

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

**ANÁLISE DE DADOS E INDICADORES DE PERDAS EM SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO**

**ROBERTA KATAYAMA NEGRISOLLI**

*Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato  
Grosso do Sul como pré-requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos  
Hídricos.*

***Orientador: Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza***

**CAMPO GRANDE, JANEIRO 2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## **AGRADECIMENTOS**

O desenvolvimento e conclusão deste trabalho somente foram possíveis graças àqueles que aqui destaco:

A Deus por me dar saúde e forças para elaborar esta Dissertação;

À amiga Marilúcia Pereira Sandim que me incentivou a cursar o Programa e concluir esta pesquisa;

Ao Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza que me orientou de forma pacientemente, contribuindo para o meu crescimento profissional e me incentivando para a elaboração de todas as etapas dessa Dissertação;

Ao Peter Cheung pela colaboração ao longo dos trabalhos;

Ao meu esposo, Leandro Thomé pelo apoio e incentivo de não perder mais uma conquista;

Aos meus pais, irmãos e cunhados, e em especial minha mãe que é um modelo de determinação, mulher moderna e excelente profissional;

Ao Ivan Pedro que soube direcionar-me quando me achei sem rumo, foi incansável nas suas orientações e esteve ao meu lado por toda esta dissertação;

À Águas Guariroba S.A., pelo qual fiz parte do quadro de colaboradores durante a realização desta pesquisa e que permitiu a utilização de informações internas sobre o sistema de abastecimento de água, fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos e principalmente aos colegas de trabalho Edson Koller, Elionidas Delboni e Ronaldo Azambuja que ajudaram na obtenção de dados aplicados nesta pesquisa;

E a todas as pessoas queridas que me deram forças através das palavras de encorajamento e incentivo.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo Geral .....	4
2.2. Objetivo Específico .....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Perdas de Água.....	5
3.1.1 Perdas Físicas ou Reais .....	7
3.1.2 Perdas Não Físicas ou Aparentes .....	15
3.1.3 Indicadores de Perdas.....	21
3.1.3.1 Indicador Percentual (IPD) .....	27
3.1.3.2 Índice de Perdas por Ramal (IPR).....	27
3.1.3.3 Índice de Perdas por Extensão de Rede (ILB) .....	27
3.1.3.4 Índice de Infraestrutura de Perdas (ILE).....	28
3.1.3.5 Índice de Perdas por Ligação (IPL) .....	28
3.1.3.6 Índice Linear de Perda Real (ILR).....	29
3.1.3.7 Índice de Perda Total (IPT).....	29
3.1.3.8 Índice Trimestral – Estudo de Caso .....	29
3.1.4 Controle e Redução de Perdas.....	31
3.2. Estatística Descritiva e as Ferramentas Estatísticas da Qualidade .....	34
3.2.1 Estatística Descritiva .....	36
3.2.1.1 Distribuição Normal.....	36
3.2.1.2 Medidas de Tendência Central.....	37
3.2.1.3 Medidas de Dispersão .....	39
3.2.1.4 Séries Temporais.....	41
3.2.2 Ferramentas Estatísticas da Qualidade.....	42
3.2.2.1 Gráfico de Linha .....	42

3.2.2.2	Histograma .....	43
3.2.2.3	Gráfico de Pareto .....	45
3.2.2.4	Curva ABC.....	46
3.2.2.5	Gráfico de Dispersão.....	47
3.2.2.6	Estratificação de Dados.....	48
3.2.2.7	Diagrama de Visualização .....	49
3.2.2.8	Fluxograma .....	50
3.2.2.9	Plano de Ação 5W2H.....	51
3.2.2.10	Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa x Efeito.....	51
3.2.2.11	Controle Estatístico do Processo (CEP).....	54
3.2.2.12	Gráficos de Controle .....	55
3.2.2.12.1	Gráficos de Controle para Variáveis .....	57
3.2.2.12.2	Gráficos de Controle para Atributos .....	61
3.2.2.13	Como Analisar um Gráfico de Controle .....	64
4.	METODOLOGIA .....	69
4.1.	Área de Estudo .....	69
4.2.	Levantamento de Dados .....	72
4.3.	Indicadores Propostos.....	75
4.3.1.	Indicador Percentual (IPD) .....	76
4.3.2.	Índice de Perdas por Ligação (IPL) .....	77
4.3.3.	Índice de Perda Total (IPT).....	77
4.4.	Análise dos Dados.....	78
4.4.1.	Estatística Descritiva.....	78
4.4.2.	Gráfico de Linhas.....	79
4.4.3.	Gráfico de Pareto.....	79
4.4.4.	Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados.....	81
4.4.5.	Diagrama de Visualização.....	86
4.4.6.	Gráfico de Controle.....	87
4.4.6.1	Gráfico do Valor Individual e Amplitude Móvel.....	90
5.	RESULTADOS .....	92
5.1.	Aplicação da Estatística Descritiva .....	92
5.2.	Aplicação do Gráfico de Linhas.....	96
5.3.	Aplicação do Gráfico de Pareto.....	101
5.4.	Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados .....	105

5.5. Utilização do Diagrama de Visualização .....	106
5.6. Utilização do CEP – Gráfico de Controle da Média e Amplitude Móvel.....	109
6. CONCLUSÕES.....	116
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	119
8. ANEXOS.....	124
8.1. Tabela de Constantes para Construção dos Gráficos de Controle.....	124
8.2. Mapa Geográfico com a Localização dos Setores de Fornecimento.....	126
8.3. Cadastro da Rede de Água do Setor de Fornecimento SF05 .....	128
8.4. Diagrama Unifilar dos Setores de Fornecimento .....	130
8.5. Dados de Volume Disponibilizado (m <sup>3</sup> /mês).....	132
8.6. Dados de Volume Micromedido (m <sup>3</sup> /mês).....	134
8.7. Dados de Volume Faturado (m <sup>3</sup> /mês) .....	136
8.8. Dados de Vazamento por Rede (und).....	138
8.9. Dados de Vazamento por Ramal (und) .....	140
8.10. Dados de Vazamento por Cavalete (und) .....	142
8.11. Dados Comerciais .....	144
8.12. Dados de Volume Utilizado por Setor de Fornecimento .....	146
8.13. Índice de Perdas Percentual – IPD por Setor de Fornecimento .....	148
8.14. Índice de Perdas por Ligação – IPL por Setor de Fornecimento .....	150
8.15. Índice de Perdas Total - IPT por Setor de Fornecimento.....	152
8.16. Volume Perdido por Economia por Setor de Fornecimento .....	154
8.17. Gráficos de Linhas .....	155
8.18. Gráficos de Controle x .....	168

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Perdas Físicas por subsistema – origem e magnitude .....	8
Tabela 3.2: Relação de redução carga X redução de perdas. ....	11
Tabela 3.3: Causas prováveis de falhas e rupturas nas tubulações em função da fase de desenvolvimento do sistema de abastecimento .....	12
Tabela 3.4: Perdas aparentes .....	15
Tabela 3.5: Quadro representativo do balanço hídrico de um sistema genérico .....	22
Tabela 4.1: Número e nome de localização dos Setores de Fornecimento .....	73
Tabela 5.1: Dados anuais analisados pela Estatística Descritiva.....	93
Tabela 5.2: Resultados obtidos pela Estatística Descritiva .....	94
Tabela 5.3: Resultados dos Indicadores IPD, IPL e IPT .....	103
Tabela 8.1: Volume utilizado por Setores de Fornecimento no período de março/07 a março/08 .....	146
Tabela 8.2: IPD por Setores de Fornecimento no período de março/07 a março/08.....	148
Tabela 8.3: IPL por Setores de Fornecimento no período de março/07 a março/08 .....	150
Tabela 8.4: IPT por Setores de Fornecimento no período de março/07 a março/08 .....	152
Tabela 8.5: Volume perdido por economia por Setor de Fornecimento .....	154

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Perdas nos sistemas de abastecimento de água (adaptado de SILVA e CONEJO, 1998).....	6
Figura 3.2: Relação entre índice de perdas e pressão.....	11
Figura 3.3: Curva de erro característica dos medidores.....	17
Figura 3.4: Comparação entre o Índice de Perdas Mensal e o calculado a partir das médias móveis bimestral, trimestral e quadrimestral – Valores do Distrito Federal.....	30
Figura 3.5: A curva da distribuição normal.....	36
Figura 3.6: Relação entre Média e Mediana.....	39
Figura 3.7: Comparação de desvio padrão e amplitude.....	40
Figura 3.8: Índice de perdas na distribuição de duas empresas.....	41
Figura 3.9: Representação de um gráfico linear.....	42
Figura 3.10: Representação de Histograma.....	43
Figura 3.11: Formas mais comuns de Histograma.....	45
Figura 3.12: Representação de Diagrama de Pareto.....	46
Figura 3.13: Representação de curva ABC.....	47
Figura 3.14: Gráfico de dispersão.....	47
Figura 3.15: Adaptação de modelo estratificação de um processo.....	48
Figura 3.16: Diagrama de visualização de defeitos - vazamentos.....	49
Figura 3.17: Representação de um fluxograma.....	50
Figura 3.18: Representação de um Diagrama de Ishikawa.....	52
Figura 3.19: Representação de um Diagrama de Ishikawa para vazamentos.....	53
Figura 3.20: Representação de Gráfico de Controle.....	56
Figura 3.21: Fluxograma – Escolha do Gráfico de Controle para Variáveis.....	60
Figura 3.22: Fluxograma – Escolha do Gráfico de Controle para Atributos.....	64
Figura 3.23: Áreas do Gráfico de Controle.....	65
Figura 3.24: Pontos fora do limite de controle.....	65
Figura 3.25: Tendência ascendente.....	66
Figura 3.26: Periodicidade.....	66
Figura 3.27: Quinze ou mais pontos em seqüência na zona A.....	67
Figura 3.28: Quatorze ou mais pontos seguidos oscilando para cima e para baixo.....	67



Figura 3.29: Pontos fora da zona A .....	67
Figura 3.30: Pontos na zona C .....	68
Figura 3.31: Pontos na zona B e/ou C .....	68
Figura 3.32: Pontos do mesmo lado da média .....	68
Figura 4.1: Representação de um gráfico linear .....	79
Figura 4.2: Representação de Diagrama de Pareto .....	80
Figura 4.3: Gráfico de dispersão (Consumo de energia elétrica X Consumo médio de água tratada) .....	82
Figura 4.4: Modelos de gráficos de dispersão com correlação linear positiva .....	83
Figura 4.5: Modelos de gráficos de dispersão com correlação linear positiva .....	83
Figura 4.6: Gráfico de dispersão sem correlação .....	84
Figura 4.7: Representação de pontos atípicos em gráfico de dispersão .....	84
Figura 4.8: Gráfico de dispersão com os mesmos dados, sem estratificação e com estratificação .....	85
Figura 4.9: Causas comuns e especiais de variação .....	89
Figura 5.1: Porcentagem de atendimento para IPD e Volume perdido por economia .....	95
Figura 5.2: Faixa de valores analisados para o IPD .....	95
Figura 5.3: Faixa de valores analisados para o Volume perdido .....	96
Figura 5.4: Gráfico de Linhas – IPD SF04 .....	97
Figura 5.5: Gráfico de Linhas – IPD SF05 .....	97
Figura 5.6: Gráfico de Linhas – IPD SF08 .....	97
Figura 5.7: Gráfico de Linhas – IPD SF14 .....	98
Figura 5.8: Gráfico de Linhas – IPD SF32 .....	98
Figura 5.9: Gráfico de Linhas – IPD SF40 .....	98
Figura 5.10: Gráfico de Linhas – IPD SF07 .....	99
Figura 5.11: Gráfico de Linhas – IPD SF23 .....	99
Figura 5.12: Gráfico de Linhas – IPD SF35 .....	100
Figura 5.13: Gráfico de Linhas – IPD SF41 .....	100
Figura 5.14: Gráfico de Linhas – IPD SF50 .....	101
Figura 5.15: Gráfico de Pareto - IPD .....	102
Figura 5.16: Gráfico de Pareto - IPL .....	102
Figura 5.17: Gráfico de Pareto - IPT .....	102
Figura 5.18: Gráfico de Dispersão (Vazamentos x Pressão média) .....	105
Figura 5.19: Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados .....	105

Figura 5.20: Localização das ocorrências de vazamentos na rede por SF .....	107
Figura 5.21: Localização das ocorrências de vazamentos no cavalete por SF .....	108
Figura 5.22: Localização das ocorrências de vazamentos no ramal por SF .....	108
Figura 5.23: Localização das ocorrências de vazamentos por SF .....	109
Figura 5.24: Gráfico de controle VD – SF01 .....	110
Figura 5.25: Gráfico de controle VD – SF09 .....	110
Figura 5.26: Gráfico de controle VD – SF20 .....	110
Figura 5.27: Gráfico de controle VD – SF50 .....	111
Figura 5.28: Gráfico de controle VD – SF07 .....	112
Figura 5.29: Gráfico de controle VD – SF43 .....	112
Figura 5.30: Gráfico de controle VD – SF51 .....	112
Figura 5.31: Gráfico de controle VD – SF08 .....	113
Figura 5.32: Gráfico de controle VD – SF11 .....	113
Figura 5.33: Gráfico de controle VD – SF17 .....	114
Figura 5.34: Gráfico de controle VD – SF43 .....	114
Figura 8.1: Gráfico de Linhas IPD – SF01 .....	155
Figura 8.2: Gráfico de Linhas IPD – SF03 .....	155
Figura 8.3: Gráfico de Linhas IPD – SF06 .....	155
Figura 8.4: Gráfico de Linhas IPD – SF09 .....	156
Figura 8.5: Gráfico de Linhas IPD – SF10 .....	156
Figura 8.6: Gráfico de Linhas IPD – SF11 .....	156
Figura 8.7: Gráfico de Linhas IPD – SF12 .....	157
Figura 8.8: Gráfico de Linhas IPD – SF13 .....	157
Figura 8.9: Gráfico de Linhas IPD – SF15 .....	157
Figura 8.10: Gráfico de Linhas IPD – SF16 .....	158
Figura 8.11: Gráfico de Linhas IPD – SF17 .....	158
Figura 8.12: Gráfico de Linhas IPD – SF18 .....	158
Figura 8.13: Gráfico de Linhas IPD – SF19 .....	159
Figura 8.14: Gráfico de Linhas IPD – SF20 .....	159
Figura 8.15: Gráfico de Linhas IPD – SF21 .....	159
Figura 8.16: Gráfico de Linhas IPD – SF22 .....	160
Figura 8.17: Gráfico de Linhas IPD – SF24 .....	160
Figura 8.18: Gráfico de Linhas IPD – SF25 .....	160
Figura 8.19: Gráfico de Linhas IPD – SF26 .....	161

Figura 8.20: Gráfico de Linhas IPD – SF27 .....	161
Figura 8.21: Gráfico de Linhas IPD – SF29 .....	161
Figura 8.22: Gráfico de Linhas IPD – SF30 .....	162
Figura 8.23: Gráfico de Linhas IPD – SF31 .....	162
Figura 8.24: Gráfico de Linhas IPD – SF34 .....	162
Figura 8.25: Gráfico de Linhas IPD – SF36 .....	163
Figura 8.26: Gráfico de Linhas IPD – SF37 .....	163
Figura 8.27: Gráfico de Linhas IPD – SF38 .....	163
Figura 8.28: Gráfico de Linhas IPD – SF39 .....	164
Figura 8.29: Gráfico de Linhas IPD – SF42 .....	164
Figura 8.30: Gráfico de Linhas IPD – SF43 .....	164
Figura 8.31: Gráfico de Linhas IPD – SF44 .....	165
Figura 8.32: Gráfico de Linhas IPD – SF45 .....	165
Figura 8.33: Gráfico de Linhas IPD – SF46 .....	165
Figura 8.34: Gráfico de Linhas IPD – SF47 .....	166
Figura 8.35: Gráfico de Linhas IPD – SF48 .....	166
Figura 8.36: Gráfico de Linhas IPD – SF49 .....	166
Figura 8.37: Gráfico de Linhas IPD – SF51 .....	167
Figura 8.38: Gráfico de Controle VD – SF03 .....	168
Figura 8.39: Gráfico de Controle VD – SF04 .....	168
Figura 8.40: Gráfico de Controle VD – SF05 .....	168
Figura 8.41: Gráfico de Controle VD – SF06 .....	169
Figura 8.42: Gráfico de Controle VD – SF010 .....	169
Figura 8.43: Gráfico de Controle VD – SF12 .....	169
Figura 8.44: Gráfico de Controle VD – SF13 .....	170
Figura 8.45: Gráfico de Controle VD – SF14 .....	170
Figura 8.46: Gráfico de Controle VD – SF15 .....	170
Figura 8.47: Gráfico de Controle VD – SF16 .....	171
Figura 8.48: Gráfico de Controle VD – SF18 .....	171
Figura 8.49: Gráfico de Controle VD – SF19 .....	171
Figura 8.50: Gráfico de Controle VD – SF21 .....	172
Figura 8.51: Gráfico de Controle VD – SF22 .....	172
Figura 8.52: Gráfico de Controle VD – SF23 .....	172
Figura 8.53: Gráfico de Controle VD – SF24 .....	172

Figura 8.54: Gráfico de Controle VD – SF25 .....	173
Figura 8.55: Gráfico de Controle VD – SF26 .....	173
Figura 8.56: Gráfico de Controle VD – SF27 .....	173
Figura 8.57: Gráfico de Controle VD – SF29 .....	173
Figura 8.58: Gráfico de Controle VD – SF30 .....	174
Figura 8.59: Gráfico de Controle VD – SF31 .....	174
Figura 8.60: Gráfico de Controle VD – SF32 .....	174
Figura 8.61: Gráfico de Controle VD – SF34 .....	175
Figura 8.62: Gráfico de Controle VD – SF35 .....	175
Figura 8.63: Gráfico de Controle VD – SF36 .....	175
Figura 8.64: Gráfico de Controle VD – SF37 .....	175
Figura 8.65: Gráfico de Controle VD – SF38 .....	176
Figura 8.66: Gráfico de Controle VD – SF39 .....	176
Figura 8.67: Gráfico de Controle VD – SF40 .....	176
Figura 8.68: Gráfico de Controle VD – SF41 .....	176
Figura 8.69: Gráfico de Controle VD – SF44 .....	177
Figura 8.70: Gráfico de Controle VD – SF45 .....	177
Figura 8.71: Gráfico de Controle VD – SF46 .....	177
Figura 8.72: Gráfico de Controle VD – SF47 .....	177
Figura 8.73: Gráfico de Controle VD – SF48 .....	178
Figura 8.74: Gráfico de Controle VD – SF49 .....	178

## RESUMO

NEGRISOLLI, R. K. (2009). Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água – Estudo de caso. Campo Grande, 2009. 191p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Este trabalho apresenta uma sistemática para avaliação de dados e indicadores de perdas utilizados nas empresas de saneamento. Para isso, são calculados três indicadores de perdas: Índice de Perdas Percentual, Índice de Perdas por Ligação ou por Economia e Índice de Perdas Total. A avaliação final da proposta utilizará as Ferramentas Estatísticas da Qualidade como instrumento de análise e gestão dos dados e informações geradoras dos indicadores. As Ferramentas Estatísticas da Qualidade, utilizadas neste trabalho, para avaliação e análise do controle de perdas serão: Estatística Descritiva, Gráfico de Linhas, Gráfico de Pareto, Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados, Diagrama de Visualização e Gráfico de Controle.

**Palavras chave:** Indicadores de perdas, Gestão de perdas, Ferramentas Estatísticas da Qualidade.

## ABSTRACT

NEGRISOLLI, R. K. (2009). Data Analysis and indicators of water losses in the system – Case study. Campo Grande, 2009. 191p. Dissertation (Masters) – Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil.

This paper presents a system for evaluation of data and indicators of losses used in the sanitation business. Therefore, three indicators are calculated: Loss Percentage Index, Index of Link losses and Index of Total Loss. The final evaluation of the proposal is going to make use of the statistic tools for quality as an instrument of analysis and management of the data and information that will generate the indicators. Statistic tools for quality, as used in this study, for assessment and analysis of loss control are: descriptive statistics, graphic lines, Pareto Chart, Scatter Graph with Data Stratification, Diagram View and Chart Control.

**Key words:** Indicators of water losses, Management of water losses, Statistic tools for quality.

## **1. INTRODUÇÃO**

A situação e o futuro das águas tem sido motivo de inúmeras discussões devido a progressiva deterioração dos rios e mananciais principalmente de abastecimento.

Assim a conscientização da necessidade de implementação de políticas voltadas à conservação e uso racional da água é fundamental para garantir esse recurso às gerações futuras (Maldonado, 2006).

Dada a limitação dos recursos hídricos, principalmente nos grandes centros urbanos, é de extrema importância a reflexão sobre as diversas estratégias para a redução da demanda global de água, além de suas perdas durante a distribuição.

Para as empresas de saneamento um dos maiores desafios é a distribuição de água para os usuários com qualidade de forma contínua.

As maiores deficiências observadas no sistema de abastecimento de água se devem principalmente à deterioração dos sistemas antigos, especialmente nas redes de distribuição de água, com tubulações antigas, apresentando problemas de vazamento e por não sofrerem adequada manutenção e recuperação, resultam em elevada perda de água, importantes perdas no faturamento por parte das prestadoras de serviço além do sistema ficar vulnerável à contaminação por parte dos vazamentos das tubulações.

A perda não envolve apenas o desperdício de água tratada, mas também indica um fator significativo na busca de novos investimentos para a expansão do sistema. Alguns agentes financiadores condicionam um índice de perda mínimo para que os financiamentos sejam aprovados, tendo em vista que o indicador é um dos principais itens de avaliação de ineficiência das empresas de saneamento.

No Brasil o índice de perda é considerado preocupante e segundo Gumier (2005), os índices de perdas variam entre as prestadoras de serviço de saneamento, entretanto, todos os índices apontam para uma necessidade de redução desses valores, já que a média brasileira das perdas é de 40% do volume total fornecido (PNCDA,1998).

As perdas em um sistema de abastecimento de água podem ser consideradas como perdas físicas e não físicas.

As perdas não físicas estão relacionadas com o processo comercial da água, ou seja, o consumo da população e podem ser erros na macro e micromedição, falhas no cadastramento

dos usuários das Companhias, ligações clandestinas, fraudes, enfim, eventos com que fazem que os volumes efetivamente consumidos não sejam faturados.

A perda física está relacionada com os volumes de água perdidos ao longo do processo de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição de água, ou seja, todo o processo operacional de transformar a água bruta em água tratada própria para o consumo e entrega ao consumidor.

O combate à perda física nos sistemas de abastecimento de água torna-se cada vez mais relevante, tanto no aspecto da utilização racional dos recursos hídricos, como também devido a escassez de capitais para investimentos no setor de saneamento básico, principalmente nos casos em que não há incremento de usuários e a análise do empreendimento através do custo marginal mostra-se inviável.

Uma das maiores dificuldades das empresas de saneamento é a falta de métodos de controle e acompanhamento dos processos de gestão de perdas.

Gonçalves (1998), em seu trabalho, constata que existem poucos estudos no Brasil sobre a questão de perdas de água em sistemas de abastecimento, e que a maioria dos trabalhos disponíveis foi realizada nos países desenvolvidos. Nesta carência de estudos, um dos principais problemas verificados refere-se à avaliação de dados e indicadores de perdas.

Se não se mede corretamente os índices de perdas, consequentemente não se controla, de forma adequada, o processo; se não existe o controle, não existe o gerenciamento eficiente (Kurokawa, 2001).

Na tentativa de unificar a quantificação das perdas e uniformizar a linguagem com relação a esse assunto, possibilitando a comparação entre os diferentes sistemas, foram criados, por organismos nacionais e internacionais, os indicadores de perdas, que devem oferecer bases seguras para o planejamento das ações de redução e controle, e a avaliação de seus resultados possibilitarem a análise de desempenho, permitindo a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços, bem como contribuir para definição de políticas públicas para o setor saneamento (Miranda, 2002).

Este trabalho apresenta subsídios que possibilitam auxiliar os gestores de saneamento, principalmente em redes de distribuição de água a controlar os altos índices de perda presentes em um sistema.



O controle será através da análise dos indicadores de perdas com o uso das ferramentas estatística da qualidade com aplicação em um sistema real de Campo Grande-MS.

A seguir é definido o objetivo da pesquisa e em seguida serão apresentadas as referencias bibliográficas sobre as perdas de água e sobre as ferramentas estatísticas da qualidade.

Nos capítulos seguintes apresentam a metodologia a ser usada na pesquisa, descrevendo as ferramentas que serão usadas para o controle dos índices de perdas e as aplicações da pesquisa num sistema existente. Os resultados e discussões do experimento e as conclusões serão descritas a seguir. Por fim, o trabalho é encerrado com a relação das referências bibliográficas utilizadas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Esta pesquisa tem como objetivo propor uma sistemática para análise dos dados e indicadores de perdas em sistema de distribuição de água utilizando as ferramentas estatísticas da qualidade com aplicação em um sistema real.

### **2.2. Objetivo Específico**

Os objetivos específicos são elaborar os seguintes Indicadores de perdas:

- Índice de Perdas Percentual (IPD);
- Índice de Perdas por Ligação (IPL);
- Índice de Perdas Total (IOT).

E analisar os dados e os indicadores elaborados através do uso das seguintes Ferramentas Estatísticas da Qualidade:

- Estatística Descritiva;
- Gráfico de Linha;
- Diagrama de Pareto;
- Gráfico de Dispersão;
- Estratificação de Dados;
- Diagrama de Visualização;
- Gráfico de Controle.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para que se possa atingir o objetivo desta pesquisa, através de uma metodologia adequada é realizada a seguir, uma revisão bibliográfica em dois campos de estudos: a) revisão sobre perdas de água, com os principais conceitos e como são determinados os indicadores de perdas e b) as principais definições das Ferramentas Estatísticas da Qualidade, assim como suas aplicações.

#### **3.1. Perdas de Água**

A tarefa básica de uma empresa operadora do sistema de abastecimento é o fornecimento de água em quantidade suficiente, em condições de pressões adequadas, com qualidade aceitável, tão economicamente quanto possível (JOWITT e XU,1990).

Porém, de alguma forma, as perdas sempre estão presentes em todos os sistemas de distribuição de água (PUDAR e LIGGETT, 1992).

As perdas de água em sistemas públicos de abastecimento são calculadas como sendo a diferença do volume produzido pelo volume faturado. Segundo MARTÍNEZ, CONEJOS e VERCHER (1999) as perdas de água nas redes de distribuição são de aproximadamente 50% do volume total aduzido.

Alguns países definem como perdas de água somente as águas que não são contabilizadas pela micromedição outros, como a Inglaterra consideram somente as perdas devido aos vazamentos, pois somente uma pequena parte das ligações é medida.

Para Coelho (1983), as perdas num sistema de abastecimento de água referem-se aos volumes perdidos em várias situações, tais como: perdas nas várias etapas que compõe um sistema de abastecimento de água (adução, reservação, tratamento e distribuição), esbanjamento na utilização da água pelo usuário, erros de marcação de hidrômetros e qualquer forma não contabilizada pela empresa.

Segundo Lambert (apud Gonçalves, 1998), as perdas em sistemas de distribuição são a diferença entre o que é medido nas entradas das redes de distribuição e o que é contabilizado junto aos consumidores.

As perdas nos sistemas de abastecimento de água devem ser reduzidas a um nível compatível com as condições ambientais e econômicas específicas de cada região, devendo

ser uma busca permanente a melhoria dos materiais e da mão-de-obra, a mobilização de todos os profissionais da empresa e a racionalização dos processos e instrumentos de gestão das companhias de saneamento. A identificação e separação das perdas físicas de água das não físicas são tecnicamente possíveis mediante pesquisa de campo, utilizando a metodologia da análise de histograma (registros contínuos) de consumo das vazões macromedidas. A ausência de atenção e aplicação de medidas eficazes por parte das prestadoras de serviços de água, acarreta em desperdiçar um dos maiores bens da humanidade - a água (MOURA, 2004).

Identificando as perdas a que está sujeito o sistema de abastecimento e distribuição de água, pode-se repercutir em economia financeira os atos de controle e redução das mesmas, não só para concessionária produtora, mas também para o consumidor. A redução da perda de água permite reduzir, muitas vezes significativamente, os custos de produção, contabilizando também a redução do consumo de energia, podendo assim, reestruturar a oferta de água para mais consumidores num mesmo sistema, caracterizando uma diminuição do valor do serviço para os mesmos, conforme cita Silva (2006).

Tais perdas são classificadas em físicas e não físicas, conforme Figura 3.1.

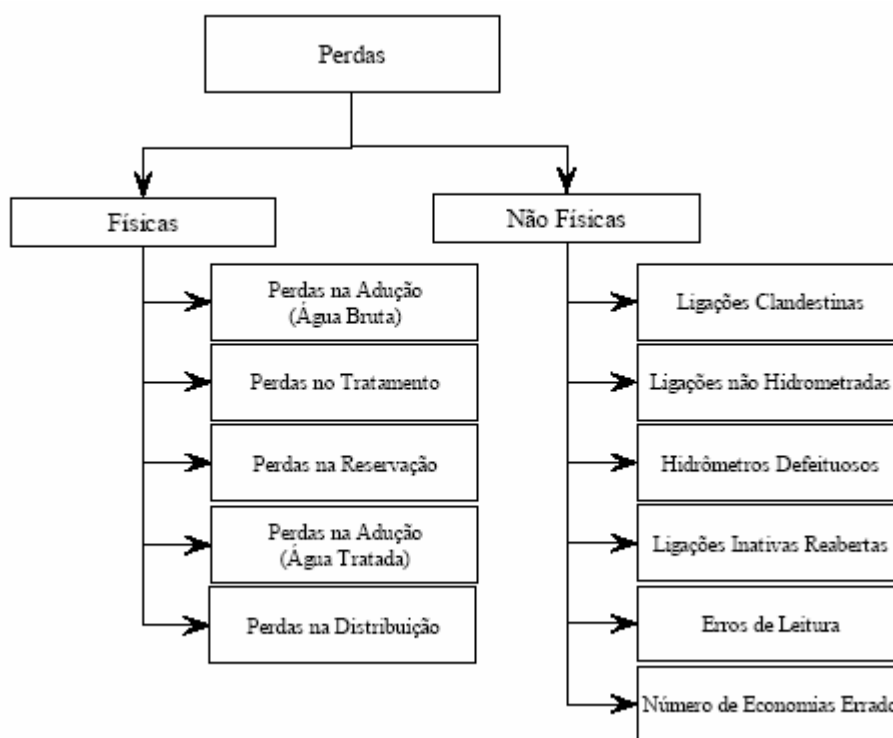


Figura 3.1: Perdas nos sistemas de abastecimento de água (adaptado de SILVA e CONEJO, 1998)

A perdas físicas são referentes à parcela de água que não chega aos consumidores devido às falhas que ocorrem no sistema, já as perdas não físicas são referentes ao subfaturamento e estão relacionadas à parcela de água consumida, porém não contabilizada para efeito de tarifa.

### **3.1.1 Perdas Físicas ou Reais**

Sato (2000) define as perdas físicas como a água produzida, mas que, efetivamente, não chega ao consumidor, em função de vazamentos existentes no sistema de abastecimento, consumos operacionais e extravasamento em reservatórios.

O volume anual de perdas por meio de todos os tipos de fissuras, rupturas e extravasamentos depende da frequência, da vazão e da duração média de cada fuga.

Perdas reais é a atual nomenclatura definida pela International Water Association (IWA) para as perdas físicas, que correspondem a toda água produzida e transportada pelas companhias responsáveis pela distribuição que não é consumida pelo cliente final, ocorrendo através de vazamentos (principalmente nas tubulações das linhas de adução e da rede de distribuição e seus acessórios, como juntas, registros e ventosas) ou também através de extravasamentos (ocorridos no período de carregamento dos reservatórios devido às falhas operacionais dos equipamentos de controle instalados ou devido a inexistência de dispositivos de alerta e controle).

Silva (2006) demonstra, conforme Tabela 3.1 os tipos de perdas reais bem como seu nível de significância quanto a quantidade de desperdício.

Verificam-se então, os cinco locais de ocorrência das perdas físicas de água, partindo da adução até a distribuição para o consumidor final. Cada subsistema possui as suas próprias características, e conseqüentemente as perdas reais relativas. É possível verificar no quadro, que o principal motivo da ocorrência das perdas reais refere-se a existência de vazamentos, indiferente ao subsistema em que está envolvido.

O motivo da grande significância dada ao subsistema que envolve a distribuição, é o fato da perda de água que passou por sistema de tratamento, muitas vezes complexo, envolvendo custos financeiros para seu funcionamento e manutenção, ou seja, temos no subsistema de distribuição as perdas reais da água de maior valor, por ser tratada, e conseqüentemente, maior custo.

Tabela 3.1: Perdas Físicas por subsistema – origem e magnitude

PERDAS FÍSICAS	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
	Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional.
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional.
	Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional.
	Adução de Água Tratada	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional.
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões.

Fonte: Adaptado Conejo, Lopes e Marcka – PNCD (1999)

Moura (2004) explica que, as perdas na rede distribuidora registram-se em maior quantidade nos ramais prediais devido a grande ocorrência de vazamentos, e as maiores perdas reais em volume, ocorrem por extravasamento de reservatórios ou em vazamentos nas adutoras de água tratada e nas tubulações da rede de distribuição.

A redução das perdas físicas e econômicas relacionadas à distribuição de água tem sido uma preocupação constante das Empresas de Saneamento. Esta preocupação não está somente relacionada ao aspecto perda de um bem de valor econômico, mas possíveis alterações do comportamento hidráulico da rede para situações que não são previstas em projetos, incluindo-se o impacto de transientes hidráulicos, alterações de qualidade da água e aumento de custos de operação. Para se conseguir um eficaz combate às perdas físicas necessita-se: velocidade no reparo dos vazamentos; controle ativo das perdas; controle da pressão na rede; e, mais importante, planejamento e Gestão do Sistema de Distribuição (ROSSIGNEUX, 2005).

As principais ocorrências de perdas físicas ou reais são descritas a seguir.

- **Perdas reais por vazamento:**

Segundo Soares (2004), no Brasil, são comuns sistemas de distribuição de água para abastecimento com elevados índices de perdas, nos quais parcela significativa é devida às perdas por vazamento. Dessa maneira, o controle efetivo das perdas por vazamento e do comportamento do sistema sob as mais diversas condições operacionais é de fundamental

importância, não só do ponto de vista financeiro, no que diz respeito ao desperdício da água bombeada e quimicamente tratada, mas principalmente da preservação deste recurso natural.

Em uma abordagem mais direta, estas perdas implicam, além da perda do recurso que está sendo distribuído após seu tratamento, em desperdícios de recursos adicionais, em especial, com custos de bombeamento adicional necessários para atender aos requisitos de demanda. Adicionalmente, possíveis alterações de qualidade da água, com as alterações das características hidráulicas da rede, podem ser significativas (ROSSIGNEUX, 2005).

As perdas por vazamentos são, junto com as perdas por extravasamento, as principais responsáveis pelo volume de água resultante pelas perdas reais, mas estas representam a maior quantidade de perdas que ocorrem no sistema de distribuição e abastecimento de água.

Sato (2000) classifica os vazamentos em:

- Muito pequenos: vazamentos derivados de gotejamentos e exudações em juntas, peças e conexões hidráulicas. Os vazamentos, nesta categoria, são de difícil detecção, e seu controle é antieconômico, a não ser nos casos em que são visíveis.
- Pequenos vazamentos: os vazamentos pequenos representam a maior parcela das perdas e não são aparentes. Estes vazamentos apresentam viabilidade econômica para sua recuperação, embora seja necessária a utilização de técnicas especiais para sua localização (escuta eletrônica de redes e aparelho de correlação de frequências).
- Grandes Vazamentos: vazamentos oriundos do rompimento de redes de distribuição; normalmente, estes vazamentos afloram à superfície, sendo de fácil detecção e manutenção.

Tsutiya (2004) classifica os vazamentos em visíveis e não visíveis, onde os vazamentos visíveis são facilmente notados por técnicos das empresas ou pela população, podendo ser prontamente acionadas as equipes de manutenção para repará-los.

Os vazamentos não visíveis, conforme explicações de Tsutiya (2004) exigem uma gestão especial com pessoal qualificado e treinado para o uso de equipamentos para detecção as fugas de água, sem esperar que o vazamento aflore para fazer o reparo. Outras tecnologias com a utilização de princípios acústicos fazem com que os vazamentos sejam

descobertos, porém pequenas vazões de vazamentos ou baixa pressão de serviço mesmo utilizando as técnicas e equipamentos são difíceis de detectar.

Esses vazamentos não visíveis e não detectáveis são chamados de vazamentos inerentes, cujas vazões são em geral inferiores a 0,25 m<sup>3</sup>/h (Lambert, 2002).

Conforme Moura (2004) as perdas físicas que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são muitas vezes elevadas, mas estão dispersas, fazendo com que as ações corretivas sejam complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos. Nesse sentido, é necessário que operações de controle de perdas sejam precedidas por criteriosa análise técnica e econômica.

Silva (1999) cita que as principais causas das perdas físicas, nas redes de distribuição, são decorrentes dos fatores: projeto; montagem e obras e controle de pressão.

O mau dimensionamento de um projeto de rede de distribuição, materiais especificados incorretamente, a falta de transientes hidráulicos acabam comprometendo a operação de um sistema de abastecimento de água e como consequência o aparecimento das perdas de água.

As obras da uma rede de distribuição é a próxima fase após o projeto. Caso o processo de montagem, bem como o assentamento das tubulações, conexões e peças hidráulicas estabelecidos e normatizados não seja bem acompanhado, será possível a existência de futuros vazamentos e consequentemente perdas de água.

Silva (1999) descreve que a redução da pressão em redes de distribuição diminui significativamente a ocorrência de vazamentos e consequentemente as perdas por vazamento.

O autor apresenta uma relação matemática (3.1), segundo a qual, para tubos metálicos, a vazão perdida (Q) é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica (H), conforme a equação:

$$Q = f(H^{1/2}) \quad (3.1)$$



Em função desta equação, a tabela 3.2 representa, para vários valores de reduções de cargas, as conseqüentes diminuições nos índices de perdas, para o caso de tubulação metálica.

Tabela 3.2: Relação de redução carga X redução de perdas.

<b>Redução de carga (%)</b>	<b>Redução da perda (%)</b>
20%	10%
30%	16%
40%	23%
50%	29%
60%	37%

Fonte: Silva (1999, p.45)

Pela tabela, verifica-se que para uma redução de 60% da pressão de um setor existe uma redução de 37% no valor das perdas. Esta diminuição ocorre em conseqüência da diminuição de pequenos vazamentos, da falta de estanqueidade da tubulação e da diminuição do número de reparos na rede.

Conforme Lambert (apud Silva, 1999), para tubulações em materiais plásticos (PVC), a redução das perdas com controle de pressão tem apontado coeficientes maiores que estes apresentados para tubulação metálica. A classe de materiais em PVC representa a grande maioria das tubulações presentes no país.

Segundo Hindi e Hamam, (1991 a,b) é vantajoso reduzir as pressões tanto quanto possível, pois a pressão é o fator, dentre aqueles que afetam as perdas, que pode ser facilmente controlado.

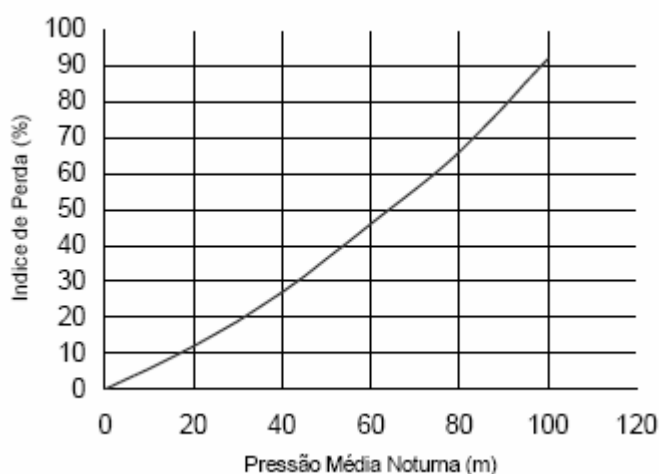


Figura 3.2: Relação entre índice de perdas e pressão.

Na figura 3.2 pode ser visto que a perda aumenta com o aumento da pressão média, com a curva acentuando-se para pressões mais altas. Assim, redução de altas pressões, resulta em consideráveis reduções de perdas físicas de água. De um ponto de vista econômico é desejável que se regule pressões excessivas em níveis aceitáveis (JOWITT e XU, 1990).

Existem vários meios de se alcançar a redução da pressão excessiva, de acordo com o padrão de demanda na rede, tais como o estabelecimento de zonas de pressão na rede, redução na pressão de bombeamento e válvulas controladoras de fluxo (VAIRAVAMOORTHY e LUMBERS, 1998).

A magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas. Sendo assim, relatam-se as seguintes causas prováveis das perdas provenientes dos vazamentos em tubulações e ramais, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 3.3: Causas prováveis de falhas e rupturas nas tubulações em função da fase de desenvolvimento do sistema de abastecimento

FASE DA FALHA	CAUSA DA FALHA	CAUSA DA RUPTURA
Planejamento e Projeto	Subdimensionamento	Sobrepessão
	Ausência de ventosas	Subpressão
	Cálculos transientes	Sub e sobrepressão
	Regras de operação	Sub e sobrepressão
	Setorização	Sobrepessão
	Treinamento	Sub e sobrepressão
Construção	Construtivas	
	Materiais	
	Pecas	
	Equipamentos	
	Treinamento	
Operação	Enchimento	Sub e sobrepressão
	Esvaziamento	Subpressão
	Manobras	Sub e sobrepressão
	Ausência de regras	Sub e sobrepressão
	Treinamento	Sub e sobrepressão
Manutenção	Sem prevenção	
	Mal feita	
	Treinamento	
	Tempo de resposta	
	Interação operador/usuário	
Expansão	Sem projeto	Sub e sobrepressão
	Sem visão conjunta	Sub e sobrepressão

Fonte: Adaptado de Moura (2004)

Portanto, de forma resumida temos que as principais causas dos vazamentos são:

- A idade da tubulação e acessórios;
- Falhas construtivas;
- Defeitos em peças especiais e conexões;
- Rupturas;
- Utilização de materiais inadequados;
- Natureza e qualidade dos materiais empregados e a adequada utilização técnica dos mesmos;
- Pressão hidráulica a que o sistema de distribuição está sujeito;
- As intervenções nos subsolo na vizinhança da rede.

- **Perdas reais por extravasamento**

As perdas por extravasamento em reservatórios ocorrem mais freqüentemente devido ao mau-funcionamento ou à falta da válvula de controle de nível dos reservatórios. Os volumes das perdas são determinados a partir dos períodos e das descargas de extravasamento. Se as descargas não são diretamente medidas, como por meio de régua sob o ponto ou pontos de extravasamento, estas devem ser estimadas a partir da subtração entre as vazões de alimentação do reservatório e a de saída para a rede de distribuição, associadas ao período de duração do extravasamento, estando, nesse caso, sujeitas às imprecisões dos medidores de vazão (SABESP, 2001).

Conforme Coelho (1996), são nos reservatórios de água onde podem ocorrer perdas elevadas, por transbordamento, principalmente por conta dos meios de comunicação ineficientes ou inadequados, causando falha na comunicação entre a unidade que envia e a que recebe a água. Assim, ocorre o extravasamento devido à operação deficiente, decorrente de falha operacional, ou mais exatamente, do Sistema de Controle Operacional.

Em virtude de que as perdas por extravasamento sejam geralmente consideradas como porcentagens muito pequenas do volume total produzido, os estudos de perfis de perdas em empresas de saneamento geralmente não propõem ou mesmo abordam os métodos de cálculo dos tempos de transbordamento, caso estes existam. Em vista dessas dificuldades, uma forma viável para a abordagem do problema seria a determinação do

tempo de extravasamento e das vazões perdidas por extravasamento numa base mensal, quando este tipo de perda for constatada em um dado reservatório.

Segundo Vaz Filho (apud BRAZOLOTO e TEIXEIRA, 200-), é comum, ou por falha operacional ou por falta de definição do nível de água máximo, ocorrer extravasamento de água em reservatórios, caracterizando desperdício de energia elétrica para manter um ou mais conjuntos moto-bomba funcionando sem necessidade. Para tanto, todo reservatório deve ter definidos os seus níveis de água máximo e mínimo, para que a operação defina, nesse intervalo de níveis, o número de bombas que devam estar em funcionamento.

A implantação de alarmes ou controle automático de níveis e vazões pode corrigir esse problema operacional. Já as rachaduras são falhas estruturais, e a correção do problema deve ser avaliada economicamente para verificar o retorno do investimento, pois esses problemas estruturais devem ser avaliados por especialistas que atestem a estabilidade da obra (COELHO, 1996).

A magnitude das perdas em reservatórios é variável, em função do estado das instalações e da eficiência operacional, mas deve-se lembrar que, quando ocorrida as perdas por extravasamento, esta irá ter uma grande representatividade em volume, entre as perdas de água avaliadas.

- **Perdas por mau funcionamento em equipamentos de controle do sistema de distribuição**

As válvulas, dispositivos controladores no sistema de distribuição, são utilizadas para as funções de controle e isolamento. As válvulas de isolamento são geralmente operadas manualmente, enquanto que as de controle operam automaticamente. A tendência de todas as válvulas com o tempo é estarem sujeitas a falhas, sendo importante inspecionar cada instalação dotada de sistema automático de controle e determinar se a válvula está ou não funcionando, ou mesmo instalada adequadamente para aquela particular função, conforme recomenda Silva (2006).

### 3.1.2 Perdas Não Físicas ou Aparentes

As perdas não físicas são correspondentes aos volumes não faturados, conforme definição de Silva (1999), ou seja, é a água que é consumida pelo usuário e não faturada pelo serviço.

Perdas Aparentes, assim como a denominação de Perdas Reais, é a nomenclatura utilizada pela IWA, quando se refere às perdas não físicas ou comerciais, estas correspondentes a quantidade de água produzida pela concessionária e consumida pelo cliente, mas que não é contabilizada.

SILVA e CONEJO (1998) citam que as perdas não físicas, originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros domiciliares defeituosos ou adulterados, falta de medição, fraudes nos hidrômetros e outras. Essas perdas são também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador determina a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado.

Silva (1999) considera as principais causas das perdas não físicas em submedição; ligações fraudulentas, fraudes e *by-pass* e a deficiência na área comercial.

Segundo Alves et al (1999 b) a submedição ocorre quando o hidrômetro mede valores com indicações inferiores às reais ou está parado. A submedição interfere nos indicadores de perdas, pois, apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, em função desta medição incorreta, parte da água fornecida ao cliente não será contabilizada.

Silva (2006) ainda enfatiza que as perdas aparentes é associada às falhas no Cadastro Comercial das companhias de saneamento. A parcela das perdas contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito).

Tabela 3.4: Perdas aparentes

	ORIGEM DAS PERDAS	MAGNITUDE
<b>PERDAS DE FATURAMENTO</b>	Ligações Clandestinas / Irregulares Ligações não Hidrometradas Hidrômetros Parados Hidrômetros que Submedem Ligações Inativas Reabertas Erro de Leitura Número de Economias Errado	Podem ser significativas, dependendo de: procedimentos cadastrais, de faturamento, de manutenção preventiva e adequação de hidrômetros e de monitoramento do sistema. Sendo assim, é reconhecida a necessidade da implantação de um Sistema de Gestão de Perdas, buscando minimizar os índices de perdas existente

Fonte: Adaptado de Conejo, Lopes e Marcka – PNCDA (1999)

Rossigneux (2005) afirma que as perdas econômicas são constituídas de fornecimentos não faturados e pelas perdas devidas a erros de medição e leitura. Para uma eficaz redução das perdas econômicas é necessário: controle da água medida e não faturada; diminuição de erros de leitura e medição; diminuição de consumos clandestinos e, acompanhamento das características hidráulicas da rede de distribuição de água.

Conforme LAMBERT (1998), em todos os programas de redução de perdas de água praticados pelos serviços de saneamento, as perdas não físicas ou comerciais ocupam uma posição de destaque e, dentre estas, salienta-se a água não contabilizada devido à sensibilidade dos medidores, entendida como a sua maior ou menor capacidade de registrar corretamente volumes de água que os atravessam a baixas vazões.

Quanto às perdas aparentes, a tabela abaixo discrimina a origem das diversas formas de perda de faturamento e dá uma idéia de sua magnitude, de acordo com o Programa de Combate ao Desperdício de Água.

Cabe lembrar que, de acordo com Moura (2004), a redução das perdas aparentes permite aumentar a receita tarifária, aumentando contudo a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços.

Silva (2006) define os tipos de perdas aparentes como seguem:

- **Perdas aparentes por erro de macromedição**

As perdas aparentes provenientes dos erros de macromedição influenciam, basicamente no balanço hídrico do sistema de distribuição e abastecimento de água, com informações não reais sobre o volume de água que entra no sistema, disponibilizado ao consumidor.

O volume de água que entra num sistema de distribuição deve ser quantificado com precisão. Quando se parte de volumes macromedidos incorretos, muito provavelmente se chegarão a resultados distorcidos, invalidando toda a pesquisa no sistema, uma vez que o peso dos volumes macromedidos, em relação aos demais componentes, é muito grande.

Os principais motivos das perdas aparentes por erro de macromedição provêm da falta de infra-estrutura e manutenção da concessionária responsável, sendo caracterizados:

- Pela inexistência dos macromedidores em pontos de medição obrigatória do volume de água, obrigando assim, a uma estimativa do volume para que seja dada seqüência à análise;
- Erros de medição do volume de água proveniente da falta de calibração e testes de funcionamento, ocasionando uma leitura errônea dos dados a serem analisados.

É indicado, para este caso que a concessionária efetue a manutenção periódica de seus macromedidores, executando quando necessário a correção e ajustes dos valores coletados de forma a formatar uma análise correta dos dados referentes à água que entra no sistema, e conseqüentemente, servir como dado base para um correto balanço hídrico da concessionária.

- **Perdas aparentes por erro de micromedição (hidrômetros)**

O sistema de micromedição é parte de extrema importância em qualquer Programa de Controle de Perdas. É através da micromedição que a concessionária contabiliza os volumes de água entregues aos consumidores e calcula suas faturas. Além disso, a micromedição é responsável por uma parcela das perdas aparentes; a confiabilidade dos dados da micromedição influi diretamente na confiabilidade do Índice de Perdas.

Os hidrômetros são largamente empregados na micromedição (medição do volume consumido pelos clientes das companhias de saneamento, cujo valor será objeto da emissão da conta a ser paga pelo usuário), e aqui reside uma das maiores fontes de evasão de volumes não-faturados em uma companhia de saneamento.

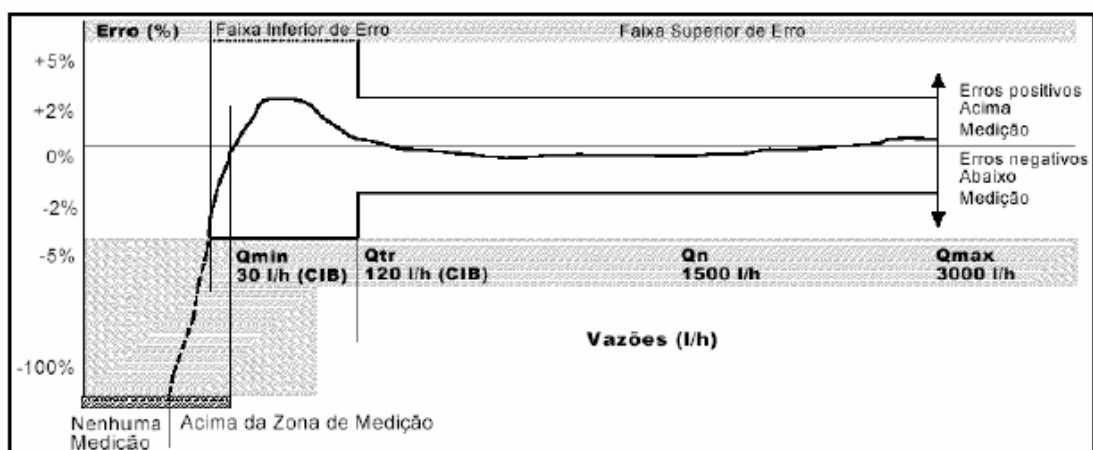


Figura 3.3: Curva de erro característica dos medidores.

Fonte: Sanchez e Motta – IPT (apud SABESP, 2001).

Normalmente utilizados nas residências, no comércio, e em pequenas unidades industriais, os hidrômetros podem ser do tipo velocimétrico, com vazões nominais de  $1,5\text{m}^3/\text{h}$  ou  $3\text{ m}^3/\text{h}$  (MOURA, 2004).

As perdas da micromedição referem-se à soma dos volumes totais de água distribuídos aos consumidores e que não são, por diversos fatores, registrados de forma correta pelos hidrômetros.

Cada tipo de hidrômetro ou medidor possui uma curva característica de sensibilidade, que fornece os erros percentuais nos volumes medidos em função da vazão que passa pelo medidor. A Figura 3.3 mostra o formato típico de uma curva de erro de um medidor.

Conforme pode ser observado, os valores de erros percentuais podem ser muito altos e negativos em baixas vazões, na faixa de vazões entre o valor denominado de início de funcionamento e o valor da vazão mínima, definido para cada classe de medidor. Nessa faixa, os volumes registrados pelo hidrômetro são menores que os reais, implicando em submedição dos volumes, em detrimento da empresa fornecedora.

Outra dificuldade a ser analisada é o fato de que a curva de erros de um medidor se modifica ao longo do tempo, em função da perda de sensibilidade geral do aparelho devido aos desgastes internos.

Os autores Santos et al. (1999) e Alves et al (1999b) destacam as várias causas da submedição, sendo:

- Instalação inadequada dos medidores: os medidores são instalados desprotegidos, sem caixas de proteção contra a exposição ao sol, contra a depredação, intempéries, etc.
- Dimensionamento incorreto: os hidrômetros subdimensionados fora da sua faixa de trabalho apresentam menor sensibilidade na medição, podendo deixar de registrar pequenas vazões.
- Desgastes nos mecanismos internos: o hidrômetro trabalha com mecanismos de relojoaria mecânica. Com o tempo, existe o desgaste dos componentes; por isso é necessária a manutenção, para que o equipamento continue medindo com uma margem de erro tolerável.



- Incrustações: os materiais presentes na água (sais minerais) tendem a incrustar dentro do hidrômetro, no mecanismo móvel interno, prejudicando e alterando, assim, seu funcionamento.

Dentro de uma visão global, as perdas de água devido a erros de micromedição podem ser vistas sob três enfoques básicos:

- a) Sensibilidade do hidrômetro: neste enfoque, a variável de análise é a sensibilidade ou precisão do hidrômetro, que varia de acordo com as vazões de trabalho, conforme a curva característica de erro dos medidores:
  - Classe metrológica do medidor;
  - Tempo de instalação ou de utilização;
  - Desgastes internos;
  - Inclinação dos hidrômetros;
  - Características de fabricação;
  - Escolha, dimensionamento e instalação dos medidores.
- b) Perfil de Consumo dos Clientes: neste caso, a variável de análise é a magnitude das vazões que passam pelo medidor, que dependem das características de consumo dos usuários:
  - Curva de consumo do usuário;
  - Efeito da reserva domiciliar.
- c) Condições do Sistema de Distribuição: neste enfoque, as variáveis de análise são as condições dos sistemas de abastecimento e de distribuição, influem na qualidade da água final que chega ao cliente, incorrendo em danos nos mecanismos internos dos medidores:
  - Qualidade da água fornecida;
  - Presença de Ar na Rede;
  - Faixas de pressões na rede.

Para evitar que a perda aparente ocasionada por erros de micromedição acarrete mais prejuízos nas empresas de saneamento, é recomendável que haja critérios de substituição de

medidores; manutenção preventiva e corretiva; consistência de leitura e gestão do processo de micromedição.

- **Perdas aparentes para suprimento social**

Atualmente, no conceito de perdas nos sistemas de distribuição os volumes dos usos sociais (os volumes entregues em áreas invadidas e em favelas), não são considerados como perdas, como eram considerados quando a análise era apenas percentual, sobre a quantidade de água faturada em relação a água produzida.

Como não são volumes totalmente medidos, é fundamental que sejam feitas estimativas criteriosas desses valores, que influirão diretamente na determinação dos indicadores de perdas. Apesar de não serem considerados como perdas, no cálculo dos índices de perdas, os volumes de água utilizados em usos sociais, principalmente em grandes cidades, têm crescido em demasia, sendo, de qualquer forma, um aumento crescente nos custos e nas perdas de faturamento das companhias. Desse modo, deve-se buscar a implantação de ações que possibilitem a redução desses volumes, principalmente com o adequado controle dos volumes entregue nessas áreas (SABESP, 2001).

Referente às ligações clandestinas, Sato (2000) define como fraude toda ocorrência de furto de água ou intenção evidente de reduzir o volume que deveria ser faturado.

O autor define as seguintes situações como fraudes:

- By-pass: ligação hidráulica paralela que evita que a água seja medida e que passe pelo hidrômetro.
- Hidrômetro invertido: situação em que o lacre é violado, o hidrômetro é retirado e trocado de posição durante um certo período de tempo, reduzindo, desta forma, o consumo.
- Cúpula furada com travamento do mecanismo de relojoaria: com um pedaço de prego, arame ou metal é travado o mecanismo de relojoaria, impedindo o mesmo de rodar.
- Danificação do hidrômetro pelo usuário: quebra ou danificação do hidrômetro impedindo-o de efetuar a medição.

- Ligação irregular: caso em que o usuário reativa uma ligação cortada, sem a autorização da empresa.
- Violação do lacre: a violação e retirada do lacre de proteção do aparelho possibilita várias atividades irregulares, como a inversão de sentido do hidrômetro ou a colocação de diversos materiais no interior do hidrômetro, que irão paralisar a turbina (fio, canudinho plástico, arame, linha de aço e outros materiais).

Para Sato (2000) as perdas não físicas também são derivadas de uma gestão deficiente da área comercial das empresas de saneamento.

Para uma maior eficiência no controle de perdas, de acordo com Kurokawa (2001), são necessários cobrança e faturamento eficiente. Por meio deste processo de faturamento e cobrança, será levantado o volume faturado, outro dado importante para o levantamento do indicador de perdas. Para isso, é necessário que se priorizem:

- A instalação da micromedição em todas as contas.
- O dimensionamento correto do hidrômetro para o consumo do cliente.
- O acompanhamento e a leitura das contas.
- A política de corte de ligações de forma rigorosa e constante, para clientes inadimplentes.
- Uma política eficiente de caça fraudes e punição nas ligações.
- Um cadastro atualizado, confiável e seguro de todos os clientes.

### **3.1.3 Indicadores de Perdas**

O balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água é uma poderosa ferramenta de gestão, pois a partir daí podem ser gerados diversos indicadores de desempenho para o acompanhamento das ações técnicas, operacionais e empresariais.

Tabela 3.5: Quadro representativo do balanço hídrico de um sistema genérico

Água que entra no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimados)	
		Consumo autorizado não-faturado	Consumo não-faturado medido (usos próprios, caminhão pipa).	Água não faturada
			Consumo não-faturado não-medido (combate a incêndios, favelas, etc.)	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não-autorizado (fraudes e falhas no cadastro)	
			Erros de medição (macro e micromedição)	
		Perdas reais	Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento (quando aplicável)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição	
			Vazamentos nos ramais (a montante do ponto de medição)	

A IWA (Institute of Water Association) propôs uma estruturação básica para o Balanço Hídrico, apresentando uma matriz onde são apresentadas as variáveis mais importantes para a composição dos fluxos e usos da água. Essa matriz representa o sistema de abastecimento a partir da “água que entra no sistema”, que pode ser a captação, a ETA, um reservatório ou mesmo uma derivação de uma adutora, compondo assim a estruturação em função do sistema, ou parte do sistema que se quer avaliar.

Importante ressaltar que o conceito apresentado como perdas reais considera somente aquelas ocorridas até o ponto sob responsabilidade da companhia de saneamento, não sendo considerado como perda real no balanço hídrico o volume perdido a partir deste ponto e no interior das edificações.

A tabela 3.5 representa o modelo da matriz do balanço hídrico proposto pela IWA.

Tendo por base as considerações da IWA, do PMSS (Programa de Modernização do setor de Saneamento), do SNIS, e do PNCD (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água) seguem as definições dos componentes do Balanço Hídrico:

- **Água que entra no sistema:** volume anual de água introduzido na parte do sistema de abastecimento que é objeto de cálculo do Balanço Hídrico.
- **Consumo autorizado:** volume anual medido e/ou não medido fornecido a consumidores cadastrados à própria companhia de saneamento e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo, para usos domésticos, comerciais ou industriais.
- **Perdas de água:** volume referente à diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado.
- **Consumo autorizado faturado:** volume que gera receita potencial para companhia de saneamento, correspondente à somatória dos volumes constantes nas contas emitidas aos consumidores. Compõe-se dos volumes medidos nos hidrômetros e dos volumes estimados nos locais onde não há hidrômetros instalados.
- **Consumo autorizado não-faturado:** volume que não gera receita para a companhia de saneamento, oriundos de usos legítimos de água no sistema de distribuição. É composto de volumes medidos (uso administrativo da própria companhia, fornecimento a caminhões pipas com controle volumétrico) e volumes não medidos, a estimar, tais como água utilizada em combate de incêndios, rega de espaços públicos e a água empregada em algumas atividades operacionais na companhia de saneamento, como por exemplo, lavagem de reservatórios.
- **Perdas Reais:** Correspondem aos volumes que escoam através de vazamentos nas tubulações vazamentos nos reservatórios e extravasamentos ns reservatórios.
- **Perdas Aparentes:** Corresponde ao volume de água consumido, porém 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. Neste caso a água é efetivamente consumida, porém não é faturada.
- **Águas faturadas:** representam a parcela da água comercializada, traduzida no faturamento do fornecimento de água ao consumidor.

- **Águas não-faturadas:** representa a diferença entre os totais anuais da água que entra no sistema e do consumo autorizado faturado. Esses volumes incorporam as perdas reais e aparentes, bem como o consumo autorizado não-faturado.

Para a determinação e acompanhamento de perdas, é necessário que se conheçam os valores numéricos associados a perdas, ou seja, os indicadores.

Segundo Oliveira (2001), a medição é um instrumento para controle, previsão, estimativa, tomada de decisão, identificação de problemas, solução de problemas e avaliação de melhoramentos. A partir da medição, pode-se confirmar se o trabalho realizado na melhoria obteve resultado e qual o resultado associado. A medição pode sinalizar onde é necessária uma melhoria, e pode ajudar na priorização dos alvos, para uma melhor utilização dos poucos e escassos recursos presentes nas empresas. Então, o indicador é um “parâmetro que medirá a diferença entre a situação desejada e a situação atual, ou seja, ele indicará um problema. O indicador permite quantificar um processo”. Para Oliveira (2001), a medição associada ao indicador permite um acompanhamento de um processo.

Para Silva (2006) a eficiência de um sistema de abastecimento de água é avaliada pelo indicador "Índice de Perdas" que procura retratar todas as componentes desta ineficiência. Em 2001 a média nacional das perdas (englobando perdas reais e aparentes) nos sistemas de abastecimento de água brasileiros situou-se no patamar dos 40%, com os maiores valores alcançando a casa dos 70% e os menores valores girando em torno dos 20% (SEDU/PR apud BARROSO 2005).

O índice de perdas tem sofrido vários questionamentos sobre a sua forma de obtenção, bem como a sua representatividade e capacidade de comparação entre diversos sistemas (AESBE e ASSEMAE, 1997). Para um cálculo mais preciso deve-se observar as seguintes recomendações (GONÇALVES, 1999):

- Fazer coincidir os períodos da macromedição com o período da leitura dos hidrômetros, uma vez que a defasagem que venha a ocorrer entre eles pode levar a que os períodos de macro e micromedição possam ter características de consumo bem diferentes e, conseqüentemente, levem a distorções no cálculo;
- Criar ou redefinir os grupos de leitura de hidrômetros de forma a coincidirem com os setores de abastecimento dentro de cada localidade, pois em alguns casos a medição da água de entrada em um dado sistema pode abranger mais de uma localidade, e conseqüentemente, diferentes grupos de leitura de hidrômetros; em

outras palavras, possibilitar o cálculo do índice por setor, de tal forma que haja coincidência entre as áreas computadas em termos de entrada e saída de água.

Segundo Almeida (1999) é opinião de especialistas de vários países considerarem as perdas de água e fugas nas redes de distribuição relacionadas com os indicadores mais utilizados em nível internacional. Assim, sendo as perdas um fator a considerar na avaliação do desempenho dos sistemas, o controle sistemático dos volumes de água não contabilizados nas redes de distribuição de água e em particular, a sua detecção e localização de fugas, constitui atualmente uma das atividades prioritárias das entidades gestoras que pretendem gerir de forma eficiente os sistemas.

Os indicadores permitem retratar as situações das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, orientar as ações de redução e controle e, em princípio, comparar sistemas de abastecimento de água, conforme Cheung (2006).

Segundo Silva et al. (1999), existem as informações-chave ou dados-chave, que representam os principais componentes que irão formar os indicadores de perdas. São estas as principais informações-chave e indicadores básicos de desempenho de perdas:

- **Volume disponibilizado (VD):** Soma algébrica dos volumes produzidos, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado;
- **Volume produzido (VP):** Volumes efluentes da(s) ETA(s) ou unidade(s) de tratamento simplificado no sistema de abastecimento considerado;
- **Volume importado (VIm):** Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidas de outras áreas de serviço e/ou de outros agentes produtores;
- **Volume exportado (VEx):** Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, transferidas para outras áreas de serviço e/ou de outros agentes distribuidores;
- **Volume utilizado (VU):** Soma dos volumes micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial;
- **Volume micromedido (Vm):** Volumes registrados nas ligações providas de medidores;

- **Volume estimado (VE):** Correspondente à estimativa de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;
- **Volume recuperado (VR):** Correspondente à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;
- **Volume operacional (VO):** Volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutoras, subadutoras e distribuição);
- **Volume especial (VEs):** Volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpos de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviço;
- **Volume faturado (VF):** Todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturados pelo sistema comercial do prestador de serviço;
- **Número de ligações ativas (LA):** Providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento mensal;
- **Número de ligações ativas micromedidas (Lm):** Ligações ativas providas de medidores;
- **Extensão parcial de rede (EP):** Extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição;
- **Extensão total de rede (ET):** Extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais;
- **Número de dias (ND):** Quantidade de dias correspondentes aos volumes trabalhados.

Para Tsutiya (2004) os volumes estimados, recuperado, operacional e especial podem ser calculados como o percentual do volume distribuído. Muitas prestadoras de serviço adotam o percentual de 9% do volume distribuído.

Diversos indicadores são encontrados nas literaturas como seguem abaixo:



### 3.1.3.1 Indicador Percentual (IPD)

Também chamado de Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC).

O IPD relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado.

É o mais utilizado hoje, no Brasil e de fácil compreensão.

$$IPD = \frac{\text{Volume Disponibilizado (VD)} - \text{Volume Utilizado (VU)}}{\text{Volume Disponibilizado (VD)}} \times 100 \text{ (\%)} \quad (3.2)$$

Índices superiores a 40 % representam más condições do sistema quanto às perdas. Numa condição intermediária estariam os sistemas com índices de perda entre 40% e 25% e valores abaixo de 25% indicam sistema com bom gerenciamento de perdas.

### 3.1.3.2 Índice de Perdas por Ramal (IPR)

Este indicador representa o volume de água perdido relacionado com o número de ramais em que é distribuída a água e é indicado para aplicação em áreas urbanas (superior a 20 ramais/Km). Para formação deste índice, utiliza-se a equação 3.3:

$$IPR = \frac{\text{Volume de Perdas Totais (ano)}}{N^{\circ} \text{ de ramais} \times 365} \text{ (m}^3\text{/ramal.dia)} \quad (3.3)$$

### 3.1.3.3 Índice de Perdas por Extensão de Rede (ILB)

Também chamado de índice Linear Bruto de Perdas (ILB), representa o Volume de Perdas totais anuais relacionado com a extensão parcial de rede, conforme a equação 3.4. As perdas que são expressas por este indicador incorporam as perdas reais e aparentes, uma vez que não se controlam os desvios sistemáticos de medição. Este indicador é calculado para se ter a distribuição das perdas ao longo da extensão da rede, apresentando valores altos quando há uma ocupação urbana muito elevada.

Sugere-se aplicar o ILB para sistemas que possuem um número inferior a 20 ligações/km de rede, o que representa geralmente subúrbios com características próximas à ocupação rural.

$$ILB = \frac{\text{Volume de Perdas Totais}}{\text{Extensão parcial da rede} \times 365} \text{ (m}^3\text{/km.dia)} \quad (3.4)$$

#### 3.1.3.4 Índice de Infraestrutura de Perdas (ILE)

Este indicador representa o Volume de Perdas totais anuais relacionado com um indicador relacionado como Volume de Perdas Inevitáveis totais anuais (o nível de perdas mínimo esperado para o sistema), de acordo com a equação 3.5:

$$ILE = \frac{\text{Volume de Perdas Totais (ano)}}{\text{Volume de Perdas Inevitáveis}} \text{ (adimensional)} \quad (3.5)$$

Segundo Alegre (apud TARDELLI FILHO, 2004), este é um indicador desenvolvido pela IWA, sendo a proposta mais atual de se avaliar a situação das perdas e permitir a comparação entre sistemas distintos.

#### 3.1.3.5 Índice de Perdas por Ligação (IPL)

O Índice de Perdas por Ligação (IPL) relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas.

$$IPL = \frac{\text{Volume Disponibilizado (VD)} - \text{Volume Utilizado (VU)}}{N^{\circ} \text{ Ligações Ativas (LA)} \times N^{\circ} \text{ dias (ND)}} \quad (3.6)$$

### 3.1.3.6 Índice Linear de Perda Real (ILR)

Este índice reflete a diferença entre o volume disponibilizado e o volume fisicamente utilizado distribuído pela extensão total da rede. A extensão total da rede inclui adutoras, sub-adutoras, redes de distribuição e ramais prediais. Sua expressão é dada pela equação 3.7.

$$ILR = \frac{\text{Volume Disponibilizado (VD)} - \text{Volume Fisicamente Utilizado (VU)}}{\text{Extensão total rede} \times \text{N}^\circ \text{ dias (ND)}} \quad (3.7)$$

### 3.1.3.7 Índice de Perda Total (IPT)

Este índice foi proposto por Maldonado, 2006 e relaciona o volume perdido por um determinado setor ao volume perdido do total do sistema. Esse indicador reflete percentualmente o quanto a perda de cada setor representa em relação a perda global.

$$IPT = \frac{\text{Volume Disponibilizado no setor} - \text{Volume Utilizado no setor}}{\text{Volume disponibilizado no sistema} - \text{Volume utilizado no sistema}} \quad (3.8)$$

### 3.1.3.8 Índice Trimestral – Estudo de Caso

Relacionado ao índice de perdas percentuais, Gonçalves (1998) afirma, embasado em trabalho de autoria própria realizado no Distrito Federal, que o comportamento do índice de perdas mensal demonstra oscilações de um mês para outro, sem que se tenha realizado qualquer intervenção no sistema que indicasse o aumento ou a redução das perdas.

No período de julho a setembro, houve uma grande variação no índice mensal, tal fato pode ser explicado, em parte, neste caso exclusivamente, pela alteração no sistema de leitura de hidrômetros da CAESB que resultou na não realização das leituras na maioria das localidades no período de julho a agosto, sendo faturado o consumo médio dos últimos meses. Como se trata de um período de consumo elevado no Distrito Federal em relação aos meses que foram utilizados para o cálculo do consumo médio, quando a situação referente à leitura de hidrômetros foi regularizada, o consumo medido de setembro foi muito elevado (incluindo as leituras referentes a julho e agosto, descontadas do consumo estimado para

este período), e como o volume macromedido não acompanhou o volume consumido, o índice de perdas reduziu drasticamente.

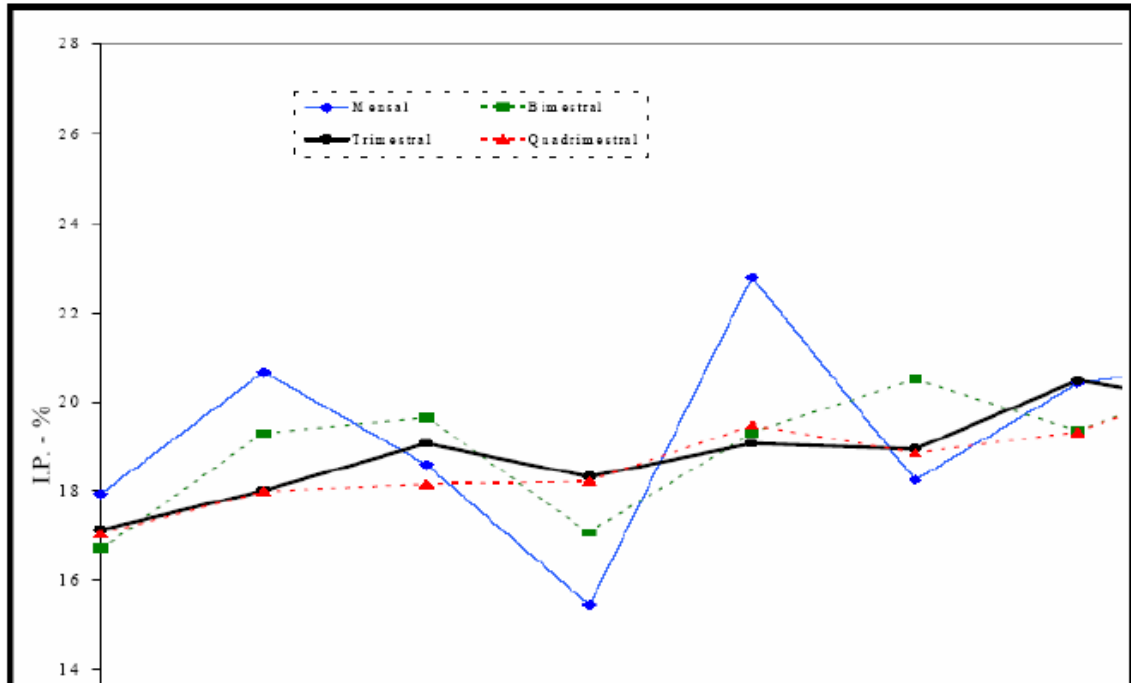


Figura 3.4: Comparação entre o Índice de Perdas Mensal e o calculado a partir das médias móveis bimestral, trimestral e quadrimestral – Valores do Distrito Federal.  
Fonte: Gonçalves.

Observando a Figura 3.4, percebe-se que a utilização da média móvel trimestral amortece as distorções ocorridas no índice mensal. Porém, o uso de períodos longos na média móvel tende a eliminar as flutuações que naturalmente ocorrem nos sistemas. A média quadrimestral mostra essa tendência. Por outro lado, a média bimestral praticamente não reduz as distorções mensais, uma vez que essas distorções muitas vezes ocorrem em período superior a de dois meses. Assim, pelo menos no caso estudado, o uso da média móvel com período de 3 meses parece ser o mais adequado. A quantificação distinta das perdas físicas e não físicas possibilita uma avaliação prévia de quais são as atividades que resultarão em uma redução mais significativa de perdas, ou seja, realizar atividades de redução de perdas reais ou de perdas aparentes. A depender da distribuição percentual das perdas físicas e não físicas no total perdido, pode-se ter, por exemplo, em um dado sistema, uma grande predominância de perdas não físicas, o que direciona o controle de perdas para a realização de combate dessas perdas.

Conforme este indicador percentual, nota-se que Gonçalves propõe uma análise diferente, relativa ao índice de perdas percentual. Este afirma que o indicador de perdas de água no sistema de abastecimento e distribuição está mais próximo do real, quando este é analisado de forma trimestral.

### **3.1.4 Controle e Redução de Perdas**

Barroso (2005) explica que o controle e a redução de perdas é um instrumento fundamental para a mudança cultural no que se refere à utilização da água.

O autor propõe a minimização do volume de água não faturado (contabilizado), necessitando para tanto, de investimentos que visem a aplicação de métodos e medidas que provoquem a redução das perdas reais e aparentes, para que estas estabilizem em um patamar controlável e ao mesmo tempo, num nível adequado. Deve-se considerar também, na aplicação de uma metodologia de aplicação de um sistema de controle e redução de perdas, o caráter sócio, técnico e econômico, de modo que este seja viável para executar seu objetivo.

Conforme Moura (2004), a adoção de um sistema de controle de perdas baseia-se, primeiramente, em medidas preventivas de controle de perdas nas fases de projeto e construção do sistema envolvendo a necessidade de passos iniciais de organização anteriores à operação. Estas medidas devem contemplar, dentre outras:

- boa concepção do sistema de abastecimento de água, considerando os dispositivos de controle operacional do processo;
- a qualidade adequada de instalações das tubulações, equipamentos e demais dispositivos utilizados;
- implantação dos mecanismos de controle operacional (medidores e outros);
- elaboração de cadastros;
- a execução de testes pré-operacionais de ajuste do sistema.

A atividade de Controle e Redução de Perdas enquadra-se totalmente na melhoria da qualidade da operação dos sistemas de abastecimento e, conseqüentemente, na melhoria dos serviços prestados. Outra característica importante é que as ações de Controle e Redução de

Perdas inserem-se no contexto de buscar uma gestão da demanda de água, e não só procurar incrementar a oferta para atender às demandas crescentes (MOURA, 2004).

Conforme Caliman (2002) e Soares (2003), um programa completo de detecção e controle de perdas envolve quatro etapas distintas: diagnóstico do sistema, identificação das perdas passíveis de serem encontradas através de operação de detecção, quantificação das perdas distribuídas, além das ações de reabilitação e prevenção. Entretanto, a etapa de detecção de perdas distribuídas representa um dos problemas mais complexos e um dos grandes desafios a serem perseguidos nos estudos de sistemas de distribuição de água existentes. Uma das formas encontradas para a resolução desse problema foi recorrer às técnicas computacionais.

A empresa COPASA apresentou em 2003 o Programa de Redução de Perdas no Sistema de Distribuição em consonância com o Plano de Ação 2003 e o Planejamento Estratégico acordado com a diretoria da empresa.

As soluções para a redução das perdas foram agrupadas em dois segmentos. Um está direcionado para uma completa contabilização da água que entra e sai do sistema de distribuição, incluindo inspeção no sistema de informação, calibração/aferição, ajustagem e regulagem de medidores e instrumentos, a qualidade dos serviços de manutenção e a defasagem de tempo entre as medições de volumes de água produzido e consumido.

O outro grupo envolve as ações relativas às condições de funcionamento do sistema de abastecimento de água com ênfase no gerenciamento das pressões e na operação/manutenção de sua infra-estrutura.

As soluções para a redução das perdas aparentes, incluindo a medição e quantificação de volumes de água, foram classificadas em quatro subgrupos, sendo:

- Imprecisão da Medição e da Informação: análise dos volumes de água produzida, juntamente com a macromedição das zonas de abastecimento e setores de controle de perdas, ambos, bem definidos e devidamente compatibilizados com os setores de medição comercial (água faturada), possibilitando, desta maneira, a obtenção setorial de indicadores confiáveis de perdas.
- Rapidez e Qualidade de Aferição de Medidores: atendimento das necessidades de operação e manutenção do parque de macro/micromedidores com a criação/reestruturação/contratação de equipes de operação e manutenção de macromedidores; criação/reestruturação das oficinas/laboratórios de

macromedição e pitometria e a criação/reestruturação/contratação equipes de substituição de hidrômetros.

- Gerenciamento: seleção, instalação, manutenção, recuperação e substituição de medidores: melhorar a manutenção da infra-estrutura do parque de medidores, incluindo a revisão das normas, especificações e procedimentos de dimensionamento, especificação, armazenamento, transporte e instalação de medidores.
- Controle Ativo de Fraudes: identificar e eliminar os consumos não autorizados, com a identificação e eliminação de possíveis fraudes em imóveis factíveis de água; identificação e eliminação de ligações clandestinas; identificação e eliminação de fraudes em clientes reais, by pass e violação de lacre e identificação e eliminação de furtos de em reservatórios, em equipamentos e acessórios do sistema de redes, em hidrantes entre outros.

Assim como as perdas aparentes, as soluções para a redução das perdas reais, foram classificadas em quatro subgrupos, sendo:

- Controle de pressão na rede: minimizar as pressões no sistema distribuidor e o limite da pressão máxima (70 mca), assegurando os padrões mínimos de pressão de serviço para os consumidores (15 mca). As ações estão definidas para a setorização dos sistemas distribuidores e introdução de válvulas redutoras de pressão ou pelo controle de bombeamento direto na rede (boosters).
- Rapidez e Qualidade dos Reparos: agilizar o repasse das informações de vazamentos, a rápida identificação e fechamentos das válvulas de bloqueio do vazamento, a melhoria na qualidade do serviço prestado e a otimização da operação do sistema distribuidor. ações visam reduzir o tempo entre a visualização e o efetivo bloqueio do vazamento, bem como a minimização da frequência de retrabalhos.
- Controle ativo de vazamentos e fugas: controle ativo de vazamentos não visíveis e fugas, as quais se opõe ao controle passivo, que é, basicamente a atividade de reparar vazamentos apenas quando se tornam visíveis, constituem em pesquisas por equipamentos de identificação de ruídos. Quanto maior for a frequência desta atividade maior será a taxa de vazão anual recuperada.

- Gerenciar a infra-estrutura: melhorar a manutenção da infra-estrutura do Sistema Distribuidor de Água, incluindo a revisão das normas e procedimentos de projetos, obras, operação e manutenção.

A redução de perdas não envolve apenas despesas referentes a bombeamentos, tratamento, mas podem gerar investimentos “desnecessários” em novas fontes de captação de água, ou expansão da capacidade do sistema produtor para acompanhar o ritmo de crescimento das futuras demandas.

A redução das perdas resultará em menores custos operacionais e, além disso, o adiamento de investimentos de capital referentes à demanda do sistema.

### **3.2. Estatística Descritiva e as Ferramentas Estatísticas da Qualidade**

Todas as atividades em uma organização fazem parte de processos. Cada processo se utiliza de diversos fatores de produção – máquinas, mão de obra, matérias primas – para poder gerar um determinado produto a ser entregue a clientes internos ou externos.

Processo pode ser definido como um conjunto de atividades objetivando a produção de um bem ou serviço.

Os diversos processos organizacionais podem ser divididos em subprocessos que o compõem e geram fases intermediárias do produto final. Por exemplo, o processo de operação do Sistema de Abastecimento de Água, cujo principal produto é a água potável entregue à ligação do cliente final, e pode ser subdividido nos processos de Captação, Bombeamento, Tratamento, Reservação, e Distribuição, sendo cada um destes um processo com um produto.

Todo processo possui cinco componentes básicos: Fornecedores (aqueles que disponibilizam os diversos recursos que serão transformados em produto, podem ser fornecedores externos ou processos precedentes na linha de produção); Entradas (são os produtos dos fornecedores); Processamento (as atividades em si, transformando as entradas em saídas e agregando-lhes valor); Saídas (são os produtos do processo) e Clientes (são aqueles que recebem os produtos gerados pelo processo).

O atendimento às necessidades dos clientes é uma definição de qualidade para Deming, conforme Sommer (2000).



O conceito de qualidade é um tema muito discutido e estudado e existem muitas definições para o termo.

Crosby ficou conhecido na década de 60 através do conceito de “zero defeito” e inovou conceituando “o custo da prevenção” na garantia da qualidade, que até então era de inspeção, teste e verificação. Apresenta como ponto forte uma forma estruturada de mudança na cultura da organização e ainda assegura que melhoria da qualidade é um processo e não um programa e portanto deve ser permanente e estável. (BARÇANTE, 1998).

Feigenbaum ficou conhecido como o pai do TQC (Total Quality Control), que foi traduzido para o português como Controle de Qualidade Total – CQT – sob o aspecto sistêmico e definiu qualidade como sendo um conjunto de características do produto tanto de engenharia como fabricação que determinam o grau de satisfação que proporciona ao consumidor, durante o uso (SOMMER, 2000).

A utilização da estatística aplicada na avaliação de processos e na busca pela qualidade é uma forma eficiente de análise de problemas, busca de soluções, eficiência e melhoria no trabalho das organizações.

Ishikawa (1993, p.204) afirma que 95% dos problemas de uma empresa podem ser resolvidos com a utilização das ferramentas estatísticas da qualidade, sendo utilizadas em todas divisões de uma organização (como exemplo a fabricação, planejamento, projeto, marketing, compras e tecnologia).

O autor lançou a idéia das Sete Ferramentas para o Controle Estatístico de Qualidade, sendo: Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa- Efeito, Fluxograma, Diagrama de Linha, Histograma, Diagrama de Dispersão, Gráfico de Controle.

Essas ferramentas gerenciais podem ser utilizadas individualmente ou combinadas, de tal forma que possibilitem uma análise correta dos problemas ou a busca de suas soluções.

Segundo Oliveira (1996) somente com a participação efetiva de todas as pessoas das organizações, juntamente com o conhecimento destas ferramentas, é possível alcançar os resultados esperados.

Kume (1993) utiliza as seguintes ferramentas gerenciais básicas como Histograma, Diagrama de Dispersão, Diagrama Causa-Efeito (Ishikawa), Diagrama de Pareto,

Estratificação, Diagrama de Visualização de Defeitos e o Controle Estatístico do Processo para chegar à solução dos problemas enfrentados pelas organizações.

Para Ramos (1997), Montgomery (1997) e Wadsworth (1986), algumas das principais ferramentas estatísticas são: Gráfico de Linhas, Histograma, Diagrama de Pareto, Estratificação de Dados, Diagrama de Causa Efeito (Ishikawa), Gráfico de Dispersão, Diagrama de Visualização de Defeitos e o CEP (Controle Estatístico de Processo).

A seguir é feito o referencial teórico para as Ferramentas Estatísticas da Qualidade encontradas nas literaturas.

### 3.2.1 Estatística Descritiva

Para facilitar a análise dos dados obtidos em um processo, é preciso caracterizá-los.

A ciência que atende a estas necessidades se chama Estatística Descritiva. A Estatística Descritiva nos fornece estatísticas que nos mostram o posicionamento e a variabilidade dos valores coletados.

#### 3.2.1.1 Distribuição Normal

Geralmente, o que observamos na natureza segue a distribuição normal. Isto quer dizer que a maior parte dos dados estão próximos à média; e estas ocorrências vão ficando cada vez mais raras à medida que nos afastamos da média.

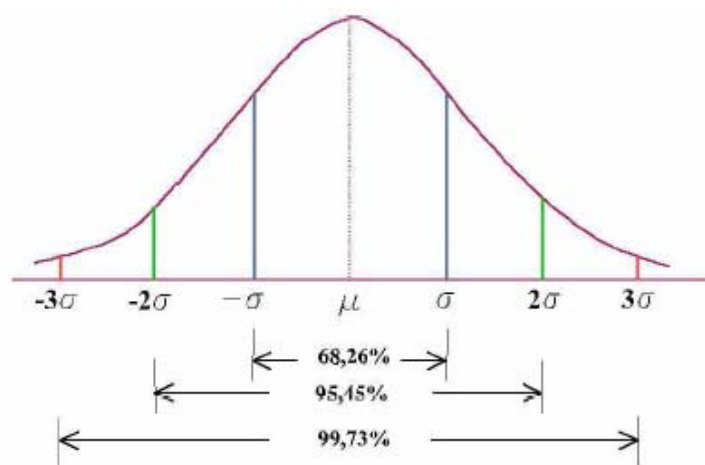


Figura 3.5: A curva da distribuição normal.

Na Figura 3.5 é apresentada a curva da distribuição normal. Os símbolos  $\mu$  e  $\sigma$  significam, respectivamente, a média e o desvio padrão populacionais.

Baggio (2006) cita o exemplo, que se considerarmos o consumo de uma residência ao longo de vários meses, percebemos que a maioria das medições de consumo tem valores próximos ao consumo médio. Raramente esta residência terá um consumo muito alto ou muito baixo.

Para efeito de Controle Estatístico de Processos, devemos utilizar somente dados distribuídos normalmente ou que possam ser aproximados para a distribuição normal com boa exatidão.

Importante ressaltar que a imensa maioria dos dados – 99,73% – estão no intervalo entre  $+3\sigma$  e  $-3\sigma$ . Estes valores são os limites de controle dos Gráficos de Controle, que serão descritos neste capítulo.

### 3.2.1.2 Medidas de Tendência Central

Estas estatísticas nos dão valores que estão próximos do centro do conjunto de dados. É mais fácil trabalhar com um valor central do que com todos os dados brutos.

As principais medidas de tendência central são:

- **Média aritmética simples**

Uma determinada residência, não consome a mesma quantidade de água todos os meses ao longo do ano. O consumo sofre diversas variações devido a vários fatores como época do ano, temperatura ambiente, características da família. Entretanto, quando não podemos determinar o consumo real dessa residência, estimamos seu consumo. Realizamos, então, uma “leitura pela média”; imaginamos que o consumo desta residência é constante, independente das variações, e atribuímos um consumo baseado em consumos passados.

É exatamente este o significado da média aritmética simples. Ela nos dá uma informação sobre o valor que a variável assumiria se fosse uma constante, sendo o valor que todo o conjunto de dados assume. A média é o valor que “representa” o conjunto de dados.

A média, como é uma medida do centro dos dados, também pode ser compreendida como o ponto de equilíbrio dos dados.

A média é representada por  $\bar{X}$  (X-barra) e calculada como:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.9)$$

Onde  $n$  é o tamanho da amostra (quantidade de dados – ou observações – que a compõe).

- **Mediana**

A mediana é o “valor do meio” do conjunto de dados já que possui a mesma quantidade de dados acima e abaixo de si. Por isso não se obtém a mediana diretamente dos dados brutos e sim do rol de dados (dados ordenados). A mediana é representada por  $\tilde{X}$  (x-til) e é calculada de duas formas diferentes (para  $n$  par e para  $n$  ímpar).

Para  $n$  ímpar, a mediana é calculada como o valor do meio do rol de dados. Para  $n$  par, a mediana é calculada como a média dos dois valores do meio do rol de dados, conforme as equações:

$$\tilde{X} = \text{termo } n^{\circ} \left( \frac{n+1}{2} \right) \quad \text{para } n \text{ ímpar} \quad (3.10)$$

$$\tilde{X} = \text{termo } n^{\circ} \left( \frac{n}{2} \right) + \text{termo } n^{\circ} \left( \frac{n}{2} + 1 \right) \quad \text{para } n \text{ par} \quad (3.11)$$

- **Média Móvel**

Quando as amostras são formadas por apenas um único valor individual, a média da amostra é exatamente o valor individual. Neste caso, uma opção é o cálculo da média móvel. A média móvel não mostra a tendência central da amostra e sim de duas ou mais amostras consecutivas.

A média móvel é calculada somando-se dois valores consecutivos e dividindo o resultado por dois. É possível também calcular a média móvel para grupos maiores, de três ou mais amostras. O procedimento de cálculo é semelhante; soma-se os valores das amostras e divide-se o resultado pelo número de amostras no grupo.

A Figura 3.6 mostra a relação entre a média e a mediana.

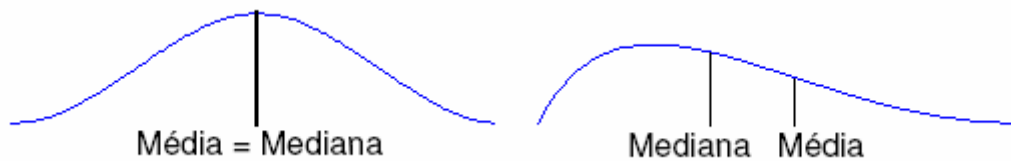


Figura 3.6: Relação entre Média e Mediana.

### 3.2.1.3 Medidas de Dispersão

Além de poder caracterizar um conjunto de dados por seu valor central, é importante saber como os valores deste conjunto se distribuem ao redor deste valor central; ou seja, saber o grau de variação destes dados. As medidas de dispersão, portanto, são estatísticas que medem a variação, a oscilação ou a dispersão dos dados.

Isto é necessário já que tudo possui um certo grau de variação. Controlar esta variação e mantê-la dentro de certos parâmetros é essencial para a garantia da qualidade.

As principais medidas de dispersão são:

- **Desvio Padrão**

O desvio padrão é uma estatística que nos diz o quanto os dados da amostra se afastam de sua média. O desvio padrão de uma amostra é simbolizado pela letra  $S$  e é calculado como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.12)$$

A fórmula para cálculo do desvio padrão é relativamente complicada. Portanto existe uma forma para facilitar seu cálculo na prática. Para tanto basta construir uma tabela com uma coluna contendo todos os dados dos quais se deseja saber o desvio padrão ( $X_i$ ). Na coluna seguinte, calcula-se a diferença entre cada  $X$  e sua média ( $X_i - \bar{X}$ ) e, finalmente, na última coluna, calcula-se o quadrado de cada valor encontrado na coluna anterior  $(X_i - \bar{X})^2$ .

Daí basta calcular a raiz quadrada da razão entre a soma dos valores da última coluna e o tamanho da amostra menos 1.

- **Amplitude**

A amplitude de uma amostra é uma medida que nos mostra o quanto os dados extremos estão afastados entre si. A amplitude é simbolizada por  $R$  (alguns autores simbolizam como  $H$ ) e é calculada como:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.13)$$

A amplitude é uma estatística que nos dá uma aproximação para o desvio padrão e ambas medem a variação dos dados. Portanto, quando temos um grande desvio padrão, teremos também uma grande amplitude, quando temos um pequeno desvio padrão, teremos também uma pequena amplitude e vice-versa.

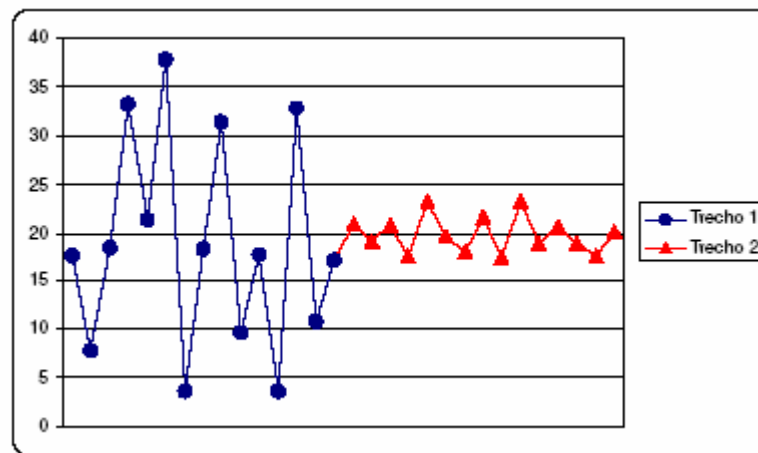


Figura 3.7: Comparação de desvio padrão e amplitude.

Na Figura 3.7 vemos uma situação que nos permite compreender melhor o desvio padrão e a amplitude enquanto medidas de dispersão. Percebemos claramente que os dados no Trecho 1 possuem uma maior variação, oscilando mais, assumindo valores distantes entre si. Já no Trecho 2, os dados estão mais uniformes, concentrados em torno da média, com

baixa variação. Portanto, os dados do Trecho 1 possuem maior desvio padrão e amplitude que os dados do Trecho 2.

- **Amplitude Móvel**

A amplitude móvel é usada quando a amostra é um valor individual (formada por apenas uma observação). Neste caso a amplitude não mostra a variação dentro da amostra e sim a variação entre duas (ou mais) amostras.

A amplitude móvel é simbolizada por  $R_m$  e calculada como:

$$R_m = | X_i - X_{i-1} | \quad (3.14)$$

Para calcular a amplitude móvel entre três ou mais amostras, basta fazer a diferença entre os valores máximos e mínimos das amostras analisadas.

A amplitude móvel mede, portanto, a variação entre dois dados consecutivos. Se houve um grande aumento ou uma grande queda, a amplitude móvel será grande. Para pequenas variações, baixas amplitudes móveis.

### 3.2.1.4 Séries Temporais

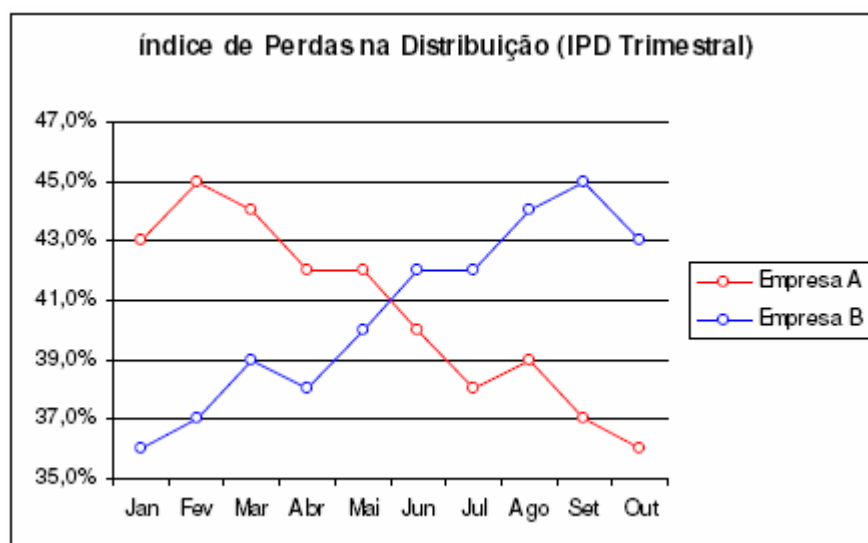


Figura 3.8: Índice de perdas na distribuição de duas empresas

Tão importante quanto saber as medidas de posição ou de tendências e as medidas de variação dos dados, é importante saber como estes variam ao longo do tempo. Isto pode nos dar valiosas informações sobre o conjunto de dados.

Para isto existem as séries temporais que, nada mais são que os dados ordenados no tempo.

A Figura 3.8 mostra o Índice de Perdas na Distribuição de duas empresas (Empresa A e Empresa B). Ambas têm a mesma média, amplitude e desvio padrão, mas o desempenho da Empresa A relativamente a Perdas é, visivelmente, melhor que o da Empresa B já que esta está com uma tendência crescente no seu índice de perdas.

### 3.2.2 Ferramentas Estatísticas da Qualidade

#### 3.2.2.1 Gráfico de Linha

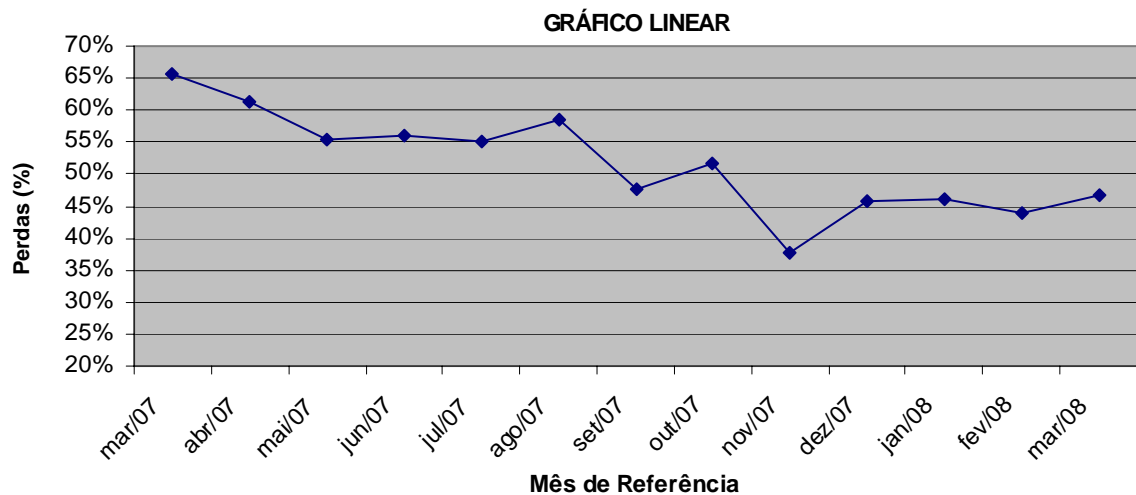


Figura 3.9: Representação de um gráfico linear

O diagrama ou gráfico de linhas é a apresentação dos dados na ordem em que estes foram obtidos, segundo Ramos (1997).

A figura 3.9 apresenta uma representação de gráfico linear ou série temporal.



### 3.2.2.2 Histograma

Baggio (2006) descreve que o Histograma é um tipo particular de gráfico de colunas. Os pontos de dados são agrupados em classes de modo que se possa saber qual classe ocorre com maior frequência. A barra mais alta indica um maior número de pontos pertencente à classe por ela representada.

Para Souza (2003) o Histograma é um gráfico de colunas justapostas, no qual o eixo horizontal é subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um destes intervalos são construídas umas barras verticais, cuja área deve ser proporcional ao número de observação na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente.

As classes são colocadas em ordem crescente no eixo X e o eixo Y representa o valor absoluto (quantidade) de itens dentro da classe, onde as classes são sempre numéricas.

A principal vantagem do histograma é que ele fornece, de uma forma fácil de visualizar, a localização e a distribuição dos itens. Por outro lado, o histograma possui duas desvantagens que se deve ter em mente, como cita Baggio (2006).

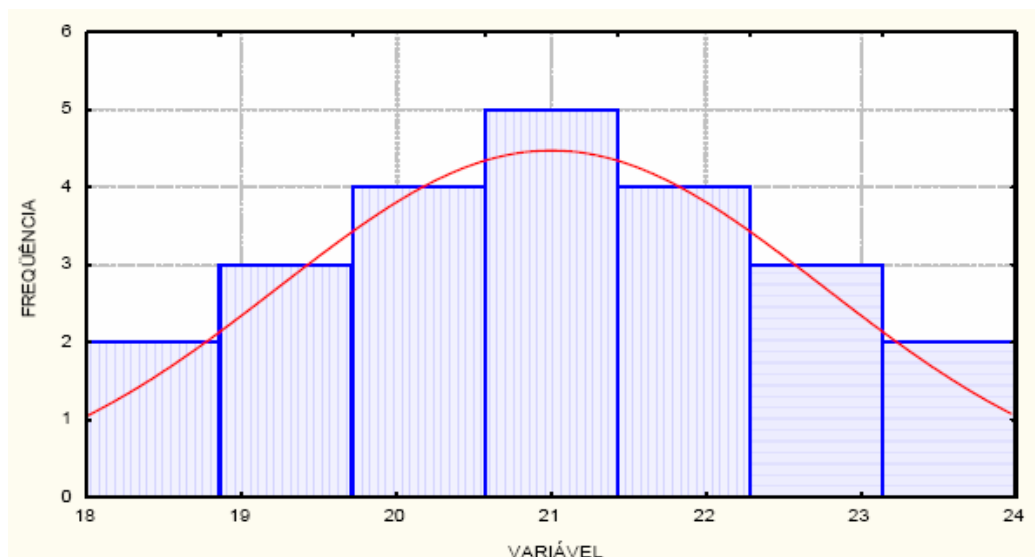


Figura 3.10: Representação de Histograma

Fonte: Souza (2003)

A primeira é que o histograma pode ser manipulado. Um gráfico com mais ou menos classes pode mostrar uma situação diferente. Isto requer discernimento e até mesmo experimentação baseada na experiência no analista. Outro ponto é que os histogramas

escondem as peculiaridades temporais entre os conjuntos de dados. Se observarmos a produção de uma ETA por dia do mês, como exemplo, estaremos perdendo a sazonalidade (inverno, verão, seca, chuvas) dos dados. Portanto o histograma só nos conta parte da história. É necessário acompanhar a variação dos histogramas e utilizá-lo em conjunto com os Gráficos de Controle para termos uma visão mais exata sobre o processo.

Na literatura existem várias formas para se construir um histograma. Baggio (2006) exemplifica uma delas. É importante seguir sempre uma regra uniforme para construção de histogramas já que é muito fácil manipulá-los, sendo:

- Calcular a quantidade total de dados:  $m$ ;
- Calcular a quantidade de classes:  $k = \sqrt{m}$  ;
- Arredondar  $k$  para o inteiro mais próximo;
- Calcular a amplitude total dos dados;
- Calcular o tamanho das classes:  $h = R / k$
- Arredondar  $h$  para próximo inteiro maior;
- Definir os limites de classe:
  - a) Classe1:  $X_{\min} \text{ |- } X_{\min} + h$ ;
  - b) Classe2:  $X_{\min} + h \text{ |- } X_{\min} + 2h$ ;
  - c) Classe3:  $X_{\min} + 2h \text{ |- } X_{\min} + 3h$ ;
- Contar quantos dados se encaixam em cada classe;
- Desenhar o gráfico com cada coluna proporcional à quantidade de dados nas classes.

As formas mais comuns de Histogramas estão demonstradas na figura abaixo, segundo Souza (2003):

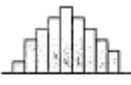
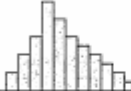
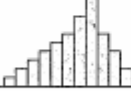
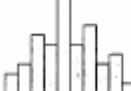
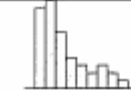
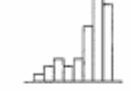
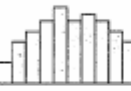
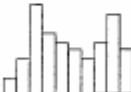
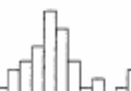
TIPO	FORMA	CARACTERÍSTICAS	QUANDO OCORRE
Geral / Normal / Sino		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A forma é simétrica.</li> <li>- O valor médio do histograma está no meio da amplitude dos dados.</li> <li>- A frequência é mais alta no meio e torna-se gradualmente mais baixa na direção dos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É a forma mais frequente.</li> <li>- O processo ao qual a variável está associada usualmente é estável.</li> <li>- Quando a variável é contínua e não existem restrições para os valores que ela pode assumir.</li> </ul>
Assimétrico Positivo		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A forma é assimétrica.</li> <li>- O valor médio do histograma fica localizado à esquerda (direita) do centro da amplitude.</li> <li>- A frequência decresce de modo um tanto abrupto em direção a um dos lados, porém de modo suave em direção ao outro lado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando a característica de qualidade possui apenas um limite de especificação (inferior ou superior), e é controlada durante o processo de modo que satisfaça a essa especificação.</li> </ul>
Assimétrico Negativo			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe uma impossibilidade teórica de ocorrência de valores mais baixos ou mais altos que um determinado valor. (Ex. pureza 100%).</li> </ul>
Ponte Multi-modal		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Várias classes têm, como vizinhas, classes com menor frequência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando a quantidade de dados incluídos na classe varia de classe para classe.</li> <li>- Quando existe uma tendência particular no modo como os dados são arredondados.</li> </ul>
Abrupto / Despenhadeiro à Esquerda		<ul style="list-style-type: none"> <li>- O valor médio do histograma fica localizado bem à esquerda (direita) do centro da amplitude.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando possivelmente foram eliminados dados por uma inspeção 100%, por causa da baixa capacidade do processo; nesse caso o "corte" coincide com os limites de especificação.</li> </ul>
Abrupto / Despenhadeiro à Direita		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A frequência decresce abruptamente à esquerda (direita) e suavemente em direção ao outro lado.</li> <li>- A forma é assimétrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando a assimetria positiva (negativa) se torna ainda mais extrema.</li> </ul>
Achatado "Platô"		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todas as classes possuem aproximadamente a mesma frequência, com exceção das classes extremas do gráfico, que apresentam frequências mais baixas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando à a mistura de várias distribuições que têm diferentes médias.</li> </ul>
Picos Duplos (bimodal)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A frequência é baixa próximo ao meio da amplitude de dados e existe um pico em cada lado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando dados provenientes de duas distribuições com médias diferentes são misturados. Por exemplo dois turnos, a estratificação dos dados ajudará a explicar este fato.</li> </ul>
Pico Isolado		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Num histograma do tipo Geral existe mais um pequeno pico isolado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando há uma pequena inclusão de dados provenientes de uma distribuição diferente, ou por erro de medição, ou em caso de anormalidade de processo ou até por inclusão de dados de um processo diferente.</li> </ul>

Figura 3.11: Formas mais comuns de Histograma

Fonte: dissertação de Gonçalo M.V.P.P. Soares (2001)

### 3.2.2.3 Gráfico de Pareto

O Diagrama de Pareto é baseado no princípio do economista italiano, Vilfredo Pareto, no século XIX, que estudou a distribuição da riqueza em sua época e verificou que poucas pessoas possuíam uma grande porcentagem do total e muitas, uma pequena parte, Kurokawa (2001).

O diagrama de Pareto é também utilizado para determinar a prioridade para a resolução de problemas em várias organizações.

Através da classificação, geralmente em ordem decrescente, o diagrama sugere atenção a elementos mais críticos.

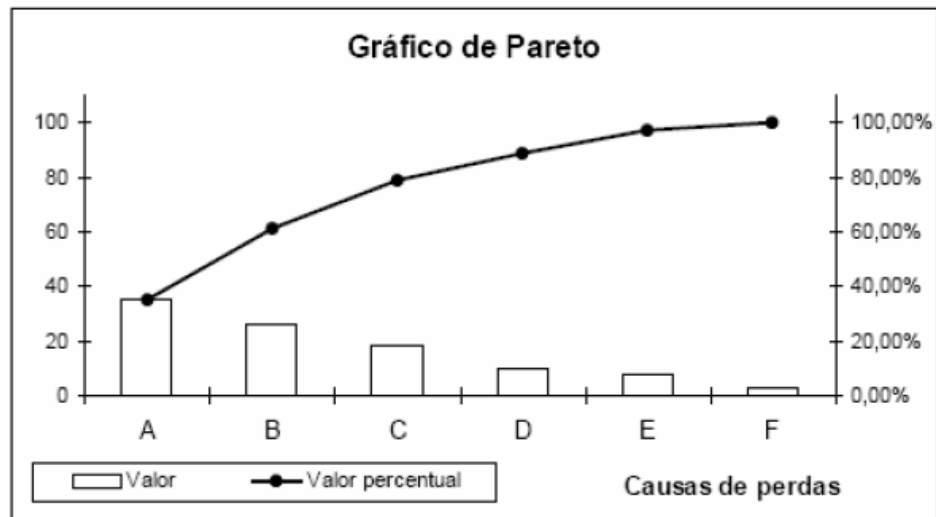


Figura 3.12: Representação de Diagrama de Pareto

A Figura 3.12 mostra um exemplo ilustrativo de diagrama de Pareto a partir de dados relacionados a causas de perdas de água.

O diagrama de Pareto vem ou não acompanhado de uma curva de porcentagem acumulada, e quando são usadas, representam a soma das barras verticais, da esquerda para direita.

#### 3.2.2.4 Curva ABC

A curva ABC e sua análise decorrem das descobertas de Pareto (80%-20%). Construindo uma curva que nos mostre a importância relativa de determinada categoria, podemos verificar onde devemos atuar com maior força.

A curva ABC é dividida em três áreas. A área de itens classe A abrange 20% dos itens, com importância relativa de 65%. Os itens classe B são 30% do total de itens com importância de 25%. Os itens classe C são 50% do total com importância de apenas 10%.

Claro que estes percentuais não são absolutos e variam de organização para organização, de processo para processo.

A Figura 3.13 representa um exemplo de curva ABC e apesar de a configuração acima ser considerada “padrão”, a divisão da curva em três classes não é uma regra rígida.

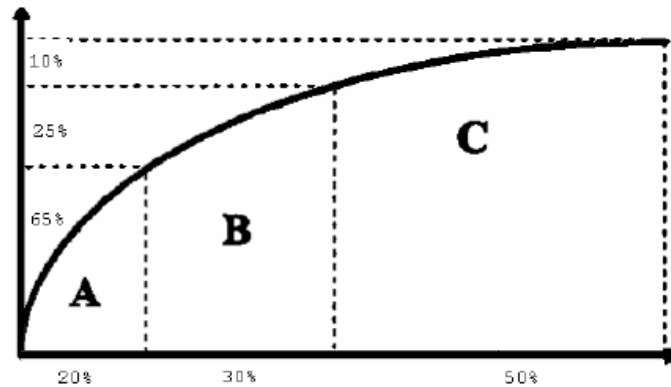


Figura 3.13: Representação de curva ABC

### 3.2.2.5 Gráfico de Dispersão

Os diagramas de dispersão são ferramentas utilizadas para estudar a relação entre duas variáveis quantitativas. Os dados são coletados aos pares, em duas variáveis ( $x_i, y_i$ ) com  $i = 1, \dots, n$ . Posteriormente, os dados são plotados em um gráfico, sendo que cada valor de  $y_i$  corresponde a um valor  $x_i$ . O diagrama plotado mostra se existe uma relação entre as duas variáveis (Montgomery, 1997).

A Figura 3.14 ilustra como é um Gráfico de Dispersão.

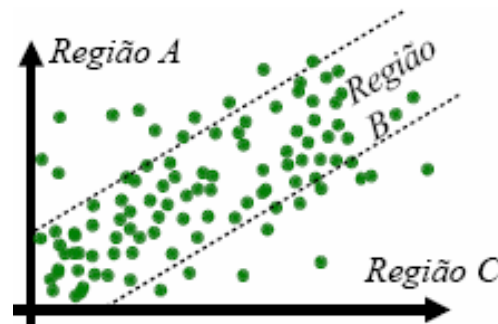


Figura 3.14: Gráfico de dispersão  
Fonte: Kurokawa (2001)

Para a avaliação de uma correlação linear, é necessário calcular o coeficiente de correlação, que é fornecido através da equação 3.15 (Vieira, p. 55).

$$r = \frac{\frac{\sum xy}{1} - \frac{(\sum x * \sum y)}{n}}{\sqrt{[(\frac{\sum x^2}{1} - \frac{(\sum x)^2}{n}) * (\frac{\sum y^2}{1} - \frac{(\sum y)^2}{n})]}}$$

3.15

As correlações podem ser:

- Positivas: à medida em que aumenta o valor de x, aumenta o valor de y;
- Negativas: à medida em que aumenta o valor de x, diminui o valor de y;
- Sem correlação: não existem relação específica entre as variáveis.

### 3.2.2.6 Estratificação de Dados

Vieira (1999, p.7) define estratificação como o processo de dividir o todo heterogêneo em subgrupos homogêneos. A estratificação é uma ferramenta importante para a avaliação de dados. Através do processo de estratificação, é possível separar uma massa de dados em categorias, de tal forma que seja possível uma análise mais confiável e exata deste conjunto.

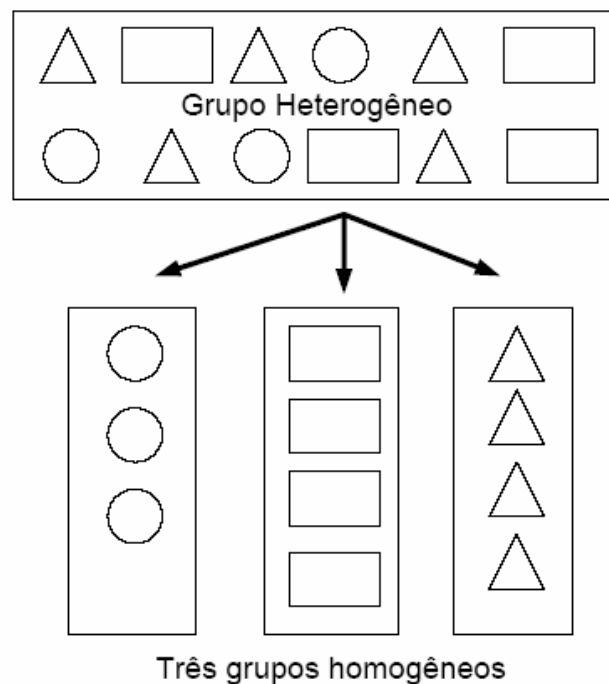


Figura 3.15: Adaptação de modelo estratificação de um processo.  
Fonte: Vieira (1999, p.7)

A figura 3.15 mostra uma representação simbólica da estratificação de dados, onde um grupo heterogêneo, com várias figuras geométricas, é estratificado em três grupos homogêneos com figuras iguais.

### 3.2.2.7 Diagrama de Visualização

È a figura representativa de uma determinada área ou unidade com a finalidade de representar o local com maior quantidade de defeitos e problemas.

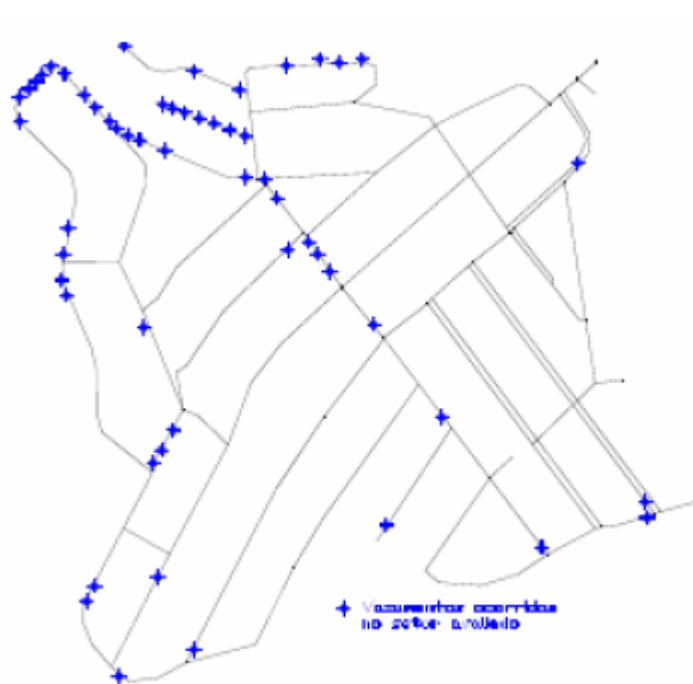


Figura 3.16: Diagrama de visualização de defeitos - vazamentos.

A Figura 3.16 mostra um exemplo de aplicação do diagrama de visualização de defeitos, utilizado na cidade de São Carlos-SP por Santos (2000), para a demonstração dos locais em que ocorreram vazamentos.

Para a utilização de diagramas de visualização de problemas, podem-se utilizar mapas, croquis ou cadastros de rede de acordo com o material existente na organização. A plotagem de pontos que podem ser relacionados com os problemas tanto pode ser realizada em cópias de papel, como por meios digitalizados, com a utilização de micros computadores.

Essa ferramenta é aplicada em várias outras situações como visualização de defeitos em fábricas, máquinas, operários, ou seja, o diagrama de visualização de defeitos pode ser utilizado em qualquer área dos processos identificados com a finalidade de visualizar os problemas e assim atacar onde os problemas ocorrem com mais frequência e definir as possíveis soluções.

### 3.2.2.8 Fluxograma

Souza (2003) descreve que o fluxograma é uma das importantes ferramentas a utilizar quando se pretende estudar um processo. Trata-se de um diagrama sistemático que pretende representar de uma forma bastante simples, ordenada e facilmente compreensível as várias fases de qualquer procedimento, processo de fabricação, funcionamento de sistemas ou equipamentos, entre outros, assim como, dependência entre elas.

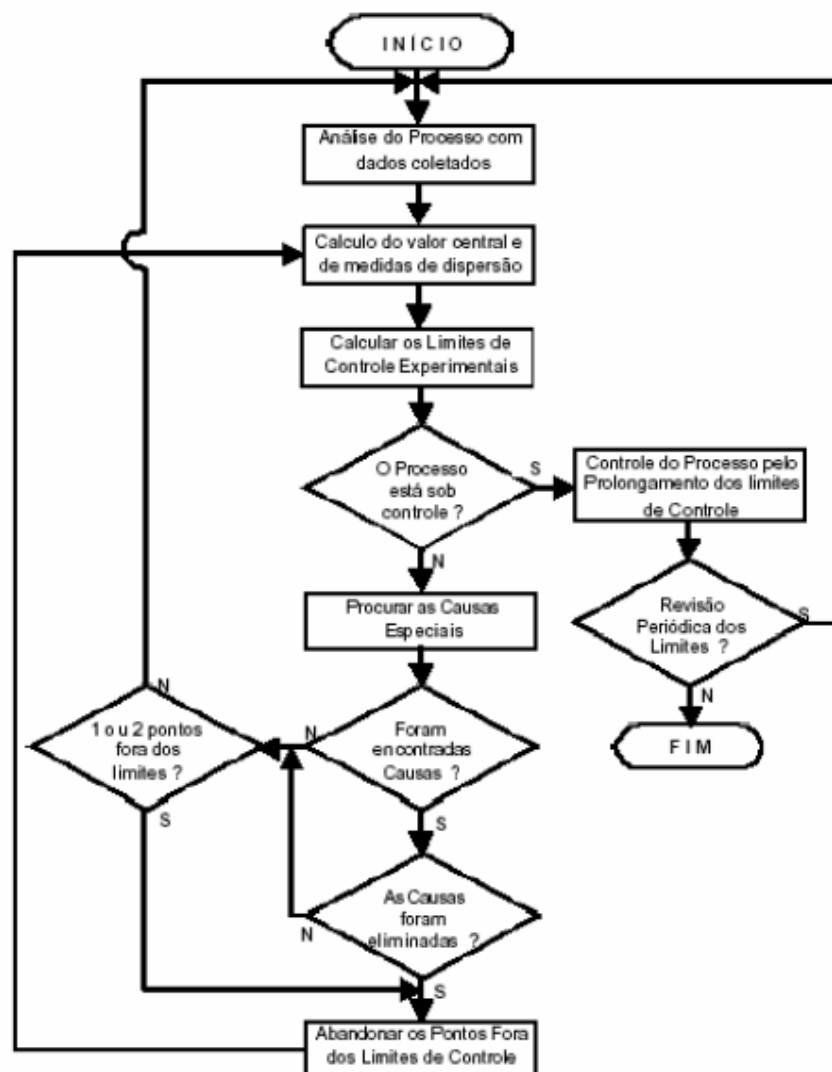


Figura 3.17: Representação de um fluxograma



A Figura 3.17 exemplifica um Fluxograma.

Estes diagramas são constituídos por passos sequenciais de ação, decisão, cada um dos quais, representado por simbologia própria que ajuda a compreender a sua natureza: início, ação, decisão.

A utilização de fluxogramas permite a identificação de possíveis causas e origens de problemas surgidos na linha de produção e outros processos, assim como contribui para, ao detectar passos desnecessários no processo, efetuar nele simplificações significativas. Nos fluxogramas dos processos, o controle de qualidade encontra-se associado aos pontos de decisão.

### 3.2.2.9 Plano de Ação 5W2H

Baggio (2006) expõe que todas as ações, para serem eficazes, devem ser planeadas com antecedência. Caso o problema seja grave o suficiente a ponto de não poder esperar um planeamento, atue imediatamente com uma solução **provisória** e planeje a solução definitiva. Soluções provisórias normalmente atacam o efeito e nunca a causa (como exemplo: eliminar os vazamentos não vai, por si só, eliminar a perda).

O plano de ação é, portanto, uma excelente ferramenta para planejar qualquer tipo de ação, corretiva, de otimização, investigativa. O Plano de ação é normalmente chamado de 5W2H por se tratar de um documento com cinco colunas W e duas colunas H. Estes cinco W (What, When, Who, Where, Why) significam O QUE FAZER, QUANDO FAZER, QUEM FARÁ, ONDE FAZER e POR QUE FAZER e os dois H (How, How much) significam COMO FAZER e QUANTO CUSTARÁ.

Preenchendo corretamente e com o máximo de acurácia estas sete colunas, terá em mãos um plano com grandes chances de sucesso.

### 3.2.2.10 Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa x Efeito

Ishikawa em 1953 sintetizou as opiniões dos engenheiros de uma fábrica na forma de um diagrama de causa e efeito, enquanto eles discutiam um problema de qualidade, Souza (2003).

Para Ramos (1997, p.196), o diagrama de causa e efeito é uma figura composta de linhas e símbolos, representando uma relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas. Permite descrever situações complexas, muito difíceis de serem descritas e interpretadas somente por palavras.

Paladini (2000, p.231) afirma que o diagrama causa e efeito é uma ferramenta utilizada para análise de problemas.

Todos os autores citados definem a utilização dos diagramas de causa e efeito como uma representação visual e simbólica que pode ser facilmente analisada por qualquer pessoa, na organização, de forma simples e eficaz. O problema é detalhado visualmente, e é possível enxergar o “todo”.

O diagrama de Ishikawa é uma ferramenta utilizada para explorar todas as causas potenciais que resultam em um determinado efeito. As causas são arranjadas em nível de detalhamento resultando em uma representação de relações e níveis hierárquicos. Isto nos auxilia a encontrar as causas principais de um dado efeito, ou encontrar áreas onde pode haver problemas, ou ainda comparar a influência relativa de dadas causas.

O diagrama de Causa e Efeito também é conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe, ou Diagrama de Ishikawa pois é desenhado de forma a parecer com o esqueleto de um peixe, sendo as causas desenhadas como “ossos” unidos à espinha dorsal. Por isso, é dividido, normalmente, em quatro: a espinha dorsal, a espinha primária, espinha secundária e terciária.

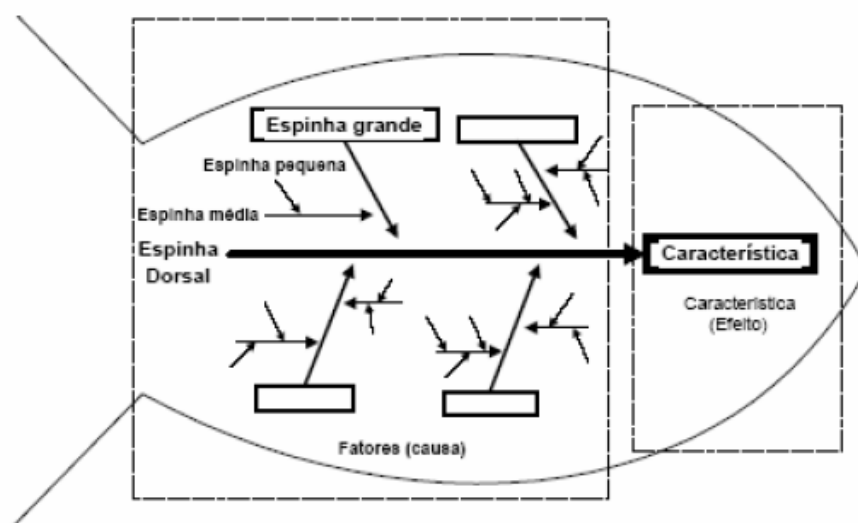


Figura 3.18: Representação de um Diagrama de Ishikawa  
Fonte: Kume (1993, p.31)

Trata-se de uma figura composta por linhas e símbolos, representando uma relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas, por Ramos (1997).

Montgomery (1997, p.154) e Kurokawa (2001) ensinam como construir um diagrama de causa e efeito:

- Definição do problema ou efeito a ser analisado e em qual setor está ocorrendo o problema;
- Formação de grupo, para se fazer a análise. As pessoas envolvidas devem conhecer a área a ser avaliada e geralmente, os funcionários que trabalham diretamente com o problema, possuem experiência e vivência das principais causas que ocasionam o mesmo. Posteriormente, o grupo irá levantar as causas potenciais via brainstorming;
- Montar o diagrama causa-efeito para avaliação do problema, suas possíveis causas e sub-causas primárias, secundárias e, assim, sucessivamente. Muitas vezes, a solução de um problema está ramificada em uma sub-causa;
- Especificar as maiores causas potenciais, por categorias; conectar os boxes de causas à linha central;
- Identificar as possíveis causas e classificá-las por categorias. Se necessário, novas categorias devem ser criadas;
- Colocar, em fila, as causas, para identificar as que são mais relevantes em relação ao problema;
- Executar as ações corretivas.

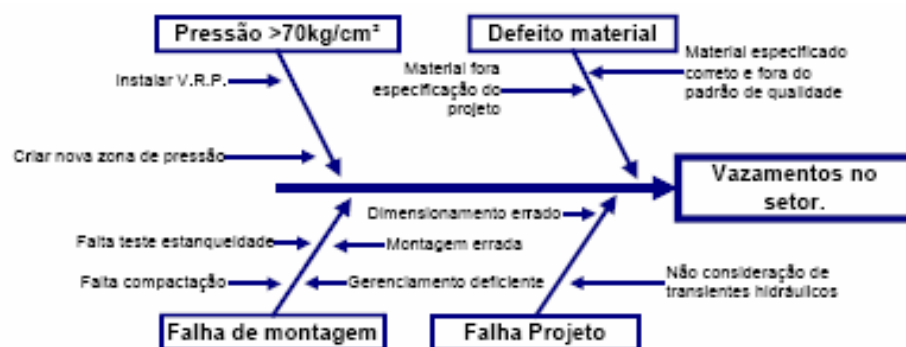


Figura 3.19: Representação de um Diagrama de Ishikawa para vazamentos

A Figura 4.9 mostra uma aplicação do diagrama de Ishikawa para avaliação de causas de problemas de perdas físicas (vazamentos).

O diagrama de causa e efeito é utilizado para avaliação e na busca das possíveis causas dos defeitos. A partir da análise conjunta, com outras ferramentas, buscam-se a causa principal desses defeitos e uma solução definitiva para o problema, pelo gestor do sistema. Nesta análise, são relacionadas as várias **possíveis** causas que podem estar gerando estes problemas, nesta região específica. Para a montagem deste diagrama, foi consultado as pessoas que trabalharam e que conheciam a região.

### **3.2.2.11 Controle Estatístico do Processo (CEP)**

O Controle Estatístico do Processo (CEP) constitui-se de um conjunto de técnicas e ferramentas estatísticas, organizadas de modo a proporcionar, através da aplicação destas, a manutenção e a melhoria dos níveis de qualidade de um processo. O CEP pode ser considerado uma ferramenta ou estratégia da qualidade dentre as diversas existentes, sendo, portanto, um dos caminhos para se atingir alguns resultados importantes para uma organização. Com a utilização do CEP, os processos podem ser avaliados, reduzindo-se os desperdícios, por meio de uma avaliação constante do processo (Schissatti, 1998).

Miranda (1994, p.15) definiu que o Controle Estatístico do Processo, tem por objetivo registrar as variações existentes em qualquer processo, como forma de identificar desvios de desempenho e, então, atacá-los preventivamente para mantê-los estabilizados dentro da capacidade do processo.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) segundo Sommer (2000), é um método preventivo de se comparar continuamente os resultados de um processo com um padrão, identificando, a partir de dados estatísticos, as tendências para variações significativas, e eliminando ou controlando estas variações com o objetivo de reduzi-las cada vez mais. O CEP é uma metodologia que permite conhecer o processo, manter o mesmo sob controle estatístico e melhorar a capacidade do mesmo.

Essas metodologias e técnicas estatísticas são conhecidas há décadas, mas sua aplicação era limitada até os anos 80, e, ao longo dos anos, vêm se tornando cada vez mais amplamente utilizadas e aceitas.

JURAN (1995), ao explicar as diferenças entre algumas indústrias americanas e japonesas e nomeadamente entre aquelas que usavam métodos estatísticos de controle, e as que não usavam, as empresas que adotaram estes métodos obtiveram resultados sensivelmente superiores aos das que não os adotaram. É preciso salientar que os métodos estatísticos ajudam a detectar e isolar o desarranjo de um processo e indicam os “problemas”, investigações mostrarão se há ou não problemas, a gerência e as habilidades técnicas da equipe constatarão as causas dos problemas. Pelo conhecimento dessas causas, indicam e aplicam a solução.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é, sem dúvida, uma das mais poderosas metodologias desenvolvidas, visando auxiliar no controle eficaz da qualidade.

Com o CEP, resultou-se no treinamento de muitos supervisores e trabalhadores em ferramentas estatísticas básicas capacitando-os a entender melhor o comportamento de processos e produtos. Muitos deles aprenderam que as decisões baseadas na coleta e análise de dados superam as decisões baseadas no empirismo Galuch (2002).

Velt (2003) explica que a diretoria das organizações, bem como todos os departamentos da empresa, devem se envolver e dedicar-se com o controle dos processos; haver treinamento intenso e conhecimento dos conceitos básicos da estatística e sua aplicação, executar um cronograma pré estabelecido, metas, investigação das causas e a não padronização das tarefas operacionais. O sucesso da implantação e os resultados do CEP estão muito mais ligados a atitude dos indivíduos participantes do processo produtivo e seu envolvimento com o projeto de melhoria contínua da Qualidade que o conhecimento complexo em estatística por parte dos participantes.

### **3.2.2.12 Gráficos de Controle**

O gráfico de controle, ferramenta básica do CEP, é resultante do trabalho de Shewhart, nos laboratórios da BELL, na década dos anos 1920. Posteriormente, foi empregado com sucesso nas indústrias japonesas, no período pós-guerra, sendo apontado como um dos motivos pela liderança deste país em vários segmentos industriais. No Brasil, o CEP vem sendo implantado em um número cada vez maior de empresas. Várias indústrias nacionais, tais como as montadoras de veículos, utilizam o CEP em suas matrizes e outras fábricas no exterior. Por intermédio destas experiências, ficou comprovada sua eficácia no monitoramento de problemas nestas unidades.

Contudo, há muito por fazer, pois a potencialidade do CEP ainda não foi totalmente explorada. Novas aplicações aparecem diariamente, demonstrando sua versatilidade e importância para o aumento da competitividade das empresas industriais e de serviços (Ramos, 1997).

Vários exemplos de desenvolvimento de novas aplicações do CEP, no setor industrial, na agricultura e pecuária e também em vários setores de serviços, podem ser citados para o monitoramento da qualidade.

Uma das ferramentas estatísticas mais básicas e importantes para o CEP é o Gráfico de Controle. O Gráfico de Controle é a representação gráfica de dados estatísticos ao longo do tempo de modo a apresentar sua variação temporal comparando-os com limites de controle.

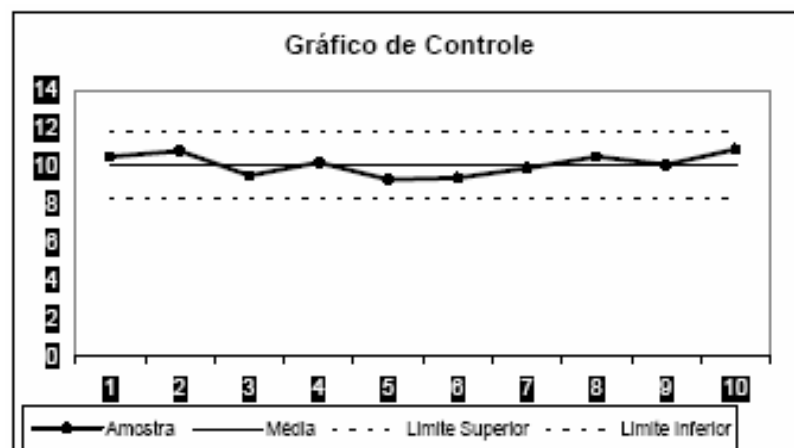


Figura 3.20: Representação de Gráfico de Controle

Fonte: Kume (1993, p.98)

Os Gráficos de Controle são quase sempre apresentados como um par de gráficos. Um gráfico apresentando o dado estatístico ao longo do tempo e um gráfico apresentando a variabilidade da amostra.

A Figura 3.19 mostra a representação de um gráfico de Shewhart ou gráfico de controle genérico

Os gráficos de controle exibem três linhas paralelas ao eixo X: Linha Central ou Linha Média que representa o valor médio do característico de qualidade exigido; Linha Superior que representa o limite superior de controle (LSC) e a Linha Inferior que representa o limite inferior de controle (LIC).

Os limites de controle, de um modo geral, são estabelecidos a partir da média  $\pm 3$  desvios padrões ( $\mu \pm 3$ ), como o Modelo de Shewhart, (SOMMER, 2000).

Existem duas grandes categorias para os Gráficos de Controle:

- ✓ **Variáveis:** Consistem naquelas características que resultam de algum tipo de medição (pH, volume, nível, distância);
- ✓ **Atributos:** Consistem nas características oriundas de uma classificação ou contagem (nº de leituras fora do padrão, nº de rotas com leitura com menos de 30 dias, perda acima ou abaixo da meta).

### 3.2.2.12.1 Gráficos de Controle para Variáveis

#### ▪ Gráfico da Média e Amplitude

É o gráfico mais conhecido e utilizado no cotidiano das organizações. É utilizado em processos para controlar e analisar valores contínuos de qualidade de um produto, tais como comprimento, peso ou concentração; monitora a variação da média e da amplitude para amostras pequenas e de mesmo tamanho. Ao iniciar a utilização deste gráfico, os primeiros limites devem ser experimentais. Se houver, inicialmente, pontos fora do limite, eles devem ser eliminados caso a investigação não conseguir detectar as causas associadas, e novas médias e novos limites devem ser calculados. Se todos os pontos caírem dentro dos limites, o processo estará sob controle, e poderá ser utilizado no monitoramento de novas amostras.

Novos limites devem ser, constantemente, verificados e adequados, de acordo com avaliação do processo (Vieira, 1999).

As fórmulas para os limites superior, média e inferior para a média  $\bar{x}$  e amplitude  $\bar{R}$  estão abaixo:

$$LSC_x = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (3.16)$$

$$LM_x = \bar{\bar{x}} \quad (3.17)$$

$$LIC_x = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (3.18)$$

$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad (3.19)$$

$$LM_R = \bar{R} \quad (3.20)$$

$$LIC_R = D_3 \cdot \bar{R} \quad (3.21)$$

Os fatores  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  estão tabulados no Anexo 8.1, conforme Baggio (2006).

O gráfico X-barra mostra a média de cada grupo de dados e o gráfico R mostra a oscilação dos valores dentro de cada grupo.

#### ▪ Gráfico da Média e Desvio Padrão

Seu uso é aconselhável para grandes amostras. A média amostra é registrada e a variabilidade é avaliada através do desvio padrão, mas esse tipo de gráfico apresenta maior dificuldade de interpretação. Para a construção dos gráficos de controle, as fórmulas estão representadas abaixo.

$$LSC_x = \bar{\bar{x}} + A_3 \cdot \bar{s} \quad (3.22)$$

$$LM_x = \bar{\bar{x}} \quad (3.23)$$

$$LIC_x = \bar{\bar{x}} - A_3 \cdot \bar{s} \quad (3.24)$$

$$LSC_s = B_4 \cdot \bar{s} \quad (3.25)$$

$$LM_s = \bar{s} \quad (3.26)$$

$$LIC_s = B_3 \cdot \bar{s} \quad (3.27)$$

Os fatores  $A_3$ ,  $B_3$  e  $B_4$  estão tabulados no Anexo 8.1 para amostras com  $n < 25$ . Para amostras maiores são apresentadas fórmulas para cálculo dos fatores de correção. Para amostras com  $n < 6$  não existe o fator  $B_3$ . Uma exceção observada no gráfico de Média e Desvio Padrão é quando os grupos não possuem a mesma quantidade de dados, ou seja, o  $n$  não é constante para todos os grupos. Neste caso o gráfico de Média e Desvio Padrão deve ser construindo usando as seguintes fórmulas para X duas barras e S barra:



$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (3.28)$$

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) S_i^2}{(\sum_{i=1}^m n_i) - m}} \quad (3.29)$$

Neste caso, como cada grupo tem um  $n$  diferente, as constantes  $A_3$ ,  $B_3$  e  $B_4$  são diferentes para cada grupo de dados o que levaria os limites não lineares. Para se evitar isto, pode-se optar por limites horizontais lineares com as constantes relativas ao valor médio de  $n$ .

#### ▪ Gráfico do Valor Individual e Amplitude Móvel

São registrados valores individuais de medições e não valores médios. Devem ser utilizados em situações especiais como processos com taxa de produção muito baixa ou com pouca variabilidade. Para construir o gráfico correspondente adota-se  $\bar{X}$  como sendo a média dos valores individuais e  $R$  a amplitude do processo como a média das amplitudes em valor absoluto entre cada leitura de dois valores individuais consecutivos, Galuch (2002).

Quando não for possível obter mais de um dado para cada grupo, os dados disponíveis são chamados de “valores individuais”. Neste caso o grupo não é representado pela média dos dados, mas pelo valor individual em si e a amplitude não reflete a variação dentro do grupo e sim entre dois grupos consecutivos. Usa-se então a amplitude móvel.

Os limites de controle para este gráfico são:

$$LSC_x = \bar{x} + E_2 \cdot R\bar{m} \quad (3.30)$$

$$LM_x = \bar{x} \quad (3.31)$$

$$LSC_x = \bar{x} - E_2 \cdot R\bar{m} \quad (3.32)$$

$$LSC_{Rm} = D_4 \cdot R\bar{m} \quad (3.33)$$

$$LM_{Rm} = R\bar{m} \quad (3.34)$$

$$LIC_{Rm} = D_3 \cdot R\bar{m} \quad (3.35)$$

Os fatores  $E_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  estão tabulados no Anexo 8.1.

#### ▪ Gráfico da Média e Amplitude Móveis

Uma variação natural do gráfico do valor individual seria o gráfico da média móvel. A vantagem deste tipo de gráfico sobre o de valores individuais é que as médias são mais sensíveis às causas especiais de variação melhorando o desempenho do gráfico.

Os fatores  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  estão tabulados no Anexo 8.1 e as fórmulas para os limites de controle são:

$$LSC_{\bar{x}_m} = \bar{\bar{x}_m} + A_2 \cdot R\bar{m} \quad (3.36)$$

$$LM_{\bar{x}_m} = \bar{\bar{x}_m} \quad (3.37)$$

$$LIC_{\bar{x}_m} = \bar{\bar{x}_m} - A_2 \cdot R\bar{m} \quad (3.38)$$

$$LSC_{R_m} = D_4 \cdot R\bar{m} \quad (3.39)$$

$$LM_{R_m} = R\bar{m} \quad (3.40)$$

$$LIC_{R_m} = D_3 \cdot R\bar{m} \quad (3.41)$$

#### ▪ Escolha do Gráfico de Controle para Variáveis Adequado

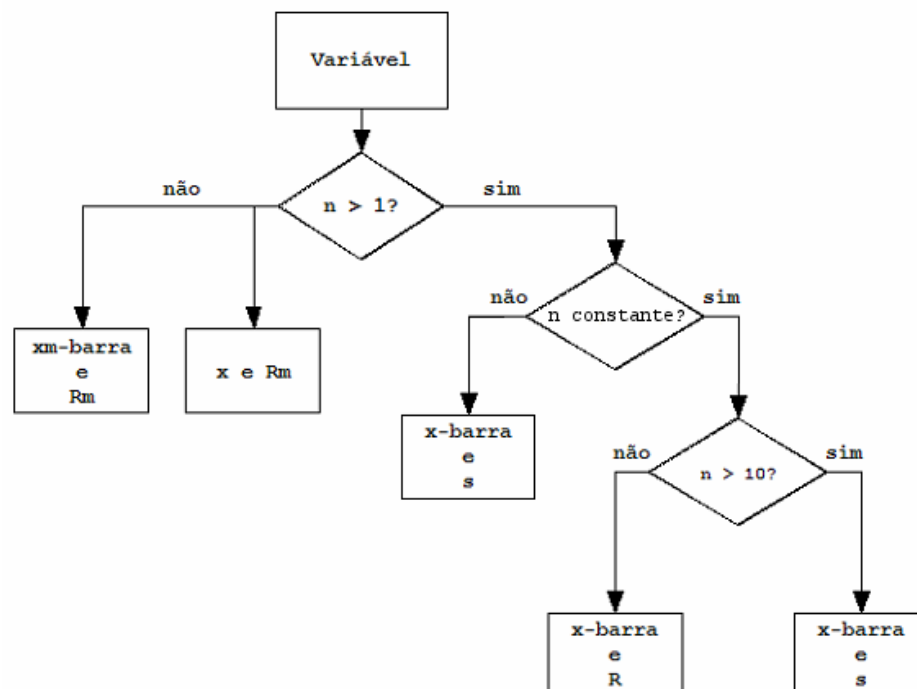


Figura 3.21: Fluxograma – Escolha do Gráfico de Controle para Variáveis

Quando se escolhe o Gráfico de Controle para determinado processo, é preciso ter em mente que esta escolha deve ser feita tomando-se em conta o tamanho do grupo de dados ( $n$ ). A Figura 3.21 mostra como deve ser feita a escolha.

Quando se possui um valor unitário, deve-se optar pelo gráfico do valor individual e amplitude móvel ou média e amplitude móveis. Para o caso de grupos de tamanho entre 2 e 10, opta-se pelo gráfico da média e amplitude e caso o grupo tenha 11 ou mais observações, opta-se pelo gráfico da média e desvio padrão. Entretanto, se o grupo não tiver tamanho constante – contanto que se tenha mais que duas observações por grupo – deve-se optar pelo gráfico de média e desvio padrão independentemente do tamanho do grupo.

### **3.2.2.12.2 Gráficos de Controle para Atributos**

Os Gráficos de Controle para atributos mantêm as palavras “defeito” e “defeituoso” em seus nomes. Entretanto qualquer tipo de atributo – e não apenas defeitos – pode ser controlado.

Nos gráficos para atributos não observamos o gráfico da variabilidade mas apenas o gráfico do atributo em análise. Com isto as restrições com relação à validade dos limites de controle não se dão devido a uma amplitude ou desvio padrão fora de controle e sim ao tamanho da amostra. Atributos, geralmente, não seguem a distribuição normal, o que é pré-requisito para o CEP. Com amostras pequenas, a aproximação para a distribuição normal fica falha.

#### **▪ Gráfico da Fração Defeituosa**

Este gráfico é usado para a porcentagem de unidades não-conformes na amostra. As amostras não precisam ter o mesmo tamanho, conforme Galuch (2002).

Já Baggio (2006) lembra que não somos obrigados a controlar defeitos com este gráfico. Poderíamos tratar, igualmente, o número de ligações inativas em relação ao total ou a quantidade de serviços em rede em relação ao total de serviços realizados, ou ainda o número de reclamações de falta de água em relação ao total de ligações recebidas pelo call center. De forma geral, sempre que quisermos controlar algum atributo na forma uma parte em relação ao total, o gráfico  $p$  é uma boa solução.

A distribuição da fração defeituosa não é normal, mas binomial.

Um detalhe importante é: caso  $n$  não seja constante para todos os grupos, deve trabalhar com o  $n$  médio  $n$  nas fórmulas dos limites de controle e de restrições em relação ao tamanho do grupo.

Os limites a serem determinados são:

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}} \quad (3.42)$$

$$LM_p = \bar{p} \quad (3.43)$$

$$LSC_p = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}} \quad (3.44)$$

$$n \cdot (1 - \bar{p}) > 5 \text{ e } n \cdot \bar{p} > 5 \text{ com } \bar{p} = \frac{\sum d_i}{\sum n_i} \quad (3.45)$$

#### ▪ Gráfico do Número de Defeituosos

Este gráfico é usado para o número de unidades não-conformes na amostra. É de fácil manuseio pelos operadores e as amostras devem obrigatoriamente ser do mesmo, conforme Galuch (2002).

Este gráfico é semelhante ao anterior com a diferença que agora se deseja marcar o número de itens defeituosos na amostra ( $np$ ). Os limites de controle são:

$$LSC_{np} = n \cdot \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p})} \quad (3.46)$$

$$LM_{np} = n \cdot \bar{p} \quad (3.47)$$

$$LIC_{np} = n \cdot \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p})} \quad (3.48)$$

$$n \cdot (1 - \bar{p}) > 5 \text{ e } n \cdot \bar{p} > 5 \text{ com } \bar{p} = \frac{\sum d_i}{\sum n_i} \quad (3.49)$$

Neste gráfico, como estamos falando em valores absolutos, e não em valores relativos, não podemos ter grupos com  $n$  variável. Todos os grupos devem ter o mesmo tamanho. Isto é necessário pois não podemos comparar grupos com tamanhos diferentes, Baggio (2006).

### ▪ Gráfico do Número de Defeitos na Amostra

Este gráfico é usado para o número de não conformidade numa amostra. As amostras devem ter o mesmo tamanho, conforme Galuch (2002).

Assim como os gráficos para atributos vistos anteriormente, o gráfico c não deve ser usado apenas para controlar defeitos. Qualquer outro tipo de atributo pode ser controlado com este gráfico. Aqui é possível controlar as quantidades totais oriundas de contagens.

A quantidade de defeitos na amostra (c) não segue uma distribuição normal e sim a distribuição de Poisson. Os limites de controle são:

$$LSC_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3.50)$$

$$LSC_c = \bar{c} \quad (3.51)$$

$$LSC_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3.52)$$

$$\bar{c} > 5 \quad \text{com} \quad \bar{c} = \frac{\sum c_i}{m} \quad (3.53)$$

Para a construção dos gráficos de controle para atributos temos nas fórmulas algumas incógnitas que precisam ser explicadas o que significam:

n = tamanho da amostra;

m = número de amostras;

c = número total de defeitos em todas as unidades da amostra;

d = número de peças defeituosas;

### ▪ Escolha do Gráfico de Controle para Atributos Adequado

No caso de Gráficos de Controle de atributos existem apenas duas escolhas possíveis. Ou gráficos para classificação (bom/ruim, alto/baixo, ativo/inativo, em rede/em ramal/em cavalete) ou para contagem.

No caso de gráficos para classificação, utiliza-se o gráfico p ou np e no caso de gráficos para contagem, utiliza-se o gráfico c.

A Figura 3.21 mostra como deve ser feita a escolha.

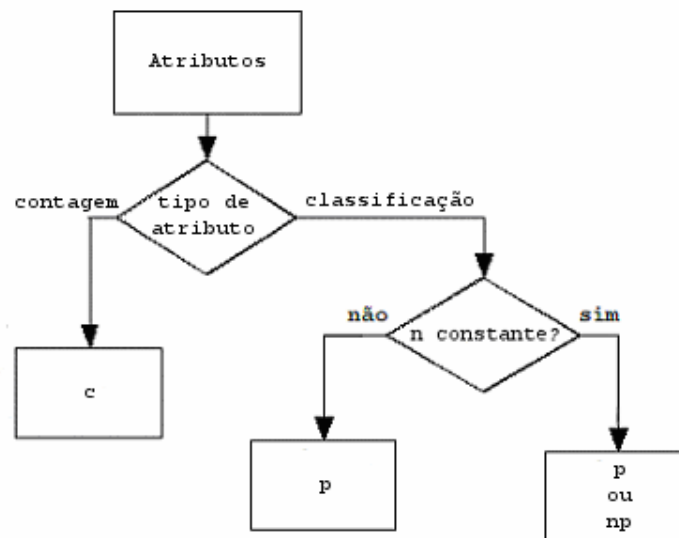


Figura 3.22: Fluxograma – Escolha do Gráfico de Controle para Atributos

### 3.2.2.13 Como Analisar um Gráfico de Controle

Kurokawa (2001) cita que as questões mais importantes a serem abordadas, para se fazer o CEP, são a interpretação e a análise dos gráficos. Schissatti (1998) em sua pesquisa, aponta como um dos motivos para o fracasso da implantação do CEP, em determinadas organizações, era a não utilização do CEP como ferramenta de análise na busca de soluções de problemas, mas como uma atividade burocrática, sendo que, após a montagem dos gráficos, estes eram arquivados. Não existia a atividade de acompanhamento, análise e interpretação dos gráficos durante o processo, ou seja, não se utilizava o CEP na resolução de problemas.

Existem diversos critérios para se definir se um sistema está ou não fora de controle (ou instável). Estes critérios são baseados na baixa probabilidade de um sistema estável possuir pontos com tais ocorrências. Alguns indicadores nos dão uma probabilidade muito alta de acertarmos no diagnóstico, outros, mais rigorosos, apresentam uma certa probabilidade de “alarmes falsos”. O uso de critérios mais restritivos é uma decisão individual de cada organização, conforme Baggio (2006).

Os Gráficos de Controle podem ser divididos em três zonas (A, B e C). Estas zonas representam os valores  $1\sigma$ ,  $2\sigma$  e  $3\sigma$ , cada uma, tendo uma certa probabilidade de conter os dados. A Figura 3.22 mostra o gráfico de controle dividido em três áreas.

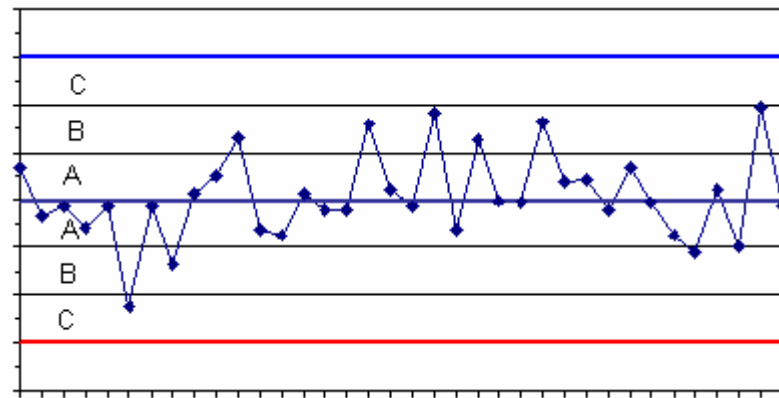


Figura 3.23: Áreas do Gráfico de Controle

A análise do Gráfico de Controle serve para identificar a existência de pontos fora de controle. É importante salientar que nenhum teste é infalível na identificação de causas especiais de variação valendo a experiência do analista para definir ou não um ponto como estando fora de controle.

Baggio (2006) explica que caso haja dúvida sobre considerar ou não um ponto como estando fora de controle, opte por investigar uma possível causa especial de variação. É melhor investigar um alarme falso que permitir que o sistema se mantenha possivelmente fora de controle.

Segundo Kume (1993, p.113-115), a interpretação de dados e informações presentes nestes gráficos ocorre por intermédio da avaliação. Baggio (2006) apresenta testes de não aleatoriedade a fim de identificar a existência de pontos fora do controle.

#### ▪ Pontos fora do Limite de Controle

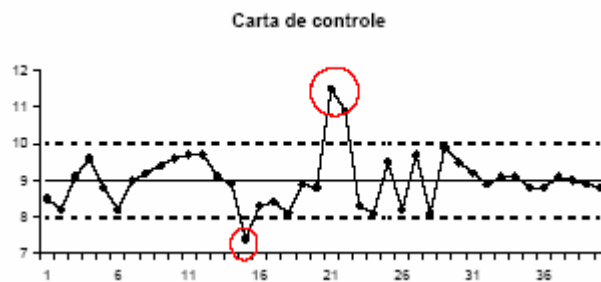


Figura 3.24: Pontos fora do limite de controle

Os limites são definidos de modo que apenas 0,27% dos pontos estáveis estejam fora de controle. Desta forma, qualquer ponto fora dos limites de controle merece investigação. Este critério se aplica a todos os Gráficos de Controle.

#### ▪ **Tendência**

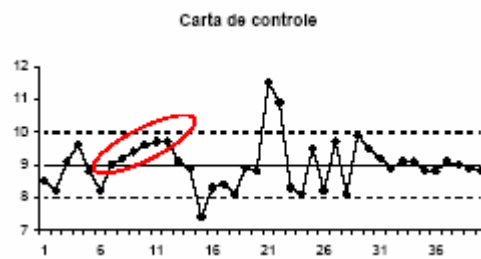


Figura 3.25: Tendência ascendente

- Quando seis ou mais pontos formam uma linha contínua ascendente ou descendente;
- Situação verificada quando a linha mostra uma tendência para cima e para baixo, em intervalos quase sempre iguais.

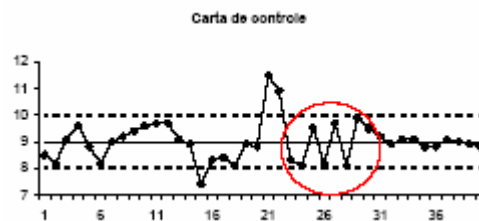


Figura 3.26: Periodicidade

#### ▪ **Estratificação ou Falta de Variabilidade**

- Quinze ou mais pontos em sequência na zona A: este critério, muito raro, pode indicar que os limites de controle foram mal calculados, que os dados não correspondem à realidade ou ainda que a variabilidade do processo diminuiu e isto não foi contemplado quando do cálculo dos limites de controle;



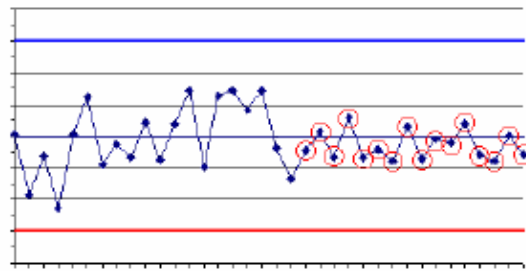


Figura 3.27: Quinze ou mais pontos em seqüência na zona A

- Quatorze ou mais pontos seguidos oscilando para cima e para baixo.

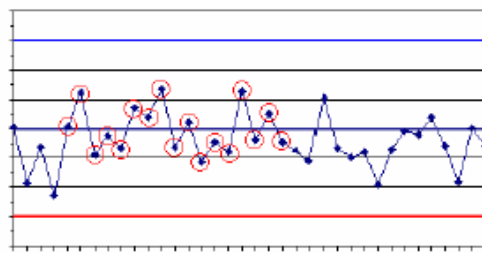


Figura 3.28: Quatorze ou mais pontos seguidos oscilando para cima e para baixo

#### ▪ Sequência de Pontos Próximos dos Limites de Controle

- Oitos pontos consecutivos fora da zona A: a probabilidade de oito ou mais pontos oscilarem acima e abaixo da média sem, contudo, ficarem na zona A é muito baixa, sinalizando falta de controle.

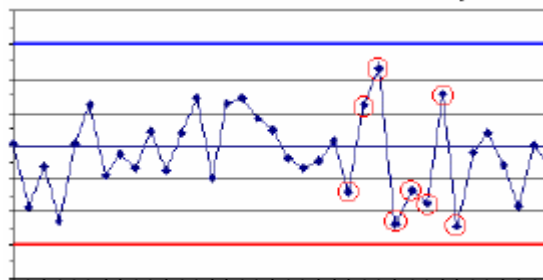


Figura 3.29: Pontos fora da zona A

- Dois de três pontos consecutivos na zona C;

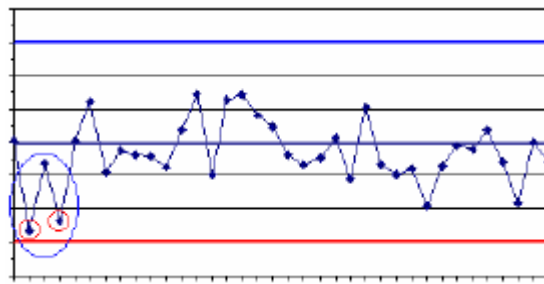


Figura 3.30: Pontos na zona C

- Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B e/ou C.

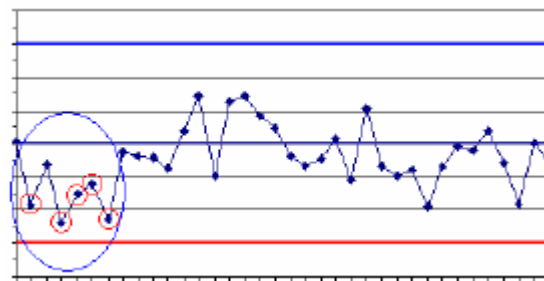


Figura 3.31: Pontos na zona B e/ou C

▪ **Seqüência de Pontos do mesmo lado da Média**

- Oitos ou mais pontos consecutivos do mesmo lado da média.

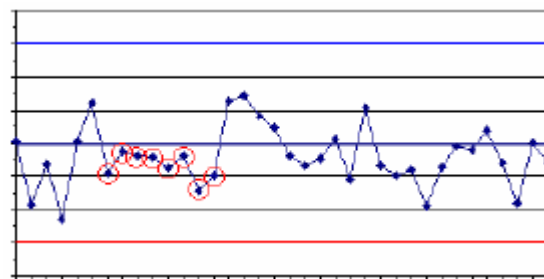


Figura 3.32: Pontos do mesmo lado da média

## **4. METODOLOGIA**

Neste capítulo serão detalhados os principais procedimentos para a implementação desta proposta de trabalho, além da descrição da área de estudo.

Serão realizadas duas etapas: a primeira que será o levantamento dos dados operacionais e comerciais junto à Companhia de Saneamento da cidade de Campo Grande-MS – Águas Guariroba S.A., e a elaboração de parte dos indicadores de perdas citados no capítulo anterior. A segunda etapa compõe a análise dos dados e indicadores gerados através da Estatística Descritiva e uso de parte das Ferramentas Estatísticas da Qualidade.

A proposta deste trabalho irá trabalhar com parte do referencial teórico já descrito, tendo em vista que demandaria muito tempo, recursos e não foi possível a obtenção de todos os dados necessários com a empresa Águas Guariroba.S.A.

A análise realizada auxiliará os gestores da empresa a tomar decisões, buscar novas soluções além de priorizar as ações para os problemas identificados na gestão de perdas.

### **4.1. Área de Estudo**

Em 13 de maio de 1966, através da Lei nº. 955, foi criado o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) em Campo Grande, como medida necessária à solução do problema de saneamento básico. Em 1977 o serviço foi transferido para a SANEMAT, seguindo diretrizes estabelecidas pelo Governo Federal. Com a criação do Estado de Mato Grosso do Sul, a administração, operação e manutenção das redes de água potável e esgotamento sanitário passaram à Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL). Em 27 de Dezembro de 1998 foi criada a Companhia de Saneamento de Campo Grande – Águas de Campo Grande, responsável pelos serviços de água e esgoto de Campo Grande.

Em 13 de Dezembro de 1999, a Prefeitura Municipal de Campo Grande e o Governo do Estado assinaram um Termo de Acordo em que o município se obrigou a licitar os serviços de saneamento de Campo Grande por um período de 30 anos. O processo de licitação iniciou-se em 20 de dezembro de 1999, e encerrou-se em 18 de outubro de 2000 com a assinatura do contrato pela empresa Águas Guariroba S.A., criada pelo consórcio Guariroba, classificado em primeiro lugar na licitação.

Em novembro de 2005 o controle acionário é repassado, com a anuência da Prefeitura Municipal de Campo Grande, para os Grupos Bertin e Equipav.

O município de Campo Grande possui uma área total de 8.118,4 km<sup>2</sup>, representando 2,27% da área do Estado de Mato Grosso do Sul, situado no divisor de águas das bacias do Paraná e Paraguai.

A captação de água é dividida entre mananciais de superfície e aquíferos subterrâneos. Dentre os mananciais de superfície podemos citar os sistemas produtores Guariroba e Lageado. A captação subterrânea é efetuada através de poços e poços especiais.

O sistema de abastecimento de água em Campo Grande possui uma estrutura que integra os sistemas de produção superficial e subterrâneo no atendimento da demanda do município. A estruturação do sistema foi baseada em um amplo estudo das condições topográficas da área urbana, definindo as áreas para a implantação de grandes centros de reservação, que situados em regiões estratégicas podem atender a grandes áreas através de distribuição de água por gravidade.

Nas regiões próximas dos centros de reservação, e nas mesmas altitudes dos reservatórios, a distribuição por gravidade não é viável, sendo necessário o abastecimento através de bombeamento.

Atualmente o sistema de abastecimento de água de Campo Grande atende 99% da população e apresentou em dezembro de 2007 o índice de perda de 54,57%.

Em março de 2008 a companhia apresentava as seguintes características:

- Volume Distribuído no mês: 7.141.520 m<sup>3</sup>;
- Extensão da Rede Distribuidora: 3.564,74 km;
- Número de Ligações: 232.804;
- Número de Economias: 269.288.

A setorização das áreas de atendimento dos reservatórios e poços é objeto de constantes estudos na empresa Águas Guariroba. Os setores de abastecimento de água são divididos em microsetores, chamados setores de fornecimento, com o intuito controlar as melhorias na distribuição de água e controle de perdas. Existem 49 setores de fornecimento conforme Anexo 8.2 fornecido pela empresa concessionária. Cada setor é identificado por um número e um nome relacionado à sua localização.

Alguns sistemas, por encontrarem-se em áreas distantes dos centros de reservação, ou por terem sido projetados com soluções de abastecimento particulares podem ter seu fornecimento de água por Sistemas Integrados, Sistemas Mistos ou Sistemas Isolados.

Nos Sistemas Integrados o abastecimento é feito principalmente por água captada em mananciais superficiais e tem todos os reservatórios interligados com adutoras por gravidade, alguns destes reservatórios recebem também contribuição da produção de alguns poços.

Os Sistemas Mistos são os sistemas que possuem fonte de suprimento própria, contudo essa fonte não supre totalmente a demanda da região, recebendo reforço de outros sistemas e os Sistemas Isolados são os que possuem fonte de suprimento própria e não estão interligados.

Uma das metas contratuais do contrato de concessão da empresa Águas Guariroba S.A. é a redução do índice de perdas para 28% no ano de 2010 que deve ser mantido até o final da concessão.

Para isso, em 2006, foi elaborado o diagnóstico de perdas do sistema de abastecimento de água de Campo Grande com o objetivo de analisar e implantar ações para o controle dos índices. Foram realizadas avaliações dos sistemas produtores, balanço oferta-demanda, análise do cadastro técnico, elaboração dos diagramas unifilares de cada setor de fornecimento e estudos nos setores mais críticos.

Os diagramas unifilares, tratam-se de um desenho esquemático para apresentar de maneira resumida o sistema de abastecimento de água. Sendo assim, foi desenhado os diagramas para que fosse possível o entendimento do funcionamento atual do sistema, bem como, fazer a localização dos atuais macromedidores espalhados pela rede. Desta maneira, podem ser propostas novas instalações de macromedidores, para que se tenha um total controle do balanço hídrico do sistema.

No final de 2006 foi contratada uma consultoria para implantação de uma metodologia e no início de 2007 foi implantado o MASPP – Método de análise e solução de problemas de perdas e de faturamento.

As ações implantadas para o desenvolvimento do MASPP foram:

- Treinamento em conceitos de estatísticas para os colaboradores das áreas de manutenção, operação e comercial;

- Elaboração de Procedimentos e Instrumentos de trabalho;
- Elaboração de uma planilha denominada “Placar de Perdas”;
- Definição das metas mensais para o Volume disponibilizado (VD), Volume utilizado (VU), economias faturadas, volume faturado e os índices de perdas.

O volume disponibilizado (VD) é monitorado pela gestão operacional e o VU pela gestão comercial.

#### **4.2. Levantamento de Dados**

Segundo Fraga e Silva Manuel apud (Gonçalves, 1998, p.17) o trabalho de controle e redução de perdas em um sistema de distribuição inicia-se com a setorização da rede. Esta setorização da rede de distribuição visa obter zonas fechadas via manobra de registros ou com entradas únicas. Nessas áreas fechadas, é possível estabelecer pontos onde é realizado a medição.

Para a viabilização do trabalho de setorização de um sistema de distribuição, é imprescindível a utilização do cadastro técnico de redes. Por meio dele, é possível identificar as redes de distribuição de água existentes em um sistema. Vários dados e informações são necessários neste cadastro, tais como: diâmetro da rede, comprimento, material da rede de distribuição, conexões e peças hidráulicas, curvas de nível da área de distribuição, desenho das quadras e ruas, delimitação dos bairros, coordenadas, endereços etc. Para isso, é necessário que o cadastro técnico esteja sempre atualizado, utilizando-se de rotinas pré definidas pelos responsáveis deste.

No caso do Município de Campo Grande, a setorização do sistema de abastecimento de água para o controle de redução de perdas foi realizada através da implementação de 49 setores, chamados de Setores de Fornecimento (SF).

O cadastro técnico das redes de distribuição de água da área estudada é totalmente digitalizado e apresenta as informações de diâmetro, material, metragem, conexões, peças hidráulicas, quadras, ruas, nome das ruas, curvas de nível, coordenadas, divisão de bairros, e é atualizado diariamente, conforme informações da Águas Guariroba em 2008.

O Anexo 8.3 mostra o cadastro técnico de água para o SF 05, fornecido pela Águas Guariroba em março de 2008.

As informações de produção, reservação e distribuição, além da integração entre eles, chamados de diagramas unifilares, está demonstrada no Anexo 8.4, também fornecido pela Águas Guariroba em março de 2008.

A tabela 4.1 apresenta o número com o nome de localização de cada Setor de Fornecimento.

Segundo Kurokawa (2001) para a realização de um trabalho de controle de perdas é necessário que todo o sistema seja macromedido e micromedido, pois o levantamento dos indicadores de perdas trabalha com a comparação dos dados da macromedição com o total da micromedição de um determinado setor.

Tabela 4.1: Número e nome de localização dos Setores de Fornecimento

Setor	Localização	Setor	Localização	Setor	Localização
SF01	COOPHASUL PA	SF19	CHÁC. PODERES	SF36	COOPHASUL - TIMOTEO
SF03	CEL. ANTONINO PA	SF20	INDUBRASIL	SF37	PLANALTO
SF04	CEL. ANTONINO PB	SF21	AERO-RANCHO	SF38	ZÉ PEREIRA
SF05	CENTRO	SF22	JOSÉ ABRÃO	SF39	REC. DOS PÁSSAROS
SF06	RG	SF23	MARIA PEDROSSIAM	SF40	SANTO AMARO
SF07	TAVEIRÓPOLIS PA	SF24	JARDIM NOROESTE	SF41	COOPHAVILLA
SF08	TAVEIRÓPOLIS PB	SF25	CAIOBÁ II	SF42	UNIÃO
SF09	LAGEADO/PIONEIRA	SF26	PIONEIRA PA	SF43	PIRATININGA
SF10	LAGEADO/CÓRREGO	SF27	PQ.DOS PODERES	SF44	OLIVEIRA/BURITI
SF11	PIONEIRA PB	SF29	CIDADE JARDIM	SF45	COOPHARADIO
SF12	NOVOS ESTADOS	SF30	CIDADE MORENA	SF46	RES. DO LAGO
SF13	NOVA LIMA	SF31	JARDIM CANGURU	SF47	TIJUCA/TARUMÃ
SF14	CENTRO OESTE	SF32	MÁRIO COVAS	SF48	COHAB-UNIVERSITARIA
SF15	D.ANTONIO BARBOSA	SF33	CHÁC. DAS MANSÕES	SF49	IRACI COELHO
SF16	MORENINHA	SF34	CARANDÁ BOSQUE	SF50	CONJUNTO COOPHASUL
SF17	JD. COLÚMBIA	SF35	JARDIM ANACHE	SF51	COLIBRI I
SF18	VIDA NOVA/ANACHE				

Fonte: Águas Guariroba (2008)

No caso dos 49 Setores de Fornecimento do Sistema de Abastecimento de Água de Campo Grande, nem todos possuem as entradas de água macromedidas, principalmente quando estes forem sistemas mistos ou integrados, ou seja, recebem reforço de água de outro setor.

Os setores que apresentam macromedidores nas entradas de seus sistemas são: SF19, SF20, SF22, SF33 e SF34. Os setores SF19 e SF34 são sistemas mistos e possuem macromedidores na saída dos poços perfurados e na entrada de cada reforço. Os setores SF20, SF22 e SF33 são sistemas isolados, sendo abastecidos somente por poços.

O restante dos outros Setores de Fornecimento tem fonte de abastecimento própria e recebem reforço de outros setores, porém não dispõem de macromedidores em todas as fontes de abastecimento.

O volume macromedido de cada setor é obtido ou por sistema de Telemetria, ou por leitura no campo ou por pitometria.

Os setores que são providos de macromedidores eletromagnéticos com dispositivos para Telemetria, transmitem as informações relativas à vazão acumuladas e instantâneas, via rádio, para um servidor que armazena estas informações em um banco de dados, sob gestão da área operacional.

No caso dos macromedidores tipo Woltman, sem dispositivos para transmissão de dados, é realizado a leitura mensal, por uma equipe de campo. As informações são alimentadas manualmente em computadores que possuem planilhas específicas para este caso.

No caso dos sistemas que não possuem todas as fontes de abastecimento macromedidas, é feita pesquisa mensalmente pela equipe de pitometria para obtenção dos dados necessários. Em alguns casos, pode ser feito também, uma estimativa do volume que entra a partir dos dados de macromedição de saída dos sistemas produtores Guariroba, Lageado e poços, quando há alguma dificuldade de medição *in loco*.

Desde quando o consórcio CIBE assumiu o sistema de água e esgoto de Campo Grande os macromedidores de todos os setores estão sendo aferidos, substituídos e implantados, e até o momento esta ação não foi concluída.

Os dados operacionais fornecidos pela Águas Guariroba para utilização neste trabalho foram: volume produzido (disponibilizado), vazamentos por rede, ramal e cavalete para cada SF no período de março de 2007 a março de 2008, conforme conta nos Anexos 8.5, 8.8, 8.9 e 8.10. A metragem da rede para cada SF referiu-se ao mês de março de 2008, conforme Anexo 8.11.

As empresas de saneamento possuem, em seus cadastros comerciais, uma base de dados onde existem várias informações sobre seus usuários e clientes. Essas informações (área da residência, quantidades de pessoas que ocupam o imóvel, economias, quantidades de ligações, endereços, nome do cliente, etc.) são utilizadas principalmente para a definição da análise do cliente e seu comportamento de consumo. Por meio da análise, pode-se estimar



o volume consumido em residências que não possuem hidrômetros e fazer o faturamento da conta, segundo Kurokawa (2001).

Campo Grande tem um índice de abastecimento de água de 99%, apresentando índice de hidrometração de 88,98%.

A leitura dos hidrômetros é realizada em campo por várias equipes de leitura, sob gestão da área comercial. Cada equipe de leitura tem sua data para a realização da medição dos volumes micromedidos.

Cada leiturista, ou seja, operador que realiza a leitura do hidrômetro, dispõe de um *palm*, onde são armazenadas as informações. Os dados são descarregados para um servidor que alimenta um banco de dados informatizado.

São inúmeras as informações comerciais que a empresa possui, porém para este trabalho foram fornecidos: volume micromedido e volume faturado, para cada Setor de Fornecimento, no período de março de 2007 a março de 2008, conforme Anexos 8.6 e 8.7. Os dados de número de ligações, número de economias residenciais, comerciais, industriais, públicas e totais para cada Setor de Fornecimento referente ao mês de março de 2008, encontram-se no Anexo 8.11.

Com a implementação de setorização na rede de distribuição do sistema, a instalação da macromedição, para que sejam medidos os volumes distribuídos no setor, a obtenção dos volume da micromedição no setor, começa uma fase onde o gerente passa a ter vários dados e informações referentes a esse setor do distrito, que abrange a área de influência de um reservatório ou macromedidor, Kurokawa (2001).

Para Kurokawa (2001), estes dados possibilitam ao gerente determinar os indicadores de perdas setoriais e avaliar o comportamento da distribuição. Após o levantamento dos dados sobre o volume distribuído no setor e o volume faturado no setor, o gerente poderá determinar os indicadores de perdas setoriais. Com a utilização destes indicadores, o gerente poderá acompanhar e definir ações para a implementação no combate a perdas no seu sistema.

#### **4.3. Indicadores Propostos**

Neste item serão propostos os indicadores a serem elaborados a partir dos dados fornecidos pela empresa de saneamento de Campo Grande-MS.

O Volume Utilizado nos indicadores propostos foi calculado como sendo a soma dos volumes recuperados, estimados, operacionais, especiais e volumes micromedidos. Para estes volumes foi usado o percentual de 9% do VD, tendo em vista que estes volumes não foram disponibilizados pela Concessionária. A tabela 8.1, no Anexo 8.12 apresenta os Volumes utilizados (VU) calculados para cada Setor de Fornecimento (SF).

#### **4.3.1. Indicador Percentual (IPD)**

Também chamado de Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC).

O IPD relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado. A água que é disponibilizada e não é utilizada, constitui de uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto de perdas reais e aparentes no subsistema de distribuição.

Para um mesmo sistema de abastecimento, a apuração sistemática desse indicador, mostrará com um certo grau de fidelidade, as tendências ou a evolução das perdas na rede de distribuição, constituindo-se em uma ferramenta útil para o controle e acompanhamento das perdas.

É o mais utilizado hoje, no Brasil e de fácil compreensão. A fórmula que o representa é a equação (3.2).

A utilização do IPD para medir desempenho de um sistema de abastecimento de água deve ser cuidadosamente avaliada, pois podem conduzir a resultados comparativos que não retratam a realidade do serviço prestado. Índices superiores a 40 % representam más condições do sistema quanto às perdas. Numa condição intermediária estariam os sistemas com índices de perda entre 40% e 25% e valores abaixo de 25% indicam sistema com bom gerenciamento de perdas.

Mas é importante salientar que, mesmo que seja um sistema de fácil aplicação e possua diversas variáveis, o indicador de perdas percentuais está sendo substituído por outros indicadores por se mostrar um sistema, que de certa forma, está debilitado de informações necessárias para a escolha dos processos e metodologias de aplicação de novos sistemas de controle de perdas.

Para este indicador serão utilizadas as informações de volume produzido ou disponibilizado e volume utilizado por Setor de Fornecimento (SF) no período de março de

2007 a março de 2008, conforme Anexos 8.5 e 8.12. O cálculo do indicador IPD para cada setor de fornecimento está demonstrado no Anexo 8.13.

#### **4.3.2. Índice de Perdas por Ligação (IPL)**

O Índice de Perdas por Ligação (IPL) relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas. Este também é um indicador volumétrico de desempenho, e a magnitude obtida neste indicador, incorporam as perdas reais e aparentes. Este indicador é calculado para sistemas que possuem um número superior a 20 ligações/km de rede, o que geralmente acontece com áreas urbanas.

Também pode ser usado relacionando o volume perdido com o número de economias ativas.

Sua fórmula está representada conforme a equação (3.6).

As informações de volume disponibilizado, volume utilizado, número de ligações e número de economias, para cada SF, no período de março de 2007 a março de 2008, serão utilizadas para o cálculo deste indicador, conforme Anexos 8.5, 8.12 e 8.11. O resultado do cálculo do indicador IPL para cada SF está demonstrado no Anexo 8.14.

#### **4.3.3. Índice de Perda Total (IPT)**

Este índice foi proposto por Maldonado, 2006 e relaciona o volume perdido por um determinado setor ao volume perdido do total do sistema. Esse indicador reflete percentualmente o quanto a perda de cada setor representa em relação a perda global.

O Volume utilizado para todos os indicadores propostos foi calculado como sendo a soma do volume micromedido, volume estimado, recuperado, operacional e especial. Porém para os volumes estimados, recuperado, operacional e especial foi adotado o percentual de 9% do volume distribuído, conforme adotado por diversas prestadoras de serviços brasileiras. Tsutiya (2004).

Sua expressão é dada pela equação (3.8) e foi calculado para cada SF o índice de perda IPT, conforme Anexo 8.15.

#### **4.4. Análise dos Dados**

Nesta fase os dados e indicadores de perdas levantados nos itens anteriores serão trabalhados. Para isso, serão utilizadas a Estatística Descritiva e as Ferramentas Estatísticas da Qualidade, que são instrumentos gerenciais que possibilitam avaliação e análise dos dados e indicadores pelos gerentes do sistema.

Na Estatística Descritiva serão avaliados os dados como média, desvio padrão, amplitude entre outros, ou seja, como os dados e indicadores propostos se comportam.

As Ferramentas Estatísticas da Qualidade que serão utilizadas como propostas são: Gráfico de Linhas, Gráfico de Pareto, Gráfico de Dispersão, Estratificação de Dados, Diagrama de Visualização e Gráfico de Controle.

A aplicação destas ferramentas estatísticas apresenta um grande potencial de usos em estudos de controle de perdas, como também na busca de soluções dos problemas enfrentadas pelo gestor responsável por esse setor. Várias outras aplicações, além das apresentadas neste trabalho, podem ser levantadas, pesquisadas e estudadas de acordo com as características de cada sistema de abastecimento de água. As ferramentas estatísticas da qualidade podem ser aplicadas individualmente ou em conjunto para a avaliação das principais causas de perdas, conforme serão apresentadas nesta proposta, Kurokawa (2001).

##### **4.4.1. Estatística Descritiva**

A Estatística Descritiva mostra o posicionamento e a variabilidade dos valores encontrados, ficando fácil o entendimento dos dados coletados.

Para este item será proposta a análise dos dados anuais de Índice de Perdas Percentual (IPD) e o Volume perdido por economia, para cada SF, no período de março de 2007 a março de 2008. Os dados de Volume perdido por economia encontram-se no Anexo 8.16.

A empresa Águas Guariroba definiu como meta, no ano de 2008, para o IPD o índice de 35% e para o Volume Perdido por economia, o valor de 373 l/econ.dia. Utilizaremos os mesmos valores como metas e faremos uma análise se os dados encontrados estão fora de seus padrões estabelecidos.

#### 4.4.2. Gráfico de Linhas

O diagrama ou gráfico de linhas é a apresentação dos dados na ordem em que estes foram obtidos. Desta forma, é possível verificar a existência de tendências ao longo do tempo, segundo Ramos (1997).

Medeiros (1999) define os gráficos lineares como séries temporais ou séries de tempo, ou seja, gráficos de séries estatísticas que apresentam o tempo como variável de controle, sendo que os dados são coletados em intervalos regulares de tempo.

A figura 4.1 apresenta uma representação de gráfico linear ou série temporal.

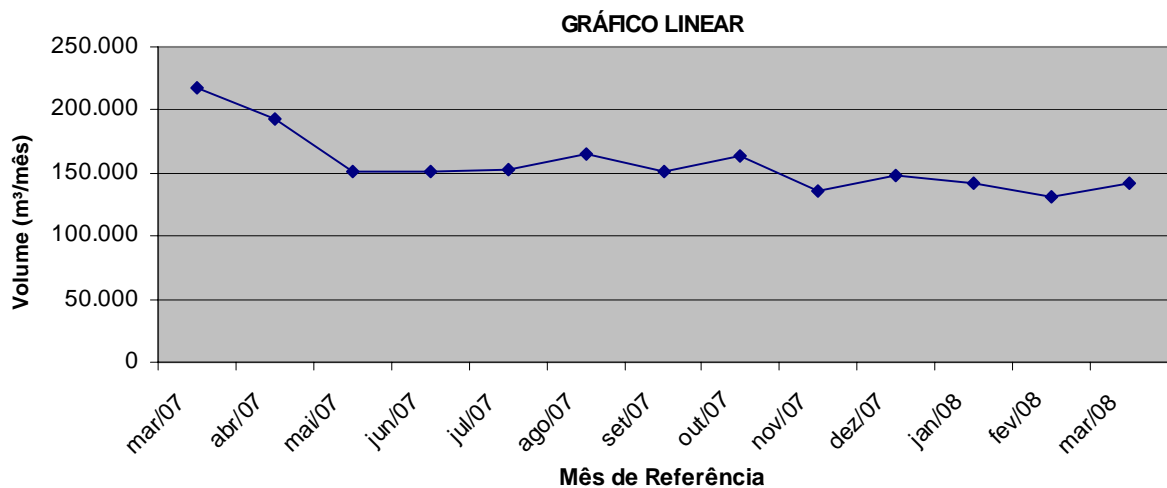


Figura 4.1: Representação de um gráfico linear

O gráfico linear será utilizado para a representação de séries históricas do Índice de Perda Percentual (IPD) para cada SF.

#### 4.4.3. Gráfico de Pareto

O Diagrama de Pareto é baseado no princípio do economista italiano, Vilfredo Pareto, no século XIX, que estudou a distribuição da riqueza em sua época e verificou que poucas pessoas possuíam uma grande porcentagem do total e muitas, uma pequena parte, Kurokawa (2001).

Baggio (2006) extrapola o estudo para diversas outras áreas, como exemplo, cerca de 80% dos problemas provém de 20% das causas possíveis e usa o diagrama de Pareto para se verificar isto.

O diagrama de Pareto é a ferramenta utilizada para a determinação de prioridades na resolução de problemas nas organizações.

Para Paladini (2000, p. 233), o diagrama sugere atenção a elementos críticos do processo e permite classificar (em ordem decrescente em geral) os elementos do processo segundo a importância da contribuição de cada um deles para o processo inteiro.

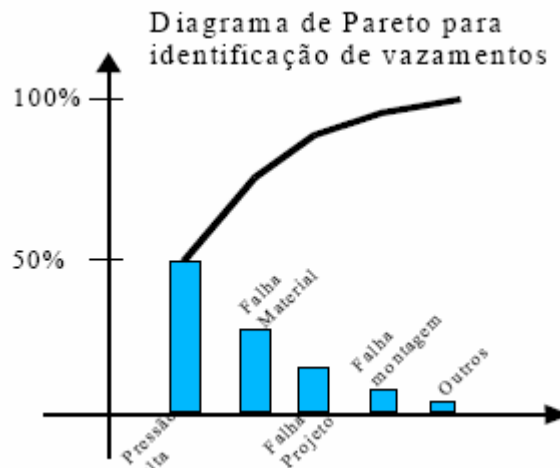


Figura 4.2: Representação de Diagrama de Pareto  
Fonte: Kurokawa (2001)

Nas organizações, os gestores constantemente deparam-se com uma quantidade enorme de problemas no gerenciamento das atividades. A utilização do diagrama de Pareto, como uma ferramenta gerencial, para estabelecer e priorizar questões mais importantes e as principais causas dos problemas, pode otimizar a aplicação dos escassos recursos existentes nas empresas.

O diagrama de Pareto vem ou não acompanhado de uma curva de porcentagem acumulada, e quando são usadas, representam a soma das barras verticais, da esquerda para direita.

A Figura 4.2 mostra um exemplo ilustrativo de diagrama de Pareto a partir de dados relacionados a causas de perdas de água.

Baggio (2006) escreve o que se deve procurar em um Diagrama de Pareto:

- Observe mudanças na inclinação da curva de percentuais acumulados. As categorias abaixo da parte mais inclinada da curva são os mais importantes. Não se atenha às categorias sob a faixa horizontal;

- Caso não haja mudanças claras e bruscas na inclinação da curva, verifique quais categorias respondem por cerca de 60% do problema. Estas categorias, normalmente, são fáceis de otimizar. Depois refaça o diagrama e observe quais estão mais salientes agora que algumas foram otimizadas.
- Se todas as barras têm tamanhos semelhantes, ou são necessárias mais de metade das barras para cumprir os 60%, tente alterar o critério de separação das categorias para um mais apropriado.

Segundo Souza (2003) o Diagrama de Pareto identifica os problemas mais importantes por meio do uso de diferentes escalas de medidas, por exemplo, frequência e custo; serve para analisar grupos de dados, por exemplo, por produto, por máquina, por turno; para medir o impacto de mudanças feitas no processo, por exemplo, comparação antes e depois; e para demolir causas grandes em partes mais específicas.

No caso de controle de perdas a priorização de ações é um dos maiores problemas para os gestores das companhias, principalmente onde se conhece somente o indicador geral de perdas do sistema. Desta forma, não se sabe em qual região há o maior índice de perdas.

A proposta é utilizar o Diagrama de Pareto para análise dos índices de perdas IPT, IPD e IPL para todos os Setores de Fornecimento (SF), e identificar quais são os setores prioritários que merecem maior atenção e, assim, realizar o planejamento das ações para que os índices de perdas sejam diminuídos. Os dados utilizados serão anuais, ou seja, do período de março de 2007 a março de 2008.

#### **4.4.4. Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados**

Os diagramas de dispersão são ferramentas utilizadas para estudar a relação entre duas variáveis quantitativas. Os dados são coletados aos pares, em duas variáveis  $(x_i, y_i)$  com  $i = 1, \dots, n$ . Posteriormente, os dados são plotados em um gráfico, sendo que cada valor de  $y_i$  corresponde a um valor  $x_i$ . O diagrama plotado mostra se existe uma relação entre as duas variáveis (Montgomery, 1997).

Eloi (2003) explica que estudar a relação entre duas variáveis muitas vezes facilita a compreensão da relação existente entre ambas. O entendimento do tipo de relação existente entre variáveis de um processo aumenta a eficiência dos métodos de controle do processo,

pois facilita a detecção de possíveis problemas e contribuem para o planejamento das ações de melhoria a serem adotadas.

Santos (2000) apresenta uma aplicação de gráfico de dispersão e correlação de variáveis, para ser utilizado no levantamento de perdas. Em experiência realizada em um setor da cidade de São Carlos - SP, foi feito o levantamento de dados de consumo de água tratada e energia elétrica para um grupo de clientes das empresas de saneamento e energia elétrica. Foram observadas, em um mesmo grupo de consumidores de água e energia elétrica, as variáveis de volume consumido ( $m^3$ ) e consumo de energia elétrica (Kwh). Com estes dados levantados, o autor utilizou um gráfico de dispersão para plotagem dos dados. Pelo gráfico de dispersão, ele verificou uma correlação positiva entre os valores de (Consumo de Água) x (Consumo de Energia Elétrica) para um mesmo grupo de consumidores. A partir de suas observações, o autor sugeriu uma forma de análise, pela verificação de contas que consomem grandes quantidades de energia elétrica e possuem baixos consumos de água; ele concluiu que poderia haver problemas de submedição ou ligações com fraudes, situações que podem gerar perdas no sistema. A Figura 4.3 ilustra esse exemplo.

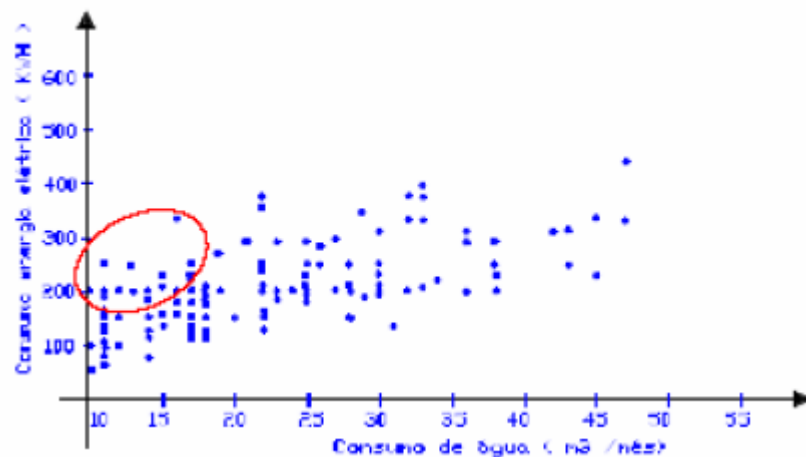


Figura 4.3: Gráfico de dispersão (Consumo de energia elétrica X Consumo médio de água tratada)

Fonte: Santos (2000, p.52)

Para a avaliação de uma correlação linear, é necessário calcular o coeficiente de correlação, que é fornecido através da equação 3.15 (Vieira, 1999).



Os modelos apresentados a seguir mostram os vários tipos de correlações lineares possíveis (Vieira, 1999).

- **Correlação linear positiva**

Na correlação linear positiva, à medida em que aumenta o valor de  $x$ , aumenta também o de  $y$ . A Figura 4.4 mostra os vários tipos de correlação positiva:

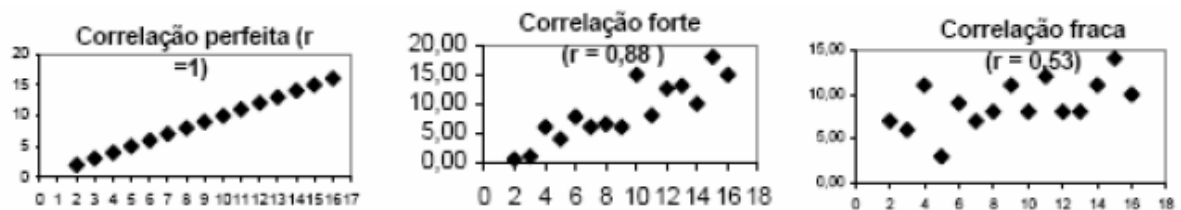


Figura 4.4: Modelos de gráficos de dispersão com correlação linear positiva  
Fonte: Vieira (1999, p. 52)

- **Correlação negativa**

Na correlação negativa, à medida em que aumenta o valor de  $x$ , diminui o valor de  $y$ , conforme os vários tipos de gráfico abaixo.

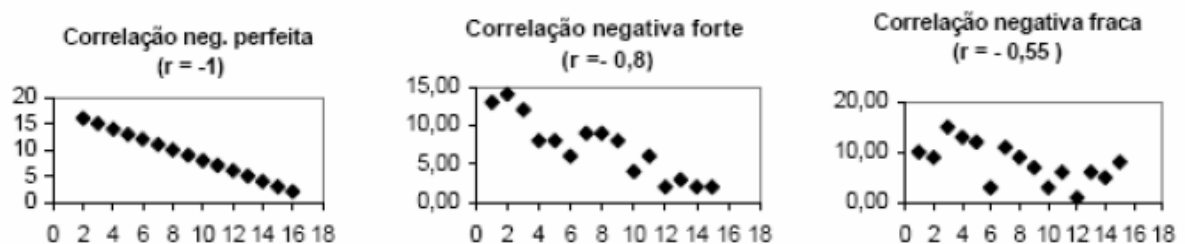


Figura 4.5: Modelos de gráficos de dispersão com correlação linear positiva  
Fonte: Vieira (1999, p.53)

- **Sem correlação entre as variáveis**

Neste caso não existe correlação linear entre variáveis, ou seja, não existe nenhuma relação específica.

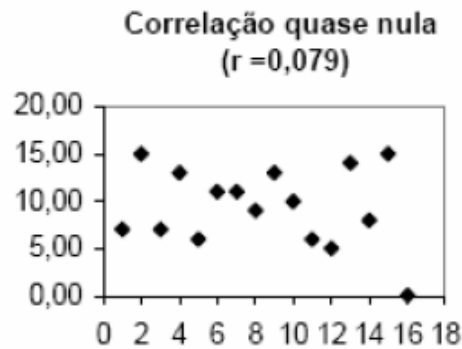


Figura 4.6: Gráfico de dispersão sem correlação  
Fonte: Vieira (1999, p.53)

Para Kume (1993), uma das formas de avaliar os dados, através do gráfico de dispersão, é verificando-se se existem pontos atípicos, que, geralmente, são pontos afastados do grupo de dados principais. Através da análise destes pontos atípicos, as causas que ocasionaram tais irregularidades são verificadas. A Figura 4.7 apresenta uma representação de pontos atípicos em um gráfico de dispersão.

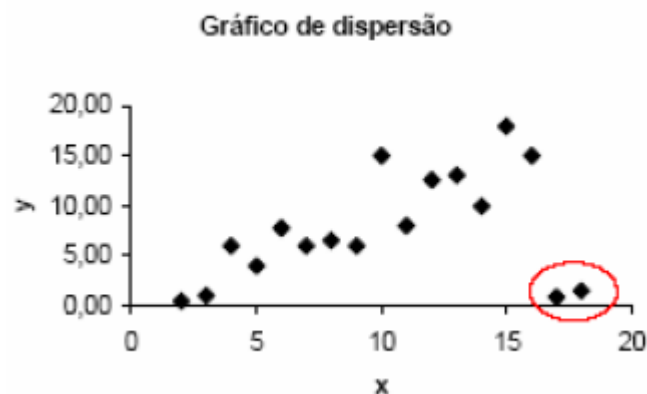


Figura 4.7: Representação de pontos atípicos em gráfico de dispersão  
Fonte: Kume (1993, p. 78)

Há uma enorme quantidade de dados e informações que podem ser levantados a partir das bases de dados cadastrais das empresas de saneamento. Para que estas informações sejam aproveitadas de forma eficiente, pode-se utilizar a estratificação de dados. Separam-se estes dados cadastrais de consumidores em várias categorias, como exemplifica Kurokawa (2001):

- Estratificação por categorias de consumidores - separação por tipo de consumidores que existem em sistemas de abastecimento de água, que podem ser comerciais, residenciais e industriais;
- Estratificação de uma categoria - separação de uma categoria de consumidores, como a industrial, em várias outras, conforme exemplificadas a seguir: indústria alimentícia, indústria têxtil, indústria moveleira, indústria pesada, indústria farmacêutica etc.;
- Estratificação por tamanho de consumidores - neste tipo de separação, os consumidores podem ser separados pelo consumo médio, sendo que podem se enquadrar como micros, pequenos, médios ou grandes consumidores, de acordo o estabelecido pela tabela de valores de consumos médios, entre outros.

Esse processo de estratificação de dados pode ser aplicado de "n" formas e adaptado a uma determinada situação que busque resolver o problema ou a avaliação de um grupo de clientes. Cada situação pode ser avaliada de forma diferente, buscando-se uma solução mais adequada a cada caso.

Uma análise estratificada é de fundamental importância para a resolução eficiente de problemas (Kume, 1993).

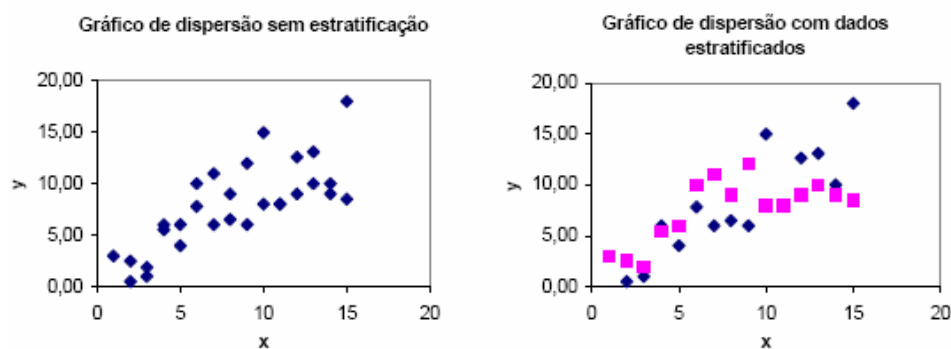


Figura 4.8: Gráfico de dispersão com os mesmos dados, sem estratificação e com estratificação.

Fonte: Kume (1993, p.84).

Outra forma de se fazer a interpretação de gráficos de dispersão, conforme Kume (1993), é utilizando-se dados estratificados. Assim, é possível separar os dados dos gráficos e interpretá-los de forma diferenciada da forma em que não havia a estratificação. Essa estratificação pode ser constatada a partir da distinção, com a utilização de cores ou

símbolos diferentes, nos gráficos. Podem-se, também, manter o registro da origem e a natureza dos dados para efetuar uma posterior análise na busca de solução de problemas, pela interpretação do gráfico.

A figura 4.8 mostra um gráfico de dispersão com os dados sem estratificação e outro gráfico com a separação dos dados.

Neste item serão analisadas as quantidades de vazamentos para cada SF em função da pressão média. Também serão estratificados os vazamentos por rede, ramal e cavalete. Os dados utilizados para a construção do Diagrama de Dispersão estão demonstrados nos Anexos 8.9, 8.9, 8.10 e 8.11.

#### **4.4.5. Diagrama de Visualização**

O diagrama de visualização de defeito é a figura representativa de uma determinada unidade, em várias vistas, com a finalidade de representar o local que apresenta maior quantidade de defeitos e problemas, para que se faça uma posterior análise e se determinem as causas potenciais dos defeitos (Montgomery, 1997).

Para a utilização de diagramas de visualização de problemas, podem-se utilizar mapas, croquis ou cadastros de rede de acordo com o material existente na organização. A plotagem de pontos que podem ser relacionados com os problemas tanto pode ser realizada em cópias de papel, como por meios digitalizados, com a utilização de micros computadores.

Essa ferramenta é aplicada em várias situações de inspeção de produtos para identificar defeitos. As causas destes defeitos podem ser inúmeras, como, por exemplo: desajuste de uma máquina; mudança de método; falha de materiais, operador da máquina etc. A folha de verificação possui um croqui, que representa o produto. O operário ou inspetor marca no croqui os locais onde ocorre o maior número de problemas. Desta forma, é possível fazer uma verificação dos pontos onde há maior números de defeitos. A marcação no croqui pode ser feita através de códigos pré-estabelecidos, que identificam cada categoria de defeito. Pela análise dos dados levantados no diagrama de concentração de defeitos, procura-se levantar as causas que provocaram os defeitos (Vieira, 1997).

No caso de avaliação de causas de perdas em redes de distribuição, o mais adequado seria a verificação das causas de perdas, com a utilização do cadastro de redes. Neste

cadastro, seriam demarcados os locais onde ocorreram defeitos ou problemas na rede de distribuição.

Santos (2000), ainda, utiliza um modelo de diagrama de visualização de defeitos. Com a utilização de um cadastro digitalizado das redes de distribuição, são plotados todos os locais onde ocorreram vazamentos de rede e ramal de distribuição de água. Com esse modelo, é possível a visualização dos locais onde ocorre maior incidência desses vazamentos. Assim, pode-se avaliar e analisar os locais onde ocorre maior incidência desse tipo de problema, buscando-se as causas que provocaram defeitos na rede de distribuição.

Wadsworth (1986) apresenta um exemplo de aplicação deste diagrama de visualização de defeitos, sendo: uma fábrica de circuitos eletrônicos verificou que mais de 70% dos problemas de defeitos de soldas ocorriam em uma determinada região da placa do circuito. Sobrepondo o diagrama sobre o desenho do circuito eletrônico, verificou-se um circuito integrado presente no circuito, que estava com orientação de 90° em relação aos demais componentes do circuito. Essa posição ocasionava mais de  $\frac{3}{4}$  dos defeitos presentes no circuito.

O diagrama de visualização de defeitos pode ser utilizado em qualquer área dos processos identificados com a finalidade de visualizar os problemas e assim atacar onde os problemas ocorrem com mais frequência e definir as possíveis soluções.

Assim como Santos (2000), a proposta deste trabalho é apresentar o Diagrama de Visualização de defeitos, através de mapas, mostrando os locais onde há ocorrências de vazamentos. Aqui também será feito a estratificação dos dados, através da plotagem dos mapas com a localização dos vazamentos de rede, ramal e cavalete para a região de estudo.

#### **4.4.6. Gráfico de Controle**

Uma das ferramentas estatísticas mais básicas e importantes para o CEP é o Gráfico de Controle. O Gráfico de Controle é a representação gráfica de dados estatísticos ao longo do tempo de modo a apresentar sua variação temporal comparando-os com limites de controle.

Para Baggio (2006) os Gráficos de Controle possuem três objetivos básicos: a) indicar se o processo está sob controle, não sofrendo ação de causas especiais de variação;

b) indicar se o processo continua sob controle ao longo do tempo mostrando quando atuar sobre o mesmo, e c) auxiliar na melhoria do processo reduzindo sua variabilidade.

Os Gráficos de Controle são quase sempre apresentados como um par de gráficos. Um gráfico apresentando o dado estatístico ao longo do tempo e um gráfico apresentando a variabilidade da amostra.

Os gráficos de controle exibem três linhas paralelas ao eixo X: Linha Central ou Linha Média que representa o valor médio do característico de qualidade exigido; Linha Superior que representa o limite superior de controle (LSC) e a Linha Inferior que representa o limite inferior de controle (LIC).

Os limites de controle, de um modo geral, são estabelecidos a partir da média  $\pm 3$  desvios padrões ( $\mu \pm 3$ ), como o Modelo de Shewhart, (SOMMER, 2000).

Vários autores, como Montgomery (1997), Vieira (1999), Kume (1993) e Ramos (1997) afirmam que todo processo está sujeito à variabilidade. Existem as causas especiais e as causas comuns, que promovem estas variações.

Ramos (1997) define as causas de variação nos processos como:

- Causas Especiais: as causas especiais ou esporádicas são fatores geradores de variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível, não sendo possível obter-se um padrão. A causa esporádica diferencia-se da causa comum pelo fato de produzir resultados totalmente discrepantes em relação aos demais valores. Exemplos de causas especiais são: desregulagem ocasional da máquina; um lote de matéria-prima com problema, quebra de uma ferramenta etc.;
- Causas comuns: uma causa comum é definida como uma fonte de variação que afeta a todos os valores individuais do processo. É resultante de diversas origens, sem que nenhuma tenha predominância sobre a outra. Um processo é dito sob controle, ou estatisticamente estável, quando somente causas comuns estiverem presentes.

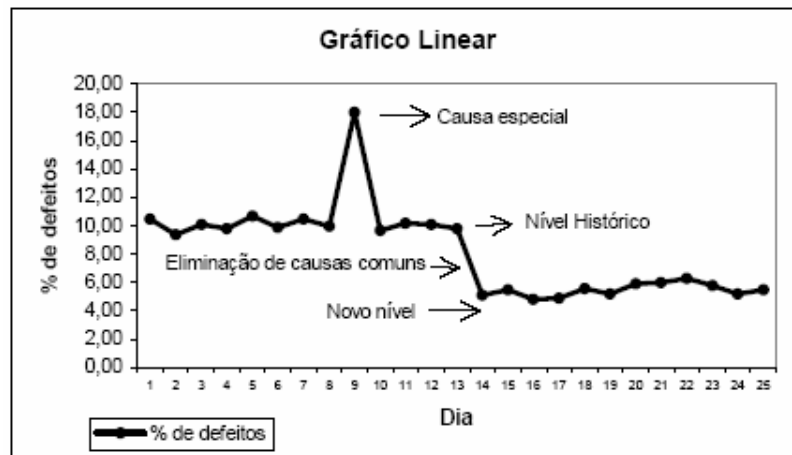


Figura 4.9: Causas comuns e especiais de variação  
 Fonte: Ramos (1997, p.191)

Para Souza (2003) ao utilizar as ferramentas estatísticas no controle de processos, depara-se com expressões do tipo “Processo sob controle estatístico” e “Processo fora de controle estatístico”, sendo:

- Processo sob Controle Estatístico: é o processo onde se tem presente variabilidade natural do processo, ou seja, aquela que é inerente ao processo e é resultante, apenas, da ação das chamadas causas comuns. Neste caso, a variabilidade se mantém numa faixa estável, denominada de faixa característica de processo;
- Processo fora de Controle Estatístico: é o processo que está sob a influência de causas especiais de variação, causas estas, que ocorrem de forma imprevisível, criando instabilidade ao processo já que ele passa a se comportar de forma diferente ao padrão. A variabilidade neste panorama é bem maior que a do item anterior, fazendo-se necessário descobrir os fatores que originaram essa variação.

A Figura 4.9 apresenta um gráfico linear mostrando as causas comuns e especiais.

Baggio (2006) ensina que ao construir um Gráfico de Controle, é necessário seguir alguns passos para a correta construção e análise dos dados. Estes passos são os apresentados a seguir:

- Coletar um histórico de dados durante um certo período de tempo longo o suficiente para permitir que todas as variações que se esteja interessado em estudar tenham oportunidade de aparecer (chegada de matéria prima, ajustes nas máquinas, mudança de operador);

- Calcular as estatísticas dos dados coletados (médias, desvios padrão, amplitudes, nº de defeitos por item, nº de itens defeituosos);
- Calcular os limites de controle com base nas estatísticas;
- Gerar o gráfico com os dados e os limites;

Após o cálculo dos limites e sua validação de acordo com o critério acima, esses são fixados. Os limites de controle, uma vez validados não são recalculados. Novos dados são adicionados ao gráfico, mas os limites ficam fixos até que exista a necessidade de recalculá-los.

Os limites de controle ficam fixos enquanto o processo não sofrer modificações significativas. Ou seja, enquanto não se eliminarem causas comuns de variação, os limites se mantêm congelados. Os limites só devem ser recalculados se estas mudanças forem perenes e justificáveis. Se o processo alterou sua média ou seu desvio padrão e não se pode explicar o que aconteceu a fim de garantir que a mudança seja permanente, não se deve recalcular os limites.

Para este item será proposto o Gráfico de Controle para Variáveis sendo o Gráfico do Valor Individual e Amplitude Móvel.

#### **4.4.6.1 Gráfico do Valor Individual e Amplitude Móvel**

O presente item propõe a análise dos dados levantados dos volumes fornecidos pelos macromedidores, sejam por Sistema de Telemetria, medição em campo ou estimado, através da utilização dos gráficos de Shewhart.

Neste caso, trabalha-se-a com o dado principal (Volume Disponibilizado) para cada Setor de Fornecimento, no qual será gerado o indicador de perdas. Outro dado que poderá ser utilizado é o valor do Volume Utilizado para cada setor. Estes valores serão acompanhados via gráfico de controle  $\bar{x}$  (individual). Conforme mostrado no item 3.2.2.12.1, este é o modelo mais adequado para trabalhar com variáveis físicas de produção, porque é impraticável a formação de subgrupos racionais. No caso, as variáveis que podem ser utilizadas são: volume disponibilizado e volume utilizado. Estas variáveis são levantadas através de leituras em instrumentos de medição.

Para a utilização em sistemas macromedidos de distribuição de água será utilizado o gráfico tipo  $\bar{x}$ , que é utilizado nas situações de medidas individuais. Estas são levantadas



através da leitura dos equipamentos macromedidores. Estes equipamentos fornecem as leituras acumulativas do volume de acordo com consumo.

Para a montagem do gráfico  $\bar{x}$  são utilizadas as equações (3.30) a (3.35).

A variável que será analisada pelo Gráfico de Controle tipo  $\bar{x}$  é o Volume Disponibilizado, conforme Anexo 8.5.

## **5. RESULTADOS**

Neste capítulo será apresentado uma aplicação prática da sistemática proposta enfatizando a avaliação e análise de dados e indicadores com o uso das ferramentas estatísticas da qualidade numa situação real.

Nem todas as ferramentas estatísticas da qualidade citadas na Revisão Bibliográfica serão usadas como propostas desse trabalho. Os principais motivos que foram considerados, para a decisão da não aplicação, foram:

- A existência de uma grande quantidade de regiões (setorização) no sistema de abastecimento de água de Campo Grande: é possível a aplicação de todas as ferramentas, porém a completa aplicação demandaria longo prazo e devido à falta de informações, limitações de tempo e materiais foram usadas parte delas;
- A sistemática propõe varias informações necessárias para a implementação do processo de controle de perdas. Várias fases estão implantadas e funcionando na empresa como a atualização sistemática do cadastro de redes, sistema informatizado para os volumes micromedidos, entre outras, porém alguns equipamentos ainda estão sendo instalados ou substituídos e para tanto foram usados volumes estimados quando da deficiência desses equipamentos,
- Não há histórico dos volumes recuperados, estimados, operacional e especial, sendo que para o cálculo dos índices de perdas é feita uma estimativa;
- Não há controle operacional da vazão de água quando ocorre um vazamento de grande intensidade, como por exemplos. Entre outros que a Concessionária deve melhorar.

### **5.1. Aplicação da Estatística Descritiva**

A partir dos dados de produção, micromedição e número de economias coletados no Sistema de Abastecimento de Água de Campo Grande-MS, no período de março de 2007 a março de 2008, conforme tabela 5.1, será aplicada a Estatística Descritiva para análise dessas informações.

Tabela 5.1: Dados anuais analisados pela Estatística Descritiva

SF	IPD (%)	VOL. PERDIDO/ECONOMIA (l/econ.dia)
SF01	44,0%	333
SF03	30,0%	218
SF04	41,0%	427
SF05	43,0%	389
SF06	48,0%	442
SF07	47,0%	378
SF08	53,0%	458
SF09	48,0%	452
SF10	42,0%	371
SF11	52,0%	458
SF12	37,0%	265
SF13	53,0%	421
SF14	55,0%	360
SF15	64,0%	633
SF16	50,0%	447
SF17	60,0%	587
SF18	36,0%	165
SF19	72,0%	1124
SF20	37,0%	254
SF21	61,0%	804
SF22	35,0%	326
SF23	23,0%	129
SF24	66,0%	4003
SF25	57,0%	338
SF26	42,0%	313
SF27	56,0%	3085
SF29	26,0%	238
SF30	48,0%	398
SF31	16,0%	62
SF32	43,0%	218
SF34	16,0%	132
SF35	16,0%	70
SF36	45,0%	281
SF37	42,0%	322
SF38	16,0%	72
SF39	24,0%	205
SF40	46,0%	372
SF41	11,0%	63
SF42	57,0%	548
SF43	46,0%	372
SF44	65,0%	761
SF45	52,0%	847
SF46	28,0%	208
SF47	33,0%	191
SF48	36,0%	285
SF49	51,0%	479
SF50	46,0%	473
SF51	36,0%	232

Os dados de IPD encontram-se no Anexo 8.13. O Volume Perdido foi calculado como sendo a diferença dos Volumes Disponibilizados e Utilizados, conforme Anexo 8.16 e as economias por Setor de Fornecimento estão no Anexo 8.11.

Com a ferramenta Análise de Dados do software Excel, foram calculadas as médias, valores máximos, mínimos e desvio padrão, conforme resultados abaixo.

Tabela 5.2: Resultados obtidos pela Estatística Descritiva

<b>Resultados</b>	<b>IPD (%)</b>	<b>Vol. Perdido por economia (l/econ.dia)</b>
<b>Medidas de Tendência Central</b>		
<b>Média</b>	42,7%	500,19
<b>Média geométrica</b>	39,6%	339,08
<b>Mediana</b>	44,5%	365,50
<b>Mínimo</b>	11,0%	62,00
<b>Máximo</b>	72,0%	4.003,00
<b>Medidas de Dispersão</b>		
<b>Desvio padrão</b>	14,6%	681,78
<b>Méd - 1 desvpad</b>	28,2%	(181,60)
<b>Méd + 1 desvpad</b>	57,3%	1.181,97
<b>Coef. Var</b>	34,1%	1,36
<b>Percentis</b>		
<b>10%</b>	20,9%	131,10
<b>25%</b>	35,8%	228,50
<b>50%</b>	44,5%	365,50
<b>75%</b>	52,3%	458,00
<b>90%</b>	60,3%	773,90
<b>Resultados</b>	<b>Un.</b>	<b>Un.</b>
<b>Número dados</b>	48,00	48,00

Para um melhor entendimento dos resultados obtidos os números foram divididos pelas medidas de Tendência central como a média, mediana, mínimo e máximo e Medidas de Dispersão como o desvio padrão e os percentis.

A medida que mais representa o IPD e o Volume perdido por economia, ou seja, a que mais combina com os resultados, é a Mediana tendo em vista que a variabilidade encontrada é muito grande, visto pela diferença entre mínimo e máximo.

Dos Setores de Fornecimento analisados, 75% apresentaram IPD de até 52%. A meta definida pela Concessionária, e utilizada como parâmetro neste trabalho, é de 35% e somente 25% dos SF atenderiam o padrão estabelecido.

A mesma interpretação acontece com o Volume perdido por economia, porém um pouco a mais que 50% dos Setores de Fornecimento analisados atenderiam a meta de 373 l/econ.dia estipulada.

A figura 5.1 retrata a análise descrita.

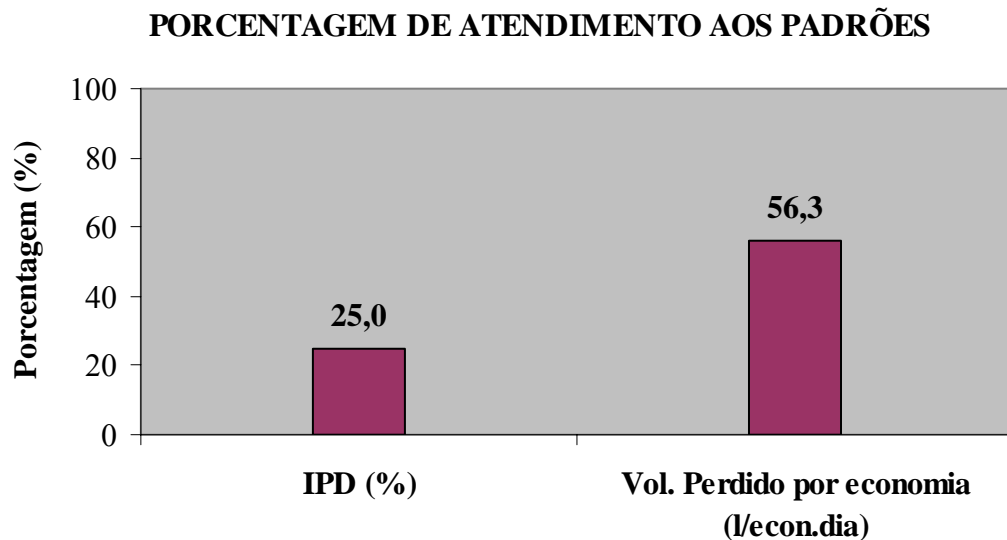


Figura 5.1: Porcentagem de atendimento para IPD e Volume perdido por economia

A Figura 5.2 mostra a faixa (faixa interquartil) onde se encontram a maioria dos valores analisados para o Índice de Perdas – IPD, ou seja, os valores estão entre as faixas de 25% a 75%.

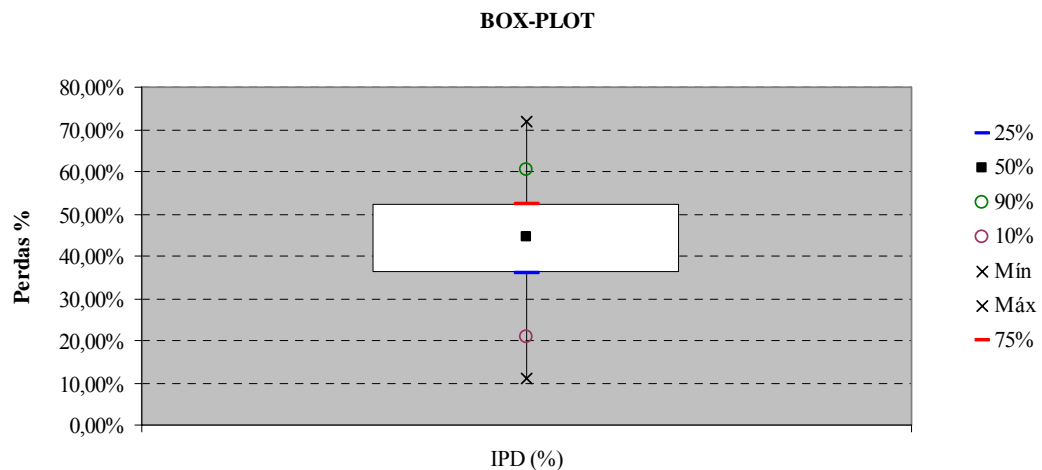


Figura 5.2: Faixa de valores analisados para o IPD

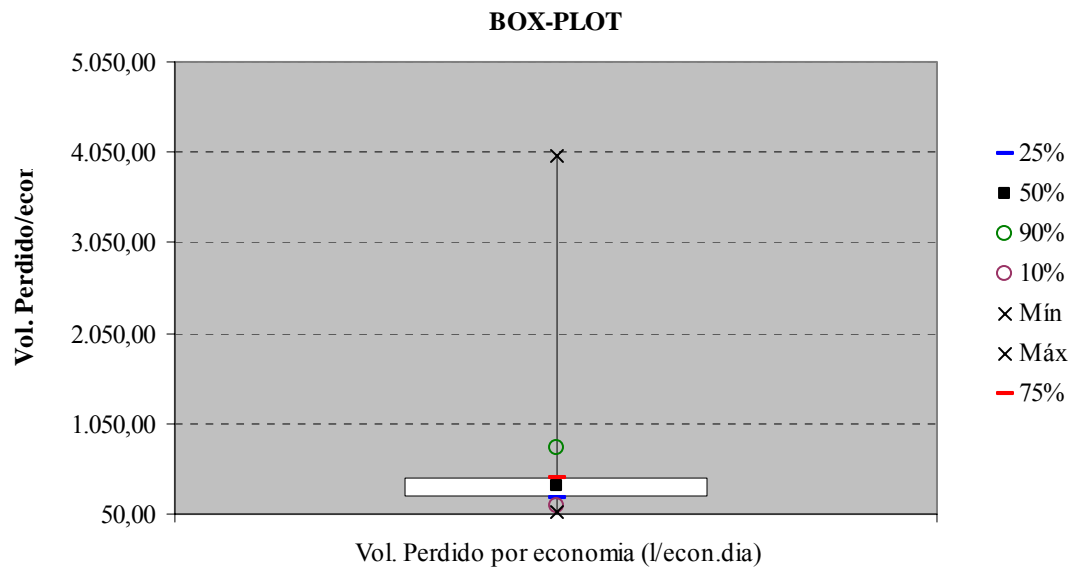


Figura 5.3: Faixa de valores analisados para o Volume perdido

Na Figura 5.3 o gráfico apresentado demonstra que o volume de 4.003 l/economia não é confiável e esta Estatística Descritiva demonstra isso facilmente e visualmente. Aqui há sinal de alguma anormalidade devendo ser alvo de análises mais específicas e investigações nas causas possíveis para o valor encontrado.

Os gráficos apresentados são típicos de gráficos de mediana.

## 5.2. Aplicação do Gráfico de Linhas

O Gráfico de Linhas foi utilizado para representar graficamente o Indicador de Perdas Percentual (IPD) de cada Setor de Fornecimento. Os dados analisados encontram-se no Anexo 8.13 e para a montagem de cada gráfico linear foi utilizado o software Excel, com a ferramenta Gráfico em Linhas.

Com essa ferramenta foi possível verificar como é o comportamento do IPD para cada SF em cada situação específica. O período analisado foi de março de 2007 a março de 2008. Foi utilizado também no Gráfico de Linhas o IPD médio para cada SF.

Alguns Gráficos dos SF serão comentados neste item, e o restante dos gráficos encontra-se no Anexo 8.17.

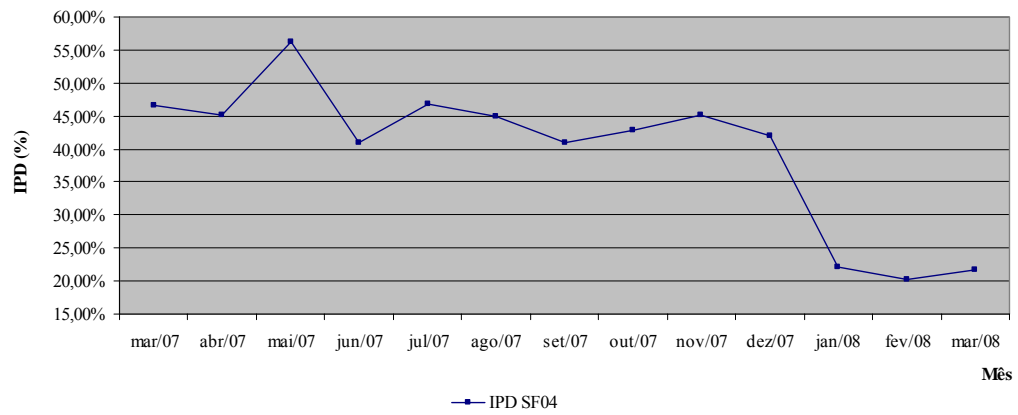


Figura 5.4: Gráfico de Linhas – IPD SF04

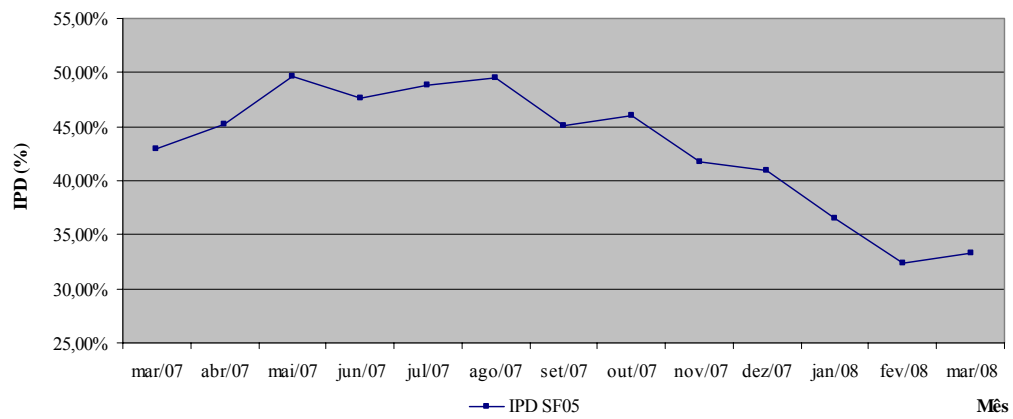


Figura 5.5: Gráfico de Linhas – IPD SF05

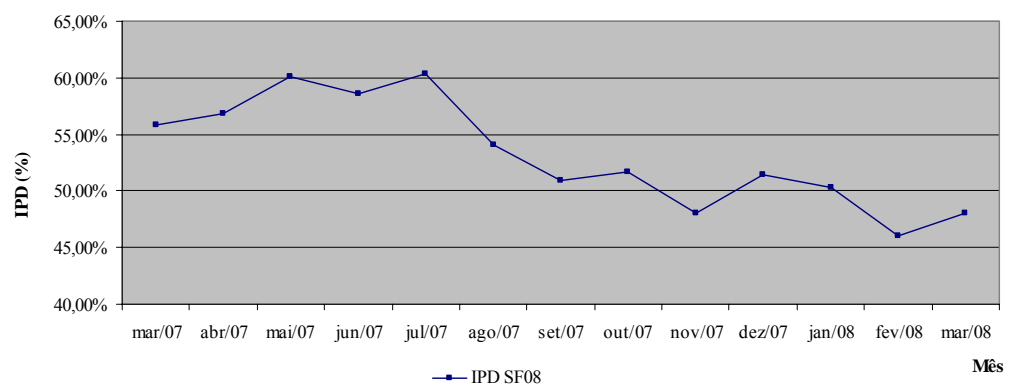


Figura 5.6: Gráfico de Linhas – IPD SF08

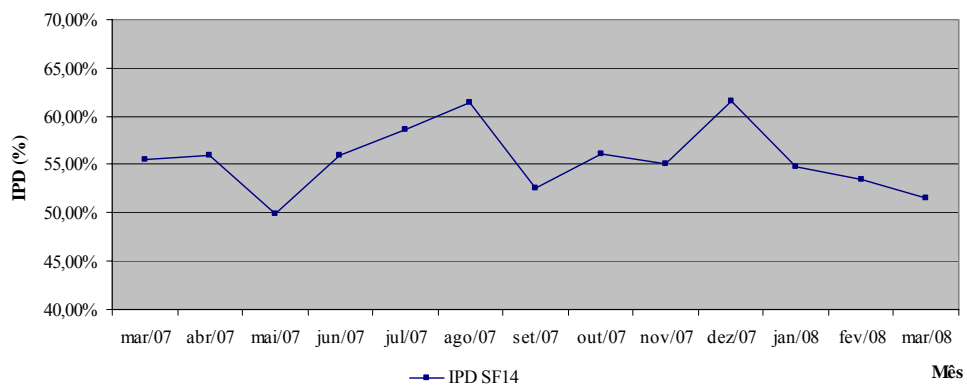


Figura 5.7: Gráfico de Linhas – IPD SF14

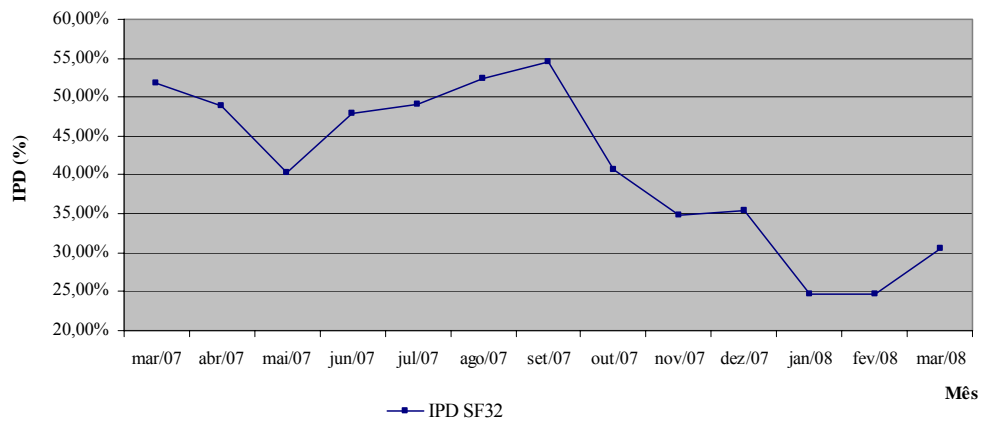


Figura 5.8: Gráfico de Linhas – IPD SF32

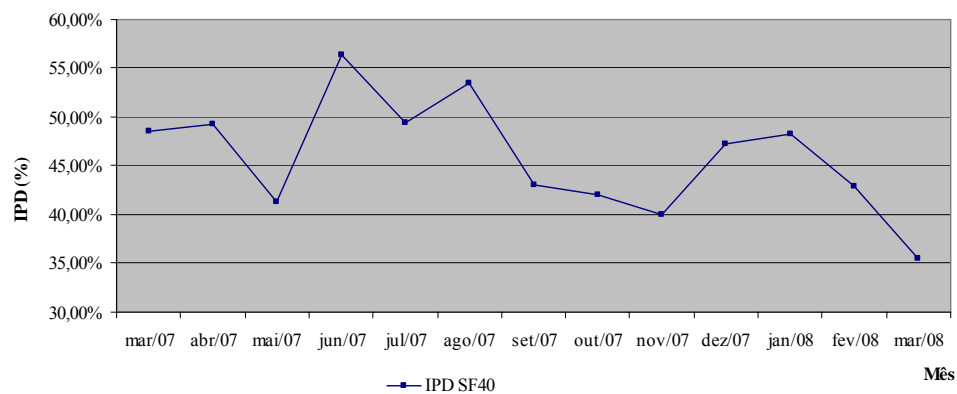


Figura 5.9: Gráfico de Linhas – IPD SF40

Os gráficos de linhas dos SF 04, 05, 08, 14, 32 e 40 mostrados acima apresentam o índice de perdas crescente nos meses de junho de 2007 a agosto de 2007.

Isso se deve ao aumento de consumo de consumo da população devido à seca do período analisado. Com o aumento da demanda há a necessidade de aumento de produção.



Esse aumento de produção se da por meio de perfuração de poços tubulares ou reativação de alguns que estavam desligados. Muitos deles são ligados diretamente nas redes de distribuição, fazendo com que a pressão se eleve e consequentemente aumento de perdas também.

Tudo isso nos mostra que a perda não é linear e a medida que a pressão aumenta nas redes de distribuição a perda também é elevada.

Já nos meses de dezembro/2007 a março/2008 os índices de perdas caíram.

O combate às perdas de água foi potencializado com a implantação de uma nova metodologia em toda a empresa neste período e as ações para controle de perdas aconteceram também neste período como geofonamento noturno; combate às fraudes; verificação in loco dos macromedidores existentes; substituições de hidrômetros.

Todas essas ações podem ter feito os índices de perdas caírem e ficarem próximas à meta estipulada.

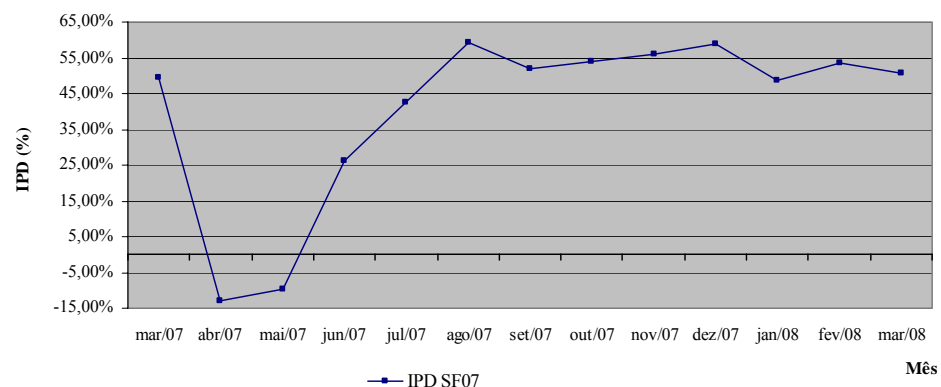


Figura 5.10: Gráfico de Linhas – IPD SF07

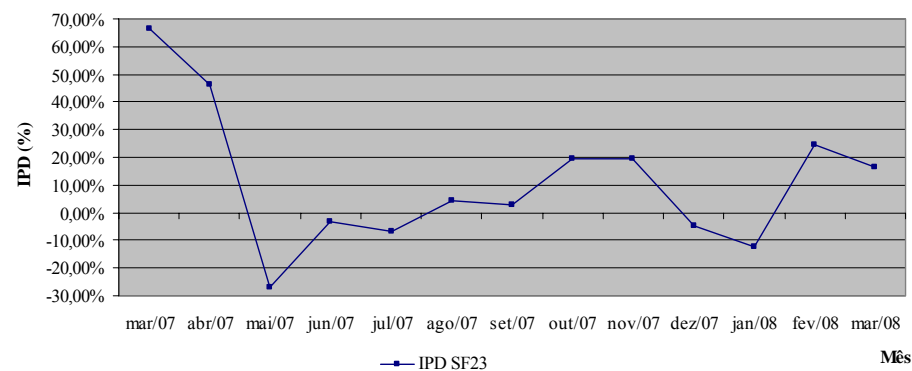


Figura 5.11: Gráfico de Linhas – IPD SF23

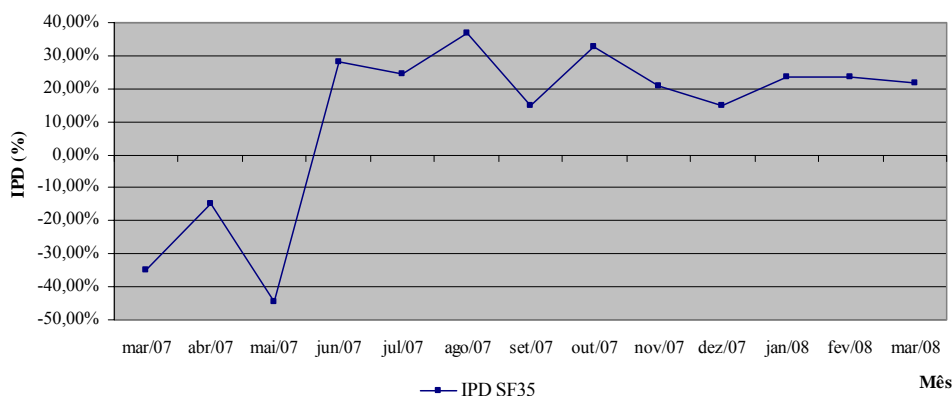


Figura 5.12: Gráfico de Linhas – IPD SF35

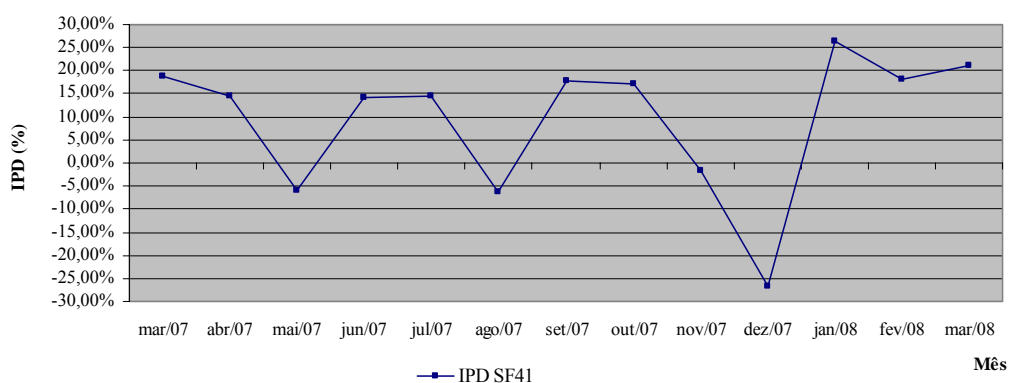


Figura 5.13: Gráfico de Linhas – IPD SF41

No caso dos SF 07, 23, 35 e 41 os Índices de Perdas – IPD apresentaram valores negativos. Buscando a causa desse afastamento progressivo, foram levantadas as seguintes possíveis causas desta situação:

- Erro na leitura dos macromedidores e consequentemente erro no cálculo do volume disponibilizado; macromedidor queimado não apresentando a leitura correta medida;
- Quando o leiturista vai realizar a leitura, no dia programado, muitas vezes não é possível acessar os hidrômetros das residências, devido ao fato da residência estar fechada e o HD se encontrar dentro da mesma. Desta forma a leitura é calculada pela média ou simplesmente estimada, podendo haver erros nos cálculos dos consumos médios ou estimados;

- O leitorista pode marcar incorretamente a leitura do dia no seu instrumento de medição, podendo marcar um consumo a mais do que o normal, e pela falta de gestão dos dados encontrados, pode-se passar despercebido e o volume utilizado ser maior do que o volume disponibilizado.

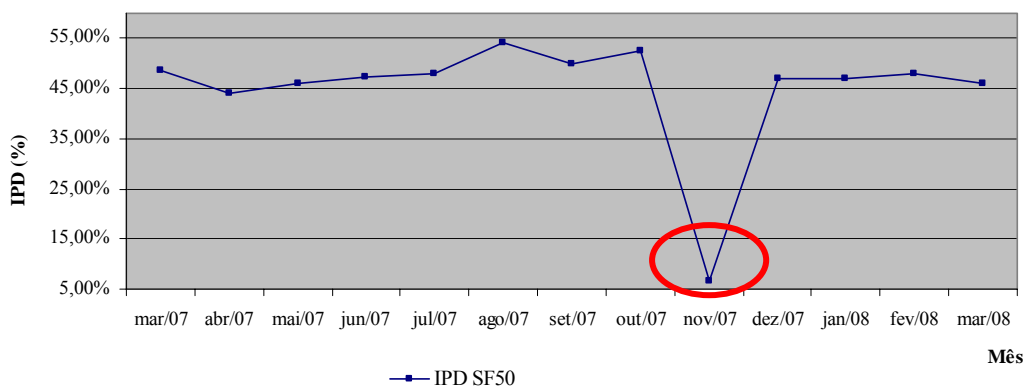


Figura 5.14: Gráfico de Linhas – IPD SF50

No caso do SF50 – Conjunto Coophasul, os índices de perdas ao longo do período ficaram próximos à média, apesar do IPD estar mais alto do que a média determinada pela empresa de 35%. Porém no mês de novembro de 2007 o IPD caiu bruscamente, sendo alvo de uma análise mais criteriosa. A causa possível desta queda, é provavelmente erro de medição dos volumes micromedidos ou disponibilizados ou erro no cálculo dos volumes que compõe o volume utilizado.

### 5.3. Aplicação do Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto foi utilizado para priorizar o SF que apresenta maior índice de perda. As variáveis usadas para este acompanhamento foram: IPD, IPL e o IPT que relaciona o volume perdido por um determinado setor ao volume perdido do total do sistema.

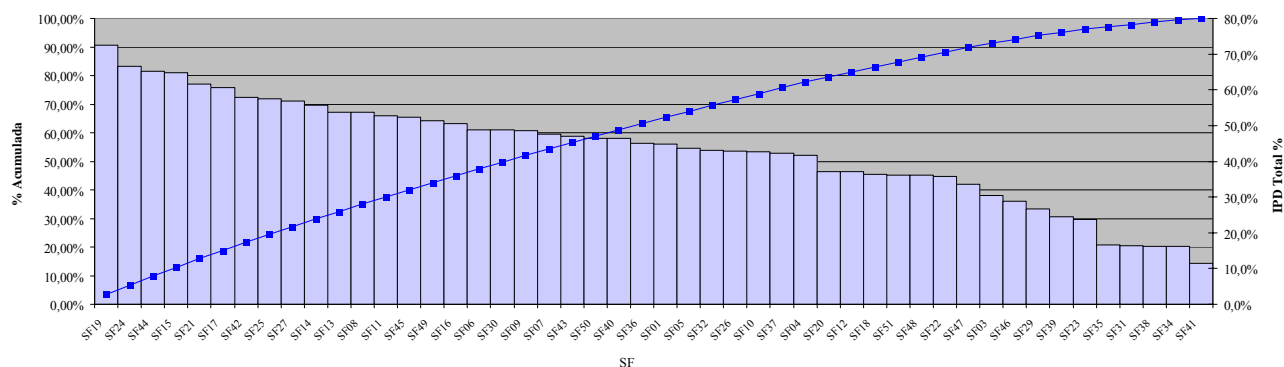


Figura 5.15: Gráfico de Pareto - IPD

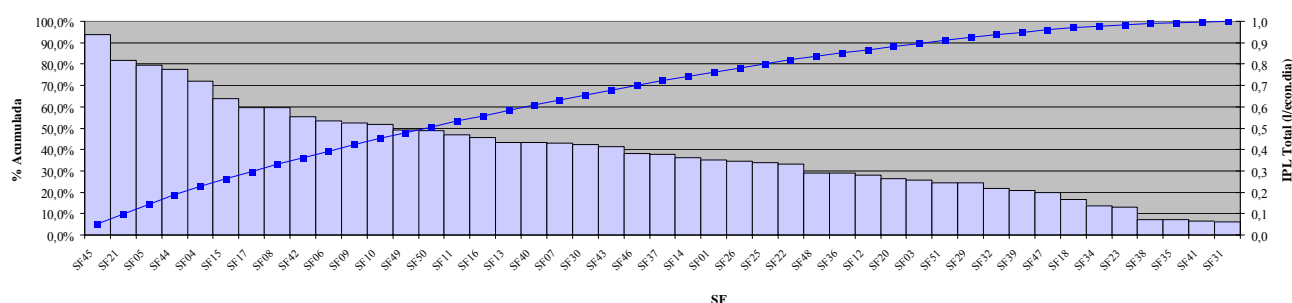


Figura 5.16: Gráfico de Pareto - IPL

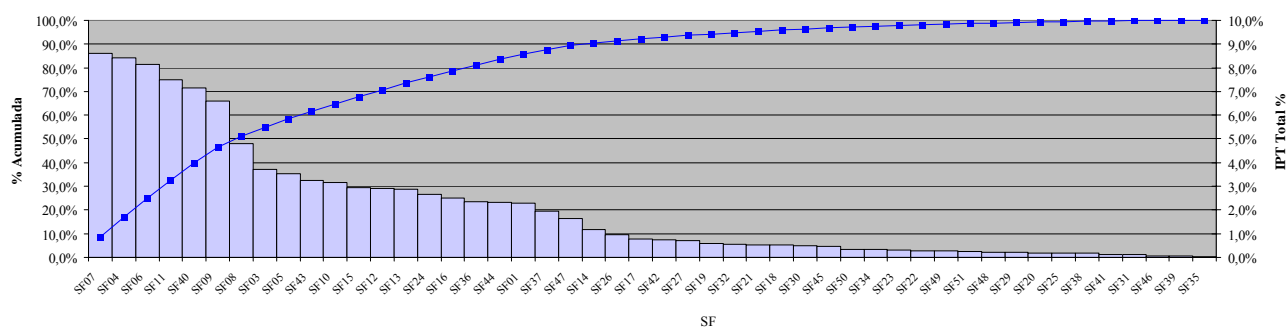


Figura 5.17: Gráfico de Pareto - IPT

Os dados de cada indicador de perda citados encontram-se nos Anexos 8.13, 8.14 e 8.15. Para esta análise os dados utilizados foram anuais, considerados no período de março/2007 a março de 2008.

Analisando o Índice de Perda Percentual – IPD o setor que apresenta maior índice é o SF19 – Chácara dos Poderes (72,51%). O alto índice deve-se ao fato em que a região apresenta grandes chácaras, lotes considerados maiores que o tamanho da região central e apresenta um histórico com grandes ocorrências de fraudes.

No caso do Índice de Perda por Ligação – IPL, o SF que apresentou maior índice foi o SF45 – Coopharádio (0,94) e para o IPT o SF com maior índice é o SF07 – Taveirópolis PA com valor de 8,61%.

Os índices IPL não foram calculados para os SF 19, 24 e 27, tendo em vista que o cálculo deste indicador é para sistemas que possuem números superiores à 20 ligações/Km de rede.

Se fossemos analisar somente um indicador proposto por vez, cada um se destacaria pelo alto índice apresentado. Apesar do SF19 apresentar um alto índice de perdas (IPD = 72,51%), comparando com o volume perdido total ele não é tão significativo e para o Indicador IPL ele tampouco foi calculado.

Assim acontece com os setores SF45 e SF07, conforme destacados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Resultados dos Indicadores IPD, IPL e IPT

IPD (%)		IPL (%)		IPT (%)	
<b>SF19</b>	72,51%	<b>SF45</b>	0,94	<b>SF07</b>	8,61%
<b>SF24</b>	66,65%	<b>SF21</b>	0,82	<b>SF04</b>	8,41%
<b>SF44</b>	65,28%	<b>SF05</b>	0,79	<b>SF06</b>	8,13%
<b>SF15</b>	64,75%	<b>SF44</b>	0,77	<b>SF11</b>	7,50%
<b>SF21</b>	61,71%	<b>SF04</b>	0,72	<b>SF40</b>	7,16%
<b>SF17</b>	60,55%	<b>SF15</b>	0,64	<b>SF09</b>	6,60%
<b>SF42</b>	57,84%	<b>SF17</b>	0,60	<b>SF08</b>	4,80%
<b>SF25</b>	57,53%	<b>SF08</b>	0,60	<b>SF03</b>	3,70%
<b>SF27</b>	56,82%	<b>SF42</b>	0,55	<b>SF05</b>	3,54%
<b>SF14</b>	55,75%	<b>SF06</b>	0,53	<b>SF43</b>	3,25%
<b>SF13</b>	53,77%	<b>SF09</b>	0,52	<b>SF10</b>	3,15%
<b>SF08</b>	53,65%	<b>SF10</b>	0,52	<b>SF15</b>	2,94%
<b>SF11</b>	52,64%	<b>SF49</b>	0,49	<b>SF12</b>	2,91%
<b>SF45</b>	52,37%	<b>SF50</b>	0,49	<b>SF13</b>	2,89%
<b>SF49</b>	51,31%	<b>SF11</b>	0,47	<b>SF24</b>	2,67%
<b>SF16</b>	50,53%	<b>SF16</b>	0,46	<b>SF16</b>	2,51%
<b>SF06</b>	48,86%	<b>SF13</b>	0,43	<b>SF36</b>	2,34%
<b>SF30</b>	48,75%	<b>SF40</b>	0,43	<b>SF44</b>	2,32%
<b>SF09</b>	48,65%	<b>SF07</b>	0,43	<b>SF01</b>	2,30%
<b>SF07</b>	47,70%	<b>SF30</b>	0,42	<b>SF37</b>	1,96%
<b>SF43</b>	46,96%	<b>SF43</b>	0,41	<b>SF47</b>	1,63%
<b>SF50</b>	46,51%	<b>SF46</b>	0,38	<b>SF14</b>	1,17%
<b>SF40</b>	46,51%	<b>SF37</b>	0,38	<b>SF26</b>	0,95%
<b>SF36</b>	45,12%	<b>SF14</b>	0,36	<b>SF17</b>	0,79%
<b>SF01</b>	44,89%	<b>SF01</b>	0,35	<b>SF42</b>	0,73%

IPD (%)		IPL (%)		IPT (%)	
SF05	43,64%	SF26	0,35	SF27	0,72%
SF32	43,06%	SF25	0,34	SF19	0,58%
SF26	42,90%	SF22	0,33	SF32	0,54%
SF10	42,65%	SF48	0,29	SF21	0,54%
SF37	42,20%	SF36	0,29	SF18	0,52%
SF04	41,59%	SF12	0,28	SF30	0,50%
SF20	37,20%	SF20	0,26	SF45	0,45%
SF12	37,06%	SF03	0,26	SF50	0,34%
SF18	36,29%	SF51	0,25	SF34	0,33%
SF51	36,23%	SF29	0,24	SF23	0,32%
SF48	36,10%	SF32	0,22	SF22	0,29%
SF22	35,82%	SF39	0,21	SF49	0,28%
SF47	33,53%	SF47	0,20	SF51	0,24%
SF03	30,45%	SF18	0,17	SF48	0,22%
SF46	28,84%	SF34	0,14	SF29	0,22%
SF29	26,75%	SF23	0,13	SF20	0,19%
SF39	24,55%	SF38	0,07	SF25	0,19%
SF23	23,63%	SF35	0,07	SF38	0,18%
SF35	16,67%	SF41	0,07	SF41	0,14%
SF31	16,37%	SF31	0,06	SF31	0,12%
SF38	16,13%	SF19		SF46	0,05%
SF34	16,12%	SF24		SF39	0,05%
SF41	11,48%	SF27		SF35	0,04%

A questão de priorização de ações é um dos principais problemas para o gestor no controle de perdas do sistema de abastecimento, quando se conhece somente o indicador geral de todos o sistema. Desta forma, não se sabe em qual região ou parte do sistema, há o maior índice de perdas.

A proposta deste trabalho foi desenvolver os indicadores proposto e analisá-los para cada pequena região de Campo Grande, ou seja, os 48 Setores de Fornecimento.

O diagrama de Pareto é uma proposta para definir as regiões críticas do sistema de distribuição, onde é necessária uma atuação corretiva para o controle.

Considerando o Indicador IPT a região que apresenta o maior índice é o SF07 e pela análise de Pareto esta região seria priorizada pelo gestor no combate às perdas.

#### 5.4. Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados

O Gráfico de Dispersão foi utilizado com as variáveis de número de Vazamentos x Pressão média em cada Setor de Fornecimento, conforme Figura 5.18.

Os dados foram levantados nos bancos de dados operacionais e comerciais da empresa de saneamento de Campo Grande. Esta correlação é utilizada para identificação dos setores que apresentam maiores ocorrências de vazamentos e que apresentam maiores pressões podendo influenciar para o índice de perdas de cada SF.

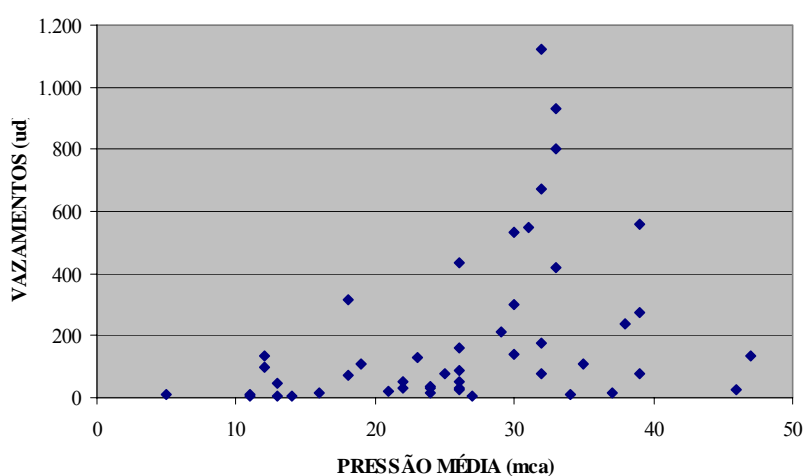


Figura 5.18: Gráfico de Dispersão (Vazamentos x Pressão média)

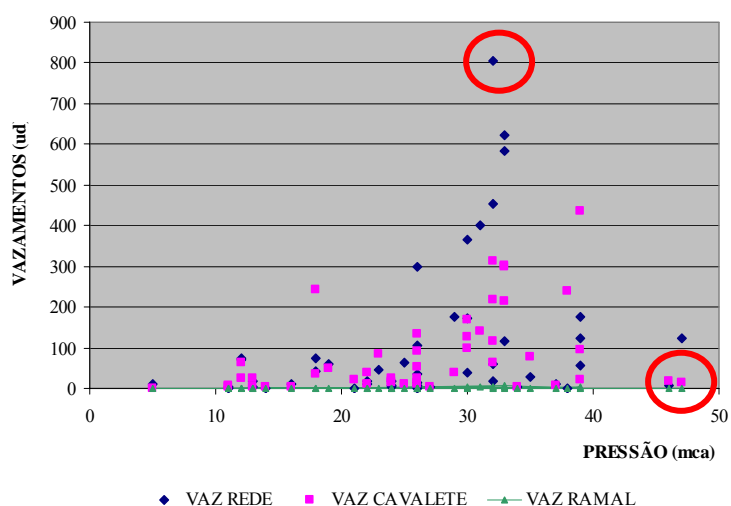


Figura 5.19: Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados

Na Figura 5.19 é mostrado o mesmo sistema, porém acrescentado, na análise de dispersão, a estratificação dos dados. Nesta estratificação foram separados os tipos de vazamentos (rede, cavalete, ramal).

Com a estratificação dos dados é possível analisar qual tipo de vazamento acontece com mais frequência e assim fazer uma verificação mais apurada para a eliminação dos mesmos.

Na estratificação, podem ser identificadas características únicas presentes em cada um dos grupos que não poderiam ser identificadas caso tivesse trabalhando com amostras não estratificadas.

O coeficiente de correlação para estas variáveis, ou seja, pressão média com número de vazamentos total, foi de 0,36. Percebe-se que há uma fraca correlação linear positiva entre as duas variáveis. E analisando o gráfico onde estão plotadas as variáveis, observa-se que há alguns pontos que são passíveis de uma melhor avaliação.

Aplicando o teste de correlação com a variável pressão média, porém com o número de vazamentos separadamente, ou seja, vazamentos na rede, cavalete e ramal, os coeficientes de correlação também deram uma fraca correlação linear positiva, sendo 0,29, 0,38 e 0,29 respectivamente.

A primeira vista a correlação entre vazamento e pressão seria uma correlação mais forte, porém podemos verificar no Gráfico de Dispersão que é necessário analisar outras variáveis como a qualidade do material das redes de distribuição, a metodologia usada para assentamento das tubulações, a instalações de equipamentos redutores de pressão.

## **5.5. Utilização do Diagrama de Visualização**

O cadastro técnico das redes do Sistema de Abastecimento de Água de Campo Grande é totalmente informatizado e utiliza-se o software Autocad para sua atualização.

Através das Ordens de Serviço, preenchidas via sistema informatizado, quando do atendimento a algum cliente, várias rotinas de manutenção e intervenções nas redes podem ser observadas, como ocorrências de vazamento, falta d'água, pressões altas, entre outras.

Como umas das principais causas de perdas físicas são os vazamentos, por este modelo é possível mapear todas as ocorrências de vazamentos em cada Setor de Fornecimento.



No Diagrama de Visualização também é possível a Estratificação dos Dados, e para tanto os números de vazamentos por SF foram divididos por categoria (rede, cavalete e ramal) e assim mapeados os locais com essas frequências.

Com o Diagrama de Visualização é possível detectar os locais com a maior incidência de ocorrências de vazamentos e assim priorizar as ações corretivas para a redução de perdas do setor apresentado.

As Figuras 5.20 e 5.21 mostram que as áreas destacadas de amarelo são as regiões que mais apresentaram indícios de vazamentos, tanto na rede quanto no cavalete.

Uma das causas possíveis do alto numero de ocorrências de vazamentos nestes locais é que no período analisado, muitas obras de implantação de rede de esgoto e galerias de águas pluviais aconteceram nestas regiões, fazendo com que houvesse o rompimento de várias redes de distribuição de água, ramais e assim vazamentos nos cavaletes.

A maior incidência foi vazamento de redes de distribuição de água.

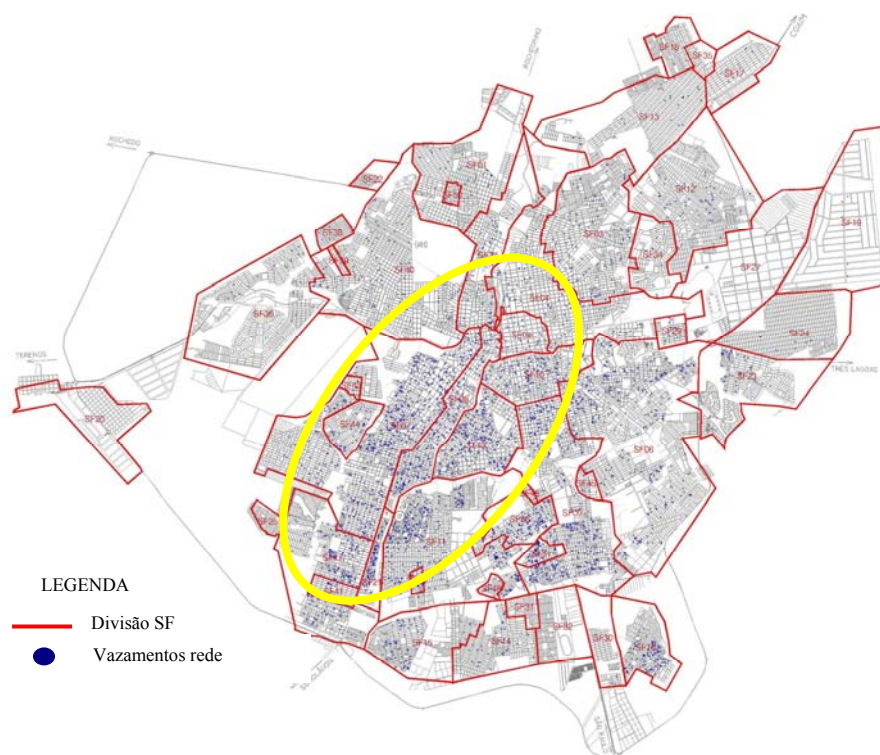


Figura 5.20: Localização das ocorrências de vazamentos na rede por SF

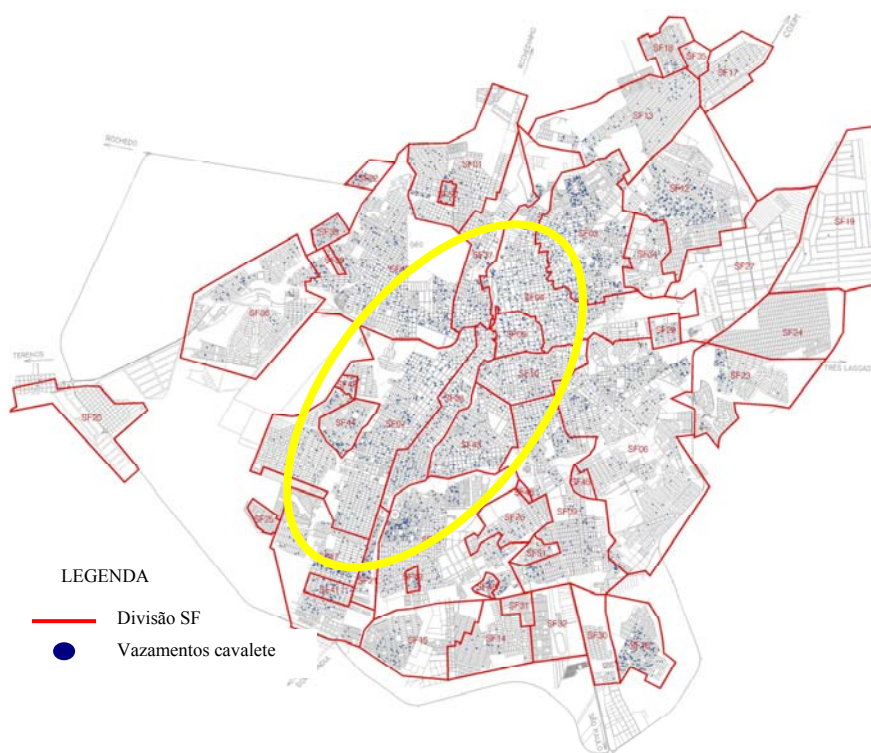


Figura 5.21: Localização das ocorrências de vazamentos no cavalete por SF



Figura 5.22: Localização das ocorrências de vazamentos no ramal por SF

A Figura 5.23 apresentam os locais onde ocorreram vazamentos, separados por SF e por categoria, no período de março/2007 a março/2008.

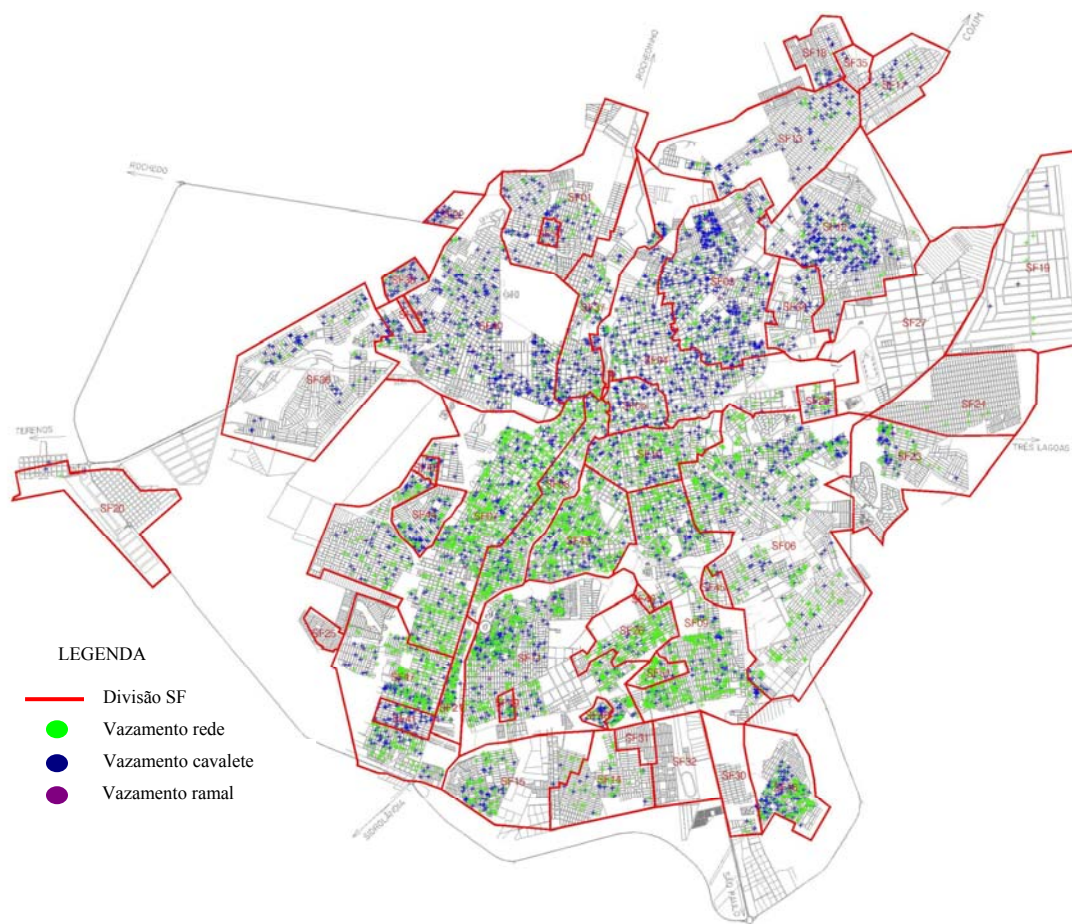


Figura 5.23: Localização das ocorrências de vazamentos por SF

### 5.6. Utilização do CEP – Gráfico de Controle da Média e Amplitude Móvel

O CEP foi utilizado para acompanhamento do volume distribuído nos Setores de Fornecimento.

O gráfico de controle utilizado neste projeto foi o gráfico  $\bar{x}$ , sendo este o mais adequado para controle de medições individuais envolvendo variáveis físicas. Os limites de controle foram determinados pelas equações (3.16) a (3.18).

$$LSC_x = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (3.16)$$

$$LM_x = \bar{\bar{x}} \quad (3.17)$$

$$LIC_x = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (3.18)$$

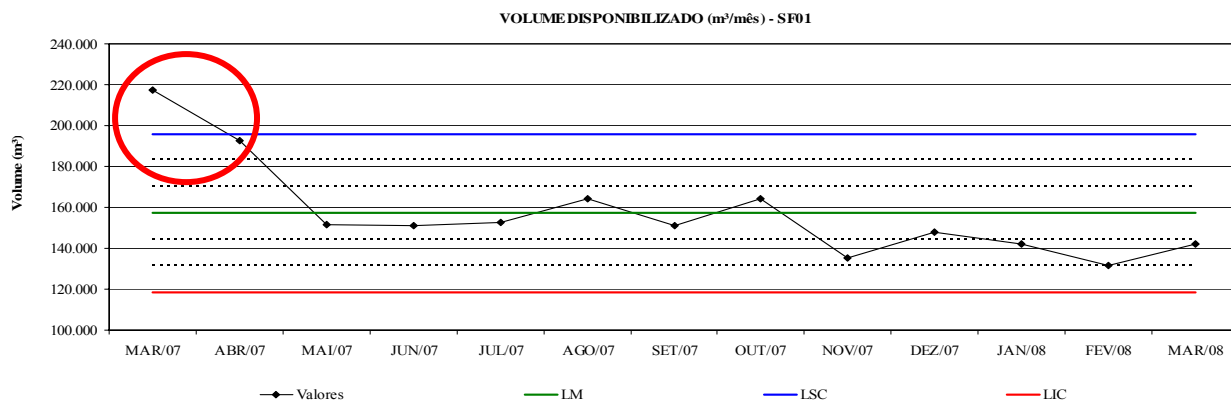


Figura 5.24: Gráfico de controle VD – SF01

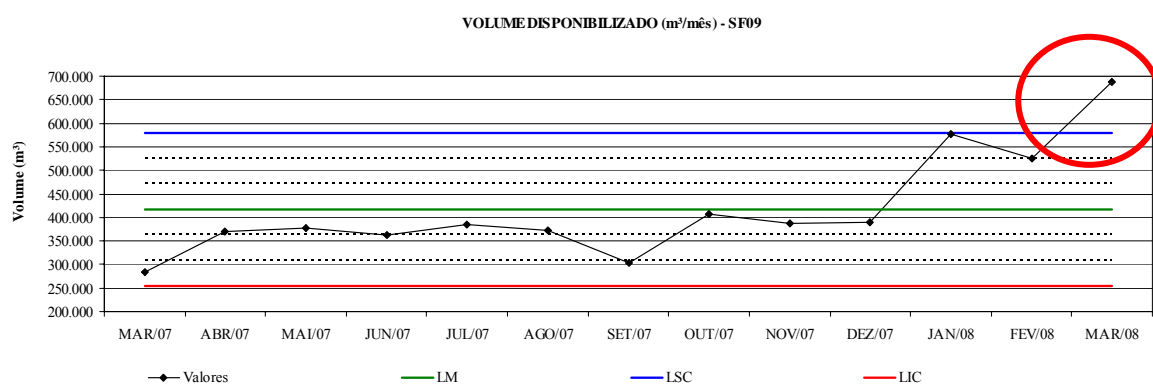


Figura 5.25: Gráfico de controle VD – SF09

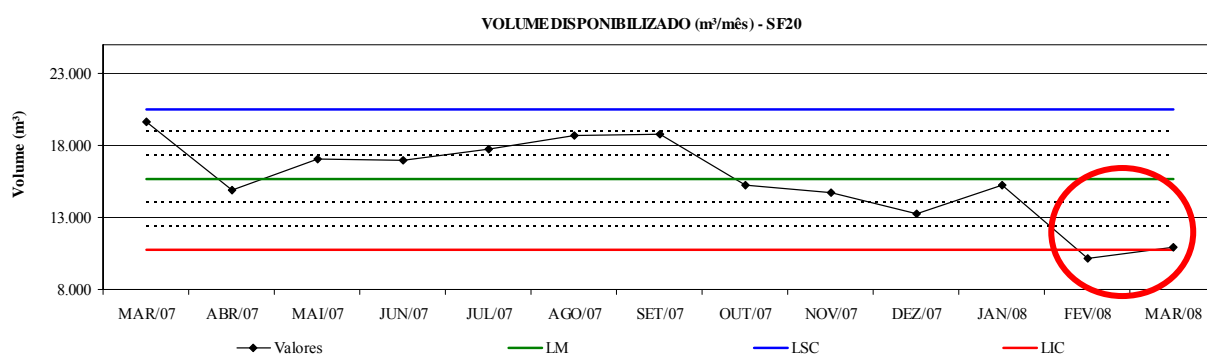


Figura 5.26: Gráfico de controle VD – SF20

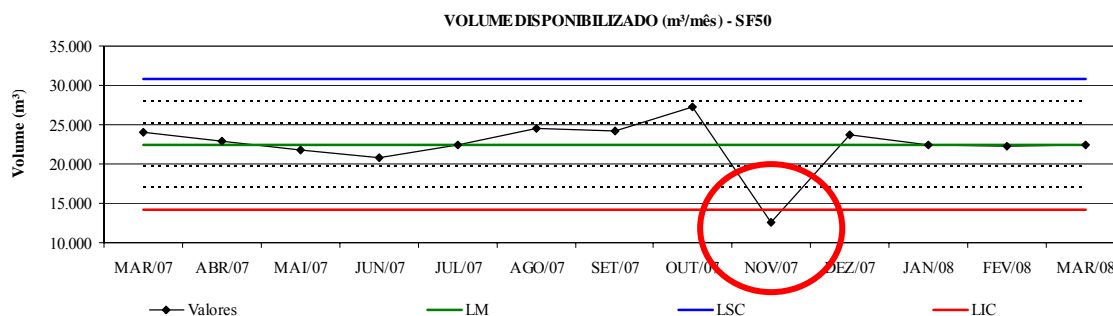


Figura 5.27: Gráfico de controle VD – SF50

As Figuras 5.24 e 5.25 apresentam situações com pontos fora do limite de controle superior, conforme marcados em círculos vermelhos, que caracterizam situações anormais e onde se pode comprovar uma situação de anormalidade.

Nos pontos em vermelho foram levantadas as possíveis causas que levaram a esta situação: volume estimado incorretamente ou medição realizada por pitometria também incorreta, visto que esses dois SF não possuem aparelhos de medição, ou também um possível vazamento na região ocorrido na rede de distribuição de água.

Nos Setores SF20 e SF50, os pontos destacados de vermelho indicam uma queda no consumo talvez pelas fortes chuvas que ocorrem no mês de fevereiro, ou por erro de medição. No caso do SF20 – Indubrasil a probabilidade do consumo ter caído por erro de medição é mínima pois o sistema é dotado de aparelho de medição e como a região é afastada do centro da cidade uma possível causa seria a falta d'água que pode ocorrer no local.

Essas informações foram levantadas informalmente pelo autor deste trabalho junto aos trabalhadores de campo e responsáveis pela manutenção do sistema e são passíveis de erros.

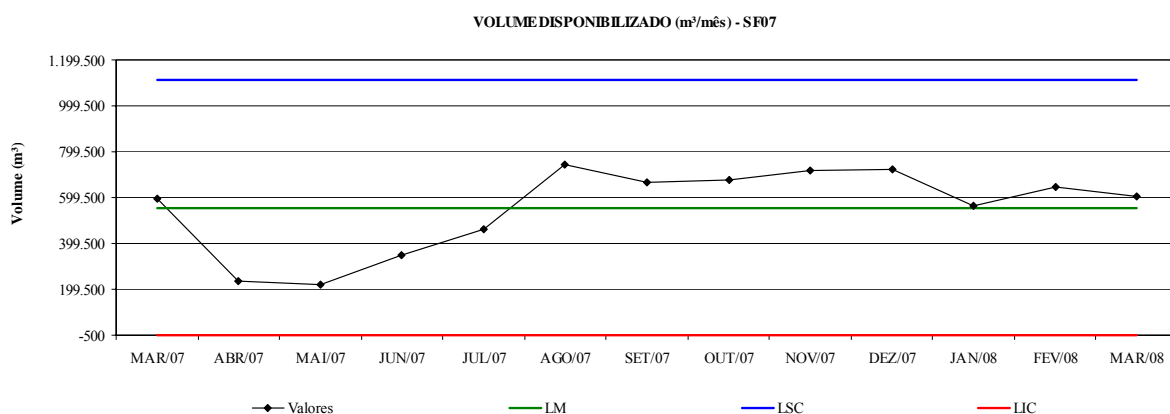


Figura 5.28: Gráfico de controle VD – SF07

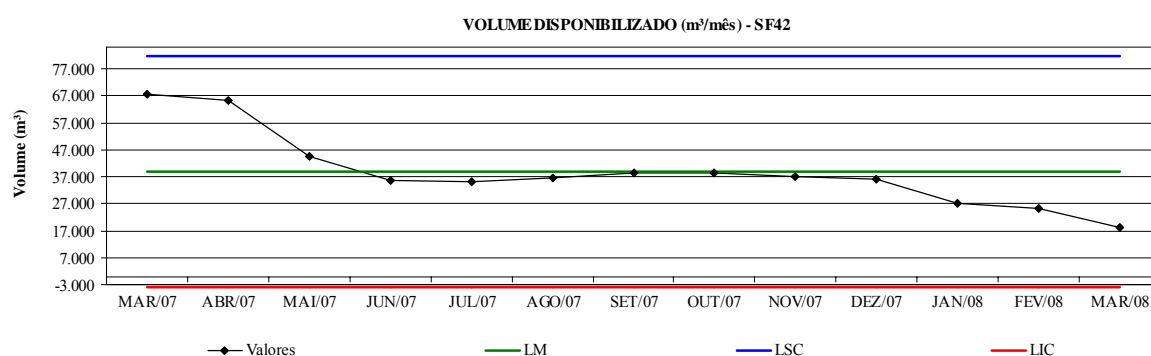


Figura 5.29: Gráfico de controle VD – SF43

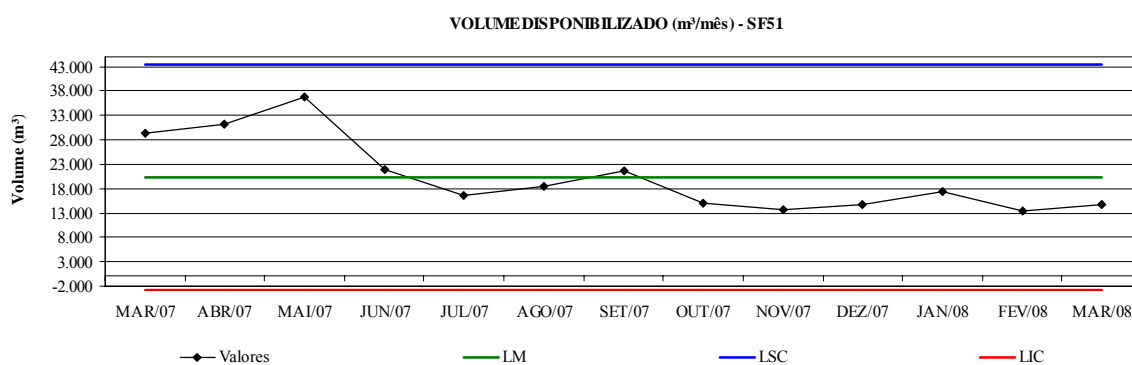


Figura 5.30: Gráfico de controle VD – SF51

Os dados apresentados nas Figuras 5.28, 5.29 e 5.30 mostram que os limites calculados deram valores negativos, ou seja, os dados analisados não são consistentes e os processos de medição, seja por erro de leitura ou erro do próprio sistema ou erro nos aparelhos de medição estão totalmente fora de controle.



Alguns serviços como descargas de rede para manutenção, esvaziamento da rede ou limpeza normalmente são registradas manualmente pelos operadores, que muitas vezes não dão a importância necessária para o controle do volume disponibilizado via CEP.

A solução para estes problemas seria alterar a rotina do trabalho dos operadores, promovendo mudanças nas formas de registros e inclusão de busca de dados no sistema de informática da empresa.

As Figuras 5.31 a 5.34 apresentam os Setores de Fornecimento com os dados de volume disponibilizado controlados, dentro dos limites calculados.

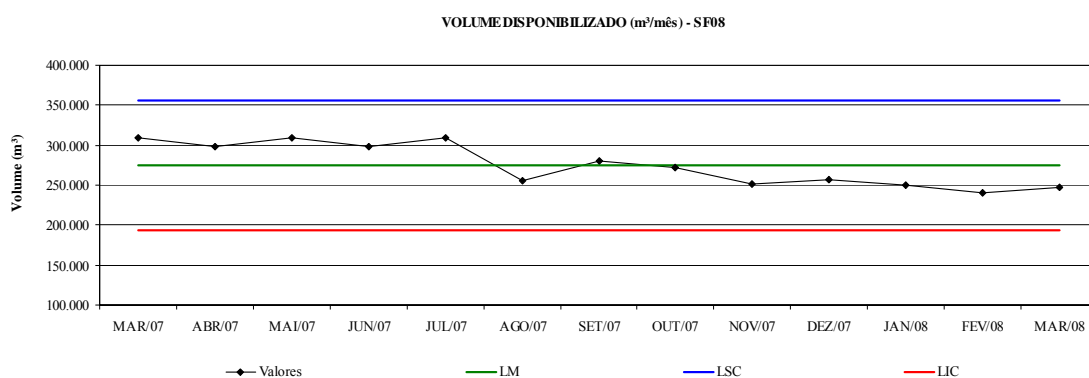


Figura 5.31: Gráfico de controle VD – SF08

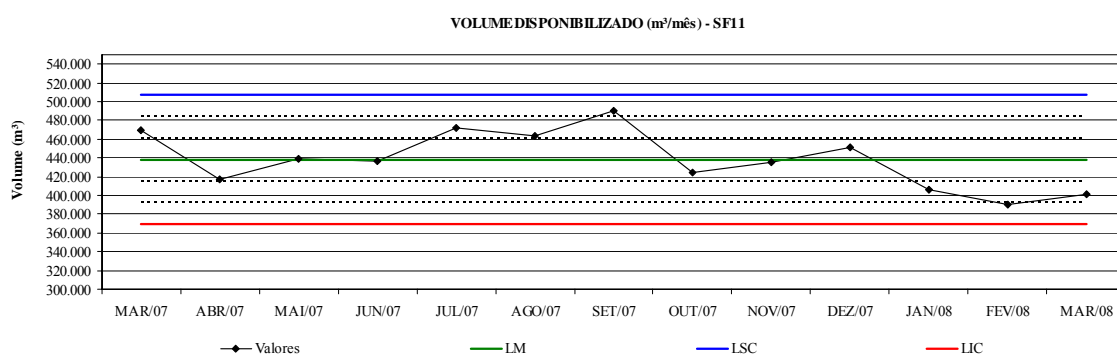


Figura 5.32: Gráfico de controle VD – SF11

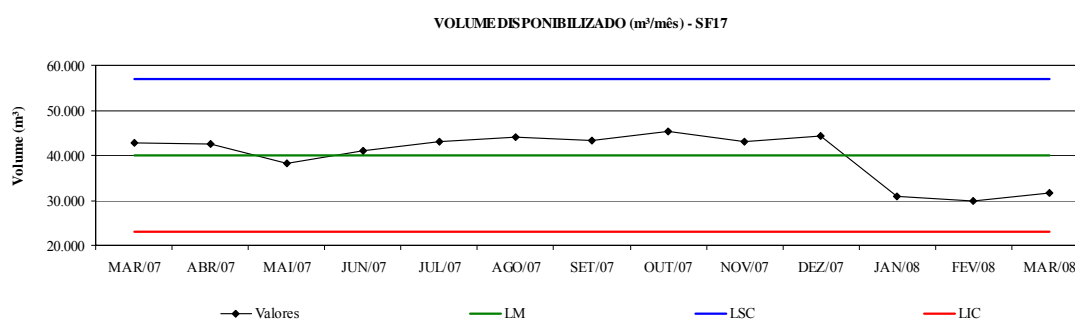


Figura 5.33: Gráfico de controle VD – SF17

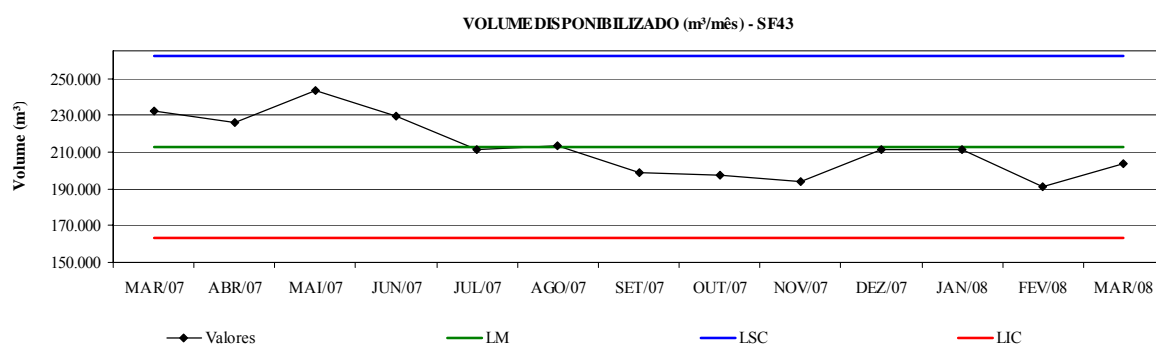


Figura 5.34: Gráfico de controle VD – SF43

A partir dos Gráficos de Controle por cada região setorizada ou até mesmo global, o gestor do sistema passa a conhecer em valores como é o comportamento do volume que é distribuído para a população de cada localidade.

Este comportamento pode ser acompanhado ao longo de todo o ano, quando se pode identificar as influencias sazonais como estações do ano, férias, clima, entre outros, que interferem no consumo de cada setor.

Os dados analisados servem de referência e comparação de como está a distribuição servindo também, para o planejamento de atividades e estudos para previsão de expansão do sistema (Kurokawa, 2001).

Para tanto é necessário que a empresa adote certas medidas para que haja o controle dos dados obtidos pelos setores operacional e comercial, como:

- Estabelecer um setor ou pessoas de várias áreas, como um comitê, para monitorar os dados operacionais e comerciais;



- Integração entre todas as áreas da empresa, seja operacional, comercial, informática, recursos humanos, pois todas são responsáveis pelas perdas no sistema;
- Treinar os colaboradores da empresa envolvidos no processo com noções de estatística básica e o uso das ferramentas estatísticas da qualidade;
- Se possível, instalar medidores do tipo eletromagnético nas entradas e saídas de cada setor evitando assim erro possíveis de leitura. Caso inviabilize, realizar leituras diariamente, com precisão;
- Aferição e controle dos medidores de medição;
- Realizar uma análise diária do gráfico à medida que forem sendo plotados os dados, buscando sempre as prováveis causas dos pontos que ultrapassarem os limites superiores e inferiores;
- Na identificação das causa, registrá-las para conhecê-las. As causa identificadas envolvem todas a atividades que possa, gerar desperdício de água.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho propõe uma sistemática para o planejamento de atividades para controle de perdas num sistema de abastecimento de água, visto que a perda é um dos maiores problemas encontrados nas empresas de saneamento.

Basicamente a proposta é composta de duas etapas, sendo que a primeira foi a coleta de dados que possibilitou a elaboração dos indicadores de perdas setoriais e a segunda etapa foi a análise dos dados coletados e dos indicadores propostos com o uso das Ferramentas Estatísticas da Qualidade.

Até então a empresa de saneamento de Campo Grande avaliava seus indicadores e dados de uma forma macro, ou seja, para todo o Sistema de Abastecimento de Água da cidade.

A aplicação desta proposta ocorreu de forma setorial, nos 48 Setores de Fornecimento da cidade de Campo Grande e foi usada parte das Ferramentas Estatísticas da Qualidade para análise dos dados e indicadores de perdas propostos.

É de suma importância definir quais os indicadores de perdas são mais representativos para tornar o controle mais eficaz e menos trabalhoso, até mesmo por questões econômicas. A forma de apresentação através de gráficos nos mostra de forma rápida os desvios encontrados.

A utilização das Ferramentas Estatísticas da Qualidade pode encontrar e eliminar alguma variação e degradação em algumas situações. Os custos com programas estatísticos podem ser pequenos a depender da ferramenta adotada comparado com os benefícios apresentados.

A análise estatística pode revelar a associação entre fenômenos, mas não revela sozinha a direção de causa e efeito. Portanto precisam estar associadas a outras ferramentas da qualidade.

Consequentemente foi demonstrado que a proposta apresentada é exequível e, desta forma, o objetivo proposto foi atingido.

O uso das Ferramentas Estatísticas da Qualidade pode auxiliar o gestor no processo de controle de perdas, no gerenciamento da operação de um sistema de abastecimento de água, melhorando a utilização dos recursos disponíveis, diminuindo desperdícios,

detectando falhas de forma preventiva, aumentando assim a qualidade produtiva que nos leva a uma melhor prestação de serviço.

Dentre os vários resultados alcançados podemos citar os principais:

- Utilização do CEP para avaliação dos dados de volume distribuído em um determinado setor: O volume distribuído, assim como o utilizado, é a principal variável para geração dos indicadores de perdas. Por essa análise é possível acompanhar sua distribuição em um setor, associando as possíveis anormalidades e causas;
- Uso dos Gráficos de Linhas para acompanhamento dos indicadores de perdas setoriais: Com o uso deste Gráfico é possível acompanhar o desempenho dos indicadores ao longo do período estudado e assim detectar alguma irregularidade apresentada;
- Uso dos Gráficos de Dispersão na análise de dados operacionais: os Gráficos foram utilizados para análise de vazamentos em função da pressão média. Constatou-se que são necessários a utilização de outras variáveis pois a correlação apresentada foi fraca;
- Uso do Gráfico de Pareto: O uso deste Gráfico mostrou como é possível a priorização dos setores que apresentaram maiores índices de perdas e assim, planejar as principais ações para o combate às perdas;
- Uso do Diagrama de visualização para apresentação dos setores com maiores ocorrências de vazamentos.

Uma das dificuldades de gestão é a priorização das ações. O leque de causas que ocasionam as perdas são inúmeras e são devidos a uma grande quantidade de situações e problemas. Com a implementação de um modelo de gestão, pode-se iniciar o planejamento das ações no combate ao desperdício de água.

A dificuldade maior encontrada na implantação desta proposta foi que nem todos os setores de fornecimento possuem aparelhos de medição para os volumes distribuídos, sendo alguns estimados e passíveis de erros.

O Índice de Perdas apresentado em 2007 foi de 54,57%. Este indicador foi calculado de forma global, ou seja, os dados analisados eram para todo o Sistema de Abastecimento de Água de Campo Grande.

Após a análise feita setorialmente, levando em conta os 48 Setores de Fornecimento, o Índice caiu para 45,83%.

Portanto, a proposta é relevante, pois através do uso das ferramentas estatísticas da qualidade temos condição de analisar os dados e indicadores de perdas de um sistema de abastecimento de água e a partir dos resultados propor as alterações e planejamento criterioso para o total controle de cada setor. As ferramentas estatísticas da qualidade é uma das formas de se analisar o sistema de abastecimento de água de qualquer região que se queira estudar e melhorar.

A aplicação das Ferramentas Estatísticas da Qualidade também é possível em outros serviços públicos, visto que uma gestão eficiente demanda conhecimento do processo, análises das informações geradas, e planejamento das melhores estratégias para eliminação das irregularidades encontradas no sistema. Sendo assim é sugerida a aplicação desta ferramenta na avaliação de indicadores como: controle de perdas de energia elétrica, atendimento à saúde da população, atendimento policial, setores de educação, processos industriais entre outros.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J.M.; PARENA, R. - Indicadores de desempenho para serviços de água, Manual de boa prática.(versão portuguesa atualizada e adaptada de Performance indicators for water supply services, IWA Publishing, 2000), IRAR e LNEC. 2004.
- ALMEIDA, M. C. S. R. S.; RODRIGUES, P. S. B., ABRAÇOS, J. N. S. L. C. - A detecção sistemática de fugas na rede de distribuição de Lisboa e o projecto sprint. In: 20º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.
- ALVES, W. C., COSTA, A. J.M.P., GOMES, J.S. PEIXOTO, J. B., LEITE, S. R.. - Micromedicação. Versão preliminar. Brasília: SEPURB, 96 p, 1999b.
- ALVES, W. C.; COSTA, A. J. M. P.; GOMES, J. S.; NILDA, O. I. – Macromedicação. Versão preliminar, Brasília: SEPURB, 48 p, 1999a.
- BAGGIO, M. - Controle Estatístico de Processos Aplicado a Empresas de Saneamento - Manual De Treinamento. Campo Grande-MS, 80 p, 2006.
- BARÇANTE, L. C. - Qualidade Total: uma visão brasileira. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- BARROSO, L. B. - Estudo da minimização das perdas físicas em sistema de distribuição de água utilizando o modelo EPANET. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – PPGEC, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- CALIMAN, R. O. - Determinação dos Parâmetros do Modelo Pressão x Vazamento para Sub-setores da Rede de Distribuição de Água de São Carlos - SP. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil, 2002.
- CHEUNG, P. B. - Análise de reabilitação de redes de distribuição de distribuição de água para abastecimento via algoritmos genéticos multiobjetivo. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- CHEUNG, P. B. - Diagnóstico Preliminar de perdas. Campo Grande, MS, 2006.
- COELHO, A. C. - Medição de água e controle de perdas. Rio de Janeiro: ABES, 339 p, 1983.

COELHO, S. T. - Performance assessment in water supply and distribution. 1996. Tese de Doutorado na Universidade Heriot-Watt de Edimburgo, Reino Unido, Janeiro de 1996.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA - Programa de redução de perda de água no sistema de distribuição: aprovadas pelo Conselho de Administração em 16/06/2003. Belo Horizonte, 60 p, 2003.

DANTAS, M. P.; GONÇALVES, E.; MACHADO, M. R. - Setorização de redes de distribuição de água e controle de pressão voltados para o controle de perdas. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, p. 1586- 1594, 1999.

DEMING, W. E. - Qualidade: a revolução na Administração. Rio de Janeiro: Saraiva, 367 p, 1990.

GALUCH, L. - Modelo para Implementação das Ferramentas Básicas do Controle Estatístico do Processo – CEP em Pequenas Empresas Manufatureiras. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.

GONÇALVES, E. - Metodologias para controle de perdas em sistemas de distribuição de água – Estudo de casos da CAESB. Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (Departamento de Engenharia Civil), Brasília: UNB, 173 p, 1998.

HINDI, K.S.; HAMAM, Y.M. - Pressure control for leakage minimization in water supply networks. Part 2 – Multi-period models. Int. J. Systems Sci, Vol. 22, nº 9, p. 1587-1598, 1991b.

HINDI, K.S; HAMAM, Y.M. - Pressure control for leakage minimization in water supply networks. Part 1 – Single period models. Int. J. Systems Sci, Vol. 22, nº 9, p. 1573-1585, 1991a.

JOWITT, P. W.; XU, C. - Optimal Valve Control in Water Distribution Networks. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 116, n.4, p. 455-472, 1990.

JURAN, J. M. - Planejando a Qualidade. 3. ed., São Paulo: Pioneira, 394 p, 1995.

KUME, H. - Métodos Estatísticos para melhoria da Qualidade. 11. ed. São Paulo: Gente, 245 p, 1993.

- KUROKAWA, E. – Sistemática para avaliação de dados e indicadores de perdas em sistemas de distribuição de água. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, UFSC, Florianópolis, 2001.
- LAMBERT, A.; HIRNER, W. - Losses from Water Supply System: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. International Water Association, 13 p, 2000.
- MALDONADO, A. L. S. - Priorização de setores para subsidiar ações de combate às perdas em sistemas de abastecimento de água – estudo de caso do sistema de Campo Grande – MS. – ARTIGO, 2006.
- MEDEIROS, E. S.; MEDEIROS, E. S. - Matemática e Estatística Aplicada. 1. ed. São Paulo:Atlas, 165 p, 1999.
- MIRANDA, E. C. - Indicadores de perdas de água: O que, de fato, eles indicam?. 21 f. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Brasília, 2002
- MIRANDA, R. L. - Qualidade Total. São Paulo: Makron Books, 1994.
- MONTGOMERY, D. C. - Introduction Statistical Quality Control. 3th ed. EUA: John Wiley, 677 p, 1997.
- MOURA, E. M.; DIAS, I. C. S.; SILVA, J. S.; SILVA, F. C. - Abordagem sobre perdas de água em sistemas de abastecimento: breve explanação sobre os tipos e principais causas. In: IV SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa, 2004.
- OLIVEIRA, M. A. L. - Artigos sobre Qualidade: Indicadores de Desempenho. Disponível em: <<http://jasconsultoria.vila.bol.com.br/artigoinddesemp.htm>>
- OLIVEIRA, S. T. - Ferramentas para aprimoramento da Qualidade. 1. ed. São Paulo: Pioneira, 114 p, 1996.
- PALADINI, E. P. - Gestão da Qualidade. 1. ed. São Paulo: Atlas, 330 p, 2000.
- PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Ministério do Planejamento e Orçamento – Secretaria de Política Urbana. Documentos Técnicos de Apoio. Brasília, 1998.
- PUDAR, R. S.; LIGGETT, J. A. - Leaks in Pipe Networks. Journal of Hydraulic Engineering, v. 118, n. 7, p. 1031-1046, 1992.

RAMOS, A. W. - Controle Estatístico de Processo. In: CONTADOR, J. C. et al. - Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 593 p, 1997.

ROSSIGNEUX, N. V. Q., FERNANDES, C. V. S. - Estabelecendo a importância relativa do controle de perdas em redes de distribuição de água – o exemplo de uma rede hipotética. In: IV SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa, 2004.

SANTOS, A.. - Estudo das perdas por vazamentos aplicados a um setor da rede de abastecimento de São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia São Carlos – USP, 114 p, 2000.

SANTOS, F. I.; ZORZATTO, J. R.; VAL, L. A. A.; STEFFEN, J. L. - Avaliação do Desempenho de Hidrômetros em Sistemas de Abastecimento de Água. In: 20º Congresso de Engenharia Sanitária Rio de Janeiro, p.1493-150, 1999.

SATO, M. Y. - Controle de Perdas de Água no Sistema Público de Distribuição de Água. São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, 246p, 2000.

SCHISSATTI, M. L. - Uma Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o Controle de Processos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. - Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 118p, 2000.

SILVA, R. T.; CONEJO, J. G. L.; ALVES, R. F. F.; MIRANDA, E. C. - Indicadores de perdas em sistemas de abastecimento de água. 2. ed., Brasília: SEPURB, 70 p, 1999.

SOARES, A. K.; REIS, L. F. R. - Estudo dos parâmetros do modelo de vazamentos de um setor da rede de distribuição de água de Piracicaba - SP. In: IV SEREA – Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa, 2004.

SOMMER, W. A. - Avaliação da qualidade. Apostila da disciplina de Avaliação da Qualidade. Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

TSUTIYA, M. T. - Abastecimento de Água. 1.ed. Ed: São Paulo, 643 p, 2004.



VAIRAVAMOORTHY, K.; LUMBERS, J. - Leakage Reduction in Water Distribution Systems: Optimal Valve Control. *Journal of Hydraulic Engineering*, v. 124, n. 11, p. 1146-1153, 1998.

VEIT, E. - O controle estatístico de processos na indústria de cabinagem de veículos: um estudo de caso. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

VIEIRA, S. - Estatística para a Qualidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 198 p, 1999.

WADSWORTH, H. M.; STEPHENS, K. S.; GODFREY, A. B. - Modern Methods for Quality Control and Improvement. EUA: John Wiley, 690 p, 1986.

## **8. ANEXOS**

### **8.1. Tabela de Constantes para Construção dos Gráficos de Controle**

# ANEXO I – TABELA DE CONSTANTES PARA CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS DE CONTROLE

Nº obs. na amostra, n	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	1/c <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>
2	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,267	0	3,267	2,660
3	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,575	1,772
4	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,282	1,457
5	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	2,115	1,290
6	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0	2,004	1,184
7	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,076	1,924	1,109
8	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,136	1,864	1,054
9	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,184	1,816	1,010
10	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,223	1,777	0,975
11	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,256	1,744	0,945
12	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,283	1,717	0,921
13	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,307	1,693	0,899
14	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,328	1,672	0,881
15	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,347	1,653	0,864
16	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,363	1,637	0,849
17	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,378	1,622	0,836
18	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,391	1,608	0,824
19	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,403	1,597	0,813
20	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,415	1,585	0,803
21	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,425	1,575	0,794
22	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,434	1,566	0,786
23	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,443	1,557	0,778
24	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,451	1,548	0,770
25	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,459	1,541	0,763

Para amostras com n > 25:

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \cdot \sqrt{n}}$$

$$c_4 \cong \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

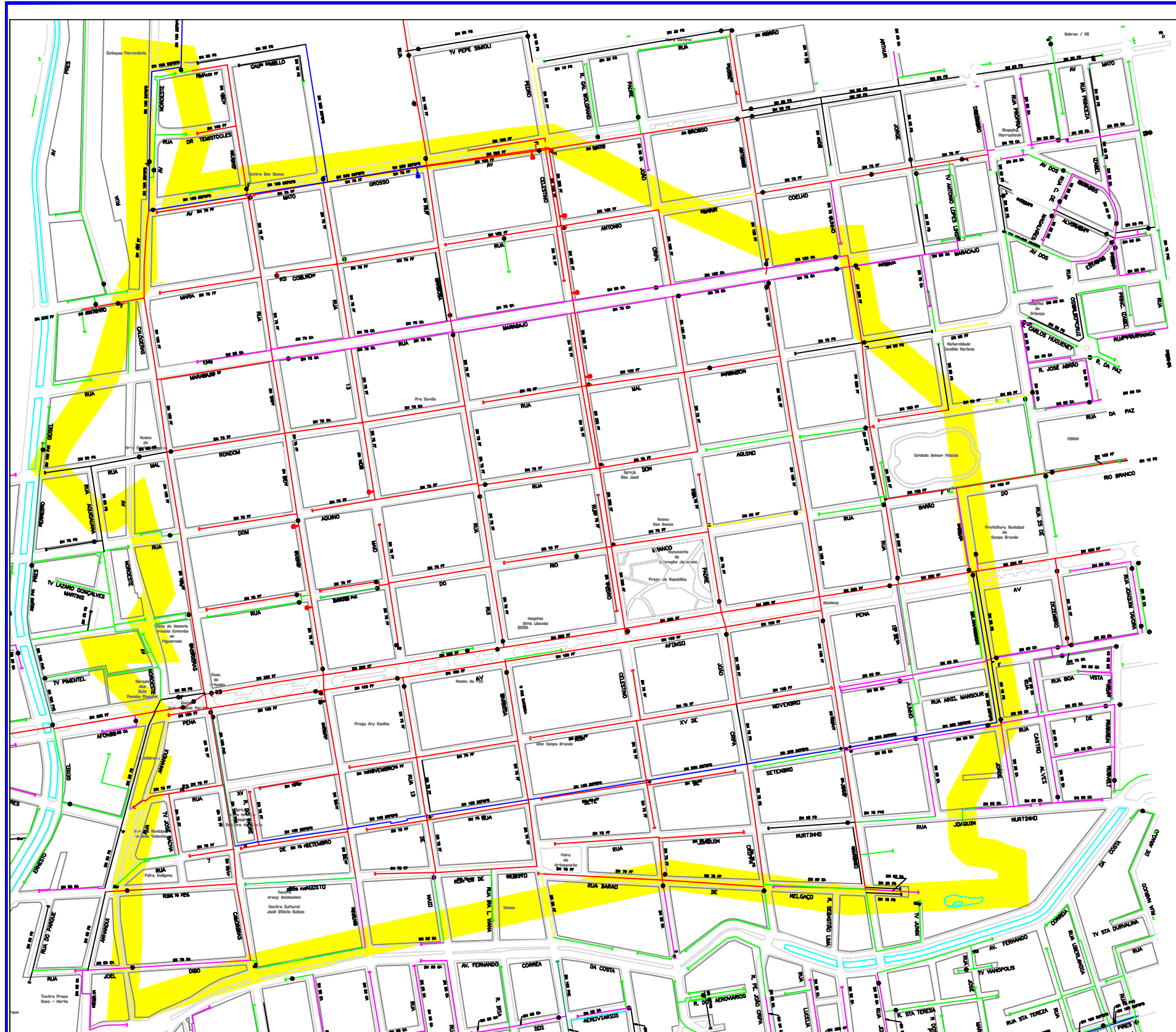
$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

## **8.2. Mapa Geográfico com a Localização dos Setores de Fornecimento**



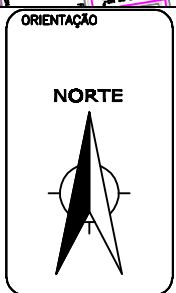
### **8.3. Cadastro da Rede de Água do Setor de Fornecimento SF05**



**LEGENDA**

- REDE DE ÁGUA - PVC
- REDE DE ÁGUA - PVC
- REDE DE ÁGUA - PVC
- REDE DE ÁGUA - CA
- REDE DE ÁGUA - DEFOFO
- REDE DE ÁGUA - FFP
- REDE DE ÁGUA - FG
- DELIMITAÇÃO DA ÁREA - SF05
- REGISTRO
- CAP
- QUADRA
- CÓRREGO
- REDE NÃO INTERLIGADA
- DN 50 CA
- ESPECIFICAÇÃO DO DIÂMETRO NOMINAL E MATERIAL DA REDE DE ÁGUA

OBS: REDE NÃO ESPEDIFICADA, CORRESPONDE À DN 50 PVC



PROJETO  
**GERÊNCIA DE INFRA-ESTRUTURA  
E MEIO AMBIENTE**  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
*Eng. Lúcio Silvestre Chruazski*  
CREA 25013-D/PR

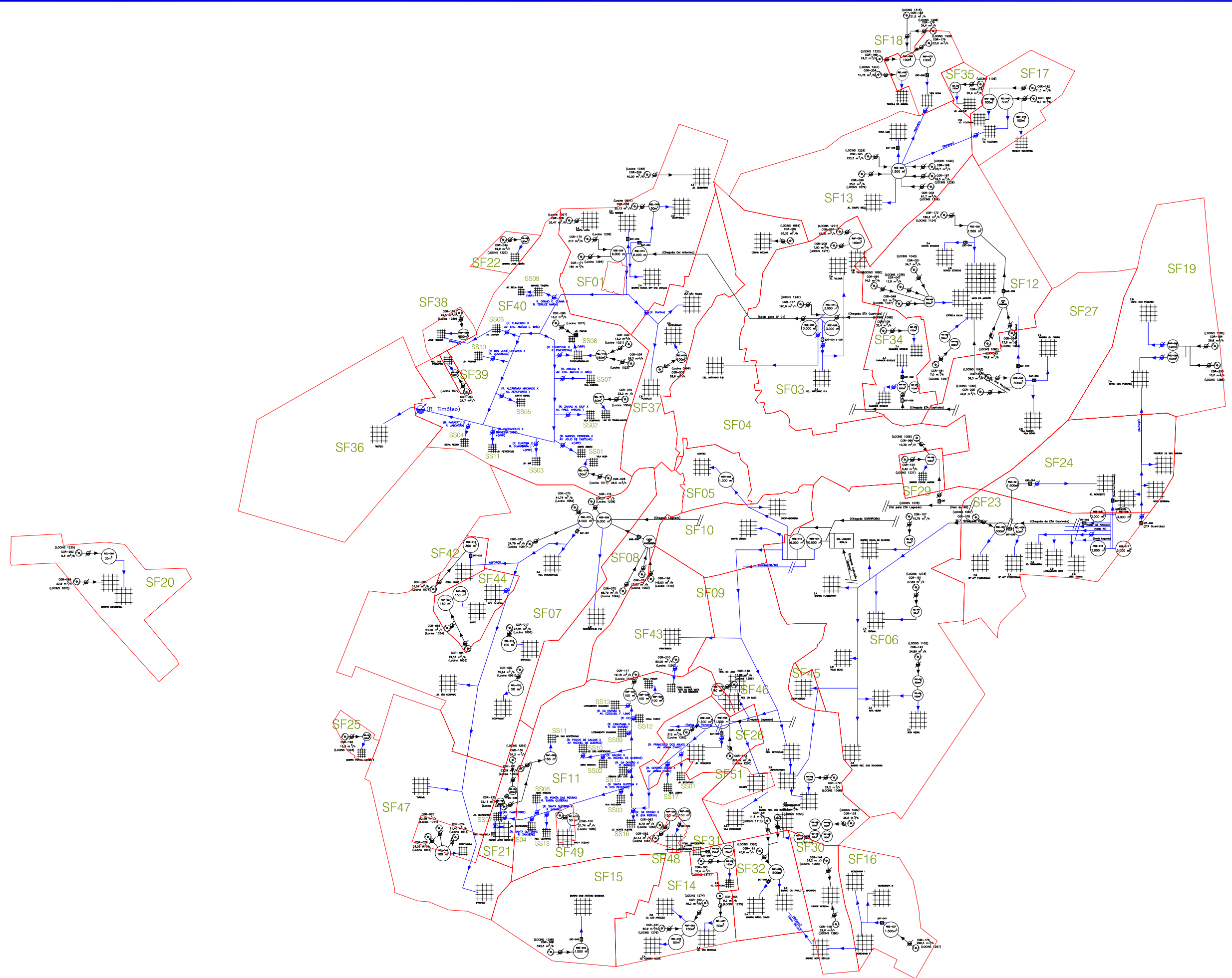
DATA  
FEV/08  
NÚMERO  
**01**  
DESENHO  
Eliôndias  
ESCALA  
S/ ESCALA  
ARTICULAÇÃO  
01/01  
REVISÃO  
01



**ÁGUAS GUARIROBA S.A.**  
PRIMEIRA REVISÃO DO PLANO DIRETOR DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CAMPO GRANDE  
TÍTULO  
**CADASTRO TÉCNICO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - SF 05**

#### **8.4. Diagrama Unifilar dos Setores de Fornecimento**





<p>ORIENTAÇÃO</p> <p>NORTE</p>	<p>PROJETO</p> <p>GERÊNCIA DE INFRA-ESTRUTURA E MEIO AMBIENTE</p> <p>RESPONSÁVEL TÉCNICO</p> <p>Eng. Lúcio Silvestre Chazinski</p> <p>CREA 25013-D/R</p>	<p>DATA</p> <p>NOV 2007</p> <p>REVISÃO</p> <p>IV</p> <p>ELIÊNIDAS</p>	<p>ESCALA</p> <p>S/ ESCALA</p> <p>ARTICULAÇÃO</p> <p>01/01</p> <p>REVISÃO</p> <p>01</p>	<p><b>ÁGUAS GUARIROBA S.A.</b></p> <p>PRIMEIRA REVISÃO DO PLANO DIRETOR DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CAMPO GRANDE</p> <p>TÍTULO</p> <p>UNIFILARES - MAPA GERAL</p>
--------------------------------	--	---	---	--

**8.5. Dados de Volume Disponibilizado (m<sup>3</sup>/mês)**

**DADOS: VOLUME DISPONIBILIZADO POR SETOR DE FORNECIMENTO****UNIDADE: m³/mês****DATA: MARÇO/2008**

SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF01	217.206	192.785	151.679	151.026	152.751	164.359	151.123	164.079	135.150	148.121	142.309	131.635	141.993	2.044.216
SF03	328.940	317.523	301.193	298.564	304.687	318.158	337.672	349.419	322.471	317.983	530.457	541.976	593.310	4.862.353
SF04	711.879	664.933	835.143	577.080	666.021	665.100	646.579	699.044	673.406	624.694	436.439	428.671	452.184	8.081.173
SF05	273.071	258.413	276.494	266.999	271.319	279.241	261.306	267.149	235.516	225.218	209.455	197.394	218.817	3.240.392
SF06	557.646	477.827	490.261	479.906	475.338	512.353	537.308	561.145	515.219	530.862	506.164	476.331	530.485	6.650.845
SF07	596.272	236.370	221.922	348.425	462.342	745.229	668.430	678.447	717.363	725.102	563.010	647.280	605.145	7.215.337
SF08	308.760	298.800	308.760	298.800	308.760	255.658	280.291	271.348	252.000	257.414	250.634	239.837	246.965	3.578.027
SF09	284.741	369.023	377.352	363.606	384.581	373.079	302.951	406.937	388.050	388.537	576.747	524.286	686.454	5.426.344
SF10	239.816	230.400	230.400	224.850	221.092	202.647	240.090	242.234	234.420	219.542	217.496	209.061	238.390	2.950.438
SF11	469.518	417.314	439.510	437.188	472.039	463.101	489.667	424.838	435.196	451.363	405.958	389.994	401.100	5.696.786
SF12	231.127	235.324	232.369	223.550	235.544	259.225	256.646	255.623	247.580	249.910	245.300	231.198	239.059	3.142.455
SF13	211.036	165.491	121.897	143.592	132.196	165.827	179.518	167.046	152.232	160.270	185.970	176.658	185.160	2.146.893
SF14	66.852	67.284	57.195	62.085	64.356	67.983	61.710	69.781	66.600	71.924	65.813	60.030	59.052	840.665
SF15	154.639	154.639	130.138	124.580	134.431	137.521	148.530	146.321	132.628	138.826	133.907	134.458	143.941	1.814.559
SF16	158.069	140.250	138.769	131.181	137.336	137.086	151.339	165.512	167.408	175.209	167.640	152.814	161.525	1.984.138
SF17	42.818	42.505	38.219	40.902	42.919	43.958	43.200	45.229	43.050	44.237	30.769	29.771	31.679	519.256
SF18	32.745	45.980	42.842	39.870	42.687	41.466	48.120	45.136	44.640	46.066	51.770	40.478	46.469	568.269
SF19	21.184	20.172	21.266	20.370	18.724	22.475	18.314	26.093	22.868	21.080	40.114	32.045	33.542	318.247
SF20	19.691	14.885	17.019	16.993	17.729	18.721	18.818	15.258	14.700	13.299	15.252	10.150	10.912	203.427
SF21	32.324	31.259	23.808	30.180	29.326	30.566	27.960	28.582	25.650	26.869	30.456	13.282	19.034	349.296
SF22	24.531	23.601	20.925	23.760	23.560	25.358	26.700	26.009	24.540	28.148	27.094	23.737	24.490	322.453
SF23	116.043	67.204	24.111	25.460	28.544	31.582	33.682	43.360	40.014	30.001	27.739	39.720	36.881	544.341
SF24	140.523	125.760	140.988	109.200	113.364	116.530	118.901	156.271	114.210	139.624	83.243	120.611	120.877	1.600.102
SF25	9.698	9.329	8.288	9.720	8.618	10.292	11.070	10.928	9.990	10.478	10.323	9.912	9.951	128.597
SF26	96.100	85.600	65.600	78.030	71.145	70.793	51.098	56.252	71.399	69.719	58.032	54.288	58.032	886.088
SF27	29.520	39.628	38.312	38.254	35.214	44.378	48.544	42.415	34.444	33.261	38.533	41.180	40.393	504.076
SF29	22.584	22.203	23.619	25.431	26.225	28.017	29.816	28.738	24.560	23.095	21.030	24.386	25.978	325.682
SF30	37.096	28.794	25.575	27.757	27.280	32.333	32.070	33.542	32.310	35.867	33.542	30.305	32.209	408.680
SF31	21.539	20.273	21.665	20.190	20.925	21.855	19.440	24.335	18.900	20.274	19.747	24.012	28.210	281.365
SF32	47.346	45.453	34.069	42.210	43.121	44.237	53.940	38.037	33.540	34.813	30.159	27.616	30.720	505.261
SF34	61.349	60.726	59.015	58.251	60.693	66.613	70.377	65.878	50.100	67.518	65.348	63.481	67.084	816.433
SF35	5.035	6.002	4.495	9.180	8.959	10.540	8.550	11.408	9.240	8.928	8.401	7.772	8.463	106.973
SF36	156.085	139.260	147.002	138.540	145.948	148.738	178.746	200.818	164.190	140.430	184.626	165.909	164.145	2.074.437
SF37	115.825	124.614	120.568	115.698	116.405	115.413	118.113	118.358	126.198	116.498	225.339	213.524	227.137	1.853.690
SF38	38.200	33.430	34.387	35.140	34.356	35.627	35.500	34.728	33.190	30.853	33.993	32.187	33.187	444.778
SF39	6.303	6.186	5.735	6.180	5.735	6.572	5.856	5.580	4.920	4.929	4.681	7.091	6.634	76.402
SF40	501.763	510.692	401.052	558.263	487.162	530.507	471.810	476.342	429.589	499.518	491.319	418.633	376.515	6.153.165
SF41	40.123	36.678	27.798	34.710	35.991	29.022	43.320	43.524	31.170	27.187	45.334	38.802	39.215	472.874
SF42	67.773	65.356	44.392	35.540	34.998	36.543	38.453	38.238	37.104	35.913	27.257	25.375	17.949	504.891
SF43	232.407	225.900	243.330	229.500	210.986	213.218	198.870	197.067	193.950	211.420	211.501	190.849	203.546	2.762.544
SF44	96.720	97.433	113.130	111.420	115.692	115.393	117.390	103.633	109.620	108.421	110.918	105.618	114.793	1.420.181
SF45	20.857	18.000	19.000	18.100	18.000	20.500	32.790	33.833	34.350	35.712	33.371	31.117	27.900	343.530
SF46	5.200	5.074	5.250	5.074	5.250	5.475	5.700	5.239	4.140	6.914	5.240	3.957	4.898	67.411
SF47	87.000	87.000	87.000	87.000	87.000	87.000	98.310	102.410	99.106	102.079	348.813	326.309	348.813	1.947.840
SF48	18.904	18.904	17.757	17.130	16.957	15.810	18.978	18.755	19.650	18.600	29.016	18.067	18.197	246.725
SF49	20.716	21.038	21.824	20.880	22.351	15.158	14.640	15.500	9.960	18.371	14.006	12.122	14.167	220.733
SF50	23.966	22.867	21.824	20.880	22.413	24.552	24.270	27.300	12.600	23.745	22.442	22.289	22.429	291.577
SF51	29.270	31.170	36.797	21.827	16.461	18.445	21.540	14.880	13.770	14.835	17.484	13.398	14.849	264.726
TOTAL	7.030.810	6.359.352	6.269.744	6.203.072	6.417.531	6.824.254	6.798.046	7.002.599	6.612.901	6.733.677	7.034.191	6.759.616	7.162.878	87.208.671

**8.6. Dados de Volume Micromedido ( $\text{m}^3/\text{mês}$ )**

**DADOS: VOLUME MICROMEDIDO POR SETOR DE FORNECIMENTO****UNIDADE: m³/mês****DATA: MARÇO/2008**

SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF01	72.502	72.502	65.079	65.231	67.011	67.383	75.805	77.111	82.001	78.531	74.579	71.265	73.529	942.529
SF03	224.916	230.287	211.166	209.843	215.599	213.758	247.759	246.826	237.959	234.152	226.085	218.321	227.564	2.944.235
SF04	315.757	305.189	290.700	289.142	294.438	305.911	322.944	336.533	309.097	306.353	300.250	303.144	313.801	3.993.259
SF05	131.387	118.263	114.329	115.635	114.398	115.770	120.102	120.068	115.876	112.679	114.128	115.782	126.276	1.534.693
SF06	220.700	215.892	210.509	202.017	209.065	209.032	229.145	232.232	224.390	219.106	209.712	205.976	214.722	2.802.498
SF07	247.651	245.352	223.898	225.753	224.017	235.869	260.969	251.290	251.115	234.092	239.213	241.035	243.949	3.124.203
SF08	108.663	101.960	95.369	96.726	94.735	94.386	112.214	106.554	108.214	101.864	101.923	107.891	105.945	1.336.444
SF09	178.061	179.252	163.738	164.612	171.112	170.477	185.764	191.702	187.489	172.669	177.164	177.957	178.328	2.298.325
SF10	107.570	107.349	102.853	99.710	109.688	111.297	117.555	122.848	116.181	107.773	105.769	106.486	111.490	1.426.569
SF11	159.130	278.746	146.406	150.617	141.823	155.765	174.005	168.271	166.854	159.900	164.378	161.502	157.738	2.185.135
SF12	124.061	123.446	118.267	119.676	125.581	126.556	140.285	144.370	143.189	129.867	131.756	132.066	135.912	1.695.032
SF13	58.862	62.302	59.454	56.258	58.042	57.749	66.397	68.530	63.152	64.531	62.899	59.844	61.170	799.190
SF14	23.755	23.574	23.502	21.715	20.804	20.134	23.736	24.366	23.946	21.125	23.797	22.559	23.307	296.320
SF15	39.789	38.267	36.080	37.686	33.491	35.248	39.029	38.139	37.192	35.241	35.639	35.649	34.960	476.410
SF16	64.195	63.006	56.381	58.111	57.482	56.926	62.930	65.150	63.799	59.751	66.252	62.332	66.721	803.036
SF17	12.680	11.833	11.538	10.802	11.089	11.303	13.161	12.898	13.400	13.374	12.079	11.980	11.963	158.100
SF18	26.140	25.121	23.479	22.487	23.611	22.286	24.855	24.908	23.296	25.905	24.099	22.513	22.184	310.884
SF19	3.722	5.211	4.214	4.247	3.882	3.906	5.287	6.093	4.433	4.218	4.850	4.576	4.191	58.830
SF20	9.203	9.386	9.873	8.199	8.493	8.661	8.669	8.704	7.807	7.906	7.760	7.289	7.495	109.445
SF21	8.506	7.836	7.417	7.609	7.828	7.473	8.435	8.486	7.755	7.485	7.981	7.529	7.961	102.301
SF22	14.181	13.439	13.155	13.672	13.235	13.595	14.762	14.419	13.788	13.655	13.255	13.360	13.409	177.925
SF23	28.194	29.995	28.385	23.993	27.948	27.446	29.658	31.055	28.712	28.664	28.695	26.437	27.556	366.738
SF24	22.357	26.211	25.592	21.860	20.838	46.219	32.636	31.331	30.800	33.166	36.439	32.488	29.682	389.619
SF25	3.397	3.489	3.294	3.245	3.433	3.018	3.485	3.436	3.020	3.591	3.427	3.129	3.083	43.047
SF26	32.178	31.535	29.797	32.295	28.805	34.780	35.359	36.068	33.341	32.212	33.168	34.434	32.242	426.214
SF27	13.605	12.540	12.309	12.743	11.911	12.533	15.431	16.717	12.117	11.713	11.516	14.988	14.168	172.291
SF29	14.288	14.435	14.031	14.070	15.446	15.938	17.902	18.920	18.065	16.353	16.270	15.370	18.148	209.236
SF30	13.358	13.861	12.860	11.859	12.824	12.131	13.548	14.819	13.830	13.737	13.581	12.790	13.463	172.661
SF31	16.710	16.313	15.050	16.269	14.736	15.665	17.381	17.152	16.310	15.716	16.126	16.541	16.023	209.992
SF32	18.520	19.144	17.285	18.213	18.073	17.056	19.700	19.105	18.818	19.368	20.009	18.327	18.589	242.207
SF34	44.466	44.764	42.765	43.875	44.039	46.629	52.233	54.606	49.421	45.819	44.740	48.516	49.488	611.361
SF35	6.342	6.358	6.092	5.787	5.974	5.731	6.510	6.671	6.484	6.793	5.666	5.255	5.845	79.508
SF36	70.877	72.873	70.031	65.427	69.564	68.309	77.400	87.706	77.033	73.998	75.684	70.936	71.994	951.832
SF37	72.481	68.915	63.087	66.791	65.844	62.920	82.536	73.298	70.422	68.989	68.027	69.993	71.282	904.585
SF38	25.287	26.424	23.340	22.924	24.727	23.745	25.260	28.347	28.097	24.690	28.055	26.951	25.158	333.005
SF39	3.605	3.979	3.622	3.619	4.082	3.807	4.242	4.604	4.206	4.138	3.756	3.434	3.673	50.767
SF40	212.893	213.101	199.054	193.571	202.273	199.248	226.592	233.573	218.878	218.612	209.958	201.147	208.903	2.737.803
SF41	28.981	28.043	26.965	26.663	27.575	28.194	31.648	32.162	28.876	31.981	29.246	28.224	27.451	376.009
SF42	13.748	13.028	11.859	12.535	11.982	12.333	14.474	13.011	13.589	12.321	12.499	13.702	12.354	167.435
SF43	92.923	94.299	90.781	87.925	90.560	88.259	97.658	102.560	99.834	93.887	96.895	91.033	90.001	1.216.615
SF44	29.233	28.099	24.377	27.010	25.564	26.890	32.565	29.313	30.395	27.450	27.437	28.654	28.334	365.321
SF45	10.824	10.694	9.651	8.976	9.447	9.063	9.695	11.236	11.761	10.664	10.747	10.728	9.223	132.709
SF46	3.350	3.347	3.008	3.209	3.220	3.042	3.536	3.386	3.306	3.242	3.060	3.103	3.094	41.903
SF47	85.260	85.228	82.699	76.351	80.427	82.806	94.192	96.130	86.577	88.628	89.981	82.561	88.515	1.119.355
SF48	10.783	10.265	9.525	9.802	8.815	9.300	11.071	11.479	11.668	10.126	10.556	10.873	11.194	135.457
SF49	6.724	6.171	6.480	6.568	5.772	6.854	7.368	7.105	6.867	7.265	6.907	6.760	6.778	87.619
SF50	10.163	10.713	9.816	9.134	9.674	9.077	9.988	10.492	10.626	10.479	9.848	9.608	10.095	129.713
SF51	11.481	11.731	10.936	10.899	10.348	10.200	11.575	12.028	11.757	10.449	11.297	11.125	11.159	144.985
TOTAL	3.053.459	3.143.768	2.840.098	2.815.361	2.859.325	2.924.678	3.237.451	3.275.808	3.145.743	3.034.228	3.027.158	2.986.163	3.050.110	39.393.350

**8.7. Dados de Volume Faturado (m<sup>3</sup>/mês)**

**DADOS: VOLUME FATURADO POR SETOR DE FORNECIMENTO****UNIDADE: m³/mês****DATA: MARÇO/2008**

SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF01	82.111	82.106	77.431	76.026	78.147	77.838	86.189	85.977	88.469	86.296	84.630	83.716	84.068	1.073.004
SF03	238.071	248.698	236.164	231.413	237.464	237.074	261.888	264.467	256.385	252.265	247.100	243.059	249.534	3.203.582
SF04	308.458	321.172	311.490	310.728	314.604	323.221	340.437	350.131	332.752	326.497	314.174	318.754	332.481	4.204.899
SF05	128.091	128.118	124.597	126.451	124.158	128.695	131.492	134.931	131.178	128.201	124.882	130.883	137.390	1.679.067
SF06	230.905	238.857	232.872	224.847	232.595	232.071	250.150	253.146	249.638	240.870	234.561	234.498	239.340	3.094.350
SF07	270.772	271.892	259.328	258.729	258.956	265.552	287.231	281.142	278.546	267.402	269.732	271.407	275.689	3.516.378
SF08	118.312	116.126	110.662	109.717	109.753	110.442	123.165	120.175	120.752	115.754	115.438	120.272	118.640	1.509.208
SF09	192.329	195.871	185.711	183.272	190.034	187.460	204.156	207.262	204.450	192.340	195.229	198.042	198.148	2.534.304
SF10	114.562	118.597	115.602	110.573	119.784	119.795	128.185	129.981	125.770	118.548	117.831	117.984	123.659	1.560.871
SF11	184.137	180.419	175.602	178.535	173.132	182.744	197.224	190.243	191.665	185.029	188.162	188.237	185.729	2.400.858
SF12	139.223	140.954	138.852	138.534	142.293	143.935	159.331	157.250	157.213	146.777	149.092	149.638	153.738	1.916.830
SF13	71.374	74.156	72.616	69.772	71.521	69.596	77.038	79.852	74.951	76.748	75.118	73.280	74.768	960.790
SF14	28.652	28.898	27.348	27.582	26.329	26.406	27.523	28.267	28.003	26.480	27.562	27.542	28.177	358.769
SF15	46.436	46.212	44.115	44.915	41.620	42.621	45.231	44.353	42.562	41.985	42.335	42.497	42.370	567.252
SF16	72.882	72.289	68.241	69.005	68.460	68.256	73.301	74.430	73.635	71.226	74.304	72.679	76.000	934.708
SF17	14.767	14.264	13.991	13.437	13.957	13.778	15.328	15.649	15.054	14.949	14.634	14.224	14.599	188.631
SF18	33.322	32.814	31.847	30.887	31.094	30.001	31.113	31.301	30.185	32.122	31.093	30.518	30.137	406.434
SF19	4.716	5.939	5.316	5.265	4.991	5.003	6.085	6.836	5.158	5.449	5.584	5.454	5.303	71.099
SF20	10.071	10.492	10.658	9.849	10.140	10.038	9.943	9.862	9.298	9.344	9.143	8.938	8.898	126.674
SF21	8.916	9.022	8.961	8.724	8.993	8.692	9.457	9.518	8.927	8.738	9.139	8.788	9.107	116.982
SF22	14.673	14.387	13.955	14.445	14.882	14.472	15.904	14.956	14.825	14.446	14.325	14.623	14.463	190.356
SF23	31.864	34.599	33.174	30.155	32.871	32.345	34.163	35.311	33.208	33.118	33.723	32.029	32.747	429.307
SF24	30.557	27.240	27.032	23.618	22.809	30.153	33.760	34.447	33.949	34.211	37.661	36.344	34.580	406.361
SF25	4.740	4.826	4.771	4.795	4.713	4.440	4.648	4.529	4.084	4.413	4.400	4.155	4.099	58.613
SF26	36.913	36.269	35.024	37.054	34.223	39.279	39.938	39.925	38.078	37.079	38.080	38.960	37.594	488.416
SF27	13.493	13.260	12.965	13.257	12.536	14.074	16.342	16.735	13.039	12.449	11.619	15.195	14.939	179.903
SF29	14.510	15.356	15.086	15.224	16.553	16.063	18.584	19.661	18.713	17.342	17.318	16.845	18.504	219.759
SF30	15.099	15.481	14.710	13.991	14.838	14.346	15.334	16.332	15.603	15.328	15.448	14.918	15.574	197.002
SF31	20.656	20.455	19.766	20.384	19.124	19.550	20.248	20.062	19.976	19.678	19.968	19.955	19.696	259.518
SF32	26.007	26.620	25.706	25.702	24.668	24.741	26.026	25.522	25.933	25.494	25.861	25.211	25.182	332.673
SF34	45.991	47.658	45.472	46.154	46.292	48.456	54.402	54.379	51.332	47.171	46.411	49.928	51.845	635.491
SF35	7.369	7.404	7.228	6.898	7.068	6.670	7.402	7.447	7.240	7.507	6.602	6.434	6.842	92.111
SF36	83.434	85.552	83.456	79.105	82.534	81.784	87.991	97.902	89.341	86.512	88.749	85.974	86.803	1.119.137
SF37	78.178	76.628	72.186	74.077	74.371	74.441	86.716	80.046	79.131	77.657	75.942	78.638	81.191	1.009.202
SF38	29.173	30.401	28.222	27.368	28.591	28.175	30.024	31.249	30.466	29.225	31.224	30.783	30.643	385.544
SF39	3.811	4.230	4.010	3.689	4.218	4.023	4.399	4.821	4.443	4.214	4.108	3.762	3.805	53.533
SF40	232.114	237.006	225.869	226.082	226.815	225.130	246.697	256.681	241.197	240.043	236.578	231.532	235.176	3.060.920
SF41	31.985	31.269	30.486	30.046	30.764	31.408	34.208	34.691	32.026	34.096	32.306	30.955	30.729	414.969
SF42	15.357	14.937	14.146	14.316	14.122	14.214	16.006	14.811	15.016	14.208	14.413	15.357	14.421	191.324
SF43	104.761	106.982	105.485	102.284	104.972	103.360	110.546	114.225	113.069	108.328	110.403	126.453	107.710	1.418.578
SF44	33.488	32.062	30.488	31.479	31.154	31.663	36.643	33.802	34.229	32.320	32.540	33.172	32.807	425.847
SF45	10.632	10.803	10.378	9.523	9.818	9.613	10.852	10.604	11.697	11.068	11.267	10.786	10.582	137.623
SF46	3.606	3.596	3.398	3.482	3.450	3.336	3.692	3.634	3.533	3.478	3.363	3.455	3.474	45.497
SF47	98.424	99.598	97.496	90.579	95.893	95.159	105.000	105.881	99.273	100.659	102.288	97.140	98.980	1.286.370
SF48	11.539	11.284	10.961	10.861	10.429	10.929	12.419	12.516	12.835	11.227	11.528	12.182	12.304	151.014
SF49	7.638	7.460	7.357	7.618	6.970	7.788	8.352	7.849	7.725	8.092	7.896	7.872	7.810	100.427
SF50	10.966	11.566	10.692	10.374	10.557	10.241	11.089	11.176	11.396	11.223	10.797	10.805	10.928	141.810
SF51	13.049	13.424	12.447	12.590	12.171	12.211	13.086	13.393	13.390	12.308	12.831	12.764	12.686	166.350
TOTAL	3.328.134	3.377.249	3.253.370	3.213.411	3.255.431	3.291.282	3.568.938	3.597.360	3.499.338	3.399.914	3.387.392	3.406.637	3.443.889	44.022.345

**8.8. Dados de Vazamento por Rede (und)**



**DADOS: VAZAMENTOS NA REDE POR SETOR DE FORNECIMENTO**

UNIDADE: und

DATA: MARÇO/2008

SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF01	1	1	5	8	1	3	9	3	9	1	1	2	0	44
SF03	5	5	16	15	10	29	17	12	9	1	1	2	0	122
SF04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF06	188	130	79	10	4	1	32	7	0	1	0	2	0	454
SF07	320	238	124	18	14	37	29	14	8	1	1	1	0	805
SF08	147	101	52	13	9	22	14	2	2	2	1	0	0	365
SF09	248	169	82	13	6	4	43	7	6	2	2	0	3	585
SF10	62	47	25	2	3	3	23	4	5	2	0	1	0	177
SF11	196	212	112	17	7	33	22	6	11	2	3	1	0	622
SF12	2	3	7	10	4	2	31	9	2	1	1	1	2	75
SF13	0	0	4	11	4	3	3	3	0	0	0	0	0	28
SF14	29	18	11	2	1	0	9	2	0	0	1	1	0	74
SF15	41	34	11	2	2	5	10	2	0	0	0	0	0	107
SF16	61	56	21	10	3	1	12	6	2	0	0	0	0	172
SF17	0	1	1	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	8
SF18	0	0	1	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	6
SF19	0	1	5	1	0	2	0	1	0	2	0	0	0	12
SF20	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SF21	18	13	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	36
SF22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF23	16	15	21	2	0	0	2	0	4	1	0	0	0	61
SF24	0	0	1	1	0	1	6	0	1	1	0	0	0	11
SF25	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
SF26	100	30	22	5	3	6	7	0	1	0	1	0	0	175
SF27	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3
SF29	4	10	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	19
SF30	15	11	12	3	1	2	12	0	0	0	1	0	0	57
SF31	25	18	13	2	0	0	6	1	0	0	0	0	0	65
SF32	9	3	3	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	19
SF34	0	0	1	2	1	0	6	2	0	0	0	0	0	12
SF35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF36	1	1	8	7	1	6	6	5	0	2	1	0	0	38
SF37	1	1	3	6	11	16	13	4	3	0	1	1	0	60
SF38	0	0	0	0	1	3	2	0	0	0	1	0	0	7
SF39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
SF40	1	7	23	11	12	21	22	11	3	5	0	0	0	116
SF41	7	4	3	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	18
SF42	11	13	3	2	0	0	1	0	11	0	0	0	0	41
SF43	114	123	97	12	4	14	20	6	9	1	0	1	1	402
SF44	32	25	6	1	0	1	2	0	2	1	1	1	0	72
SF45	5	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10
SF46	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
SF47	103	92	64	4	5	6	19	2	1	0	1	1	0	298
SF48	9	6	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	18
SF49	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
SF50	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
SF51	44	46	19	4	0	1	7	0	0	0	1	0	0	122
TOTAL	1.831	1.442	864	200	110	231	395	114	90	28	19	15	6	5.345

**8.9. Dados de Vazamento por Ramal (und)**



## DADOS: VAZAMENTOS NO RAMAL POR SETOR DE FORNECIMENTO

UNIDADE: und

DATA: MARÇO/2008

SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF03	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
SF04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF06	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
SF07	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
SF08	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
SF09	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
SF10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF11	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	7
SF12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
SF19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF34	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF40	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
SF41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF43	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SF44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF47	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF51	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	10	0	6	0	3	3	2	5	1	0	2	0	0	32

**8.10. Dados de Vazamento por Cavalete (und)**

DADOS: VAZAMENTOS NO CAVALETE POR SETOR DE FORNECIMENTO

UNIDADE: und

DATA: MARÇO/2008

SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF01	0	0	2	0	0	2	6	26	30	1	5	7	4	83
SF03	3	1	2	0	12	24	73	141	79	12	58	23	7	435
SF04	4	0	1	0	14	14	13	75	36	7	30	32	12	238
SF05	0	0	0	0	5	4	9	25	17	6	13	7	4	90
SF06	16	11	9	0	3	7	21	67	50	12	19	0	3	218
SF07	29	13	2	0	15	20	32	77	78	11	6	18	13	314
SF08	8	6	0	0	4	10	12	57	32	11	12	12	3	167
SF09	13	24	6	0	4	4	19	58	48	11	21	5	3	216
SF10	7	8	4	0	3	5	7	31	17	4	4	3	2	95
SF11	22	9	8	0	12	15	13	86	52	10	26	34	15	302
SF12	3	5	0	0	6	10	28	86	71	12	16	3	3	243
SF13	0	1	0	0	5	3	5	30	12	4	10	6	2	78
SF14	1	0	0	0	0	2	6	3	5	2	2	2	0	23
SF15	10	6	0	0	2	3	5	3	8	1	4	5	5	52
SF16	30	8	2	0	5	4	9	18	34	6	4	1	4	125
SF17	0	0	0	0	0	0	1	1	8	1	1	3	1	16
SF18	1	0	0	0	0	0	0	7	6	1	5	3	0	23
SF19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3
SF20	0	1	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	7
SF21	2	0	0	0	0	1	1	4	3	0	0	2	2	15
SF22	0	0	0	0	1	2	1	5	9	1	0	0	1	20
SF23	5	6	2	0	2	2	1	7	17	3	3	0	1	49
SF24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF25	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
SF26	2	2	0	0	0	0	3	6	12	1	3	3	5	37
SF27	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3
SF29	1	1	0	0	0	2	5	2	0	1	0	0	0	12
SF30	1	5	2	0	1	2	1	5	1	1	1	0	1	21
SF31	0	0	0	0	0	0	1	0	7	2	1	0	1	12
SF32	3	2	0	0	0	0	3	3	2	0	2	2	1	18
SF34	0	0	0	0	0	2	3	18	13	0	1	2	0	39
SF35	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	4
SF36	0	0	0	0	5	5	12	37	20	7	4	5	5	100
SF37	0	0	1	0	5	6	9	48	24	8	5	7	2	115
SF38	0	0	0	0	1	1	2	3	11	3	0	3	2	26
SF39	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3
SF40	2	2	0	0	13	27	29	86	60	12	24	19	26	300
SF41	7	1	2	0	7	2	1	13	17	4	3	4	1	62
SF42	3	6	0	0	1	4	2	6	12	0	0	0	0	34
SF43	8	7	2	0	4	5	9	31	30	7	14	18	7	142
SF44	9	1	0	0	3	2	4	16	13	1	4	7	3	63
SF45	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	0	0	6
SF46	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
SF47	10	7	7	0	5	12	7	27	29	4	15	8	4	135
SF48	1	0	0	0	0	0	4	12	5	1	0	0	3	26
SF49	1	1	0	0	0	0	2	1	5	2	0	0	0	12
SF50	0	0	0	0	2	5	8	0	0	0	0	0	0	15
SF51	1	1	1	0	0	0	2	4	2	2	0	0	0	13
TOTAL	204	135	53	0	141	207	370	1.136	882	174	320	245	148	4.015

### **8.11. Dados Comerciais**

SF	LIGAÇÕES TOTAL (und)	ECONOMIAS TOTAL (und)	ECONOMIAS RESIDENCIAIS (und)	ECONOMIAS COMERCIAIS (und)	ECONOMIAS INDUSTRIAIS (und)	ECONOMIAS PÚBLICAS (und)	PRESSÃO MÉDIA (mca)	REDE (Km)	ÍNDICE DE HIDROMETRAÇÃO (%)
SF01	6.711	7.046	6.829	202	-	15	23	109,93	90,6%
SF03	14.747	17.378	16.053	1.251	1	73	39	221,76	93,1%
SF04	11.948	20.173	17.072	3.005	6	90	38	185,85	90,9%
SF05	4.568	9.304	5.176	4.041	1	86	26	33,2	84,0%
SF06	15.644	18.817	18.077	691	1	48	32	313,06	91,0%
SF07	20.521	23.315	21.652	1.579	-	84	32	300,68	88,2%
SF08	8.261	10.724	9.501	1.180	-	43	30	102,55	88,7%
SF09	12.935	14.947	13.897	1.009	1	40	33	191,05	92,0%
SF10	6.224	8.677	6.866	1.746	-	65	39	78,12	89,5%
SF11	16.364	16.787	16.406	348	-	33	33	214,63	87,9%
SF12	10.691	11.231	10.849	353	-	29	18	147,38	91,8%
SF13	6.819	7.028	6.816	194	-	18	35	124,39	89,9%
SF14	3.314	3.336	3.282	44	-	10	12	57,68	80,9%
SF15	4.722	4.758	4.682	58	-	18	26	70,87	76,7%
SF16	5.646	5.745	5.601	125	-	19	30	56,23	93,6%
SF17	1.352	1.373	1.328	41	1	3	46	30,19	85,7%
SF18	3.178	3.195	3.159	29	-	7	26	60,98	88,7%
SF19	525	526	524	2	-	-	16	55,59	78,3%
SF20	739	761	718	36	-	7	11	12,66	90,4%
SF21	677	687	638	45	-	4	26	27,84	84,1%
SF22	891	908	883	21	-	4	21	9,24	96,1%
SF23	2.512	2.543	2.452	81	1	9	19	87,47	90,5%
SF24	674	683	641	32	-	10	5	44,02	75,2%
SF25	559	560	556	4	-	-	34	8,57	78,8%
SF26	2.818	3.112	2.928	173	-	11	29	49,44	90,6%
SF27	155	238	185	10	1	42	27	23,03	86,9%
SF29	912	937	895	38	-	4	22	15,24	94,8%
SF30	1.205	1.282	1.194	83	-	5	39	26,89	89,9%
SF31	1.886	1.894	1.864	26	-	4	25	13,5	88,9%
SF32	2.554	2.558	2.539	15	-	4	24	30,74	89,2%
SF34	2.444	2.537	2.390	132	2	13	22	43,56	93,7%
SF35	638	649	638	9	-	2	11	7,26	85,1%
SF36	8.296	8.523	8.330	163	-	30	30	110,37	86,5%
SF37	5.319	6.222	5.831	366	-	25	32	82,28	90,3%
SF38	2.528	2.549	2.505	37	-	7	24	23,53	87,9%
SF39	232	234	229	5	-	-	14	3,23	93,8%
SF40	16.936	19.678	18.699	912	-	67	33	261,31	89,4%
SF41	2.113	2.203	2.096	98	-	9	32	20,34	95,3%
SF42	1.353	1.366	1.342	22	-	2	18	6,34	85,1%
SF43	8.033	8.938	8.027	881	-	30	31	105,09	90,0%
SF44	3.072	3.123	3.053	64	-	6	12	39,54	87,0%
SF45	491	544	524	19	-	1	37	6,74	96,6%
SF46	131	239	228	11	-	-	13	2,59	97,2%
SF47	8.375	8.762	8.540	202	-	20	26	111,08	89,7%
SF48	786	799	781	15	-	3	13	8,76	95,0%
SF49	590	605	587	15	-	3	26	6,6	92,4%
SF50	714	734	716	17	-	1	24	8,21	96,4%
SF51	1.001	1.060	999	58	1	2	47	15,13	92,9%
TOTAL	232.804	269.288	248.778	19.488	16	1.006	26	3.564,74	89,0%

## 8.12. Dados de Volume Utilizado por Setor de Fornecimento

Tabela 8.1: Volume utilizado por Setores de Fornecimento no período de março/07 a março/08

SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF01	92.051	89.853	78.730	78.823	80.759	82.175	89.406	91.878	94.165	91.862	87.387	83.112	86.308	1.126.508
SF03	254.521	258.864	238.273	236.714	243.021	242.392	278.149	278.274	266.981	262.770	273.826	267.099	280.962	3.381.847
SF04	379.826	365.033	365.863	341.079	354.380	365.770	381.136	399.447	369.704	362.575	339.530	341.724	354.498	4.720.565
SF05	155.963	141.520	139.213	139.665	138.817	140.902	143.620	144.111	137.072	132.949	132.979	133.547	145.970	1.826.328
SF06	270.888	258.896	254.632	245.209	251.845	255.144	277.503	282.735	270.760	266.884	255.267	248.846	262.466	3.401.074
SF07	301.315	266.625	243.871	257.111	265.628	302.940	321.128	312.350	315.678	299.351	289.884	299.290	298.412	3.773.583
SF08	136.451	128.852	123.157	123.618	122.523	117.395	137.440	130.975	130.894	125.031	124.480	129.476	128.172	1.658.466
SF09	203.688	212.464	197.700	197.337	205.724	204.054	213.030	228.326	222.414	207.637	229.071	225.143	240.109	2.786.696
SF10	129.153	128.085	123.589	119.947	129.586	129.535	139.163	144.649	137.279	127.532	125.344	125.301	132.945	1.692.108
SF11	201.387	316.304	185.962	189.964	184.307	197.444	218.075	206.506	206.022	200.523	200.914	196.601	193.837	2.697.846
SF12	144.862	144.625	139.180	139.796	146.780	149.886	163.383	167.376	165.471	152.359	153.833	152.874	157.427	1.977.853
SF13	77.855	77.196	70.425	69.181	69.940	72.673	82.554	83.564	76.853	78.955	79.636	75.743	77.834	992.410
SF14	29.772	29.630	28.650	27.303	26.596	26.252	29.290	30.646	29.940	27.598	29.720	27.962	28.622	371.980
SF15	53.707	52.185	47.792	48.898	45.590	47.625	52.397	51.308	49.129	47.735	47.691	47.750	47.915	639.720
SF16	78.421	75.629	68.870	69.917	69.842	69.264	76.551	80.046	78.866	75.520	81.340	76.085	81.258	981.608
SF17	16.534	15.658	14.978	14.483	14.952	15.259	17.049	16.969	17.275	17.355	14.848	14.659	14.814	204.833
SF18	29.087	29.259	27.335	26.075	27.453	26.018	29.186	28.970	27.314	30.051	28.758	26.156	26.366	362.028
SF19	5.629	7.026	6.128	6.080	5.567	5.929	6.935	8.441	6.491	6.115	8.460	7.460	7.210	87.472
SF20	10.975	10.726	11.405	9.728	10.089	10.346	10.363	10.077	9.130	9.103	9.133	8.203	8.477	127.753
SF21	11.415	10.649	9.560	10.325	10.467	10.224	10.951	11.058	10.064	9.903	10.722	8.724	9.674	133.738
SF22	16.389	15.563	15.038	15.810	15.355	15.877	17.165	16.760	15.997	16.188	15.693	15.496	15.613	206.946
SF23	38.638	36.043	30.555	26.284	30.517	30.288	32.689	34.957	32.313	31.364	31.192	30.012	30.875	415.729
SF24	35.004	37.529	38.281	31.688	31.041	56.707	43.337	45.395	41.079	45.732	43.931	43.343	40.561	533.628
SF25	4.270	4.329	4.040	4.120	4.209	3.944	4.481	4.420	3.919	4.534	4.356	4.021	3.979	54.621
SF26	40.827	39.239	35.701	39.318	35.208	41.151	39.958	41.131	39.767	38.487	38.391	39.320	37.465	505.962
SF27	16.262	16.107	15.757	16.186	15.080	16.527	19.800	20.534	15.217	14.706	14.984	18.694	17.803	217.658



SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	Total (13 meses)
SF29	16.321	16.433	16.157	16.359	17.806	18.460	20.585	21.506	20.275	18.432	18.163	17.565	20.486	238.547
SF30	16.697	16.452	15.162	14.357	15.279	15.041	16.434	17.838	16.738	16.965	16.600	15.517	16.362	209.442
SF31	18.649	18.138	17.000	18.086	16.619	17.632	19.131	19.342	18.011	17.541	17.903	18.702	18.562	235.315
SF32	22.781	23.235	20.351	22.012	21.954	21.037	24.555	22.528	21.837	22.501	22.723	20.812	21.354	287.680
SF34	49.987	50.229	48.076	49.118	49.501	52.624	58.567	60.535	53.930	51.896	50.621	54.229	55.526	684.840
SF35	6.795	6.898	6.497	6.613	6.780	6.680	7.280	7.698	7.316	7.597	6.422	5.954	6.607	89.136
SF36	84.925	85.406	83.261	77.896	82.699	81.695	93.487	105.780	91.810	86.637	92.300	85.868	86.767	1.138.531
SF37	82.905	80.130	73.938	77.204	76.320	73.307	93.166	83.950	81.780	79.474	88.308	89.210	91.724	1.071.417
SF38	28.725	29.433	26.435	26.087	27.819	26.951	28.455	31.473	31.084	27.467	31.114	29.848	28.145	373.035
SF39	4.172	4.536	4.138	4.175	4.598	4.398	4.769	5.106	4.649	4.582	4.177	4.072	4.270	57.643
SF40	258.052	259.063	235.149	243.815	246.118	246.994	269.055	276.444	257.541	263.569	254.177	238.824	242.789	3.291.588
SF41	32.592	31.344	29.467	29.787	30.814	30.806	35.547	36.079	31.681	34.428	33.326	31.716	30.980	418.568
SF42	19.848	18.910	15.854	15.734	15.132	15.622	17.935	16.452	16.928	15.553	14.952	15.986	13.969	212.875
SF43	113.840	114.630	112.681	108.580	109.549	107.449	115.556	120.296	117.290	112.915	115.930	108.209	108.320	1.465.244
SF44	37.938	36.868	34.559	37.038	35.976	37.275	43.130	38.640	40.261	37.208	37.420	38.160	38.665	493.137
SF45	12.701	12.314	11.361	10.605	11.067	10.908	12.646	14.281	14.853	13.878	13.750	13.529	11.734	163.627
SF46	3.818	3.804	3.481	3.666	3.693	3.535	4.049	3.858	3.679	3.864	3.532	3.459	3.535	47.970
SF47	93.090	93.058	90.529	84.181	88.257	90.636	103.040	105.347	95.497	97.815	121.374	111.929	119.908	1.294.661
SF48	12.484	11.966	11.123	11.344	10.341	10.723	12.779	13.167	13.437	11.800	13.167	12.499	12.832	157.662
SF49	8.588	8.064	8.444	8.447	7.784	8.218	8.686	8.500	7.763	8.918	8.168	7.851	8.053	107.485
SF50	12.320	12.771	11.780	11.013	11.691	11.287	12.172	12.949	11.760	12.616	11.868	11.614	12.114	155.955
SF51	14.115	14.536	14.248	12.863	11.829	11.860	13.514	13.367	12.996	11.784	12.871	12.331	12.495	168.810
<b>TOTAL</b>	<b>3.686.232</b>	<b>3.716.110</b>	<b>3.404.375</b>	<b>3.373.637</b>	<b>3.436.903</b>	<b>3.538.861</b>	<b>3.849.275</b>	<b>3.906.042</b>	<b>3.740.904</b>	<b>3.640.259</b>	<b>3.660.235</b>	<b>3.594.528</b>	<b>3.694.769</b>	<b>47.242.130</b>

### 8.13. Índice de Perdas Percentual – IPD por Setor de Fornecimento

Tabela 8.2: IPD por Setores de Fornecimento no período de março/07 a março/08

SF	LOCALIZAÇÃO	IPD (%)													
		mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	TOTAL 13 MESES
SF01	COOPHASUL PA	57,6%	53,4%	48,1%	47,8%	47,1%	50,0%	40,8%	44,0%	30,3%	38,0%	38,6%	36,9%	39,2%	44,9%
SF03	CEL. ANTONINO PA	22,6%	18,5%	20,9%	20,7%	20,2%	23,8%	17,6%	20,4%	17,2%	17,4%	48,4%	50,7%	52,6%	30,4%
SF04	CEL. ANTONINO PB	46,6%	45,1%	56,2%	40,9%	46,8%	45,0%	41,1%	42,9%	45,1%	42,0%	22,2%	20,3%	21,6%	41,6%
SF05	CENTRO	42,9%	45,2%	49,7%	47,7%	48,8%	49,5%	45,0%	46,1%	41,8%	41,0%	36,5%	32,3%	33,3%	43,6%
SF06	RG	51,4%	45,8%	48,1%	48,9%	47,0%	50,2%	48,4%	49,6%	47,4%	49,7%	49,6%	47,8%	50,5%	48,9%
SF07	TAVEIRÓPOLIS PA	49,5%	-12,8%	-9,9%	26,2%	42,5%	59,3%	52,0%	54,0%	56,0%	58,7%	48,5%	53,8%	50,7%	47,7%
SF08	TAVEIRÓPOLIS PB	55,8%	56,9%	60,1%	58,6%	60,3%	54,1%	51,0%	51,7%	48,1%	51,4%	50,3%	46,0%	48,1%	53,6%
SF09	LAGEADO/PIONEIRA	28,5%	42,4%	47,6%	45,7%	46,5%	45,3%	29,7%	43,9%	42,7%	46,6%	60,3%	57,1%	65,0%	48,6%
SF10	LAGEADO/CÓRREGO	46,1%	44,4%	46,4%	46,7%	41,4%	36,1%	42,0%	40,3%	41,4%	41,9%	42,4%	40,1%	44,2%	42,6%
SF11	PIONEIRA PB	57,1%	24,2%	57,7%	56,5%	61,0%	57,4%	55,5%	51,4%	52,7%	55,6%	50,5%	49,6%	51,7%	52,6%
SF12	NOVOS ESTADOS	37,3%	38,5%	40,1%	37,5%	37,7%	42,2%	36,3%	34,5%	33,2%	39,0%	37,3%	33,9%	34,1%	37,1%
SF13	NOVA LIMA	63,1%	53,4%	42,2%	51,8%	47,1%	56,2%	54,0%	50,0%	49,5%	50,7%	57,2%	57,1%	58,0%	53,8%
SF14	CENTRO OESTE	55,5%	56,0%	49,9%	56,0%	58,7%	61,4%	52,5%	56,1%	55,0%	61,6%	54,8%	53,4%	51,5%	55,8%
SF15	D.ANTONIO BARBOSA	65,3%	66,3%	63,3%	60,7%	66,1%	65,4%	64,7%	64,9%	63,0%	65,6%	64,4%	64,5%	66,7%	64,7%
SF16	MORENINHA	50,4%	46,1%	50,4%	46,7%	49,1%	49,5%	49,4%	51,6%	52,9%	56,9%	51,5%	50,2%	49,7%	50,5%
SF17	JD. COLUMBIA	61,4%	63,2%	60,8%	64,6%	65,2%	65,3%	60,5%	62,5%	59,9%	60,8%	51,7%	50,8%	53,2%	60,6%
SF18	VIDA NOVA/ANACHE	11,2%	36,4%	36,2%	34,6%	35,7%	37,3%	39,3%	35,8%	38,8%	34,8%	44,4%	35,4%	43,3%	36,3%
SF19	CHÁC. PODERES	73,4%	65,2%	71,2%	70,2%	70,3%	73,6%	62,1%	67,6%	71,6%	71,0%	78,9%	76,7%	78,5%	72,5%
SF20	INDUBRASIL	44,3%	27,9%	33,0%	42,8%	43,1%	44,7%	44,9%	34,0%	37,9%	31,6%	40,1%	19,2%	22,3%	37,2%
SF21	AERO-RANCHO	64,7%	65,9%	59,8%	65,8%	64,3%	66,6%	60,8%	61,3%	60,8%	63,1%	64,8%	34,3%	49,2%	61,7%
SF22	JOSÉ ABRÃO	33,2%	34,1%	28,1%	33,5%	34,8%	37,4%	35,7%	35,6%	34,8%	42,5%	42,1%	34,7%	36,2%	35,8%
SF23	MARIA PEDROSSIAM	66,7%	46,4%	-26,7%	-3,2%	-6,9%	4,1%	2,9%	19,4%	19,2%	-4,5%	-12,4%	24,4%	16,3%	23,6%
SF24	JARDIM NOROESTE	75,1%	70,2%	72,8%	71,0%	72,6%	51,3%	63,6%	71,0%	64,0%	67,2%	47,2%	64,1%	66,4%	66,7%
SF25	CAIOBÁ II	56,0%	53,6%	51,3%	57,6%	51,2%	61,7%	59,5%	59,6%	60,8%	56,7%	57,8%	59,4%	60,0%	57,5%
SF26	PIONEIRA PA	57,5%	54,2%	45,6%	49,6%	50,5%	41,9%	21,8%	26,9%	44,3%	44,8%	33,8%	27,6%	35,4%	42,9%

SF	LOCALIZAÇÃO	IPD (%)													
		mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	TOTAL 13 MESES
SF27	PQ.DOS PODERES	44,9%	59,4%	58,9%	57,7%	57,2%	62,8%	59,2%	51,6%	55,8%	55,8%	61,1%	54,6%	55,9%	56,8%
SF29	CIDADE JARDIM	27,7%	26,0%	31,6%	35,7%	32,1%	34,1%	31,0%	25,2%	17,4%	20,2%	13,6%	28,0%	21,1%	26,8%
SF30	CIDADE MORENA	55,0%	42,9%	40,7%	48,3%	44,0%	53,5%	48,8%	46,8%	48,2%	52,7%	50,5%	48,8%	49,2%	48,8%
SF31	JARDIM CANGURU	13,4%	10,5%	21,5%	10,4%	20,6%	19,3%	1,6%	20,5%	4,7%	13,5%	9,3%	22,1%	34,2%	16,4%
SF32	MÁRIO COVAS	51,9%	48,9%	40,3%	47,9%	49,1%	52,4%	54,5%	40,8%	34,9%	35,4%	24,7%	24,6%	30,5%	43,1%
SF34	CARANDÁ BOSQUE	18,5%	17,3%	18,5%	15,7%	18,4%	21,0%	16,8%	8,1%	-7,6%	23,1%	22,5%	14,6%	17,2%	16,1%
SF35	JARDIM ANACHE	-35,0%	-14,9%	-44,5%	28,0%	24,3%	36,6%	14,9%	32,5%	20,8%	14,9%	23,6%	23,4%	21,9%	16,7%
SF36	COOPHASUL - TIMOTEO	45,6%	38,7%	43,4%	43,8%	43,3%	45,1%	47,7%	47,3%	44,1%	38,3%	50,0%	48,2%	47,1%	45,1%
SF37	PLANALTO	28,4%	35,7%	38,7%	33,3%	34,4%	36,5%	21,1%	29,1%	35,2%	31,8%	60,8%	58,2%	59,6%	42,2%
SF38	ZÉ PEREIRA	24,8%	12,0%	23,1%	25,8%	19,0%	24,4%	19,8%	9,4%	6,3%	11,0%	8,5%	7,3%	15,2%	16,1%
SF39	REC. DOS PÁSSAROS	33,8%	26,7%	27,8%	32,4%	19,8%	33,1%	18,6%	8,5%	5,5%	7,0%	10,8%	42,6%	35,6%	24,6%
SF40	SANTO AMARO	48,6%	49,3%	41,4%	56,3%	49,5%	53,4%	43,0%	42,0%	40,0%	47,2%	48,3%	43,0%	35,5%	46,5%
SF41	COOPHAVILLA	18,8%	14,5%	-6,0%	14,2%	14,4%	-6,1%	17,9%	17,1%	-1,6%	-26,6%	26,5%	18,3%	21,0%	11,5%
SF42	UNIÃO	70,7%	71,1%	64,3%	55,7%	56,8%	57,3%	53,4%	57,0%	54,4%	56,7%	45,1%	37,0%	22,2%	57,8%
SF43	PIRATININGA	51,0%	49,3%	53,7%	52,7%	48,1%	49,6%	41,9%	39,0%	39,5%	46,6%	45,2%	43,3%	46,8%	47,0%
SF44	OLIVEIRA/BURITI	60,8%	62,2%	69,5%	66,8%	68,9%	67,7%	63,3%	62,7%	63,3%	65,7%	66,3%	63,9%	66,3%	65,3%
SF45	COOPHARADIO	39,1%	31,6%	40,2%	41,4%	38,5%	46,8%	61,4%	57,8%	56,8%	61,1%	58,8%	56,5%	57,9%	52,4%
SF46	RES. DO LAGO	26,6%	25,0%	33,7%	27,8%	29,7%	35,4%	29,0%	26,4%	11,1%	44,1%	32,6%	12,6%	27,8%	28,8%
SF47	TIJUCA/TARUMÃ	-7,0%	-7,0%	-4,1%	3,2%	-1,4%	-4,2%	-4,8%	-2,9%	3,6%	4,2%	65,2%	65,7%	65,6%	33,5%
SF48	COHAB-UNIVERSITARIA	34,0%	36,7%	37,4%	33,8%	39,0%	32,2%	32,7%	29,8%	31,6%	36,6%	54,6%	30,8%	29,5%	36,1%
SF49	IRACI COELHO	58,5%	61,7%	61,3%	59,5%	65,2%	45,8%	40,7%	45,2%	22,1%	51,5%	41,7%	35,2%	43,2%	51,3%
SF50	CONJUNTO COOPHASUL	48,6%	44,2%	46,0%	47,3%	47,8%	54,0%	49,8%	52,6%	6,7%	46,9%	47,1%	47,9%	46,0%	46,5%
SF51	COLIBRI I	51,8%	53,4%	61,3%	41,1%	28,1%	35,7%	37,3%	10,2%	5,6%	20,6%	26,4%	8,0%	15,9%	36,2%
<b>TOTAL</b>		<b>47,6%</b>	<b>41,6%</b>	<b>45,7%</b>	<b>45,6%</b>	<b>46,4%</b>	<b>48,1%</b>	<b>43,4%</b>	<b>44,2%</b>	<b>43,4%</b>	<b>45,9%</b>	<b>48,0%</b>	<b>46,8%</b>	<b>48,4%</b>	<b>45,8%</b>



IPL (m³/lig.dia)														
SF	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	TOTAL 13 MESES
SF29	0,22	0,21	0,27	0,33	0,30	0,34	0,33	0,26	0,15	0,17	0,10	0,24	0,20	0,24
SF30	0,56	0,34	0,28	0,37	0,33	0,47	0,43	0,43	0,43	0,52	0,46	0,40	0,43	0,42
SF31	0,05	0,03	0,08	0,03	0,07	0,07	0,00	0,08	0,01	0,04	0,03	0,09	0,17	0,06
SF32	0,32	0,28	0,17	0,26	0,27	0,30	0,38	0,20	0,15	0,16	0,09	0,08	0,12	0,21
SF34	0,15	0,14	0,14	0,12	0,15	0,19	0,16	0,07	(0,05)	0,21	0,20	0,12	0,15	0,13
SF35	(0,09)	(0,04)	(0,10)	0,13	0,11	0,20	0,06	0,19	0,10	0,06	0,10	0,09	0,09	0,07
SF36	0,28	0,21	0,25	0,24	0,25	0,26	0,34	0,38	0,29	0,21	0,37	0,32	0,31	0,28
SF37	0,20	0,27	0,29	0,24	0,25	0,26	0,15	0,21	0,27	0,23	0,85	0,77	0,84	0,37
SF38	0,12	0,05	0,10	0,11	0,08	0,11	0,09	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,06	0,07
SF39	0,30	0,23	0,22	0,28	0,16	0,31	0,15	0,06	0,03	0,04	0,07	0,43	0,33	0,20
SF40	0,47	0,49	0,32	0,61	0,47	0,55	0,39	0,39	0,33	0,46	0,46	0,35	0,26	0,43
SF41	0,11	0,08	(0,02)	0,07	0,08	(0,02)	0,12	0,11	0,00	(0,11)	0,18	0,11	0,12	0,06
SF42	1,18	1,14	0,70	0,48	0,48	0,51	0,50	0,53	0,49	0,50	0,30	0,23	0,09	0,55
SF43	0,49	0,46	0,54	0,50	0,42	0,43	0,34	0,31	0,31	0,40	0,39	0,34	0,39	0,41
SF44	0,63	0,65	0,85	0,80	0,86	0,84	0,80	0,70	0,75	0,77	0,79	0,73	0,82	0,77
SF45	0,55	0,38	0,51	0,50	0,47	0,65	1,36	1,32	1,32	1,48	1,33	1,19	1,09	0,93
SF46	0,35	0,32	0,45	0,35	0,39	0,49	0,42	0,35	0,11	0,77	0,43	0,12	0,34	0,38
SF47	(0,02)	(0,02)	(0,01)	0,01	0,00	(0,01)	(0,01)	(0,01)	0,01	0,01	0,90	0,85	0,91	0,19
SF48	0,27	0,29	0,28	0,24	0,28	0,21	0,26	0,23	0,26	0,28	0,67	0,23	0,22	0,29
SF49	0,68	0,73	0,75	0,70	0,82	0,39	0,33	0,39	0,12	0,53	0,32	0,24	0,34	0,49
SF50	0,54	0,47	0,46	0,46	0,50	0,61	0,56	0,66	0,03	0,51	0,49	0,49	0,48	0,48
SF51	0,50	0,55	0,75	0,29	0,15	0,21	0,26	0,05	0,02	0,10	0,15	0,03	0,07	0,24

### 8.15. Índice de Perdas Total - IPT por Setor de Fornecimento

Tabela 8.4: IPT por Setores de Fornecimento no período de março/07 a março/08

SF	LOCALIZAÇÃO	IPT (%)													TOTAL 13 MESES
		mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	
SF01	COOPHASUL PA	3,74%	3,89%	2,55%	2,55%	2,42%	2,50%	2,09%	2,33%	1,43%	1,82%	1,63%	1,53%	1,61%	2,30%
SF03	CEL. ANTONINO PA	2,23%	2,22%	2,20%	2,19%	2,07%	2,31%	2,02%	2,30%	1,93%	1,78%	7,61%	8,68%	9,01%	3,70%
SF04	CEL. ANTONINO PB	9,93%	11,35%	16,38%	8,34%	10,46%	9,11%	9,00%	9,68%	10,57%	8,47%	2,87%	2,75%	2,82%	8,41%
SF05	CENTRO	3,50%	4,42%	4,79%	4,50%	4,45%	4,21%	3,99%	3,97%	3,43%	2,98%	2,27%	2,02%	2,10%	3,54%
SF06	RG	8,57%	8,28%	8,22%	8,29%	7,50%	7,83%	8,81%	8,99%	8,51%	8,53%	7,44%	7,19%	7,73%	8,13%
SF07	TAVEIRÓPOLIS PA	8,82%	-1,14%	-0,77%	3,23%	6,60%	13,46%	11,78%	11,82%	13,99%	13,76%	8,10%	10,99%	8,84%	8,61%
SF08	TAVEIRÓPOLIS PB	5,15%	6,43%	6,48%	6,19%	6,25%	4,21%	4,84%	4,53%	4,22%	4,28%	3,74%	3,49%	3,43%	4,80%
SF09	LAGEADO/PIONEIRA	2,42%	5,92%	6,27%	5,88%	6,00%	5,14%	3,05%	5,77%	5,77%	5,85%	10,30%	9,45%	12,87%	6,60%
SF10	LAGEADO/CÓRREGO	3,31%	3,87%	3,73%	3,71%	3,07%	2,23%	3,42%	3,15%	3,38%	2,97%	2,73%	2,65%	3,04%	3,15%
SF11	PIONEIRA PB	8,02%	3,82%	8,85%	8,74%	9,65%	8,09%	9,21%	7,05%	7,98%	8,11%	6,08%	6,11%	5,98%	7,50%
SF12	NOVOS ESTADOS	2,58%	3,43%	3,25%	2,96%	2,98%	3,33%	3,16%	2,85%	2,86%	3,15%	2,71%	2,47%	2,35%	2,91%
SF13	NOVA LIMA	3,98%	3,34%	1,80%	2,63%	2,09%	2,84%	3,29%	2,70%	2,62%	2,63%	3,15%	3,19%	3,09%	2,89%
SF14	CENTRO OESTE	1,11%	1,42%	1,00%	1,23%	1,27%	1,27%	1,10%	1,26%	1,28%	1,43%	1,07%	1,01%	0,88%	1,17%
SF15	D.ANTONIO BARBOSA	3,02%	3,88%	2,87%	2,67%	2,98%	2,74%	3,26%	3,07%	2,91%	2,94%	2,56%	2,74%	2,77%	2,94%
SF16	MORENINHA	2,38%	2,44%	2,44%	2,17%	2,26%	2,06%	2,54%	2,76%	3,08%	3,22%	2,56%	2,42%	2,31%	2,51%
SF17	JD. COLUMBIA	0,79%	1,02%	0,81%	0,93%	0,94%	0,87%	0,89%	0,91%	0,90%	0,87%	0,47%	0,48%	0,49%	0,79%
SF18	VIDA NOVA/ANACHE	0,11%	0,63%	0,54%	0,49%	0,51%	0,47%	0,64%	0,52%	0,60%	0,52%	0,68%	0,45%	0,58%	0,52%
SF19	CHAC. PODERES	0,47%	0,50%	0,53%	0,51%	0,44%	0,50%	0,39%	0,57%	0,57%	0,48%	0,94%	0,78%	0,76%	0,58%
SF20	INDUBRASIL	0,26%	0,16%	0,20%	0,26%	0,26%	0,25%	0,29%	0,17%	0,19%	0,14%	0,18%	0,06%	0,07%	0,19%
SF21	AERO-RANCHO	0,63%	0,78%	0,50%	0,70%	0,63%	0,62%	0,58%	0,57%	0,54%	0,55%	0,58%	0,14%	0,27%	0,54%
SF22	JOSÉ ABRÃO	0,24%	0,30%	0,21%	0,28%	0,28%	0,29%	0,32%	0,30%	0,30%	0,39%	0,34%	0,26%	0,26%	0,29%
SF23	MARIA PEDROSSIAM	2,31%	1,18%	-0,22%	-0,03%	-0,07%	0,04%	0,03%	0,27%	0,27%	-0,04%	-0,10%	0,31%	0,17%	0,32%
SF24	JARDIM NOROESTE	3,15%	3,34%	3,58%	2,74%	2,76%	1,82%	2,56%	3,58%	2,55%	3,04%	1,17%	2,44%	2,32%	2,67%
SF25	CAIOBÁ II	0,16%	0,19%	0,15%	0,20%	0,15%	0,19%	0,22%	0,21%	0,21%	0,19%	0,18%	0,19%	0,17%	0,19%
SF26	PIONEIRA PA	1,65%	1,75%	1,04%	1,37%	1,21%	0,90%	0,38%	0,49%	1,10%	1,01%	0,58%	0,47%	0,59%	0,95%
SF27	PQ.DOS PODERES	0,40%	0,89%	0,79%	0,78%	0,68%	0,85%	0,97%	0,71%	0,67%	0,60%	0,70%	0,71%	0,65%	0,72%

SF	LOCALIZAÇÃO	IPT (%)													
		mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	TOTAL 13 MESES
SF29	CIDADE JARDIM	0,19%	0,22%	0,26%	0,32%	0,28%	0,29%	0,31%	0,23%	0,15%	0,15%	0,08%	0,22%	0,16%	0,22%
SF30	CIDADE MORENA	0,61%	0,47%	0,36%	0,47%	0,40%	0,53%	0,53%	0,51%	0,54%	0,61%	0,50%	0,47%	0,46%	0,50%
SF31	JARDIM CANGURU	0,09%	0,08%	0,16%	0,07%	0,14%	0,13%	0,01%	0,16%	0,03%	0,09%	0,05%	0,17%	0,28%	0,12%
SF32	MÁRIO COVAS	0,73%	0,84%	0,48%	0,71%	0,71%	0,71%	1,00%	0,50%	0,41%	0,40%	0,22%	0,21%	0,27%	0,54%
SF34	CARANDÁ BOSQUE	0,34%	0,40%	0,38%	0,32%	0,38%	0,43%	0,40%	0,17%	-0,13%	0,51%	0,44%	0,29%	0,33%	0,33%
SF35	JARDIM ANACHE	-0,05%	-0,03%	-0,07%	0,09%	0,07%	0,12%	0,04%	0,12%	0,07%	0,04%	0,06%	0,06%	0,05%	0,04%
SF36	COOPHASUL - TIMOTEO	2,13%	2,04%	2,22%	2,14%	2,12%	2,04%	2,89%	3,07%	2,52%	1,74%	2,74%	2,53%	2,23%	2,34%
SF37	PLANALTO	0,98%	1,68%	1,63%	1,36%	1,34%	1,28%	0,85%	1,11%	1,55%	1,20%	4,06%	3,93%	3,90%	1,96%
SF38	ZÉ PEREIRA	0,28%	0,15%	0,28%	0,32%	0,22%	0,26%	0,24%	0,11%	0,07%	0,11%	0,09%	0,07%	0,15%	0,18%
SF39	REC. DOS PÁSSAROS	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%	0,04%	0,07%	0,04%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,10%	0,07%	0,05%
SF40	SANTO AMARO	7,29%	9,52%	5,79%	11,11%	8,09%	8,63%	6,88%	6,46%	5,99%	7,63%	7,03%	5,68%	3,86%	7,16%
SF41	COOPHAVILLA	0,23%	0,20%	-0,06%	0,17%	0,17%	-0,05%	0,26%	0,24%	-0,02%	-0,23%	0,36%	0,22%	0,24%	0,14%
SF42	UNIÃO	1,43%	1,76%	1,00%	0,70%	0,67%	0,64%	0,70%	0,70%	0,70%	0,66%	0,36%	0,30%	0,11%	0,73%
SF43	PIRATININGA	3,55%	4,21%	4,56%	4,27%	3,40%	3,22%	2,83%	2,48%	2,67%	3,18%	2,83%	2,61%	2,75%	3,25%
SF44	OLIVEIRA/BURITI	1,76%	2,29%	2,74%	2,63%	2,67%	2,38%	2,52%	2,10%	2,42%	2,30%	2,18%	2,13%	2,20%	2,32%
SF45	COOPHARADIO	0,24%	0,22%	0,27%	0,26%	0,23%	0,29%	0,68%	0,63%	0,68%	0,71%	0,58%	0,56%	0,47%	0,45%
SF46	RES. DO LAGO	0,04%	0,05%	0,06%	0,05%	0,05%	0,06%	0,06%	0,04%	0,02%	0,10%	0,05%	0,02%	0,04%	0,05%
SF47	TIJUCA/TARUMÃ	-0,18%	-0,23%	-0,12%	0,10%	-0,04%	-0,11%	-0,16%	-0,09%	0,13%	0,14%	6,74%	6,77%	6,60%	1,63%
SF48	COHAB-UNIVERSITARIA	0,19%	0,26%	0,23%	0,20%	0,22%	0,15%	0,21%	0,18%	0,22%	0,22%	0,47%	0,18%	0,15%	0,22%
SF49	IRACI COELHO	0,36%	0,49%	0,47%	0,44%	0,49%	0,21%	0,20%	0,23%	0,08%	0,31%	0,17%	0,13%	0,18%	0,28%
SF50	CONJUNTO COOPHASUL	0,35%	0,38%	0,35%	0,35%	0,36%	0,40%	0,41%	0,46%	0,03%	0,36%	0,31%	0,34%	0,30%	0,34%
SF51	COLIBRI I	0,45%	0,63%	0,79%	0,32%	0,16%	0,20%	0,27%	0,05%	0,03%	0,10%	0,14%	0,03%	0,07%	0,24%

### 8.16. Volume Perdido por Economia por Setor de Fornecimento

Tabela 8.5: Volume perdido por economia por Setor de Fornecimento

SF	ECONOMIAS (und)	VD (m³)	VU (m³)	VOLUME PERDIDO (m³)	VOL PERD/ECON.DIA (l/econ.dia)
SF01	7.046	2.044.216	1.126.508	917.708	333
SF03	17.378	4.862.353	3.381.847	1.480.506	218
SF04	20.173	8.081.173	4.720.565	3.360.608	427
SF05	9.304	3.240.392	1.826.328	1.414.064	389
SF06	18.817	6.650.845	3.401.074	3.249.771	442
SF07	23.315	7.215.337	3.773.583	3.441.754	378
SF08	10.724	3.578.027	1.658.466	1.919.561	458
SF09	14.947	5.426.344	2.786.696	2.639.648	452
SF10	8.677	2.950.438	1.692.108	1.258.330	371
SF11	16.787	5.696.786	2.697.846	2.998.940	458
SF12	11.231	3.142.455	1.977.853	1.164.602	265
SF13	7.028	2.146.893	992.410	1.154.483	421
SF14	3.336	840.665	371.980	468.685	360
SF15	4.758	1.814.559	639.720	1.174.839	633
SF16	5.745	1.984.138	981.608	1.002.530	447
SF17	1.373	519.256	204.833	314.423	587
SF18	3.195	568.269	362.028	206.241	165
SF19	526	318.247	87.472	230.775	1.124
SF20	761	203.427	127.753	75.674	254
SF21	687	349.296	133.738	215.558	804
SF22	908	322.453	206.946	115.507	326
SF23	2.543	544.341	415.729	128.612	129
SF24	683	1.600.102	533.628	1.066.474	4.003
SF25	560	128.597	54.621	73.976	338
SF26	3.112	886.088	505.962	380.126	313
SF27	238	504.076	217.658	286.418	3.085
SF29	937	325.682	238.547	87.135	238
SF30	1.282	408.680	209.442	199.238	398
SF31	1.894	281.365	235.315	46.050	62
SF32	2.558	505.261	287.680	217.581	218
SF34	2.537	816.433	684.840	131.593	132
SF35	649	106.973	89.136	17.837	70
SF36	8.523	2.074.437	1.138.531	935.906	281
SF37	6.222	1.853.690	1.071.417	782.273	322
SF38	2.549	444.778	373.035	71.743	72
SF39	234	76.402	57.643	18.759	205
SF40	19.678	6.153.165	3.291.588	2.861.577	372
SF41	2.203	472.874	418.568	54.306	63
SF42	1.366	504.891	212.875	292.016	548
SF43	8.938	2.762.544	1.465.244	1.297.300	372
SF44	3.123	1.420.181	493.137	927.044	761
SF45	544	343.530	163.627	179.903	847
SF46	239	67.411	47.970	19.441	208
SF47	8.762	1.947.840	1.294.661	653.179	191
SF48	799	246.725	157.662	89.063	285
SF49	605	220.733	107.485	113.248	479
SF50	734	291.577	155.955	135.622	473
SF51	1.060	264.726	168.810	95.916	232



### 8.17. Gráficos de Linhas

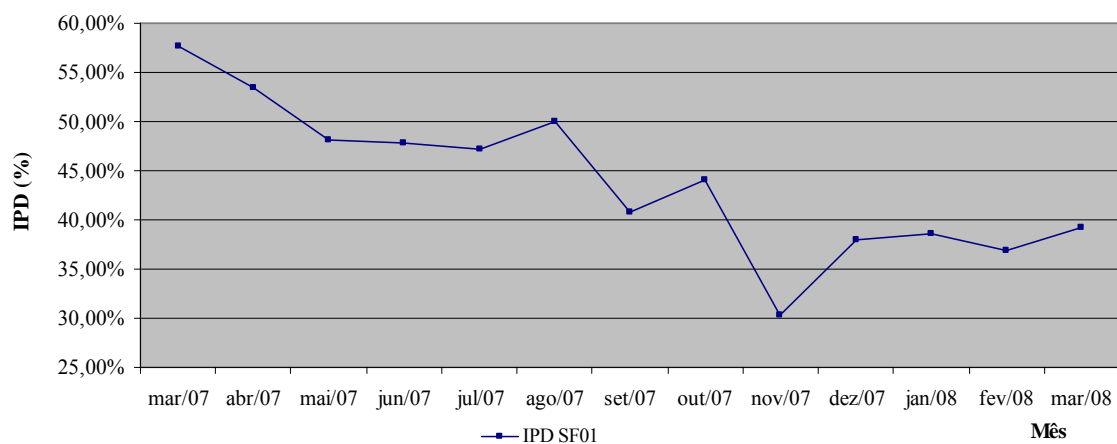


Figura 8.1: Gráfico de Linhas IPD – SF01

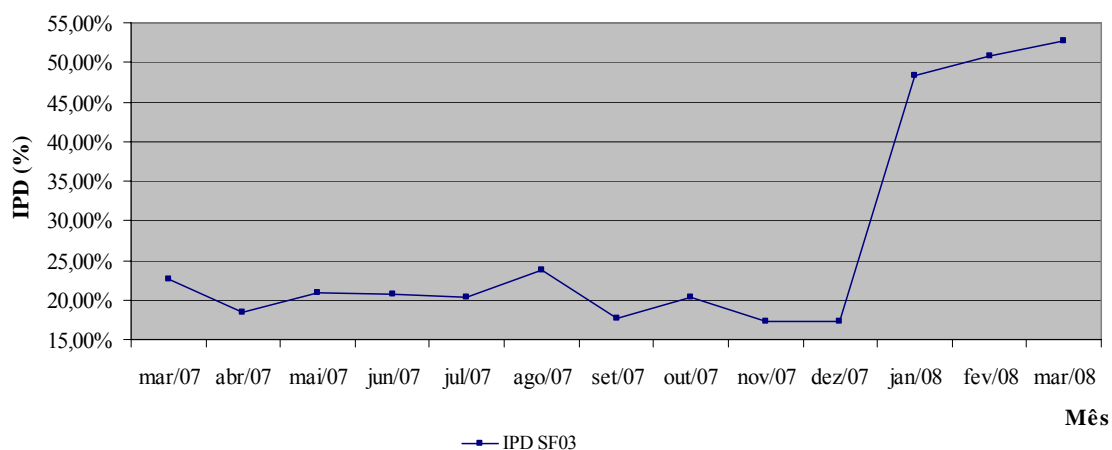


Figura 8.2: Gráfico de Linhas IPD – SF03

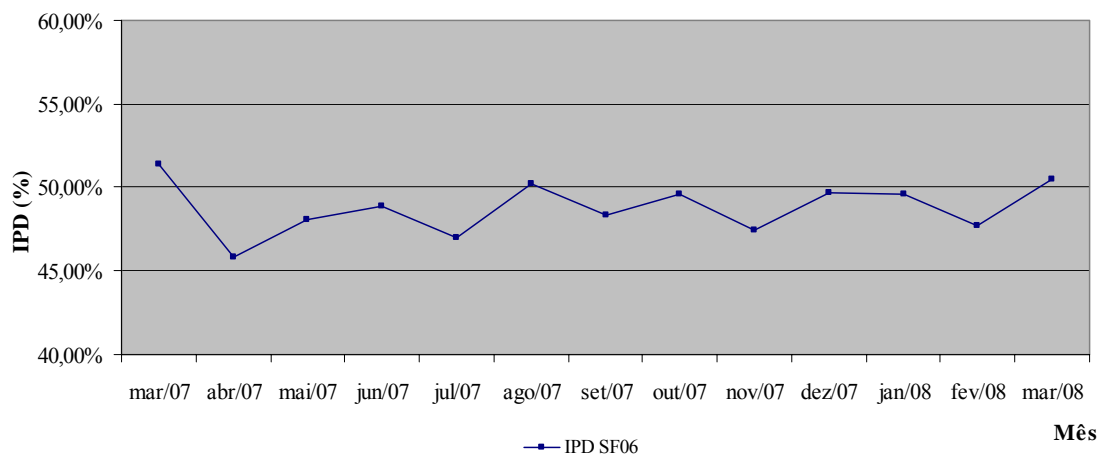


Figura 8.3: Gráfico de Linhas IPD – SF06

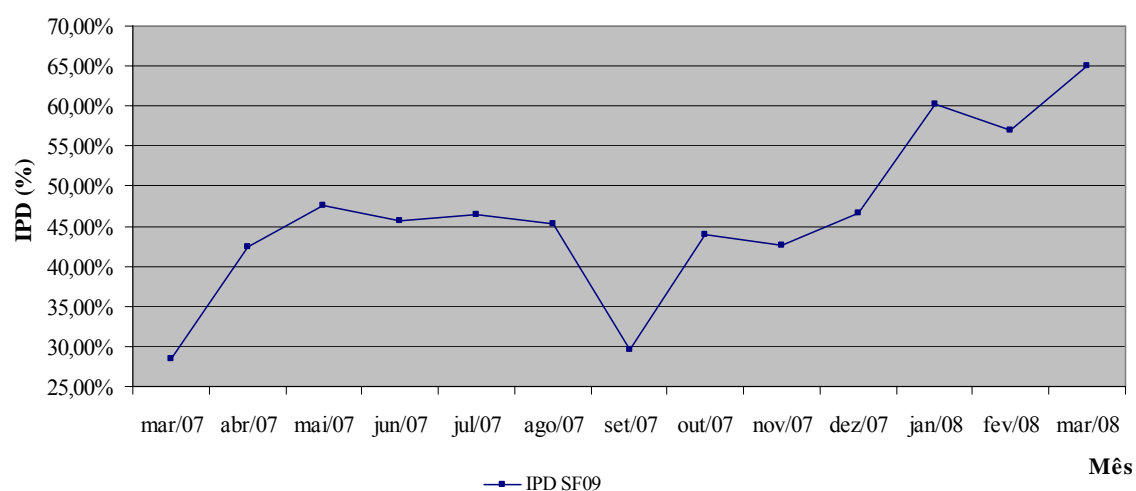


Figura 8.4: Gráfico de Linhas IPD – SF09

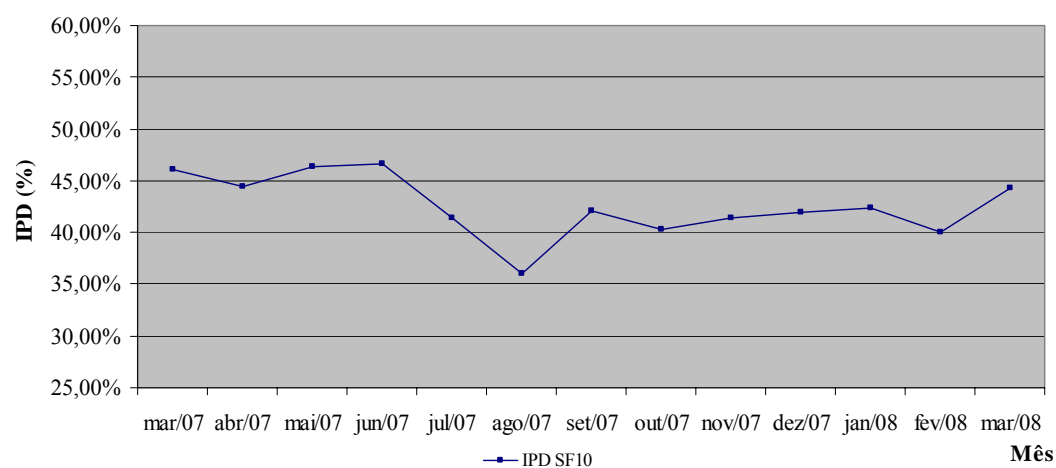


Figura 8.5: Gráfico de Linhas IPD – SF10

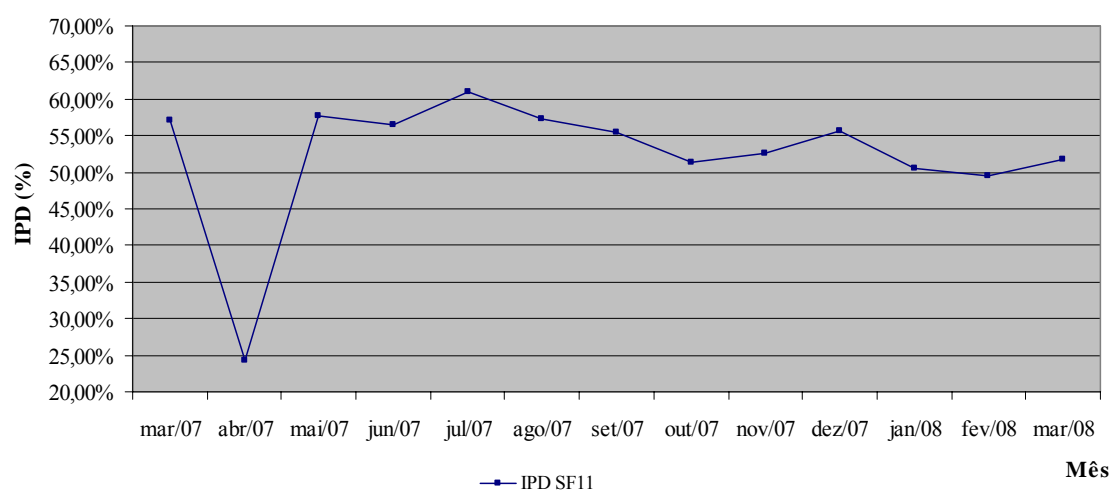


Figura 8.6: Gráfico de Linhas IPD – SF11

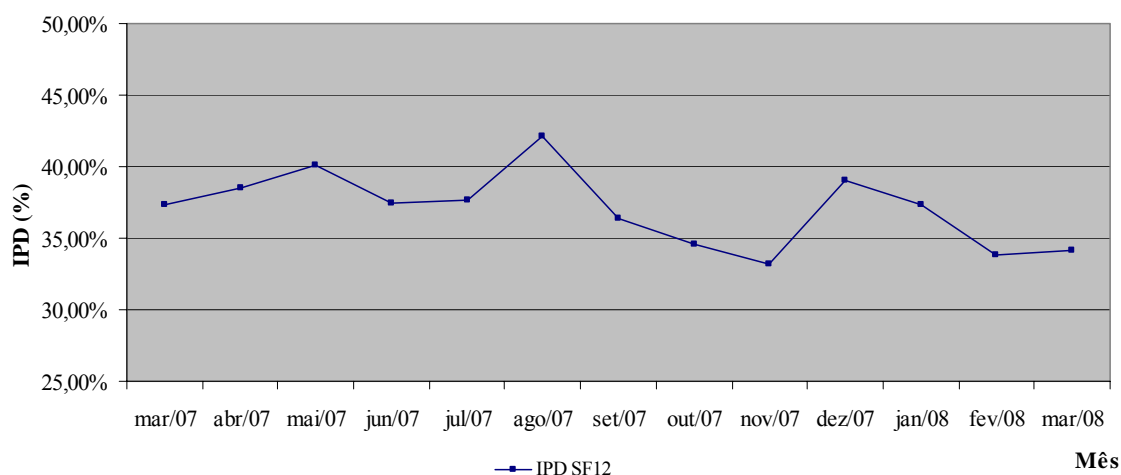


Figura 8.7: Gráfico de Linhas IPD – SF12

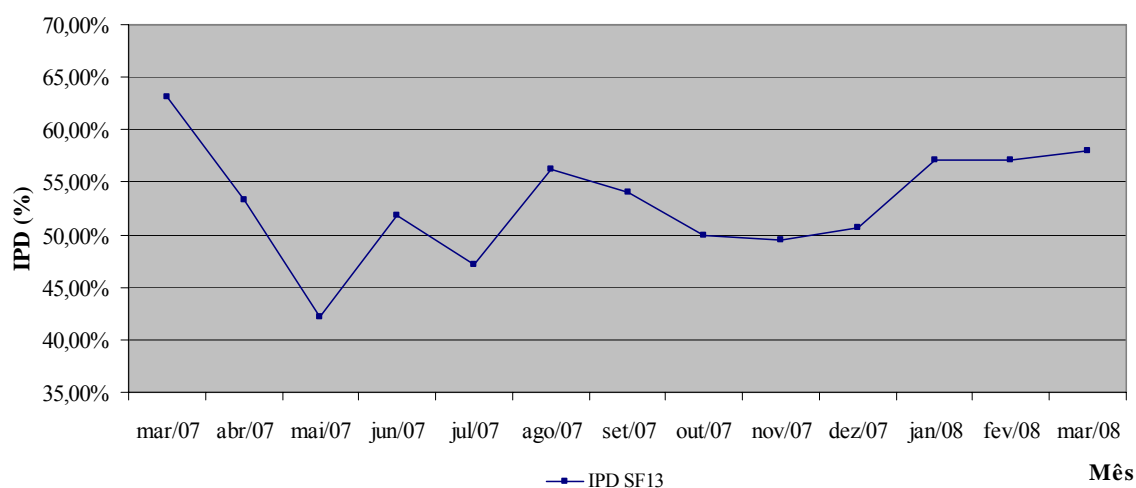


Figura 8.8: Gráfico de Linhas IPD – SF13

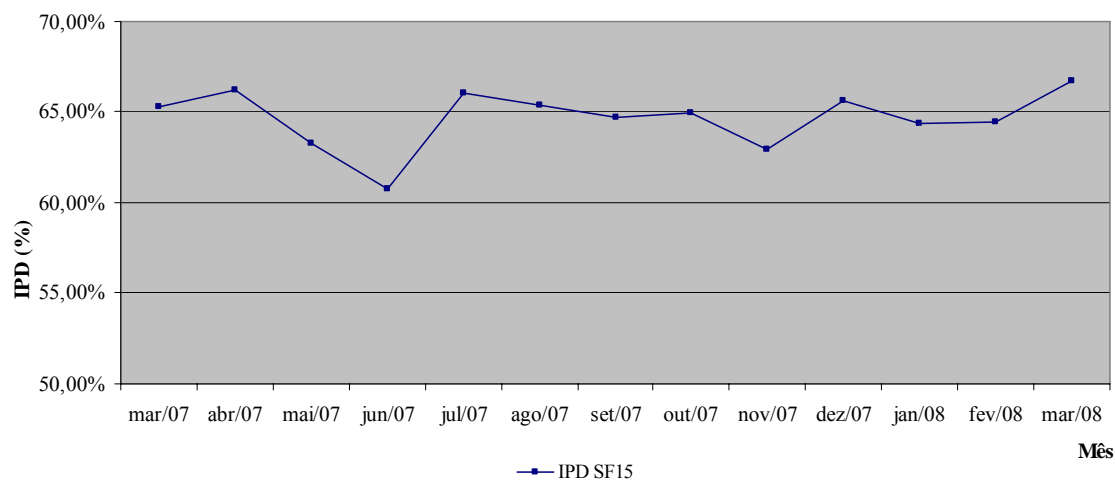


Figura 8.9: Gráfico de Linhas IPD – SF15

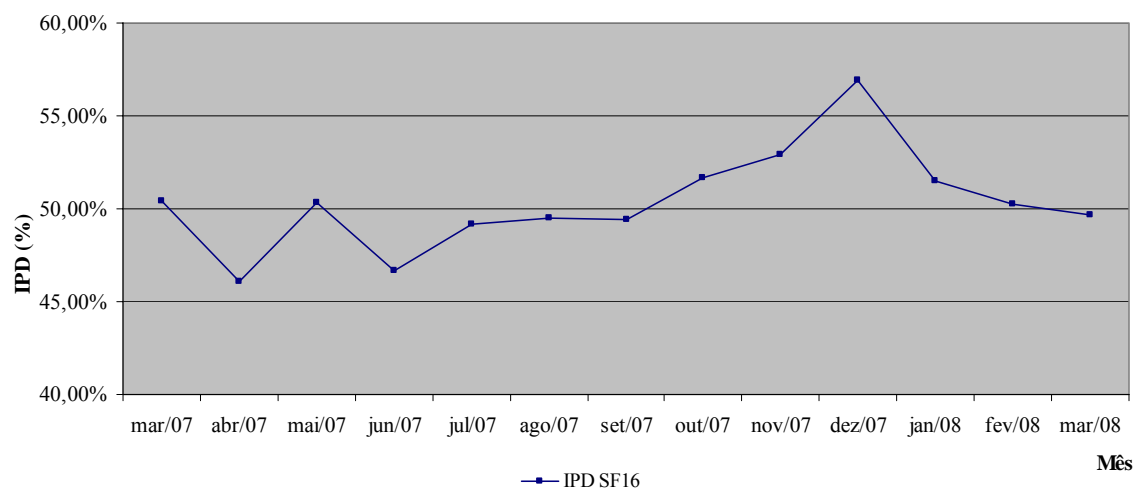


Figura 8.10: Gráfico de Linhas IPD – SF16

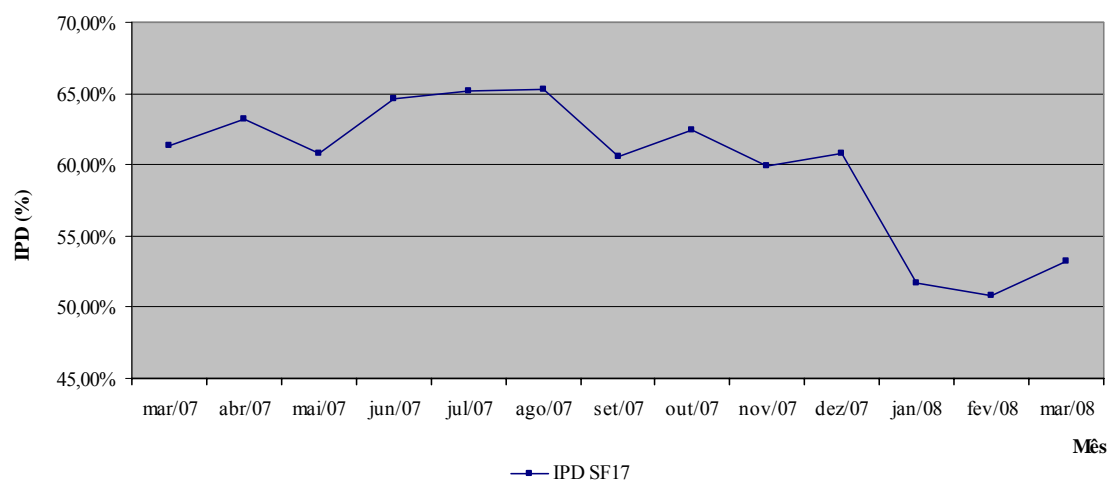


Figura 8.11: Gráfico de Linhas IPD – SF17

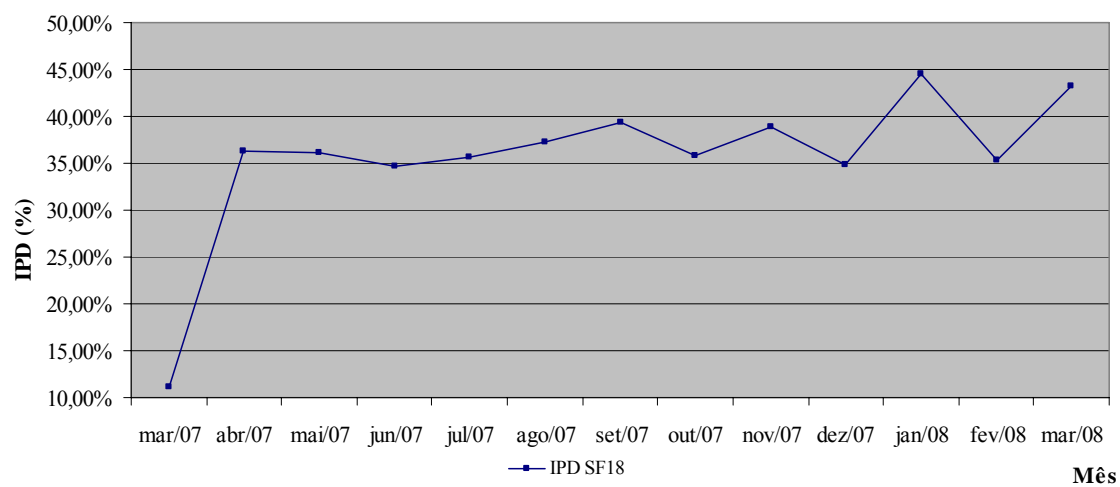


Figura 8.12: Gráfico de Linhas IPD – SF18

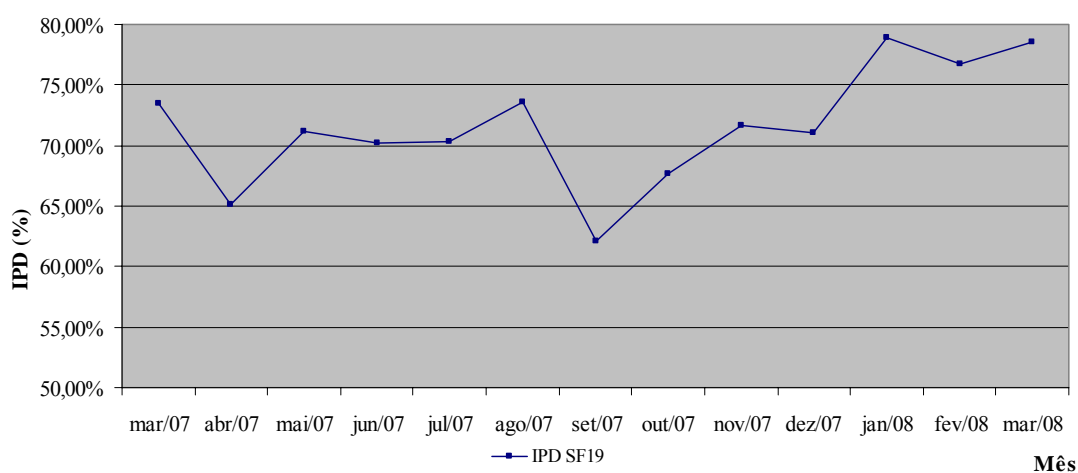


Figura 8.13: Gráfico de Linhas IPD – SF19

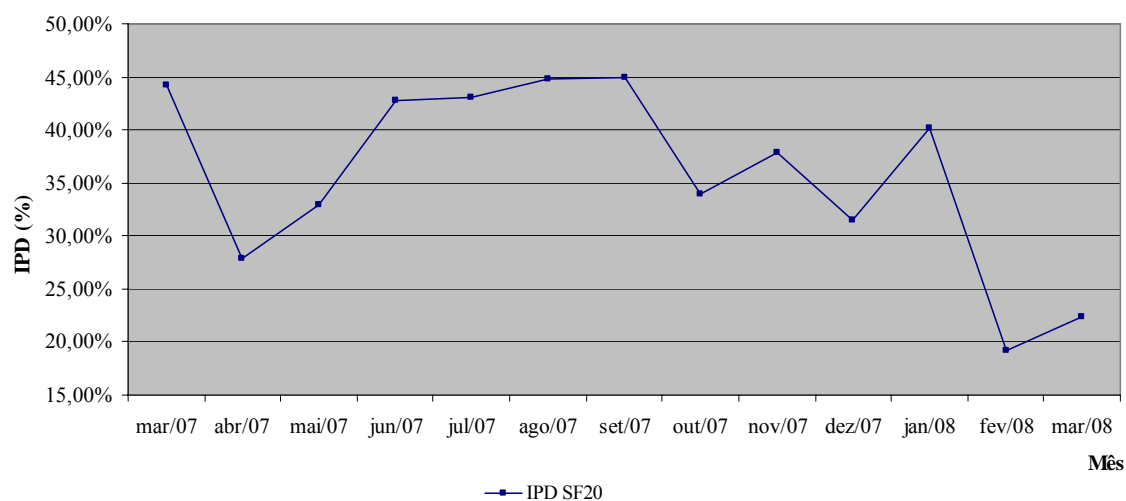


Figura 8.14: Gráfico de Linhas IPD – SF20

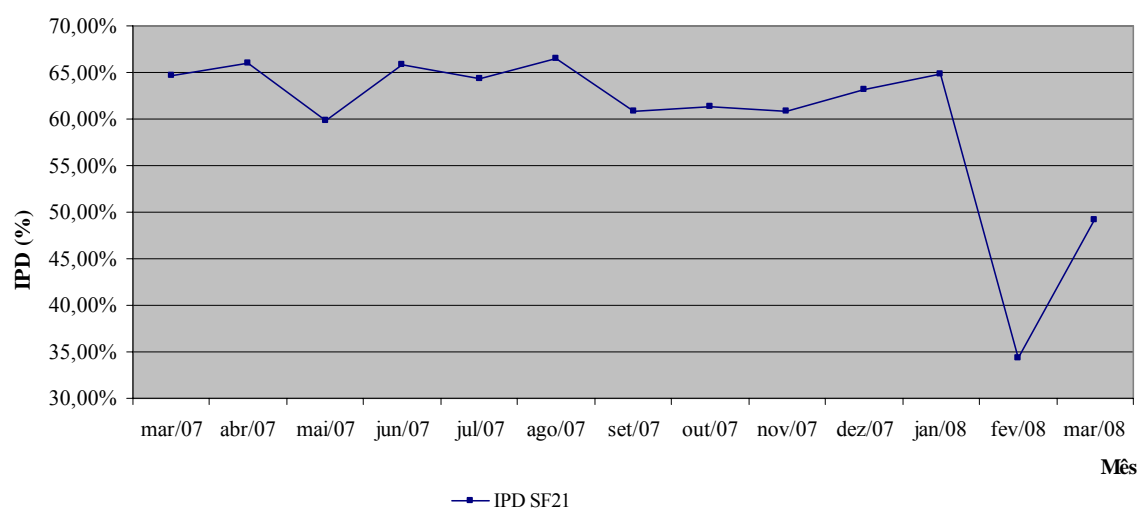


Figura 8.15: Gráfico de Linhas IPD – SF21

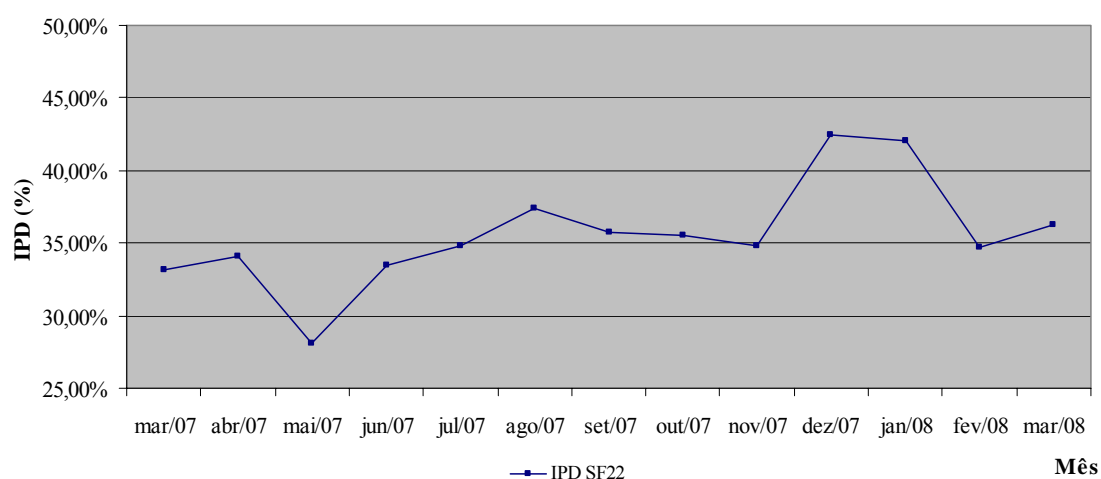


Figura 8.16: Gráfico de Linhas IPD – SF22

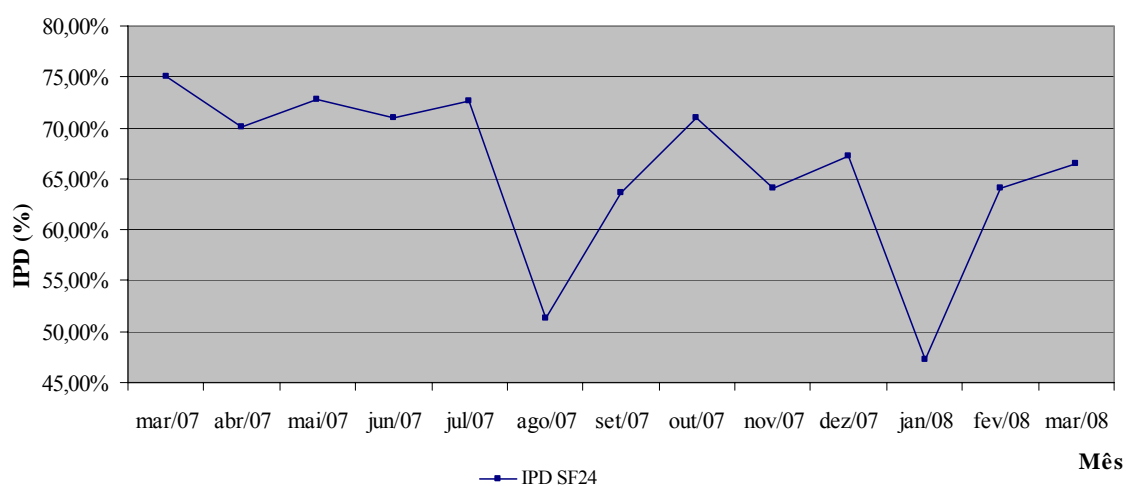


Figura 8.17: Gráfico de Linhas IPD – SF24

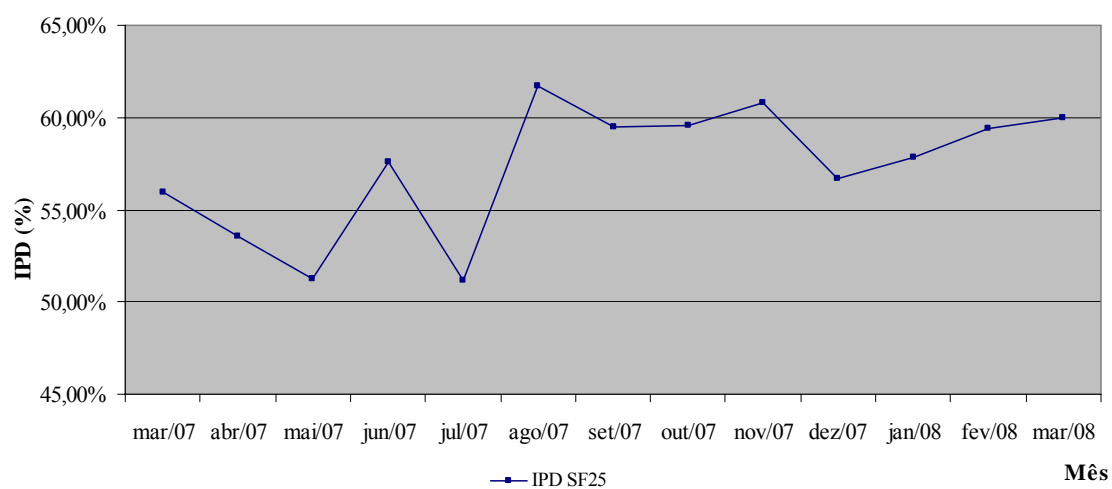


Figura 8.18: Gráfico de Linhas IPD – SF25

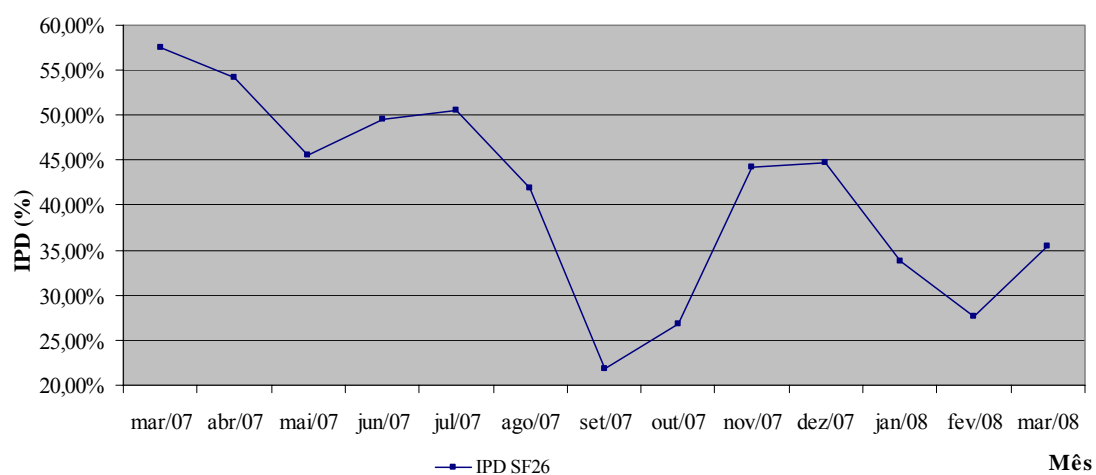


Figura 8.19: Gráfico de Linhas IPD – SF26

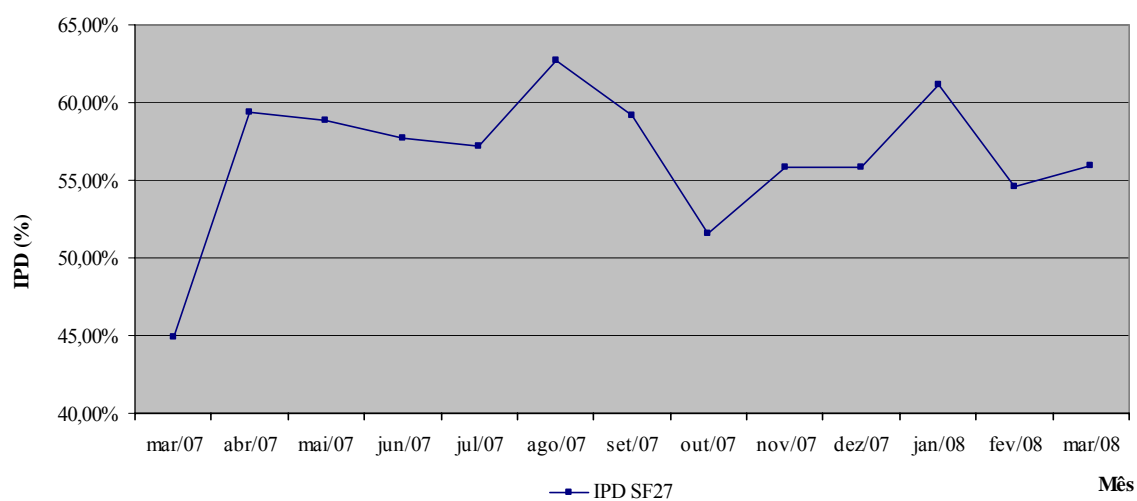


Figura 8.20: Gráfico de Linhas IPD – SF27

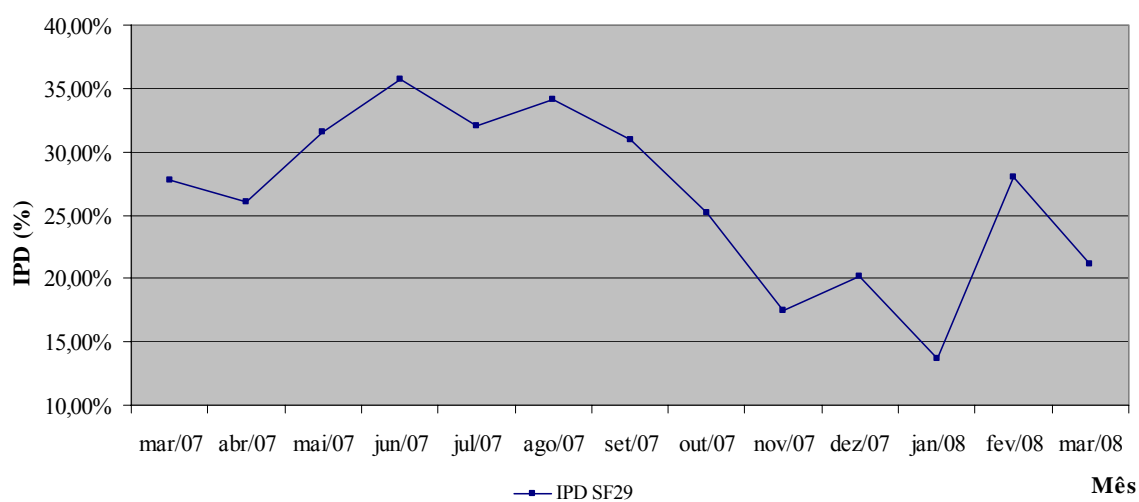


Figura 8.21: Gráfico de Linhas IPD – SF29

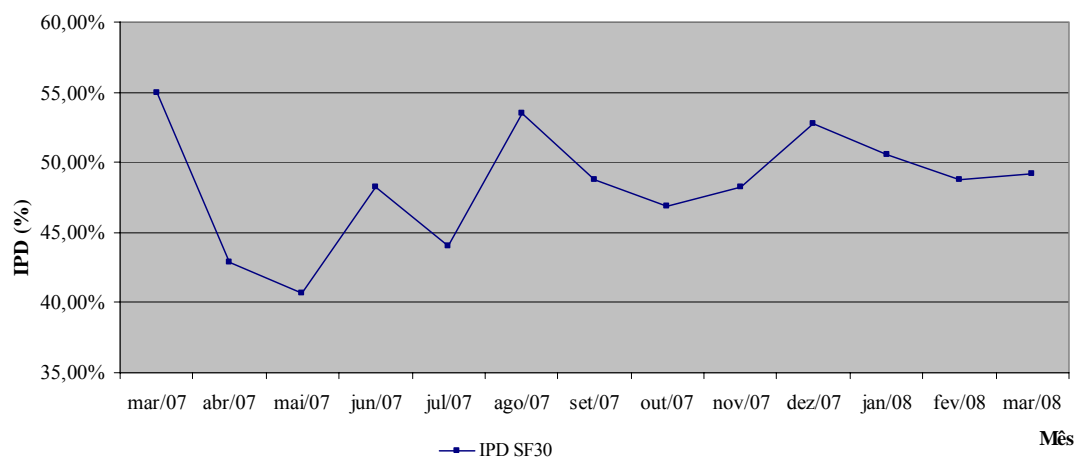


Figura 8.22: Gráfico de Linhas IPD – SF30

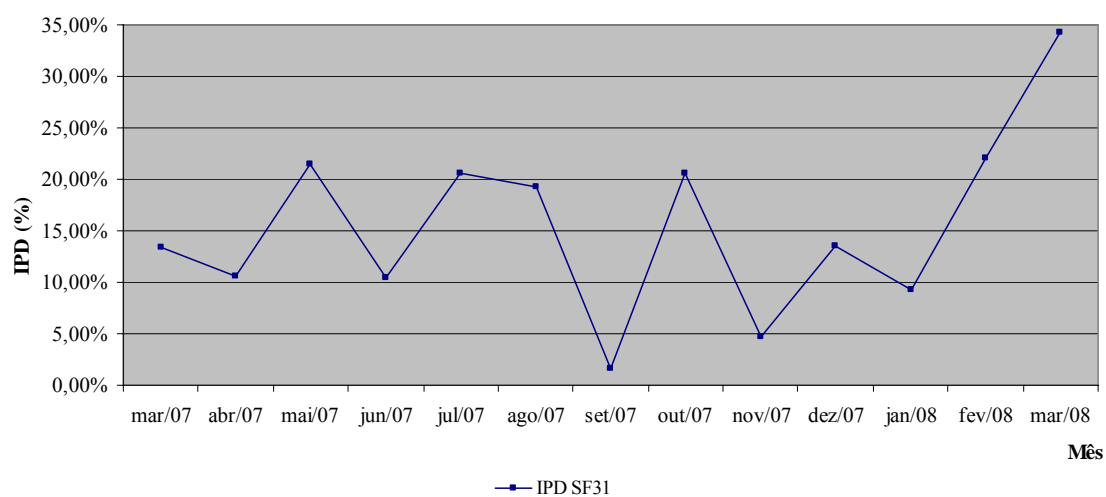


Figura 8.23: Gráfico de Linhas IPD – SF31

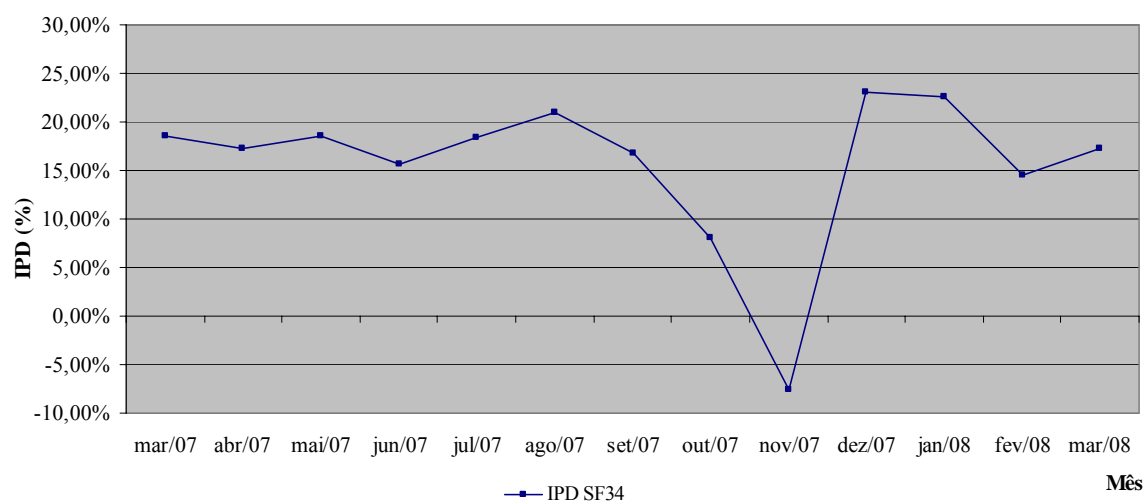


Figura 8.24: Gráfico de Linhas IPD – SF34



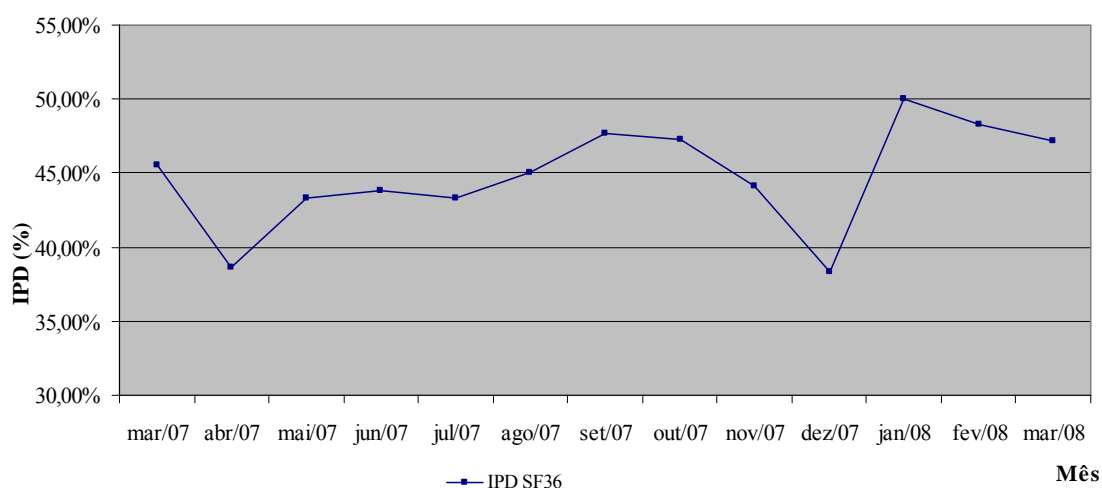


Figura 8.25: Gráfico de Linhas IPD – SF36

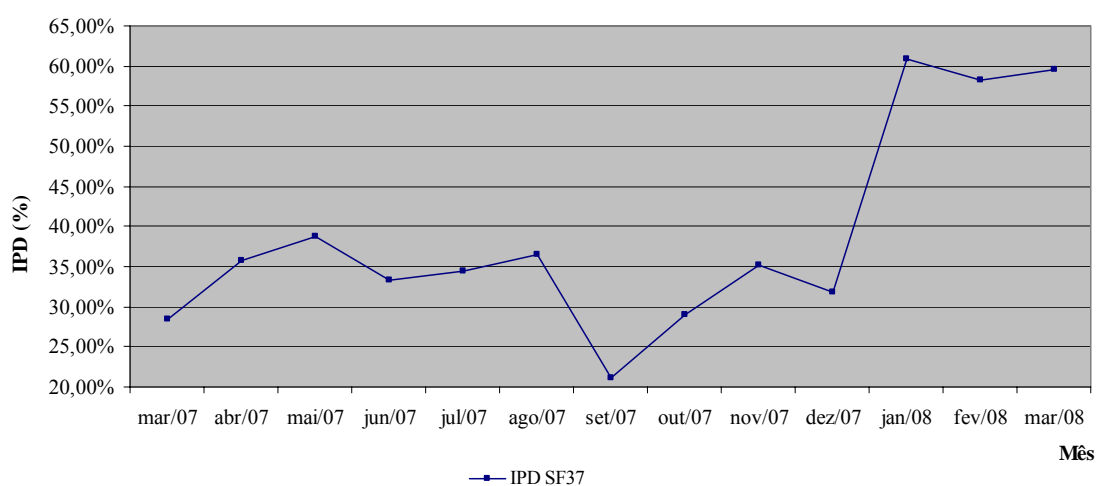


Figura 8.26: Gráfico de Linhas IPD – SF37

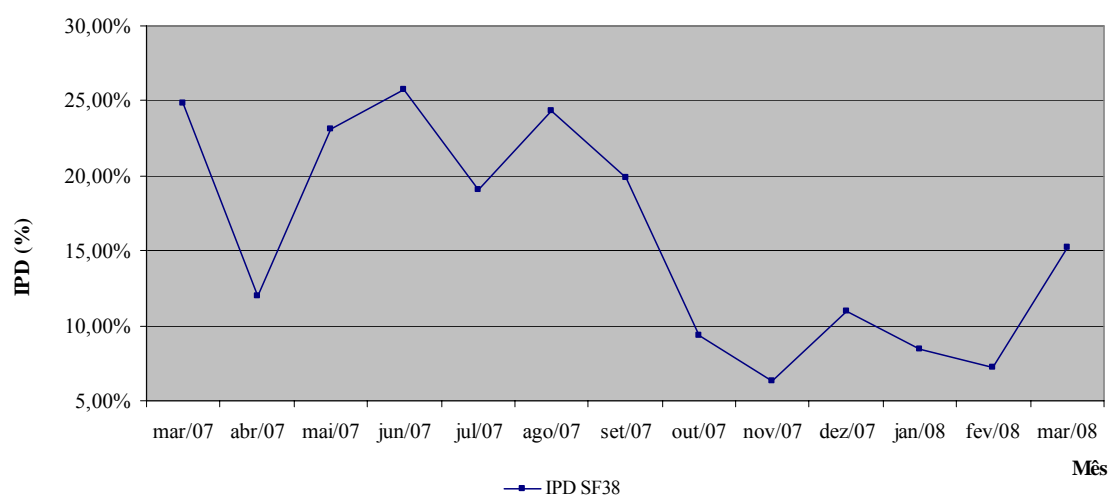


Figura 8.27: Gráfico de Linhas IPD – SF38

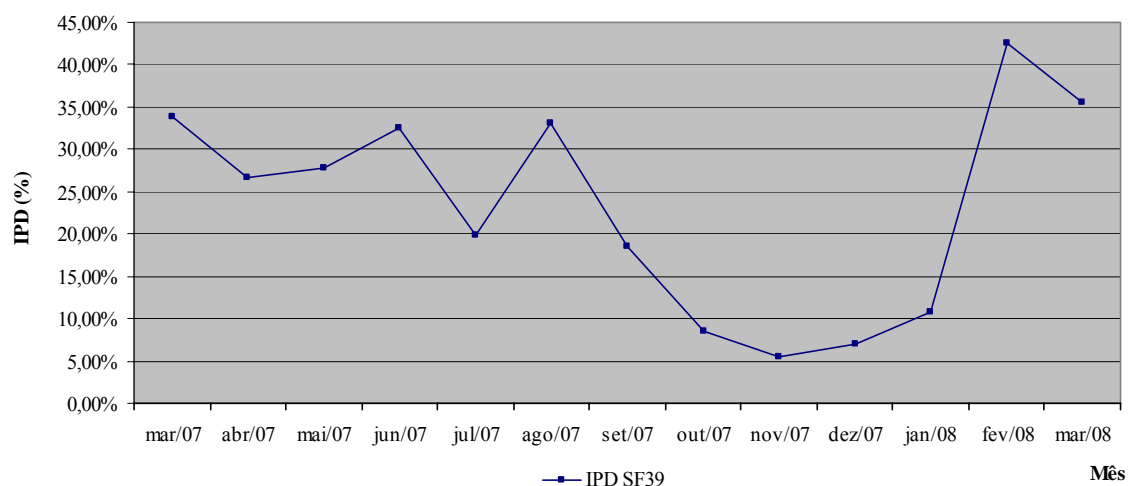


Figura 8.28: Gráfico de Linhas IPD – SF39

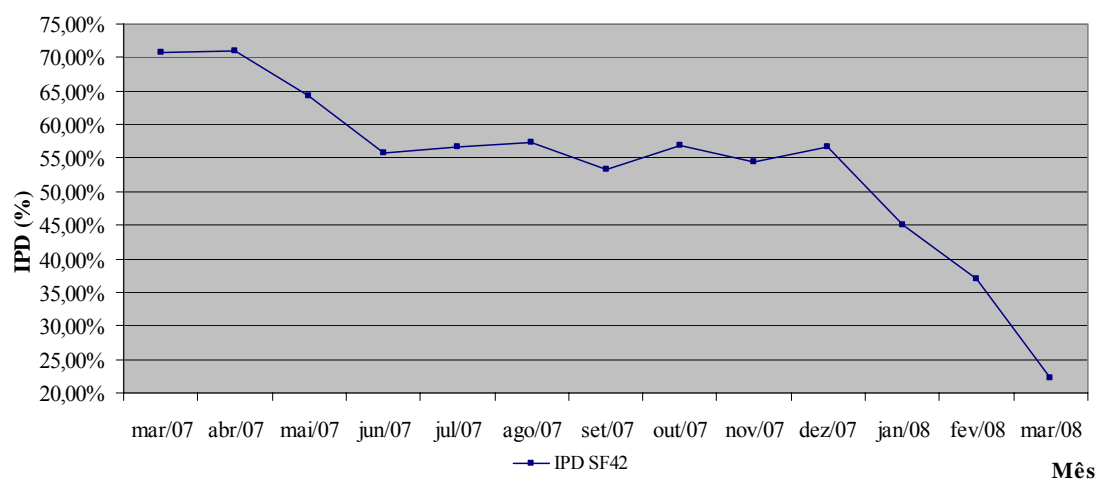


Figura 8.29: Gráfico de Linhas IPD – SF42

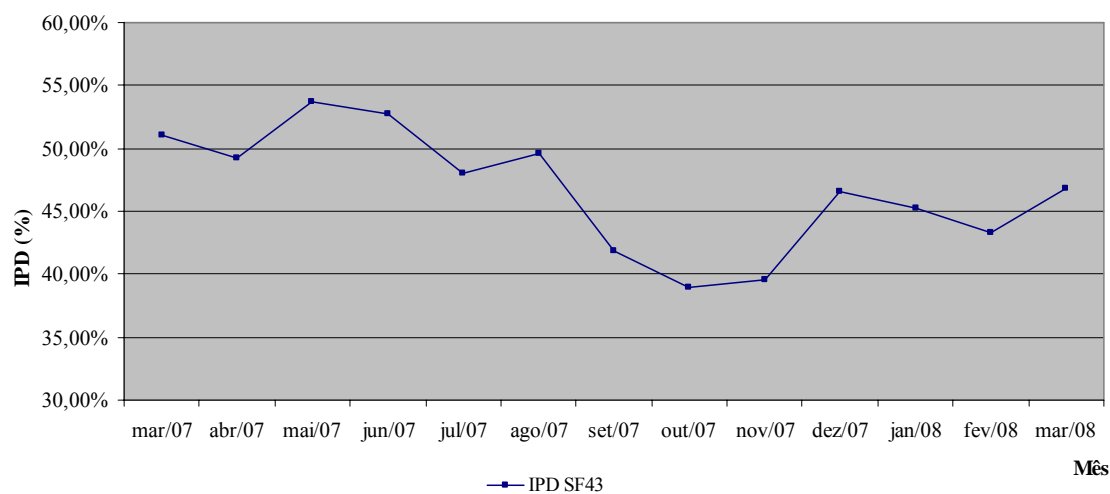


Figura 8.30: Gráfico de Linhas IPD – SF43

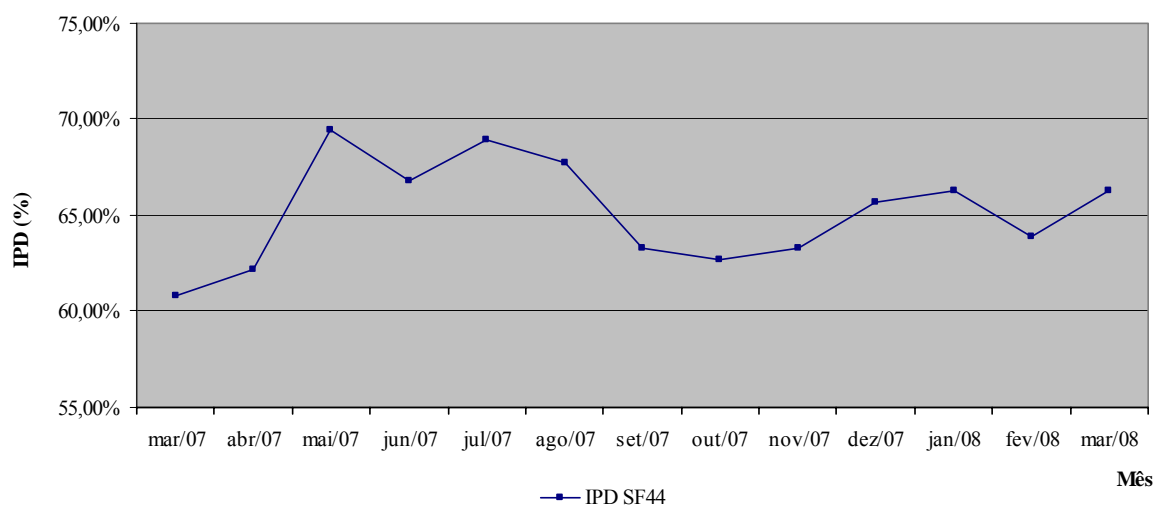


Figura 8.31: Gráfico de Linhas IPD – SF44

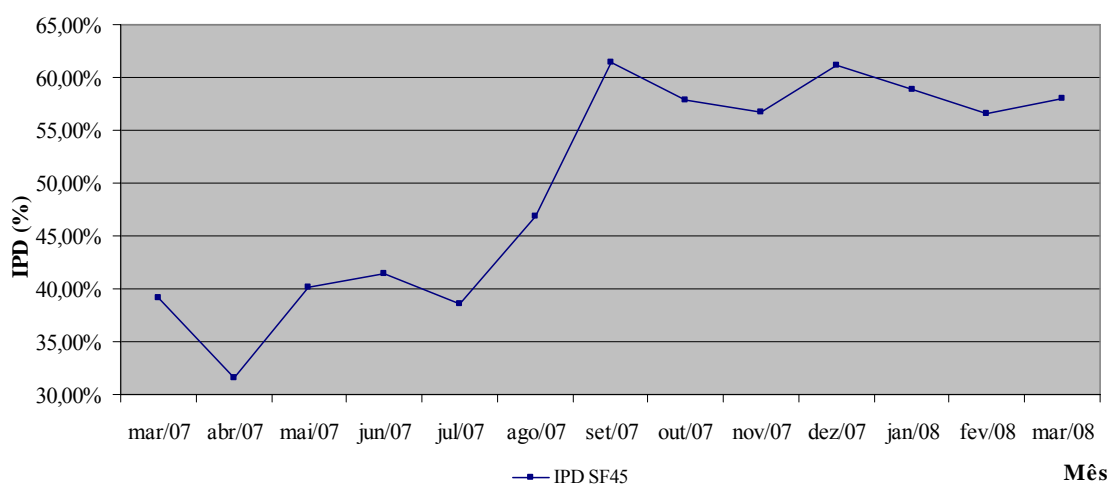


Figura 8.32: Gráfico de Linhas IPD – SF45

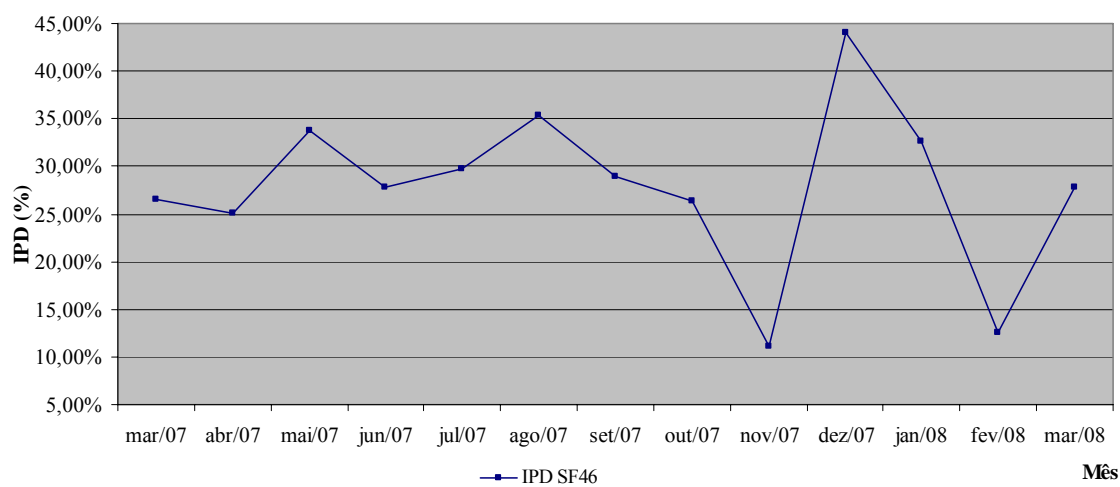


Figura 8.33: Gráfico de Linhas IPD – SF46

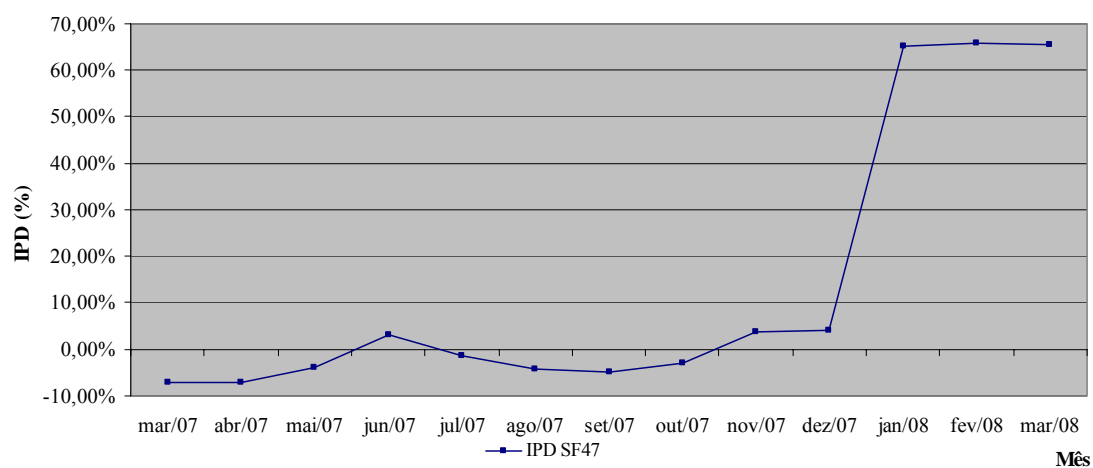


Figura 8.34: Gráfico de Linhas IPD – SF47

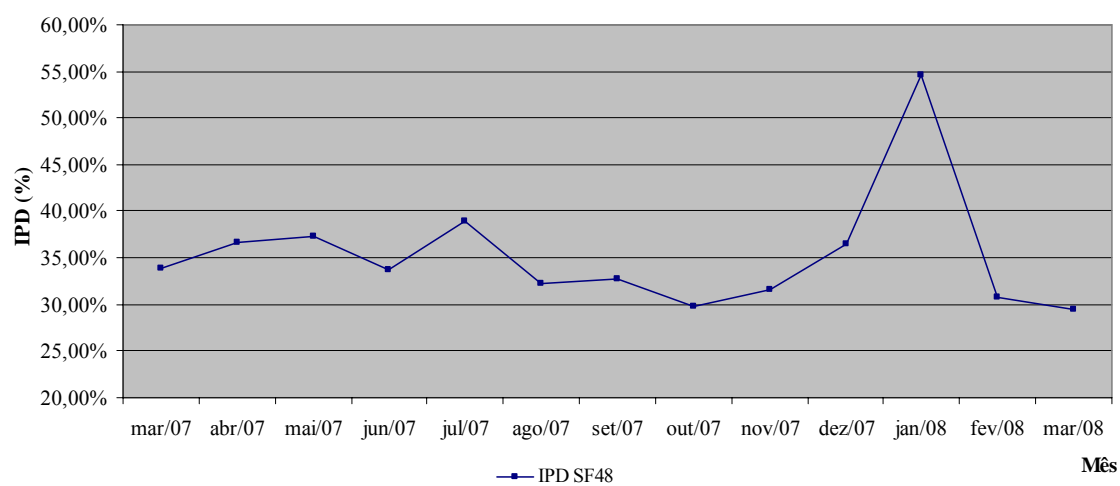


Figura 8.35: Gráfico de Linhas IPD – SF48

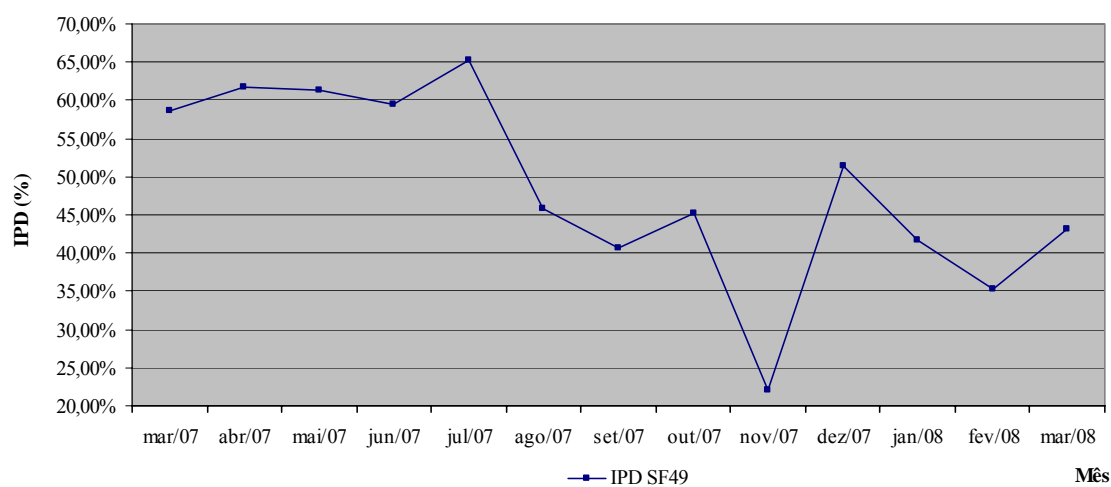


Figura 8.36: Gráfico de Linhas IPD – SF49

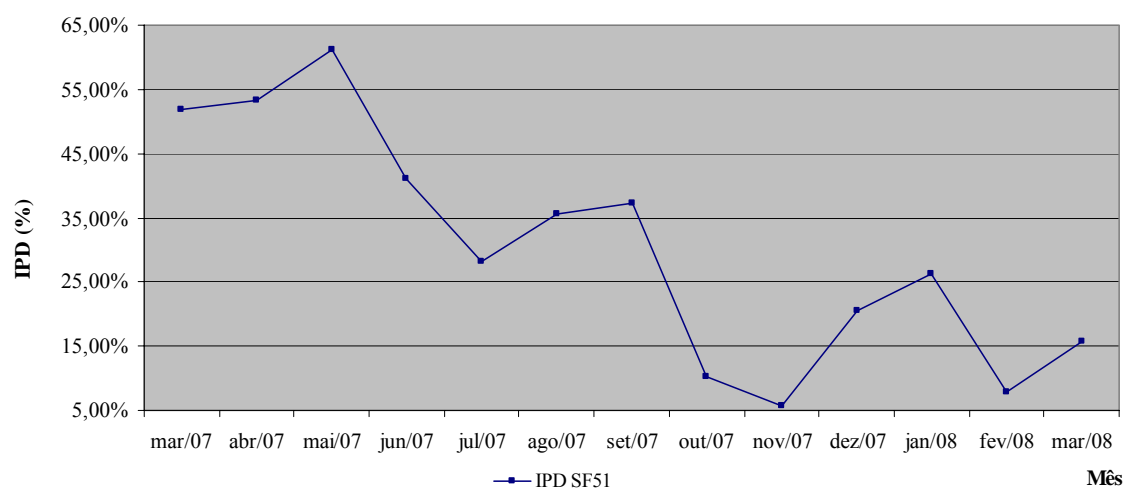


Figura 8.37: Gráfico de Linhas IPD – SF51

## 8.18. Gráficos de Controle x

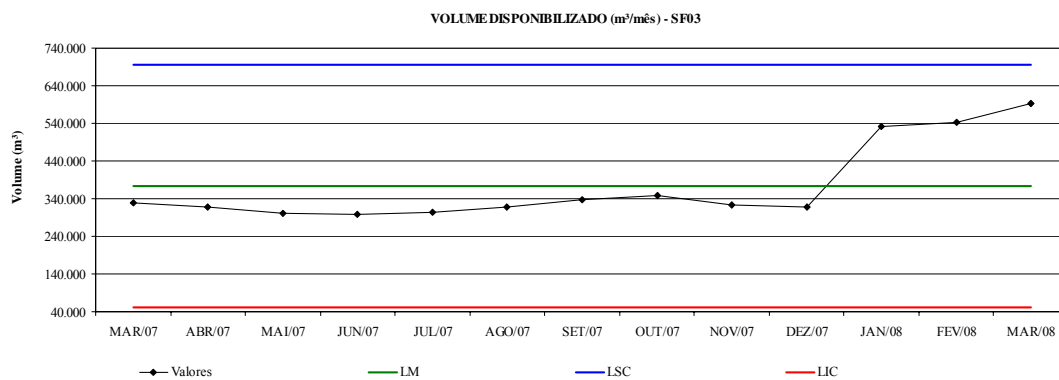


Figura 8.38: Gráfico de Controle VD – SF03

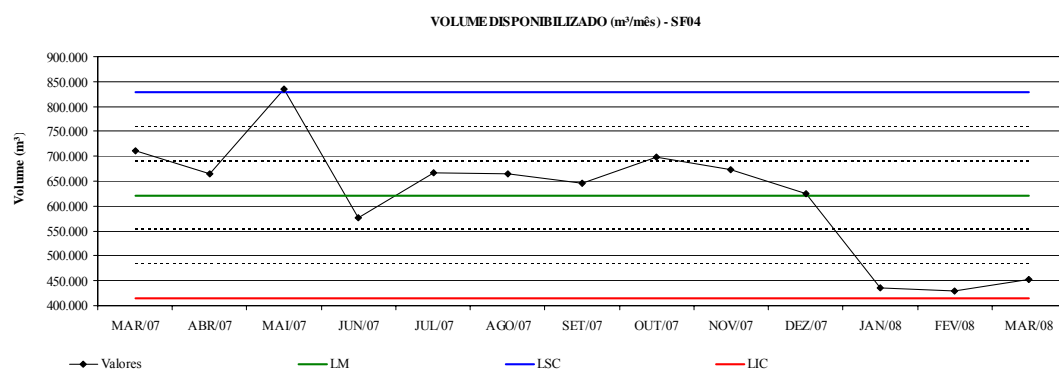


Figura 8.39: Gráfico de Controle VD – SF04

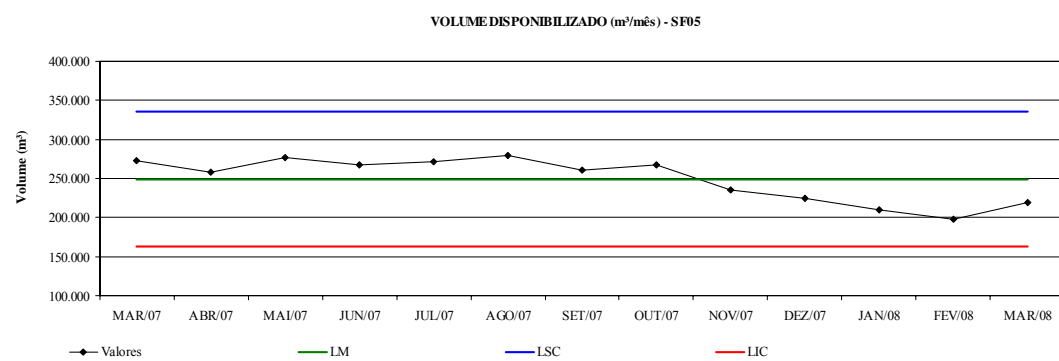


Figura 8.40: Gráfico de Controle VD – SF05

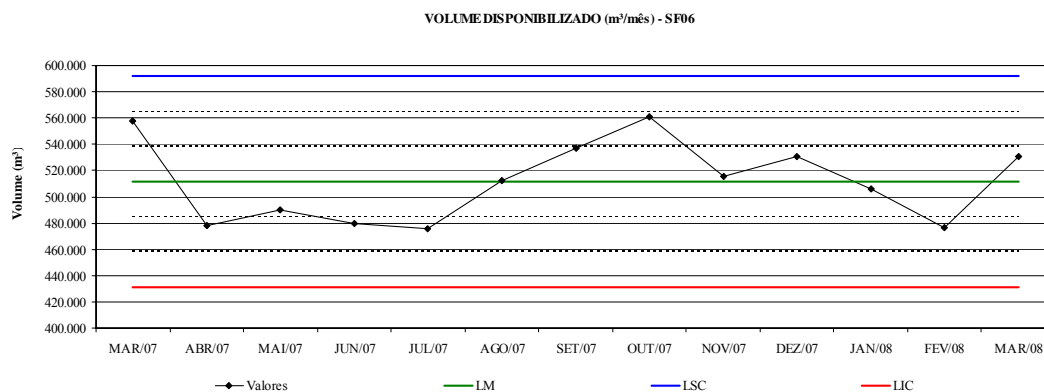


Figura 8.41: Gráfico de Controle VD – SF06

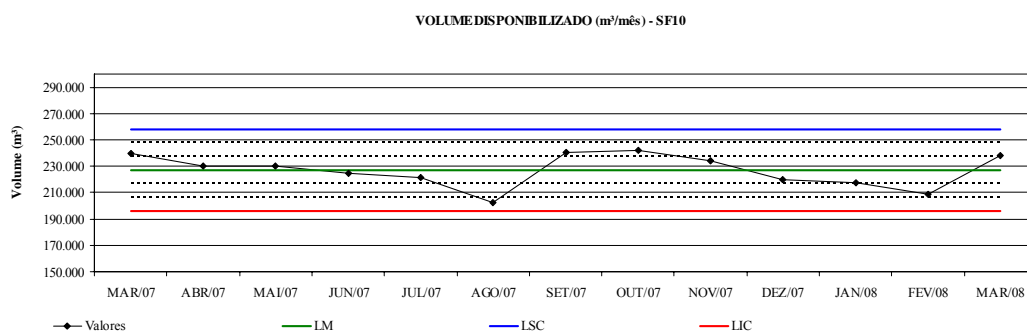


Figura 8.42: Gráfico de Controle VD – SF10

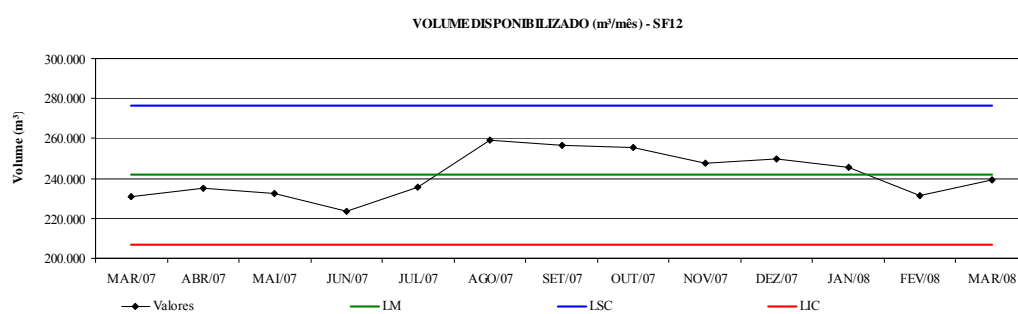


Figura 8.43: Gráfico de Controle VD – SF12

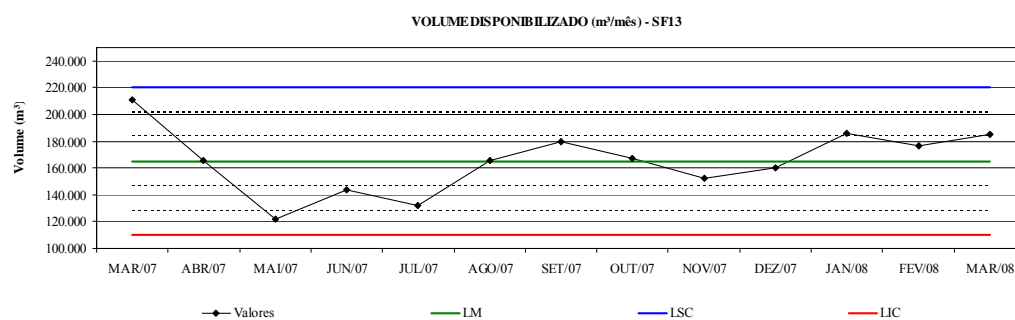


Figura 8.44: Gráfico de Controle VD – SF13

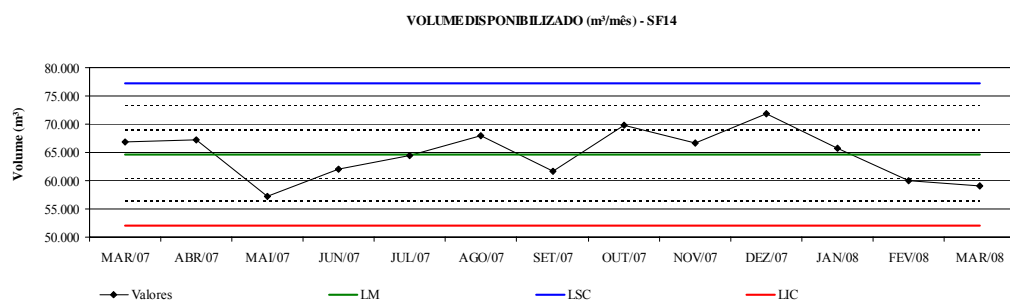


Figura 8.45: Gráfico de Controle VD – SF14

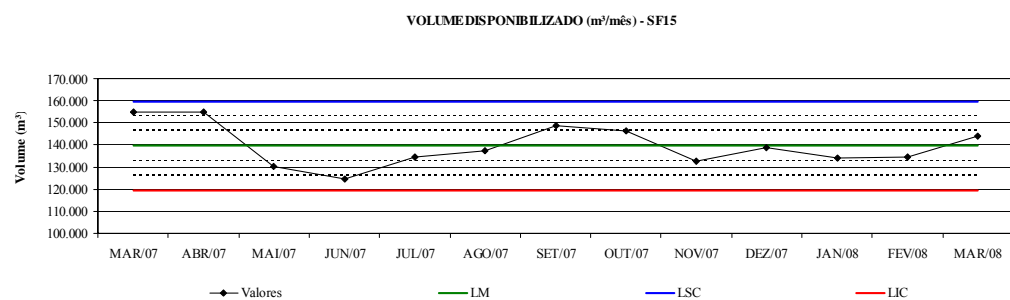


Figura 8.46: Gráfico de Controle VD – SF15



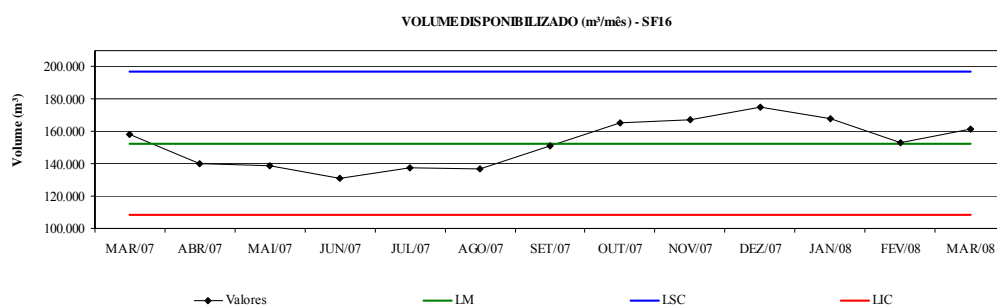


Figura 8.47: Gráfico de Controle VD – SF16

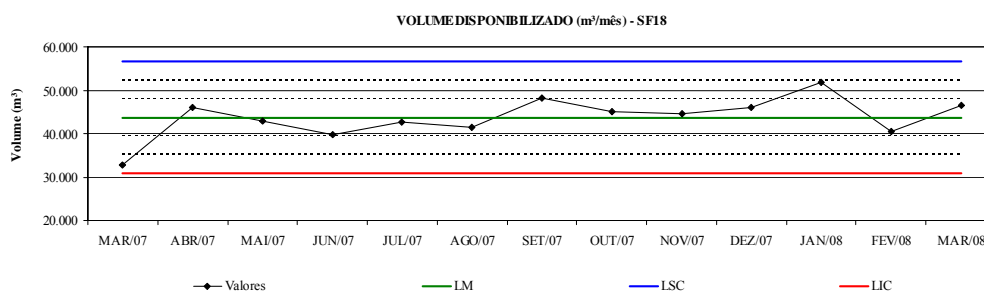


Figura 8.48: Gráfico de Controle VD – SF18

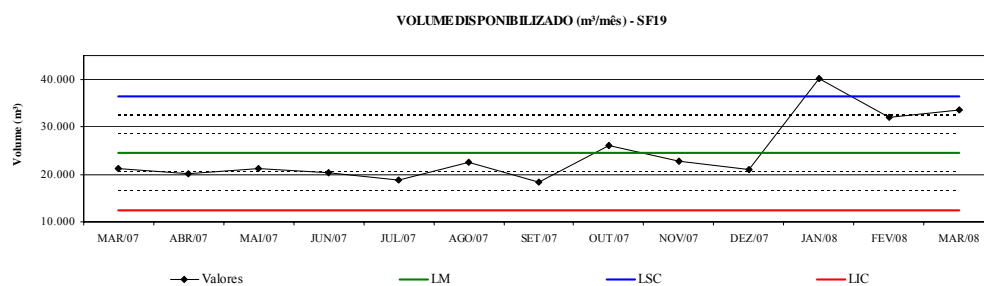


Figura 8.49: Gráfico de Controle VD – SF19

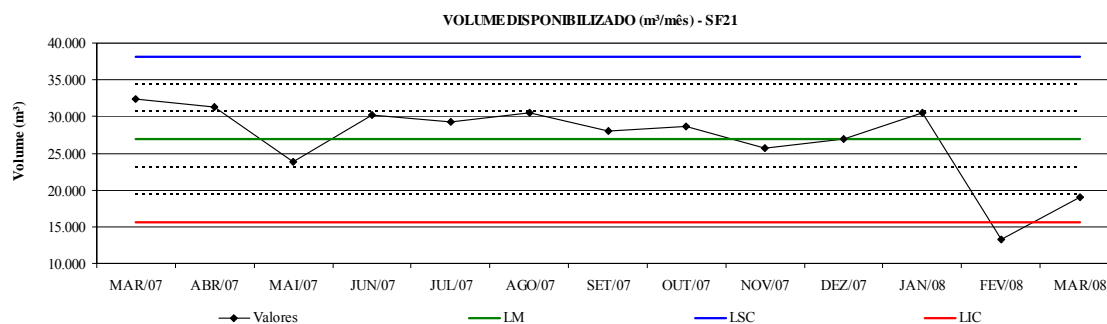


Figura 8.50: Gráfico de Controle VD – SF21

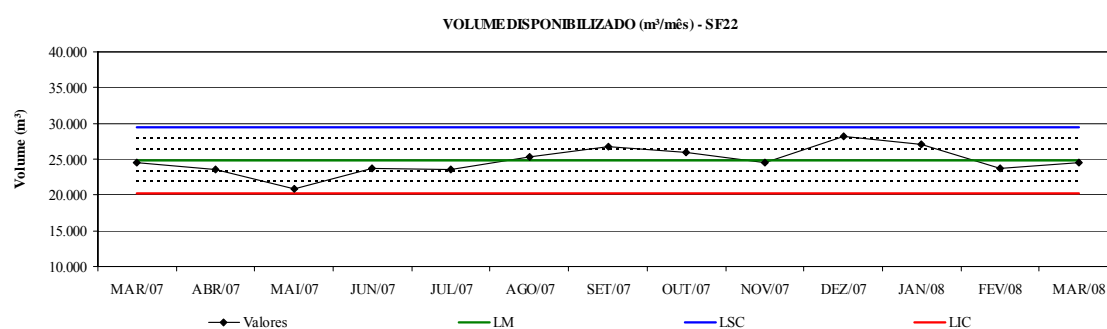


Figura 8.51: Gráfico de Controle VD – SF22

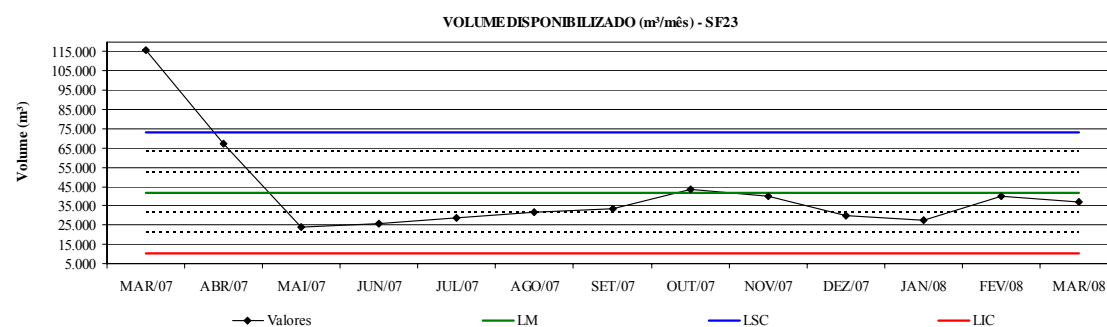


Figura 8.52: Gráfico de Controle VD – SF23

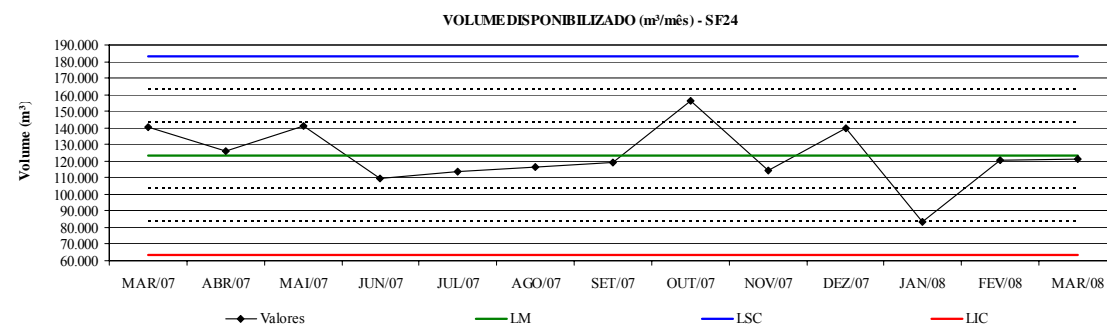


Figura 8.53: Gráfico de Controle VD – SF24

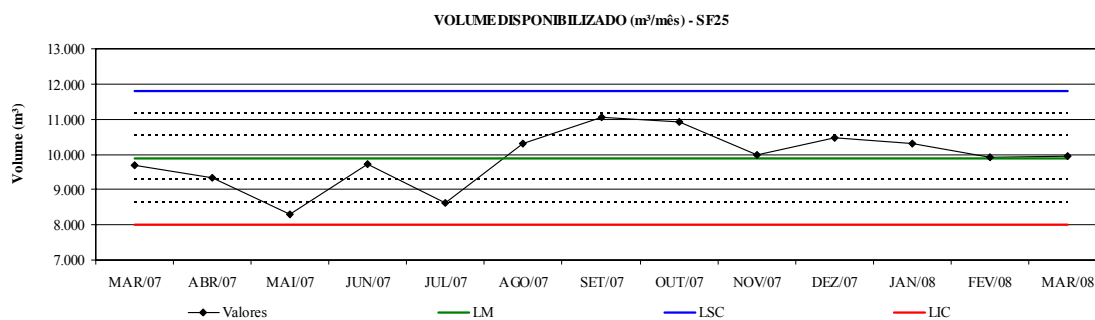


Figura 8.54: Gráfico de Controle VD – SF25

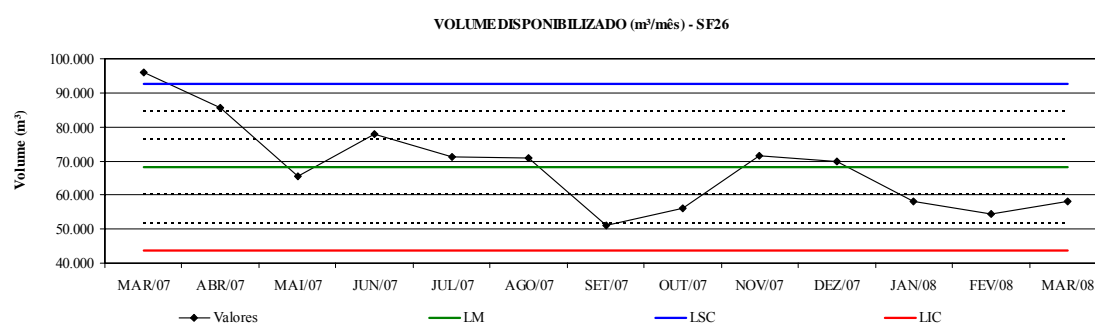


Figura 8.55: Gráfico de Controle VD – SF26

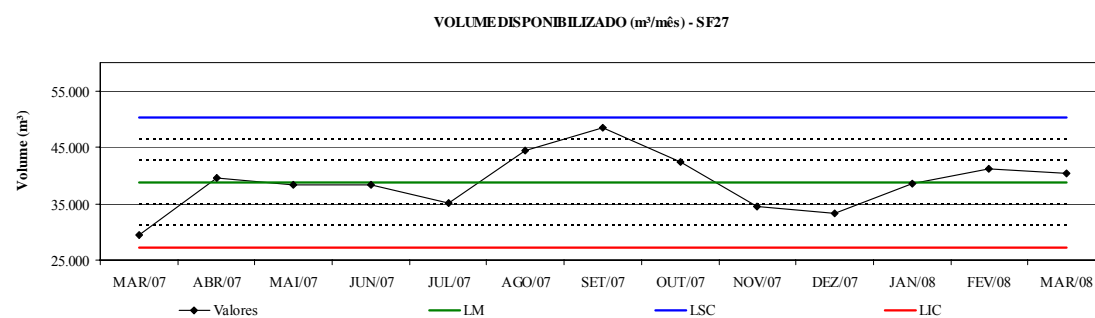


Figura 8.56: Gráfico de Controle VD – SF27

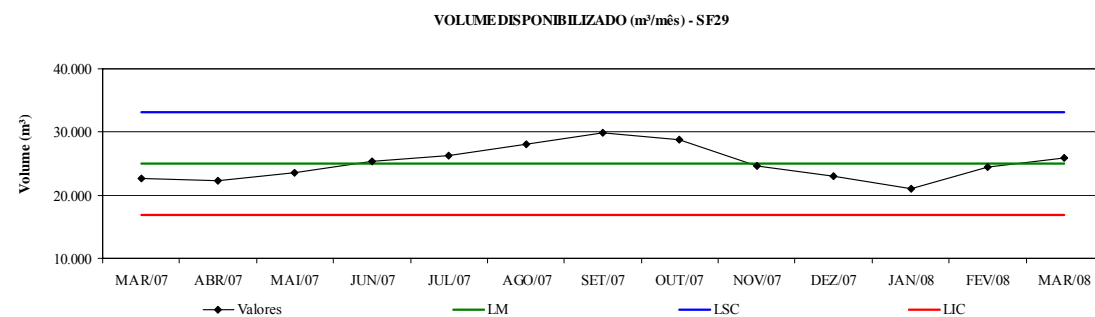


Figura 8.57: Gráfico de Controle VD – SF29

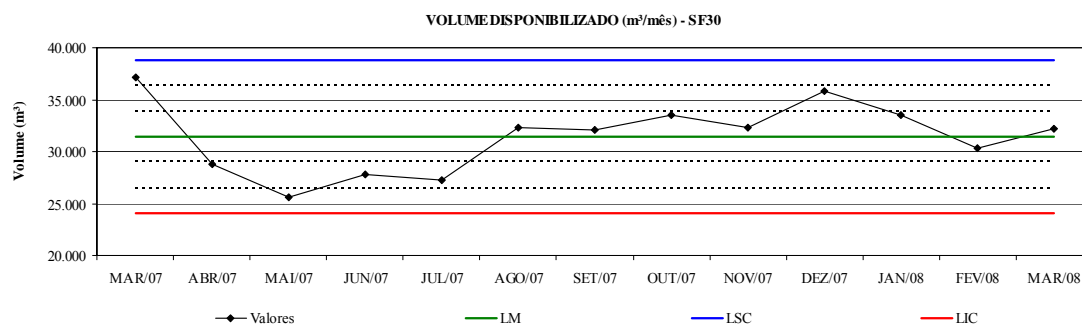


Figura 8.58: Gráfico de Controle VD – SF30

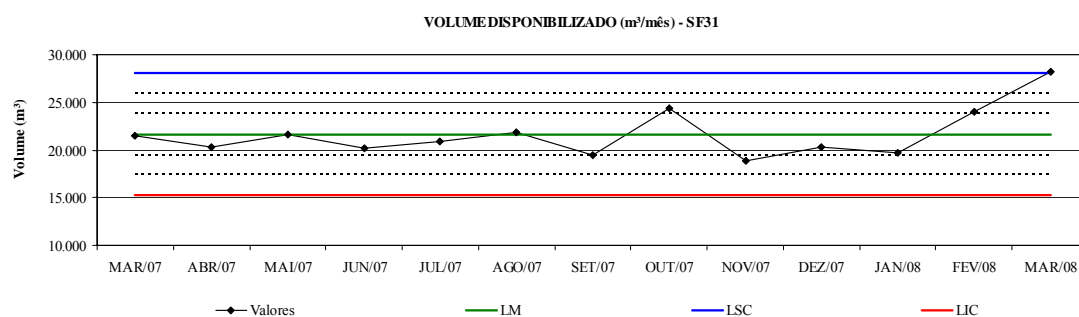


Figura 8.59: Gráfico de Controle VD – SF31

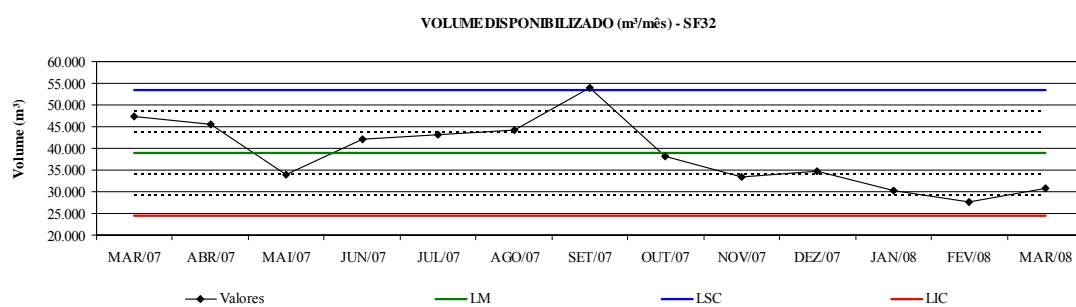


Figura 8.60: Gráfico de Controle VD – SF32

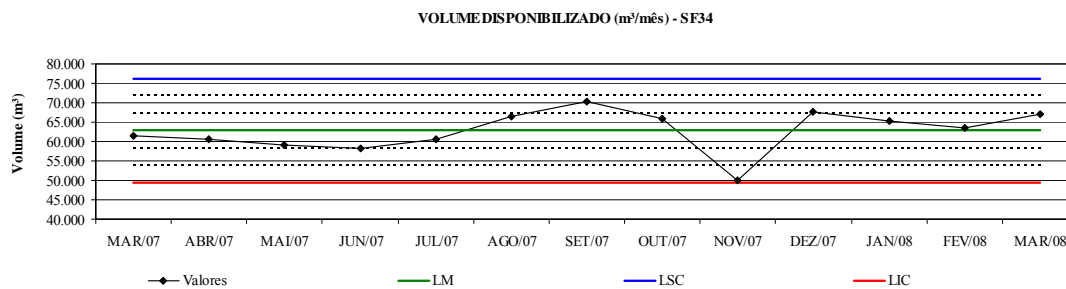


Figura 8.61: Gráfico de Controle VD – SF34

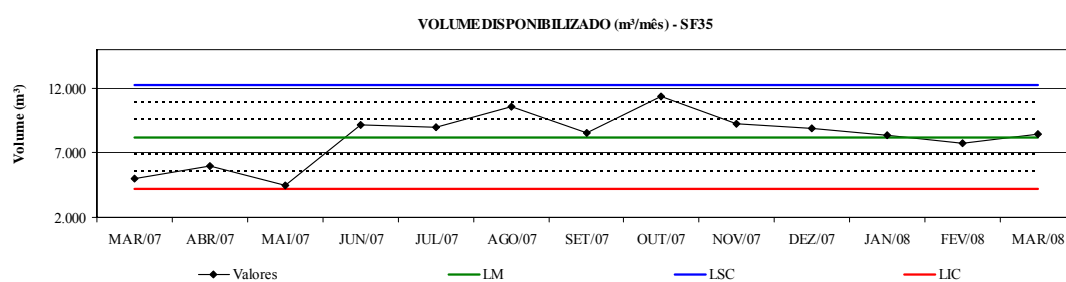


Figura 8.62: Gráfico de Controle VD – SF35

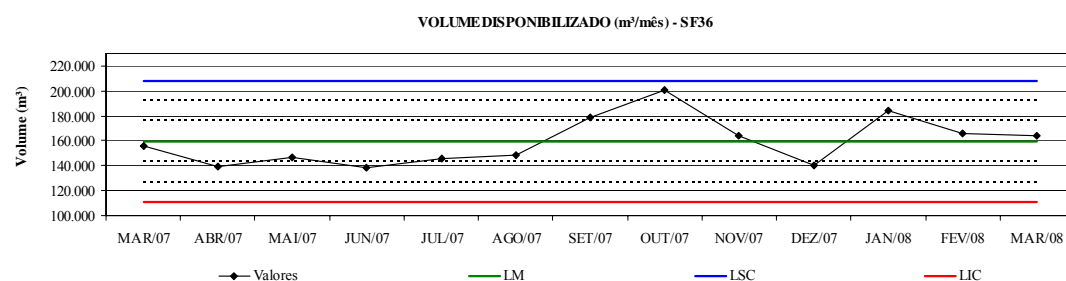


Figura 8.63: Gráfico de Controle VD – SF36

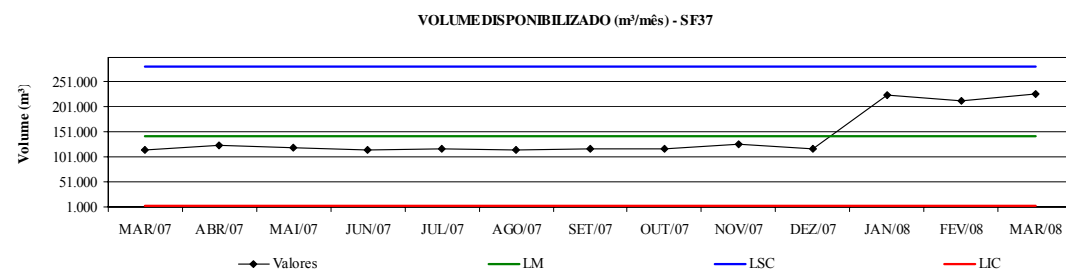


Figura 8.64: Gráfico de Controle VD – SF37

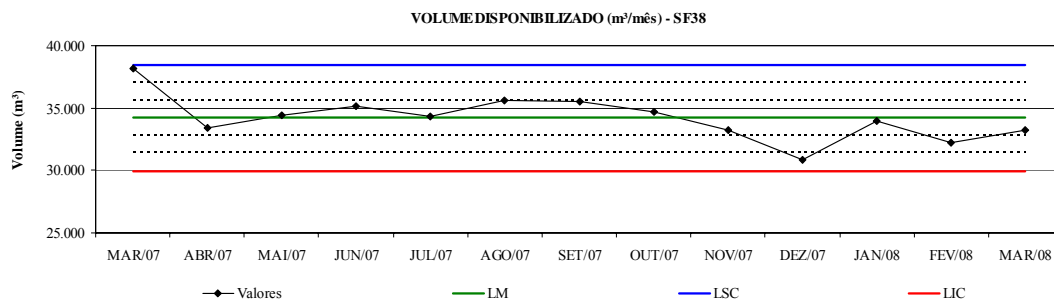


Figura 8.65: Gráfico de Controle VD – SF38

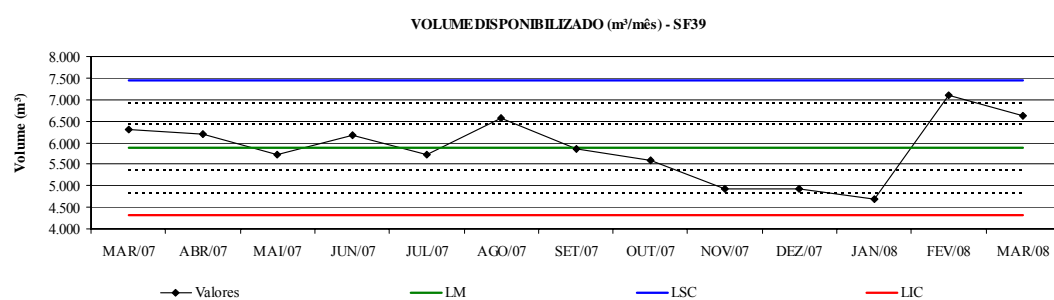


Figura 8.66: Gráfico de Controle VD – SF39

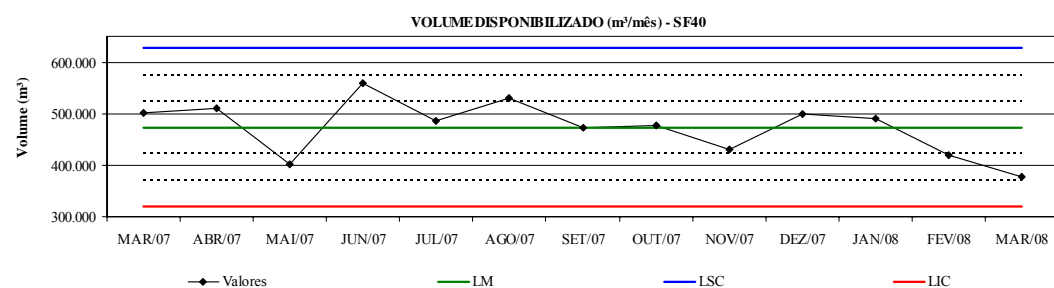


Figura 8.67: Gráfico de Controle VD – SF40

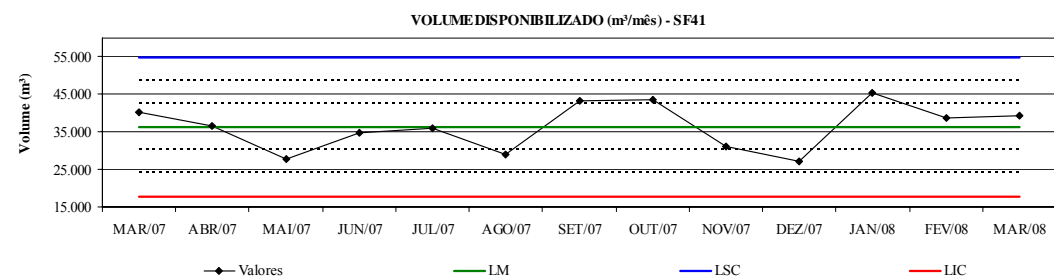


Figura 8.68: Gráfico de Controle VD – SF41

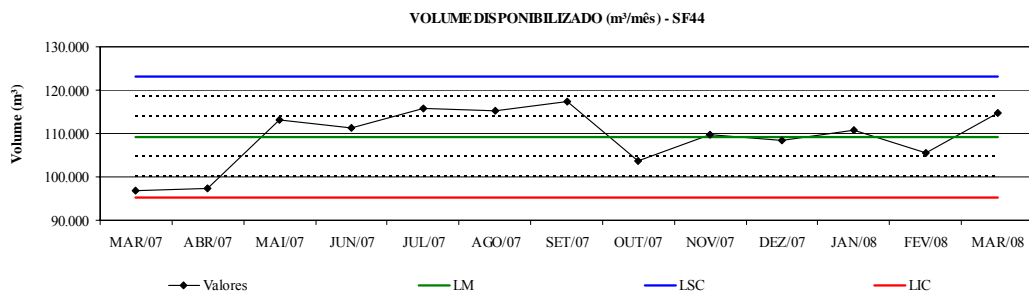


Figura 8.69: Gráfico de Controle VD – SF44

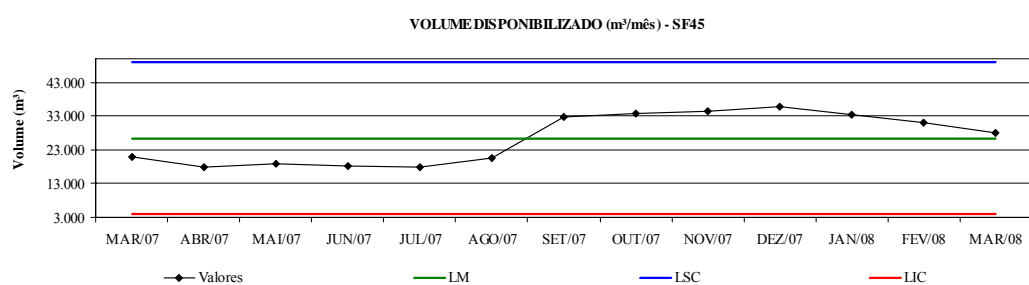


Figura 8.70: Gráfico de Controle VD – SF45

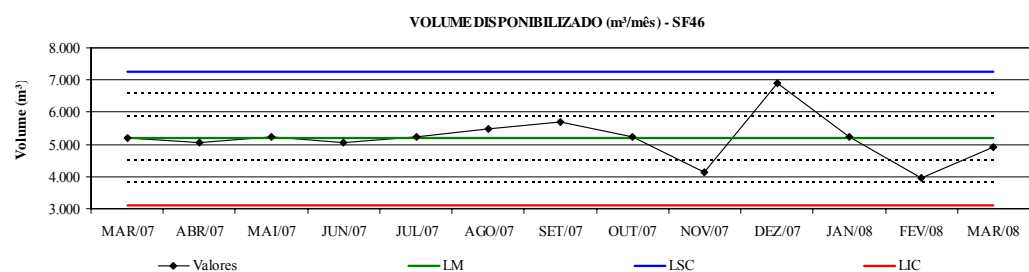


Figura 8.71: Gráfico de Controle VD – SF46

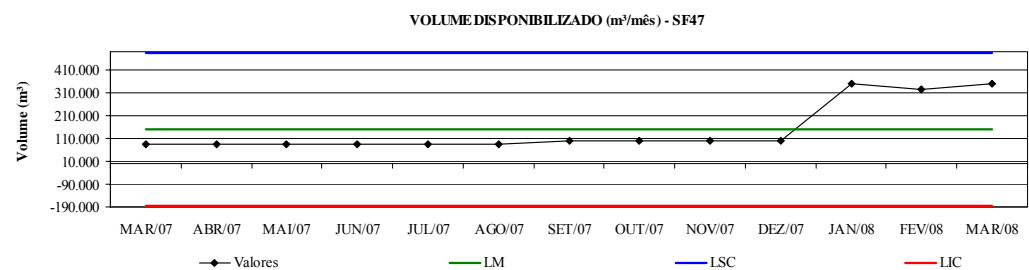


Figura 8.72: Gráfico de Controle VD – SF47

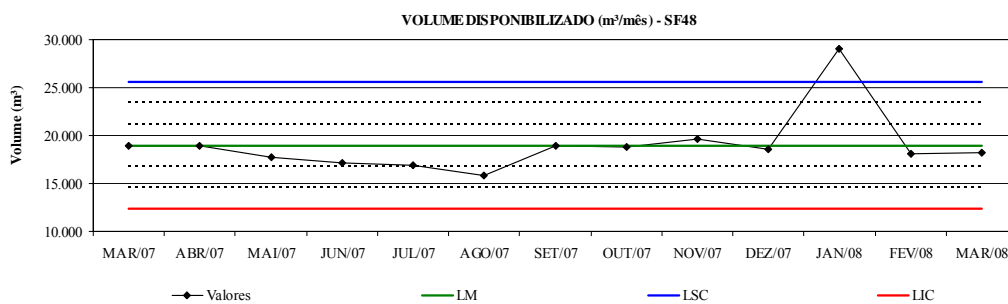


Figura 8.73: Gráfico de Controle VD – SF48

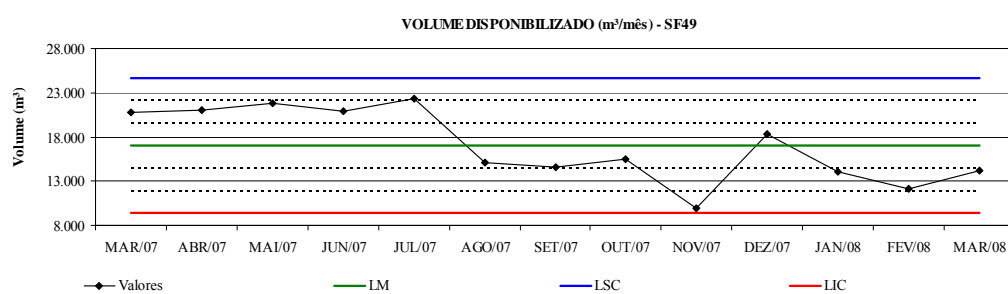


Figura 8.74: Gráfico de Controle VD – SF49



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)