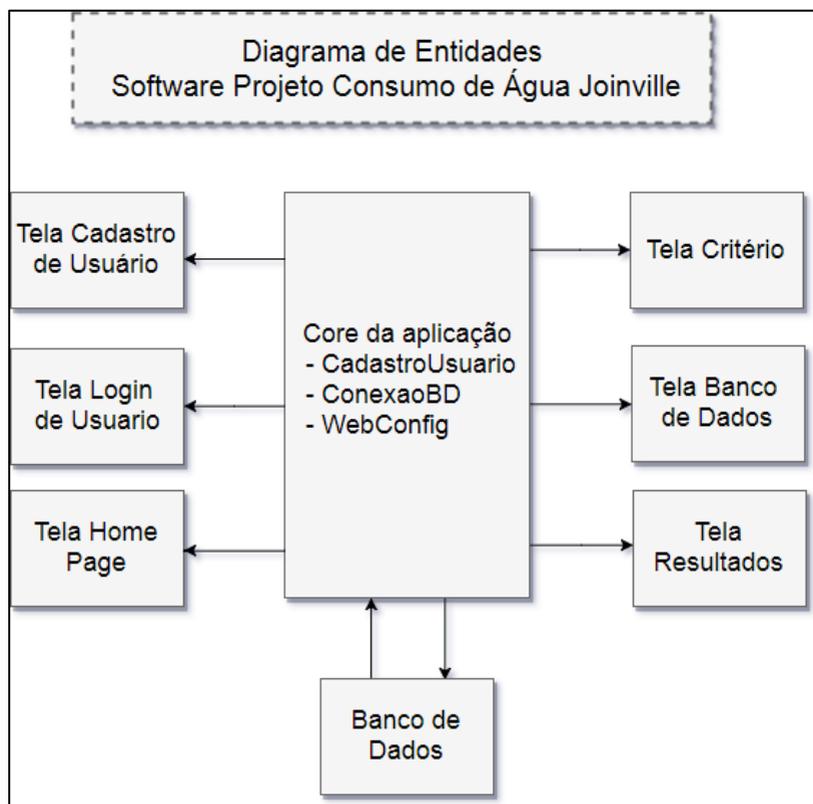
Qual a porcentagem de casos tidos como “Anormalidade” se confirmaram, após averiguação, como “Irregularidade” ? _____% () Aspecto não avaliado

5 – Foi observado, no sistema/setor considerado, o predomínio de ocorrências de anormalidades, proporcionalmente ao número de ligações e categorias de economias associadas, conforme descrito ?

- () em ligações contendo apenas economia(s) residencial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) comercial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) industrial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) pública (s);
 () em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is);
 () Outra configuração: Qual ? _____
 () Não foi observado predomínio ou não foi considerado significativo
 () Aspecto não avaliado

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Engº Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anormalidades no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclarecemos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.

Apêndice A – Questionário Aplicado na Companhia



Apêndice B – Diagrama de Blocos da Ferramenta Informatizada

ANEXOS

ANEXO A – RESPOSTAS COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE

Perguntas

1 - Quais os critérios usados para considerar a existência ou não de anormalidade, sobre o volume consumido por uma ligação de água

- Análise crítica pelo consumo e histórico do cliente;
- ligação cortada a mais de 7 dias;
- apontamentos feito pelo leiturista;
- denúncias;
- pesquisa em sistema próprio(Sansys) em clientes/matriculas inativas/canceladas;
- ligações que tiveram deslocamento de ramal;
- hidrômetros que não geram leituras;
- pente fino em determinadas regiões, fiscalização casa a casa.

Para constatação da irregularidade, enviamos fiscalização “in loco”, que por sua vez, registram em smartphone, a ocorrência com fotos para comprovação.

2 - Número de ligações submetidas à análise em busca de possíveis anormalidades sobre o volume consumido ?

- () todas a ligações de um dado sistema;
 (X) um número representativo de ligações;
 () outro Qual ?

OBS.: o nº representativo é baseado na quantidade levantada, mediante critérios citados acima.

3 - Quanto ao método/recursos usados para fazer essa análise ?

- () pesquisa sobre material impresso;
 (X) uso de planilha eletrônica - Excel;
 (x) software específico: Qual ? Sansys
 (x) outra opção: Qual ? verificação em campo, com utilização de geofone e outros equipamentos.

4 - Quanto a relação Anormalidade / Irregularidade dentro do conjunto de análises realizadas ? (a seu critério, conforme o período utilizado: mensal ou anual):

Qual a porcentagem de casos tido como “Anormalidade” se confirmaram, após averiguação, como “Irregularidade” ?

Em torno de 75 % para caça fraudes e 30% para fiscalização.

A assertividade do caça fraudes é bem superior, pois inicialmente é apontada pela fiscalização e posteriormente é enviado outro fiscal(da equipe caça fraudes) para fazer análise do apontamento e só então envia-se a equipe com máquinas e equipamentos para retirada da fraude.

5 - Foi observado o predomínio de ocorrências de anormalidades, proporcionalmente ao número de ligações e categorias de economias associadas, no sistema considerado, conforme descrito ?

- () em ligações contendo apenas economia(s) residencial(is);

- em ligações contendo apenas economia(s) comercial(is);
- em ligações contendo apenas economia(s) industrial(is);
- em ligações contendo apenas economia(s) pública (s);
- em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is);
- Outra configuração: Qual ? _____
- Não foi observado predomínio
- Aspecto não avaliado

ANEXO B – RESPOSTAS CASAN

 **Companhia Catarinense
de Águas e Saneamento**

CT/D – 0490

Florianópolis, 13 de abril de 2016.

Ao Senhor
Prof. Ramin Lucas Dalsasso
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – ENS
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima – Trindade
88040-900 Florianópolis – SC

Prezado Professor,

Com os nossos cordiais cumprimentos, e em atenção ao Ofício nº 0103/2016, encaminhamos a Vossa Senhoria, em anexo, o questionário emitido por essa entidade, devidamente respondido pela área responsável, para ser utilizado na dissertação de mestrado do Eng. Luiz Carlos Dias Junior.

Atenciosamente,


ARNALDO VENÍCIO DE SOUZA
Diretor-Presidente em exercício


Eng.º JOSÉ CARLOS F. RAVEN
Assessor de Planejamento

RD/AP/LMS

2016/12/78

MATRIZ
Rua Emílio Blum Nº 83 – Centro - Florianópolis - SC
INSC. EST.: 251.835.880 - CGC: 82.508.433/0001-17
PABX GERAL: (048) 3221-5000 - FAX GERAL: (048) 3221-5044
CEP: 88.020-010

 GOVERNO
DE SANTA
CATARINA



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
 CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
 CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
 TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

PERGUNTAS

1 - Quais são os critérios utilizados para considerar a existência ou não de anormalidade (consumo fora da faixa esperada), sobre o volume consumido por uma ligação / economia(s) de água num determinado mês? *CRITÉRIOS ANEXOS*

2 - Quanto ao número de ligações submetidas à análise em busca de possíveis anormalidades sobre o volume consumido, objeto da pergunta 1? *TODAS AS LIGAÇÕES*

() todas as ligações de um dado sistema, setor, etc; () um número representativo de ligações? Quanto? _____;

(X) outro Qual? *Todas as ligações*

3 - Quanto ao método/recursos usados para fazer essa análise?

() pesquisa sobre material impresso; () uso de planilha eletrônica - Excel;

(X) software específico: Qual? *Hidrologia (proprio da UFSC)*

() outra opção: Qual? _____

4 - Quanto a relação Anormalidade / Irregularidade dentro do conjunto de análises realizadas? (a seu critério, conforme o período utilizado: mensal ou anual):

Qual a porcentagem de casos tidos como "Anormalidade" se confirmaram, após averiguação, como "Irregularidade"? *12 a 15 %* () Aspecto não avaliado

5 - Foi observado, no sistema/setor considerado, o predomínio de ocorrências de anormalidades, proporcionalmente ao número de ligações e categorias de economias associadas, conforme descrito?

() em ligações contendo apenas economia(s) residencial(is);

() em ligações contendo apenas economia(s) comercial(is);

() em ligações contendo apenas economia(s) industrial(is);

() em ligações contendo apenas economia(s) pública (s);

() em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is);

(X) Outra configuração: Qual? *ligações de todos as categorias.*

() Não foi observado predomínio ou não foi considerado significativo

() Aspecto não avaliado

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Engº Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anormalidades no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclarecemos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.

Eng.º Rodrigo M. Moura
 Coordenador de Fiscalização e Auditoria
 06/04/16

CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA IDENTIFICAR ANORMALIDADES DE MEDIÇÃO

1. Sem hidrômetro
2.1. Subdimensionado com Unijato (Y)
2.2. Subdimensionado com 3/4" (A/B)
2.3. Subdimensionado com 1" (C/D)
2.4. Superdimensionado com 1" (C/D)
2.5. Superdimensionado maior que 1"
2.6. Limite totalização Unijato (Y)
2.7. Limite totalização 3/4" (A)
2.8. Limite totalização 3/4" (B)
2.9. Limite totalização 1" (C/D)
2.10. Limite totalização 1,5" (E)
2.11. Limite totalização 2" (F/G)
3.1 Hidrômetro parado
4.1. Queda md. anual > 25% e md.a.a. acima da tarifa mín.
4.2. Queda md. anual > 50% e md.a.a. acima de 1/2 tarifa mín.
4.3. Queda na medição e md.i. acima da tarifa mín.
4.4. Queda na medição e md.i. acima de 1/2 tarifa mín.
4.5. Queda de volume tarifado > 30% e R\$40,00
4.6. Queda fatura e consumo > 25% (na troca)
4.7. Acima de 10 anos
5. Hidrômetros em dia
6. Menos de 12 meses instalado (faturados)
7. Possui AS de substituição pendente


 Eng. Rodrigo M. Moura
 Gerente de Planejamento e Medição
 06/04/16

ANEXO C – RESPOSTAS CORSAN



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
 CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
 CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
 TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

PERGUNTAS

1 - Nome e endereço da Companhia / Unidade ? Quais são os critérios utilizados para considerar a existência ou não de anormalidade (consumo fora da faixa esperada), sobre o volume consumido por uma ligação / economia(s) de água num determinado mês ?

Resposta: É considerado 2,5 a média de consumo do Usuário.

2 - Quanto ao número de ligações submetidas à análise em busca de possíveis anormalidades sobre o volume consumido, objeto da pergunta 1 ?

() todas a ligações de um dado sistema, setor, etc; () um número representativo de ligações ? Quanto ? _____;
 (X) outro Qual ? São avaliadas somente as situações onde o usuário questiona o consumo que, em tese, fugiu da média.

3 - Quanto ao método/recursos usados para fazer essa análise ?

() pesquisa sobre material impresso; () uso de planilha eletrônica - Excel;
 (X) software específico: Qual? Equipamento utilizado para coleta da leitura apresenta informação de consumo acima da média e solicita confirmação da leitura informada. A complementação da análise dá-se dentro do sistema comercial corporativo.

() outra opção: Qual ? _____

4 - Quanto a relação Anormalidade / Irregularidade dentro do conjunto de análises realizadas ? (a seu critério, conforme o período utilizado: mensal ou anual):

Qual a porcentagem de casos tidos como "Anormalidade" se confirmaram, após averiguação, como "Irregularidade" ? _____% (X) Aspecto não avaliado

5 - Foi observado, no sistema/setor considerado, o predomínio de ocorrências de anormalidades, proporcionalmente ao número de ligações e categorias de economias associadas, conforme descrito ?

- () em ligações contendo apenas economia(s) residencial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) comercial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) industrial(is);

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Engº Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anormalidades no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclarecemos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE

CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC

TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

- em ligações contendo apenas economia(s) pública (s);
- em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is);
- Outra configuração: Qual ? Para todas as categorias, sendo a maior incidência entre residenciais e públicas.
- Não foi observado predomínio ou não foi considerado significativo
- Aspecto não avaliado

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Eng^o Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anomalias no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclarecemos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.

ANEXO D – RESPOSTAS COPASA



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
 CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
 CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
 TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

PERGUNTAS

1 – Nome e endereço da Companhia / Unidade ? Quais são os critérios utilizados para considerar a existência ou não de anormalidade (consumo fora da faixa esperada), sobre o volume consumido por uma ligação / economia(s) de água num determinado mês ?

Empresa: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS

Unidade: Divisão de Faturamento

Crerios: O ponto de partida para análise de imóveis cujo consumo saiu da faixa média de consumo é 60%. As contas com variação acima desse patamar são analisadas, diariamente. O faturamento de nossos usuários está distribuído em 20 grupos de processamento, sendo que cada grupo é processado num dia. Esta organização viabiliza a execução das atividades no decorrer do mês.

2 - Quanto ao número de ligações submetidas à análise em busca de possíveis anormalidades sobre o volume consumido, objeto da pergunta 1 ?

(X) todas a ligações de um dado sistema, setor, etc; () um número representativo de ligações ? Quanto ? _____;
 () outro Qual ? _____

3 - Quanto ao método/recursos usados para fazer essa análise ?

() pesquisa sobre material impresso; () uso de planilha eletrônica - Excel;
 (X) software específico: Qual ? SICOM – Sistema Comercial da Companhia.

() outra opção: Qual ? _____

4 – Quanto a relação Anormalidade / Irregularidade dentro do conjunto de análises realizadas ? (a seu critério, conforme o período utilizado: mensal ou anual):

Qual a porcentagem de casos tidos como “Anormalidade” se confirmaram, após averiguação, como “Irregularidade” ? _____% (X) Aspecto não avaliado

5 – Foi observado, no sistema/setor considerado, o predomínio de ocorrências de anormalidades, proporcionalmente ao número de ligações e categorias de economias associadas, conforme descrito ?

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Engº Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anormalidades no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclarecemos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

- () em ligações contendo apenas economia(s) residencial(is);
() em ligações contendo apenas economia(s) comercial(is);
() em ligações contendo apenas economia(s) industrial(is);
() em ligações contendo apenas economia(s) pública (s);
() em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is);
() Outra configuração: Qual ? _____
() Não foi observado predomínio ou não foi considerado significativo
(X) Aspecto não avaliado

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Eng^o Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anormalidades no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclarecemos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.

ANEXO E – RESPOSTAS Águas de Guabiroba



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
 CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
 CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
 TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

PERGUNTAS

1 – Nome e endereço da Companhia / Unidade ? Quais são os critérios utilizados para considerar a existência ou não de anormalidade (consumo fora da faixa esperada), sobre o volume consumido por uma ligação / economia(s) de água num determinado mês ?

Águas Guariroba S.A.

Rua: Antonio Maria Coelho, 5.401, Santa Fé – Campo Grade – MS.

Os canais de entrada são através:

Apontamento dos leituristas; Auto denuncia, Verificação de Irregularidade; Consumo Baixo e Zero e Vistorias de cortes.

2 - Quanto ao número de ligações submetidas à análise em busca de possíveis anormalidades sobre o volume consumido, objeto da pergunta 1 ?

() todas as ligações de um dado sistema, setor, etc; () um número representativo de ligações ? Quanto ? _____;

(+ ou – 7.000 ligações/mês) outro Qual? A demanda é gerada de acordo com a capacidade de execução das equipes.

3 - Quanto ao método/recursos usados para fazer essa análise ?

() pesquisa sobre material impresso; () uso de planilha eletrônica - Excel; () software específico: Qual ? _____

(x) outra opção: Qual ? Sistema Comercial

4 – Quanto a relação Anormalidade / Irregularidade dentro do conjunto de análises realizadas ? (a seu critério, conforme o período utilizado: mensal ou anual):

Análise Mensal

Qual a porcentagem de casos tidos como “Anormalidade” se confirmaram, após averiguação, como “Irregularidade” ? +ou - 50% () Aspecto não avaliado

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Engº Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anormalidades no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclareceremos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC

TELEFONE: (48) 3721-7752 - E-MAIL: ramon.lucas@ufsc.br

5 - Foi observado, no sistema/setor considerado, o predomínio de ocorrências de anomalias, proporcionalmente ao número de ligações e categorias de economias associadas, conforme descrito ?

- () em ligações contendo apenas economia(s) residencial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) comercial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) industrial(is);
 () em ligações contendo apenas economia(s) pública (s);
 (x) em ligações contendo economia(s) residencial(is) e comercial(is);
 () Outra configuração: Qual ? _____
 () Não foi observado predomínio ou não foi considerado significativo
 () Aspecto não avaliado

Essas informações servirão de base para cumprir um dos objetivos específicos da dissertação de mestrado do Engº Luiz Carlos Dias Junior, orientado do Prof. Ramon Lucas Dalsasso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. O objetivo é entender sobre o controle de anomalias no consumo de água, praticado por companhias de saneamento no Brasil. Esclarecemos desde já, que serão respeitadas todas as exigências da companhia quanto ao uso das informações.

REFERÊNCIAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em sistemas de abastecimento de água:** Diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. São Paulo: Abes, 2013

ÁGUAS DE JOINVILLE (Org.). **Gestão Comercial no Combate as Perdas de Água.** Disponível no Acervo Próprio da Empresa Água de Joinville. Águas de Joinville, 2015.

ALVES, W. C., Peixoto, J. B., Sanchez, J. G, Leite, S. R. (2004). **“Micromedição. Documento Técnico de Apoio nº D3”.** Ministério das Cidades. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, DF, 171 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 212: Medidores velocimétricos de água potável fria até 15 m³/h. 1 ed.** Rio de Janeiro: Abnt, 1999. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8009: Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Terminologia.** Rio de Janeiro: Abnt, 1997. 3 p.

BAGGIO, M.A. **Diagnóstico de perdas de sistemas de abastecimento de água.** Franca, SP: ABES, 2000.

BRASIL. **Diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.** Assembleia Legislativa. Constituição (2007). Lei Federal do Saneamento Básico nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Ibge. . **Estimativas da População Residente nos Municípios Brasileiros com Data de Referência em 1º De Julho De 2016a.** 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_tcu.shtm>. Acesso em: 28 set. 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades (Org.). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2014. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016b. 212 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. (Org.). **Programa Nacional Combate ao Desperdício Água - PNCDA**. 2015. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/programa-nacional-combate-ao-desperdicio-agua-pncda>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab**. Brasília, DF: cidades, dez. 2013

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de Amostragem**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005. 20 p.

BUSSAB, Wilton de Q. **Estatística básica I**. 5. ed. - São Paulo : Saraiva, 2004.

CAERN - Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte. Norma de Diretoria nº 01/2011-D - **Procedimentos para retificação automática, pelo GSAN, do volume a faturar (água e esgoto) de contas com anormalidade de consumo e as medidas operacionais necessárias para a regularização dessas anormalidades**. Natal-RN, 2011.

CAMPOS, Geraldo Maia. **Estatística Prática para Docentes e Pós-Graduandos**. 2000. Disponível em: <http://www.forp.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro_cap14.html>. Acesso em: 04 jun. 2017.

CARVALHO, P. B. *et al.* **Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió**. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió, v., n., p. 1-18, out. 2004.

CESAMA- Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora. **Regulamento dos Serviços Públicos de Água e Esgoto Prestados pela Companhia de Saneamento Municipal**. Disponível em:

<http://www.cesama.com.br/files/Regulamento_de_Agua_e_Esgoto.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2017.

CHEUNG, P.B. *et al.* **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** In: Gonçalves, Ricardo Franci (Coordenador). Uso racional de água e energia. Projeto PROSAB Capítulo 2. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 36-98.

KOLDZO, D.; VUCIJAK, B.; CERIC, A; **Testing innovative software tool CalculEAKator 3.0 for water balance evaluation and water loss reduction in Tuzla project** , 6. International Conference Water Loss Reduction in Water Supply Systems, Sofia (Bulgaria), 2013.

FREUND, John E. **Estatística Aplicada : Economia, Administração e Contabilidade: tradução Claus Ivo Dooring.** - 11. ed. - Porto Alegre : Bookman. 2006. 536 p.

GOMES, H. P. **Eficiências Hidráulica e Energética em Saneamento.** Rio de Janeiro: ABES, 2005. 114 p.

IB-NET, **INTERNATIONAL BENCHMARKING NETWORK FOR WATER AND SANITATION UTILITIES.** Base de Dados.2015. Disponível em: < <https://database.ib-net.org/Reports/Indicators/> >. Acesso em: 01 nov. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **PORTARIA 246:** Portaria no 246 de 17 de outubro de 2000. Brasil, 2000.

IWA – International Water Association. About IWA – **Who we are.** Disponível em <www.iwahq.org> Acesso em setembro de 2015.

JOINVILLE-SC. **ÁGUAS DE JOINVILLE.** (Org.). **Conhecendo a Águas de Joinville.** Disponível em: <http://www.aguasdejoinville.com.br/site/anexos/conhecendo_a_aguas_de_Joinville.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2017a.

Joinville. Disponível em: <
http://www.aguasdejoinville.com.br/site/?page_id=2>. Acesso em: 10
nov. 2017b.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. **Estatística aplicada.** 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, c 2010. 637 p.

MELATO, D. S., CARVALHO, G. A. **A Troca Preventiva de Ramais de Água como Ação de Redução de Perdas Reais.** Belo Horizonte: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 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** /- ed. rev. -- São Paulo, 2010. 133 p.

MIRANDA, E.C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água –indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade.** 2002. 193f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

MORRIESEN JÚNIOR, Kurt. **Valoração do Recurso Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pirai e a Necessidade de Sua Preservação.** 2003. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2003.

NEVES, Manuela; **Introdução à Estatística e a Probabilidade,** Instituto Superior de Agronomia, Lisboa-Portugal 2009.

NIELSEN, M. J.; TREVISAN J.; BONATO A.; SACHET M. A. de C. **Medição de Água - Estratégias e Experimentações.** Curitiba: Sanepar, 2003. 200 p.

PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água). **Guias Práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água.** Brasília: PNCDA, Volume 1 a 5. Ministério das Cidades/SNSA, 2007.

ReCESA (Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental) / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento, guia do profissional em treinamento: nível 2**. Salvador, 2008. 139p.

RECH, A. L. **Uso Inteligente da Água**. 1ª ed., Escrituras, São Paulo, Brasil, 2004, 207p.

REIS, Edna Afonso; REIS, Ilka Afonso. **Análise Descritiva de Dados Síntese Numérica**. 2002. Disponível em: <<ftp://ftp.est.ufmg.br/pub/rts/rte0202.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2017.

SÁ, Clarissa Campos de. **A Importância da Micromedição no Combate às Perdas de Água - Estudo da Hidrometração da Companhia Águas de Joinville**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambient, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SABESP. **Apostila do Curso de Perdas**. São Paulo: SABESP, 2005.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - SEPUD **Joinville Cidade em Dados 2017** Joinville: Prefeitura Municipal, 2017 73p.

SILVA, NILCE REGINA, **Estudo de Metodologias Para Avaliação de Submedição de Hidrômetros Domiciliares Em Sistemas de Água**. [Distrito Federal] 2008. xvi, 131 p.,

SOUZA JÚNIOR, José do Carmo de. **DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE PERDAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Unicamp, Campina, 2014.

TARDELLI Filho, J. **Controle e Redução de Perdas**, In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SANCHEZ, J. G.; MOTTA, S. A.; ALVES, W. C. **Estimativa de volume de água não medido em ligações residenciais por perda de exatidão nos hidrômetros, na cidade de Juazeiro - BA.** In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES 2000.

SANTA CATARINA. **Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina - CIASC.Mapa Interativo.** Disponível em: <<http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br/sc.phtml>>. Acesso em: 21 set. 2016.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki.; **Abastecimento de Água**, 4 Edição, São Paulo-SP 2006