

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE DADOS E
INDICADORES DE PERDAS EM SISTEMAS DE
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Edson Kurokawa

Florianópolis

11/2001

EDSON KUROKAWA

**SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE DADOS E INDICADORES DE PERDAS
EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Florianópolis, 28 de novembro de 2001.

Professor Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Coordenador do Curso.

BANCA EXAMINADORA

Antonio Cezar Bornia, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Pedro Alberto Barbeta, Dr.

Professor

Universidade Federal de Santa Catarina

Marcelo Menezes Reis, Dr.

Professor

Universidade Federal de Santa Catarina

DEDICATÓRIA

À minha esposa Adriane da Silva Kurokawa, pelo seu apoio, compreensão e dedicação durante a realização deste trabalho e também durante o curso de mestrado.

À minha mãe Keiko Higashitani Kurokawa, pelo seu incentivo constante.

Ao meu irmão Fábio Kurokawa, amigo e companheiro.

Ao meu pai, Sadanobu Kurokawa.

Ao meu orientador Professor Antonio Cezar Bornia, por ter me mostrado o caminho para que eu pudesse realizar este trabalho.

Ao professor Marcelo Menezes Reis, pela participação da banca examinadora e também pelas valiosas dicas e contribuições para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Professor Pedro Alberto Barbeta, pela participação da banca examinadora e pelo apoio para que pudesse aprimorar este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A todos professores do curso de Mestrado de Engenharia de Produção da UFSC.

Aos colegas do grupo de trabalho pelo constante apoio durante a realização do curso de mestrado: Paulo Teixeira, Roberto da Piedade e Luciano Bandeira.

Aos demais colegas do curso de mestrado.

Aos gerentes da Saneago (Adm. Antonio Teles e Engº. Miguel da Rocha) pela liberação das atividades de trabalho, para que eu pudesse frequentar as aulas durante o curso.

Aos colegas Engº. Manoel Carlos, Engº. Edson Filizola e Engº. Augustinho Albino, pelos constantes apoios durante a realização deste trabalho.

Ao colega Engº. João Batista Tibiriça pela orientação nas questões da qualidade.

Ao colega Adm. José Alves Alencar pelos constantes esclarecimentos na área comercial.

Ao colega Professor José Vicente Granato de Araújo, Ph.D., pelo apoio final prestado.

Aos demais colegas do comitê de perdas de Goiânia e do comitê de perdas comerciais..

À todos colegas da supervisão de pitometria e Distrito Oeste.

A todos colegas da empresa SANEAGO que contribuíram para que eu realizasse este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS.....	xiv
LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIATURAS.....	xv
RESUMO	xvii
ABSTRACT.....	xviii

<u>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 OBJETIVOS	
1.2.1 OBJETIVO GERAL	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 JUSTIFICATIVA	4
1.4 METODOLOGIA	4
1.5 LIMITAÇÃO DO TRABALHO	5
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	5
<u>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</u>	7
2.1 PERDAS DE ÁGUA	7
2.2 INDICADORES DE PERDAS	8
2.2.1 INFORMAÇÕES CHAVES	8
2.2.2 INDICADORES PRINCIPAIS	9
2.3 DETERMINAÇÃO DE PERDAS	10
2.3.1 SETORIZAÇÃO	11
2.3.2 MICROMEDIÇÃO	11
2.3.3 MACROMEDIÇÃO	12
2.3.3.1 Macromedidores Woltman	13
2.3.3.2 Macromedidores Eletromagnéticos	14
2.3.3.3 Macromedidores Ultra Som	15
2.4 PERDAS FÍSICAS	16
2.4.1 PROJETO	17
2.4.2 MONTAGEM E OBRAS	17

2.4.3	CONTROLE DE PRESSÃO	18
2.5	PERDAS NÃO FÍSICAS	18
2.5.1	SUBMEDIÇÃO	19
2.5.2	LIGAÇÕES CLANDESTINAS, FRAUDULENTAS E BY PASS	19
2.5.3	DEFICIÊNCIAS NO SETOR COMERCIAL	20
2.6	DEFINIÇÃO DO MODELO DE CICLO PRODUÇÃO/COMERCIAL.....	21
2.6.1	CICLO IDEAL PRODUÇÃO / COMERCIAL.....	21
2.6.2	CICLO REAL PRODUÇÃO/COMERCIAL.....	22
2.6.3	CICLO MÉDIO ESTIMADO PRODUÇÃO / COMERCIAL.....	25
2.6.4	CICLO REAL ADAPTADO PRODUÇÃO /COMERCIAL.....	26
2.6.5	CICLO DE PRODUÇÃO ADAPTADO AO CICLO COMERCIAL.....	28
2.6.6	FAIXA DE LEITURA.....	29
2.7	GESTÃO DO CONTROLE DE PERDAS	30
2.8	FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS	
	PARA MELHORIA DA QUALIDADE	31
2.8.1	GRÁFICO DE LINHAS	32
2.8.2	HISTOGRAMA	33
2.8.3	DIAGRAMA DE PARETO	35
2.8.4	ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS	36
2.8.5	DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO (ISHIKAWA)	37
2.8.6	GRÁFICO DE DISPERSÃO	39
2.8.6.1	Interpretação dos Gráficos de Dispersão	41
2.8.6.2	Gráficos de Dispersão Associados com a Estratificação de Dados.....	41
2.8.7	DIAGRAMA DE VISUALIZAÇÃO DE DEFEITOS.....	42
2.8.8	CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)	44
3.8.8.1	Causas Comuns e Especiais	45
2.8.8.2	Montagem dos gráficos de Controle	47
2.8.8.3	Tipos de gráficos de Controle	47
2.8.8.4	Interpretação de Gráficos de Controle	52
2.9	FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS APLICADAS AO	
	CONTROLE DE PERDAS.....	55
2.9.1	GRÁFICO LINEAR.....	55
2.9.2	HISTOGRAMA.....	56
2.9.2.1	Capacidade.....	57

2.9.2.2	Aplicação do Histograma em análise de dados.....	58
2.9.3	DIAGRAMA DE CAUSA EFEITO.....	59
2.9.4	DIAGRAMA DE PARETO.....	60
2.9.5	ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS.....	61
2.9.6	DIAGRAMA DE VISUALIZAÇÃO DE PROBLEMAS.....	62
2.9.7	GRÁFICOS DE DISPERSÃO.....	63
2.9.8	CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)	65
2.9.8.1	Modelo do gráfico utilizado.....	65
2.9.8.2	Construção do gráfico.....	65
2.9.8.3	Interpretação dos gráficos.....	66
2.10	COMENTÁRIOS	72
	<u>CAPÍTULO 3 - SISTEMÁTICA PROPOSTA.....</u>	73
3.1	ETAPAS DO TRABALHO	73
3.2	PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO DE DADOS	75
3.2.1	LEVANTAMENTO DE DADOS NO SETOR OPERACIONAL	75
3.2.1.1	Montagem e Manutenção do Cadastro Técnico	75
3.2.1.2	Processo de Setorização de Redes	78
3.2.1.3	Macromedição	80
3.2.2	USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	81
3.2.2.1	Sistema De Informação em Saneamento	81
3.2.2.2	Utilização de Sistemas de Informação em Controle de Perdas....	82
3.2.3	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES COMERCIAIS	84
3.2.3.1	Cadastro Comercial	84
3.2.3.2	Micromedição	85
3.2.4	DEFINIÇÃO DO MODELO DE CICLOS PRODUÇÃO / COMERCIAL...	85
3.2.5	LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES	87
3.2.5.1	Modelo de planilha de coleta de dados.....	88
3.2.5.2	Modelo de planilha para trabalhar os dados.....	89
3.2.6	RESUMO DA 1ª ETAPA DA SISTEMÁTICA	92
3.3	SEGUNDA ETAPA: ANÁLISE DOS DADOS.....	94
3.3.1	GRÁFICO LINEAR.....	94
3.3.2	DIAGRAMA DE PARETO.....	96
3.3.3	DIAGRAMA DE VISUALIZAÇÃO DE PROBLEMAS EM CONJUNTO COM DIAGRAMA DE ISHIKAWA E PARETO.....	98
3.3.4	GRÁFICO DE DISPERSÃO COM ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS.....	100

3.3.5	CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)	105
3.3.5.1	Representação Simbólica do CEP	105
3.3.5.2	Limitações dos Dados neste Modelo de Planilha	107
3.4	GESTÃO DO PROCESSO	107
3.5	RESUMO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA	111
	<u>CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA</u>	115
4.1	INTRODUÇÃO	115
4.2	A EMPRESA SANEAMENTO DE GOIÁS S/A	116
4.2.1	PROGRAMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NA SANEAGO.....	118
4.2.2	PROGRAMA DE COMBATE A PERDAS NA EMPRESA.....	119
4.2.3	COMITÊ DE GOIÂNIA.....	120
4.3	REGIÕES A SEREM ESTUDADAS	121
4.3.1	JARDIM AMÉRICA.....	121
4.3.1.1	Objetivos do estudo	121
4.3.1.2	Características do setor	122
4.3.1.3	Histórico do Projeto	123
4.3.2	DISTRITO DE TRINDADE	125
4.3.3	SISTEMA JOÃO LEITE	125
4.4	PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO DE DADOS	126
4.4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS NO SETOR OPERACIONAL.....	126
4.4.2	LEVANTAMENTO DE DADOS NO SETOR COMERCIAL.....	126
4.4.3	SISTEMA DE CONTROLE DE PERDAS (SICOP)	126
4.4.3.1	Funcionamento do SICOP	128
4.4.3.2	Condições de utilização	130
4.4.3.2.1	Cadastro técnico de redes atualizado e confiável	130
4.4.3.2.2	Criação de setores fechados	130
4.4.3.2.3	Cadastro comercial atualizado	131
4.4.4	ESCOLHA DO CICLO DE PRODUÇÃO / COMERCIAL	132
4.5	APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE NA AVALIAÇÃO DE DADOS E INDICADORES DO JARDIM AMÉRICA	132
4.5.1	APLICAÇÃO DO GRÁFICO LINEAR	132
4.5.1.1	Gráfico Linear com vários tipos de Indicadores de Perdas	133
4.5.1.2	Análise dos Modelos de Indicadores de Perdas com o Gráfico Linear	134

4.5.1.3	Gráfico Linear para Verificação de Ações.....	137
4.5.2	UTILIZAÇÃO DO CEP.....	140
4.5.2.1	Montagem do gráfico de Controle.....	141
4.5.2.2	Análise do gráfico de Controle do Setor.....	142
4.5.2.3	Questão da Confiabilidade dos Dados.....	146
4.5.2.4	Implantação do CEP na Saneago.....	147
4.5.2.5	Utilização do Diagrama de Causa Efeito para Avaliação de Pontos Superiores.....	149
4.5.3	UTILIZAÇÃO DO HISTOGRAMA.....	150
4.5.4	UTILIZAÇÃO DO DIAGRAMA DE PARETO E DE ISHIKAWA.....	153
4.5.5	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS AÇÕES REALIZADAS.....	158
4.5.6	APLICAÇÃO DOS GRÁFICOS DE DISPERSÃO.....	160
4.5.6.1	Gráfico de Dispersão – (Área Construída X Média do Consumo)	160
4.5.6.2	Gráfico de Dispersão – (Quantidade de Consumidores X Consumo Médio)....	162
4.5.6.3	Gráfico de Dispersão com Estratificação dos Dados.....	162
4.5.6.4	Gráfico de Dispersão - (Quantidade de Consumidores X Consumo Médio) ...	163
4.5.6.5	Gráfico de Dispersão - (Quantidade de Consumidores X Consumo Médio) ...	165
4.5.6.6	Gráfico de Dispersão - (Quantidade de Consumidores X Consumo Médio) ...	166
4.5.6.7	Uso do Diagrama de Ishikawa para Avaliação de baixo consumo.....	167
4.6	APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS EM TRINDADE..	168
4.6.1	Aplicação do CEP na produção deste sistema	168
4.6.2	Gráfico de Controle do Volume Produzido Diariamente	169
4.6.3	Diagrama de Visualização de Defeitos.....	175
4.7	APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS NA ANÁLISE DA PRODUÇÃO DA ETA JOÃO LEITE.....	179
4.7.1	Montagem do gráfico de Controle de Produção	180
4.8	RESUMO DO CAPÍTULO.....	182
	<u>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO.....</u>	184
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	187
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	189
	BIBLIOGRAFIA	192
	ANEXO 1 – DADOS DE ENSAIO DE HIDRÔMETROS	
	ANEXO 2 – ESTIMATIVA DE CUSTOS DE SERVIÇOS	
	ANEXO 3 - DADOS COMERCIAIS DE CLIENTES	

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Macromedidor Woltman.....	14
Figura 2.2	Turbina do Macromedidor Woltman	14
Figura 2.3	Macromedidor Eletromagnético	15
Figura 2.4	Mostradores de leitura do Macromedidor Eletromagnético.....	15
Figura 2.5	Eletrodos do Macromedidor de Ultra Som	16
Figura 2.6	Ciclo Ideal Faturamento X Produção	22
Figura 2.7	Ciclo Real Faturamento X Produção	23
Figura 2.8	Ciclo Real Médio Faturamento X Produção	26
Figura 2.9	Ciclo Real Adaptado Faturamento X Produção	27
Figura 2.10	Ciclo de Produção acompanhando Comercial	29
Figura 2.11	Faixa de Leitura	29
Figura 2.12	Modelo de Gráfico Linear	33
Figura 2.13	Modelo de Histograma	34
Figura 2.14	Diagrama de Pareto	35
Figura 2.15	Modelo de estratificação de dados	37
Figura 2.16	Diagrama de causa efeito	38
Figura 2.17	Gráficos de correlação positiva	40
Figura 2.18	Gráficos de correlação negativa	40
Figura 2.19	Gráfico praticamente sem correlação	40
Figura 2.20	Gráfico de dispersão com pontos atípicos.	41
Figura 2.21	Gráfico de dispersão com e sem estratificação de dados	42
Figura 2.22	Circuito eletrônico mostrado defeitos	43
Figura 2.23	Croqui de aeroplano com pontos com defeitos.....	43
Figura 2.24	Gráfico de controle genérico.....	45
Figura 2.25	Diagrama linear com causas comuns e especiais.....	46
Figura 2.26	Gráfico de controle com pontos fora do limite.....	52
Figura 2.27	Gráfico de controle com pontos em ascendência.....	53
Figura 2.28	Gráfico de controle com pontos alternado ciclicamente.....	53
Figura 2.29	Gráfico de controle com pontos próximos da linha central.....	53
Figura 2.30	Gráfico de com pontos incidindo de um lado do LC	54
Figura 2.31	Gráfico de controle.....	54
Figura 2.32	Representação de um gráfico linear mensal de indicador de perdas.....	55

Figura 2.33	Histograma de volume produzido diário	56
Figura 2.34	Histograma mostrando produção ou distribuição	57
Figura 2.35	Histograma mostrando um sistema próximo de sua capacidade	58
Figura 2.36	Histograma mostrando teste de hidrômetros	58
Figura 2.37	Diagrama de Causa Efeito para mostrar causas de vazamentos	60
Figura 2.38	Diagrama de Pareto para analisar causas de vazamentos	61
Figura 2.39	Mapa de visualização de defeitos em RDA em São Carlos-SP.....	63
Figura 2.40	Gráfico de dispersão (Consumo Energia X Consumo Água)	64
Figura 2.41	Gráfico de controle com ponto fora limite superior	66
Figura 2.42	Gráfico utilizada na estimação de perdas	67
Figura 2.43	Representação de vazamento e descarga na rede	67
Figura 2.44	Representação de extravazamento em reservatório	68
Figura 2.45	Dois gráficos de controle associados	69
Figura 2.46	Gráfico de controle com ponto fora do limite inferior de controle	69
Figura 2.47	Gráfico de controle para pontos em seqüência	70
Figura 2.48	Dois gráficos de controle associadas	70
Figura 2.49	Gráfico de controle com pontos próximos dos limites	71
Figura 2.50	Gráfico de controle para pontos próximos da linha média	71
Figura 3.1	Fluxograma simplificado da sistemática	74
Figura 3.2	Representação de sistema de abastecimento sem cadastro	76
Figura 3.3	Representação de sistema de abastecimento com cadastro técnico	78
Figura 3.4	Representação de sistema de abastecimento com setorização de redes.....	80
Figura 3.5	Representação de sistema de abastecimento com macromedição	81
Figura 3.6	Sistema com determinação de volumes micromedidos setoriais	87
Figura 3.7	Modelo de planilha de leitura diária	88
Figura 3.8	Modelo de planilha para trabalhar os dados	90
Figura 3.9	Sistema com determinação de indicadores de perdas setoriais	93
Figura 3.10	Sistema de abastecimento mostrando utilização de gráficos lineares.....	95
Figura 3.11	Árvore de controle setorial com utilização de gráfico lineares	95
Figura 3.12	Sistema de abastecimento mostrando utilização o diagrama de Pareto	97
Figura 3.13	Diagrama de Pareto para determinação de causas de problemas	97
Figura 3.14	Sistema de abastecimento mostrando utilização o diagrama de visualização de defeitos, junto com diagrama de Pareto e de Ishikawa	99

Figura 3.15	Representação de sistema de abastecimento mostrando utilização o diagrama de Pareto junto com gráfico de dispersão	101
Figura 3.16	Sistema de abastecimento mostrando a utilização do diagrama de Pareto junto com gráfico de dispersão com dados estratificados.....	103
Figura 3.17	Gráficos de dispersão combinados	104
Figura 3.18	Representação de sistema de abastecimento mostrando utilização de gráficos de controle em setores	106
Figura 3.19	Árvore de controle setorial com utilização do CEP	106
Figura 3.20	Representação de sistema de abastecimento mostrando o uso das Ferramentas Estatísticas da Qualidade na análise de problemas	108
Figura 3.21	Representação de sistema de abastecimento mostrando o uso das Ferramentas Estatísticas da Qualidade como instrumento de gestão.....	110
Figura 3.22	Fluxograma da 1ª etapa de levantamento de dados	111
Figura 3.23	Fluxograma da 2ª etapa de análise dos dados	113
Figura 4.1	Desenho da área do projeto piloto Jardim América	123
Figura 4.2	Representação Simbólica de zonas comerciais e zonas operacionais	127
Figura 4.3	Vinculação macromedidor / cliente	129
Figura 4.4	Vinculação cliente / reservatório	129
Figura 4.5	Distribuição sem separação de zonas	131
Figura 4.6	Distribuição com separação de zonas	131
Figura 4.7	Gráfico Linear com indicador de perdas	133
Figura 4.8	Gráfico Linear com modelo de indicadores de Perdas	134
Figura 4.9	Gráfico Linear com indicadores sem ajuste do ciclo	135
Figura 4.10	Gráfico de Barras mostrando diferença nos ciclos no projeto piloto do Jardim América	135
Figura 4.11	Gráfico Linear com indicadores de perdas com os ciclos sincronizados ...	136
Figura 4.12	Gráfico Linear com tendências após as ações realizadas	139
Figura 4.13	Representação simbólica em que fase será aplicado o CEP no projeto.....	140
Figura 4.14	Gráfico de controle de 90 leituras no projeto piloto do Jardim América	141
Figura 4.15	Gráfico de Controle do mês 06/2000 até 03/2001	143
Figura 4.16	Gráfico de Controle até o mês 07/2001	144
Figura 4.17	Gráfico mostrando redução de pressão no setor	145
Figura 4.18	Gráfico de Controle com novos limites	146

Figura 4.19	Diagrama de Causa Efeito para avaliação de pontos superiores	150
Figura 4.20	Histograma com distribuição de frequências dos erros levantados em ensaios	151
Figura 4.21	Gráfico com erro acumulativo dos hidrômetros ensaiados	152
Figura 4.22	Gráfico Linear mostrando tendência de indicadores	153
Figura 4.23	Gráfico de Pareto mostrando componentes de perdas no setor	154
Figura 4.24	Diagrama de Ishikawa para perdas no setor	155
Figura 4.25	Diagrama de Pareto de perdas no setor	156
Figura 4.26	Diagrama de Ishikawa para perdas no setor	157
Figura 4.27	Gráfico de retorno econômico para ações no setor comercial	158
Figura 4.28	Gráfico de retorno econômico para ações para controle de pressão	159
Figura 4.29	Gráfico de Dispersão	160
Figura 4.30	Gráfico de Dispersão	162
Figura 4.31	Gráfico de Dispersão Estratificado	163
Figura 4.32	Gráfico de Dispersão categoria residencial 2	164
Figura 4.33	Gráfico de Dispersão categoria residencial 3	165
Figura 4.34	Gráfico de Dispersão categoria residencial 4 e 5	166
Figura 4.35	Diagrama de Ishikawa para avaliação de baixo consumo	167
Figura 4.36	Representação simbólica mostrando em qual fase será utilizado o CEP	168
Figura 4.37	Histograma de Produção Diário de Trindade	169
Figura 4.38	Gráfico de Controle para 90 leituras diárias	170
Figura 4.39	Gráfico de Controle de 08/2000 a 010/2000	170
Figura 4.40	Gráfico de controle de 08/2000 a 07/2001	171
Figura 4.41	Gráfico de controle de 1/3/2001 a 31/3/2001	172
Figura 4.42	Gráfico de controle de 1/6/2001 a 14/7/2001	174
Figura 4.43	Modelo geral do cadastro técnico de Trindade	176
Figura 4.44	Manutenções realizadas na rede de distribuição de Trindade	177
Figura 4.45	Detalhe das informações registradas no cadastro técnico da cidade de Trindade	178
Figura 4.46	Histograma de volume produzido diário na ETA João Leite.....	179
Figura 4.47	Gráfico de Controle com 90 leituras diárias	180
Figura 4.48	Gráfico de Controle com limites de controle alterados trimestralment..	181

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Relação Redução Pressão X Redução Vazamentos	18
Quadro 2.2	Fórmulas dos gráficos de controle	48
Quadro 4.1	Indicadores de atendimento de água e esgoto da Saneago	117
Quadro 4.2	Características da empresa Saneago	119
Quadro 4.3	Atividades desenvolvidas na região piloto do Jardim América	124
Quadro 4.4	Valores de indicadores mensais de perdas no projeto piloto	138
Quadro 4.5	Ações e indicadores médios de perdas no projeto piloto	153

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS.

BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social
BNH	Banco Nacional de Habitação
CA	Cimento Amianto
CCQ	Círculos de Controle de Qualidade
CESB	Companhias Estaduais de Saneamento Básico
CEF	Caixa Econômica Federal
CAESB	Companhia de Água e Esgoto de Brasília
CEP	Controle Estatístico de Processo
EAT	Elevatória de Água Tratada
ETA	Estação de Tratamento de Água
FEQ	Ferramentas Estatísticas da Qualidade
F°F°	Ferro Fundido
GIS	Sistemas de Informação Geográficas
ISO	International Standard
K₁	Coeficiente do dia de maior consumo
K₂	Coeficiente da hora de maior consumo
kg/cm²	Kilogramas por centímetro quadrado
kWh	Kilo-Watt Hora
LC	Limite de controle
LIC	Limite inferior de controle
LSC	Limite Superior de controle
m³	Metro cúbico
mca	Metro de coluna de água
ONG	Organização não Governamental
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PVC	Cloreto de Vinila
RAU	Registro Automático
RDA	Rede de Distribuição de Água
R[—]m	Range ou amplitude média
RH	Recursos Humanos
R\$	Real

SANEAGO	Saneamento de Goiás S/A
SANESUL	Saneamento do Mato Grosso do Sul
SCADA	Sistemas de Aquisição e Controle de Dados Operacionais
SEPURB	Secretaria de Políticas Urbanas
SICOP	Sistema de Controle de Perdas.
SUDOA	Superintendência de Desenvolvimento Operacional – Saneago
SUMES	Superintendência Metropolitana de Serviços - Saneago
VF	Volume Faturado
VRP	Válvula Reguladora de Pressão
\bar{x}	Valor médio

RESUMO

O objetivo deste trabalho é definir uma sistemática para avaliação dos dados e indicadores de perdas utilizados em empresas de saneamento. Para isso, são levantadas as várias etapas e procedimentos necessários para se chegar a estes indicadores. São avaliadas algumas deficiências na preparação dos indicadores e mostradas propostas para melhorar a sua elaboração, para obtê-los de forma razoavelmente precisa. A avaliação final do processo proposto no trabalho utilizará as Ferramentas Estatísticas da Qualidade (FEQ) como instrumentos gerenciais na análise dos dados e informações que irão gerar os indicadores de perdas. Também serão analisadas informações complementares, que estão presentes nas empresas de saneamento e que possibilitam auxiliar no processo de gestão de controle de perdas. As Ferramentas Estatísticas da Qualidade, utilizadas neste trabalho para mostrar sua aplicação na avaliação de controle de perdas, serão: o Controle Estatístico de Processo (CEP), o Diagrama de Pareto, o Diagrama de Causa Efeito (Ishikawa), o Histograma, a Estratificação de Dados, o Diagrama de Visualização de Defeitos e o Gráfico de Dispersão.

ABSTRACT

The objective of this work is to define a methodology for evaluation of the water losses data and performance indicators used in water supply companies. With this purposes the several stages and necessary procedures to determine these indicators are identified. The work evaluated some deficiencies in the preparation of these indicators and shown proposals in order to improve their precision. The final evaluation of the process proposed here, will use Statistical Tools of Quality (STQ), as managerial instruments in the analysis of the data and informations that are going to generate the losses indicators. It will also be analyzed complementary information, available in water supply companies, which can help the management of the process used to control water losses. The Statistical Tools of Quality applied in the analysis of the losses control will be: the Statistical Process Control (SPC), Pareto's Diagram, Cause and Effect Diagram (Ishikawa), the Histogram, the Data Stratify, the Defects Visualization Diagram and the Scatter Plot.

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste século XXI que está se iniciando, um dos principais desafios para os gestores das áreas urbanas do Brasil é a garantia do abastecimento e fornecimento de água tratada para as populações destas regiões. Embora o país possua uma das maiores reservas de água doce do planeta, a maior parte delas está concentrada na região da bacia amazônica, onde há baixa densidade populacional e distantes dos grandes centros consumidores, o que inviabiliza, economicamente, sua utilização. Nas áreas mais densamente povoadas do país, tais como nos grandes aglomerados urbanos e em pequenas e médias cidades de determinadas regiões do país, convive-se com a falta do produto e também com políticas de rodízio e racionamento, por ser a demanda maior do que a capacidade de oferta. Pode-se citar, como exemplos, as cidades e capitais do país, que estão enfrentando essa carência: a cidade de São Paulo e região metropolitana, região da grande Recife, Manaus e a região metropolitana de Goiânia, durante o ano de 1999. Com o aumento da demanda, devido ao crescimento da população urbanizada, e à industrialização dessas regiões, há uma tendência de agravamento do problema.

Embora as concessões dos serviços de saneamento e abastecimento de água à população no Brasil pertençam aos municípios, na maior parte do país eles são operados pelas empresas estaduais de saneamento, que exercem um monopólio sobre todas as fases de produção, tratamento e distribuição deste bem. As empresas estaduais, devido ao esgotamento de sua capacidade financeira de endividamento, enfrentam sérias dificuldades para investir em expansão e melhorias para atendimento da população que não possui acesso ao serviço.

Nesta situação, convive-se com as perdas¹ (água não contabilizada, ou seja, incluem-se as perdas comerciais e perdas físicas), onde segundo levantamento do BNDES(1998), relativo ao ano de 1997, em valores gerais de 40,1%, sendo de 39,6% para as CESB (Companhias Estaduais de Saneamento Básico), e de 49,9% para os serviços municipais (autarquias pertencentes às prefeituras). Essas perdas ocorrem durante os vários processos que compõem a produção, a reservação, a distribuição e a comercialização da água.

¹ Perdas físicas – perdas devidos vazamentos e extravasamentos.

Perdas não físicas ou comerciais – perdas devido ao não faturamento da água consumida.

Em Goiás, a SANEAGO (Saneamento de Goiás S/A), empresa concessionária estadual, convive com perdas em valores de até 60% em seus sistemas de abastecimento de água. A média de perdas, considerando-se todos os sistemas desta empresa, está em torno de 35% a 40% (SANEAGO, 2001). Ao mesmo tempo, parte da população do estado não tem acesso à água tratada, porque a empresa não tem condições de ofertar o produto. Na região metropolitana de Goiânia, essa situação é verificada diariamente: vários bairros desta região urbana, densamente habitados e que possuem viabilidade técnica e econômica para implantação de redes de distribuição para atendimento da população, sofrem da falta de água tratada, porque a empresa não tem condições de ofertar os serviços. Esta situação ocorre devido ao fato de o sistema trabalhar próximo da capacidade limite de produção.

Reverter esta situação, minimizando o desperdício, através de um controle operacional mais eficiente de perdas, é uma questão estratégica de viabilização financeira, econômica e operacional para as empresas brasileiras de saneamento.

O serviço de fornecimento de água tratada aos consumidores envolve uma cadeia de processos, desde o momento em que é retirada a água bruta nos mananciais, nos vários sub-processos que compõe o tratamento, nos processos de adução, de reservação e de distribuição, até o momento em que a água tratada chega na torneira do usuário para consumo final. Em cada etapa destes processos, existem perdas de água, que contribuem para que a empresa tenha as seguintes conseqüências negativas:

- Aumento do custo final do produto.
- Desperdício de recursos materiais, insumos químicos utilizados no tratamento, energia elétrica para bombeamento e horas de trabalho no tratamento do produto.
- Insatisfação do cliente pela falta ou desperdício.
- Investimentos para atendimento de demanda reprimida da população
- O indicador de perdas é um dos principais itens de avaliação de ineficiência das empresas de saneamento pelas entidades financiadoras do setor (CEF, BNDES e BID). Quanto maior o indicador de perdas, menores são as possibilidades de a empresa adquirir financiamentos junto a estes agentes financeiros.

Uma das maiores dificuldades, enfrentadas pelas companhias de saneamento, é a falta de estudos, métodos de controle e acompanhamento do processo de gestão de perdas, além de

rotinas gerenciais adaptadas à realidade local, para uma avaliação de controle 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. Existem deficiências na forma de se levantarem os dados, e também faltam ferramentas para se complementar uma análise. Desta maneira, existe a seguinte situação: se não se medem corretamente os índices de perdas, conseqüentemente, não se controla, de forma adequada, o processo; se não existe o controle, não existe o gerenciamento eficiente. A partir desta colocação, é levantado o problema deste trabalho:

De que forma pode ser melhorado o processo de levantamento e análise de dados sobre perdas de água em sistemas de abastecimento e distribuição, a fim de possibilitar suporte a ações para reduzir tais perdas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma sistemática para avaliação e análise de dados sobre perdas em sistemas de distribuição de água.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efetuar revisão sobre perdas em sistemas de abastecimento e distribuição de água.
- Dissertar sobre as principais ferramentas estatísticas voltadas para a melhoria da qualidade.
- Construir uma sistemática, incorporando as ferramentas estatísticas para fornecer indicadores que subsidiem ao gestor tomar as ações no combate a perdas.
- Aplicar a proposta em uma situação prática.

1.3 JUSTIFICATIVA

A questão de controle de perdas em sistemas de abastecimento é um problema altamente complexo e de difícil solução, pois são inúmeras as causas que contribuem para a existência deste problema. Não existe uma solução simplista e fácil que irá resolver este problema presente nas empresas de saneamento. É possível, sim, o gerenciamento de várias atividades de forma integrada, para alcançar uma melhor eficiência operacional do sistema, a fim de se tentar minimizar este problema.

A proposta deste trabalho é apresentar alguns subsídios que possam auxiliar o gestor de um sistema de abastecimento e distribuição na tarefa de diminuir os altos índices de perdas presentes. Desta forma, pode-se justificar a relevância do trabalho devido aos seguintes argumentos:

- Relevância Teórica - Existem poucos estudos sobre perdas e desperdícios de água tratada no país, principalmente sob a abordagem da ótica da qualidade e com o uso das ferramentas estatísticas da qualidade.
- Relevância Prática – mostra uma possível aplicação da metodologia proposta a partir de dados reais levantados em unidades operacionais da empresa Saneamento de Goiás S/A e a possibilidade de utilização futura como um instrumento gerencial.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho se iniciará a partir de pesquisas bibliográficas junto a vários autores sobre o assunto perdas de água tratada em sistemas de abastecimento e de distribuição. Posteriormente, será realizada a pesquisa bibliográfica sobre as ferramentas estatísticas da qualidade. Complementando esta parte do trabalho, serão analisadas as possíveis aplicações destas ferramentas estatísticas no auxílio do controle de perdas.

A partir da pesquisa bibliográfica, será proposta a sistemática. Nesta etapa, serão descritos os passos necessários para a implementação, em uma situação real, de um sistema de abastecimento. Serão detalhados os vários processos que irão compor a sistemática proposta, desde a etapa de levantamento dos dados, até a parte final de análise dos dados, por meio da aplicação das ferramentas estatísticas da qualidade.

A parte final do trabalho consistirá na aplicação parcial da sistemática proposta na avaliação de dados da empresa Saneago. A ênfase será dada na análise de dados reais, com auxílio das ferramentas estatísticas levantados em sistemas desta empresa. Nesta fase, será realizado um estudo com aplicação prática da sistemática proposta em três casos coletados da empresa citada.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A sistemática proposta neste trabalho descreve um conjunto de passos para gerar indicadores de perdas setoriais, como também analisar, com o auxílio das ferramentas estatísticas, estes dados. Devido às limitações de recursos (materiais, tempo e financeiros), não será aplicada, em todas as fases do sistema de distribuição de água, a sistemática proposta. Desta forma, existem as seguintes limitações, nesta pesquisa:

- Aplicação de forma parcial, restrita e de forma didática da sistemática proposta, em regiões de um sistema de abastecimento.
- As aplicações das ferramentas estatísticas na análise dos dados, para um estudo de controle de perdas, serão restritas a determinadas situações e limitadas a certos casos.
- Neste trabalho, a análise dos dados ficará restrita às ferramentas estatísticas básicas da qualidade.

1.6 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS

Esta dissertação foi dividida em seis capítulos. A seguir, serão apresentados os resumos de cada capítulo.

Capítulo 1 – Introdução. Neste capítulo serão apresentados o problema, o objetivo geral do trabalho, os objetivos específicos, a justificativa do trabalho, a metodologia e os limites do trabalho.

Capítulo 2 – A problemática/Estado da arte. Neste capítulo, serão revisados os vários conceitos de perdas em sistemas de abastecimento de água e as metodologias utilizadas nas companhias de saneamento para avaliação e controle de perdas. Em seguida, serão apresentados os conceitos das ferramentas estatísticas para a qualidade e uma revisão bibliográfica deste assunto. Na parte final do capítulo 2, será realizada uma análise das possibilidades de aplicação das ferramentas estatísticas da qualidade, aplicadas ao auxílio de controle de perdas.

Capítulo 3 - Proposta de resolução do problema. Apresentará a sistemática proposta, onde serão mostrados os procedimentos para se levantarem os dados e indicadores para a realização do estudo de controle de perdas setorial. A seguir, serão apresentadas propostas para avaliação, análise de dados e indicadores de perdas em sistemas de distribuição de água, com a utilização das ferramentas estatísticas da qualidade.

Capítulo 4 – Aplicação da sistemática. Neste capítulo, será apresentada a empresa Saneamento de Goiás S/A, local onde foi realizada a aplicação experimental da sistemática. Esta aplicação foi feita em unidades desta empresa, onde a utilização prática da sistemática será mostrada em detalhes. Também serão descritos os resultados alcançados com esta pesquisa, assim como as falhas e dificuldades de utilização da proposta.

Capítulo 5 – Conclusões. São apresentadas as conclusões sobre a metodologia utilizada, juntamente com a recomendação e sugestões para trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas e Bibliografia.

Anexos.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente revisão pretende definir, de acordo com a literatura existente, os principais conceitos de indicadores de perdas utilizados nas empresas de saneamento. Nesta revisão, será mostrado como são determinados os principais indicadores de perdas, como é realizado o controle de perdas, os conceitos de perdas físicas e não físicas, como são os ciclos de produção/comercial e sobre gestão de controle perdas. Apresentará os modelos de levantamento de dados e de análise destes indicadores, que são utilizados para direcionar ações de combate às perdas e desperdícios em sistemas de distribuição de água. Também serão abordadas as principais definições das Ferramentas Estatísticas da Qualidade, assim como suas aplicações em várias situações de análise de processos. Na parte final do capítulo, será analisada a potencialidade das ferramentas estatísticas no auxílio ao combate às perdas em sistemas de abastecimento.

2.1 PERDAS DE ÁGUA

Segundo Sato (2000), o conceito de perdas varia de acordo com cada país e organização. Não existe um padrão ou uniformidades nos conceitos. Existem várias definições, nomenclaturas, critérios e conceitos diferentes, de acordo com uma realidade local. Determinados países, como o Japão e EUA, definem perdas de água somente na situação em que as águas não são contabilizadas pela micromedição, enquanto outros países, como a Inglaterra, consideram como perdas de água somente as perdas físicas (perdas devido aos vazamentos), pois somente uma pequena parte das ligações dos consumidores 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.

Para Lambert² (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. Neste caso, as perdas são os somatórios de perdas físicas e não físicas.

² Lambert, Alam. **Controlling leaks with BABE**. 1993 Water and Waste Treatment, 41, 51-52

2.2 INDICADORES DE PERDAS

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.

A Secretaria de Políticas Urbanas (SEPURB) iniciou, no ano de 1994, o desenvolvimento de um trabalho visando normatizar os indicadores de perdas utilizados pelas companhias de saneamento. O objetivo principal deste trabalho foi estabelecer uma normatização de termos e indicadores para sua utilização nas companhias de saneamento do país. Desta forma, haveria uma padronização das informações básicas e da utilização de indicadores, de acordo com referências comuns.

Esta dissertação pretende utilizar os conceitos e indicadores padronizados, de acordo com a documentação da SEPURB.

2.2.1 INFORMAÇÕES-CHAVE

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, exportados e importados, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado. A composição do VD é:

- Volume Produzido (VP) – volume que é produzido na estação de tratamento.
- Volume Importado (VI) – volume de água potável recebido de outra unidade de produção.

- Volume Exportado (VE) – volume de água potável transferido para outra área de serviço ou agente distribuidor.

Volume utilizado (VU) – soma do volume micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial. Tem-se, aqui, a seguinte definição para cada um dos itens abaixo:

- Volume micromedido (VM) – volumes registrados nas ligações providas de medidores.
- Volume estimado (VE) – correspondentes à projeção de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários.
- Volume recuperado (VR) – volume 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 (VE) – volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões pipas, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços.

Volume Faturado (VF) – todos os volumes de água que são medidos, presumidos, estimados, contratados, mínimos ou informados, faturados pelo sistema comercial do prestador de serviços.

Número de ligações ativas (LA) – quantidade de ligações com ou sem medição que constem do faturamento mensal.

Número de ligações micromedidas (LM) – ligações providas de medidores.

Extensão parcial da rede (EP) – extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição.

Extensão Total da rede (ET) – extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais.

Número de Dias (ND) – quantidade de dias correspondentes aos volumes trabalhados.

2.2.2 INDICADORES PRINCIPAIS

Os dois principais indicadores utilizados nesta dissertação foram levantados a partir do trabalho de Silva et al. (1999), e serão descritos a seguir:

Índice de Perdas da Distribuição (IPD) ou Água não Contabilizada (ANC) – é o indicador que relaciona o volume distribuído com o volume consumido. Esta diferença entre os dois valores representa as perdas de um subsistema de distribuição. O índice de perdas na distribuição é dado pela seguinte relação (2.1):

$$\text{IPD (\%)} = \frac{[\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume Utilizado (VU)}]}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \times 100 \quad (2.1)$$

Índice de perdas de Faturamento (IPF) ou água não faturada - é o indicador que relaciona o volume distribuído e o volume faturado. Este indicador é composto de perdas físicas e não físicas, além daquelas atribuídas a desvios de medição, incorporando volumes utilizados não cobrados, como o volume especial e o volume operacional. O índice de perdas no faturamento é dado pela seguinte relação (2.2):

$$\text{IPF (\%)} = \frac{[\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume Faturado (VF)}]}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \times 100 \quad (2.2)$$

2.3 DETERMINAÇÃO DE PERDAS

Conforme descrito por Alves et al (1999a), a determinação do índice de perdas é realizada através da diferença da contabilização da água fornecida a uma área no qual será controlada, comparando com o valor total do consumo micromedido desta mesma região. Esta determinação, que aparentemente é simples na teoria, na prática é de difícil efetivação, dado às características da carga de trabalho e o enfoque diferente do trabalho, realizado nas áreas comercial e operacional.

Para a determinação de volumes contabilizados na região, e a totalização de todos consumidores individuais, é necessária a definição dos seguintes conceitos.

- Setorização
- Micromedição
- Macromedição

2.3.1 SETORIZAÇÃO

A setorização ou montagem de distritos, conforme Coelho (1983), é a constituição de setores isolados de abastecimento. Na setorização, recomenda-se que todos os registros que abastecem o setor sejam fechados, e que somente o registro principal que fará o abastecimento da região, permaneça funcionando. Esta é a condição necessária para fazer uma medição correta do setor.

Segundo Dantas et al (1999, p.1588), as principais vantagens levantadas sobre o processo de setorização, na Companhia de Saneamento de Brasília (CAESB), são:

- *“Aumentar o nível de satisfação do usuário, através do gerenciamento e controle do sistema de distribuição de água.*
- *Simplificar e democratizar o conhecimento sobre a situação operacional do sistema distribuidor.*
- *Agilizar e melhorar a qualidade de comunicação entre as áreas intervenientes e entre a empresa e a comunidade.*
- *Estabelecer limites de atribuição de manobra entre as equipes de produção e de distribuição.*
- *Estabelecer os limites de controle centralizado (macromedição da distribuição).*
- *Propiciar a implantação de banco de dados e de esquema operacional das unidades de distribuição de água.*
- *Proporcionar maior eficiência e precisão nas ações relativas ao controle de perdas (macromedição, micromedição, controle de pressão e redução de vazamentos).*
- *Melhorar o controle das pressões máximas e mínimas, promovendo a adequação e/ou redução de pressão quando necessário.*
- *Viabilizar a compatibilização entre a micro e a macromedição.*
- *Promover a integração entre as áreas de controle, operação, manutenção, comercialização, cadastro técnico, projeto e obras.*
- *Facilitar a obtenção dos índices de perdas, tornando-os mais confiáveis”.*

2.3.2 MICROMEDIÇÃO

Alves (1999b) denomina micromedição como a medição do consumo realizado no ponto de abastecimento de um usuário, independente de sua categoria (comercial, residencial ou

industrial) ou de sua faixa de consumo. A micromedição é realizada normalmente pelo aparelho denominado hidrômetro, instrumento que totaliza o volume fornecido aos usuários. Sobre o resultado dessa medição, será cobrada e faturada a conta. A utilização do hidrômetro possibilita uma cobrança mais justa para o consumidor, além de servir de instrumento inibidor de gastos e desperdícios, fornecer os valores de consumo ao cliente e sinalizar vazamentos potenciais no local.

Para Sato (2000), a implementação de um programa de micromedição é uma das principais ações para o planejamento de ações para controle de perdas, pois a confiabilidade destes dados contribui para obtenção de índices confiáveis; além disso, a micromedição é um dos principais componentes das perdas não físicas. Para Sato (2000), a confiabilidade de um sistema de micromedição depende de dois aspectos:

- Confiabilidade nos sistemas de micromedição - neste caso, a exatidão das informações prestadas por estes instrumentos está relacionada com a normas e a procedimentos de aquisição, manutenção e substituição. Vários fatores interferem nesta confiabilidade, tais como: a idade dos aparelhos, o dimensionamento correto para a faixa de consumo, a instalação (se o hidrômetro está protegido em caixa, instalado sem inclinação, ou a presença de caixas d'água na instalação, o que interfere na medição) e a manutenção do aparelho.
- Confiabilidade do sistema comercial – a confiabilidade está relacionada às atividades comerciais, como a leitura, o processamento das informações e de estimativa de consumo.

No Brasil, segundo Alves (1999), a maioria absoluta dos medidores instalados junto aos consumidores é de medidores de turbina, do tipo multijato e monojato. São instrumentos hidro-mecânicos de medição com custo e precisão razoáveis.

2.3.3 MACROMEDIÇÃO

Segundo Sato (2000), com a utilização do sistema de macromedição é que se determina o volume disponível fornecido a uma determinada região ou setor de abastecimento. Este volume macromedido será um dos principais dados para a geração do indicador de perdas, sendo que a confiabilidade e a precisão dos valores medidos é condição essencial e necessária para que se possam gerar indicadores mais exatos.

O aparelho que efetua a macromedição é denominado macromedidor. Conforme Alves (1999a), existem vários modelos de instrumentos para efetuar esta atividade. Cada modelo de

aparelho possui vantagens e desvantagens, e é adequado a determinadas condições e às características de cada local. Ele cita os vários tipos de instrumentos disponíveis para a realização de medição de grandes valores:

- Medidores de Vazão de condutos abertos.
- Calhas e vertedouros.
- Medidores eletrônicos (Ultra-som e eletromagnéticos).
- Medidores por diferença de pressão (Venturi, bocais).
- Medidores tipo turbina (Woltman, Hélice etc.).
- Medidores estáticos ou eletrônicos.
- Medidores de velocidade de escoamento e de inserção (Pitots, molinetes e magnéticos).

Para atividades de medição de setores, os três principais tipos de macromedidores, utilizados nas empresas de saneamento para realização da macromedição, são:

- Macromedidores Woltman
- Macromedidores Eletromagnéticos
- Macromedidores Ultra-Som.

2.3.3.1 Macromedidores Woltman

Macromedidor mecânico com paletas ou turbinas que giram com a passagem da água. Através deste processo, o volume de água é registrado em um contador mecânico. Este tipo de equipamento vem sendo substituído, progressivamente, por modelos mais modernos, devido às suas limitações de uso, conforme descritos a seguir:

- Montagem difícil e trabalhosa.
- Necessidade de calibração em períodos curtos, variáveis de 6 meses a 1 ano.
- Pequena precisão em baixas vazões.
- Desgaste das peças móveis mecânicas (eixos e engrenagens), devido ao atrito e à necessidade de constantes manutenções para troca de peças.

O macromedidor Woltman também apresenta algumas vantagens em sua utilização:

- Não depende de eletricidade para seu funcionamento.
- Possui baixo nível tecnológico e simples montagem, não necessitando de pessoal especializado.

- Leitura e operação de extrema simplicidade, principalmente nas localidades onde o pessoal que o utiliza possui baixo nível escolar.
- Rusticidade do equipamento.

As figuras 2.1 e 2.2 a seguir mostram fotos de macromedidores tipo Woltman.

Figura 2.1 – Turbina do macro Woltman



Figura 2.2 – Macromedidor Woltman



2.3.3.2 Macromedidores Eletromagnéticos

Este equipamento utiliza de ondas eletromagnéticas para determinar a velocidade da passagem do fluido no interior da tubulação e, desta forma, determinar o volume aduzido. Este equipamento vem substituindo os macromedidores mecânicos devido a sua alta precisão e custo razoável. Este equipamento apresenta a seguinte desvantagem: é necessário que seja instalado em série com a tubulação; desta forma, é preciso cortar a mesma e instalar as peças e conexões hidráulicas. Além disso, é necessário montar uma instalação elétrica especial com construção de caixas de proteção para o conversor, eletrodutos para ligação entre o macro/conversor, equipamentos de proteção (fusíveis, disjuntores, para raios e varistores) e um aterramento com baixo valor de resistência de terra, para a proteção dos equipamentos eletrônicos. Outra desvantagem verificada é a necessidade de pessoal especializado para manutenção, operação e instalação do mesmo. O medidor eletromagnético, para vazões nominais, para o qual foi dimensionado, possui um erro menor que 1%, além de que, em baixas vazões, possui precisão razoável. Após sua instalação, é necessário efetuar a calibração do medidor eletromagnético no local onde foi instalado. Esta calibração é feita através da equipe de pitometria. A figura 2.3 mostra um macromedidor eletromagnético instalado em tubulação de ferro fundido. A figura 2.4 apresenta vários tipos de mostradores digitais de leitura de macromedidores.

Figura 2.3- Macro eletromagnético



Figura 2.4 – Modelos de mostradores de leitura.



2.3.3.3 Macromedidores Ultra Som

Este é um medidor que utiliza ondas sonoras de alta frequência (ultra-som) para determinar a velocidade do fluido no interior da tubulação e, como consequência, a determinação do volume aduzido. Este equipamento, devido ao seu alto custo, à necessidade de manutenções constantes (aferição, limpeza das caixas e limpeza dos sensores) e precisão limitada (erro menor que 2%), é utilizado, preferencialmente, em tubulações de grande diâmetro, maior ou igual a 600 mm. O equipamento possui a vantagem de utilizar sensores externos, evitando-se que a tubulação seja cortada em sua instalação, o que facilita sua montagem. A figura 2.5 mostra os eletrodos do macromedidor ultra-som instalado externamente em uma tubulação de ferro fundido.

Figura 2.5 – Eletrodos do macromedidor do tipo ultra-som.



2.4 PERDAS FÍSICAS

Sato (2000) define 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”.

As perdas físicas são constituídas pelos vazamentos visíveis e não visíveis. Na distribuição, as perdas físicas são decorrentes de vazamentos nas redes e ramais de distribuição. A maior quantidade de vazamentos ocorre nos ramais, enquanto, em termos de volume de vazamento, a maior incidência ocorre nas redes de distribuição. Estas perdas físicas em ramais e redes, na maior parte dos sistemas, estão dispersas pela rede. Desta forma, o controle e execução de ações corretivas torna-se extremamente complexo, oneroso e de retorno duvidoso, caso não seja realizado com critérios e controles técnicos rígidos. Para isso, é necessária uma avaliação criteriosa das ações corretivas, baseada em estudos técnicos e econômicos (Silva, 1999).

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.

As principais causas das perdas físicas, nas redes de distribuição, segundo Silva (1999) são decorrentes dos seguintes fatores:

- Projeto
- Montagem e Obras
- Controle de Pressão

2.4.1 PROJETO

Uma obra que foi mal projetada e planejada implicará em problemas durante toda sua vida útil. Problemas relacionados ao mau dimensionamento da rede, materiais especificados incorretamente, à não consideração de transientes hidráulicos e outros acabam comprometendo a operação do sistema de abastecimento. Outra questão comum, que acaba prejudicando e acarretando perdas, é a falta de integração entre os setores de operação e os de projetos.

2.4.2 MONTAGEM E OBRAS

As obras de uma rede de distribuição são a próxima fase, após o projeto. Nesta fase, existem milhares de conexões e peças hidráulicas passíveis de futuros vazamentos, caso as obras não sejam bem executadas. O acompanhamento da montagem, dentro dos padrões de qualidade, estabelecidos e normatizados, é condição essencial para se evitarem futuras perdas. Outras questões também são extremamente importantes, tais como:

- Especificação correta do material.
- Recebimento e ensaios, verificando-se se estão de acordo com a especificação.
- Transporte adequado para o material.
- Manuseio adequado do material.

2.4.3 CONTROLE DE PRESSÃO

Segundo Silva (1999), a redução da pressão da rede de distribuição diminui significativamente a ocorrência de vazamentos e, conseqüentemente, as perdas por vazamentos. O autor apresenta uma relação matemática (2.3), segundo a qual, para tubos metálicos, a vazão perdida (Q) é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica (H), conforme a equação:

$$Q = f (H^{1/2}) \quad (2.3)$$

Em função desta equação, a tabela 2.1 representa, para vários valores de reduções de cargas, as conseqüentes diminuições nos índices de perdas, para o caso de tubulação metálica.

Quadro 2.1 - Relação de redução carga X Redução de perdas.

Redução de carga (%)	Redução da perda (%)
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 Lambert³ (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.

2.5 PERDAS NÃO FÍSICAS

Silva (1999, p.50) define que “as perdas não físicas correspondem aos volumes não faturados, ou seja, à água que é consumida pelo usuário e não faturada pelo serviço”.

³ Lambert, Alam. Palestra em encontro técnico sobre “Controle Avançado de perdas” realizado na SEPURB, em janeiro de 1998.

As principais causas das perdas não físicas são:

- Submedição.
- Ligações fraudulentas, fraudes e *By-Pass*.
- Deficiências na área comercial.

2.5.1 SUBMEDIÇÃO

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 Alves et al. (1999b).

Várias são as causas da submedição em hidrômetros. Dentre as principais, os autores Santos et al. (1999) e Alves et al (1999b) destacam:

- Instalação inadequada dos medidores – os medidores são instalados desprotegidos. Como equipamento de medição e precisão, o ideal seria que os medidores fossem instalados abrigados em caixas de proteção contra a exposição ao sol, contra a depredação, as intempéries etc.
- Dimensionamento incorreto – 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.

2.5.2 LIGAÇÕES CLANDESTINAS, FRAUDULENTAS E *BY PASS*

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 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).

2.5.3 DEFICIÊNCIAS NO SETOR COMERCIAL

Para Sato (2000), são as perdas derivadas de uma gestão deficiente da área comercial das empresas de saneamento. Para uma maior eficiência no controle de perdas, 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 punição para fraudes em ligações.
- Um cadastro atualizado e confiável de clientes.

2.6 DEFINIÇÃO DO MODELO DE CICLOS DE PRODUÇÃO/COMERCIAL

Para se trabalhar com indicadores de perdas, é necessário que se defina um modelo de levantamento dos dados relativos ao Volume Faturado (VF) e o Volume Macromedido ou Produzido (VP). Neste levantamento, será definido o modelo de adaptação do ciclo de produção com o ciclo comercial. Para isso, são apresentadas cinco possibilidades para a implementação desta situação:

Ciclo Ideal de Produção / Comercial

Ciclo Real de Produção / Comercial

Ciclo Real Médio de Produção / Comercial

Ciclo Real Adaptado de Produção / Comercial

Ciclo de Produção sincronizado com o ciclo Comercial.

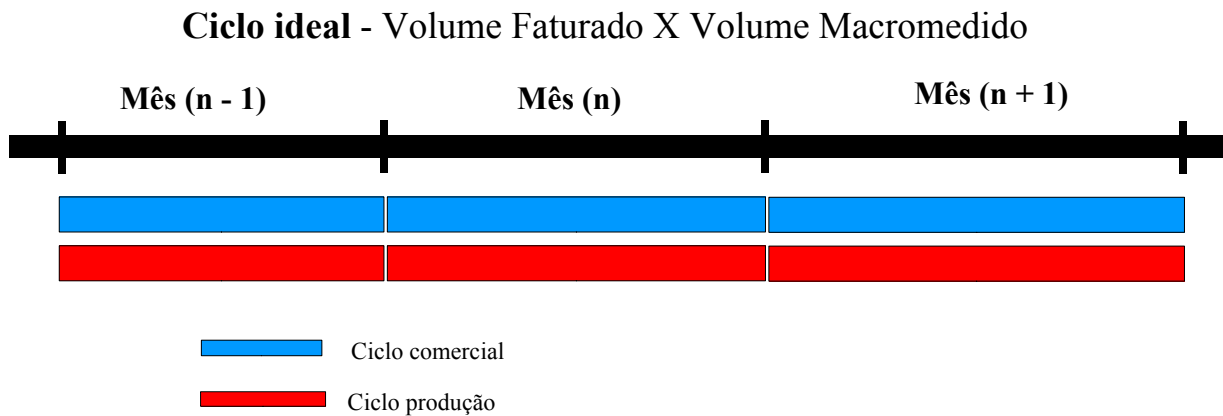
2.6.1 CICLO IDEAL DE PRODUÇÃO/COMERCIAL

Para se trabalhar o levantamento de indicadores de perdas, nas empresas de saneamento, que expresse a condição real e exata da forma como ocorrem estas perdas, seria necessária uma condição ideal: que todas as contas micromedidas da empresa fossem realizadas às 00:00 do primeiro dia de cada mês. Quando houvesse o somatório de todas as contas do setor de uma área de influência de reservatório ou do sistema, seria levantado o consumo mensal real. A determinação do volume macromedido também seria realizado coincidentemente com o da micromedição. Desta maneira, obter-se-iam os valores mensais reais de perdas nos sistemas de abastecimento de água.

Esta forma de trabalho é possível e viável, no atual estágio de desenvolvimento tecnológico, com a utilização de medidores individuais eletrônicos, conectados via-cabo ou ondas de rádio a uma central de leitura. Este sistema, juntamente com equipamentos de macromedição, também ligados via-telemetria a esta central, possibilitariam este modelo de trabalho. Porém, o alto custo de implantação e operação dificultam a viabilização financeira de sua implementação para as empresas de saneamento.

Assim, não se trabalhariam exclusivamente com períodos mensais, mas com quaisquer períodos de tempo, determinados pelo gestor do sistema de trabalho, que possibilitaria a geração de indicadores de perdas em qualquer período de tempo (quinzenais, semanais, diárias ou até horárias). A figura 2.6 faz uma representação simbólica do modelo ideal.

Figura 2.6 - Representação simbólica de uma condição ideal para a determinação de perdas com sincronização de períodos entre volumes micromedidos e volume macromedido.



2.6.2 CICLO REAL DE PRODUÇÃO / COMERCIAL

Para operacionalizar a realização de leituras de todos os medidores individuais (hidrômetros) instalados em residências de clientes, estas contas são divididas em grandes e vários grupos mensais. Estes grupos são divididos durante o mês, de tal forma, que o processo de leitura seja distribuído ao longo do mês. Essa forma de trabalho possibilita as seguintes vantagens para as empresas de saneamento:

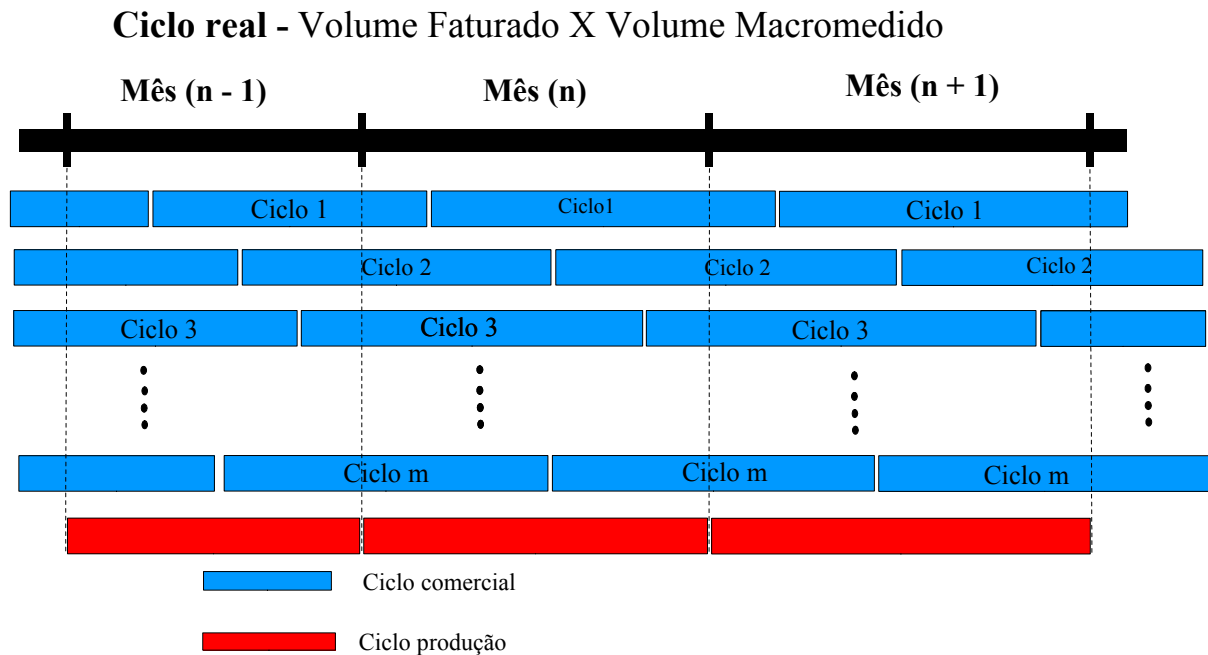
Otimizar as equipes de leituras, mantendo as atividades de trabalho ao longo do mês, ao invés de necessitar de uma quantidade muitas vezes maior de pessoal, para atender aos serviços de leitura e distribuição de tarifas somente em um pequeno período do mês.

Distribuição do processamento das contas de forma uniforme durante o mês. Desta forma também é possível otimizar a capacidade de processamento de dados, evitando-se a necessidade de alta capacidade de processamento de dados num computador de grande porte e alto investimento; ele trabalharia somente em um pequeno período de tempo, e ficaria ocioso na maior parte do mês.

Facilidade na distribuição das contas e na logística de entrega destas mesmas ao cliente.

A figura 2.7 mostra uma representação simbólica do modelo real de um ciclo de produção / comercial.

Figura 2.7 - Ciclo real com falta de sincronia entre o volume faturado e o macromedido.



Porém, este modelo de ciclo de trabalho é impreciso, devido a uma inadequação entre os ciclos comerciais com o de produção ou distribuição, que são determinados na macromedição. Isto acaba gerando uma distorção nos valores de perdas. Geralmente, os valores faturados em um determinado mês são baseados em leituras realizadas parcialmente no mês anterior.

Gonçalves (1998, p. 60) alerta para esta questão, conforme colocação:

"O índice de perdas tem sofrido vários questionamentos sobre sua forma de obtenção, bem como a sua representatividade e capacidade de comparação entre diversos sistemas. Para um cálculo mais preciso deve-se atentar para o seguinte:

- *Fazer coincidir o período de leitura dos hidrômetros com os valores extraídos da macromedição, 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 definir os grupos de leituras 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 possa ser extrapolado por localidade, sem gerar distorções no cálculo."*

Desta forma, uma das principais dificuldades, para o levantamento do índice de perdas, é a falta de sincronia entre o volume faturado e o volume macromedido na situação real das

empresas de saneamento. Isto ocorre devido ao fato de que cada um destes valores é calculado em períodos e datas diferentes, conforme figura 2.7. Existe, também, o fato do período de produção (28, 30 ou 31 dias, conforme o mês) e o período de leituras variarem, não sendo igual ao período de produção. A metodologia real para a determinação do volume faturado é viabilizada de acordo com os seguintes procedimentos:

O volume faturado total de um distrito ou unidade da empresa é calculado fazendo-se o somatório de todos os volumes individuais gerados pela leitura dos hidrômetros presentes nas residências dos clientes deste sistema.

Como é impossível proceder a todas as leituras em um mesmo dia, deve-se transferir as mesmas para o sistema de informática das organizações, executar o processamento e emitir as tarifas. As contas são divididas em vários grupos. Cada grupo deve possuir uma data programada para a realização da leitura. Verifica-se que, na maior parte das companhias as contas são divididas, basicamente, de 10 a 20 grandes grupos de leitura durante o mês. Para operacionalizar este procedimento, as contas são agrupadas por rotas de leituras. Cada rota possui em torno de 200 a 300 clientes para a execução da leitura, quantidade suficiente para um dia de serviço do leiturista.

Cada grupo envolve um ciclo de leitura, conforme exemplificado a seguir:

Grupo X - Leitura anterior dia 08/04

Leitura atual dia 10/05

Verifica-se, neste caso, que o volume faturado envolve o consumo relativo a dois meses.

O volume total faturado de um distrito é o somatório de todos os volumes individuais de cada conta pertencente a um ciclo de leitura distribuído no mês. Como consequência, o volume faturado da empresa reflete o valor relativo a dois meses e, em determinadas situações especiais, relativo a até 3 meses.

Devido à falta de sincronização em determinados meses, a quantidade de dias de faturamento é maior que o produzido, e vice versa.

Para a determinação do Volume Produzido ou Macromedido (VP), este é levantado considerando o período das 00:00 do primeiro dia até as 24:00 do último dia do mês de referência.

Este modelo de procedimento gera falsos resultados nos índices oficiais de perdas da empresa, numa situação de oscilações sem causas aparentes. Na série histórica de vários anos

dos índices de perdas das empresas, freqüentemente o índice de perdas cai em determinados meses e torna a subir em outros. Também existe uma inconstância, ao longo do ano, que pode ser vista em gráficos do tipo “dente de serra”.

Gonçalves (1998) relata casos, na CAESB, de tendência a oscilações de subida e descida, chegando-se até a valores negativos para o índice de perdas. Em seu trabalho, afirma que no Reino Unido é utilizado um sistema de balanço de água. Através deste método, é utilizado um cálculo de perda anual, para compensar as variações que ocorrem nas perdas mensais. Estas perdas anuais são utilizadas para a avaliação de desempenho global e de demanda prevista para o sistema. O modelo testado na CAESB possibilitou melhor avaliação dos sistemas, por não apresentar grandes variações mensais, devido à diluição das perdas verificadas num período de 12 meses e ao amortecimento das variações.

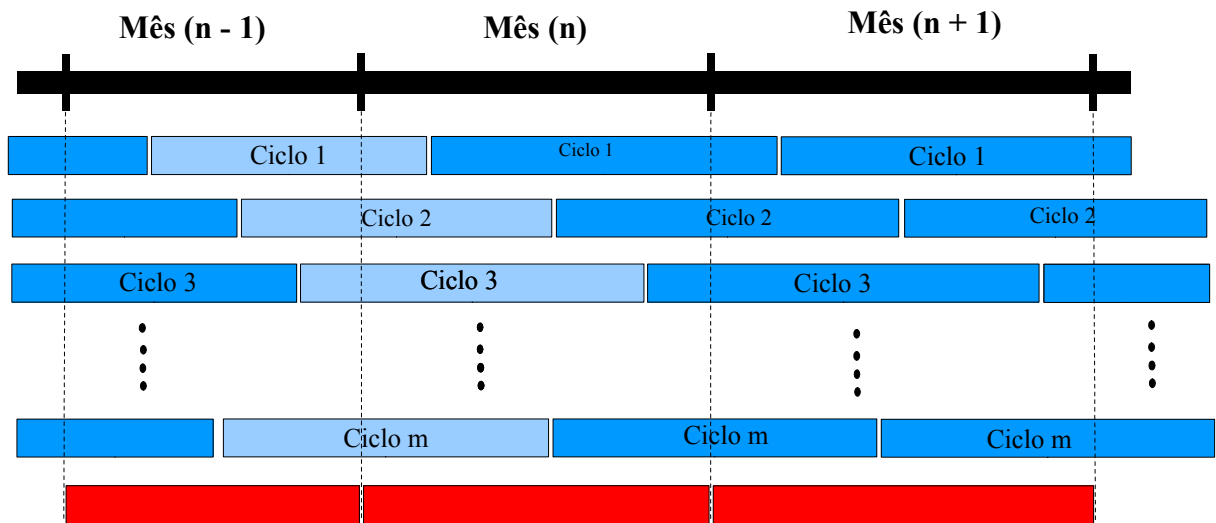
Porém, quando se trabalha em períodos longos, de acordo com esse modelo do balanço anual, é praticamente impossível que se verifiquem os resultados de ações em períodos curtos. Ações implementadas para o combate a perdas tendem a diluir durante o ano, e os resultados acabam não aparecendo de imediato. Desta forma, fica difícil avaliar se estas ações estão gerando resultados.

2.6.3 CICLO REAL MÉDIO

Neste modelo, o volume faturado do mês é projetado em função da média diária de cada ciclo. Segundo Gonçalves (1998, p.85), a empresa CAESB o adota, para levantamento do volume faturado, através de um sistema de faturamento comercial, que calcula um valor estimado: "seu sistema comercial, através do cálculo do volume médio diário micromedido, ajusta o valor de forma a transformá-lo em um valor correspondente ao período de 1 mês".

A equação (2.4) mostra como é realizado este ajuste. A figura 2.8 apresenta uma representação simbólica deste modelo de ciclo.

Figura 2.8 - Ciclo Médio para determinação do valor faturado mensal. Faz-se uma média diária do ciclo, que é multiplicada pela quantidade de dias do mês.



$$VE \text{ mês } (n) = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} [\text{Volume Faturado ciclo } (i)] [\text{Quantidade de dias mês } (n)]}{[\text{Quantidade de dias entre leituras no ciclo}]} \quad (2.4)$$

Neste volume estimado (VE), corrigem-se as falhas de sincronização no ciclo produção / comercial, fazendo que os dois tenham a mesma quantidade de dias no ciclo. Como a média diária é retirada do mês anterior, pode haver alteração no consumo faturado em função de fatores sazonais, afetando a precisão do cálculo.

2.6.4 CICLO REAL ADAPTADO DA PRODUÇÃO / COMERCIAL

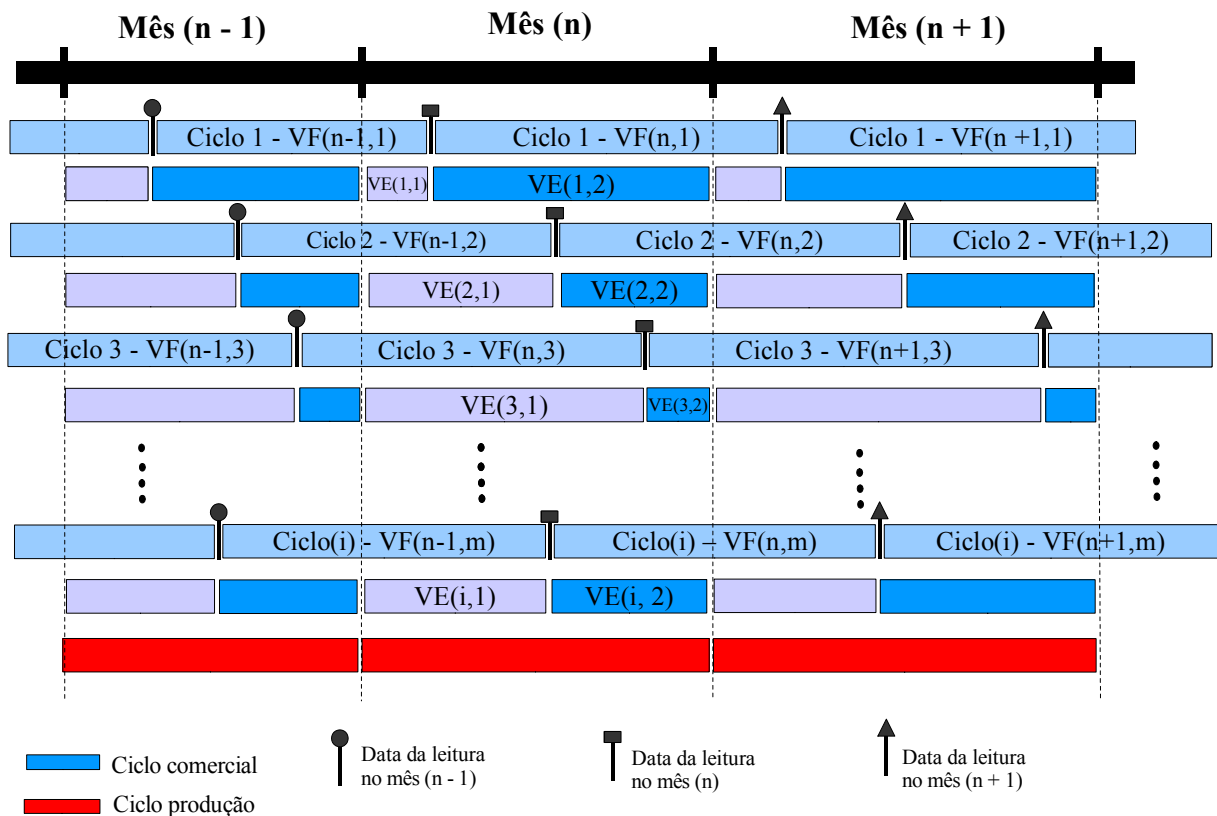
Para uma melhor adequação na questão de sincronização do processo, pode-se sugerir que seja utilizado para melhorar o processo de sincronia entre o volume produzido ou macromedido com o total do volume micromedido, a tecnologia da informação. Neste caso utiliza-se do processamento de dados, a fim de possibilitar a viabilidade desta ação, em função de um baixo custo. A implementação deste modelo é possível, seguindo-se os seguintes procedimentos apresentados a seguir:

- i. Identificar o número de grupos existentes na área de influência de um determinado macromedidor ou de um reservatório ou de um sistema de abastecimento da empresa.
- ii. Verificar as datas de leitura realizadas em cada grupo (leitura atual e do mês anterior) presentes na área de influência.
- iii. Determinar o número de dias que constituem o ciclo de leitura de cada grupo (leitura atual e leitura anterior).

- iv. Determinar o número de dias existente em cada um dos meses que compõem o ciclo de leitura.
- v. Determinar a média diária da conta de cada grupo, referente aos meses que compõem o ciclo. Esta média representa o volume faturado no mês, dividido pela quantidade de dias durante o ciclo de leitura.
- vi. Determinar o consumo médio de cada conta no mês de referência. Para isso, o sistema deve calcular de acordo com a fórmula indicada em (2.5) e (2.6), apresentada juntamente com a figura 2.9.
- vii. Realizar o somatório de todos os volumes faturados individualmente, referente ao mês solicitado. Este novo volume VE-Volume Estimado (2.7)- seria utilizado para se levantar o índice de perdas do sistema ou a região de macromedição.

A figura 2.9 mostra uma representação gráfica do modelo proposto.

Figura 2.9 – Representação simbólica dos ciclos de leitura e modelo para estimação do volume faturado no mês em uma região ou sistema.



$VF(n-1,i)$ - Volume Faturado no mês (n-1) dentro de um ciclo(i) com $i = 1 \dots$ até m.

$Q(n-1,i)$ - Quantidade de dias entre a data de leitura no mês(n-1) até a data de leitura no

mês(n), dentro de um ciclo(i) com $i = 1 \dots$ até m.

Dias(n-1,i) - Quantidade de dias entre o início do mês (n) até a data da leitura no mês (n), dentro de um ciclo(i) com $i = 1 \dots$ até m.

VE(i,1) - Volume estimado no período do mês (n-1) durante um ciclo(i) com $i = 1 \dots m$, conforme equação (2.5).

$$VE(i,1) = \frac{VF(n-1,i)}{Q(n-1,i)} \times \text{Dias}(n-1,i) \quad (2.5)$$

VF(n,i) - Volume Faturado no mês (n), dentro de um ciclo (i) com $i = 1 \dots$ até m.

Q(n,i) - Quantidade de dias entre a data de leitura no mês(n) até a data de leitura no mês(n+1), dentro de um ciclo(i) com $i = 1 \dots m$.

Dias(n,i) - Quantidade de dias entre a data da leitura no mês(n) até o final do mês(n) dentro de um ciclo(i) com $i = 1 \dots m$.

VE(i,2) - Volume estimado no período do mês (n), durante um ciclo(i) com $i = 1 \dots m$, conforme equação (2.6).

$$VE(i,2) = \frac{VF(n,i)}{Q(n,i)} \times \text{Dias}(n,i) \quad (2.6)$$

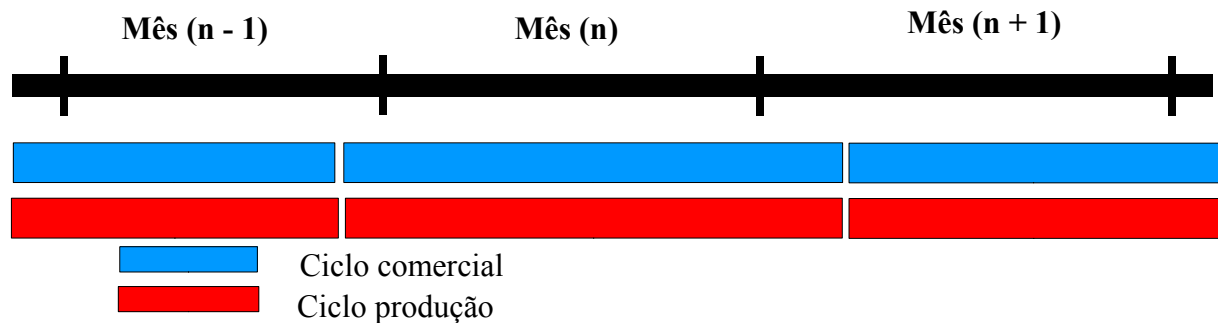
$$\text{VE Total no mês (n)} = \sum_{i=1}^{i=m} VE(i,1) + \sum_{i=1}^{i=m} VE(i,2) \quad (2.7)$$

Com o valor levantado pelo o sistema, através da equação (2.7), o cálculo das perdas seria feito coincidindo o volume faturado com o volume produzido. Este modelo, embora não possibilite o valor real do indicador de perdas, pode possibilitar um resultado mais aproximado e com menor margem de erro, em relação aos modelos anteriores.

2.6.5 CICLO DE PRODUÇÃO ADAPTADO AO CICLO COMERCIAL

Outra sugestão seria a sincronização do grupo comercial ao ciclo de produção. Este método ficaria limitado a determinadas situações, nas quais poderia haver um sincronismo entre grupos de faturamento e a região delimitada pela macromedição. Nesta situação, se houver um planejamento e integração entre os setores operacional e comercial / administrativo das empresas, a implantação do sistema será viabilizada. Neste caso, a quantidade de dias de cada ciclo são iguais. A figura 2.10 representa graficamente esta situação.

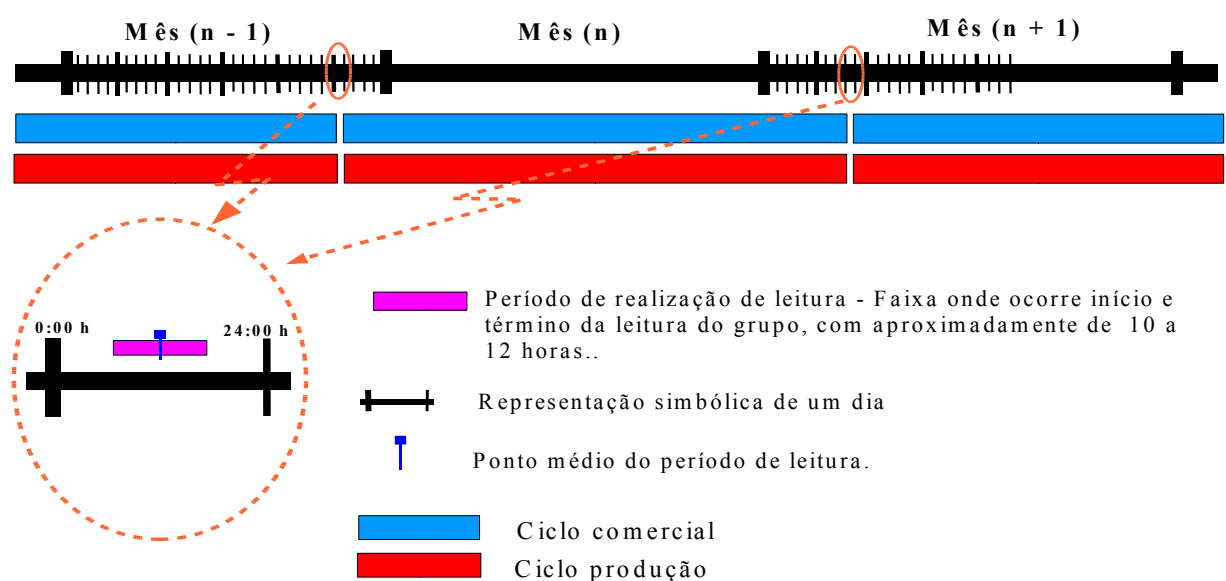
Figura 2.10 - Representação simbólica da adequação de um ciclo de produção a um ciclo comercial.



2.6.6 FAIXA DE LEITURA DE GRUPO

Nos ciclos real, adaptado e sincronizado, a leitura das contas dentro de um grupo, é realizada em uma faixa de horário. Geralmente, ela ocorre entre as 07:00 e as 18:00, dentro do horário normal de trabalho de um leiturista. Como ponto médio, tem-se um horário entre 12:00 e 13:00. Desta forma, para a determinação do início e do fim do ciclo comercial, considera-se o horário de 12:00 para fechamento. A figura 2.11 mostra uma representação simbólica da faixa de leitura.

Figura 2.11- Mostra uma representação simbólica de uma faixa de leitura, período de um dia em que são realizadas as leituras de um grupo



2.7 GESTÃO DO CONTROLE DE PERDAS

O setor operacional, nas empresas de saneamento, é o responsável pela gestão de controle de perdas. Segundo Silva et al. (1999, p.49), o gerenciamento das operações nas empresas de saneamento funciona da seguinte forma:

“A boa operação reduz o risco de rompimentos e das conseqüentes perdas, propiciando uma menor freqüência de interrupções e desabastecimentos de água. Além disso, permite o deslocamento de quadros do prestador de serviços para que a manutenção preventiva possa ocorrer, em contraposição tipicamente corretiva. O desenvolvimento de registros de procedimentos e manuais de operação, já comentado, também é uma prática pouco comum no setor saneamento, em contraposição ao que ocorre em indústrias. Tal prática traz como decorrência uma operação subjetiva e pessoal, em que as decisões são tomadas mais em função da experiência adquirida por tentativas e exercícios práticos, do que em embasamentos técnicos e conhecimento adquirido pelo estudo do sistema. Em função destas características, a qualidade e o controle operacional tendem a ser nivelados por baixo, e o desenvolvimento operacional e o treinamento são relegados a segundo plano”.

Essa realidade está presente no cotidiano de trabalho na maioria das empresas de saneamento. Vários autores propõem modelos de trabalho, visando corrigir essa distorção, deixando de atuar de forma empírica, conforme descrito a seguir:

Baggio (1998) propõe um modelo de gestão de controle de perdas baseado no PCQO – Planejamento e Controle da Qualidade da Operação. Nesse modelo, é proposto o gerenciamento da rotina das atividades de operação de sistemas de abastecimento de água envolvendo todo o planejamento e detalhamento das várias atividades que compõem o sistema de abastecimento. Nesse trabalho, são enfocados os aspectos operacionais, a avaliação de recursos humanos, a definição dos vários processos que compõem a rotina com a padronização de procedimentos operacionais e a participação de empregado e cliente, buscando uma melhor gestão e como conseqüência final, a redução de perdas no sistema. Uma das etapas descritas em seu trabalho, envolve a utilização do CEP com software específico. Este trabalho foi aplicado em Naviraí e em outras cidades do estado do Mato Grosso do Sul.

Gonçalves (1998) propõe o processo de controle de perdas, avaliando-se o consumo mínimo noturno. Através desta metodologia, aplicada em setores fechados, é levantado o consumo e vazões através de macromedição, depois de determinado horário, quando a

tendência é que não haja mais consumo de água pela população do setor. Por meio do levantamento de curva de vazão, é possível estimar a água perdida em vazamentos. Para a implementação desta metodologia, trabalha-se com macromedidor eletromagnético. O uso deste equipamento, associado ao uso de telemetria ou armazenadores de dados (data loggers), permitem o controle e o levantamento das curvas de consumo. Este método é utilizado na empresa CAESB para avaliação de perdas por vazamentos em redes de distribuição.

Silva et al. (1999) propõe um trabalho integrado entre os diversos setores das empresas de saneamento. Esta integração utiliza processos informatizados de bases comuns, que envolvem os vários setores das organizações. Utiliza, também, de Sistemas de Informações Geográficas (GIS) e Sistemas de Aquisição e Controle de Dados Operacionais (SCADA).

2.8 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS PARA MELHORIA DA QUALIDADE.

Uma das principais necessidades para a avaliação da qualidade é a quantificação. Avalia-se a qualidade a partir das unidades de medida (Juran, 1995). Para isso, a utilização da estatística aplicada na avaliação de processos é uma forma eficiente de análise de problemas, buscando soluções, eficiência e melhoria no trabalho das organizações. No prefácio de sua obra, Kume (1993, p. ix) cita que:

“....as ferramentas estatísticas conferem objetividade e exatidão à observação. As máximas da forma estatística de pensar são:

- Dar maior importância aos fatos que aos conceitos abstratos.*
- Não expressar fatos em termos de intuições e idéias. Usar evidências obtidas a partir de resultados específicos da observação.*
- Os resultados da observação, sujeitos como são a erros e variação, são parte de um todo obscuro. A principal meta da observação é descobrir este todo obscuro.*
- Aceitar o padrão regular que aparece em grande parte dos resultados observados como uma informação confiável.”*

Kume (1993) procura demonstrar, por meio deste referencial teórico, uma forma para a avaliação e a análise de indicadores. Procura levantar dados e informações, a fim de chegar à solução dos problemas enfrentados pelas organizações, utilizando as seguintes ferramentas gerenciais básicas, que são: o Histograma, Diagrama de Dispersão, Diagrama Causa-Efeito

(Ishikawa), Diagrama de Pareto, Estratificação, Diagrama de Visualização de Defeitos e o Controle Estatístico do Processo.

Ishikawa (1993, p.204) afirma que “95% dos problemas de uma empresa podem ser resolvidos com a utilização destas ferramentas e estas podem ser utilizadas em todas divisões de uma organização (fabricação, planejamento, projeto, marketing, compras e tecnologia)”.

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. Porém, tal como descrito por Oliveira (1996, p. xxii):

“.... não existe a “ferramenta milagrosa” capaz de solucionar todos os problemas. Caberá aos profissionais a arte de combiná-las, criando novas abordagens e possibilidades. Na realidade, a qualidade depende muito mais de pessoas comprometidas com o desenvolvimento de todas as suas potencialidades, do que o conjunto de técnicas”.

Desta forma, Oliveira (1996) apresenta suas restrições. Segundo o autor, somente com a participação efetiva das pessoas nas organizações, juntamente com o conhecimento destas ferramentas, é possível alcançar os resultados esperados.

Segundo 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).

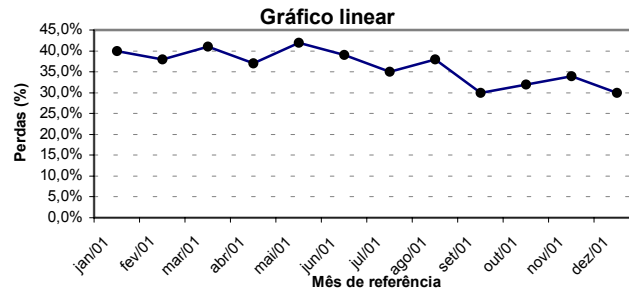
2.8.1 GRÁFICO DE LINHAS

Segundo Ramos (1997), o diagrama linear 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. O diagrama linear também é denominado gráfico de série temporal.

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 2.12 apresenta uma representação de gráfico linear ou série temporal.

Figura 2.12 - Representação de um gráfico linear.



2.8.2 HISTOGRAMA

O Histograma é um gráfico de colunas utilizado na estatística. É composto de vários retângulos adjacentes, representando a tabela de freqüências com perda de informações (valores agrupados por classes) de um conjunto de valores. Na escala horizontal, marcam-se os intervalos de classes, e cada intervalo é a base de cada retângulo ou barra; na escala vertical, marcam-se as alturas dos retângulos ou barras, que são as respectivas freqüências absolutas das classes (Lopes, 1999).

Vários autores descrevem a utilização do histograma como Ferramenta da Qualidade para avaliação e análise de dados:

- Vieira (1999, p. 21) afirma que:

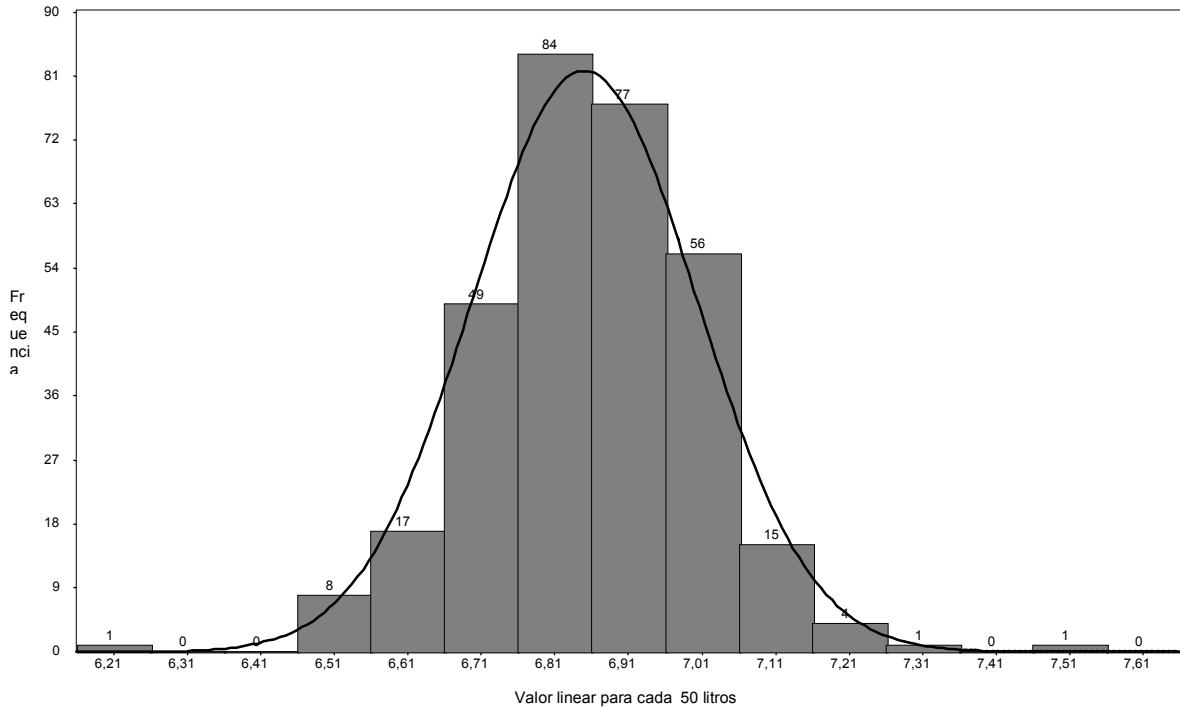
“A quantidade de informação fornecida por uma amostra é tanto maior quanto é a quantidade de dados. Fica, porém, difícil captar a informação contida em uma tabela muito longa. Para dar visão rápida e objetiva da questão, existe uma ferramenta: é o histograma”.

- Para Kume (1993, p.44):

“O histograma é uma ferramenta de visualização de uma grande quantidade de dados de uma amostra de uma população. É um método rápido para exame, que por meio de uma organização de muitos dados, permite conhecer a população de maneira objetiva”.

A figura 2.13 mostra um exemplo de histograma representando uma distribuição de freqüências de leituras para calibração de um tanque de 15.000 litros. Essas leituras são realizadas com uma régua linear, sendo que para cada 50 litros padrão de água adicionados ao tanque é determinado um valor em centímetros (cm). Nessa calibração, são realizadas em torno de 300 leituras.

Figura 2.13– Modelo de Histograma para representar distribuição de leitura linear em régua para cada 50 litros em calibração de tanques padrão.



- Paladini (2000, p.232) define o histograma como uma ferramenta na gestão da qualidade; assim descreve sua utilização:

“... Sua aplicação na gestão da Qualidade tem um número considerável de utilidades. Inicialmente, exemplificam como se pode descrever, de forma simples e eficiente, uma dada situação; estimulam o uso de imagens como elementos básicos de descrição da realidade e induzem as pessoas a utilizar visões globais dos processos para melhor entendê-los. Dessa forma, sua aplicação tem reflexos na concepção e na implantação de processos gerenciais”.

- Wadsworth (1986, p.300) ensina como fazer a montagem do histograma e avaliar seu uso:

“o histograma é um caminho muito direto para observar frequências de ocorrências ou indicadores... Para construir um histograma um número de intervalos ou faixas são selecionados, a largura de cada faixa é especificado, os dados são classificados, e o números são encaixados por faixas, e, então, são plotados, podendo ser representados por valores percentuais.”

Os histogramas também são construídos com uma certa quantidade de dados. Quando os dados são aumentados, há a tendência de se criar a representação gráfica de uma curva suave. Entre as mais típicas e características, ocorre a distribuição da curva normal (Kume, 1993). A figura 2.13 mostra uma tendência do histograma para uma distribuição representada pela curva normal.

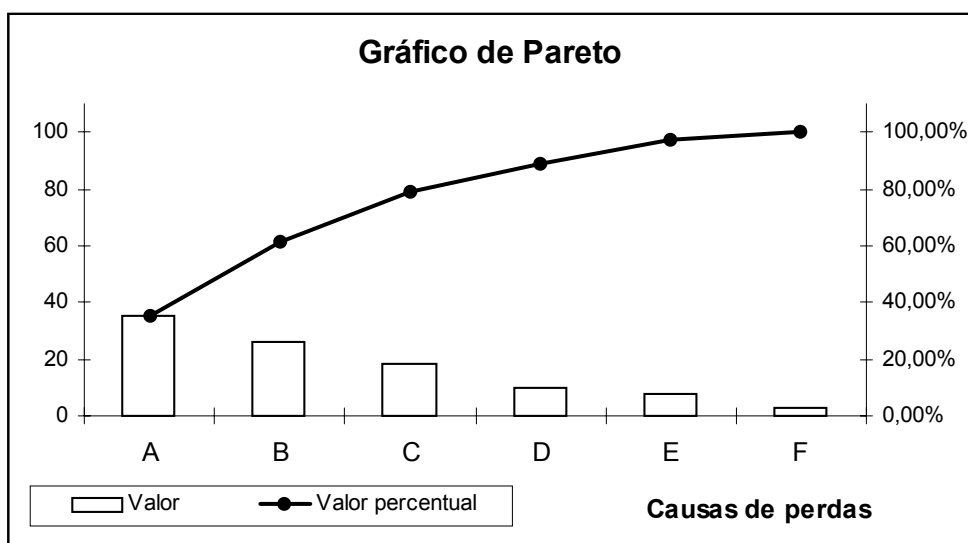
2.8.3 DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto é a ferramenta utilizada para a determinação de prioridades na resolução de problemas nas organizações. Pareto foi um economista do século XIX que, ao estudar a distribuição de riqueza em sua época, verificou que “ poucas pessoas possuíam uma grande porcentagem do total e muitas, uma pequena parte”. Segundo Ramos (1997, p.197):

“As coisas mais importantes em primeiro lugar, é o princípio básico do diagrama de Pareto. O diagrama de Pareto é usado quando é preciso dar atenção aos problemas de uma maneira sistemática e também quando se tem um grande número de problemas e recursos limitados para resolvê-los. O diagrama construído corretamente indica as áreas mais problemáticas, seguindo uma ordem de prioridade “.

A figura 2.14 com uma representação gráfica do diagrama de Pareto.

Figura 2.14 - Representação genérica do diagrama de Pareto.



Para Vieira (1999, p.13), a principal aplicação do diagrama de Pareto ocorre na priorização de causas de perdas e de problemas, sendo que:

“As perdas constituem a grande preocupação de quem procura gerir a qualidade. Mas por que ocorrem perdas? A experiência tem mostrado que a maioria das perdas são explicadas por umas poucas causas. Então o primeiro passo, na gestão da qualidade é identificar as causas que determinam a maioria das perdas. A segunda é sanar estas causas. Dessa forma, diminui-se substancialmente o desperdício. O diagrama de Pareto é uma ferramenta para estabelecer a ordem de prioridade para serem sanadas”.

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

Juran (1995, p.323) afirma, sobre a utilização do diagrama de Pareto, que:

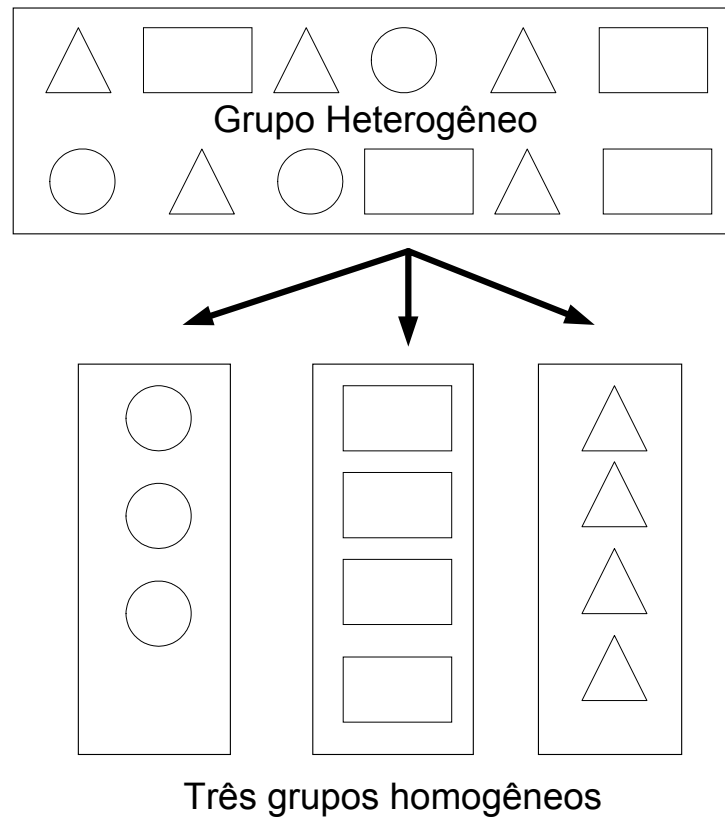
“...quanto mais numerosas as atividades, maior a tarefa de analisar o que está acontecendo. Nós poderemos fazer uma redução considerável do trabalho envolvido com apenas uma pequena redução no valor da análise. O método consiste em aplicar o princípio de Pareto e se concentrar nos poucos e vitais”.

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.

2.8.4 ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS

Vieira (1999, p.7) define estratificação como “ o processo de dividir o todo heterogêneo em sub-grupos homogêneos”. A finalidade da estratificação é poder separar grupos de máquinas ou equipamentos, métodos de processamento, operadores ou matérias-primas, em partes, de tal forma que possa ser caracterizado o todo. A figura 2.15 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.

Figura 2.15 – Adaptação de modelo estratificação de um processo



Fonte: Vieira (1999, p.7)

Um exemplo de estratificação de dados de produção, em uma determinada indústria, seria o levantamento de informações por máquinas ou operários. Desta forma, poderia ser separada e analisada a produção por subgrupos, caracterizada por determinados equipamentos. Uma análise estratificada é de fundamental importância para a resolução eficiente de problemas (Kume, 1993).

2.8.5 DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO (ISHIKAWA)

Conforme descrito por Kume (1993, p.30), o diagrama de causa e efeito foi utilizado, primeiramente, por Kaoru Ishikawa, professor da Universidade de Tóquio, em 1953:

“O professor Ishikawa sintetizou as opiniões dos engenheiros de uma fábrica na forma de um diagrama de causa-efeito, enquanto eles discutiam um problema de qualidade... Quando o diagrama passou a ser usado na prática, ele provou ser muito útil, e logo passou a ser amplamente utilizado entre as empresas de todo o Japão”.

Oliveira (1996, p.29) define o diagrama de causa-efeito como uma ferramenta gerencial que:

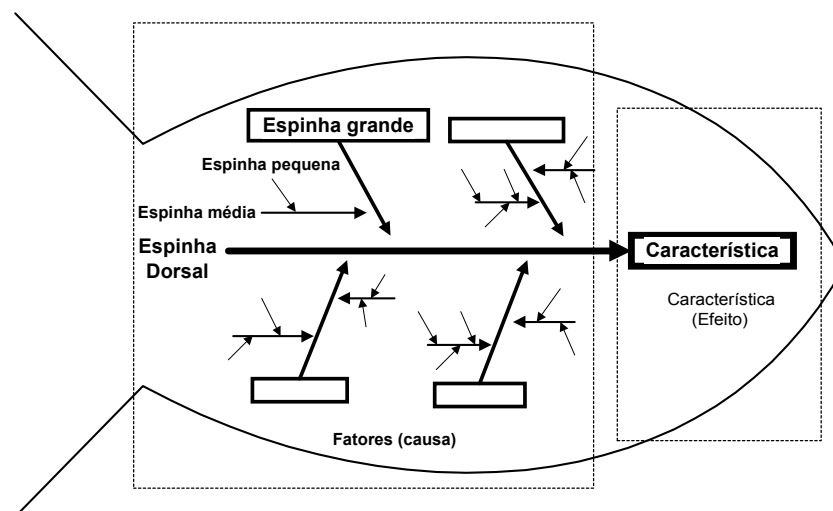
“...permite identificar com razoável clareza, a relação entre o efeito, sob investigação e suas possíveis causas. A partir deste ponto, identificam-se as mais prováveis e merecedoras de atenção. A identificação das causas exige a realização de uma seqüência de perguntas que evidenciem a ligação entre os fatos, normalmente, retroagindo-se a partir do efeito estudado, da direita (cabeça de peixe) para a esquerda (espinhas)”.

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”.

A figura 2.16 mostra uma representação do diagrama causa-efeito.

Figura 2.16 – Adaptação da estrutura do diagrama Causa e Efeito



Fonte: Kume (1993, p.31).

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”.

Montgomery (1997, p.154) ensina como construir um diagrama de causa-efeito:

- 1 – Definição do problema ou efeito a ser analisado.
- 2 – Formação de grupo, para se fazer a análise. Posteriormente, o grupo irá levantar as causas potenciais via *brainstorming*.
- 3 – Desenhar o quadro de efeito e a linha central.
- 4 – Especificar as maiores causas potenciais, por categorias; conectar os boxes de causas à linha central.
- 5 – Identificar as possíveis causas e classificá-las por categorias. Se necessário, novas categorias devem ser criadas.
- 6 – Colocar, em fila, as causas, para identificar as que são mais relevantes em relação ao problema.
- 7 – Executar as ações corretivas.

2.8.6 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).

Para a avaliação de uma correlação linear, é necessário calcular o coeficiente de correlação, que é fornecido através da equação 2.8 - Fonte: (Vieira, p.55).

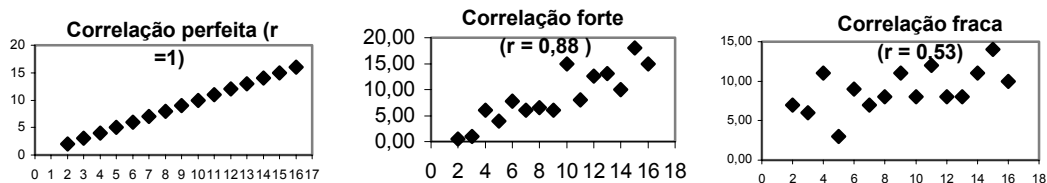
$$r = \frac{\frac{\sum xy}{n} - \left(\frac{\sum x}{n} * \frac{\sum y}{n}\right)}{\sqrt{\left[\left(\frac{\sum x^2}{n} - \left(\frac{\sum x}{n}\right)^2\right) * \left(\frac{\sum y^2}{n} - \left(\frac{\sum y}{n}\right)^2\right)\right]}} \quad (2.8)$$

Para visualizar uma possível correlação entre duas variáveis, é utilizado o gráfico de dispersão ou diagrama de dispersão. Em um sistema cartesiano x e y , são plotadas as duas variáveis, sob a forma de pares ordenados (x, y) (Barbetta, 1998).

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 2.17 mostra os vários tipos de correlação positiva:

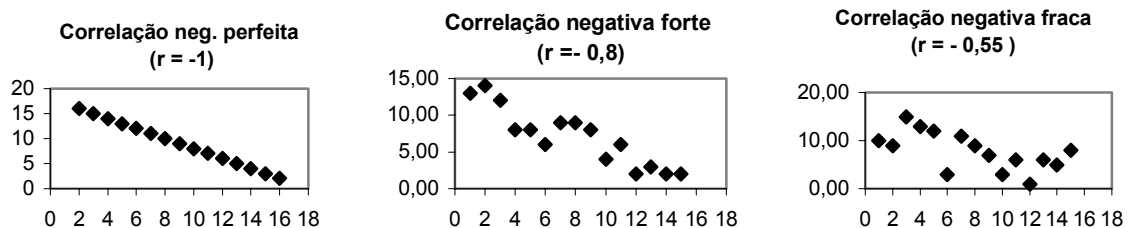
Figura 2.17 - Modelos de gráficos de dispersão com correlação linear positiva



Fonte: Vieira (1999, p.52)

Correlação negativa – na correlação negativa, à medida em que aumenta o valor de x , diminui o valor de y . A figura 2.18 mostra os vários tipos de correlação negativa.

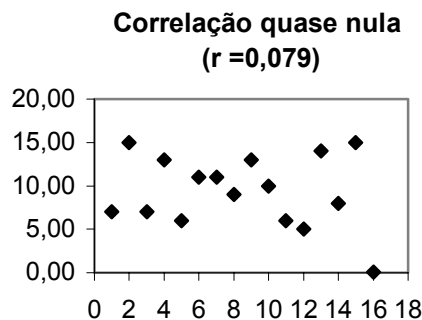
Figura 2.18 - Modelos de gráficos de dispersão com correlação negativa



Fonte: Vieira (1999, p.53)

Sem correlação entre variáveis – neste caso não existe correlação linear entre variáveis, ou seja, não existe nenhuma relação específica. A figura 2.19 mostra uma situação de correlação linear praticamente nula.

Figura 2.19 – Gráfico de dispersão sem correlação

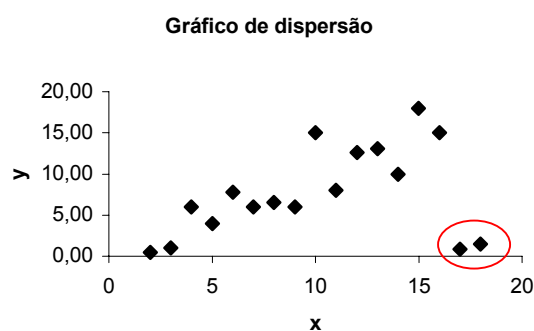


Fonte: Vieira (1999, p.53)

2.8.6.1 Interpretação dos Gráficos de Dispersão

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 2.20 apresenta uma representação de pontos atípicos em um gráfico de dispersão.

Figura 2.20 - Representação de pontos atípicos em gráficos de dispersão.



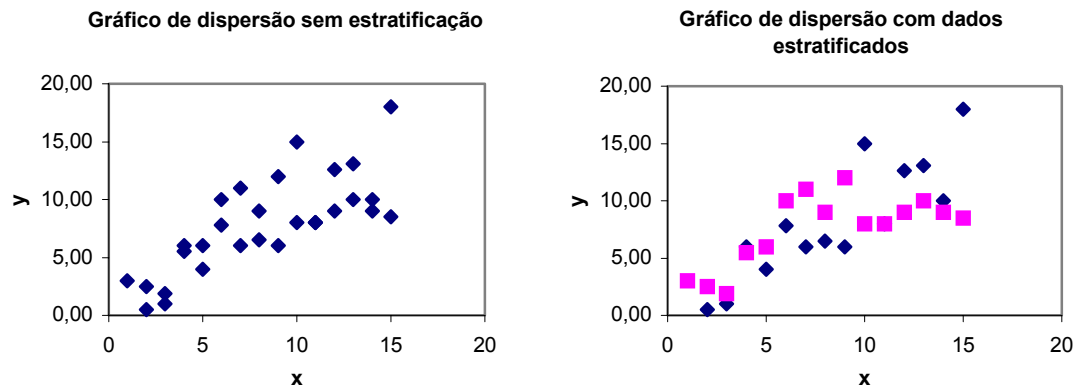
Fonte: Kume (1993, p.78)

2.8.6.2 Gráficos de Dispersão Associados com à Estratificação de Dados

Para Kume (1993), outra forma de se fazer a interpretação de gráficos de dispersão 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 2.21 mostra um gráfico de dispersão com os dados sem estratificação e outro gráfico com a separação dos dados.

Figura 2.21 - Gráfico de dispersão com os mesmos dados, sem estratificação e com estratificação.



Fonte: Kume (1993, p.84).

2.8.7 DIAGRAMA DE VISUALIZAÇÃO DE DEFEITOS

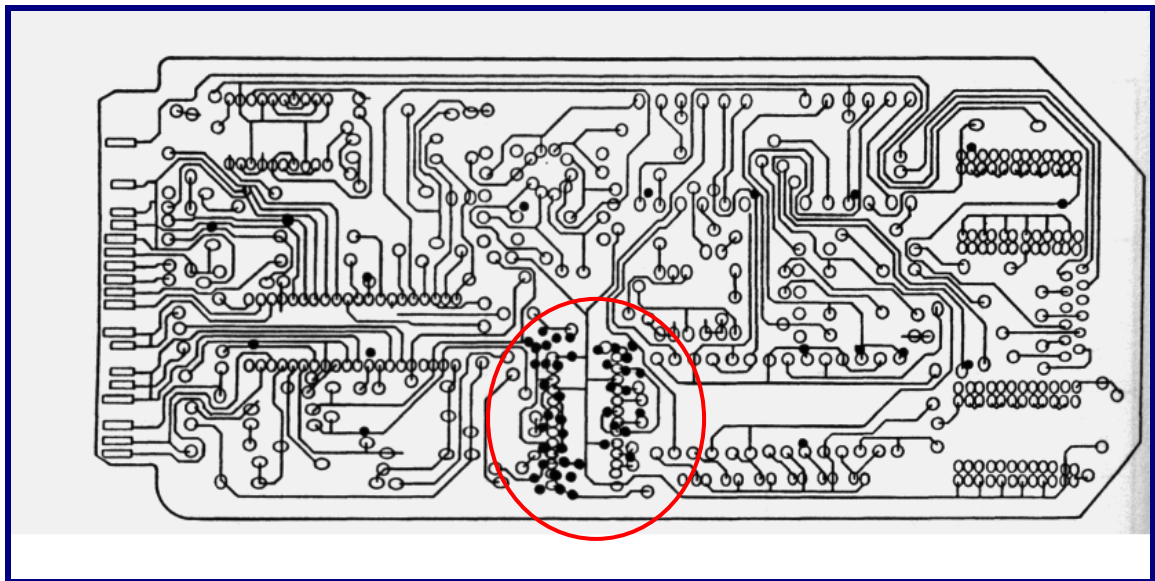
O diagrama de visualização de defeito é a figura representativa de uma determinada unidade, em várias vistas, com a finalidade de representar o local que apresenta maior quantidade de defeitos e problemas, para que se faça uma posterior análise e se determinem as causas potenciais dos defeitos (Montgomery,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

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).

Wadsworth (1986) apresenta em sua obra, exemplos de aplicação deste diagrama de visualização de defeitos. Dois casos serão citados a seguir:

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. A figura 2.22 representa a situação.

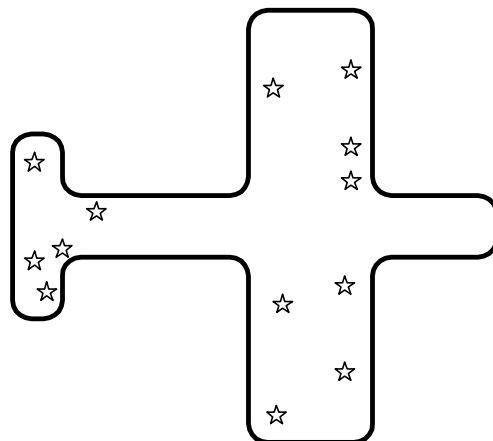
Figura 2.22 - Circuito eletrônico com pontos de defeitos plotados. A região em vermelho é onde se localiza a maior parte dos defeitos na placa



Fonte: Wadsworth (1986, p. 298)

Durante a segunda guerra mundial, a fabricação de aviões incorria em alguns defeitos, que tornavam esses aviões vulneráveis, quando em combate. Analistas do setor, com a utilização dos diagramas visuais, verificaram que defeitos e pontos falhos em aeronaves ocorriam em determinadas partes do avião. A informação da localização dos defeitos possibilitaram aos projetistas e engenheiros responsáveis priorizar as ações para a correção destes problemas nestas áreas críticas, onde ocorria a maior parte dos defeitos. Após a correção dos problemas, nas regiões críticas, a vulnerabilidade dos aeroplanos reduziu substancialmente.

Figura 2.23 - Localização dos pontos de defeito em um croqui de modelo de aeroplano.



Fonte: Wadsworth (1986, p. 298).

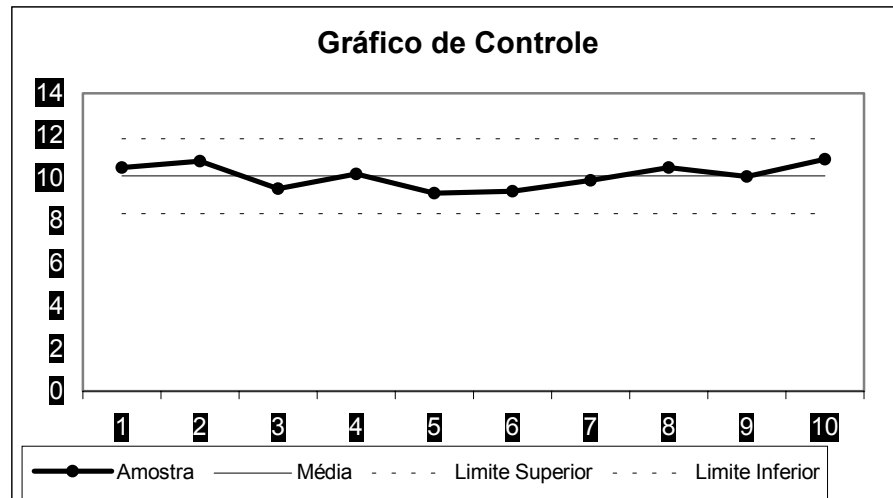
2.8.8 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)

O 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).

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é, sem dúvida, uma das mais poderosas metodologias desenvolvidas, visando auxiliar no controle eficaz da qualidade. 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. A figura 2.24 mostra a representação de um gráfico de Shewhart ou gráfico de controle genérico.

Figura 2.24 – Representação Gráfico de controle ou gráfico de Shewhart.



Fonte: Adaptado Kume (1993, p.98)

Conforme Owen⁴ (apud Schissatti, 1998), o Controle Estatístico de Processos é “considerado uma das formas de controle do processo preventivo. Resumidamente, constitui-se da utilização de técnicas estatísticas para se controlar o processo. Por técnicas estatísticas entende-se a coleta, a representação e a análise de dados de um processo”.

2.8.8.1 Causas Comuns e Especiais

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. Segundo Ramos (1997), são definidos os seguintes conceitos para as causas de variação nos processos:

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.

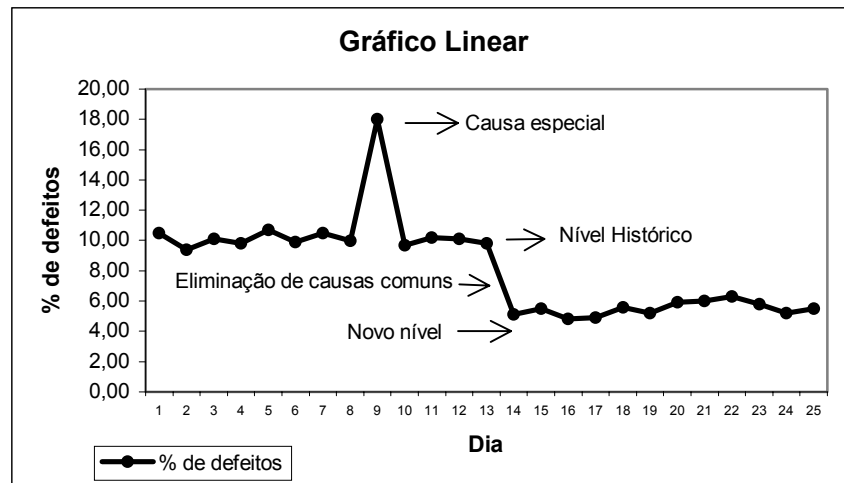
Causas comuns – uma causa comum é definida como uma fonte de variação que afeta a todos os valores individuais do processo. É resultante de diversas origens, sem que

⁴ OWEN, Mal. **SPC and Continuous Improvement**. 1 ed. USA:IFS Publications, 1989.

nenhuma tenha predominância sobre a outra. Um processo é dito sob controle, ou estatisticamente estável, quando somente causas comuns estiverem presentes.

A figura 2.25 apresenta um gráfico linear. Nele estão sendo acompanhados indicadores de defeitos. O gráfico mostra os efeitos nos índices devidos às causas comuns e às causas especiais

Figura 2.25 – Causas comuns e causas especiais de variação



Fonte: Ramos (1997, p.191)

Deming⁵ (apud Schissatti, 1998, p.14 de 23) afirma que:

“...segundo sua experiência, 94% dos problemas ou oportunidades de melhorias, estão relacionadas às causas comuns, enquanto apenas 6% às causas especiais. ... desta forma, é possível afirmar que a maior parcela de responsabilidade, quanto à redução de variabilidade, é da administração do processo, isto é, dos gerentes, engenheiros e técnicos que têm autoridade de mudar o sistema”.

Dentre as diversas ferramentas do CEP, os gráficos de controle são sem dúvida as mais importantes.

Ramos (1997, p.192) diz que os gráficos de controle possuem três objetivos básicos:

- “a) Verificar se o processo estudado é estatisticamente estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação.*
- b) Verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre ele.*
- c) Permitir o aprimoramento contínuo do processo, mediante a redução de sua variabilidade”.*

⁵ DEMING, W. Edwards. **Qualidade: A Evolução da Administração**. 1. edição. Rio de Janeiro:Saraiva, 1990.

2.8.8.2 Montagem dos gráficos de controle

Conforme Ramos (1997, p.193), para a geração de um gráfico de controle são necessários os seguintes procedimentos:

“... na prática, como não se conhece nem o valor da média e nem o do desvio padrão da população, torna-se necessário estimá-los (substituí-los) a partir das estatísticas fornecidas pelas amostras. No cálculo dos limites de controle e obtenção das amostras, as seguintes regras devem ser obedecidas:

- a) o desvio padrão utilizado deve ser estimado com base na variação dentro da amostra, não se aceitando nenhum outro tipo de estimador;*
- b) os gráficos sempre utilizam limites de controle localizados à distância de três desvios padrão da linha média;*
- c) os dados devem ser obtidos e organizados em amostras (ou subgrupos) segundo um critério racional, visando permitir a obtenção das respostas necessárias;*
- d) O conhecimento obtido através dos gráficos de controle deve ser empregado para modificar as ações conforme adequado.”*

A partir da montagem do gráfico de controle, com as informações gráficas geradas, pode-se avaliar o comportamento do processo. Procurar tendências é um uso importante dos gráficos de controle. Se a tendência sugere que o processo está ficando pior, então, valerá a pena investigar o processo. Se a tendência está constantemente melhorando, ainda pode valer a pena investigar, tentando identificar o que está fazendo o processo melhorar. Pontos em um gráfico de controle, que caem fora dos limites de controle, são uma razão óbvia para se acreditar que o processo está fora de controle. Portanto, deve-se investigar o processo, buscando-se as causas. O gráfico de controle passa a ser um instrumento de informações para que o gestor acompanhe e monitore o seu processo (Slack, 1997).

2.8.8.3 Tipos de Gráficos de Controle

Os tipos de gráficos de controle, juntamente com as respectivas fórmulas, serão mostrados na tabela 2.2:

Tabela 2.2 - Tipos de gráficos de controle e fórmulas.

Tipo de Gráfico de Controle	Fórmulas para a determinação dos limites de controle	Notação
Gráfico \bar{x}	$LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$ $LC = \bar{\bar{x}}$ $LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$	LSC – Limite superior de controle LC – Limite de controle LIC – Limite inferior de controle $\bar{\bar{x}}$ – Média da média da sub-amostra A_2 – fator obtido na tabela para converter amplitude
Gráfico R	$LSC = D_4 \cdot \bar{R}$ $LC = \bar{R}$ $LIC = D_3 \cdot \bar{R}$	LSC – Limite superior de controle LC – Limite de controle LIC – Limite inferior de controle \bar{R} – média das amplitudes da sub-amostra D_3 – fator de conversão de amplitude de acordo tabela D_4 – fator de conversão de amplitude de acordo tabela
Gráfico x	$LSC = \bar{x} + 2,66 \cdot Rm$ $LC = \bar{x}$ $LIC = \bar{x} - 2,66 \cdot Rm$	LSC – Limite superior de controle LC – Limite de controle LIC – Limite inferior de controle \bar{x} – média dos valores individuais Rm – Amplitude média sucessivas das amostras.
Gráfico pn	$LSC = \bar{pn} + 3 \cdot \sqrt{\bar{pn} \cdot (1 - \bar{p})}$ $LC = \bar{pn}$ $LIC = \bar{pn} - 3 \cdot \sqrt{\bar{pn} \cdot (1 - \bar{p})}$	LSC – Limite superior de controle LC – Limite de controle LIC – Limite inferior de controle \bar{pn} – média de itens defeituosos \bar{p} – média dos valores de p
Gráfico p	$LSC = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}$ $LC = \bar{p}$ $LIC = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}$	LSC – Limite superior de controle LC – Limite de controle LIC – Limite inferior de controle \bar{p} – média dos valores de p
Gráfico c	$LSC = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$ $LC = \bar{c}$ $LIC = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$	LSC – Limite superior de controle LC – Limite de controle LIC – Limite inferior de controle \bar{c} – número de defeitos por unidade
Gráfico u	$LSC = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\bar{u} / n}$ $LC = \bar{u}$ $LIC = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\bar{u} / n}$	LSC – Limite superior de controle LC – Limite de controle LIC – Limite inferior de controle \bar{u} – média defeitos por unidade n – tamanho da amostras

Fonte: Kume (1993, p.100)

Gráfico $\bar{x} - R$

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).

Gráfico de controle x

Estes gráficos são utilizados quando os dados de um processo são obtidos através de um longo intervalo de tempo, ou quando são realizadas medidas individuais ou amostras de um só elemento (Kume, 1993).

Para fazer o gráfico de controle, estima-se a variabilidade através da amplitude móvel, (R_m) de duas observações sucessivas.

Para Montgomery (1997), existem muitas situações de processos para monitoramento, onde o número de amostras é igual a 1. O autor exemplifica algumas situações:

- São usadas na inspeção automática e nas medidas técnicas; então, toda unidade fabricada é analisada.
- A razão de produção é muito baixa. Por isso, é inconveniente permitir amostras com tamanho maior que 1, para depois serem analisadas.
- Medidas repetidas no processo se diferem por causa de erros ocorridos nas análises laboratoriais, como, por exemplo, em muitos processos químicos.

Para Wadsworth (1986), este é o tipo mais simples de gráfico de controle, que também é denominado gráfico x ou gráfico individual. Esse gráfico é denominado, por alguns autores, de “gráfico com amplitude móvel de limites de controle”. Segundo o autor, as principais utilizações e aplicações deste tipo de gráfico são:

- No estudo de processos ou nas variáveis de produção (temperatura, pressão etc), nos quais é extremamente difícil, anti-econômico ou impraticável de se obterem em várias medidas ou amostras durante um curto período de tempo para a formação de um subgrupo racional.
- Em escritórios de contabilidade ou outros tipos de práticas comerciais que envolvam dados de proporção, eficiência, gastos ou qualidades de custo.
- Nos dados de atributos, nos quais as amostras são muito amplas para o limite de controle.
- Em qualquer outra situação, onde a simples amostra de um dado é mais que suficiente.

Para se proceder à montagem deste tipo de gráfico, são adotados os seguintes procedimentos:

- Seleção da medida da característica que irá ser avaliada.
- Determinação da frequência, obtendo-se as medidas; coleta de uma quantidade significativa para começo do estudo (20 ou mais observações). A frequência ou intervalo entre observações deverá ser estimada para se detectarem anormalidades e tomadas as ações, quando ocorrerem mudanças nas características desejadas.
- Cálculos dos limites de controle e da linha média, de acordo com a fórmula do campo 2 da tabela 2.3
- Confeção do gráfico de controle, com os pontos plotados, a linha média e os limites de controle, interpretando o padrão estudado e estendendo os limites de controle de acordo com as futuras observações.
- Revisão dos limites de controle, quando for necessário (pode-se remover os pontos fora de controle, tendências sem sentido etc), para ajudar a manter ou a melhorar o processo. A linha média pode ser ajustada para se tentar atingir uma meta.
- Periodicamente, deve-se realizar a avaliação do uso e a efetividade do gráfico de controle, revisando-o, quando necessário, ou quando houver descontinuidade.

Estimando o desvio-padrão, há dois métodos de determinação para o desvio padrão (σ) neste tipo de gráfico, baseados nas observações, que serão mostrados a seguir:

- a) Amplitude móvel - neste sistema o desvio padrão é definido pela diferença entre duas medidas consecutivas, onde se estabelece a média de todas as diferenças, conforme mostrado na equação (2.9), a seguir:

$$Rm_i = |x_i - x_{i-1}|, i = 2, \dots, k \quad (2.9)$$

O procedimento para determinar a média móvel ocorre de acordo com a seguinte equação (2.10)

$$\overline{Rm} = \sum_{i=2}^k Rm_i / (k - 1) \quad (2.10)$$

Os limites de controle são estabelecidos pelas seguintes relações das equações (2.11):

$$LC = \bar{x} \pm 3 \overline{Rm} / d_2 \Leftrightarrow LC = \bar{x} \pm 2,66 * \overline{Rm} \quad (2.11)$$

b - Desvio Padrão da amostra - em algumas circunstâncias, pode-se estimar o desvio padrão das características do processo pela amostra de desvio padrão (s), que é fornecido pela equação (2.12):

$$\sigma = s = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 / (k - 1)} = \sqrt{[\sum_{i=1}^k x_i^2 - (\sum x_i)^2 / k] / (k - 1)} \quad (2.12)$$

Segundo Kume (1993), estas são as principais utilizações de outros tipos de gráficos:

Gráfico *np* e Gráfico *p*

É utilizado em situações em que a característica da qualidade é representada pelo número de itens defeituosos ou pela fração defeituosa. Para amostras de tamanho constante, usa-se o tipo *np* para representar o número de peças defeituosas. Para amostras de tamanho variável, usa-se o gráfico tipo *p*.

Gráfico *c* e Gráfico *u*

São gráficos usados para controlar um processo por número de defeitos de um produto. Para tamanho constante da amostra usa-se o tipo *c*. Para um produto de amostra de tamanho variável utiliza-se o gráfico *u*.

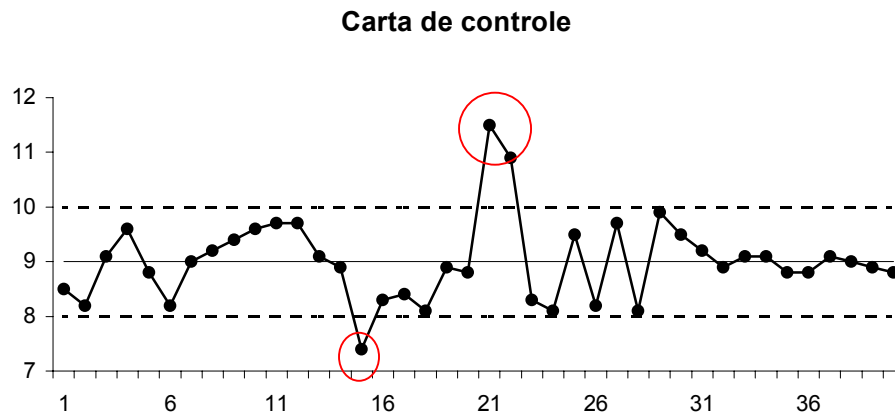
2.8.8.4 Interpretação de Gráficos de Controle

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.

Segundo Kume (1993, p.113-115), a interpretação de dados e informações presentes nestes gráficos ocorre por intermédio da avaliação das seguintes situações:

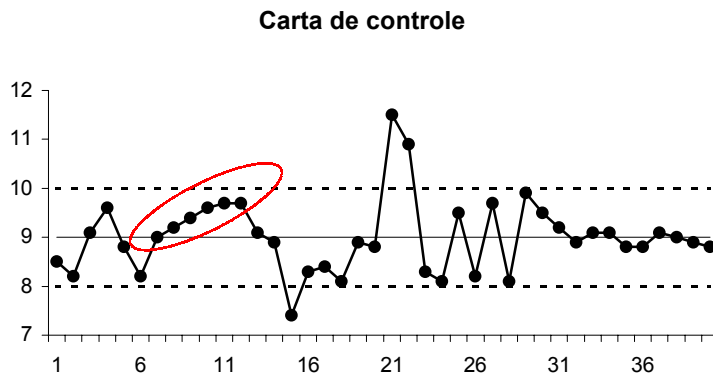
- Pontos fora do limite de controle

Figura 2.26 – Pontos fora do limite de controle.



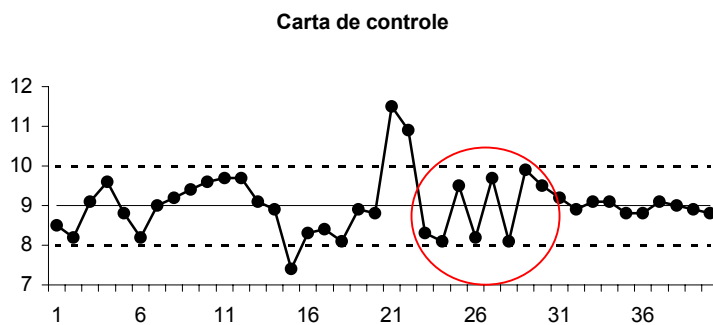
- Tendência - quando os pontos formam uma linha contínua ascendente ou descendente.

Figura 2.27 - Pontos em ascendência positiva



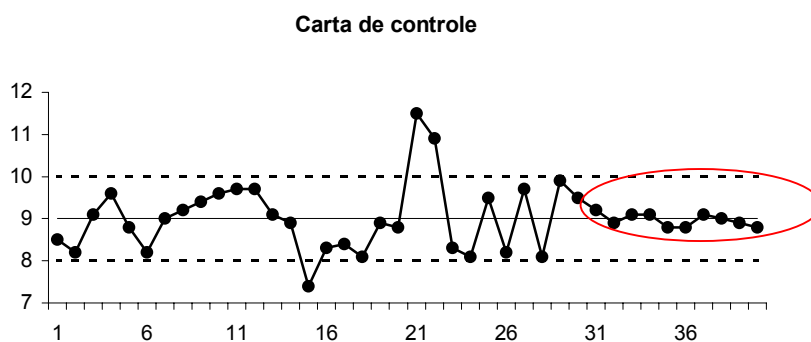
- Periodicidade - situação verificada quando a linha mostra uma tendência para cima e para baixo, em intervalos quase sempre iguais.

Figura 2.28 – Pontos alternando em padrões periódicos.



- Proximidade da linha central - é uma situação na qual a maioria dos pontos está posicionada próxima à linha central. Este tipo de tendência ocorre em função da formação de subgrupos de maneira inadequada.

Figura 2.29 – Pontos em proximidade da linha central.



- Sequência - é uma situação anormal, onde vários pontos consecutivos incidem em um lado da linha central. A seguir são mostradas os principais exemplos de situações onde as sequências são consideradas anormais:

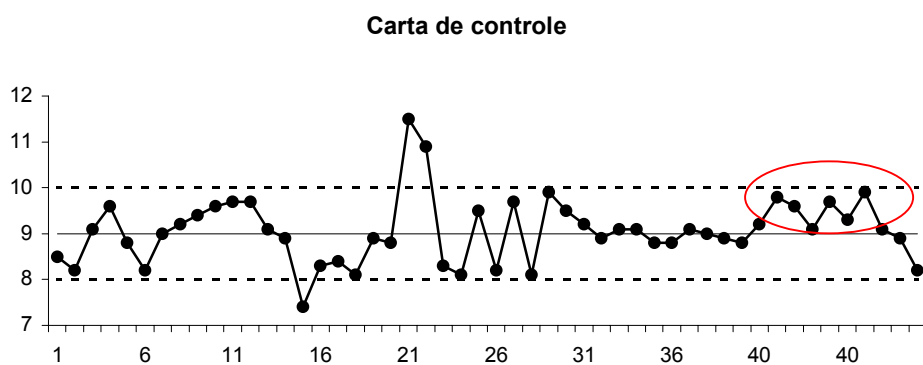
Sete pontos ou mais incidem sobre um mesmo lado da linha.

Pelo menos 10 de 11 pontos incidem sobre um mesmo lado da linha.

Pelo menos 12 de 14 pontos incidem sobre um mesmo lado da linha central.

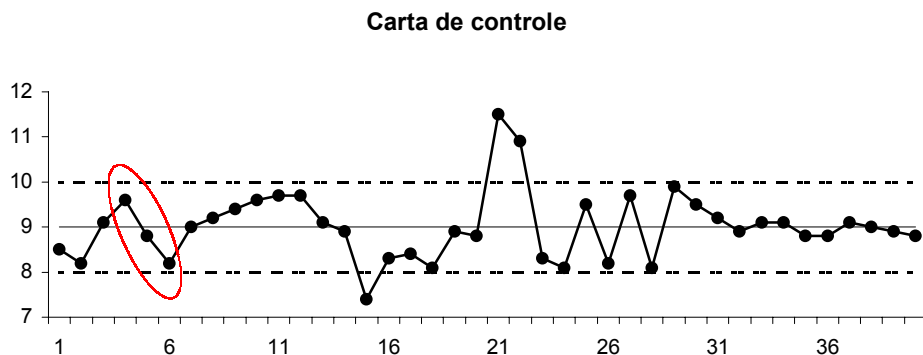
Pelo menos 16 de 20 pontos incidem sobre um mesmo lado da linha central.

Figura 2.30 - Vários pontos incidindo de um lado da LC.



- Proximidade dos limites de controle - é uma situação anormal quando 2 em 3 pontos incidem próximos da linha de controle. Há também mistura, mudança brusca de nível e várias outras.

Figura 2.31 - Pontos em proximidade dos pontos de controle.



2.9 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS APLICADAS AO CONTROLE DE PERDAS

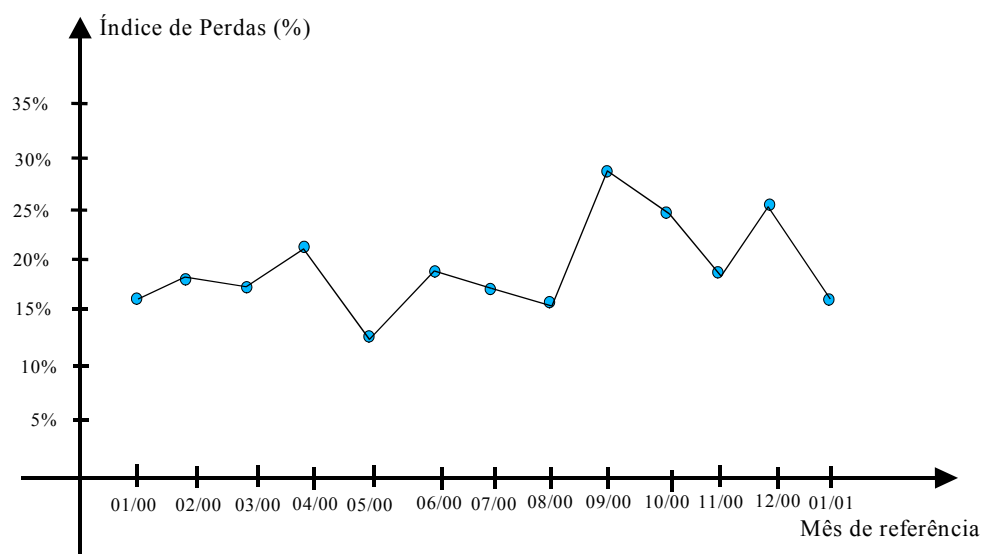
Neste item, serão analisadas os conceitos, levantados na revisão literária, das principais ferramentas estatísticas, juntamente com algumas de suas potencialidades de aplicações para auxílio no controle de perdas. Serão revisadas algumas utilizações destas ferramentas a partir de trabalho de outros autores. Também serão mostradas possibilidades de aplicações destas ferramentas para a avaliação dos dados e dos indicadores que influenciam nas perdas.

2.9.1 GRÁFICO LINEAR

O gráfico linear pode ser utilizado para a representação de séries históricas de indicadores de perdas. A partir dos indicadores mensais, pode-se montar o gráfico linear em uma série temporal, tendo como padrão de tempo o mês. Para a montagem do gráfico linear, podem ser utilizados *softwares* como o EXCEL, através da utilização do gráfico do tipo linha. Outra possibilidade é o uso de papel milimetrado, para quem não está familiarizado com o uso de micro-computadores.

Este gráfico possibilita o acompanhamento de uma série histórica do comportamento das perdas de um setor. A figura 2.32 mostra um gráfico linear que representa indicadores de perdas mensais.

Figura 2.32 - Gráfico linear representando indicador mensal de perdas.

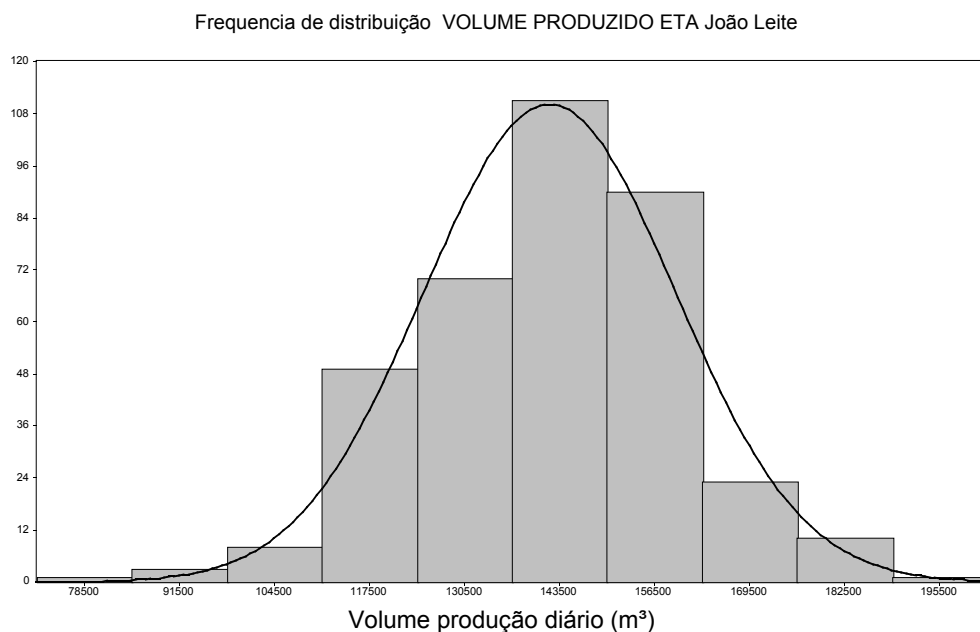


2.9.2 HISTOGRAMA

No processo de produção e distribuição de água em sistemas de abastecimento, os valores do volume produzido e distribuído diariamente tendem a seguir um padrão, que contém um valor médio e valores de dispersão. Esses valores de dispersão representam a variação de consumo, que pode ser influenciado por várias razões (clima, dia da semana, maior ou menor demanda dos usuários etc.). Uma forma de representar esse padrão é através do histograma, que é uma forma da representação gráfica de uma grande quantidade de dados. Por esta forma de representação gráfica, a visualização dos dados é melhor, se comparada a uma tabela.

O histograma de dados de volumes diários, distribuídos ou produzidos, mostra a dispersão e as variações no consumo de água tratada da população. Pela dispersão, é possível levantar a constante K_1 (coeficiente de maior consumo diário) de um sistema de abastecimento de água. A figura 2.33 mostra um exemplo de histograma de dados de produção diária da ETA João Leite, Goiânia, durante o ano de 2000.

Figura 2.33 - Histograma de valores de volume produzido na ETA João Leite. Este gráfico foi gerado no software SIMSTAT.



Pelo histograma, é possível verificar a tendência à normalidade dos dados. Esta verificação, conforme Schissatti (1998), permite verificar a possibilidade de aplicação do CEP.

2.9.2.1 Capacidade

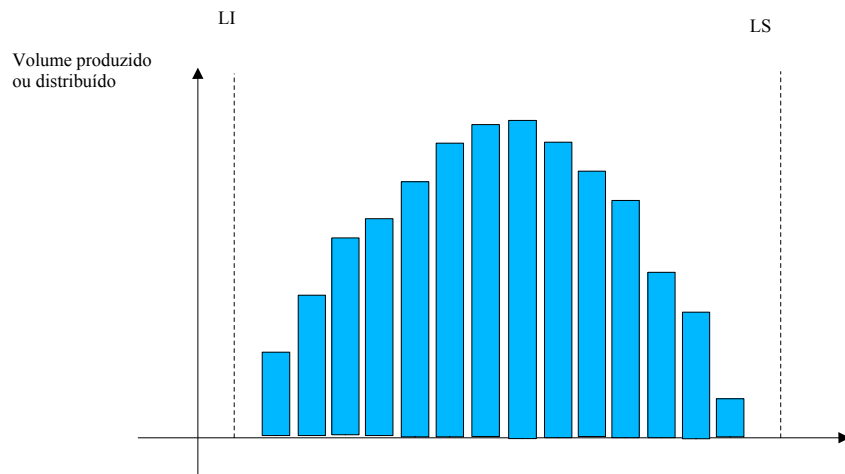
Um conceito associado a utilização dos histogramas refere-se ao uso dos limites de especificação. Através do LI (limite inferior) e LS (limite superior), pode-se avaliar como está funcionando o sistema de produção e distribuição. O LS em um sistema de produção, pode estar associado à capacidade máxima de produção do sistema, ou seja, o valor limite de produção do sistema.

Várias situações de dados levantadas podem ser avaliadas, com a utilização do histograma, conforme exemplos a seguir:

Volumes distribuídos - os dados levantados nas planilhas podem ser representados via histograma, para facilitação da visualização.

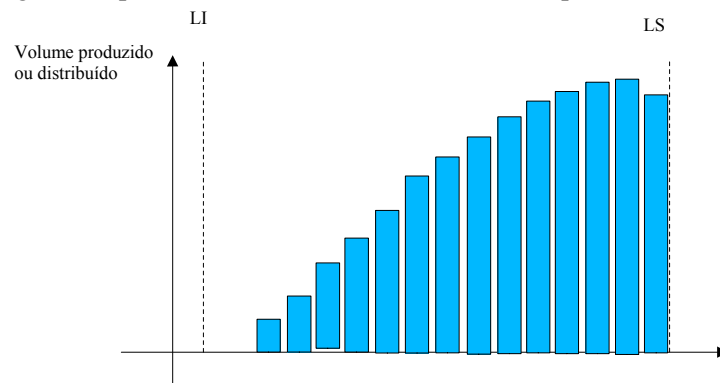
Produção com reserva de capacidade - os dados tendem a seguir uma simetria em ambos os lados, e tender para uma curva de distribuição normal. Como a capacidade de produção é maior que de consumo, existe uma folga e reserva no sistema. O LS é a capacidade máxima de produção do sistema. A figura 2.34 mostra um modelo de representação de volumes produzidos ou distribuídos através de um histograma.

Figura 2.34 - Histograma mostrando produção ou distribuição.



Produção no limite de capacidade - os dados tendem a seguir uma assimetria negativa, devido ao fato de o sistema trabalhar na capacidade máxima ou próximo a ela, em grande parte do tempo. A figura 2.35 mostra um histograma com dados de produção diário, apontando que o sistema trabalha grande parte do tempo próximo da sua capacidade máxima de produção.

Figura 2.35 - Histograma representando um sistema trabalhando próximo da sua capacidade máxima.

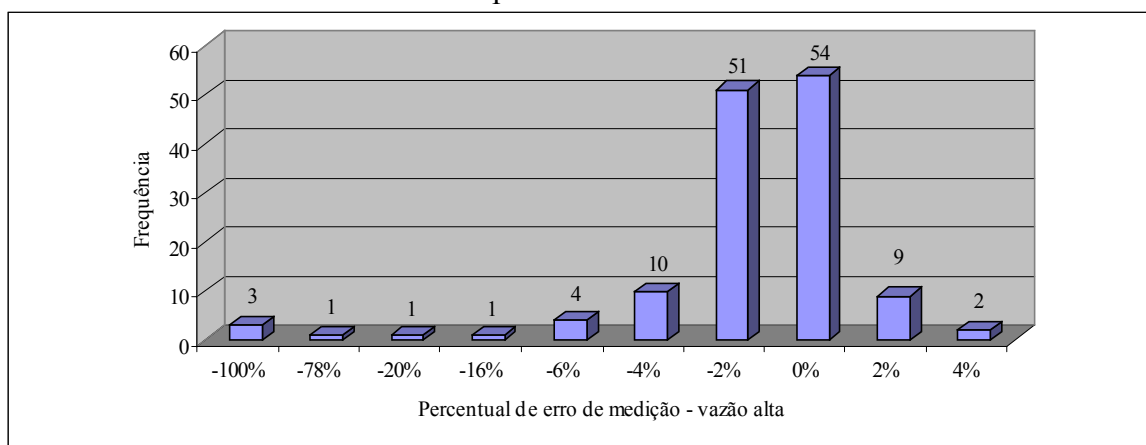


2.9.2.2 Aplicação do histograma em análise de dados

Outra aplicação dos histogramas, no processo de controle de perdas, ocorre na sua utilização para representação de uma grande quantidade de dados em estudos e avaliação de micromedição.

Santos F. et al (1999), utilizam o histograma para representar o ensaio de hidrômetros que foram testados em uma área-piloto de Aquidauana, MS. Na Vila do Bancários, foi realizado um estudo de controle de perdas. Pelo ensaio, foi verificada a situação de comportamento dos hidrômetros, determinando-se o erro de medição dos mesmos. O histograma, conforme figura 2.36, representa a distribuição de freqüências do erro de medição de uma amostra de aparelhos. Pelo histograma, pode-se fazer uma análise pela visualização da distribuição dos dados e das informações levantados durante o ensaio de forma mais fácil que pela leitura da tabela de resultados.

Figura 2.36 - Resultado de ensaio de hidrômetros de um setor/Aquidauana, onde foi realizado um estudo de controle de perdas.



Fonte: Santos F. et al.(1999, p.1498)

2.9.3 DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO PARA LEVANTAMENTO DAS CAUSAS DE PERDAS NO SETOR

O diagrama de causa-efeito é uma ferramenta de avaliação dos problemas e de busca das possíveis causas destes problemas. Para uma verificação das principais situações que podem ocasionar perdas nos sistemas de abastecimento de água, com o uso desta ferramenta, sugere-se o estabelecimento das seguintes rotinas:

O gestor verifica o problema a ser avaliado e em qual setor está ocorrendo o problema.

Reúne-se as pessoas envolvidas no processo e que conheçam o setor ou área a ser avaliada. Geralmente, os funcionários que trabalham diretamente com o problema, possuem experiência e vivência das principais causas que ocasionam o mesmo. É importante que se conheça a opinião das pessoas envolvidas diretamente com o problema.

Por exemplo: em caso de vazamento de redes, o pessoal ligado à manutenção de rua (encanadores e auxiliares) que trabalha nos setores envolvidos, pela sua vivência diária, pode conhecer, bem e melhor, quais são as principais causas dos defeitos que produzem vazamentos em redes e, inclusive, pode propor soluções viáveis, muitas vezes mais objetivas do que aquelas sugeridas pelo gerente ou pelo supervisor que acompanha as atividades do escritório.

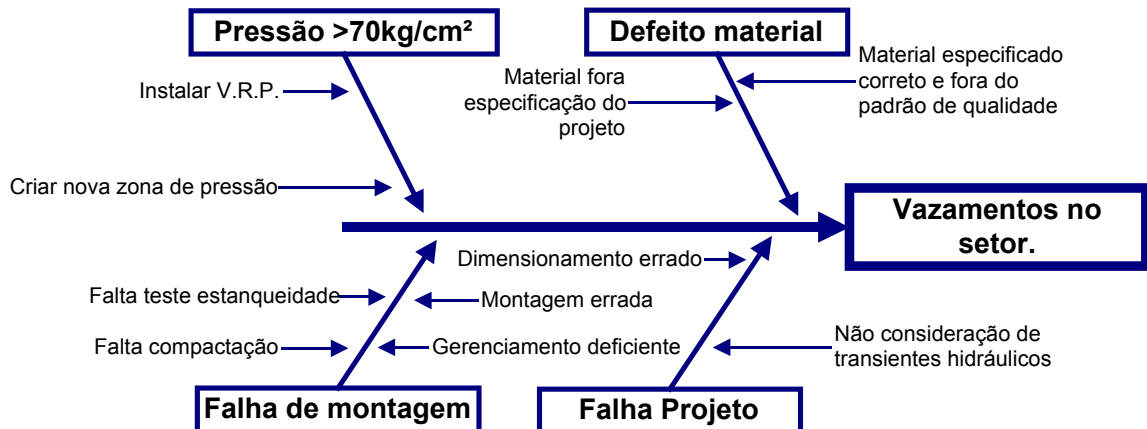
Escutar as opiniões de todos os envolvidos no processo.

Montar um 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.

Fazer uma avaliação conjunta do grupo para verificar qual pode ser a principal causa do problema. Executar a proposta de solução levantada pelo grupo, para verificar se a dificuldade levantada é eliminada.

A figura 2.37 mostra uma aplicação do diagrama de Ishikawa para avaliação de causas de problemas de perdas físicas (vazamentos).

Figura 2.37 - Diagrama de Ishikawa para avaliação de vazamentos em um setor.



2.9.4 DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto é uma ferramenta utilizada para o estabelecimento de prioridades na resolução de problemas. Em empresas de saneamento, a análise com a utilização do diagrama de Pareto, pode ser uma excelente ferramenta gerencial para definição das questões mais relevantes e nas quais deve-se procurar as soluções.

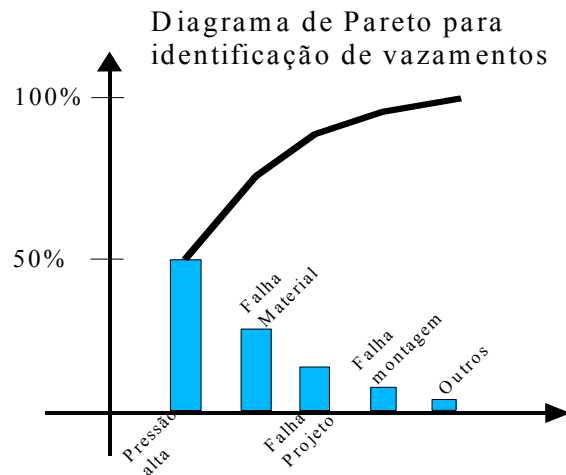
Como são várias as causas das perdas nos sistemas, é necessário priorizá-las, na busca de soluções no amplo espectro do que as ocasionam. A figura 2.37 mostra, com a utilização do diagrama de Ishikawa, os possíveis motivos que podem gerar perdas físicas. No diagrama são mostradas as principais causas dos defeitos que irão gerar estas perdas. Neste caso, existe um leque de possibilidades muito grande de ações corretivas.

Com a análise de Pareto é possível avaliar as principais causas. A seguir, será mostrado um pequeno roteiro, a partir do exemplo da figura 2.37, para uma montagem do gráfico de Pareto:

- i. Com pesquisa em dados, indicadores e ocorrências do problema, identifica-se, quantitativamente, as principais causas de falhas que provocam vazamentos.
- ii. Montagem de uma tabela com estes dados, identificando o tipo de falha e a quantidade. Os dados da tabela, devem ser utilizados para montar um histograma, mostrando-se da maior ocorrência de falhas para a menor. Pela análise de Pareto, é necessário que se priorize o combate às principais causas.

A figura 2.38 mostra um exemplo ilustrativo de diagrama de Pareto, aplicado a partir dos dados mostrados no diagrama de causa e efeito da figura 2.37:

Figura 2.38 - Diagrama de Pareto ilustrativo para mostrar as principais causas de vazamentos. Pelo diagrama, verifica-se que a principal causa dos vários defeitos é a pressão alta, e que deve ser priorizada a busca de solução.



2.9.5 ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS EM CONTROLE DE PERDAS

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. Por exemplo: a análise de um setor, onde esteja sendo realizado um controle de perdas, avaliando-se os consumidores desta região. 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, tais como exemplificados a seguir:

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.

Estratificação por valores em R\$ (reais) de consumo - neste tipo de estratificação, os consumidores podem ser separados pelos valores de conta de água; são classificados de acordo com valores recebidos.

Estratificação por avaliação de clientes – Pode-se separar uma categoria de clientes em pagadores pontuais ou não pontuais.

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.

2.9.6 DIAGRAMA DE VISUALIZAÇÃO DE PROBLEMAS

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.

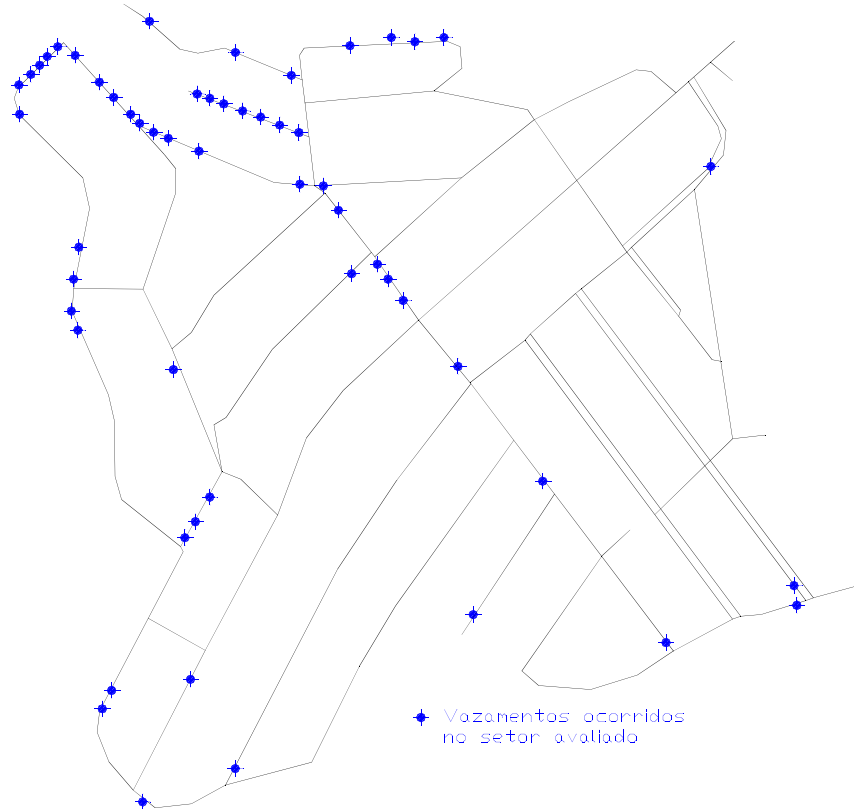
Santos (2000) descreve a utilização de bases georeferenciadas ocorrida em São Carlos-SP, com a utilização de cadastro digitalizado e utilizado para a construção de mapas temáticos. Através deste sistema, com utilização do *software Arc-View 3.1*, foi criado um cadastro constando de redes de distribuição, quadras, ruas, cotas, postes etc.

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. Poder-se-ia, juntamente com a ferramenta descrita anteriormente, proceder à estratificação de dados, fazer ou criar representações simbólicas, identificar por categorias os defeitos nestas localidades, como, por exemplo: vazamentos em ramais, vazamentos em redes, vazamentos em conexões, vazamentos em determinados tipos de materiais (ferro, CA, PVC) etc.

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 na região-piloto em estudo. 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. A figura 2.39 mostra um exemplo de aplicação do diagrama de visualização de defeitos, também utilizado na cidade de São Carlos-SP.

Figura 2.39 - Mapa de visualização de defeitos em um setor da cidade de São Carlos-SP.



Fonte: Santos (2000, p. 81)

2.9.7 GRÁFICOS DE DISPERSÃO

Para a utilização dos gráficos de dispersão, é necessário que se definam quais variáveis serão estudadas. Em sistemas de distribuição, pode-se correlacionar diversas variáveis para uma possível avaliação, tais como:

Pressão Média no Setor X Quantidade de Vazamentos no Setor.

Consumo Médio Cliente X Área Residência do Cliente.

Consumo Médio X Quantidade de Clientes na Residência.

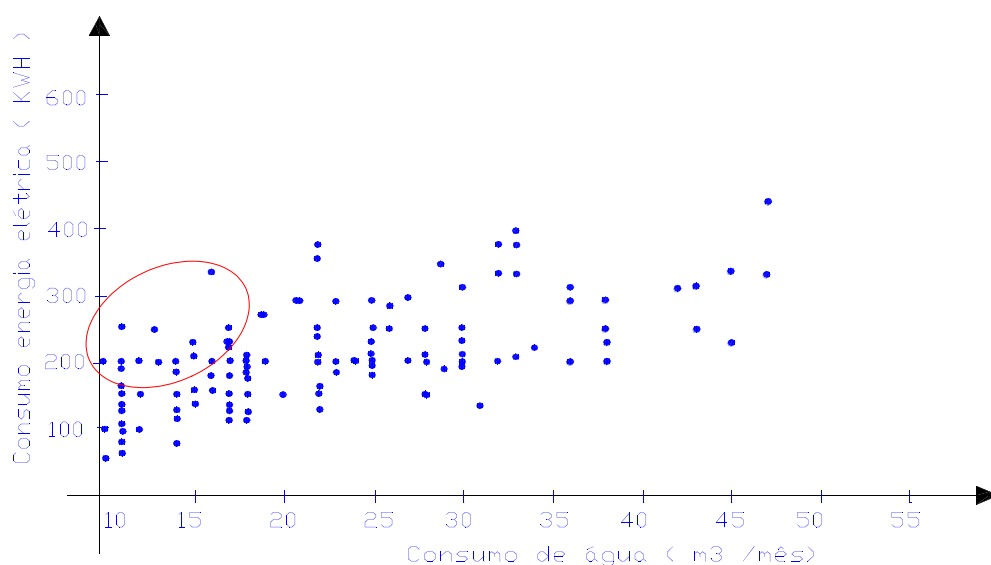
Índice de Faturamento no Setor X Índice de Cortes no Setor.

Esses dados e informações podem ser levantados em banco de dados da empresa, nos relatórios, nas pesquisas realizadas no setor ou através de medidas realizadas com instrumentação adequada.

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 2.40 mostra o gráfico de dispersão correlacionando (Consumo de Energia Elétrica X Consumo Médio de Água Tratada).

Figura 2.40 - Gráfico de dispersão (Consumo de energia elétrica) X (Consumo de água)



2.9.8 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)

O presente item propõe a análise dos dados levantados nas estações de macromedidores, através da utilização dos gráficos de Shewhart. Neste caso, trabalha-se-a com o dado principal (Volume Distribuído), no qual será gerado o indicador de perdas. Outro dado que poderá ser utilizado é o valor da pressão no setor. Estes valores serão acompanhados via gráfico de controle \bar{x} . Conforme mostrado no item 2.8.8.3, 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 produzido, volume distribuído, vazão de distribuição ou a pressão. Estas variáveis são levantadas através de leituras em instrumentos de medição.

2.9.8.1 Modelo de gráfico utilizado

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 utilizados as seguintes equações (2.13), (2.14) e (2.15):

$$LSC = \bar{x} + 2,66 \times R \quad (2.13)$$

$$LC = \bar{x} \quad (2.14)$$

$$LIC = \bar{x} - 2,66 \times R \quad (2.15)$$

Onde: LSC - Limite superior de controle

LC - Limite médio de controle

LIC - Limite inferior de controle

R - Range ou amplitude média

\bar{x} - Valor médio

2.9.8.2 Construção do gráfico

Inicialmente, para a montagem do gráfico, levantam-se os dados, durante um certo período. Ramos (1997) propõe que o tempo de coleta de dados seja adequado ao que vai ser

proposto e analisado, e que, durante o período possa aparecer os principais tipos de variação que serão avaliados.

Sugere-se para avaliação dos dados de volume distribuído, levantados pela macromedição, que a mesma pode ser iniciada após um período de 90 dias ou 90 valores. Esta quantidade de dados pode ser menor, conforme consta na revisão literária, ou seja, a partir de 20 a 30 leituras. Estes valores serão estabelecidas pelo gestor do sistema de acordo com as características de cada situação. Com estes dados, podem-se levantar os intervalos $G 3\sigma$ (LSC e LIC). Estes valores são calculados a partir da Amplitude Média ($R_{\overline{ae}}$), mostrada no item 2.9.8.1. A montagem dos gráficos de controle, com a utilização de micros, podem ser facilmente utilizadas com uma planilha eletrônica tipo EXCELL, que possui funções automáticas para a montagem de gráficos. Neste caso, para montagem do gráfico de controle seria utilizado o modelo tipo linha.

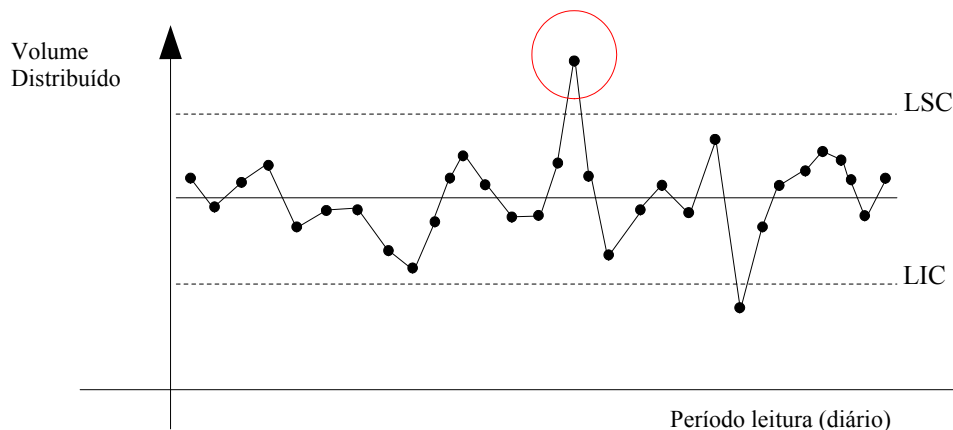
Outra alternativa seria a utilização da representação gráfica em papel milimetrado. Esta alternativa é simples e de fácil aplicação, e pode ser utilizada devido à sua facilidade de operacionalização em locais onde não há micro-computadores ou quando o pessoal que irá utilizar este processo não estiver familiarizado com o uso deste equipamento.

2.9.8.3 Interpretação dos gráficos

Esta é a parte mais importante do processo, que é avaliar e interpretar os resultados levantados no gráfico de controle. Os gráficos de controle, na avaliação de perdas, podem ser também utilizadas em conjunto com outras variáveis diferentes (vazão, volume ou pressão) em um determinado processo. Para isso, são mostrados os casos mais comuns, adaptados ao controle de perdas.

Ponto fora do limite de controle superior - conforme mostrado na figura 2.41:

Figura 2.41 - Gráfico de controle com ponto acima do limite superior.



Neste caso, o ponto acima do limite de controle superior, em um determinado setor, indica um volume excessivo de água tratada distribuído no setor. A causa desta anormalidade pode estar associada às seguintes causas: vazamentos na rede, vários pequenos vazamentos em ramais no mesmo dia; descargas de rede para limpeza ou grande consumo clandestino. Quando houver comprovação via-RA, Registro de Atividade, de que a causa da anormalidade está associada a um vazamento de rede no setor, pode-se fazer uma estimativa da quantidade que foi perdida. Esta estimativa poderia ser entre a diferença da média da tendência de consumo de vários dias menos o valor de pico alcançado. A figura 2.42 mostra uma situação em que se estima o volume perdido em vazamento, extravasamento de reservatórios ou o volume utilizado na limpeza, com o uso do gráfico de controle.

Figura 2.42 - Utilização do gráfico de controle para a estimativa de volumes desperdiçados em vazamentos, extravasamentos de reservatórios ou descargas de rede.

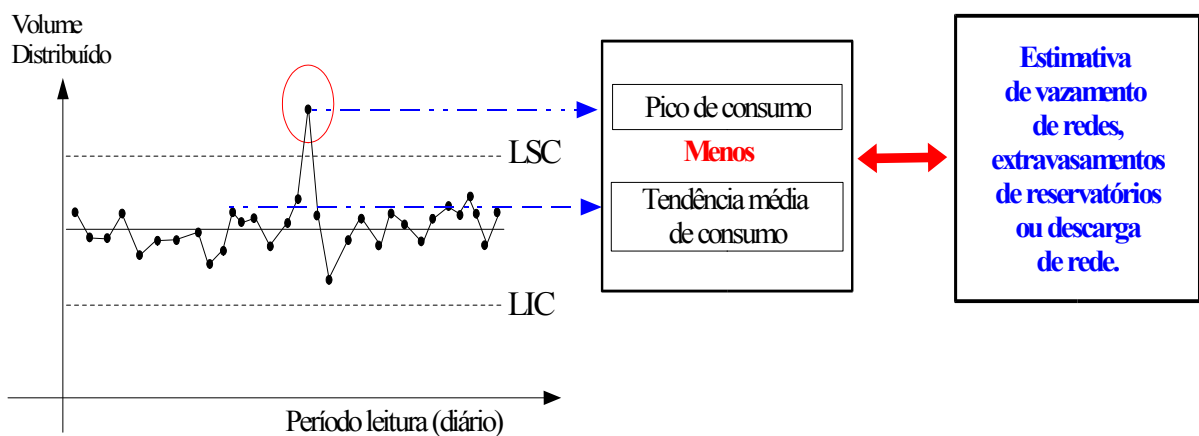
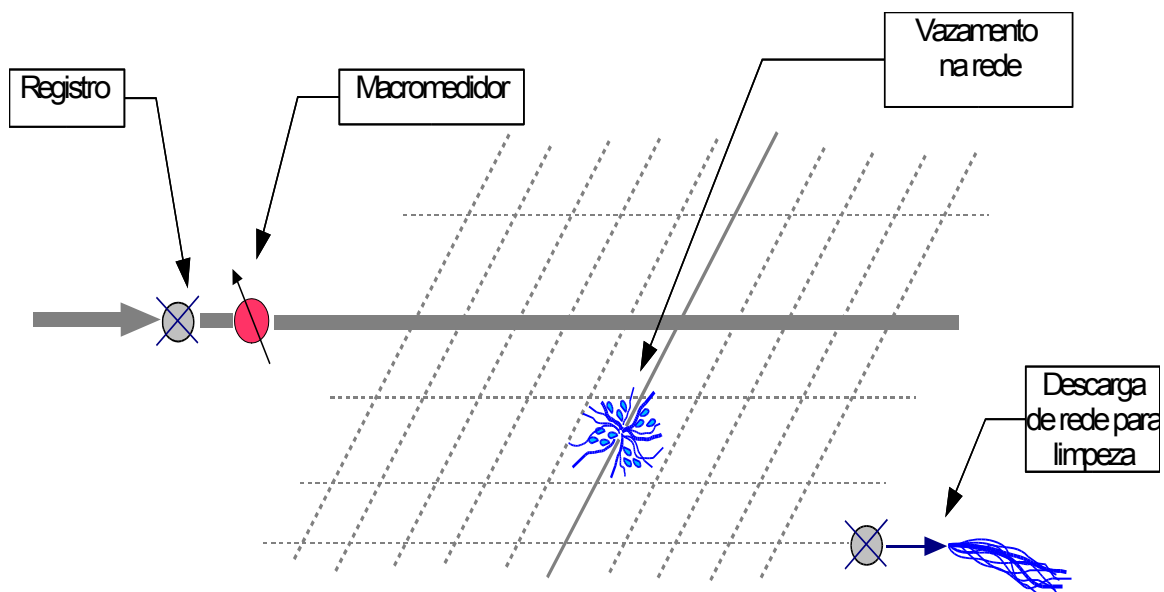


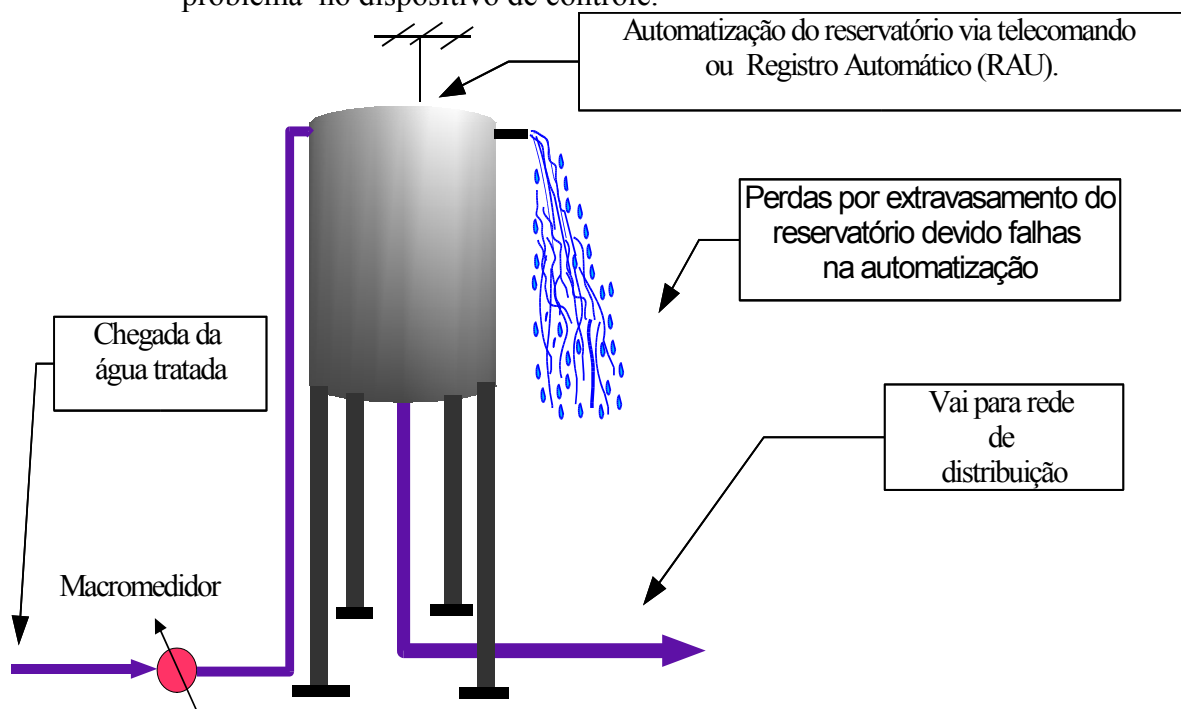
Figura 2.43 - Representação de vazamento de rede e descarga de uma rede distribuição em um setor. Nessa situação pode ser estimado o volume desperdiçado.



Quando a anormalidade estiver associada e comprovada a uma descarga de rede para limpeza no dia do pico, pode-se, também, estimar a quantidade utilizada na limpeza, através da média da tendência de consumo menos o valor do pico alcançado, conforme mostrado nas figuras 2.42 e 2.43. Desta forma, pode-se estimar um valor numérico para uma descarga, e contabilizando-se esta quantidade como utilizada, pois esta atividade é necessária para manter a rede de distribuição limpa.

O gráfico de controle também pode ser utilizada para a estimação de extravasamentos de reservatórios, que possuem dispositivos para evitar que os mesmos desperdicem água, quando cheios. Um dos dispositivos utilizados é o Registro Automático (RAU), um registro conectado a uma bóia que fecha quando o nível do reservatório chega próximo ao máximo. Este dispositivo mecânico ocasionalmente apresenta falhas, porque trava, danifica ou deixa de funcionar, ocasionando o extravasamento do reservatório. Há um outro dispositivo utilizado para evitar vazamentos. Ele funciona via-ondas de rádio. Quando um bóia elétrica detecta o nível máximo, fecha o circuito, enviando um sinal de rádio, que desliga o bombeamento ou fecha um registro elétrico. Quando o aparelho danifica-se, ocorre o extravasamento. Tal como descrito anteriormente, o gráfico pode ser utilizada para estimar o valor do volume perdido. A figura 2.44 mostra uma representação de perdas em reservatório.

Figura 2.44 - Representação de extravasamento de um reservatório quando existe um problema no dispositivo de controle.



Dois gráficos de controle - conforme figura 2.45, dois gráficos associados para avaliação de um setor. Neste caso, existe um gráfico de controle de volume distribuído, associado a um gráfico de controle da pressão média do setor. Nesta situação, verifica-se que o aumento de volume distribuído está associado à queda na pressão média do setor, caracterizando uma situação de possível vazamento de rede.

Figura 2.45 - Dois gráficos de controle associadas e indicam um possível vazamento.

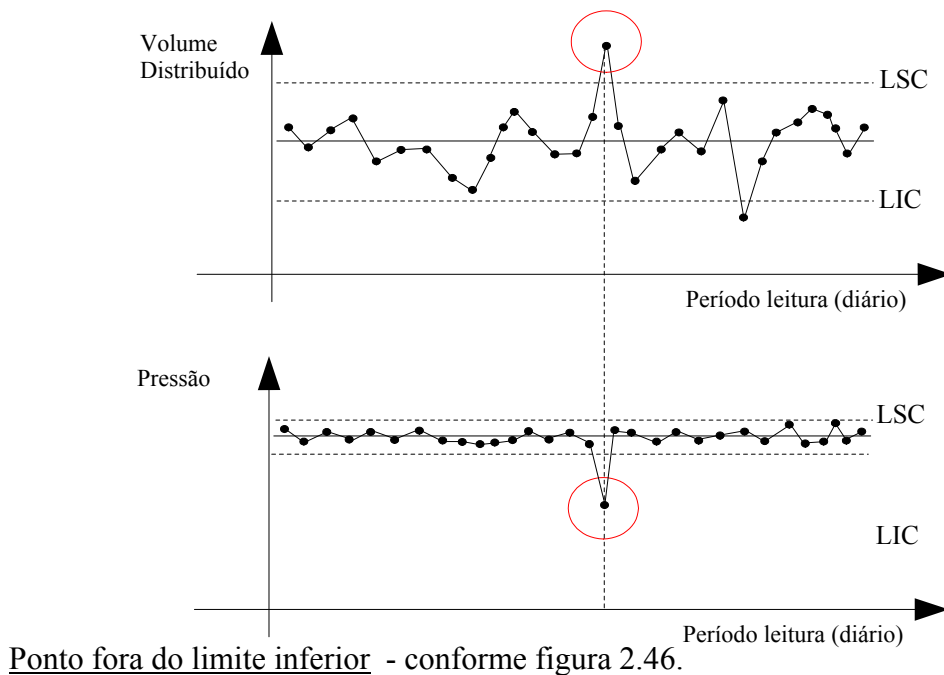
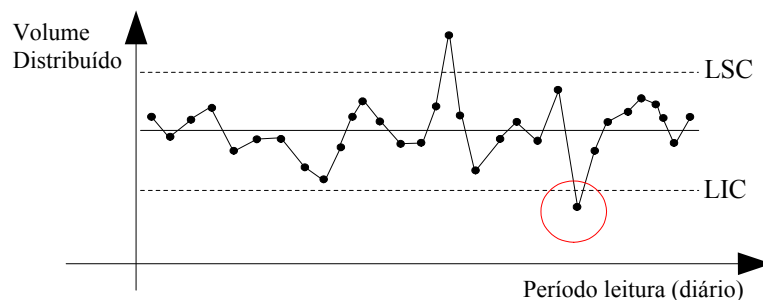


Figura 2.46 - Gráfico de controle com ponto abaixo do limite inferior.

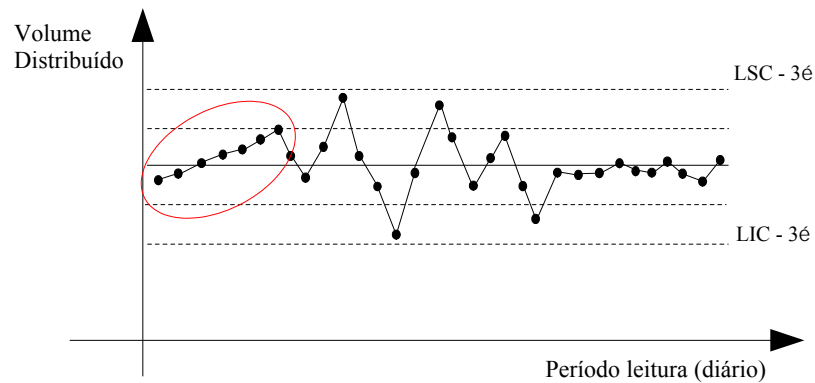


Neste caso, o ponto fora do limite inferior mostra uma diminuição anormal de consumo de água no setor de distribuição. Esta diminuição pode estar associada às possíveis causas: falta de água no setor; feriados prolongados, quando há diminuição de consumo ou mudanças climáticas (diminuição da temperatura ou chuvas intensas), com diminuição de consumo *per capita* diário da população do setor.

Pontos em sequência - nesta situação, pode estar ocorrendo um aumento gradativo do

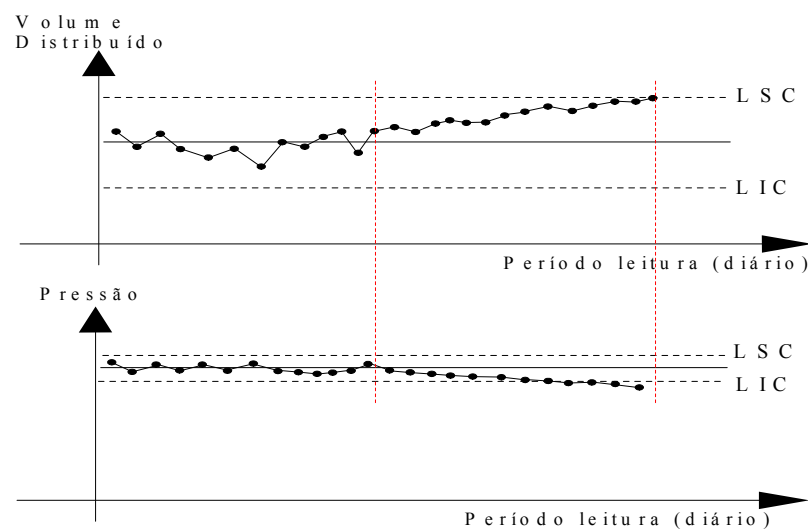
volume distribuído no setor. Este aumento pode estar associado a várias causas, que geram uma situação anormal de consumo na região, dentre elas: elevação da temperatura e aumento do consumo; vazamento não visível, que aumenta gradativamente o volume desperdiçado, dentre outras. A figura 2.47 mostra esta situação.

Figura 2.47 - Gráfico de controle com pontos em sequência. Indicando um aumento gradativo do volume distribuído no setor.



Dois gráficos de controle com pontos em sequência - neste caso, são mostradas dois gráficos de controle. Uma possível causa desta situação é um vazamento não visível. Há um aumento progressivo do volume distribuído no setor, juntamente com uma diminuição progressiva da pressão. A figura 2.48 mostra a situação

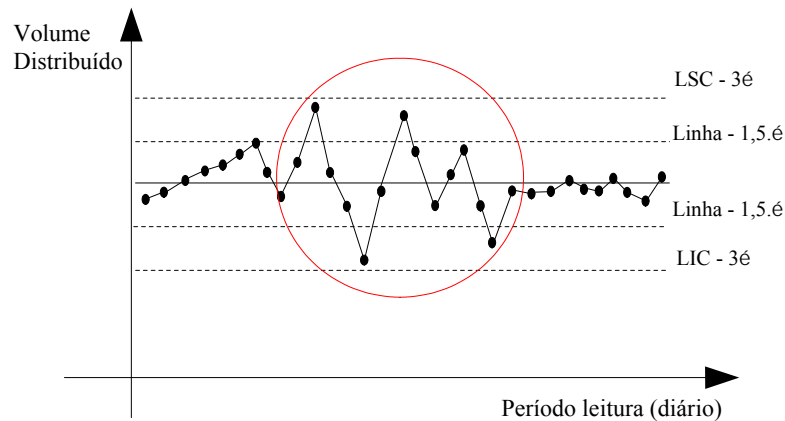
Figura 2.48 - Pontos em sequência progressiva de aumento do volume distribuído e pontos em sequência com diminuição da pressão. Nesta situação, pode estar ocorrendo um vazamento não visível no setor.



As várias situações, que serão apresentadas a seguir, constituem casos de anormalidade conforme são levantados pela teoria do CEP. Para estes casos, é necessário que se realizem estudos e pesquisas, para verificação e levantamento das possíveis causas desses padrões de anormalidades, apontadas pelos gráficos para o estudo da variável (volume distribuído).

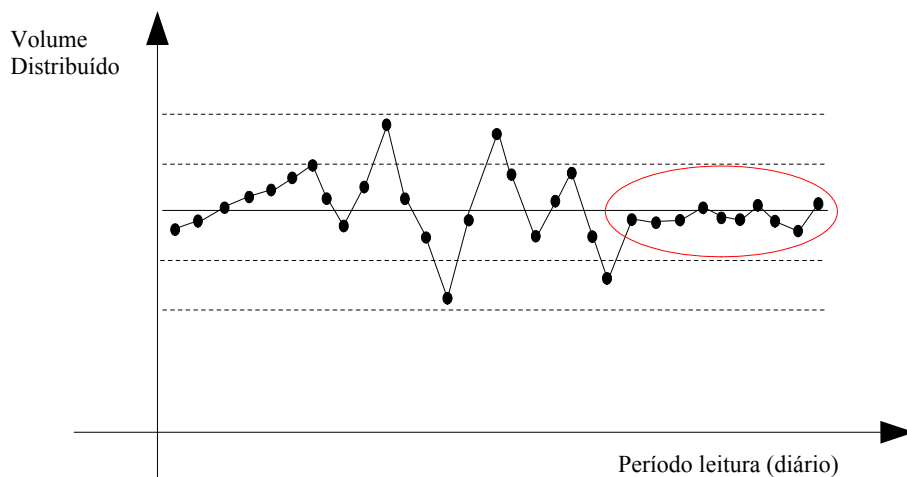
Pontos próximos aos limites de controle - conforme figura 2.49.

Figura 2.49 - Gráfico de controle com pontos próximos ao limite de controle



Pontos próximos à linha central ou média - conforme figura 2.50.

Figura 2.50 - Gráfico de controle com pontos próximos à linha média.



2.10 COMENTÁRIOS

Neste capítulo que se encerra, foi realizada uma revisão teórica sobre os seguintes itens: conceito de perdas em sistemas de água, os principais indicadores de perdas utilizados e os conceitos de perdas físicas e não físicas. Estes conceitos e definições, apresentados na revisão literária serão utilizados na elaboração da metodologia proposta.

Após a abordagem conceitual de perdas, foi realizada uma revisão teórica sobre as Ferramentas Estatísticas da Qualidade. Nessa fase, foram apresentados os principais conceitos e definições sobre estas ferramentas gerenciais, além de várias aplicações em situações genéricas de controle e acompanhamento de processos.

Posteriormente, foi realizada uma análise, na qual foram apresentadas algumas aplicações possíveis das ferramentas estatísticas da qualidade na avaliação de dados e indicadores de perdas.

A metodologia proposta, neste trabalho, será a aplicação dos conceitos de perdas e indicadores, associados à análise final do processo de controle de perdas em sistema de abastecimento, com a utilização das Ferramentas Estatísticas da Qualidade. Para isso, serão descritas as principais etapas e passos necessários, no capítulo 3.

CAPÍTULO 3 - SISTEMÁTICA PROPOSTA

3.1 ETAPAS DO TRABALHO

Neste capítulo, serão detalhados os principais procedimentos necessários para a implementação da sistemática proposta neste trabalho, que é composta, basicamente, de duas etapas principais: 1ª etapa - levantamento de dados e 2ª etapa - análise destes dados. Estas etapas são dependentes na implementação. Para continuação da segunda parte do trabalho, é necessário que a primeira fase esteja concluída. Cada etapa principal envolve um conjunto de sub-etapas, que são interligadas e dependentes entre si.

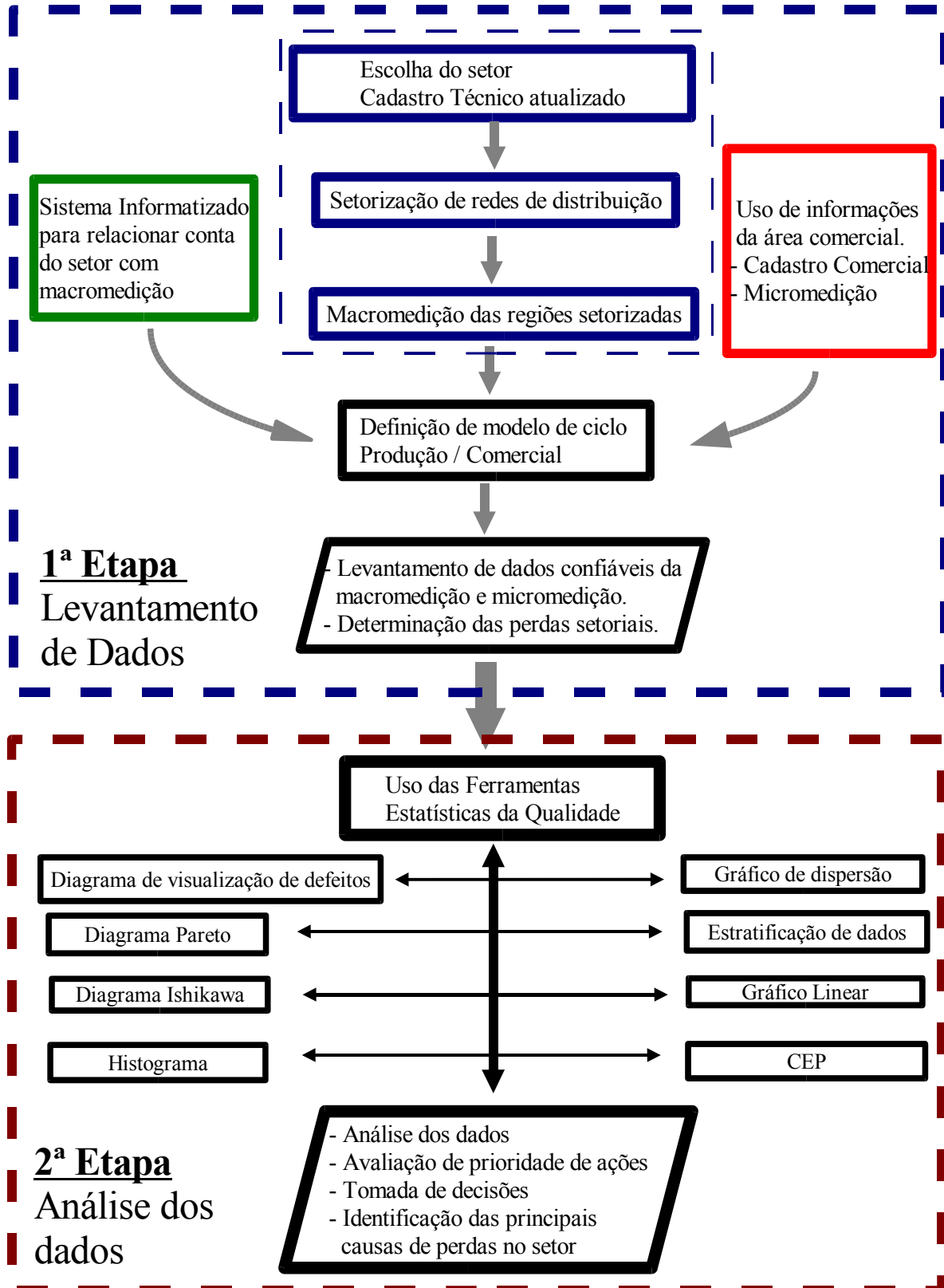
A primeira etapa do trabalho envolverá o desenvolvimento de atividades junto às várias áreas da organização, que possibilitarão gerar os dados e informações de forma precisa e confiável do todo e de setores que serão estudados. Esta parte será detalhada no item 3.2. Para isso, é necessário que rotinas, procedimentos e atividades, junto às áreas da organização: operacional, administrativa-comercial e o setor de informática, sejam estabelecidas. Por meio deste trabalho conjunto, será possível a integração efetiva entre estas unidades, possibilitando a obtenção dos dados confiáveis do setor de abastecimento avaliado e que serão utilizados na próxima etapa para análise.

A segunda etapa apresentará uma avaliação destes dados e informações com a utilização das Ferramentas Estatísticas da Qualidade. Esta parte será detalhada no item 3.3. Estas ferramentas gerenciais serão utilizadas para analisar o comportamento do sistema de distribuição durante as várias fases que o compõe (produção, fases intermediárias de distribuição e até os níveis de micro regiões de distribuição da água tratada) e que estão presentes neste processo. A análise com estas ferramentas auxiliará o gestor do sistema a tomar decisões, buscando soluções e prioridades nas ações para a grande quantidade de problemas que envolvem uma gestão de controle de perdas.

Neste capítulo, serão mostradas as várias etapas e sub etapas, além da seqüência de implantação, que compõe a sistemática da proposta, para o planejamento de implantação do programa de controle de perdas em um sistema de abastecimento. Na figura 3.1, será mostrado um fluxograma que contém todas as etapas propostas. Nesse fluxograma, são separadas as atividades do setor operacional pela cor azul; atividades da área comercial

administrativa pela cor vermelha; atividades de apoio do setor de informática pela verde e atividades que envolvem todas as áreas envolvidas (multi-setoriais) na cor preta.

Figura 3.1 - Fluxograma de atividades para implantação da sistemática proposta.



3.2 PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO DE DADOS

Neste item, serão detalhadas as etapas e sub etapas do processo de geração das informações, conforme mostrado na figura 3.1, que serão necessárias para a implantação da 1ª etapa da sistemática. Serão abordados os seguintes itens:

- Levantamento de dados do setor Operacional.
- Uso de Sistemas de Informação para levantamento de dados.
- Uso de informações da área comercial.
- Definição dos modelos de ciclo Produção / Comercial.
- Levantamento de dados da macromedição e micromedição.
- Geração de indicadores de perdas setoriais.

3.2.1 - LEVANTAMENTO DE DADOS DO SETOR OPERACIONAL

Conforme mostrado na figura 3.1, nesta sub-etapa do processo serão definidas as rotinas da área operacional, para se levantar as informações, que serão utilizadas em um trabalho de controle de perdas. As atividades do setor operacional analisadas são:

- Montagem e manutenção do cadastro técnico.
- Implantação de setorização nos setores que serão estudados.
- Instalação da Macromedição nos setores.

3.2.1.1 Montagem e Manutenção do Cadastro Técnico

Segundo Fraga e Silva Manuel⁶ 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.

Esta setorização do local onde vai ocorrer o controle, segundo Alves (1999a, p.27), denomina-se distrito pitométrico, que é uma:

"região delimitada de distribuição de água, com valores máximos em torno de 20 km de rede, com, no máximo, duas entradas, que irão abastecer este setor. Nas entradas destas regiões, serão instalados equipamentos de medição que irão medir as vazões

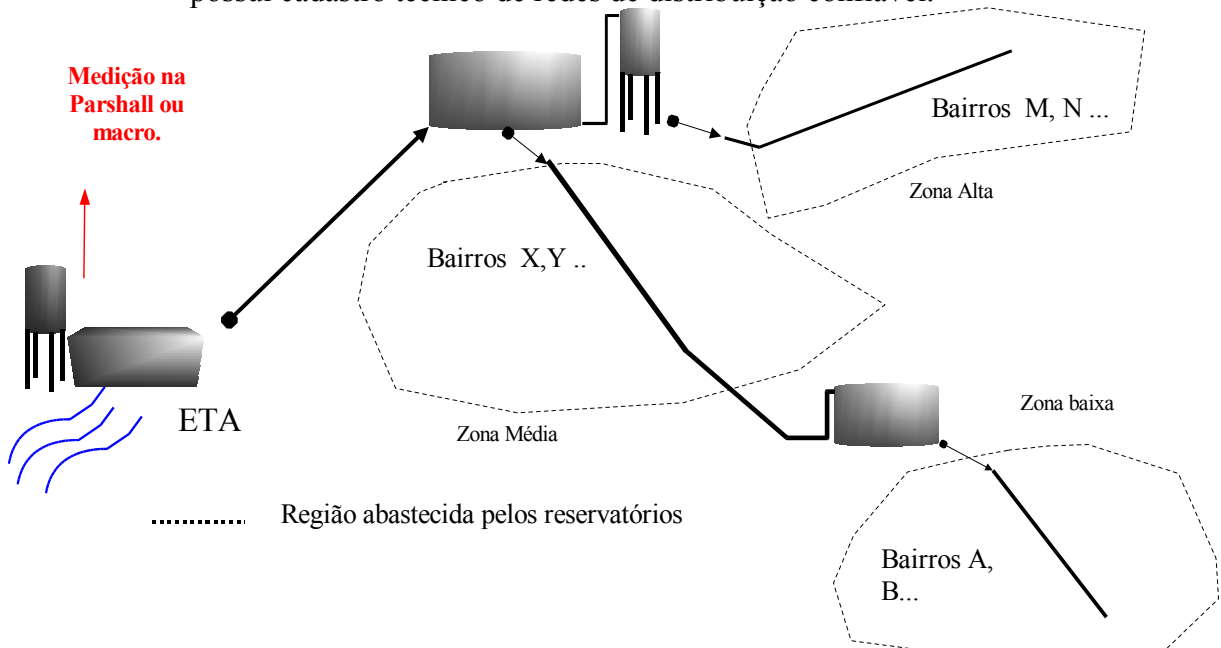
6 Fraga A.S. E Silva Manuel, P. R.. Experiência do DMAE no combate às perdas no distrito pitométrico. ASSEMAE, 53-64

fornecidas às regiões".

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.

A figura 3.2 faz a representação simbólica do sistema, no qual não existe um cadastro técnico de redes. Neste sistema, não se conhecem as redes de distribuição que estão presentes no sistema de abastecimento de água, conforme mostrado na região tracejada.

Figura 3.2 - Representação simbólica de um sistema de abastecimento de água que não possui cadastro técnico de redes de distribuição confiável.



Segundo Silva et al. (1999), poucas empresas de saneamento no Brasil possuem sistemas de cadastros informatizados. As empresas que os possuem estão restritos às grandes cidades e aos maiores sistemas do país. A grande maioria possui um cadastro técnico com mapotecas, cujas plantas são feitas em papel vegetal.

No sistema de cadastro técnico em papel, a atualização de dados de cadastro de redes é

difícil, pois o trabalho é todo feito manualmente, necessitando de rotinas bem definidas para a troca de informações envolvendo os setores de manutenção de redes, obras e comercial, com as áreas de atualização do cadastro. Nas grandes cidades, os mapas que compõem o cadastro técnico podem chegar a centenas e até milhares de pranchas. Manusear e gerenciar este processo, para atualização constante das informações, acaba se tornando complexo e penoso. A troca de informações envolve rotinas para:

Atualização de redes, com os dados de comprimento, material e diâmetro a partir das áreas de obras e manutenção.

Amarração das posições da rede durante a construção e a manutenção. Em vários sistemas antigos, não foram realizados o cadastro de posicionamento e amarração na implantação da rede de distribuição. Desta maneira, este trabalho é realizado, atualmente, pelas equipes de manutenção, quando em serviços de reparos nestas tubulações.

Localização da posição de redes pelas equipes de manutenção.

Localização e amarração de registros de manobra.

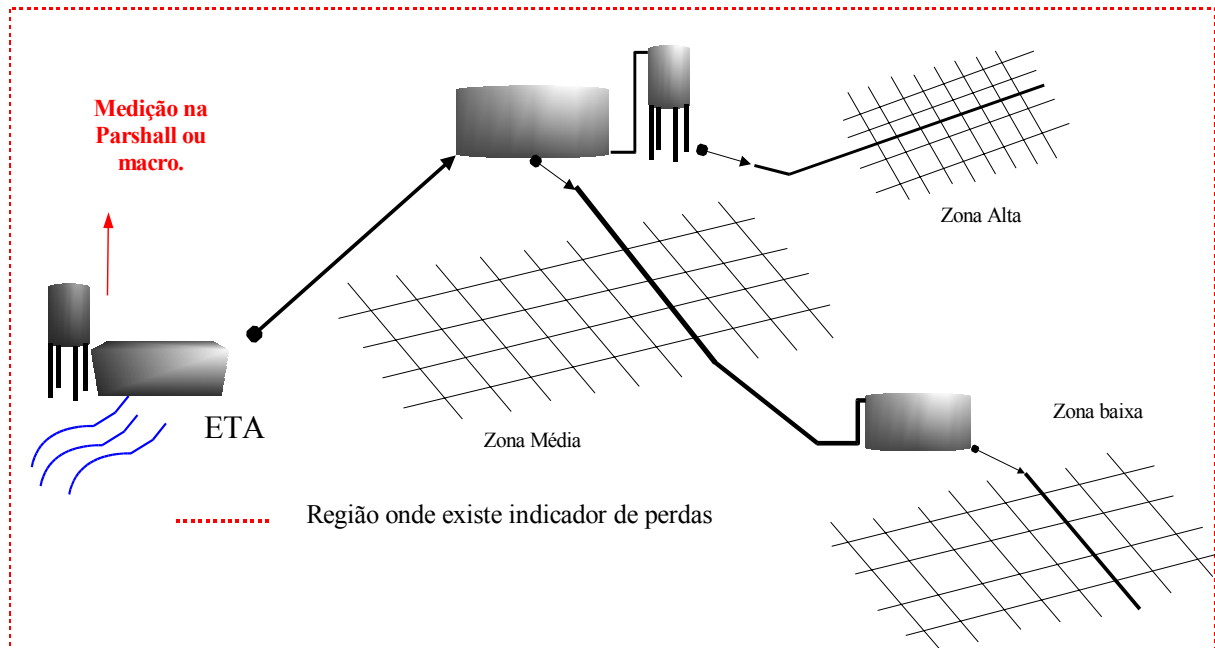
Delimitação de áreas de distribuição de reservatórios.

Delimitação de área de fechamento de registros.

É oneroso para as empresas manterem esta estrutura, devido à necessidade de pessoal especializado (desenhistas e copistas), além de manterem mapotecas em várias unidades, com cópias de cada prancha. Se não existirem rotinas pré-definidas, as trocas de informações entre unidades acabam não acontecendo, ocorrendo a defasagem e a desatualização cadastral.

A figura 3.3 mostra a representação simbólica de um sistema onde já existe um cadastro técnico de redes. A partir deste momento, se conhecem os dados relativos às redes de distribuição do sistema de abastecimento de água.

Figura 3.3 - Representação simbólica de um sistema de abastecimento de água, com um cadastro técnico montado.



3.2.1.2 - Processo de setorização de redes

Após uma atualização do cadastro, pode-se iniciar o processo de setorização de redes. Este trabalho consiste em separar áreas delimitadas por uma ou duas entradas no máximo. Estas entradas possuem registros de manobra que possibilitam o fechamento desta área. Este processo de setorização depende de como foi projetada a rede de distribuição. Geralmente, redes projetadas recentemente, e dentro de um padrão técnico de qualidade, na engenharia de projeto, contemplam esta condição. Em sistemas antigos, onde não há projetos hidráulicos de redes de distribuição, faz-se necessário um estudo do sistema. Quando a rede não foi projetada adequadamente, prevendo esta condição, este trabalho de setorização demanda uma equipe de especialistas em projeto e operação para viabilizá-lo. Em muitos sistemas torna-se inviável economicamente setorizar uma região, devido aos vários tipos de dificuldades, tais como: o fato de não existir cadastro técnico (redes antigas), das regiões serem densamente povoadas e urbanizadas (tornando-se o custo para realização dos serviços impraticável) e locais com redes de distribuição antigas (com materiais fora do padrão atual), sendo necessário refazer o sistema.

O processo de setorização de uma rede de distribuição facilita sua operação cotidiana e

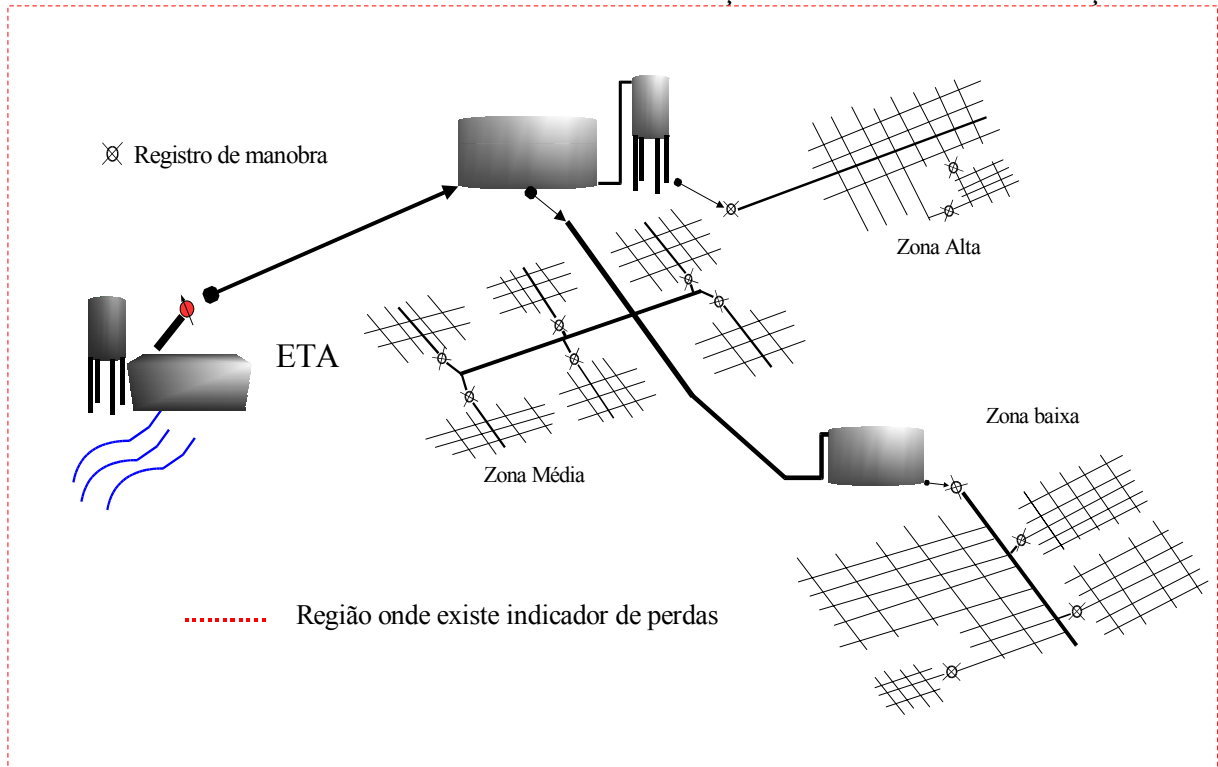
também ajuda no processo de diminuição de perdas. Atividades como manutenção de redes são viabilizadas, e sua eficiência é melhorada. A setorização permite que se fechem áreas pequenas, quando ocorrerem rompimentos ou quebras na tubulação da rede de distribuição, não permitindo o vazamento de grandes quantidades de água que estão na rede. Neste caso, é necessário paralisar o abastecimento de água somente de uma pequena região para manutenção. Em regiões menores, a paralisação deixa uma pequena quantidade de usuários sem o serviço. Após o fechamento do setor, pode-se efetuar a manutenção da rede a seco, facilitando o trabalho das equipes. Após a manutenção, é necessária uma descarga neste setor de rede para proceder a limpeza.

A setorização das redes de distribuição, em regiões de alta pressão, facilita o processo de instalação das Válvulas Reguladoras de Pressão (VRP), pois, nesta situação, geralmente existe somente uma entrada de água para o abastecimento da região. Desta forma, é necessário que se instale somente uma VRP neste setor, diminuindo os custos de instalação, manutenção e do equipamento. Com o uso da VRP, pode-se controlar a pressão na região, regulando-a em valores adequados para a mesma, contribuindo para a diminuição das perdas físicas por vazamentos visíveis e não visíveis.

A setorização das redes de distribuição permite a realização de descargas para a limpeza destas. As redes tendem a acumular partículas e materiais sólidos, resultado de manutenções ou material que tende a flocular nas redes. Para realizar a limpeza, é feita a abertura de um ou vários registros instalados nas regiões de cotas mais baixas, e através da descarga é feita a limpeza da rede, pelo carreamento deste material decantado, o que auxilia a manutenção da qualidade da água.

A figura 3.4 representa um sistema simbólico que utiliza o cadastro técnico; nele foi implantada uma setorização da rede de distribuição. Neste croqui, grande parte do sistema de abastecimento está setorizado em módulos de pequenas regiões, e nelas existe viabilidade técnica para a setorização.

Figura 3.4 - Representação simbólica de um sistema de abastecimento que possui cadastro técnico das redes de distribuição e foi realizado a setorização.



3.2.1.3 Macromedição

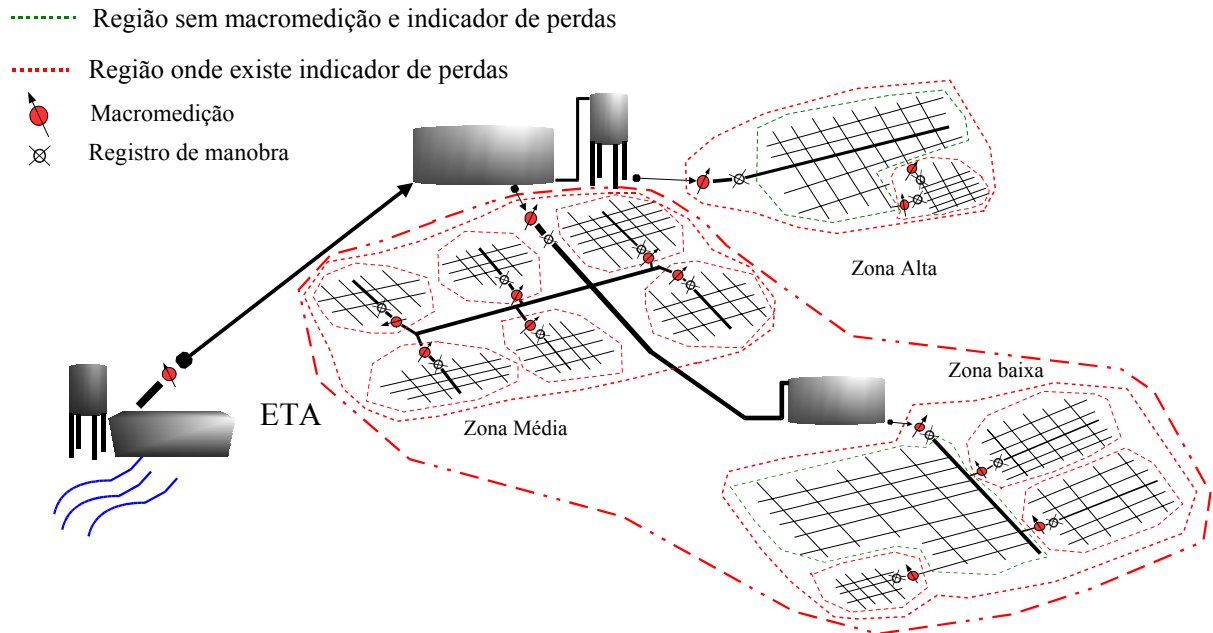
Após a implantação da setorização nos sistemas de distribuição, são instalados os aparelhos macromedidores na entrada destes. Esses aparelhos irão efetuar a medição da água tratada distribuída em um nível setorial, ou seja, em regiões, para posterior estudo comparativo e levantamento dos indicadores de perdas. Cada tipo de aparelho possui características que melhor se adequam a determinadas situações e necessidades. Nesta etapa, é necessário o apoio técnico de um especialista do setor, que irá dimensionar e especificar o aparelho de acordo com a situação local.

A figura 3.5 mostra um sistema por meio de uma representação simbólica, na qual foi implantada a setorização e, posteriormente, a macromedição para medição do volume distribuído no setor. Conforme a figura, existem dois níveis de macromedição, que serão descritos a seguir:

Setores - pequenas regiões onde é medido o volume que entra na região.

Áreas de influências de reservatórios - regiões compostas de vários setores, geralmente sob a influência de distribuição de um reservatório. Uma área de influência de reservatório pode conter um ou mais reservatórios.

Figura 3.5 - Representação simbólica de um sistema de abastecimento que possui indicador de perdas total, com cadastro técnico das redes de distribuição, criação de setores (setorização) e com macromedição na entrada destes setores.



3.2.2 - USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Slack et al. (1997) afirma que todo processo está sujeito a uma tecnologia. Esta tecnologia (máquinas, equipamentos e dispositivos) ajuda o gestor do sistema a melhorar os processos. Uma das principais tecnologias que podem auxiliar o gestor nesta tarefa é a utilização da tecnologia de processamento de dados. Esta tecnologia baseia-se na utilização de computadores, e serve principalmente de auxílio ao gerente, para melhorar a eficácia da operação. Esta melhora ocorre quando a utilização desta tecnologia encontra-se integrada à gestão da operação. Atualmente, devido aos custos cada vez menores e ao aumento crescente da capacidade de processamento de dados, existe a viabilidade técnica e econômica para várias aplicações desta tecnologia, que exigem uso intensivo destes equipamentos.

3.2.2.1 Sistemas de informação em saneamento

A crescente diminuição do custo da tecnologia de informação, além do aumento e da alta capacidade de processamento presentes nos computadores atuais, tem possibilitado que praticamente todas as atividades da área comercial das empresas de saneamento sejam informatizadas. Todas as principais informações, relativas ao cliente e ao processo, estão

em um banco de dados, que permitem ao gestor o acesso a uma grande quantidade de informações vitais relativas aos clientes das organizações. Estas informações podem ser selecionadas e filtradas, e possibilitarão ao gestor a sua utilização para a tomada de decisões, buscando-se uma redução de perdas.

Este conjunto de atividades constituintes do processo de abastecimento de água, possibilita que o cliente utilize os produtos e os serviços das empresas de saneamento, são compostos das atividades:

Processamento de leituras.

Emissão de tarifa de água.

Emissão de relatórios de controle e acompanhamento.

Cadastro de dados dos usuários.

Acesso a dados de clientes em tempo real tais como consumo, leituras, valores pagos, contas em débito.

Gestão da área comercial e vendas.

Atualmente, com a diminuição dos custos de processos de informatização, os cadastros técnicos estão passando por uma evolução, devido à facilidade de informatização.

Santos (2000) afirma que várias empresas de saneamento estão implantando sistemas de geoprocessamento, que permitirão que a base de dados das empresas, inclusive o cadastro técnico, seja planejado, integrado e otimizado para o gerenciamento das informações com o uso de modelos informatizados em sistemas de abastecimento de água.

Com o uso destas novas tecnologias informatizadas, em base GIS (Geographic Information System), é possível transformar uma base cadastral, por exemplo, de uma grande cidade, que requer centenas de pranchas em papel, para o meio digital, facilitando o uso e o manuseio com economia de tempo e dinheiro, facilitando a atualização cadastral constante e a troca de informações entre unidades.

3.2.2.2 Utilização de sistemas de informação em controle de perdas

A principal dificuldade, para se fazer um controle eficiente de perdas em regiões ou setores, é a compatibilização entre os setores comercial e operacional. Esta compatibilização é a criação de setores fechados de distribuição. Assim, é possível a macromedição adequada aos setores comerciais e a comparação dos volumes micromedidos da região com os valores de volumes macromedidos.

Sato (2000) propõe rotinas para a compatibilização entre áreas de distribuição fechadas

com os setores comerciais que compõem estas zonas. Por este procedimento, faz-se um balanço, que exclui ou inclui determinados setores comerciais às zonas de abastecimento macromedidas. Neste levantamento, são incluídas e excluídas quadras para a real adequação. São levantados os volumes micromedidos destas regiões e feito o comparativo com os valores de volumes macromedidos.

Alves et al. (1999a) e Silva et al. (1998) propõem que seja feita uma interação e integração entre as áreas operacionais e as áreas administrativa e comercial, objetivando um gerenciamento integrado. Quando não há integração, o setor operacional fica com as informações de produção, que envolve a parte de macromedição, enquanto o setor comercial detém a responsabilidade e o manejo das informações da micromedição.

Com a utilização da tecnologia de processamento de dados, é possível a realização de integração das informações da área comercial (micromedição) com os da área operacional (macromedição). Para este trabalho, é proposta uma sistemática, para a viabilização do processo, através de montagem de sistema informatizado para controle de perdas, denominado SICOP. Este sistema determina os volumes micromedidos de uma determinada região de influência de distribuição, de uma estação de macromedição ou de um reservatório. O sistema SICOP pode ser montado com as seguintes funções:

- i. Criar em toda conta, presente nos bancos de dados de clientes, mais um campo de dados relativo a um código de macromedição e a um de reservação. Esse código se referiria a cada reservatório ou macromedidor presente em um sistema de distribuição ao qual pertence a conta.
- ii. Cadastrar cada conta vinculada a uma estação de macromedição e reservatório que abastece esta conta. Este processo pode ser realizado de acordo com a setorização das redes de distribuição e a instalação dos macromedidores em um sistema de distribuição de água.
- iii. Cadastrar cada reservatório ou estação de macromedição de acordo com código específico, de acordo com a realidade de cada organização.
- iv. Criar, para o levantamento dos dados de volumes medidos setoriais ou de volumes micromedidos da área de influência de um reservatório, uma função, que faria o somatório de todos os valores faturados e micromedidos das contas vinculadas a um determinado código de reservação ou macromedição.
- v. Pode-se detalhar este consumo micromedido de acordo com a realidade de cada organização. Outras funções, de acordo com cada organização, poderiam ser acrescentadas, para a obtenção de mais informações.

Com a utilização do sistema SICOP proposto, não existe alteração de rotinas ou formas de trabalho nas áreas comerciais e operacional, que é a principal dificuldade para que esses dados sejam levantados.

3.2.3 - LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES COMERCIAIS

As informações da área comercial constituem outro item necessário para a implementação do trabalho de controle de perdas. Após a criação de setores com a macromedição, pode-se avaliar o comportamento de cada consumidor individual, presente na região, consultando e levantando as informações da área comercial. Por meio destas informações, é possível uma avaliação das perdas não físicas, ou seja, das perdas ocasionadas pelas atividades de comercialização da água tratada. Para uma avaliação das perdas não físicas é necessário que os processos envolvidos sejam conhecidos, para que possam ser geridos de forma eficiente.

Segundo Santos (2000), a caracterização do setor envolve um conjunto de atividades para que as características das áreas a serem estudadas sejam conhecidas. Em seu estudo, propõe conhecer as características do setor por meio da avaliação do cadastro técnico para a delimitação de áreas fechadas. Ele também propõe o conhecimento das características sócio-econômicas da região. Por estas informações, é possível que se conheça o perfil dos clientes e consumidores da região. As informações podem ser cruzadas com outras ou podem fornecer referenciais em relação ao consumo da água tratada pelos habitantes da região.

Para a gestão dos processos da área comercial, as informações, presentes no cadastro comercial da organização, e a avaliação da micromedição neste setor podem ser utilizadas.

3.2.3.1 Cadastro Comercial

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. Nesta base de dados, constam outros tipos de informações, relevantes e necessárias para o acompanhamento de gestão de perdas, tais como:

Micromedição - modelo de hidrômetros instalados, capacidade de medição, histórico de

consumo da conta, data da instalação, vida útil etc.

Faturamento - histórico de valores pagos, datas de pagamento e pontualidade, valores em débito, histórico de problemas com ligações clandestinas e irregulares etc.

Operacionais - dados de produção, qualidade do produto distribuído etc.

3.2.3.2 Micromedição

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. Como a falta de gestão no processo da micromedição é a principal responsável pelas perdas não físicas, o trabalho proposto, nesta área, será de acompanhamento e avaliação do sistema de micromedição. Para estas atividades, serão avaliados os sistemas de micromedição presentes em cada setor estudado, e serão levantadas as principais causas que ocasionam a submedição nestes instrumentos, conforme descritos a seguir:

Dimensionamento correto – verificam-se os hidrômetros do setor, para avaliar se estão dimensionados corretamente à vazão de alimentação da ligação do cliente. Hidrômetros dimensionados fora de sua faixa de trabalho não medem corretamente pequenas vazões.

Avaliação da vida útil dos hidrômetros no setor - estes aparelhos funcionam através de mecanismos hidromecânicos. Com o passar do tempo, existe o desgaste dos mecanismos internos, e o aparelho passa a não medir corretamente. O trabalho de gestão do setor será o acompanhamento da vida útil destes aparelhos como uma das principais atividades em um programa de controle de perdas.

Avaliação da instalação dos hidrômetros – verificam-se os hidrômetros, para que sejam observadas as condições de instalação que interferem na capacidade de medição dos aparelhos, tais como hidrômetro inclinado, hidrômetro sem caixa de proteção, hidrômetros mal conservados e danificados.

Levantamento de fraudes - consiste em se observar se no setor existem ligações clandestinas, ligações com *by-pass* ou ligações com hidrômetros invertidos.

3.2.4 DEFINIÇÃO DO MODELO DE CICLOS PRODUÇÃO / COMERCIAL

No item 2.6, foram mostrados os vários modelos de ciclo para a adequação do Volume

Faturado (VF) com o Volume Produzido (VP). Por meio destas duas variáveis, são gerados os indicadores de perdas, e, por isso, é importante uma correta adequação destes ciclos para gerar indicadores de perdas mais precisos.

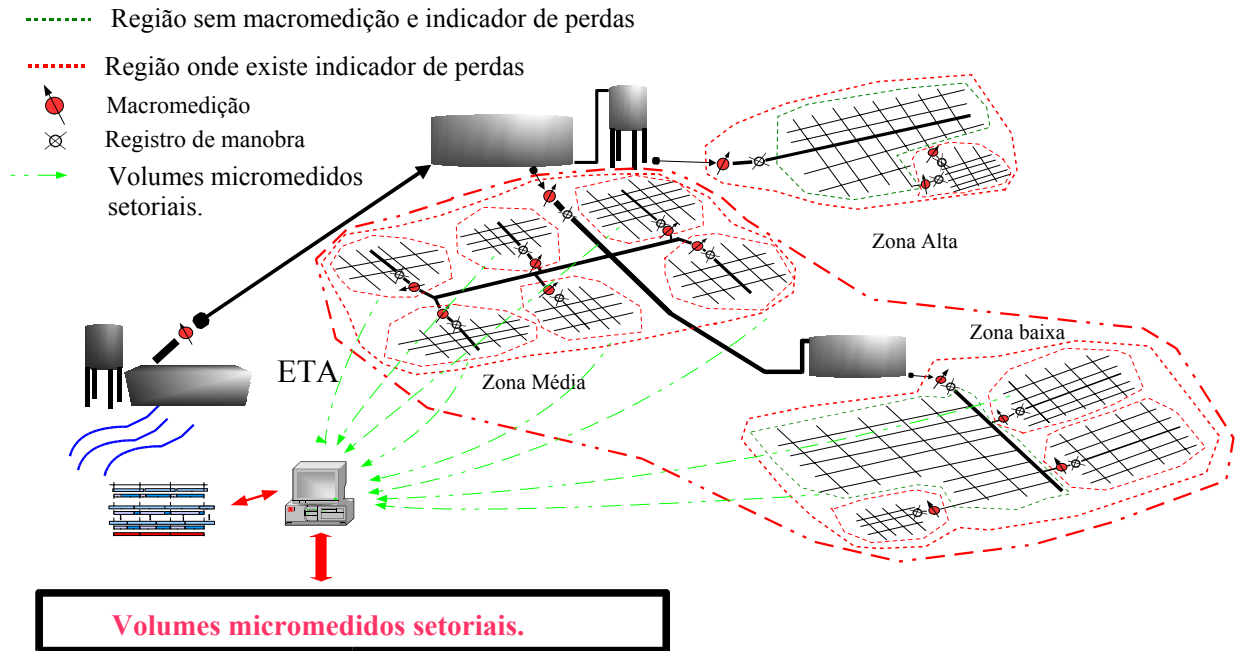
Uma grande parte das companhias de saneamento trabalha com o ciclo real de produção. Este modelo apresenta falta de precisão para determinação dos indicadores de perdas de setores, devido ao VF (Volume Faturado) não acompanhar o VP (Volume Produzido). Para a determinação do VF são utilizados períodos e datas diferentes do que são utilizados para determinação do VP. Para isso, nesta sistemática é proposta a substituição deste sistema por um dos dois modelos, descritos a seguir :

Ciclo Real Adaptado de Produção / Comercial – é o sistema mais adequado para grandes regiões ou setores, nos quais existem dois ou mais grupos de vencimento comercial na área onde será gerado o indicador de perdas setorial. Neste sistema, praticamente não ocorrem mudanças da área comercial ou operacional. Este novo volume faturado é levantado através de sistema informatizado, que utiliza dados existentes nos bancos de dados.

Ciclo de Produção sincronizado com o Ciclo Comercial – este é o sistema mais adequado para pequenas regiões ou setores, onde existe somente um grupo dentro de um ciclo comercial. Caso exista mais de um grupo, mudanças na área comercial são necessárias, para que os demais grupos passem a ter uma mesma data de leitura coincidentes. Em várias situações, também é preciso que ocorram mudanças na setorização de redes, para que possa haver esta adequação. Neste caso, o ciclo de leitura da macromedição é sincronizado com o ciclo comercial de leituras das contas do setor. Desta forma, é possível gerar um indicador de perdas setorial que coincida com os períodos e as datas das variáveis VP e VF.

A figura 3.6 mostra a representação simbólica de um sistema, onde, após a setorização e a instalação de macromedição, foi implantado um sistema de informações que possibilita o levantamento dos volumes micromedidos no setor. Neste caso, também já foi escolhido o modo de adequação dos ciclos de leitura e da distribuição para a determinação do índice de perdas da região em estudo.

Figura 3.6 - Representação simbólica de um sistema de abastecimento na situação com definição de modelo de sincronização, com macromedição e com volumes micromedidos setoriais.



3.2.5 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES

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 posterior utilização do SICOP, para determinação dos valores totais da micromedição no setor, além da definição do modelo de adequação dos ciclos produção / comercial, 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. Estes dados possibilitam ao gerente determinar os indicadores de perdas setoriais e avaliar o comportamento da distribuição.

Estes dados e informações levantadas podem ser divididos em duas categorias:

Diários - leitura diária de dados no macromedidor, na entrada do módulo. Através de planilha adequada de registros, o gerente passa a dispor de dados referentes ao consumo diário, fornecido à população do módulo. Para a consistência dos dados, o ideal seria que estas leituras fossem realizadas no mesmo horário, diariamente. Caso não seja possível a realização de leituras diárias no mesmo horário, deverá ser anotado o horário no qual foi realizada a leitura. Este dado poderá influir nas análises posteriores das informações. Além do dado de volume, o gerente pode, com o auxílio de um manômetro, fazer leituras diárias das pressões no módulo. O procedimento também segue os descritos para a macromedição.

Mensal - todo mês, após o encerramento do processamento das leituras dos grupos de cada distrito, com a utilização do SICOP, o gerente passa a dispor dos dados dos volumes faturados neste setor. O SICOP fornecerá o total de volume faturado, micromedido e outras informações referentes ao macromedidor ou ao reservatório no qual está vinculado o grupo de contas.

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. Para isso, propõe-se que sejam empregadas duas planilhas de controle. Uma será para levantamento dos dados diários, conforme item 3.5.2.1. A outra planilha, conforme item 3.5.2.2, será para acompanhar e determinar o indicadores de perdas setorial.

3.2.5.1 Modelo de planilha de coleta de dados

Os dados de leituras do macromedidor serão coletados em planilha de acordo com o modelo proposto na figura 3.7.

Figura 3.7 - Modelo de planilha de leitura diária.

Planilha de leitura do macromedidor			
Nº	MÊS: / 2001		
DATA	HORÁRIO	LEITURA M³	QUANTIDADE M³
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			

Nesta planilha, propõe-se que os seguintes dados sejam levantados:

Nº - número de cadastro identificador do equipamento.

Mês - mês de referência de leitura do volume distribuído no macromedidor.

Data - dia do mês no qual foi realizada a leitura. Na planilha, já são numerados os dias do mês, entre 1 e 31, que serão utilizados de acordo com a quantidade de dias.

Horário - horário no qual foi efetuada a leitura do macromedidor. Neste espaço, são colocados a hora e os minutos correspondentes no seguinte formato: hh:mm. Neste procedimento, é muito importante que seja colocada a hora exata da leitura do equipamento. A condição ideal de trabalho seria que todas as leituras fossem realizadas em horários fixos e pré determinados diariamente. Esta condição é extremamente difícil de ser operacionalizada, devido a vários fatores, tais como: atrasos de saída nas atividades, quebra de veículos, falta do empregado, coletas de dados em finais de semana, dentre outros.

Leitura - é o volume em metros cúbicos mostrado no visor do equipamento no momento da realização da leitura.

Quantidade - é o volume em m^3 que foi distribuído no setor, registrado entre duas leituras. Para a determinação desta medida, faz-se a diferença entre duas leituras diárias (leitura do dia atual menos leitura do dia anterior).

3.2.5.2 Modelo de planilha para o trabalho dos dados

Nesta planilha, serão trabalhados os dados levantados nas leituras dos macro medidores, instalados nas áreas de influência de reservatórios ou bairros. Esta planilha foi montada no *software* EXCEL, para facilitar os cálculos. Porém, devido à sua extrema simplicidade, a mesma pode ser montada em papel comum, com utilização de uma calculadora básica, para efetuar os cálculos necessários. A planilha é composta dos seguintes campos:

Cabeçalho : identificadora da planilha.

Cidade: identifica a localização do sistema

Bairro: bairro ou setor onde está sendo acompanhado o controle de perdas

Nº - numeração ou código do macromedidor

Mês - mês de referência

Na figura 3.8 é apresentado o modelo de planilha utilizado para o trabalho com os dados levantados.

Figura 3.8 - Modelo de planilha para trabalhar os dados.

Planilha de dados do macro medidor						
Cidade: Goiânia		Bairro: Jardim América		Nº 013 / 01	Mês: 04/2001	
Data/Horário	Dia da semana	LEITURA (m³)	QUANTIDADE (m³)	Diferença (horas)	Horas (decimal)	Consumo médio (m³/hora)
31/3/2001 16:00	Sábado					
1/4/2001 16:50	Domingo	63.110				
2/4/2001 16:22	Segunda feira	63.282	172	23:32:00	23,53	7,31
3/4/2001 14:38	Terça feira	63.421	139	22:16:00	22,27	6,24
4/4/2001 16:34	Quarta feira	63.606	185	25:56:00	25,93	7,13
5/4/2001 17:00	Quinta feira	63.715	109	24:26:00	24,43	4,46
6/4/2001 10:29	Sexta feira	63.874	159	17:29:00	17,48	9,09
7/4/2001 15:53	Sábado	64.126	252	29:24:00	29,40	8,57
8/4/2001 8:45	Domingo	64.221	95	16:52:00	16,87	5,63
9/4/2001 19:23	Segunda feira	64.512	291	34:38:00	34,63	8,40
10/4/2001 10:57	Terça feira	64.606	94	15:34:00	15,57	6,04
11/4/2001 10:41	Quarta feira	64.783	177	23:44:00	23,73	7,46
12/4/2001 16:46	Quinta feira	65.045	262	30:05:00	30,08	8,71
13/4/2001 16:36	Sexta feira	65.200	155	23:50:00	23,83	6,50
14/4/2001 17:03	Sábado	65.368	168	24:27:00	24,45	6,87
15/4/2001 17:35	Domingo	65.512	144	24:32:00	24,53	5,87
16/4/2001 14:13	Segunda feira	65.656	144	20:38:00	20,63	6,98
17/4/2001 14:33	Terça feira	65.836	180	24:20:00	24,33	7,40
18/4/2001 9:21	Quarta feira	65.958	122	18:48:00	18,80	6,49
19/4/2001 14:39	Quinta feira	66.197	239	29:18:00	29,30	8,16
20/4/2001 15:11	Sexta feira	66.393	196	24:32:00	24,53	7,99
21/4/2001 16:21	Sábado	66.599	206	25:10:00	25,17	8,19
22/4/2001 8:15	Domingo	66.677	78	15:54:00	15,90	4,91
23/4/2001 16:44	Segunda feira	66.917	240	32:29:00	32,48	7,39
24/4/2001 10:54	Terça feira	67.026	109	18:10:00	18,17	6,00
25/4/2001 16:56	Quarta feira	67.272	246	30:02:00	30,03	8,19
26/4/2001 15:30	Quinta feira	67.402	130	22:34:00	22,57	5,76
27/4/2001 11:03	Sexta feira	67.572	170	19:33:00	19,55	8,70
28/4/2001 15:21	Sábado	67.798	226	28:18:00	28,30	7,99
29/4/2001 16:14	Domingo	67.975	177	24:53:00	24,88	7,11
30/4/2001 19:15	Segunda feira	68.185	210	27:01:00	27,02	7,77
1/5/2001 11:00	Terça feira	68.280	95	15:45:00	15,75	6,03
2/5/2001 10:00	Quarta feira	68.447	167	23:00:00	23,00	7,26
Total		5.337		737:10:00	737,17	7,24
<p>Data da leitura anterior 31/3/01 12:00</p> <p>Data leitura atual 2/5/01 12:00</p> <p>Quantidade dias entre leituras 32,0</p> <p>Horas no ciclo = 768</p> <p>Ciclo de leitura</p> <p>Projeção no mês macromedido = 5.560 m³</p> <p>Consumo micromedido = 4.713 m³</p> <p>Perdas = 15,24 %</p>						

CAMPO DE DADOS

Data e horário - Neste campo serão inseridos as datas e horários nos quais foram realizadas as leituras dos equipamentos.

Dia da semana - neste campo será colocado o dia da semana em que foi realizada a leitura.

Esta informação serve como parâmetro de avaliação para se verificar os dias nos quais é mais provável um maior consumo e os dias de menor consumo da semana.

Leitura - neste campo, será colocado o valor em m³, registrado no equipamento macromedidor.

Quantidade - é o volume distribuído entre duas datas de leitura. Este volume em m³ é determinado pela diferença entre a leitura atual e a leitura do dia anterior.

Diferença - é a quantidade de horas entre o intervalo de duas leituras do equipamento macromedidor. Esta diferença é dada no padrão hh:mm:ss.

Horas corrigido - é a quantidade de horas entre o intervalo de duas leituras realizadas no equipamento macromedidor, mostrados no formato decimal.

Consumo médio - é o valor do consumo horário no módulo ou setor entre dois intervalos de leitura realizados no medidor. Optou-se pela determinação deste indicador, devido ao fato de não ser possível a leitura realizada em horários constantes diariamente. Este indicador representa a vazão horária que entra neste setor no intervalo entre duas leituras. Este valor é determinado através da seguinte relação (3.1):

$$\text{Consumo horário} = \frac{\text{Quantidade}}{\text{Horas (decimal)}} \quad (3.1)$$

Limitações nesta planilha de análise - A condição ideal seria que todas as leituras fossem realizadas às 00:00, diariamente. Desta forma, teríamos o volume real distribuído neste setor ou área de influência de reservatório diariamente. Como a empresa trabalha, atualmente, com aparelhos nos quais é necessária a presença de uma pessoa para leitura, em macromedidores tipo Woltmam ou eletromagnético, a execução, neste modelo, fica impedida, devido às dificuldades de se operacionalizarem as leituras, neste padrão diariamente. Então, optou-se pela realização da leitura de acordo com a disponibilidade de pessoal e veículo para deslocamento até o local onde foi instalado o instrumento de medição.

A segunda parte da planilha trabalha com os dados para gerar os indicadores de perdas:

Data leitura anterior - Data da leitura anterior, quando foi realizada a leitura do grupo. No cotidiano das empresas, é normal haver várias datas de leituras, diferentes para uma região ou área de influência. O horário das 12:00 representa o ponto médio do intervalo entre o início da leitura do grupo e o final. Este horário representa uma aproximação, pois não foram levantados dados para a determinação correta em campo. Este horário foi estabelecido levando-se em consideração os seguintes fatos:

Horário inicial de trabalho do leiturista - 08:00

Horário final de trabalho do leiturista - 18:00

Como um leiturista demanda em torno de um dia de trabalho por rota de um grupo, para fazer a leitura, juntamente com a entrega das tarifas, considerou-se como ponto médio o horário das 12:00. Ver item 2.6.6

Data leitura atual - Data da leitura quando foram realizadas as leituras no mês de referência.

Quantidade de dias entre ciclos de leituras - É o período entre duas leituras, conforme a relação (3.2), mostrada a seguir:

$$\text{Quantidade de dias} = (\text{Data de leitura atual} - \text{Data da leitura anterior}) \quad (3.2)$$

Horas no ciclo - Quantidade de horas durante o ciclo de leitura. Este valor é determinado multiplicando-se a quantidade de dias entre ciclos de leitura pela quantidade de horas por dia (24 horas).

Consumo micromedido - é o volume em m³ de água faturado no módulo ou setor no qual serão acompanhados os indicadores.

Consumo macromedido Projetado - Devido à empresa não trabalhar nas condições ideais, levantadas anteriormente, é necessário estimar o volume distribuído no intervalo, no qual é levantado o indicador de perdas. Este valor macromedido projetado é levantado de acordo com os seguintes passos:

- 1 - Determinação do consumo médio horário no mês em estudo.
- 2 - Determinação da quantidade de horas no ciclo de estudo.
- 3 - O consumo é determinado pela relação (3.3) a seguir:

$$\text{Consumo Projetado mês} = (\text{Consumo Médio}) \times (\text{Quantidade de horas no ciclo}) \quad (3.3)$$

Índice de Perdas - Valor percentual de perdas. Este valor é levantado pela seguinte equação (3.4):

$$\text{Índice Perdas (\%)} = \frac{(\text{Volume Macromedido} - \text{Volume Faturado}) \times 100}{\text{Volume Macromedido}} \quad (3.4)$$

3.2.6 RESUMO DA 1ª ETAPA DA SISTEMÁTICA

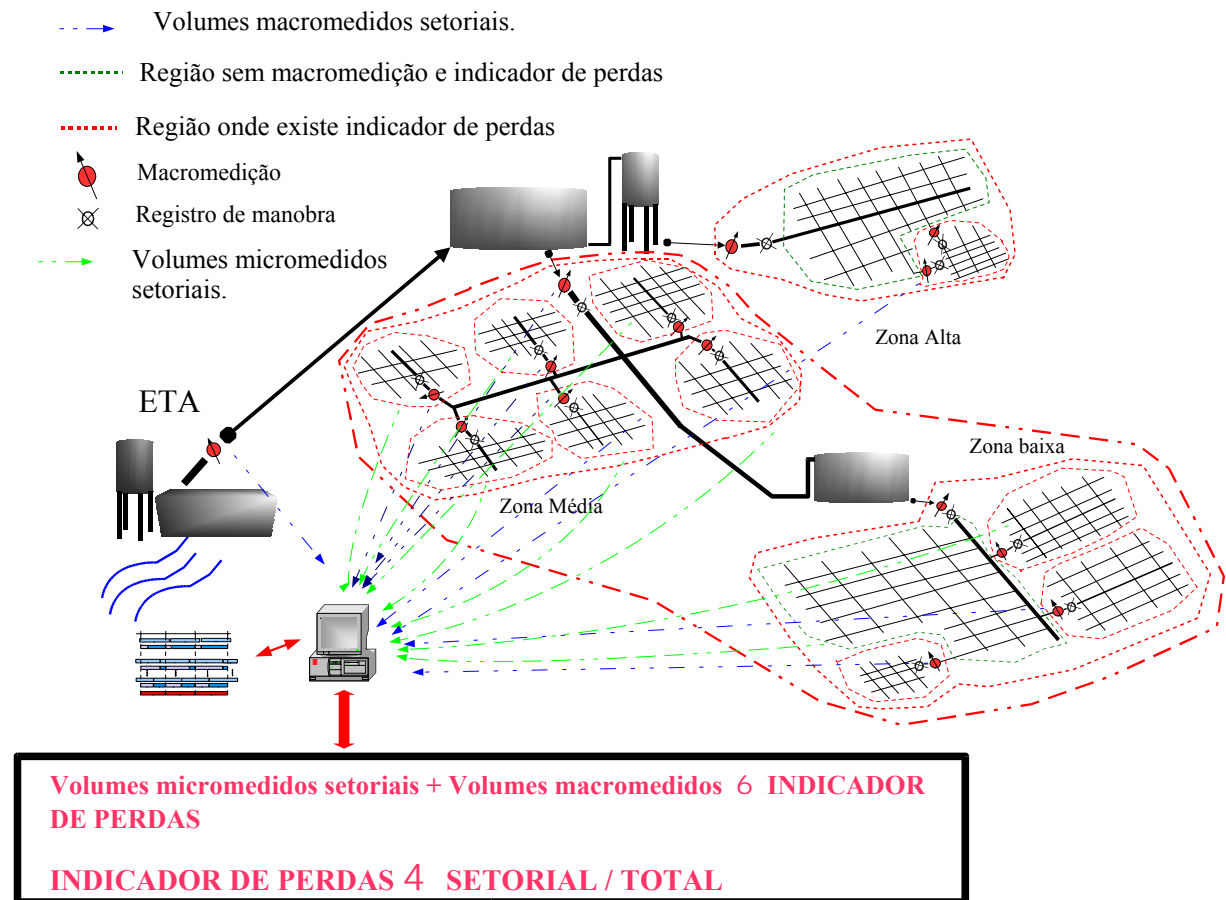
Após a obtenção dos indicadores de perdas, mostrados no item anterior, encerra-se a 1ª etapa da sistemática. Nesta parte, ficaram definidas as rotinas da área operacional, comercial e do setor de informática, para a obtenção de dados diários e mensais da região setorizada. Para isso, foram estabelecidos os seguintes passos das atividades operacionais: montagem e

atualização do cadastro técnico; estudo de setorização das regiões de distribuição e instalação de macromedição das regiões delimitadas.

Também foi mostrado o modelo de um sistema de informações que possibilitará determinar os valores totais da micromedição de um setor em estudo e o modelo de ciclo de produção / comercial que seja melhor adequado ao estudo da região.

A obtenção deste indicador setorial de perdas, juntamente com os dados diários, levantados nas planilhas mostradas neste item, possibilitarão ao gestor do sistema de abastecimento a análise destas informações levantadas, a serem desenvolvidas, na 2ª etapa da sistemática. A figura 3.9 mostra a representação simbólica de um sistema de abastecimento fictício, que implantou todas os passos descritos anteriormente e que está gerando os indicadores de perdas total e setorial.

Figura 3.9 - Representação simbólica de um sistema de abastecimento na situação com indicador de perdas total, com cadastro técnico das redes de distribuição, criação de setores (setorização), definição de modelo de sincronização, com macromedição, com volumes micromedidos setoriais e indicador de perdas setoriais.



3.3 SEGUNDA ETAPA: ANÁLISE DOS DADOS

O presente item foi apresentado no fluxograma da figura 3.1 como a 2ª etapa da sistemática. Nesta fase, os dados e indicadores de perdas levantados nos itens anteriores serão trabalhados. Para isso, serão utilizadas ferramentas estatísticas da qualidade, que são instrumentos gerenciais que possibilitam avaliação e análise dos dados e indicadores pelo gerente do sistema. As ferramentas estatísticas básicas da qualidade são: Histograma, CEP (Controle Estatístico de Processo), Gráficos de Dispersão, Diagrama de Causa Efeito, Diagrama de Pareto, Diagrama de Visualização de defeitos, Gráfico Linear e a Estratificação de Dados.

Serão apresentadas algumas propostas para a utilização das ferramentas estatísticas da qualidade para a avaliação de dados e indicadores de perdas. A aplicação destas ferramentas estatísticas apresentam 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. Neste capítulo, também serão mostrados aplicações em um sistema de abastecimento de água hipotético e o uso destas ferramentas como instrumentos de gestão do processo de controle de perdas.

3.3.1 GRÁFICO LINEAR

O gráfico linear será utilizado para a representação de séries históricas de indicadores de perdas. Neste trabalho, o dado principal utilizado, para fazer o gráfico, será o valor do indicador mensal de perdas, gerado a partir da planilha ilustrada no item 3.2.5.2.

A figura 3.10 mostra um sistema hipotético, onde, através da utilização de gráficos lineares, são representados os vários indicadores de perdas que compõem todo o sistema. Serão mostrados também, na figura 3.11, os indicadores setoriais por meio destes dados, sendo possível o monitoramento e o acompanhamento constante de toda produção e distribuição neste sistema fictício. Desta forma, o gestor pode, através da utilização destes indicadores, acompanhar os índices e atuar com ações corretivas para melhorar os indicadores, quando houver uma sinalização pelos valores dos indicadores apresentados.

Figura 3.10 - Situação simbólica de um sistema com indicadores de perdas setoriais, onde é feito o acompanhamento com a utilização do gráfico linear.

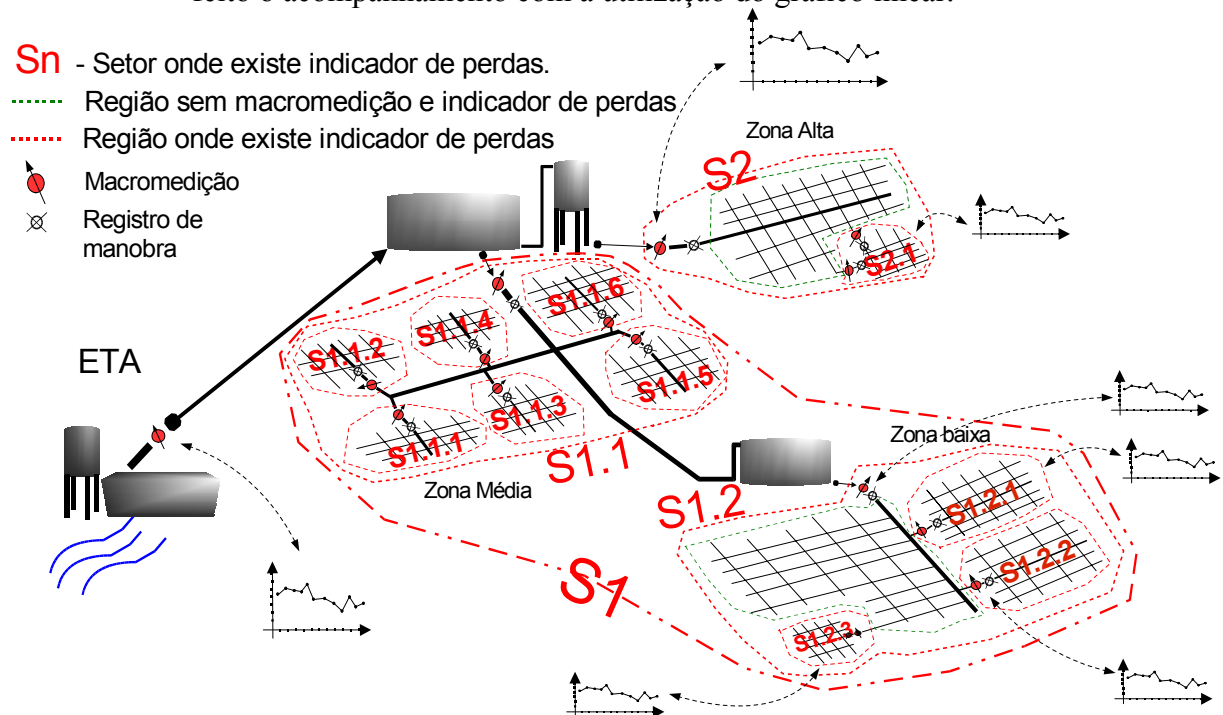
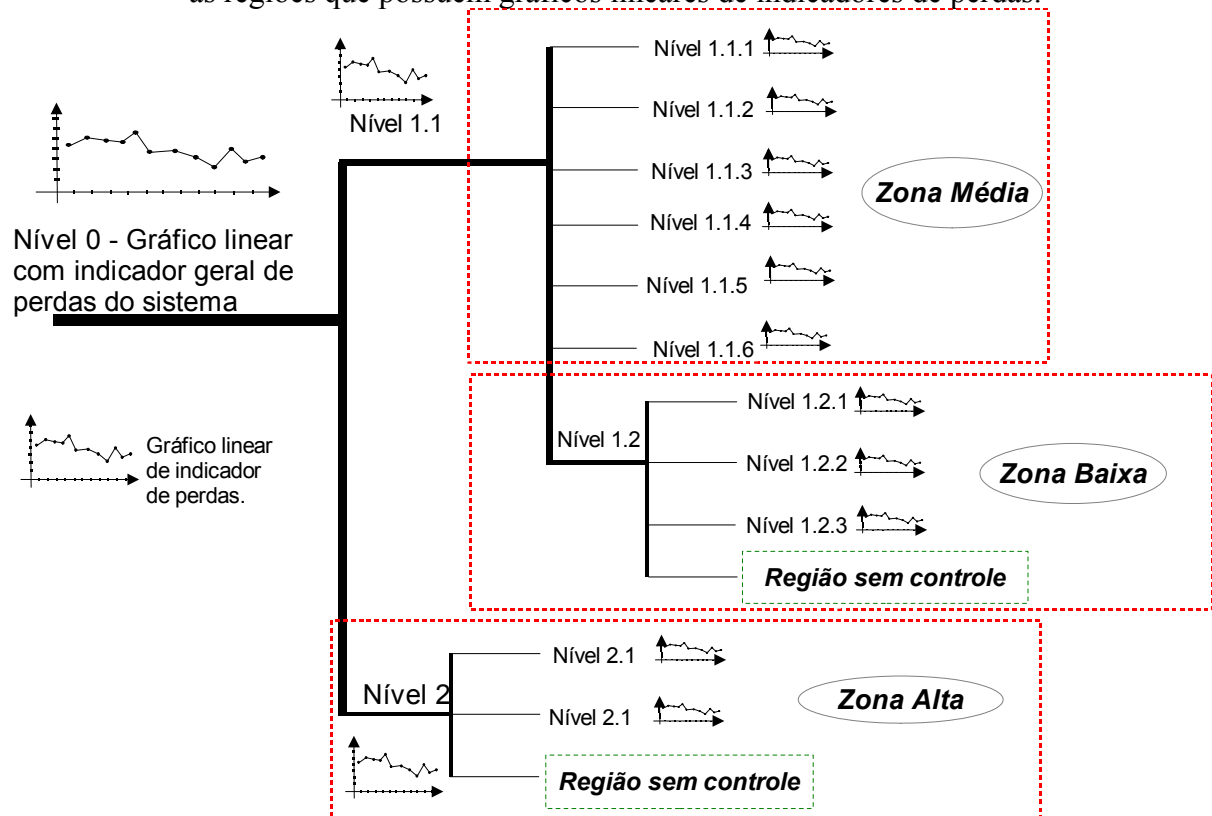


Figura 3.11 - Árvore de controle representa todos os setores do sistema. A árvore mostra as regiões que possuem gráficos lineares de indicadores de perdas.



3.3.2 DIAGRAMA DE PARETO

A questão de priorização de ações é um dos principais problemas para o gestor no controle de perdas do sistema de abastecimento, principalmente na situação onde se conhece somente o indicador geral de perdas deste. Desta forma, não se sabe em qual região ou parte do sistema, há o maior índice de perdas. A proposta da sistemática é fragmentar o sistema em várias pequenas regiões de controle. Essas regiões são os setores de distribuição, associados à macromedição, nos quais são possíveis gerar índices de perdas setoriais.

O diagrama de Pareto será utilizado na definição das prioridades em ações para se combaterem as perdas nos vários setores que compõem o sistema. No sistema hipotético, conforme figura 3.12, é realizado o acompanhamento de indicadores de perdas dentro das várias micro regiões mostradas. Estes indicadores setoriais de perdas permitem ao gestor acompanhar como está o desempenho em cada setor da área de distribuição.

O diagrama de Pareto é utilizado para definir, a partir dos indicadores setoriais, as regiões críticas do sistema de distribuição, onde é necessária uma atuação corretiva para o controle. Conforme o exemplo, são mostradas duas regiões que possuem os maiores índices de perdas; serão priorizados pelo gestor as ações e os esforços para o controle de perdas nestas duas regiões.

O diagrama de Pareto pode ser também desdobrado para a identificação das causas que compõem as perdas nos setores. Conforme figura 3.13, é mostrada uma situação onde identificam-se as causas principais de perdas em um setor. Neste primeiro diagrama são identificadas a principal causa e as demais que compõem este setor. No segundo diagrama, será desdobrada novamente a causa principal do setor, com a utilização do diagrama de Pareto para a identificação dos componentes, juntamente com sua participação em valores no problema. Através da identificação das principais causas, é possível atuar somente nesta, evitando a dispersão de recursos em várias ações corretivas.

Figura 3.12 - Situação simbólica de um sistema com indicadores de perdas setoriais.

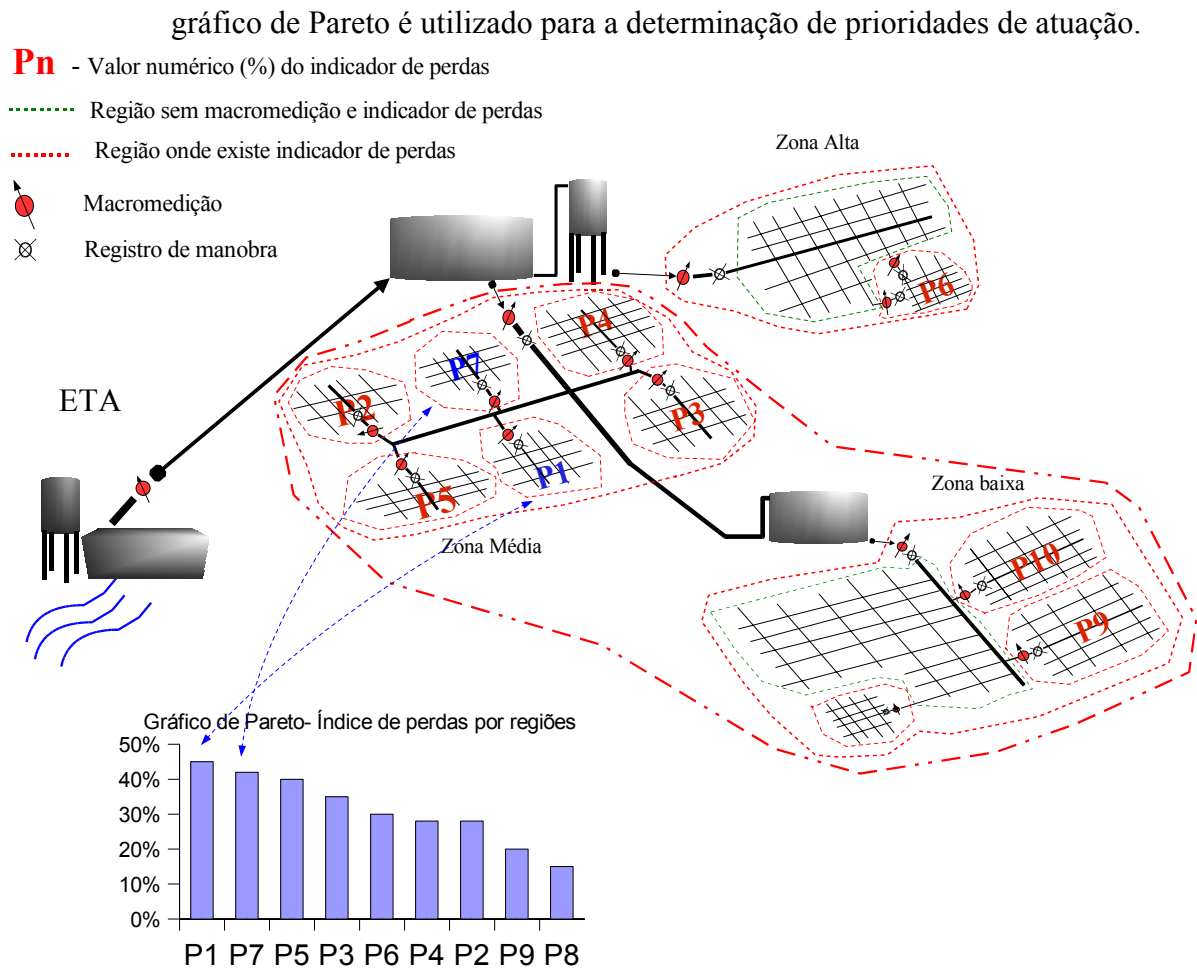
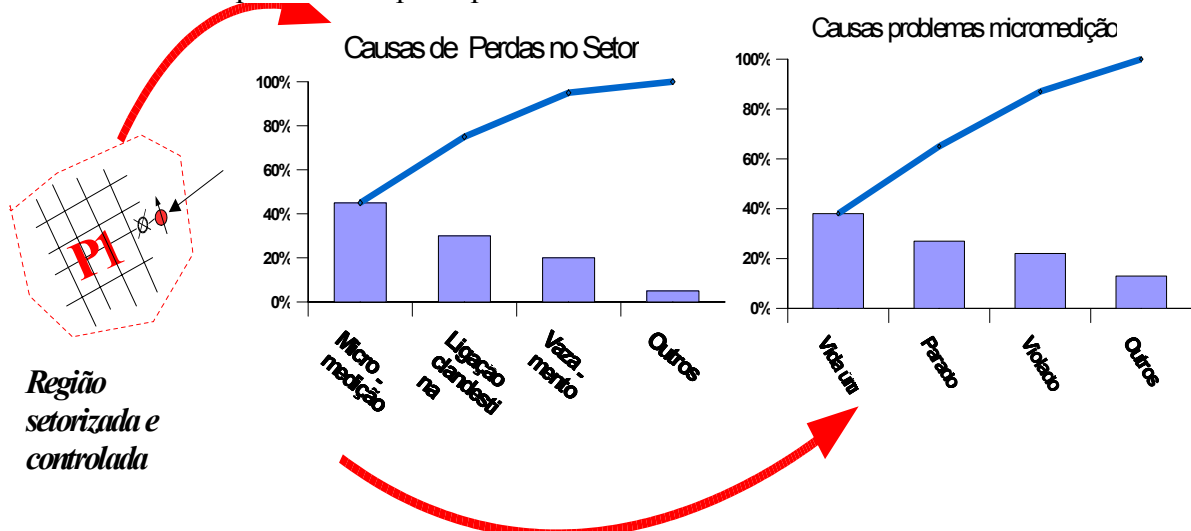


Figura 3.13 - Situação simbólica de um setor de distribuição com levantamento de causas de perdas. É feito um gráfico de Pareto para a determinação de prioridades de atuação, juntamente com outro gráfico de Pareto, que identifica os componentes da principal causa.



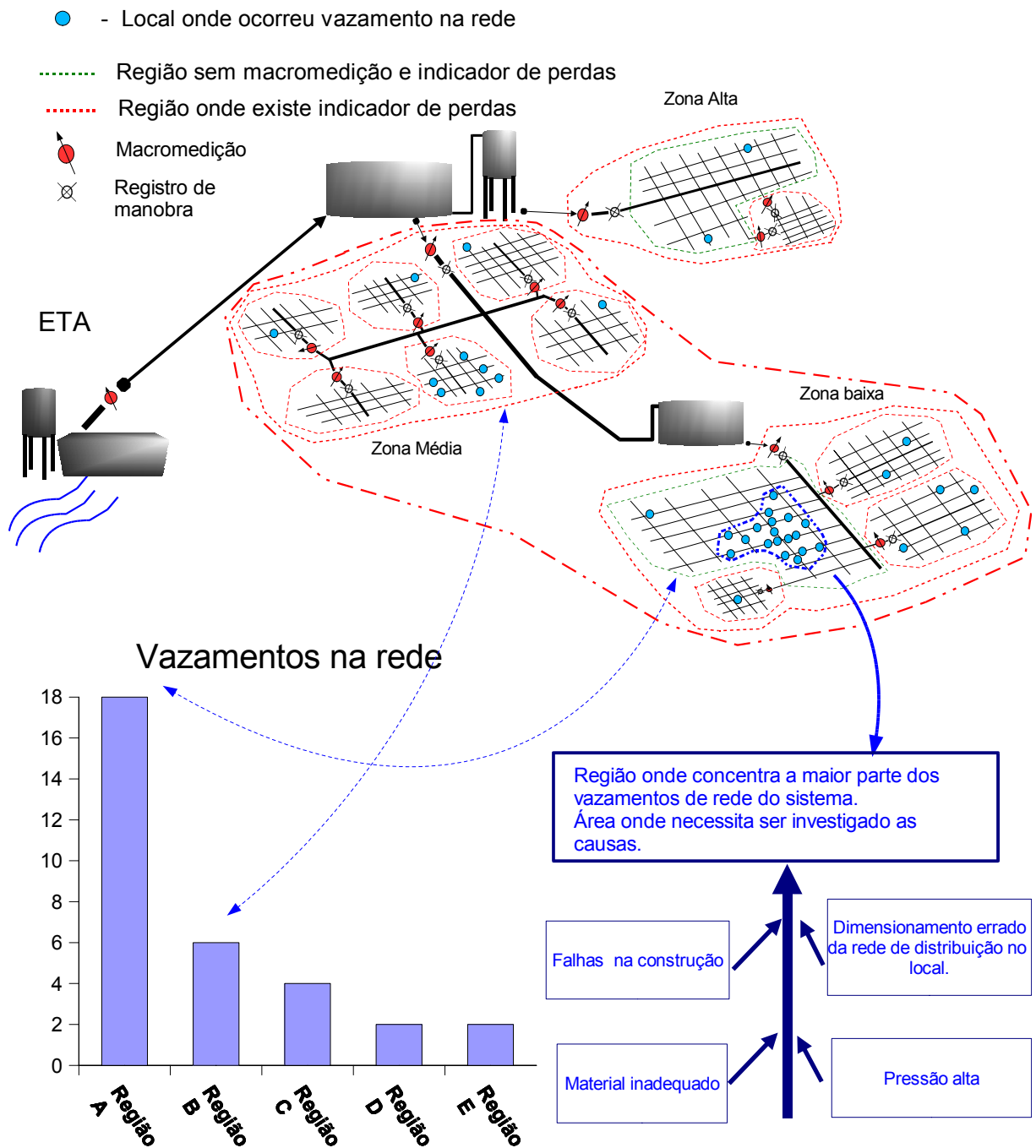
3.3.3 DIAGRAMA DE VISUALIZAÇÃO DE PROBLEMAS EM CONJUNTO COM DIAGRAMA DE PARETO E DIAGRAMA DE ISHIKAWA

A figura 3.14 mostra um sistema hipotético, onde está sendo utilizado um diagrama de visualização de defeitos. Neste caso, este diagrama é utilizado em conjunto com outras ferramentas (diagrama de Pareto e diagrama de causa-efeito). Nesta aplicação, o diagrama de visualização de defeitos mostra o posicionamento dos locais onde ocorreram incidências de vazamentos. Com o uso de mapas ou croquis, levantados a partir do cadastro técnico das redes, são marcados os locais onde ocorreram os problemas. A utilização de mapas digitalizados facilita esta atividade.

O diagrama de Pareto é utilizado para o estabelecimento das regiões onde ocorrem as maiores quantidades de vazamentos. Através de dados levantados nos registros de manutenção, ou através do próprio diagrama de visualização de defeitos, pode ser verificado o local onde existe maior quantidade de problemas. Pelo diagrama de Pareto, verifica-se que determinada região A possui a maior incidência destes defeitos. O diagrama de posicionamento mostra que estes defeitos estão em uma região delimitada dentro do setor. Pela análise de Pareto, esta região seria priorizada nas ações corretivas.

O diagrama de causa e efeito é utilizado para avaliação e na busca das possíveis causas dos defeitos. A partir da análise conjunta, com estas 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, recomenda-se consultar pessoas que trabalhem e conheçam a região.

Figura 3.14 - Situação simbólica representando os locais onde ocorreram vazamentos de rede no sistema. É utilizada a análise de Pareto, juntamente com o diagrama de visualização de problemas. O diagrama de Ishikawa é utilizado para analisar as possíveis causas de vazamentos na região.

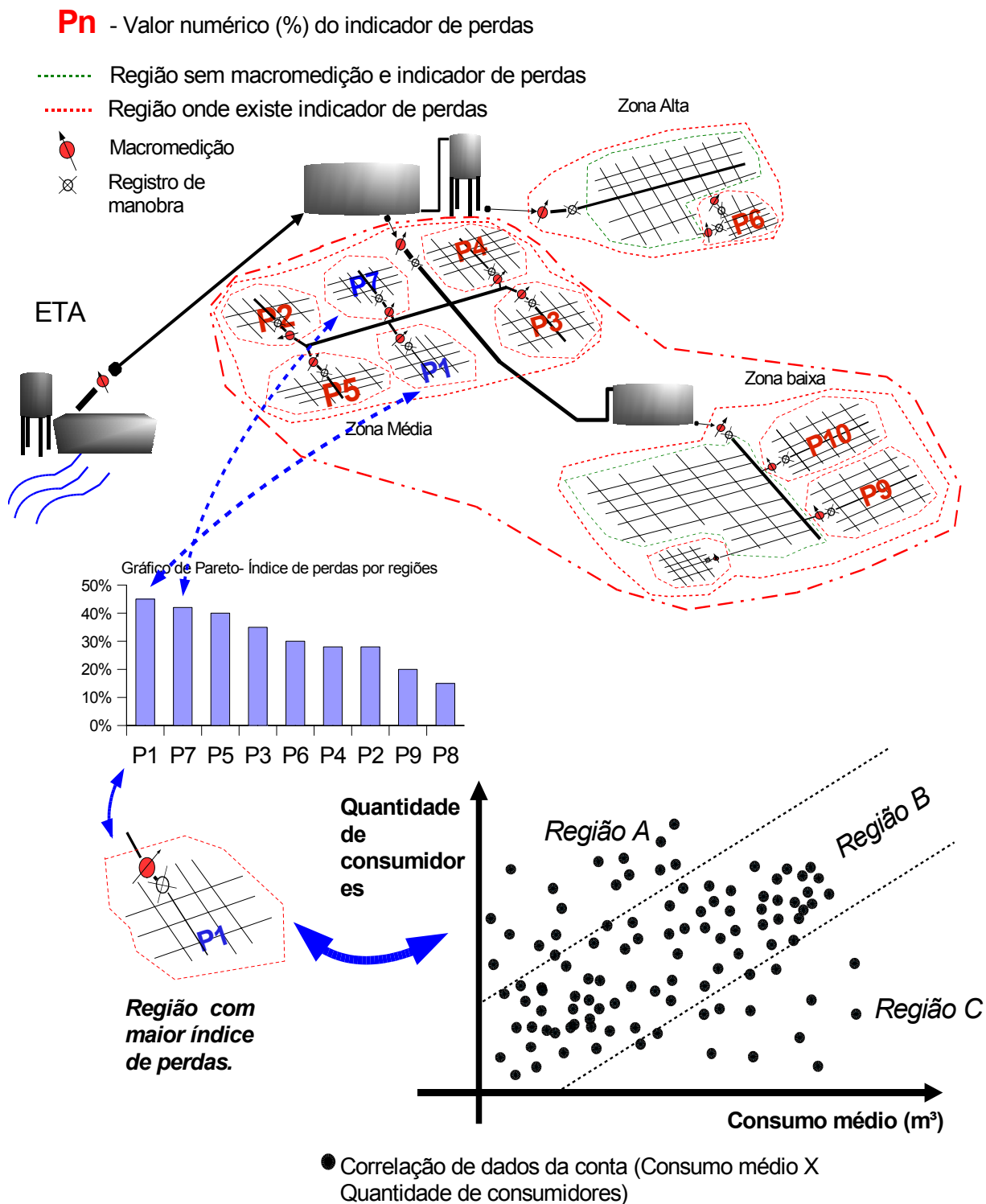


3.3.4 GRÁFICOS DE DISPERSÃO COM ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS

É mostrado, na figura 3.15, um sistema hipotético, no qual é utilizado um gráfico de dispersão onde as variáveis utilizadas são: (Consumo Médio da Residência x Quantidade de Usuários na Residência). Neste exemplo, o gráfico de dispersão é utilizado juntamente com a análise de Pareto, que determina qual setor do sistema hipotético está com maior índice de perdas, para priorizar o local onde serão realizadas as ações de controle e combate a perdas. Com a utilização do gráfico de dispersão, são correlacionadas as seguintes variáveis: (Quantidade de Consumidores da Conta X Consumo Médio da Conta).

Estes dados podem ser levantados nos bancos de dados das empresas de saneamento. Esta correlação é utilizada para a identificação das contas que podem estar com problemas, e podem estar influenciando para este alto valor no índice de perdas setorial. Com a montagem do gráfico de dispersão, pode-se dividir o gráfico apresentado em três regiões, conforme mostrado na figura 3.15.

Figura 3.15 - Situação simbólica de um sistema de distribuição, com priorização de setores para realização de ações, através da análise de Pareto. O gráfico de dispersão é utilizado para correlação de dados das contas (Consumo x Usuários) do setor.



As regiões foram divididas em três setores:

Região A - região que apresenta a situação em que a conta de água do cliente possui uma grande quantidade de consumidores e um baixo consumo médio. As contas que estão nesta região devem ser investigadas, para identificar as possíveis causas que podem estar acarretando este problema. Algumas delas: consumo submedido, residências que possuem poços ou fontes alternativas, cadastro comercial errado de consumidores, cadastro comercial desatualizado, ligações clandestinas ou fraudulentas.

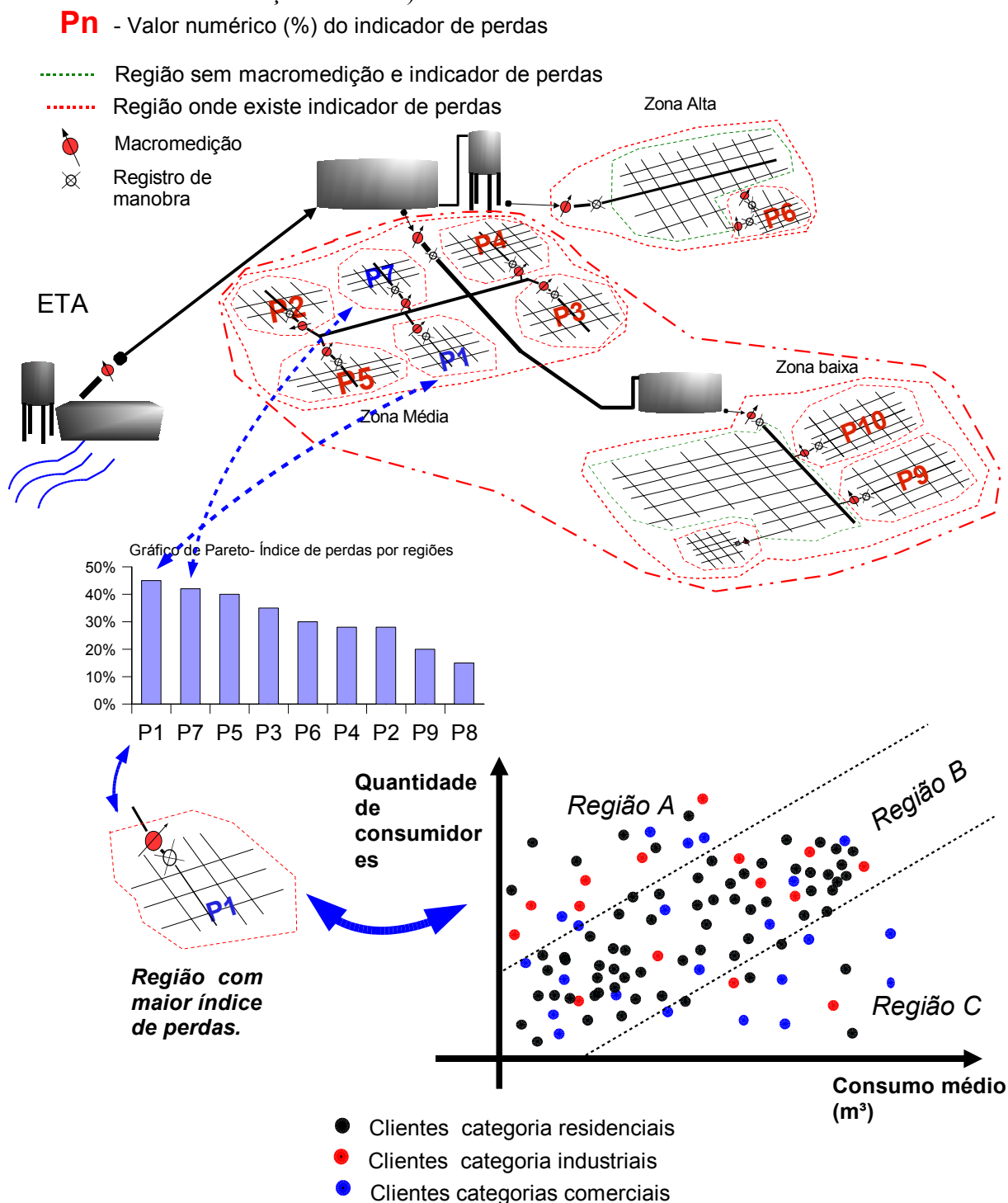
Região B - região onde os dados tendem a apresentar uma correlação positiva. Geralmente, aceita-se que o consumo médio possui uma correlação positiva com a quantidade de consumidores. Desta forma, quanto mais consumidores houver na residência, maior é o consumo médio de água deste cliente.

Região C - região onde as contas dos clientes possuem alto consumo médio para baixa quantidade de usuários de água. Nesta região, estas contas tendem a beneficiar as empresas de saneamento. Elas também devem ser investigadas, pois podem estar ocorrendo vários problemas, tais como: vazamentos internos nas residências dos clientes, ocasionando alto consumo; cadastro comercial errado ou desatualizado; cliente necessitando de orientação pois está com consumo excessivo ou desperdício nas residências, dentre outros.

Na figura 3.16 é mostrado o mesmo sistema; foi acrescentado, na análise do gráfico de dispersão, a estratificação dos dados. Nesta estratificação, foram separados os clientes do setor por categorias (comercial, residencial e industrial). A partir da estratificação dos dados, é possível analisar por categorias de clientes, separando e identificando as situações mais críticas e passíveis de uma verificação mais apurada por categorias de clientes.

Na estratificação, separando-se por categorias de clientes, podem-se identificar características únicas presentes em cada um destes subgrupos que não poderiam ser identificadas caso estivesse trabalhando com amostras não estratificadas. Pode-se exemplificar essa situação colocando que um cliente de água tratada da categoria industrial, que está em uma mesmo setor de um cliente residencial, cada qual possui comportamento de consumo diferente.

Figura 3.16 - Nesta situação, foi realizada uma estratificação de dados de clientes. Para realização de análises, uma combinação de ferramentas (gráfico de dispersão + estratificação de dados)



Outra possibilidade de utilização dos gráficos de dispersão seria a combinação de dois gráficos diferentes, tal como apresentado nas situações anteriores. Por exemplo, a combinação do gráfico de dispersão:

(Consumo energia conta X Consumo água conta) - *Dispersão 1*

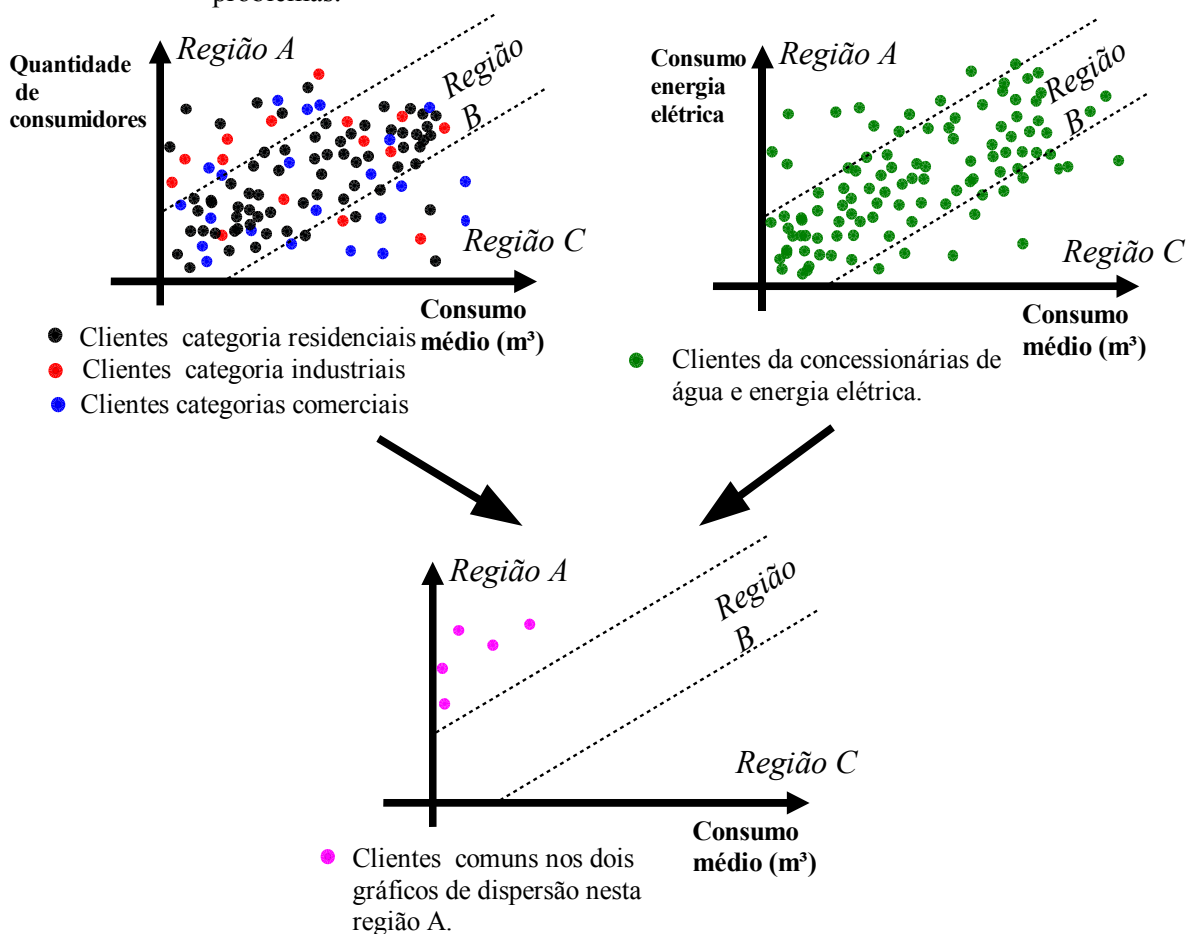
X

(Consumo médio água da conta X Quantidade usuários conta) - *Dispersão 2*

Por meio da interpretação dos gráficos de dispersão, percebe-se que não é necessária uma pesquisa geral em todas as contas do setor para identificar usuários com maiores chances praticarem irregularidade. Pode-se, desta forma, filtrar os mais prováveis casos, através do cruzamento de dados e informações entre as empresas (concessionárias de energia elétrica e de água).

A figura 3.17 mostra a combinação de dois gráficos de dispersão, onde são correlacionadas as variáveis: (Quantidade de Usuários X Consumo Médio da Conta) e (Consumo Médio de Energia Elétrica X Consumo Médio de Água) para um mesmo grupo de contas. O terceiro gráfico representa as contas em comum nos dois gráficos anteriores, que estão na região A, onde devem ser investigadas possíveis situações irregulares.

Figura 3.17 - Combinação de dois gráficos de dispersão para identificar possíveis ligações com problemas.



As contas comuns, pertencentes aos gráficos de dispersão 1 e 2 na região A, estariam na condição em que seria necessário que se investigassem as possíveis causas desta situação que pode ou não serem irregulares. Estas contas poderiam estar contribuindo para as perdas do setor.

3.3.5 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)

3.3.5.1 Representação simbólica de utilização do CEP

Os gráficos de Shewhart, conforme mostra a figura 3.18, serão utilizadas no sistema hipotético como uma ferramenta simples e poderosa, para a avaliação de dados de volume distribuído, com o objetivo de auxiliar o levantamento das causas de perdas que ocorrem no setor. A figura 3.18 mostra exemplo de um sistema hipotético de abastecimento de água, onde, e como, poderia ser utilizado o CEP, nas várias etapas que compõem o processo de abastecimento de água, desde a produção até a distribuição final de água tratada para o consumidor. O CEP é utilizado para controlar a variável volume produzido e distribuído. Nesta situação, também é utilizado o CEP para controle de pressão na zona baixa do sistema hipotético. O diagrama em árvore do processo, conforme a figura 3.19, mostra as várias etapas que compõem o sistema de controle com utilização do CEP.

A partir dos gráficos de controle setoriais e global, o gestor do sistema passa a conhecer, em valores, como é o comportamento de consumo da população de cada localidade que compõe o sistema. Este comportamento pode ser avaliado ao longo do ano, quando se podem identificar as várias influências sazonais (estação do ano, clima, férias, período do ano etc.) que interferem no consumo do setor. Estes valores numéricos, em uma série histórica, passam a ser valores de referência e comparação de como está a distribuição, servindo, inclusive, para o planejamento de atividades e para estudos para previsão de expansão do sistema.

Figura 3.18 – Situação simbólica de um sistema de distribuição, com o CEP (volume distribuído) implantado em vários setores e o CEP (variável pressão) na zona baixa.

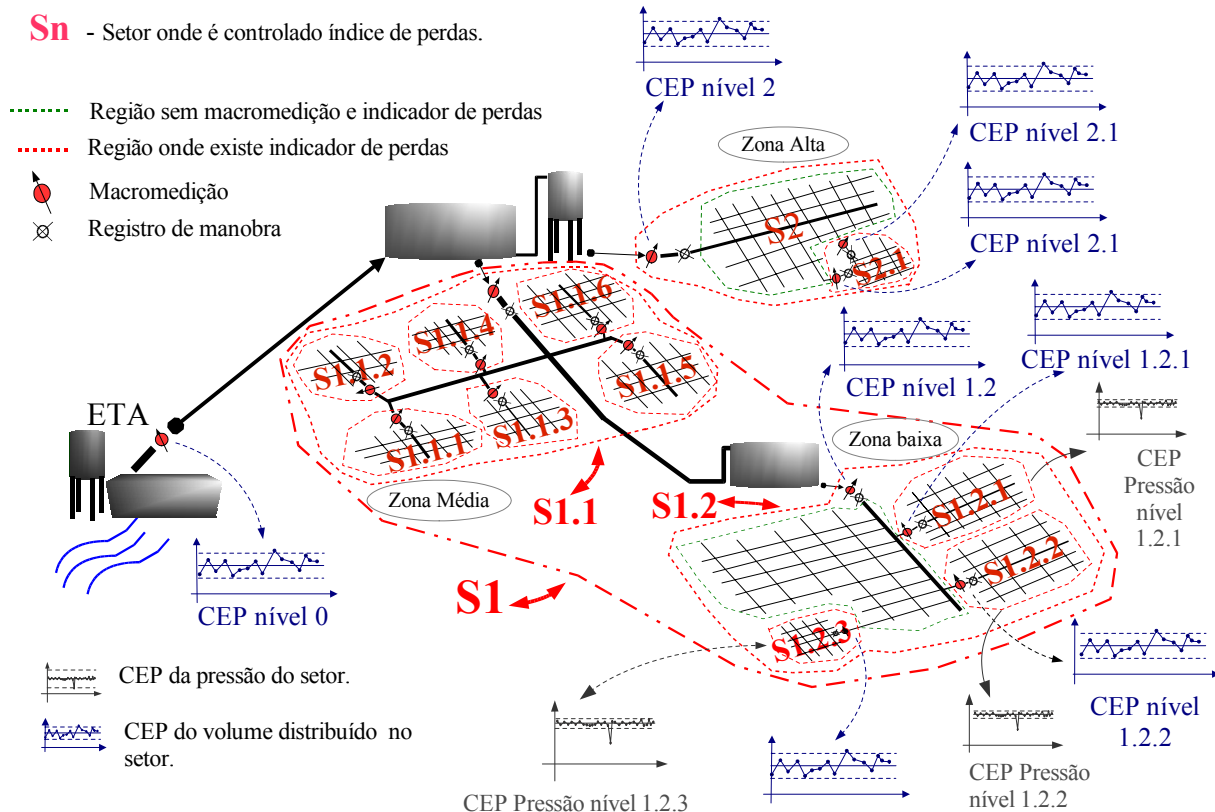
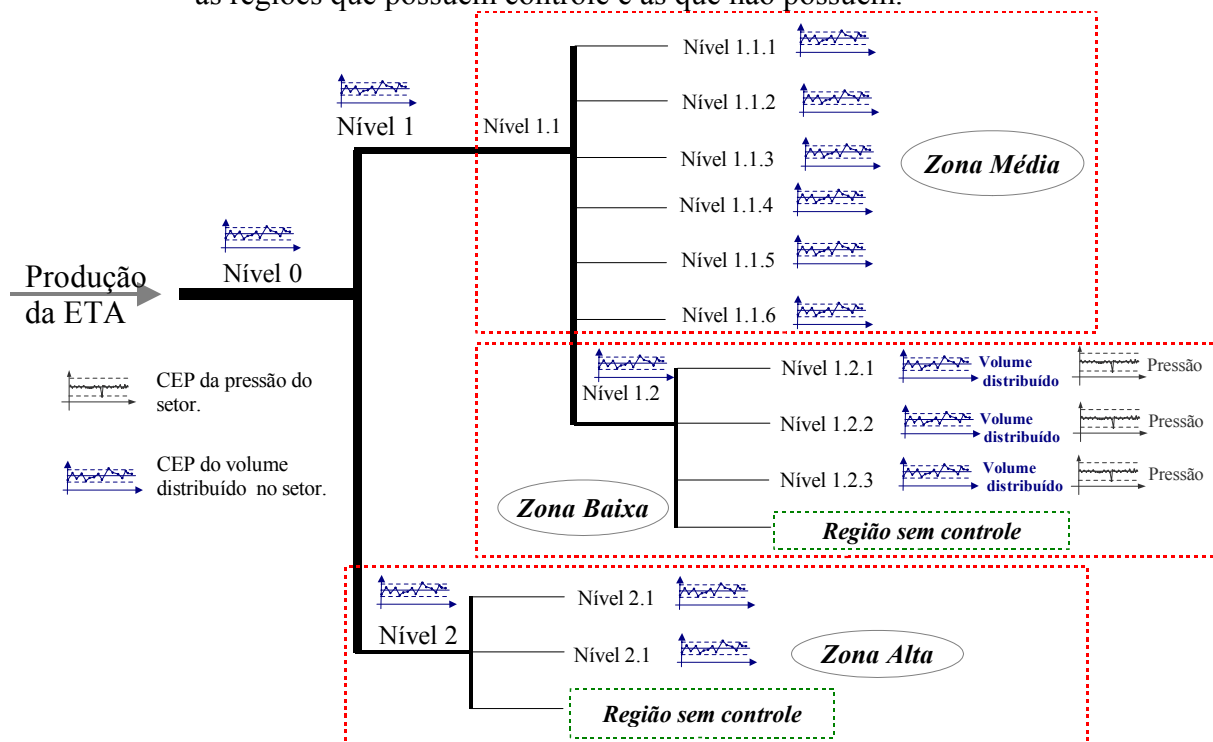


Figura 3.19 - Árvore de controle representando todos os setores do sistema. A árvore mostra as regiões que possuem controle e as que não possuem.



3.3.5.2 Limitações dos dados neste modelo de planilha

A condição ideal de trabalho seria a leitura diária do macromedidor do setor avaliado em horário constante: às 00:00 de cada dia. Esta condição possibilitaria a avaliação real do volume distribuído diariamente, na região em estudo. Porém, essa forma é de difícil operacionalização, por causa da dificuldade de se fazer a leitura neste horário. Outra opção seria fazer a leitura em um horário constante e pré estabelecido diariamente, em horário normal de trabalho, como, por exemplo, às 09:00, diariamente. Neste caso, se obteria o valor distribuído em 24 horas, embora este intervalo, compreendesse um período referente a dois dias. Esta opção também dependeria da disponibilidade de pessoal, transporte e tempo, para sua realização. A alternativa utilizada surgiu das várias dificuldades apresentadas, para se fazer a leitura de horário constante; então, optou-se por fazer a leitura de acordo com a disponibilidade dos recursos de pessoal e transporte. Assim, será realizada a leitura do macromedidor em horários diferentes. Nesta planilha, obteve-se uma relação conforme equação (3.5), colocada a seguir:

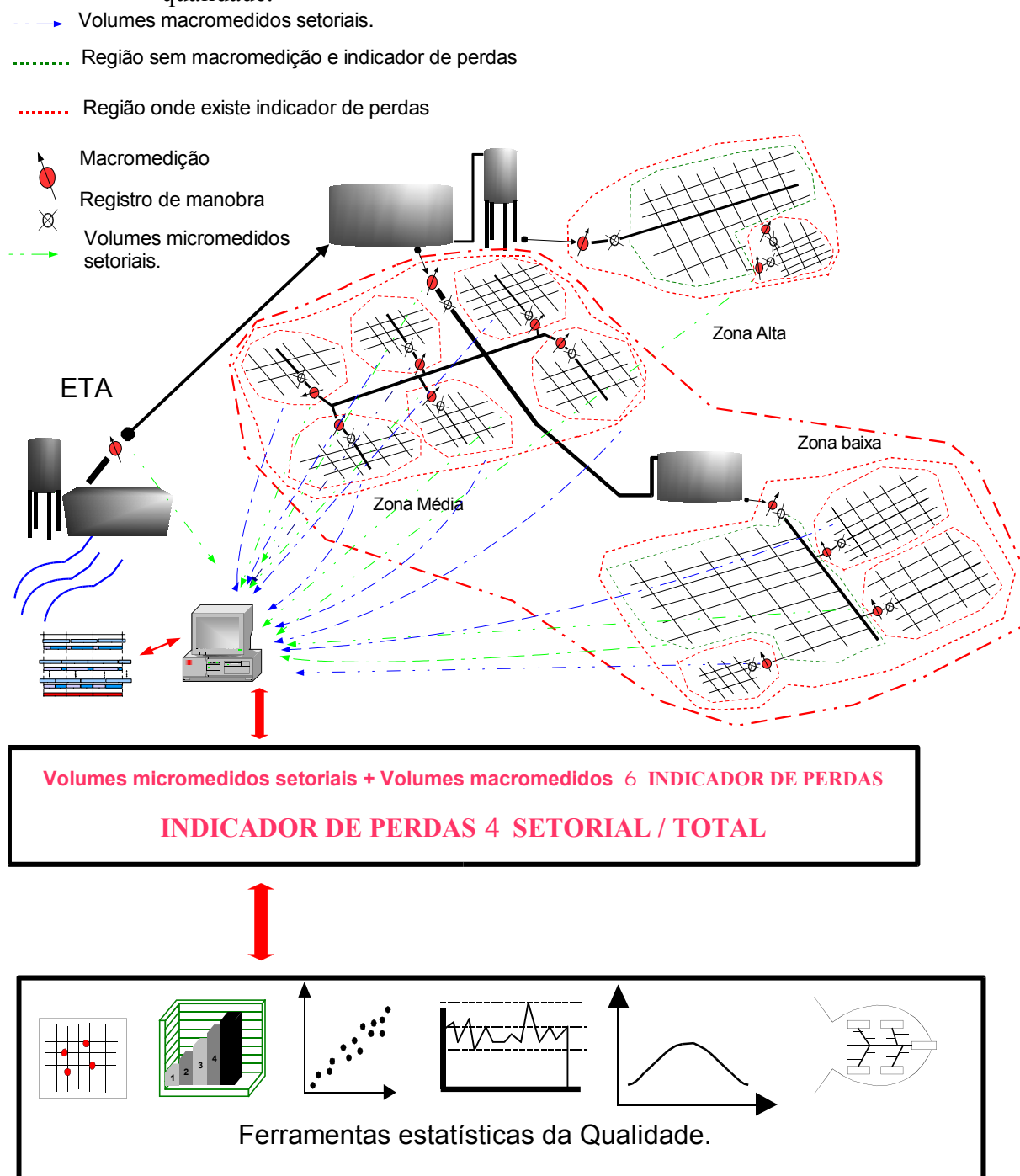
$$\text{Consumo horário no período} = \frac{(\text{Volume distribuído no setor no período})}{(\text{Quantidade de horas por período})} \quad (3.5)$$

Este valor representa o consumo médio horário em um intervalo entre leituras. Essa relação será utilizada para montagem dos gráficos de controle. Embora seja uma forma de avaliação menos precisa, essa opção foi utilizado devido às dificuldades apresentadas.

3.4 GESTÃO DO PROCESSO

Na figura 3.20 é mostrado um modelo hipotético de sistema de abastecimento de água, onde se encontra representado um sistema de abastecimento. Nele são utilizadas as ferramentas estatísticas da qualidade para a avaliação dos dados e dos indicadores do sistema. Nessa fase, o gestor passa a contar com uma série de dados e indicadores para poder avaliar o funcionamento do sistema. Pode deixar de trabalhar com subjetividade, para gerir o sistema em fatos, valores e análise. Passa a contar, também, com essas ferramentas gerenciais que possibilitam a análise e o acompanhamento do sistema.

Figura 3.20 - Situação com setorização, macromedição, geração de dados de micromedição, dados da macromedição, sincronização entre produção/comercial, juntamente com análise dos dados e indicadores com as ferramentas estatísticas da qualidade.



A última fase do processo, conforme representação da figura 3.21, é mostrada no sistema de abastecimento hipotético, onde é implementado um modelo de gestão do processo de controle de perdas. Nessa fase, o gestor passa a controlar o desempenho do sistema. Após a análise dos dados e indicadores, as ações que irão corrigir os problemas detectados podem ser implementadas. Esta implementação poderá seguir critérios objetivos e técnicos, conforme os descritos a seguir:

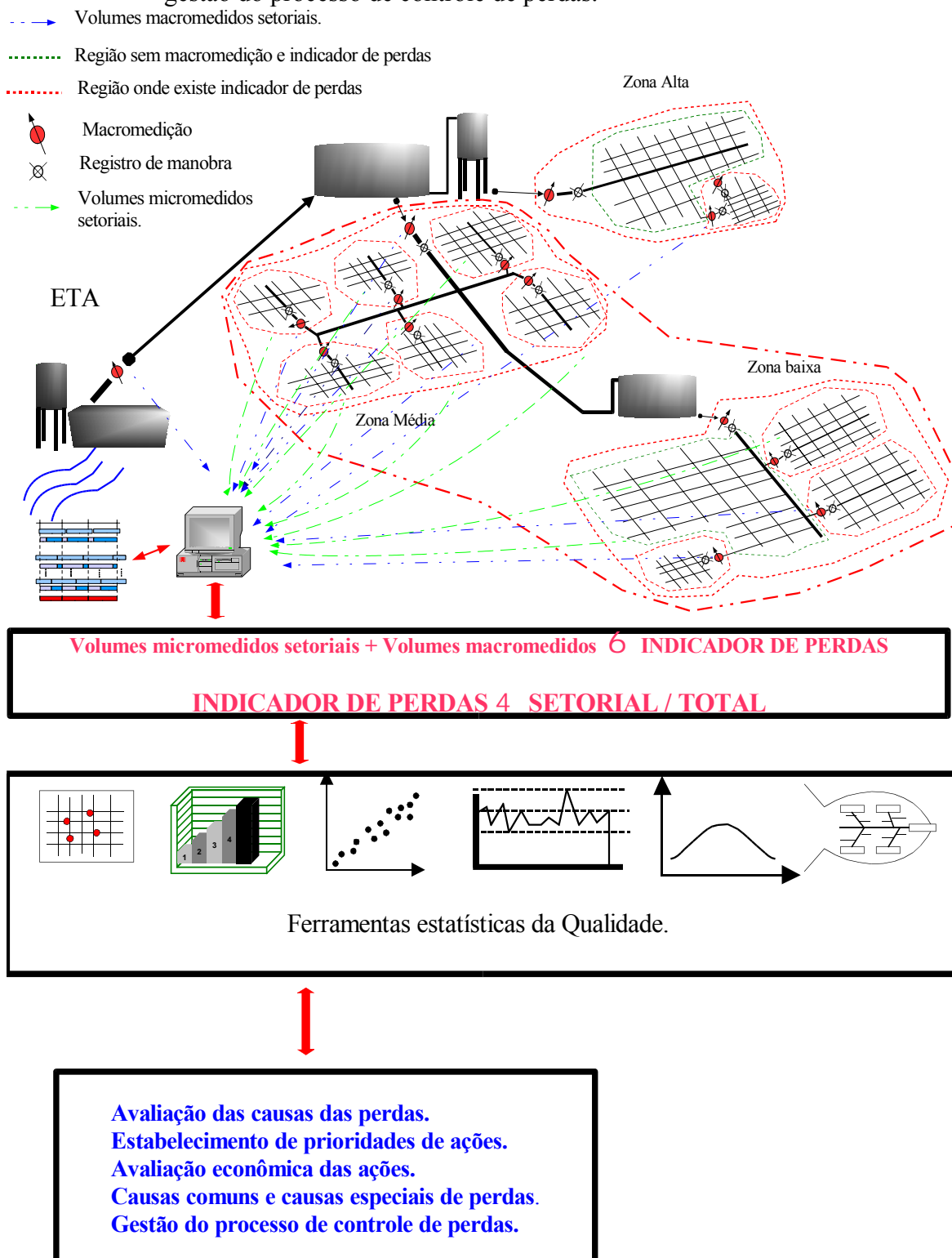
Avaliação das causas das perdas - o gestor passa a conhecer e a avaliar as principais causas das perdas no sistema. Esse conhecimento ocorre através dos valores de indicadores, informações e dados. O gerente passa a ter acesso e a acompanhar uma série histórica de dados e informações do sistema, desde o todo até as pequenas regiões.

Estabelecimento de prioridades de ações - uma das principais dificuldades, para o gestor de um sistema de distribuição de água, é estabelecer as prioridades de ações. O leque de causas que ocasionam as perdas são devidos a uma grande quantidade de situações e problemas. Com a implantação de um modelo de gestão, pode-se iniciar o estabelecimento das prioridades de ações no combate ao desperdício a partir de dados e informações levantados e "não atirar para todos as direções buscando atingir resultados".

Avaliação econômica das ações de combate a perdas - para várias causas de perdas em um sistema de abastecimento, o custo das ações para solucioná-las são inviáveis, economicamente. Nesta etapa, por meio dessas avaliações e da análise das informações, o gestor do sistema pode atuar nas ações, sendo possível um retorno econômico, dentro de uma perspectiva de custo das ações e retorno financeiro das mesmas.

Causas comuns e causas especiais de perdas - identificar o que são as causas comuns e causas especiais de perdas em sistemas de abastecimento. Essa identificação permite ao gestor priorizar as ações nas causas comuns principais, dentro do amplo leque no qual encontram-se as causas de perdas. Desta forma, é possível direcionar as ações de combate às perdas.

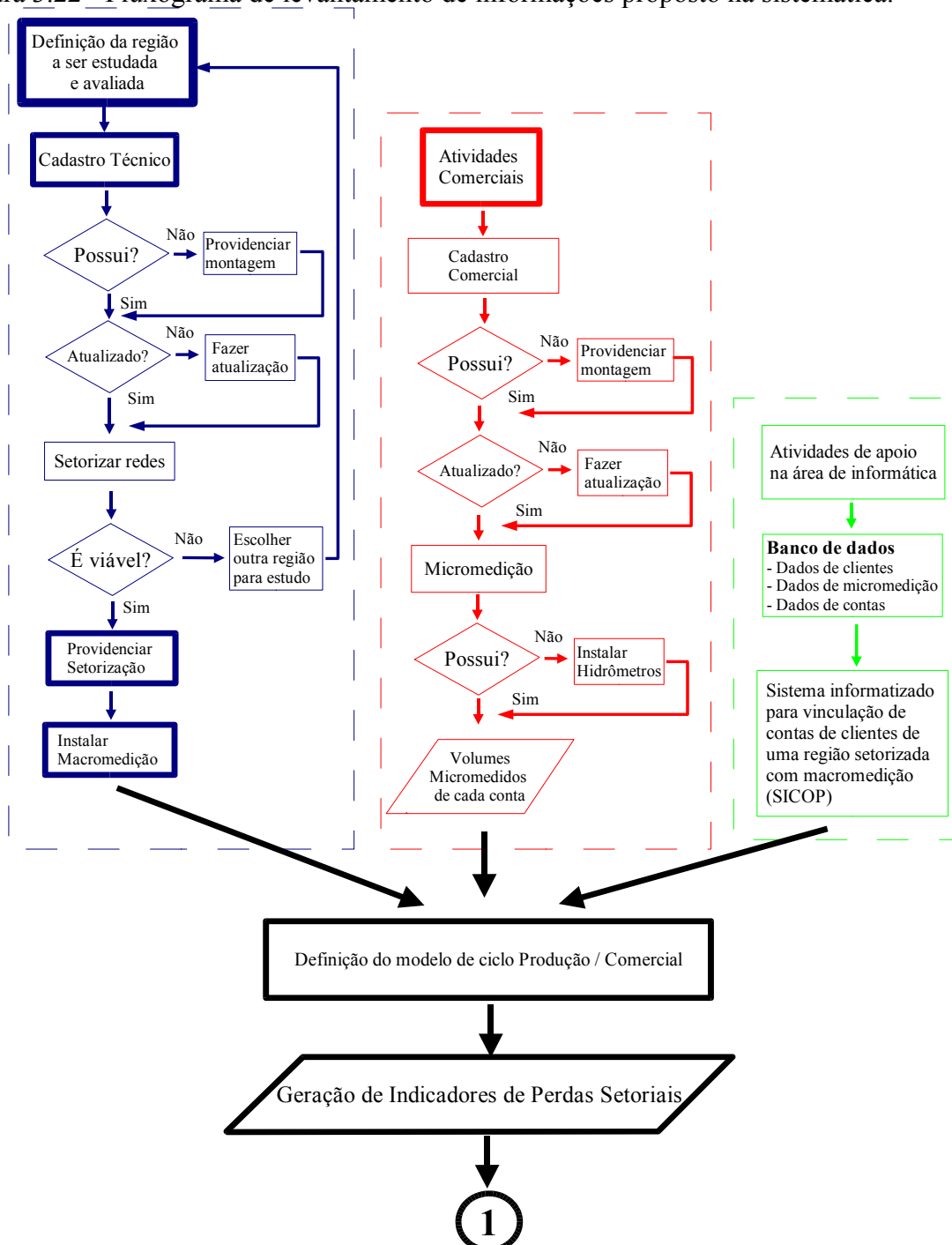
Figura 3.21 - Situação com setorização, macromedição, geração de dados de micromedição, dados da macromedição, sincronização produção / comercial, juntamente com análise dos dados e indicadores com as ferramentas estatísticas da qualidade e gestão do processo de controle de perdas.



3.5 RESUMO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA

No capítulo 3, foi detalhada a sistemática proposta. Na primeira etapa da sistemática, foram mostradas as várias fases que compõem o processo de levantamento dos dados e informações do sistema, e como eles são interdependentes, conforme mostra o fluxograma do processo de levantamento de informações, na figura 3.22.

Figura 3.22 - Fluxograma de levantamento de informações proposto na sistemática.



Há, no fluxograma, três áreas distintas (operacional, administrativa-comercial e informática), que vão trabalhar juntas para que seja possível a obtenção dos indicadores de perdas de forma precisa e confiável.

No fluxograma, são mostradas, em azul, as atividades do setor operacional. A primeira atividade neste setor é a escolha do setor pertencente a um sistema a ser avaliado. Depois, é feita a montagem e a manutenção do cadastro técnico atualizado. Por meio dele é possível obter as informações que possibilitarão a setorização de redes, que possibilita a operação e a distribuição em pequenas regiões onde há uma ou, no máximo, duas entradas de água tratada no setor. Após a setorização, é possível instalar a macromedição, que irá medir a água distribuída no setor em estudo. Com a macromedição, o gestor passa a contar com informações constantes do volume distribuído no setor, que será utilizado, posteriormente, na geração do indicador de perdas.

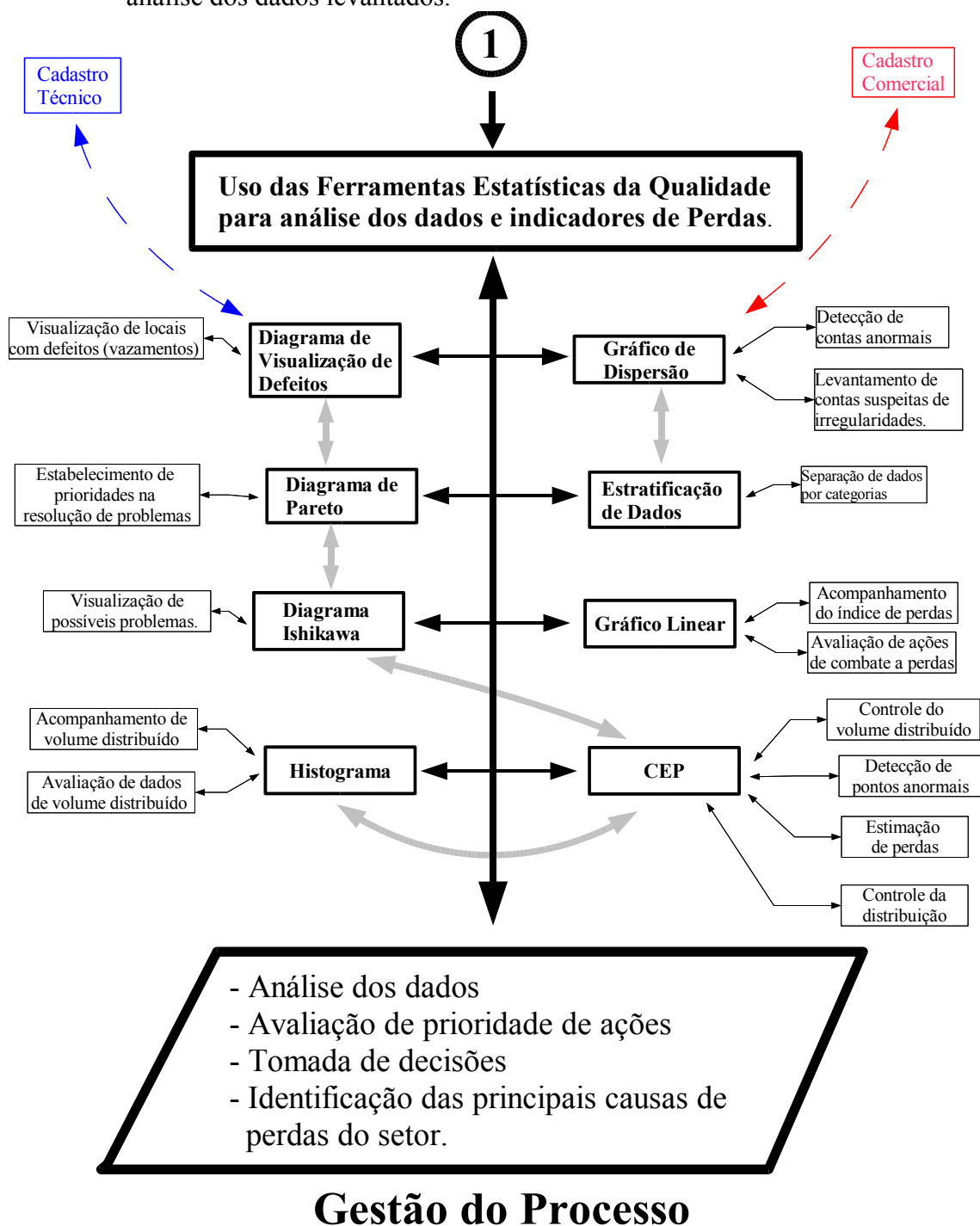
Verificam-se, no fluxograma, na cor vermelha, as atividades do setor administrativo-comercial. A primeira atividade deste setor inclui a montagem de um cadastro comercial dos consumidores, que possibilita o conhecimento das principais informações dos clientes da organização. É necessária uma constante atualização das informações nesse cadastro. Como segunda atividade necessária, é mostrada a micromedição. Nessa fase, é preciso hidrometrar todas as contas dos clientes, para se saber o volume micromedido faturado.

Porém, somente com as duas fases anteriormente mostradas não é possível gerar os indicadores de perdas de forma confiável. Existe a incompatibilidade física entre os setores comerciais com os setores operacionais. Para isso, é necessário o apoio do setor de tecnologia e informática, mostradas no desenho, na cor verde, do fluxograma. Com o uso da tecnologia e da informação é possível fazer uma vinculação entre as contas presentes em um setor de distribuição que existe a macromedição na entrada deste, possibilitando a determinação do volume total faturado do setor.

Outra necessidade mostrada a seguir, no fluxograma, é a definição do modelo de adequação dos ciclos de produção e comercial. Esta é uma atividade multi setorial que envolve todos os setores apresentados anteriormente. Através desta adequação, os erros podem ser diminuídos nos valores da determinação dos volumes totais faturados, adequando-se à quantidade de dias do ciclo comercial ao ciclo de produção.

Como último procedimento, após a escolha do modo de adequação do ciclo comercial / produção, são determinados os indicadores setoriais de perdas e os dados de volume distribuído no setor. Através dessas informações, será feita uma análise com as Ferramentas Estatísticas da Qualidade, conforme mostrado na figura 3.23.

Figura 3.23 - Fluxograma mostrando aplicação das Ferramentas Estatísticas da Qualidade na análise dos dados levantados.



As Ferramentas Estatísticas da Qualidade serão utilizadas para a análise dos dados e para o levantamento das informações. Essas serão ferramentas gerenciais para auxiliar o gerente na tomada de decisões e para a gestão de um sistema de distribuição. A utilização destas ferramentas é uma última fase para a implantação desta sistemática. Verifica-se, pelo fluxograma, que estas ferramentas podem ser utilizadas individualmente ou combinadas entre si, na análise de problemas; pode-se citar, como exemplo, a utilização do CEP, combinado com o histograma, para a verificação da tendência à normalidade dos dados.

A utilização das ferramentas estatísticas dependem de atividades anteriores, mostradas na fase de levantamento de dados. Podem ser citados dois exemplos, mostrados na figura 3.23:

O diagrama de visualização de defeitos em redes de distribuição depende de como o cadastro técnico esteja montado e atualizado, para que seja possível a plotagem dos pontos ou locais onde ocorreram problemas e onde será feito uma posterior análise.

A montagem do diagrama de dispersão depende dos dados levantados no cadastro comercial, para que seja possível a montagem dos gráficos de correlação, mostrados nos exemplos do item 3.3.4.

Esta sistemática é o planejamento das várias etapas que compõem o processo, para que se obtenham os indicadores de forma confiável. Para isso, é necessário que sejam seguidas as etapas de acordo com o mostrado no fluxograma, devido à interdependência de atividades.

Essa sistemática pode ser aplicada desde uma pequena região, que será setorizada, até uma macro região, envolvendo todo um sistema de abastecimento de água, conforme será mostrado, em exemplos, no capítulo 4.

O capítulo 4 apresentará uma aplicação prática e parcial, da sistemática proposta. Neste capítulo, será detalhada a avaliação e análise de dados, numa situação real, da proposta apresentada. Esta aplicação ocorrerá à nível micro do sistema, em um setor da rede de distribuição da empresa SANEAGO, na cidade de Goiânia/Goiás. Para exemplificar outras aplicações, no nível macro do sistema, serão utilizados exemplos de utilização de algumas das ferramentas estatísticas em dados do distrito de Trindade-GO e da ETA João Leite - Goiânia.

CAPÍTULO 4 - APLICAÇÕES DA SISTEMÁTICA

O presente capítulo apresentará a aplicação parcial da sistemática proposta em uma situação real, verificada na empresa Saneamento de Goiás S/A. Serão apresentados os resultados alcançados no estudo, as dificuldades enfrentadas para a implantação da sistemática, o teste do modelo como uma possível atividade gerencial no cotidiano da organização e os pontos fracos identificados.

4.1 INTRODUÇÃO

A aplicação da proposta de trabalho ocorrerá em três sistemas da Saneago. O primeiro caso apresentado será aplicado em um pequeno setor de distribuição da região metropolitana de Goiânia. A partir dos dados levantados nessa região, será aplicada, parcialmente, a sistemática proposta neste trabalho. Serão utilizadas somente algumas fases da 1ª etapa da sistemática proposta, devido ao fato de no setor em estudo já estarem operacionalizados vários passos descritos, como: o cadastro técnico de redes confiável, cadastro comercial atualizado, dados do volume faturado do setor levantado através do SICOP e todas as ligações hidrometradas.

Como este setor trabalha com limitação de dados, por ser uma área pequena, também serão utilizados dados de um outro sistema de abastecimento, tornando possível o acesso desses dados dentro das condições desejadas. Este sistema pertence a um município da região metropolitana de Goiânia

Outra aplicação será realizada a partir dos dados coletados em uma unidade de produção, responsável pelo abastecimento de, aproximadamente, 50 % da população da cidade de Goiânia. Esses dados serão levantados na saída do sistema de produção e entrada da distribuição do sistema que abastece uma parcela significativa da população de Goiânia.

A aplicação da sistemática, nos três casos, será parcial, e enfatizará a análise dos dados com o uso das ferramentas estatísticas da qualidade. Os principais motivos que foram considerados, para se decidir pela não aplicação de todas as fases, descritas na 1ª etapa, foram:

- A existência de uma grande quantidade de sistemas de abastecimento na Saneago; neles é possível a aplicação integral da sistemática proposta. Porém, a aplicação completa demanda um longo prazo. Devido às limitações de tempo para a implantação, e à falta de recursos financeiros e materiais, não foi possível a implantação integral da proposta em um sistema completo de abastecimento.
- A sistemática propõe as várias fases necessárias para a implantação do processo de controle de perdas em uma região de distribuição. Várias, destas fases iniciais, já estão implantadas e funcionando nos sistemas da empresa. Desta forma, foram escolhidos sistemas e regiões que viabilizassem a aplicação dentro de um prazo limitado, para a avaliação da proposta apresentada.

Pelos exemplos verificados nas unidades citadas, serão mostradas algumas utilizações parciais da sistemática proposta. A ênfase da aplicação será a 2ª etapa da sistemática (análise e avaliação dos dados e indicadores). As ferramentas estatísticas da qualidade serão utilizadas a partir de dados reais, porém, de forma didática, para mostrar a viabilidade da sua aplicação para acompanhamento e controle. As mesmas não foram implantadas no cotidiano e no gerenciamento das atividades de rotina da organização como ferramenta gerencial, devido às várias dificuldades verificadas. Algumas destas serão apresentadas, comentadas e analisadas, posteriormente, no decorrer do trabalho.

4.2 A EMPRESA SANEAMENTO DE GOIÁS S/A

A Saneamento de Goiás S/A é uma empresa estatal de economia mista, com o controle acionário pertencente ao governo do estado de Goiás. Segundo o Boletim de Informações (2001), a empresa atua em serviços de saneamento básico para a população do estado, atendendo a 245 comunidades com serviços de água e a 25 comunidades com serviços de esgoto.

No quadro 4.1, são mostrados dados e informações referentes à população atendida no mês de maio/2001.

Quadro 4.1 - Indicadores de população atendida por serviços de água e esgoto.

	Água Tratada	Esgoto
População urbana atendida.	3.686.447	1.551.630
População urbana atendida (%)	83,87%	35,30%

Fonte: Boletim Informações Saneago 05/2001.

A empresa Saneamento de Goiás S/A nasceu no final da década de 60, juntamente com as demais companhias estaduais de saneamento. Foi criada pelos governos militares brasileiros, em conjunto com o PLANASA - Plano Nacional de Saneamento. Esse plano estava vinculado ao extinto BNH - Banco Nacional de Habitação - com o objetivo de oferecer infra-estrutura de habitação e saneamento para todo cidadão brasileiro.

Financiamentos internos e externos, e recursos abundantes, advindos do estado brasileiro, foram aplicados no setor de saneamento para a ampliação do atendimento à população entre o final da década de 60 até o início da década de 80, quando ocorreu a extinção e o fechamento do BNH. Durante esse período, houve uma crescente expansão da população brasileira atendida com saneamento básico, principalmente por serviços de água tratada. Nos serviços de esgoto, houve poucos investimentos no setor, devido à falta de priorização de investimentos.

Com o fim dos recursos externos fartos e facilmente disponíveis, juntamente com o crescente endividamento do estado brasileiro (em nível federal, estadual e municipal), a partir de meados da década de 80 o setor entrou em estado de paralisia. Tal como a economia brasileira, que neste período entrou em recessão, tornando-se um período de pouco crescimento, o setor de saneamento básico, no Brasil, passou a seguir o mesmo compasso. Sem fontes de financiamento, e sem recursos financeiros disponíveis em caixa, as empresas passaram a depender, exclusivamente, de recursos advindos da venda do seu produto e da prestação de serviços.

No início da década de 90, os estados brasileiros encontravam-se praticamente falidos. Crescia a cobrança pelo serviço da dívida contraída nos períodos anteriores e os governos estaduais procuravam, cada vez mais, a melhoria da gestão e eficiência destas empresas. Isso passou a ocorrer também por intermédio dos agentes financiadores do setor, como o BID e a

CEF. Nesse período, em função das razões citadas anteriormente, surgiu o programa da qualidade na empresa.

4.2.1 PROGRAMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NA SANEAMENTO DE GOIÁS S/A

No início da década de 90, a mídia - revistas, livros, propagandas, cursos e palestras – passou a divulgar o tema “Qualidade Total”. Mostrava o sucesso das empresas japonesas como consequência do programa denominado “Qualidade”, que, em função de novas formas de gestão e técnicas revolucionárias, possibilitou a produtividade e a competitividade dessas empresas no mercado mundial.

As empresas brasileiras também começaram a aplicar os métodos e técnicas aplicados nas empresas japonesas. O governo federal, as indústrias, as ONGs e outras entidades passaram a divulgar e a atuar em vários programas da qualidade. Nesta época um pequeno grupo de funcionários da Saneamento de Goiás S/A iniciou a divulgação do programa da qualidade na empresa, por meio de palestras, cursos e treinamentos, que difundiram conceitos como: 5S, normas série ISO 9000, CCQ, qualidade total, entre outros. Foi iniciado então, um programa de treinamento, com o objetivo de formar multiplicadores para divulgar o programa da qualidade por toda a empresa. Este grupo de formadores de opinião alavancaria todo o processo de qualidade dentro da empresa.

Após vários anos, o programa da qualidade na companhia apresentou casos de sucessos, tais como a certificação ISO 9002 na ETA - Estação de Tratamento de Água - Meia Ponte no final do ano de 1998; certificação ISO 9002 na ETA da cidade de Anápolis e ETA da cidade de Goiás, ambas no ano de 2001. Porém, esse sucesso parcial não se propagou por toda a empresa, ficando restrito somente a poucos setores localizados da organização. Esta situação de excelência e resultados deveu-se, principalmente, a iniciativas individuais de um pequeno grupo de empregados.

O quadro 4.2 mostra as principais características presentes na empresa, que influenciam no modo de gestão da organização e que acabam interferindo nas atividades de rotina e prejudicando o planejamento de atividades, para que a organização não consiga resultados satisfatórios como um “todo”.

Quadro 4.2 - Principais características presentes na empresa Saneago.

Características da empresa	
Presidente e diretoria da empresa	<ul style="list-style-type: none"> - São escolhidos em função de critérios políticos pelo partido ou coligação de partidos que vencem as eleições estaduais. - O período de permanência na direção é de 4 anos.
Superintendências e Gerências da empresa	<ul style="list-style-type: none"> - A grande maioria é escolhida em função de critérios políticos, determinados pela coligação vencedora, do governo estadual. - O período de permanência das gerências é, normalmente de 4 anos, correspondente ao período de mandato do governante estadual.
Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> - Não existe política de carreira gerencial. - Não existe sistema de avaliação pessoal e promoção por mérito. - Falta política de treinamento de pessoal. - Quadro de pessoal é mal dimensionado (faltam empregados em certos setores-chave e sobra em outros) - Nível de escolaridade médio dos empregados é baixo.
Suprimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema altamente burocratizado e regulamentado. - Sistema sem agilidade e não há presteza no atendimento. - Compras baseadas unicamente no critério menor custo.
Vendas	<ul style="list-style-type: none"> - Empresa exerce monopólio de serviços no estado de Goiás, onde a maioria dos clientes que buscam os serviços da empresa e não vice-versa. - Equipe de vendas e atendimento exclusiva para grandes consumidores.
Gestão da empresa	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo burocrático, departamental e sob influência política/partidária. - Não existe avaliação dos setores da empresa. - Existem atividades de desenvolvimento e melhorias de gestão porém, de iniciativas individuais e locais, e não de caráter institucional. - Existe pouca integração de atividades e sinergia entre os vários setores da empresa.
Marketing	<ul style="list-style-type: none"> - Voltado para propagandas institucionais e divulgação de obras da empresa.
Operações	<ul style="list-style-type: none"> - Setor voltado para as questões do dia a dia e das atividades rotineiras. - Atua normalmente sobre os problemas e não sobre as causas dos problemas. - Poucos investimentos de recursos em gerenciamento e operação.
Investimento	<ul style="list-style-type: none"> - Prioridade de investimento para atendimento de obras com cunho político e eleitoral.
Empregados	<ul style="list-style-type: none"> - Desmotivação geral. - Falta de perspectiva de carreira. - Parte dos empregados apresentam apatia, falta de iniciativas e compromissos em relação ao trabalho

4.2.2 PROGRAMA DE COMBATE A PERDAS NA EMPRESA

O programa de combate às perdas nasceu a partir da formação de grupos de trabalho que atuavam no programa da qualidade da empresa. Verificou-se que o índice geral de perdas na empresa, em seus vários sistemas, estava com valores maiores que 40 % do total do volume produzido. Até o começo da década de 90, conviver com estes índices era uma situação

praticamente normal na organização. Quando havia necessidade de atendimento da demanda reprimida, recorria-se à ampliação dos sistemas de abastecimento de água. Não havia uma preocupação direcionada para a melhoria e a eficiência operacional do sistema. Com a falta e a escassez de recursos financeiros para a expansão dos sistemas de atendimento, com a demanda reprimida e a cobrança dos órgãos financiadores do setor, percebeu-se a necessidade de se buscarem novas formas de gestão, procurando maior eficiência na gestão do sistema.

O programa teve início com a montagem de comitês, inicialmente, no ano de 1995. Foi montado um comitê central, que seria o gestor de todo o processo. Esse comitê acompanharia a atividade das demais unidades, além de gerir todo o processo na empresa. Estes grupos de trabalho começaram um programa de divulgação de ações para combate as perdas. Foram realizados cursos e seminários, durante um certo período, envolvendo a participação de gerentes e funcionários da empresa. Durante esse tempo, houve algumas interrupções e retornos do programa, caracterizando uma inconstância nas atividades, em função, principalmente, das várias razões apresentadas no quadro 4.2. Foram criados vários grupos, responsáveis pelo desenvolvimento de propostas de trabalho. Eles atuavam no sentido de implementar as propostas que na grande maioria dos casos, não geraram os resultados esperados.

4.2.3 COMITÊ DE GOIÂNIA

No ano de 2000, foi montado um grupo na empresa para avaliação das perdas não físicas na cidade de Goiânia. Este grupo estabeleceu um sub-comitê de controle de perdas envolvendo funcionários da Superintendência Metropolitana (SUSME) e da Superintendência Comercial (SUCOM), para avaliar as perdas não físicas em um setor da cidade. Posteriormente, foi incluído nas atividades deste comitê, o estudo das perdas físicas verificadas nesta região. Foi escolhida, para início do estudo, uma região do bairro Jardim América, em Goiânia. Esta área foi escolhida devido ao fato de estar próxima da região central da cidade, o que facilitaria o acompanhamento de atividades de controle.

4.3 REGIÕES A SEREM ESTUDADAS

4.3.1 JARDIM AMÉRICA

No mês de abril de 2000, foi implantado o sub-comitê de perdas não físicas (comerciais). Este grupo iniciou as atividades dentro do programa de redução de perdas na empresa, com o objetivo de levantar, conhecer e avaliar as perdas não físicas presentes na empresa. Para isso, foi escolhida uma pequena região que facilitaria o acesso aos dados da área em estudo. Até o início do trabalho deste grupo, essa categoria de perdas, na organização, era pouco conhecida. As perdas não físicas eram avaliadas e conhecidas a partir de trabalhos realizados em outras companhias de saneamento. Para a realidade local da Saneago, valia mais a experiência e o empirismo, porque havia poucos dados, estudos e informações sobre a eficácia de ações de controle neste setor.

4.3.1.1 Objetivos do Estudo

O projeto-piloto do Jardim América foi proposto pelo sub-comitê de perdas não físicas com os seguintes objetivos, a serem atingidos em duas regiões específicas do Jardim América:

- Estudar o comportamento de perdas não físicas.
- Levantar as perdas não físicas da região.
- Verificar a influência da micromedicação nas perdas não físicas da região.
- Levantar rotinas e modelos de gestão para controle de perdas não físicas na empresa.
- Tentar quantificar as principais causas de perdas não físicas da região.
- Estudar a viabilidade econômica para a redução de perdas no setor.

Com a incorporação de controle de perdas físicas no projeto, foram acrescentados mais alguns objetivos que não estavam previstos inicialmente, conforme descritos a seguir:

- Estudar o comportamento das perdas não físicas e físicas, em uma região fechada.
- Levantar as perdas físicas da região.
- Verificar a influência de dois modelos de ciclos de produção/comercial nos indicadores setorial de perdas.
- Verificar a influência da pressão nas perdas físicas e não físicas.
- Tentar quantificar as principais causas de perdas físicas e não físicas da região.
- Estudar a viabilidade econômica para redução de perdas físicas.

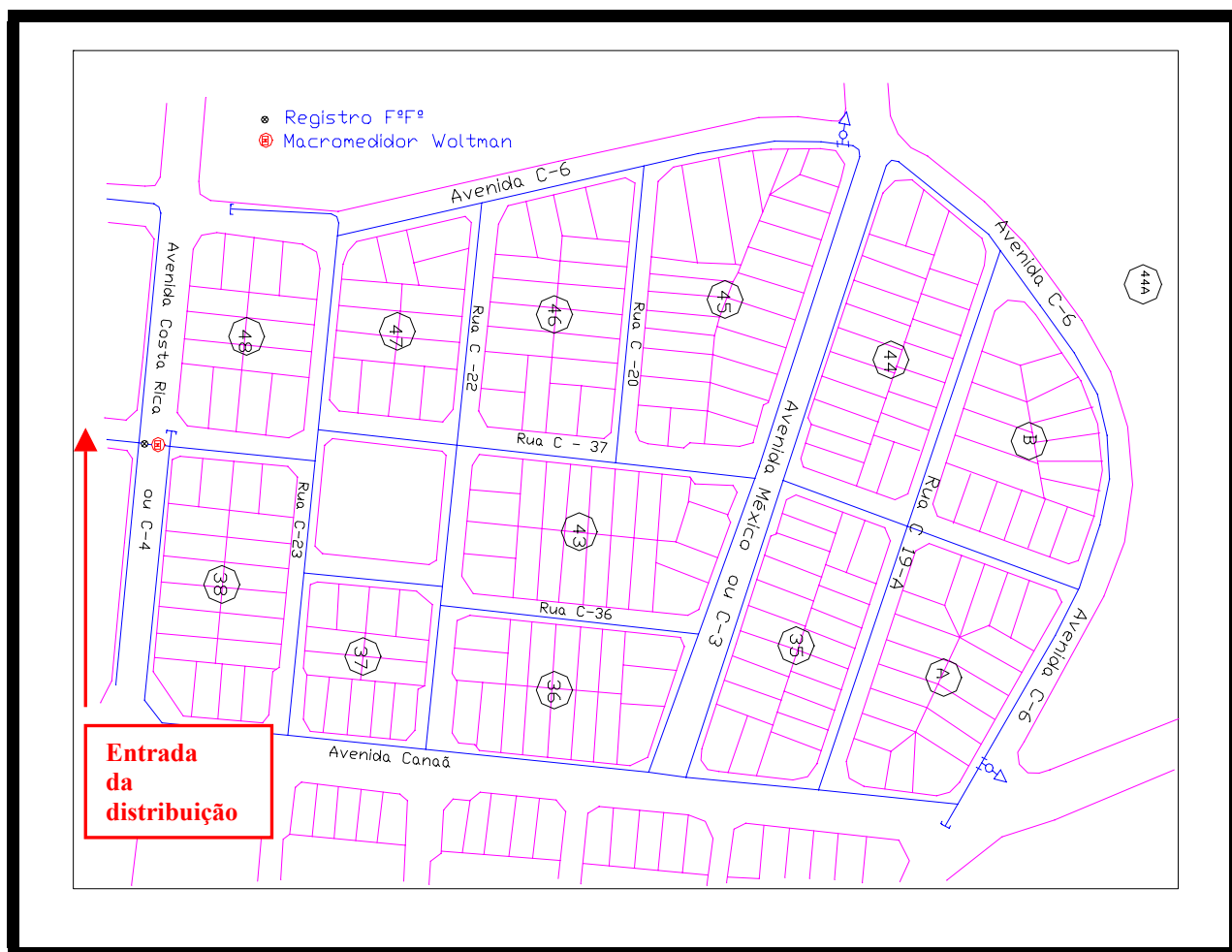
4.3.1.2 Características do Setor

O setor, ou a região estudada, possui as seguintes características:

- Região com um cadastro técnico confiável e atualizado.
- Região possível de ser setorizado somente com a instalação de um registro, pois é composto de uma rede de 75 mm em PVC, na entrada do módulo. Nesse caso, foi instalado um registro de 75 mm em Ferro Fundido (F°F°), em uma caixa de concreto pré-moldado, instalada na rua de entrada do setor.
- Setor com alta pressão. A pressão da região varia de acordo com horário e consumo de água no dia, variando de, aproximadamente, 70 mca até 90 mca. Desta forma, é possível avaliar as influências da alta pressão nas perdas da área.
- O setor possui um total de ligações em torno de 237 residências, abrangendo dois bairros: Jardim América e Vila Santa Efigênia. A quantidade de ligações é variável, devido às constantes supressões e religações de água. Isto ocorre devido ao fato de vários usuários, durante o mês, terem o serviço de fornecimento de água cancelado e suprimido por falta de pagamento, e, posteriormente, terem solicitado novamente a ligação.
- A região possui ligações das três categorias presentes na empresa: Industrial, Comercial e Residencial, com predomínio da categoria residencial no setor.
- Como o módulo possui somente uma entrada, é possível a realização de macromedição. Neste caso, foi instalado um macromedidor Woltman 50 mm na entrada do módulo. O macromedidor possui diâmetro menor que o da rede, em função do dimensionamento correto do aparelho, e pelo modelo de diâmetro 50 mm ser mais adequado para vazão nominal de entrada para o setor.
- Todas as ligações do setor possuem hidrômetros. Desta forma, a região possui 100% de micromedição.

A figura 4.1 mostra o mapa da região a ser estudada.

Figura 4.1 - Região do projeto piloto do Jardim América.



4.3.1.3 Histórico do Projeto

O estudo, nesta região, iniciou a partir da montagem do comitê, no mês de abril de 2000. A seguir, começaram a ser desenvolvidas atividades nos setores comercial e operacional. Essas atividades foram executadas na frequência de uma ação por mês, para verificar se existia uma relação de causa-efeito e quais eram os resultados das ações nos valores do indicador mensal de perdas da região. O quadro 4.3 mostra um cronograma com as atividades executadas na região.

Quadro 4.3 Atividades desenvolvidas na região piloto

Mês/Ano	Descrição das atividades
04/2000	Montagem do comitê. Definição da área onde será realizado o estudo. Região pequena para trabalhar e de localização fácil.
05/2000	Instalação do macromedidor tipo Woltman 50 mm na entrada do setor, para leituras de volume distribuído. Início das leituras diárias no macromedidor pela P-GMO.
06/2000	Primeiro relatório de perdas setoriais no projeto piloto
07/2000	Segundo e terceiros relatórios de perdas setoriais na região.
08/2000	Durante este período, não foram realizadas atividades na região.
09/2000	Início do desenvolvimento das atividades na área comercial Troca de hidrômetros com vida útil vencida, com mais de 5 anos de instalados. Emissão de relatório da perda setorial
10/2000	Troca dos hidrômetros de capacidade 1,5 m ³ /h pelo de 3,0 m ³ /h Emissão de relatório da perda setorial. Início de funcionamento do SICOP
11/2000	Troca de hidrômetros sem lacre de aferição. Instalação de novos modelos de lacres de aferição. Término de atividades na área comercial Emissão de relatório da perda setorial. Cadastro e conferência das ligações do setor no sistema.
12/2000	Medição e acompanhamento de pressão no setor Emissão de relatório da perda setorial e avaliação.
01/2001	Medição e acompanhamento de pressão no setor Emissão de relatório da perda setorial e avaliação.
02/2001	Instalação da Válvula Redutora de Pressão VRP Emissão de relatório da perda setorial e avaliação.
03/2001	Regulagem e operacionalização da Válvula Redutora de Pressão Emissão de relatório da perda setorial e avaliação.
04/2001	Acompanhamento e monitoramento da região em estudo.
a	Emissão de relatórios de perda setorial e também avaliação do projeto para a
08/2001	definição de modelo de gestão no controle de perdas.

4.3.2 DISTRITO DE TRINDADE

Trindade é um município pertencente à região Metropolitana da grande Goiânia. Esta cidade dista cerca de 18 km da sede do município de Goiânia. Trindade é conhecida, nacionalmente, pela sua festa religiosa, realizada todos os anos no final do mês de junho e começo de julho. É a maior romaria religiosa realizada no estado de Goiás, com aproximadamente, 800.000 romeiros participantes da festa do Divino Pai Eterno, realizada durante um período de 10 dias. Este município caracteriza-se como uma cidade dormitório, pois grande parte da população trabalha e/ou exerce as atividades econômicas em Goiânia. Uma parte da cidade, que está nos limites da capital, é abastecida pela produção da cidade de Goiânia, visto que ambas (Goiânia e Trindade) são regiões totalmente integradas, interligadas pela urbanização comuns aos dois municípios. Na sede do município de Trindade, a Saneago possui um sistema de abastecimento de água e esgoto independentes. Esse distrito não faz parte do estudo proposto pelo comitê de controle de perdas da Saneago. Porém, serão utilizados dados desse sistema para mostrar a possibilidade de aplicação de ferramentas estatísticas da qualidade na análise e na avaliação destas informações. Este sistema foi escolhido, devido o autor desta pesquisa, haver trabalhado nesta unidade da empresa como gerente geral do distrito nos anos 1999 a 2000. Neste período foi planejado a implantação da macromedição neste sistema além do desenvolvimento de outras ações de controle. Desta forma, o conhecimento do sistema viabilizou a análise e acompanhamento dos dados levantados.

4.3.3 SISTEMA JOÃO LEITE

A ETA João Leite é a unidade responsável por, aproximadamente, 50% da produção de água tratada da cidade de Goiânia. Esta unidade possui capacidade de produção máxima em torno de $2,2 \text{ m}^3/\text{segundo}$. Neste sistema da empresa, foi instalado um aparelho macromedidor, modelo ultra-som, na saída da adutora que irá abastecer a cidade. Na ETA João Leite são realizadas as leituras diárias às 00:00, caracterizando uma produção real e diária. Esta unidade também não faz parte das unidades de estudos pelo comitê de perdas. Este sistema foi escolhido devido o autor desta pesquisa, trabalhar vizinho desta unidade, facilitando o acesso dos dados e acompanhamento das atividades. Os dados desse sistema serão utilizados para demonstrar a viabilidade de aplicação do CEP como instrumento de avaliação e análise.

4.4 PRIMEIRA ETAPA : LEVANTAMENTO DE DADOS

No capítulo 3, foram mostrados os procedimentos para a implantação da 1ª etapa da sistemática proposta (levantamento de dados). Não serão utilizados todos procedimentos indicados nesta, devido ao fato das três regiões, onde serão aplicados e realizados os estudos práticos da proposta de trabalho, já estarem com grande parte dessas condições atendidas. Será enfatizado somente um item (4.4.3 – SICOP), no qual será mostrada uma proposta de solução, adotada por esta empresa, para a viabilização da compatibilidade de setores operacionais com setores comerciais, possibilitando a geração dos indicadores de perdas setoriais.

4.4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS NO SETOR OPERACIONAL

Como as três regiões em estudo atendiam, parcialmente, às condições necessárias da proposta, nesta parte da sistemática, esse item será pouco enfatizado. No primeiro caso, a pequena região de distribuição, localizado no Jardim América, foi setorizada; posteriormente, ocorreu a macromedição, para a implementação deste item. Nos outros dois casos estudados, trabalhou-se no começo da distribuição geral do sistema, onde já existiam as condições necessárias para a aplicação desta parte da sistemática (macromedição).

4.4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS NO SETOR COMERCIAL

Como somente em uma região (Jardim América) serão estudadas as perdas não físicas (perdas comerciais), as atividades de levantamento de dados do setor comercial ficarão restritas a este caso. As condições necessárias, neste setor, como a hidrometração de todas as ligações e cadastro comercial atualizado, foram direcionadas para esta região. Nos outros exemplos, para desenvolver atividades no setor comercial, envolve uma quantidade muito grande de dados, que acaba inviabilizando o trabalho.

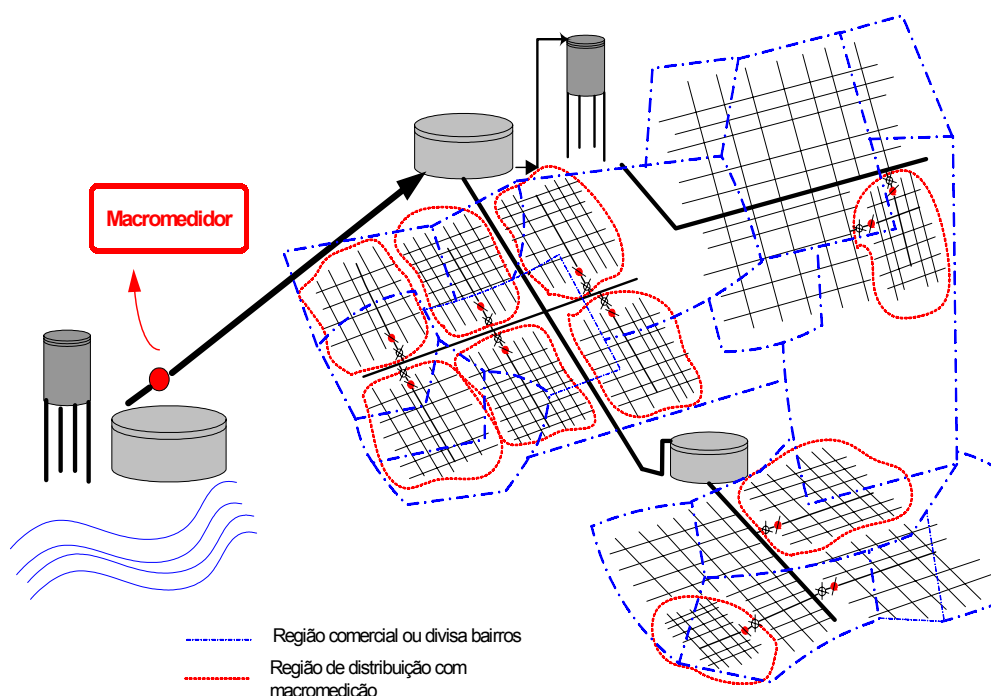
4.4.3 SISTEMA DE CONTROLE DE PERDAS (SICOP)

Uma das principais dificuldades para a implantação do controle de perdas é a conciliação da macromedição com a micromedição. Esta dificuldade ocorre devido à falta de planejamento e da integração de atividades, envolvendo a área comercial e o setor

operacional. Na Saneago, as atividades de micromedição são de exclusiva responsabilidade da área comercial da empresa. As principais atividades, envolvendo este setor são: cadastramento de usuários, faturamento, corte de água, medição de hidrômetros, planejamento de rotas de medição, distribuição de tarifas, criação de grupos de leitura e delimitação de zonas comerciais.

A figura 4.2 mostra um sistema hipotético e as respectivas separações entre zonas comerciais e os setores de macromedição.

Figura 4.2 - Representação simbólica em um sistema da separação entre as zonas comerciais e setores de macromedição (operacionais).



Conforme mostrado na figura 4.2, dificilmente existe coincidência entre as zonas comerciais com os setores operacionais. Fazer as modificações nas redes e setorização, para que haja coincidência entre as duas áreas (operacional e comercial), demanda grande quantidade de recursos financeiros, recursos materiais, tempo e serviços, para se executarem as adequações necessárias. Devido a esta situação, fica difícil conciliar a macromedição com a micromedição e executar um controle de perdas eficiente.

Para solucionar esta situação, e para que não houvesse a necessidade de investimentos financeiros em modificações no sistema de distribuição, implementou-se uma solução para este problema, através do uso da tecnologia de informação. Foi criado um sistema para levantar os volumes micromedidos de uma região setorizado ou sob influência de um

reservatório, onde houvesse a macromedição. Este sistema para controle de perdas, denominado SICOP, foi desenvolvido com a finalidade de possibilitar o acesso dessas informações que embora existentes na empresa, não eram acessadas.

4.4.3.1 Funcionamento do SICOP

O SICOP (Sistema de Controle de Perdas) foi desenvolvido para auxiliar os gestores e gerentes de sistemas de abastecimento de água no controle de perdas. Este *software* faz parte dos sistemas corporativos da Saneago, e foi desenvolvido pela Gerência de Desenvolvimento de *Software* (P-GS), que funciona no mainframe da companhia. Montado em linguagem CSP (Cross System Project) da IBM, o *software* funciona com o banco de dados relacional DB-2 da IBM. Esse banco de dados utiliza de tecnologia de integridade relacional. Nesse sistema, as informações fontes, presentes nas tabelas principais, caso sofram modificações, são alteradas instantaneamente nas várias outras que dependem da informação. Isto é importante, pois o SICOP trabalha com outro sistema da empresa, que é o SICSAN (Sistema Comercial da Saneago). Através do SICSAN, o SICOP busca várias informações comerciais no banco de dados da empresa, que irão possibilitar a determinação do volume faturado de uma determinada região.

Antes da criação deste *software*, a Saneago calculava apenas o indicador total de perdas de um sistema de abastecimento. Dependendo do tamanho do distrito ou sistema, ficava muito difícil atuar no combate às perdas, pois o gerente não possuía noção de onde priorizar as ações. Alguns dos maiores distritos da Saneago chegam a possuir dezenas de bairros e em alguns casos até centenas, como é o caso de Goiânia, com aproximadamente 350 bairros. Nessa situação, conhecendo somente o indicador geral do sistema, torna-se praticamente impossível saber em qual região da cidade há o maior índice de perdas. Qualquer ação no combate à perdas, no âmbito global de um sistema desse porte, torna-se extremamente difícil para perceber os resultados alcançados, pois estes diluem-se no “todo” e não aparecem no indicador geral do sistema. Não existem os indicadores setoriais para determinação de perdas localizadas em setores ou regiões, e também não é possível determiná-los. Isto ocorre devido à incompatibilidade existente entre setores de distribuição e setores comerciais, mostrados no item anterior. O SICOP foi criado para auxiliar no levantamento de indicadores setoriais. O sistema funciona através da vinculação de todas as contas presentes em um setor fechado com o macromedidor que está instalado na entrada do abastecimento deste, conforme foi detalhado no item 3.2.2.2. Este setor fechado pode ser também a área de influência de um reservatório.

Por esta vinculação, é possível levantar o volume faturado de um determinado setor onde existe o controle e compará-lo com o valor macromedido, determinando-se o índice de perdas setorial. As figuras 4.3 e 4.4 mostram uma representação simbólica de vinculação cliente / macromedidor.

Figura 4.3 – Representação simbólica de vinculação cliente/macromedidor de um setor fechado.

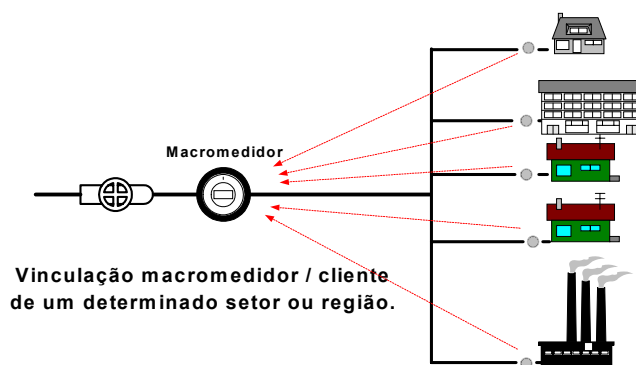
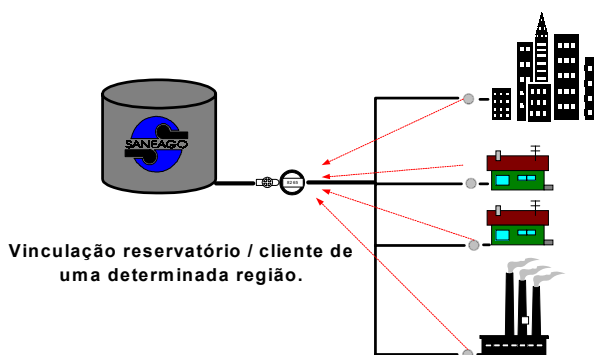


Figura 4.4 - Representação simbólica de uma vinculação cliente / reservatório



Através do SICOP é possível estabelecer os valores das seguintes variáveis:

- Volume total (m^3) faturado de um setor, abrangendo uma área de influência do macromedidor ou uma área de influência de um reservatório.
- Volume total (m^3) micromedido de um setor, abrangendo uma área de influência da macromedicação ou uma área de influência de um reservatório.
- Eficiência de arrecadação financeira, abrangendo uma área de macromedicação ou uma área de influência de um reservatório. Esta eficiência é dada pela relação (4.1) conforme mostrado a seguir:

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Valor arrecadado na área de influência (macro ou reservatório)}}{\text{Valor faturado na área de influência (macro ou reservatório)}} \quad (4.1)$$

- Valores faturados em R\$, em um setor abrangendo uma área de influência da macromedicação ou reservatório.
- Identificação dos ciclos comerciais presentes no setor, com quantidade de dias e datas de leituras.
- Adequação de um modelo de ciclo comercial / produção presente em um determinado setor.

4.4.3.2 Condições de Utilização

Para o funcionamento adequado do SICOP são necessárias algumas condições para que possa ser viabilizado sua operação em um sistema. Essas condições já foram mostradas no capítulo 3 (item 3.2). Estas são as principais necessidades: cadastro técnico de redes atualizado e confiável; criação de setores fechados e o cadastro comercial atualizado. Caso não sejam atendidas estas condições, o sistema vai gerar informações sem confiabilidade, perdendo o sentido da realização do trabalho de controle de perdas. Informações falsas e/ou erradas levam ao estabelecimento de prioridades equivocadas e inadequadas, ou seja, a perdas (tempo, dinheiro, recursos, mão de obra, materiais e outras.).

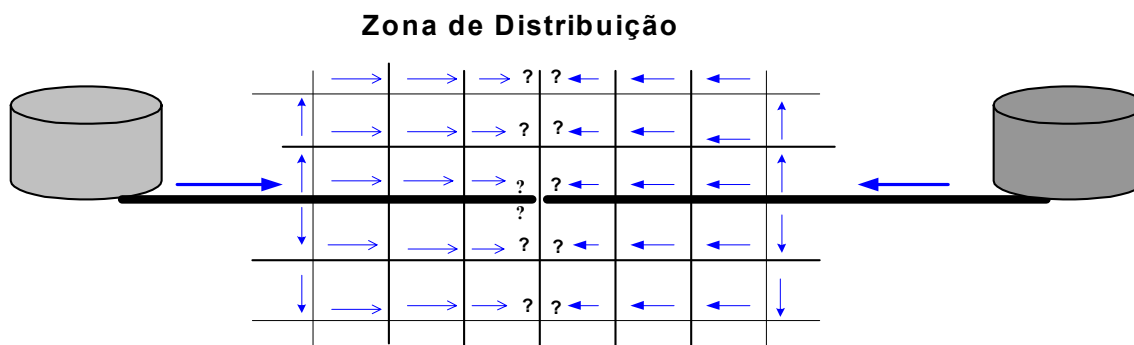
4.4.3.2.1 Cadastro técnico de redes atualizado e confiável

Por meio dele é possível identificar as áreas de influência de reservatórios; criar zonas e setores de distribuição, determinar os diâmetros e materiais que compõem a rede de distribuição, além de identificar regiões onde é possível criar pontos de controle, através da macromedicação. O cadastro técnico possibilita a vinculação de cada conta de um setor fechado ao macromedidor.

4.4.3.2.2 Criação de setores fechados

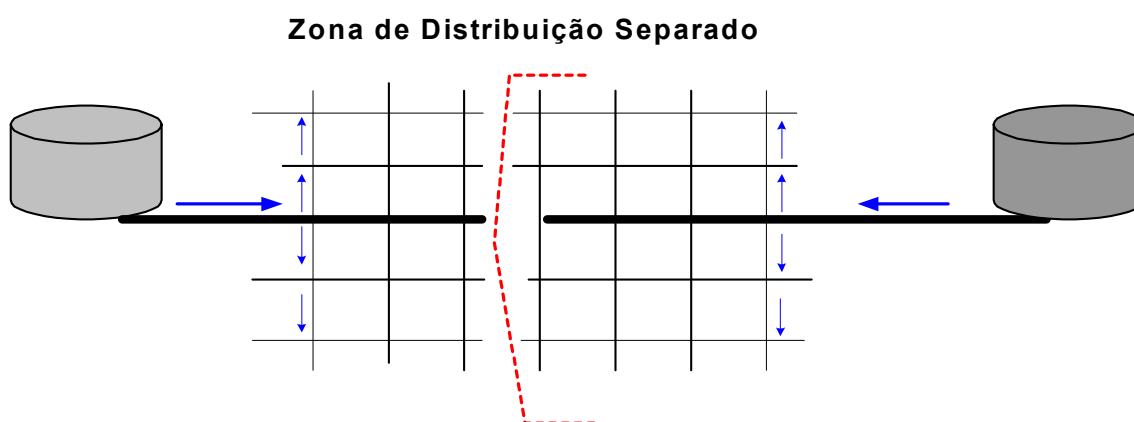
Para que o SICOP possa gerar dados confiáveis, é necessário que o sistema de distribuição não tenha regiões de distribuição indefinidas. Essas regiões são áreas nos quais não se consegue identificar o local de onde vem a água que abastece o setor (De qual reservatório vem a água?) ou regiões onde são malhadas as zonas de influência de reservatórios. A figura 4.5 mostra uma representação simbólica de regiões de distribuição malhadas.

Figura 4.5 – Rede de distribuição malhada. Neste caso, não é possível identificar de qual reservatório vem a água.



Quando houver esta situação, é preciso, primeiramente, separar as redes malhadas através da isolamento de zonas de distribuição. A figura 4.6 mostra uma representação simbólica de região de distribuição com delimitação.

Figura 4.6 - Representação de regiões onde a rede de distribuição foi separada.



4.4.3.2.3 Cadastro comercial atualizado

Outra condição essencial e necessária é que o distrito ou sistema possua um cadastro comercial atualizado. Como o SICOP trabalha vinculando uma conta a uma estação de macromedição, é necessário que todas as contas estejam com os dados atualizados, para que não gere um volume faturado incorreto. Estas são as principais necessidades:

- Endereço completo – pelo endereço é possível identificar o local da conta. Identificando-se corretamente a conta, é possível relacionar, no cadastro técnico, em qual setor de distribuição ou reservatório encontra-se a conta sob influência.

- Dados do cliente – é necessário que todas as informações destes clientes estejam atualizadas no cadastro comercial, pois as mesmas podem interferir nos valores faturados da conta. Informações como: quantidade de usuários na residência, área da residência, quantidade de economias e se a residência possui fonte alternativa. Tais dados podem interferir no volume faturado estimado de uma conta e no volume faturado total do setor em estudo.

4.4.4 ESCOLHA DO CICLO PRODUÇÃO/COMERCIAL

Nas aplicações práticas da sistemática proposta, somente foi possível a definição do modelo de sincronização do ciclo Comercial /Produção no primeiro caso (Jardim América). Nesta região, será mostrada a influência de dois modelos de sincronização de ciclos de produção /comercial (ciclo real e o ciclo de produção acompanhando o comercial) e o resultado dos mesmos nos indicadores de perdas desta região.

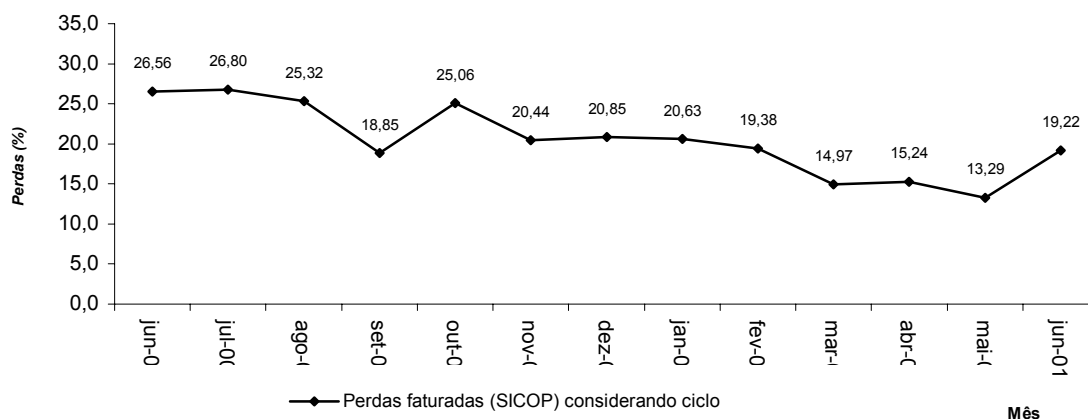
4.5 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS NA AVALIAÇÃO DOS DADOS E INDICADORES NO PROJETO JARDIM AMÉRICA.

Os dados e informações, gerados a partir do projeto-piloto, foram utilizados para a avaliação das perdas verificadas nesta região. Neste projeto, serão mostradas as aplicações das seguintes ferramentas estatísticas da Qualidade: Gráfico Linear, CEP, Histograma, Gráficos de Dispersão, Estratificação de dados, Diagrama de Causa Efeito e Diagrama de Pareto. Será mostrada a proposta de como é possível a utilização destas ferramentas para que o gerente possa analisar e definir prioridades de ações para controle, a partir dos dados reais levantados, para a execução deste projeto.

4.5.1 APLICAÇÃO DO GRÁFICO LINEAR

O gráfico linear foi utilizado para se representar gráfica o indicador de perdas setorial da região. Os dados serão levantados a partir da planilha exposta no item 3.2.5.2. Para a montagem do gráfico linear será utilizado o *software* Excel, com a utilização do gráfico em linha. A figura 4.7 mostra o gráfico linear representado o indicador mensal de perdas faturadas no setor.

Figura 4.7 – Gráfico linear para representação do indicador mensal de perdas faturadas da região piloto em estudo.



O gráfico apresentado mostra os indicadores de perdas numa situação em que se verifica a sincronização do ciclo de produção/distribuição na região com o ciclo comercial (ciclo de produção acompanhando o ciclo comercial), conforme mostrado no item 2.6.5. Por esta representação gráfica, é possível realizar uma avaliação das ações efetuadas de combate às perdas na região.

4.5.1.1 Gráfico Linear para visualização dos vários tipos de indicadores de perdas.

A área de estudo, no Jardim América, foi utilizada para a verificação dos vários modelos de levantamentos de indicadores de perdas na região. Com a utilização do gráfico linear, é possível verificar como é o comportamento dos indicadores em cada situação específica. Foram levantados os indicadores de perdas nas seguintes situações:

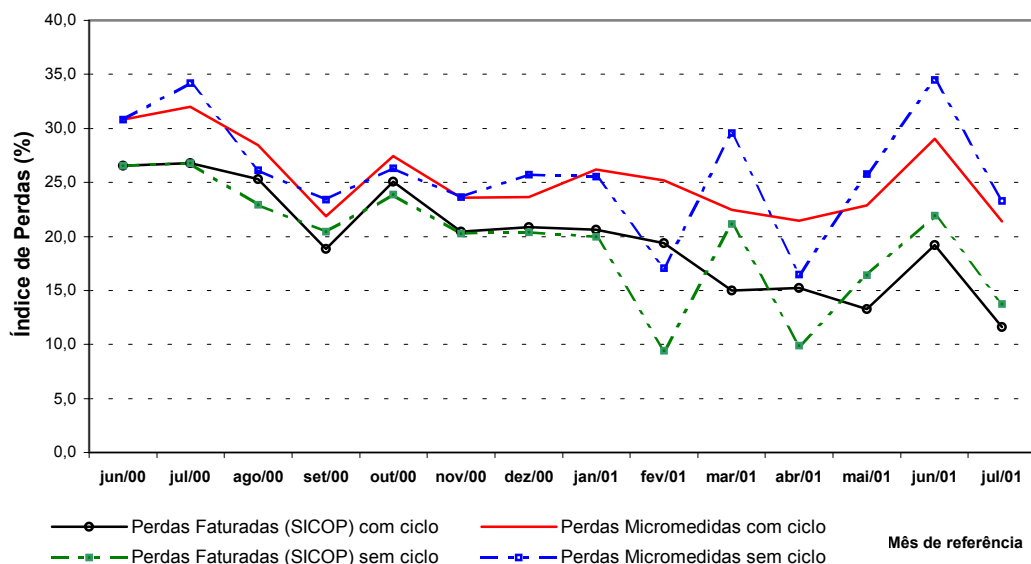
- Perdas Faturadas adequando o Ciclo Produção / Comercial – neste caso foi sincronizado o ciclo de produção com o ciclo comercial, conforme mostrado no item 2.6.5. As perdas faturadas são calculadas a partir do volume faturado (volumes micromedidos + volumes estimados).
- Perdas Faturadas sem considerar o Ciclo Produção / Comercial – esta é a forma utilizada atualmente na Saneago para a determinação dos indicadores de perdas,

conforme mostrado no item 2.6.2 (Ciclo Real). Neste caso, o ciclo de produção é diferente do ciclo comercial.

- Perdas Micromedidas, adequando o Ciclo Produção / Comercial – é o indicador de perdas da região, calculado a partir do valor total do volume micromedido (soma da leitura de todos os hidrômetros do setor); o ciclo de distribuição (volume macromedido) foi sincronizado ao ciclo comercial, conforme item 2.6.5.
- Perdas Micromedidas sem considerar o Ciclo Produção / Comercial – é o indicador de perdas, calculado a partir do volume total micromedido no setor; o ciclo de distribuição não está sincronizado com o ciclo comercial, conforme item 2.6.2 (Ciclo Real).

A figura 4.8 mostra a visualização das quatro situações possíveis de indicadores de perdas na região.

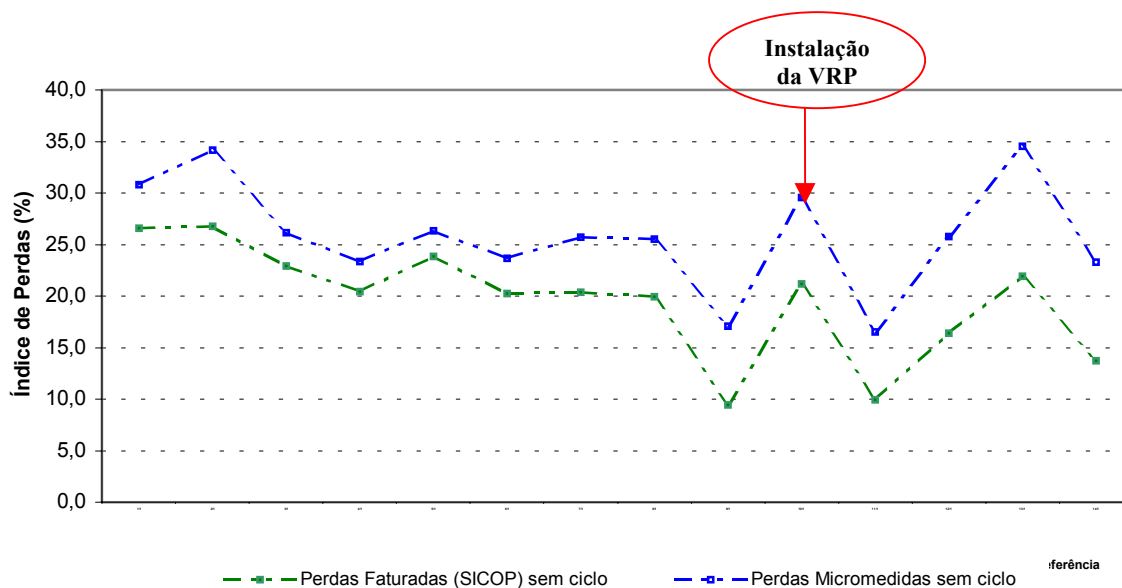
Figura 4.8 - Gráfico linear com modelos de indicadores de perdas.



4.5.1.2 Análise dos modelos de Indicadores de Perdas com o Gráfico Linear

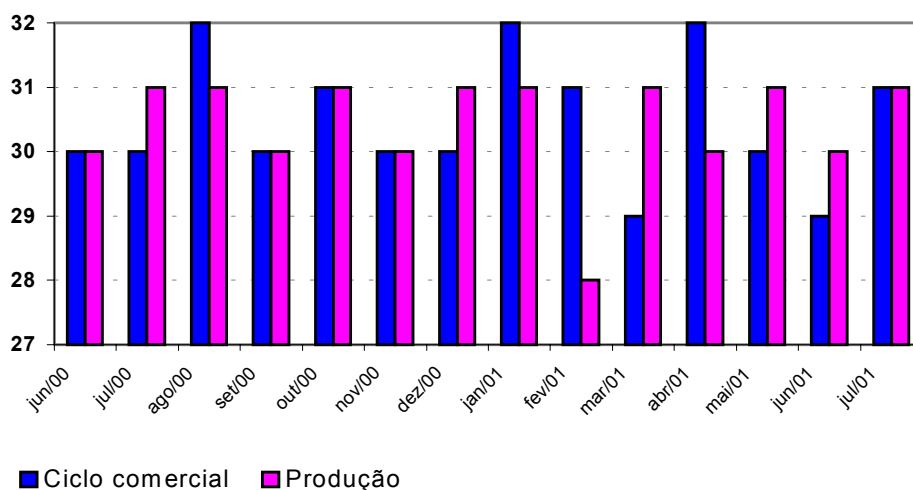
A partir da análise do gráfico linear, que mostrou as quatro situações citadas anteriormente, é possível avaliar e comparar os modelos de indicadores. A figura 4.9 mostra dois modelos de indicadores.

Figura 4.9 - Gráfico linear com indicadores de perdas sem ajuste do ciclo de produção/comercial.



Situação 1 – Indicador de perdas (Faturado e Micromedido) sem ajuste ao ciclo, mostrado no item 2.6.2 (Ciclo Real). Neste caso, conforme figura 4.9, verifica-se que o indicador de perdas (Faturado e Micromedido) não foi ajustado ao ciclo de distribuição/comercial e apresenta grande oscilação durante todo o período de estudo. Essa variação ocorre devido à quantidade de dias do ciclo de distribuição (macromedido) ser diferente do ciclo comercial. A figura 4.10, mostra, graficamente, a diferença da quantidade de dias para um mesmo mês nos ciclos de produção e comercial.

Figura 4.10 - Mostra a diferença do número de dias entre ciclo comercial e o ciclo produção / distribuição no modelo do Ciclo Real.

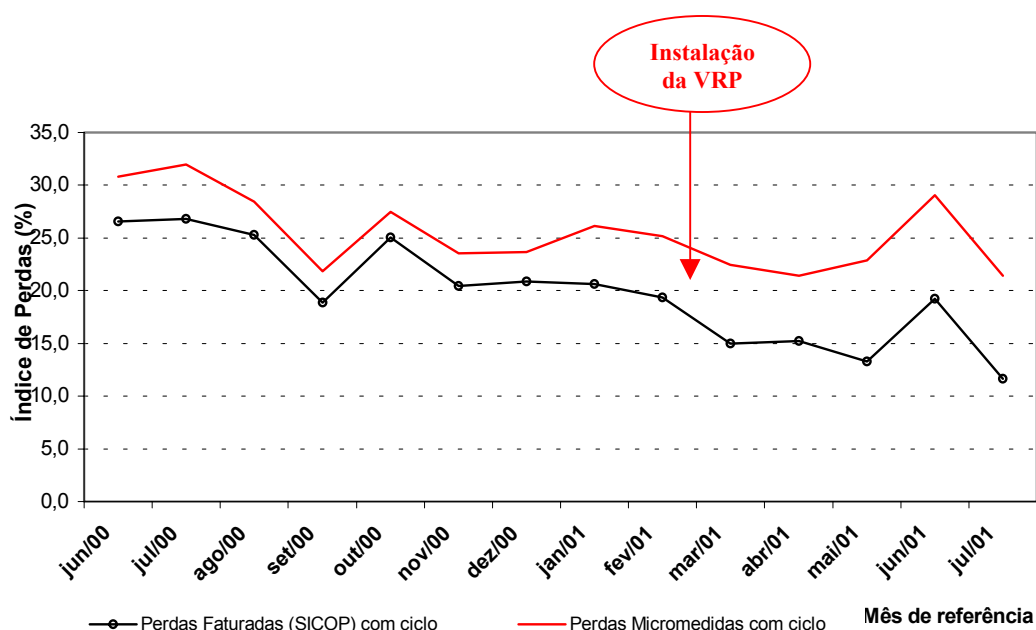


Verifica-se, na maioria dos meses, que a quantidade de dias de cada ciclo é diferente. Isto acaba influenciando na determinação do índice de perdas, que não é sincronizada aos ciclos, gerando, então, oscilações no gráfico.

Em função da falta de sincronização, uma ação de combate a perdas físicas, mostrada na quadro 4.3, não apareceu nos resultados do indicador. A ação realizada no mês de março de 2001 foi a instalação de uma válvula redutora de pressão (VRP). Verifica-se que, após a instalação da válvula, ocorreu aumento no índice de perdas. Caso o gestor esteja avaliando a ação por este indicador, o mesmo concluirá que a VRP não surtiu efeito e, pelo contrário, aumentou o índice de perdas da região.

Situação 2 – O ciclo de produção é sincronizado com o ciclo comercial, conforme mostrado no item 2.6.5. Nesse caso, os indicadores de perdas (Faturado e Micromedido) nos gráficos são mais estáveis e menos oscilantes. Determinando-se o índice de perdas, é possível associar o efeito de ações de combate a perdas à diminuição efetiva do indicador. Conforme a quadro 4.3, nos meses de agosto, setembro e outubro foram realizadas ações de combates a perdas não físicas no setor. Conforme mostrado no gráfico, existe uma tendência à estabilização a partir do mês de novembro. A instalação da válvula redutora de pressão, no mês de março de 2001, mostrou o resultado com a redução no índice de perdas faturado e estabilização de março a maio de 2001.

Figura 4.11 - Gráfico linear com indicadores de perdas (Faturado e Micromedido) com os ciclos sincronizados.



Situação 3 – Conforme mostrado na figura 4.11, existe uma tendência de afastamento entre as linhas dos indicadores de perdas (Faturado e Micromedido) com o passar do tempo. Esta tendência mostra que existe uma ineficiência na empresa, pois, no setor em estudo, todas as ligações possuem hidrômetros. Buscando-se a causa desse afastamento progressivo, foram levantadas as seguintes possíveis causas desta situação:

- Vários consumidores da região estão com hidrômetros dentro do quintal, que é fechado com muros e portões. Quando o leiturista vai realizar a leitura, no dia programado, não é possível acessar o hidrômetro, devido ao fato de a residência estar com o portão fechado e/ou vazia, no momento. Desta forma, a conta é faturada pelo consumo médio ou estimado, e esta conta não aparece no volume totalizado da micromedição. Essas deficiências são corrigidas com a transferência dos hidrômetros destas contas para fora do quintal da residência, na área do passeio da rua.
- Verificou-se que em alguns lotes do setor, há várias casas construídas no mesmo terreno. Cada casa possui uma ligação com hidrômetro. Nestes lotes, os hidrômetros estão instalados juntos. Quando o leiturista vai realizar a leitura, acaba anotando o volume mostrado no marcador do hidrômetro na conta de outro usuário que ocupa o mesmo lote. Como resultado, várias contas são faturadas pelo consumo estimado devido ao erro de leitura. Quando ocorre esta situação, o consumo da conta não aparece no volume totalizado micromedido. Esta deficiência é corrigida com a identificação visual de cada hidrômetro (pintura do nº da conta na caixa do padrão), para que o leiturista não cometa enganos.

4.5.1.3 Gráfico linear para verificação das ações

Outra aplicação possível do gráfico linear é a utilização deste, para acompanhamento de ações de combate a perdas e verificação de tendências. O quadro 4.4 mostra um cronograma de ações que foram implementadas no setor em estudo.

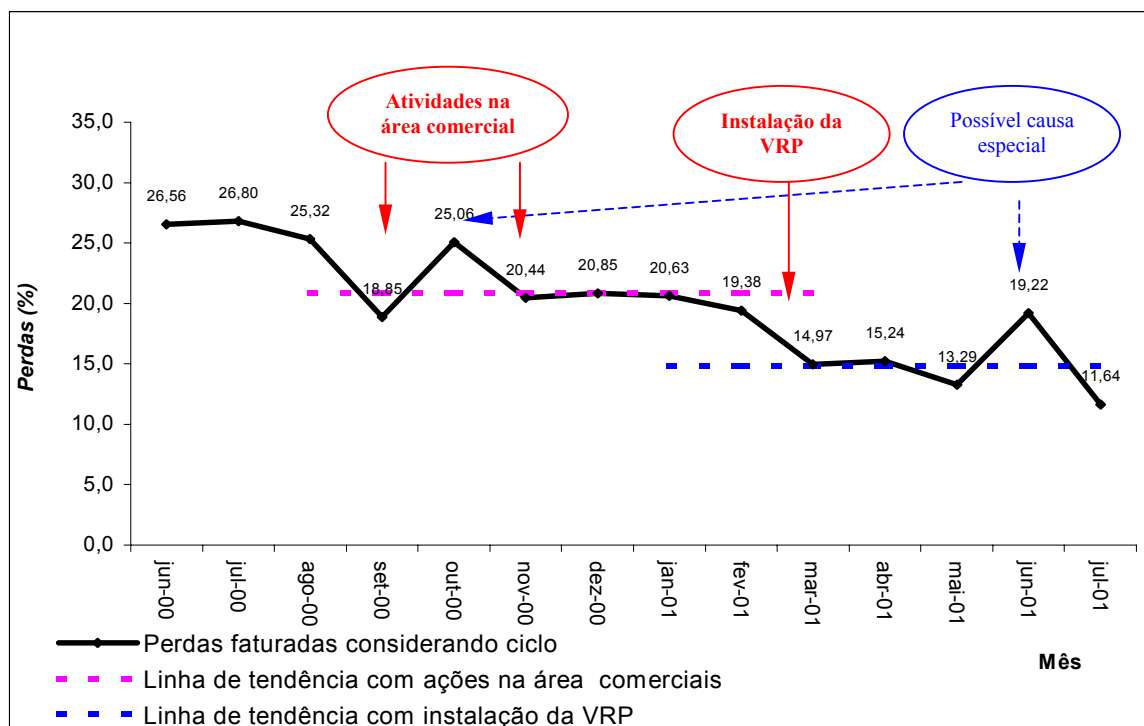
Quadro 4.4 – Valores de indicadores de perdas no setor em estudo com as correspondentes ações efetuadas no setor.

Mês	Perdas Macro medidas	
jun/00	26,56	
Jul/00	26,80	
ago/00	25,32	
set/00	18,85	
out/00	25,06	
nov/00	20,44	
dez/00	20,85	
Jan/01	20,63	
fev/01	19,38	
mar/01	14,97	
abr/01	15,24	
mai/01	13,29	
jun/01	19,22	
Jul/01	11,64	

Não foram realizadas atividades.
 Ações na área comercial.
 Instalação da Válvula Redutora de Pressão

Os possíveis resultados das ações efetuadas para controle de perdas no setor podem ser acompanhadas pelo gráfico linear. Verifica-se que, após as ações, há uma tendência à estabilização, nesse indicador, onde o mesmo foi adaptado o ciclo de produção / comercial. Esta tendência está representada no gráfico conforme figura 4.12.

Figura 4.12 - Gráfico linear mostrando tendências após a execução de ações no combate a perdas.



Observando-se o gráfico linear mensal, associado às ações realizadas na região, é possível identificar as possíveis causas comuns de perdas no setor:

- Deficiências na área comercial – As ações implementadas nas atividades comerciais possibilitaram queda e tendência de continuidade. Provavelmente, esta é uma situação de causa comum.
- Controle de pressão na rede – trata-se, provavelmente, de outra causa comum que foi corrigida pela instalação da válvula de redução de pressão VRP. Essa ação possibilitou queda no indicador e tendência de permanência.

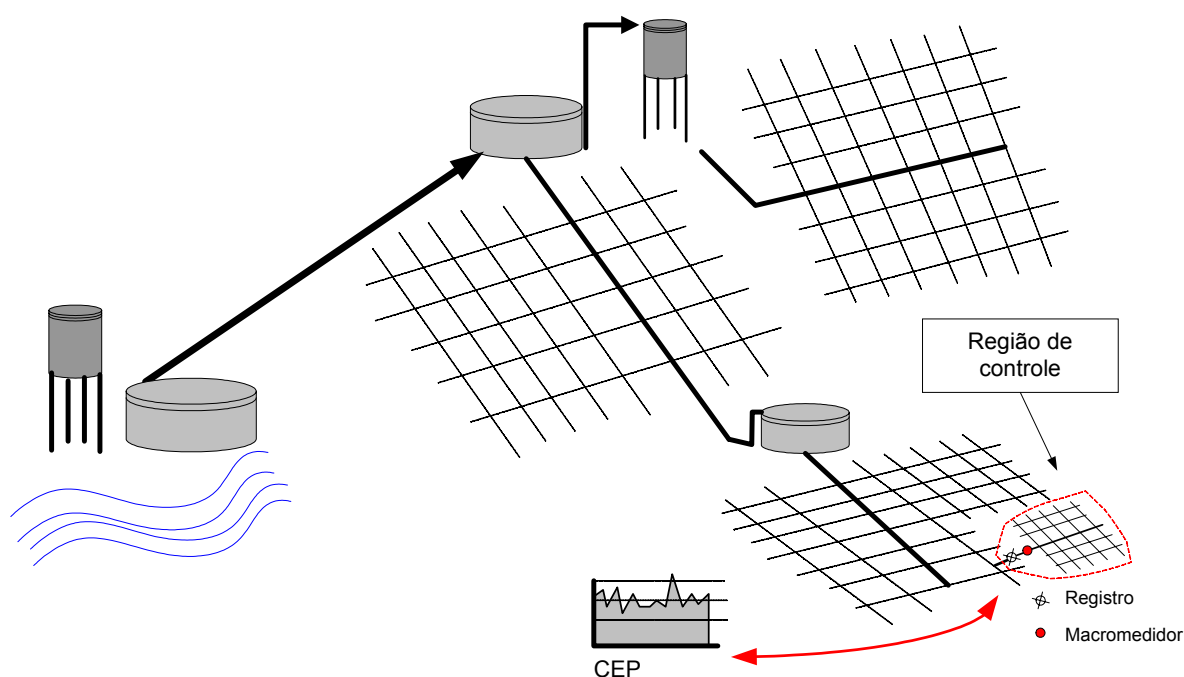
Causas especiais – Pelo gráfico, são mostradas duas situações não determinadas, e não identificados os motivos dos picos. Provavelmente, tem-se, aí, uma causa especial.

4.5.2 UTILIZAÇÃO DO CEP

O CEP foi utilizado no setor para acompanhamento do volume distribuído na região, através do uso da planilha mostrada no item 3.2.5.2. A variável que será acompanhada é o consumo horário no setor entre o intervalo de duas leituras. Essa variável foi utilizada devido às limitações do equipamento medidor utilizado (macromedidor mecânico tipo Woltman), sendo que a presença de uma pessoa para a realização das leituras do instrumento no local de instalação é necessária. Desta forma, não foi possível a determinação do volume que é distribuído diariamente na região, em função da necessidade de leitura todos os dias às 00:00 e também das dificuldades operacionais para a realização da leitura em um horário pré-estabelecido todos os dias.

A figura 4.13 representa, simbolicamente, em qual fase do sistema será aplicado o CEP.

Figura 4.13 - Representação simbólica da aplicação do CEP em um pequeno setor da cidade de Goiânia.



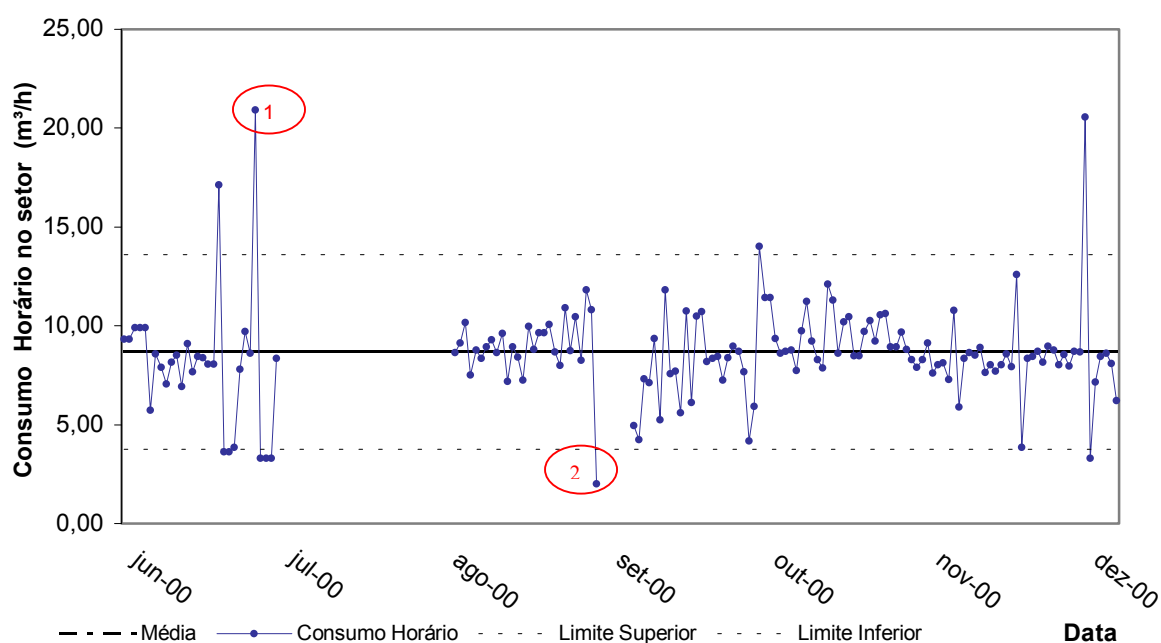
4.5.2.1 Montagem do gráfico de controle

O gráfico de controle utilizado neste projeto foi o gráfico \bar{x} . Este modelo de gráfico é mais adequado para controle de medições individuais envolvendo variáveis físicas. Os limites de controle utilizados foram determinados a partir da fórmula apresentada no item 3.7.8.2 deste trabalho. Como na revisão literária não se verificou nenhum modelo aplicado do CEP ao setor de distribuição de água, optou-se, neste estudo, pela determinação do período de coleta de dados de 90 dias, após a coleta das informações; isso possibilitaria o levantamento dos limites de controle para uma posterior avaliação. Depois deste período, foi gerada o primeiro gráfico de controle.

Devido a falhas de comunicação ocorridas na unidade da empresa que realizava a leitura, houve uma interrupção, de julho e setembro de 2000, das leituras diárias. Como este gráfico trabalha com dados individuais, optou-se pelos dados dos meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2000, quando se verificou uma situação de dados contínuos e sem interrupção de leituras, para a montagem do primeiro gráfico.

A figura 4.14 mostra a primeira versão de gráfico de controle para a região do projeto piloto com os dados plotados.

Figura 4.14 – Gráfico de controle que utilizou 90 leituras contínuas do macromedidor na entrada do setor correspondente aos meses 09/2000, 10/2000 e 11/2000.



4.5.2.2 Análise do gráfico de controle do setor.

Conforme mostrado no gráfico, existem vários pontos além dos limites. Como esse gráfico foi gerada a partir de dados coletados e acumulados durante um certo período, e durante este período não se atentou para o acompanhamento das atividades de manutenção no setor, não foi possível comprovar uma relação de causa e efeito das possíveis causas desses pontos na maioria das situações. Nos casos onde foram marcados os pontos em vermelho, no gráfico, foram levantadas as possíveis causas que acarretaram esta situação, conforme descritos a seguir:

Ponto 1 – Possível vazamento ocorrido na rede. Foi levantado, junto ao pessoal de manutenção de rua, que ocorreu um vazamento no dia 19 de julho, no setor avaliado. Porém, foi um vazamento de pequeno porte, não sendo possível quantificar o volume desperdiçado e nem a influência deste na situação apresentada.

Ponto 2 – O dia em que iniciou o período de chuvas na cidade de Goiânia, com o fim da estação seca, após um período de 4 meses sem chuvas. Em função das fortes chuvas, levantou-se a possibilidade de queda no consumo no dia marcado, ocasionando este ponto inferior não conforme.

Essas informações foram levantadas informalmente pelo autor deste trabalho, via contato verbal com os responsáveis pela manutenção de redes do setor, e são passíveis de erro. Quanto aos demais pontos, não foi possível levantar as possíveis causas que ocasionaram os pontos fora dos limites de controle.

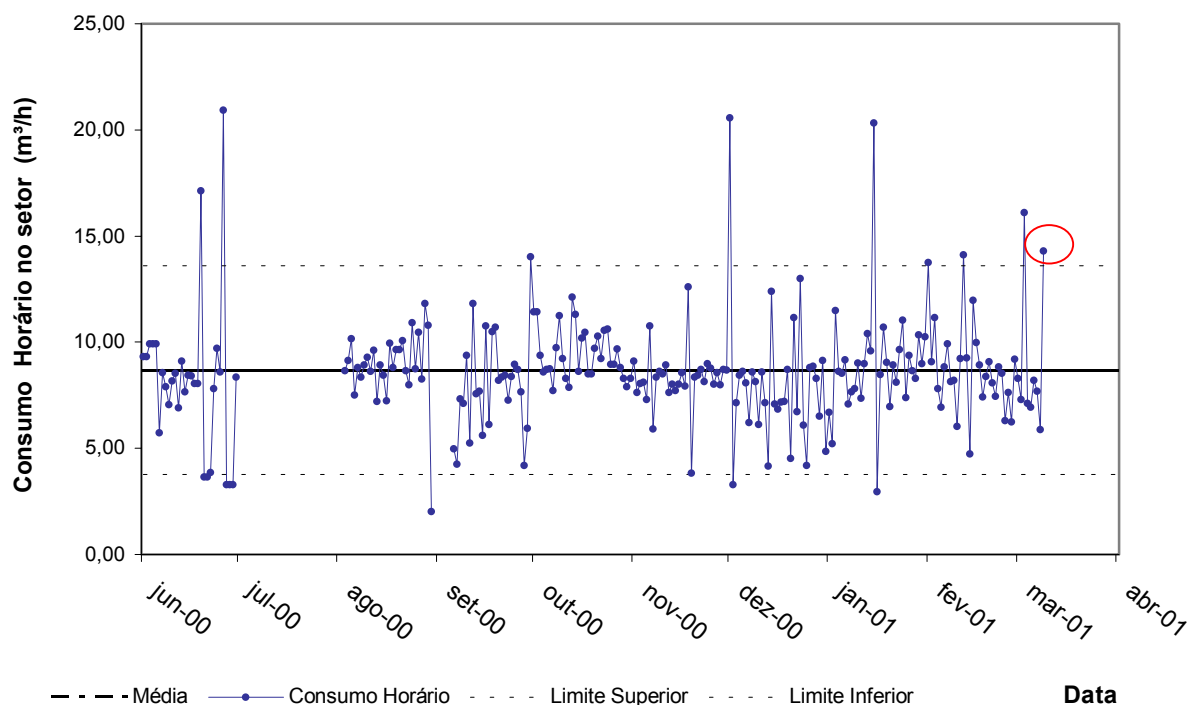
Atualmente na empresa Saneago, todos os serviços de manutenção realizados na cidade de Goiânia são registrados via RA. Porém, o sistema ainda não permite resgatar as informações que estão armazenadas no banco de dados do mainframe da empresa, filtrando-as estas por localidades, quadras, ruas ou por uma região de um macromedidor. Como consequência, não foi possível levantar, junto aos registros de atividades de manutenção de rua, uma relação que poderia ter provocado as situações apresentadas no gráfico. Outros tipos de serviços, como, por exemplo, as descargas de rede para manutenção e esvaziamento da rede, normalmente não são registradas via-RA. Esta é uma dificuldade presente na empresa, para que se possa haver um controle eficiente neste processo de controle via-CEP. Para solucionar esta situação, é necessário que se alterem os procedimentos de rotina do trabalho, promovendo mudanças nas

formas de registro das atividades de manutenção de redes e a inclusão de busca de dados no sistema de informática da empresa e no sistema gerencial.

Na região estudada, ocorreram vários vazamentos de rede e ramais no período em estudo. Porém, devido às dificuldades citadas no parágrafo anterior, não foi possível identificar as datas das ocorrências dos eventos.

Após a instalação dos limites de controle, foram plotados os pontos até o mês de março de 2001. Neste período, não foram mudados os limites de controle, mas foram detectados vários pontos fora dos limites, embora suas causas não tenham sido identificadas. Foram detectados vários pontos próximos aos limites de controle. O último ponto assinalado em vermelho, na figura 4.15, representa o dia em que foi instalada uma válvula redutora de pressão. Nesse dia, conforme depoimento do instalador, houve uma grande descarga de rede para esvaziar a rede de distribuição do setor, para poder instalar a VRP. Possivelmente, esta é a causa mais provável do ponto fora do limite superior.

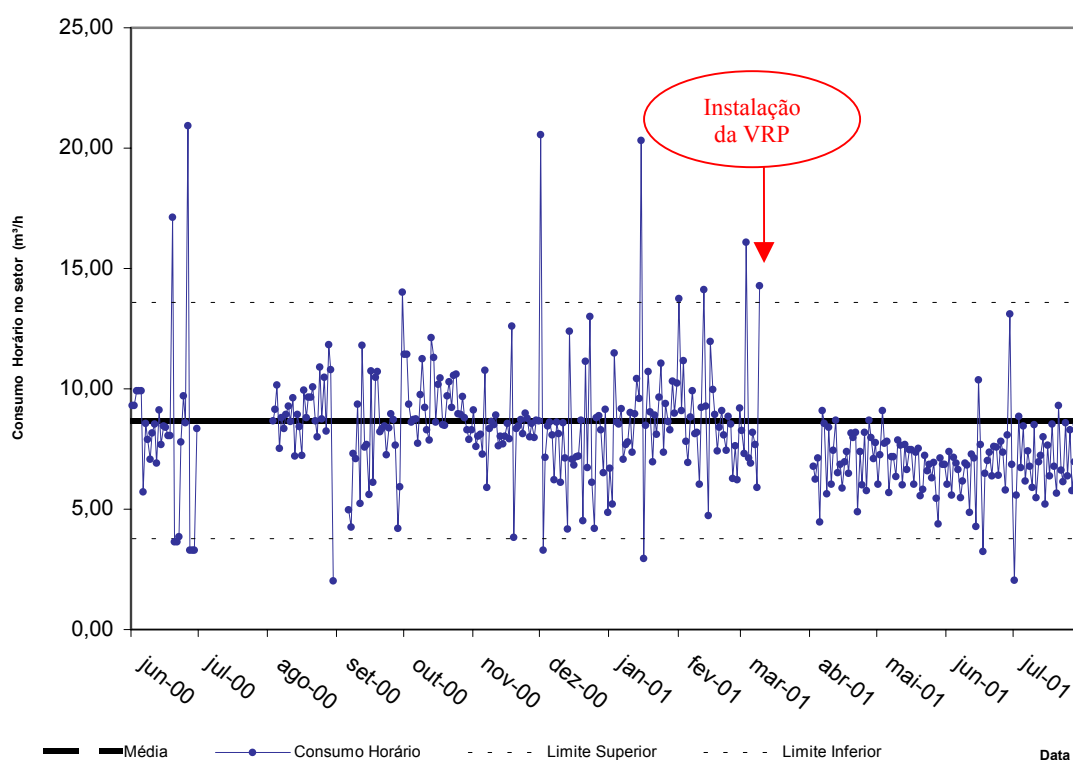
Figura 4.15 – Gráfico de controle com os dados plotados até o mês de março de 2001. No dia do ponto assinalado em vermelho houve uma descarga de rede no setor.



Após a instalação da VRP, houve um período em que não foi realizada a leitura do macromedidor, devido a falhas de comunicação com os encarregados da leitura. As leituras do macromedidor foram retomadas apenas no mês seguinte.

Com a instalação da VRP, os limites pré-estabelecidos anteriormente continuaram. Foram realizadas 90 leituras ininterruptas para a verificação do comportamento da distribuição após a instalação da VRP. Foram plotados os pontos, conforme figura 4.16. Pelo gráfico, visualiza-se uma variação do volume diário distribuído, no setor, após a instalação deste equipamento (VRP).

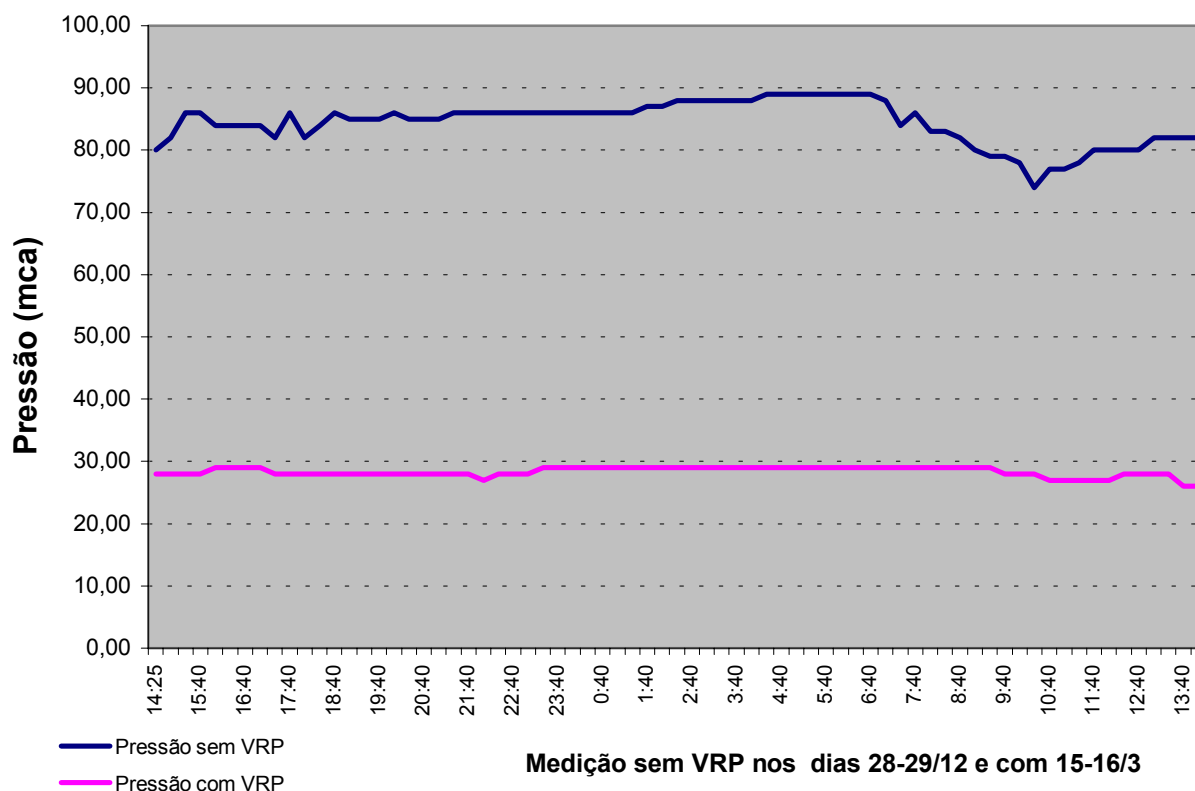
Figura 4.16 - Gráfico de controle com os dados plotados após a instalação da VRP. Os limites continuaram os pré-estabelecidos anteriormente.



Pelo gráfico de controle, verificou-se que houve uma mudança no comportamento da distribuição na região, após a instalação da VRP. Houve, aparentemente, uma tendência de diminuição da média do consumo e das variações da amplitude de consumo que ocorriam anteriormente antes da instalação da VRP. Com a instalação da VRP, houve uma queda de pressão na região de valores anteriormente, em torno de 85 mca para, aproximadamente, 30

mca. A figura 4.17 mostra medições de pressões realizadas antes e depois da instalação da VRP. Estas medições foram efetuadas com aparelho registrador de pressão durante um período de 24 horas.

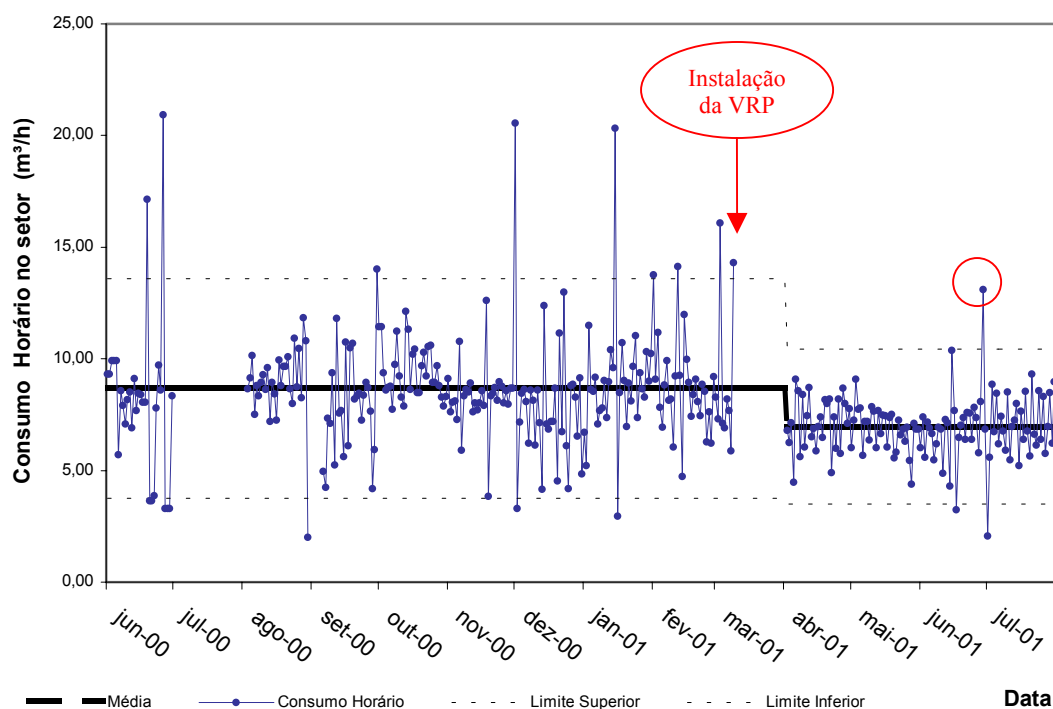
Figura 4.17 - Gráfico da redução de pressão ocorrido no setor após a instalação da válvula redutora de pressão.



Após a instalação da VRP, optou-se por uma mudança nos limites de controle. Foram calculados novos limites de controle para esta nova situação. Esses novos limites de controle foram estabelecidos a partir de 90 leituras contínuas, após a instalação da VRP, compreendendo os meses de abril, maio e junho do ano de 2001.

A figura 4.18 mostra o gráfico de controle com os novos limites estabelecidos.

Figura 4.18 - Gráfico de controle onde foram modificados os valores dos limites superior e inferior, após a instalação da VRP.



A figura 4.18 mostra um gráfico de controle com os novos limites pré-estabelecidos. Pelo gráfico, aparentemente houve diminuição da média do consumo horário na região. O novo limite superior de controle LSC é menor que o anterior, reduzindo os valores próximos a 14,5 m³/h para algo em torno de 9,5 m³/h. O valor do limite inferior de controle permaneceu num patamar próximo do anterior. Para que o fato fosse melhor analisado, era preciso que se tivesse uma série maior de dados, onde seria comparado com o consumo de anos anteriores. O ponto assinalado em vermelho, no gráfico 4.18, mostra uma situação de fora dos limites. De acordo com a coordenação de manutenção de redes do Distrito Oeste (unidade de manutenção responsável pela região), houve um vazamento na região no dia em que foi registrado o pico, podendo ser a provável causa do ponto superior fora do limite. Desta forma, pode-se associar, como uma possível causa do ponto fora do limite devido ao vazamento.

4.5.2.3 Questão da confiabilidade dos dados

O consumo de água tratada pela população, em uma região ou sistema, segundo Martins (1987), varia durante o ano, de acordo com o dia, sendo representado pelo coeficiente K_1 (coeficiente do dia de maior consumo). Em determinados dias do ano, em função de vários

fatores (clima, temperatura, estação, demanda de emergência, população flutuante) estes acabam influenciando no consumo e na demanda de água tratada pelos usuários.

Durante o intervalo de 24 horas que compõe o dia, também existe uma variação de consumo de água pelo horário. Em determinados horários, a população do sistema tende a consumir mais, e isso é representado pelo coeficiente K_2 (coeficiente de maior consumo horário). Na empresa Saneago, em várias medições efetuadas pela pitometria, o intervalo de maior consumo de água tratada pela população ocorre no período da manhã. O pico de demanda ocorre das 08:00 às 10:00 da manhã. Nesses horários, existe uma maior demanda de água tratada para consumo nas residências. Após este horário, há uma redução progressiva nos valores de demanda de água até de madrugada, quando chega-se à vazão mínima.

Constatou-se uma deficiência neste estudo, com a utilização do consumo horário entre intervalos de duas leituras como a variável que irá ser utilizado para a montagem do gráfico de controle. Em determinados intervalos de horários em que foram realizadas as leituras do equipamento, estes acabam interferindo nos valores. Por exemplo, em duas leituras realizadas em dias sequenciais, sendo uma leitura realizada no primeiro dia às 16:00 e a próxima leitura no outro dia, às 8:00. Nesta situação, o consumo horário do gráfico de controle não considera o coeficiente K_2 , pois a leitura não abrangeu o intervalo de pico de consumo.

Outra situação constatada foi que, durante a realização das leituras, conforme a disponibilidade do responsável, verificou-se uma variação e uma falta de constância entre intervalos de leitura, o que acaba prejudicando os resultados.

Para a correção desta situação, sugere-se a utilização de dados mais confiáveis, e de intervalos de 24 horas entre a realização das leituras. Será possível então incorporar o coeficiente K_2 .

4.5.2.4 Implantação do CEP na Saneago

Este estudo do CEP, no controle da distribuição no setor, foi realizado utilizando-se dados e informações levantados após o vencimento do mês, quando eram recebidas as planilhas de dados para a montagem dos gráficos, que foram montadas na Supervisão de Pitometria de forma didática, para experiência e aprendizado da técnica. Estes gráficos não foram utilizadas

operacionalmente, como uma ferramenta gerencial de análise diária do comportamento da distribuição no setor.

Quando se iniciou este estudo, não existiam rotinas e nem conhecimento do funcionamento desta técnica para uma aplicação prática no setor. Após a realização do estudo, tornou-se possível o estabelecimento de rotinas em relação a uma futura implantação para acompanhar a distribuição e, conseqüentemente, o controle das perdas setoriais. Os passos para esta implantação estão descritos a seguir:

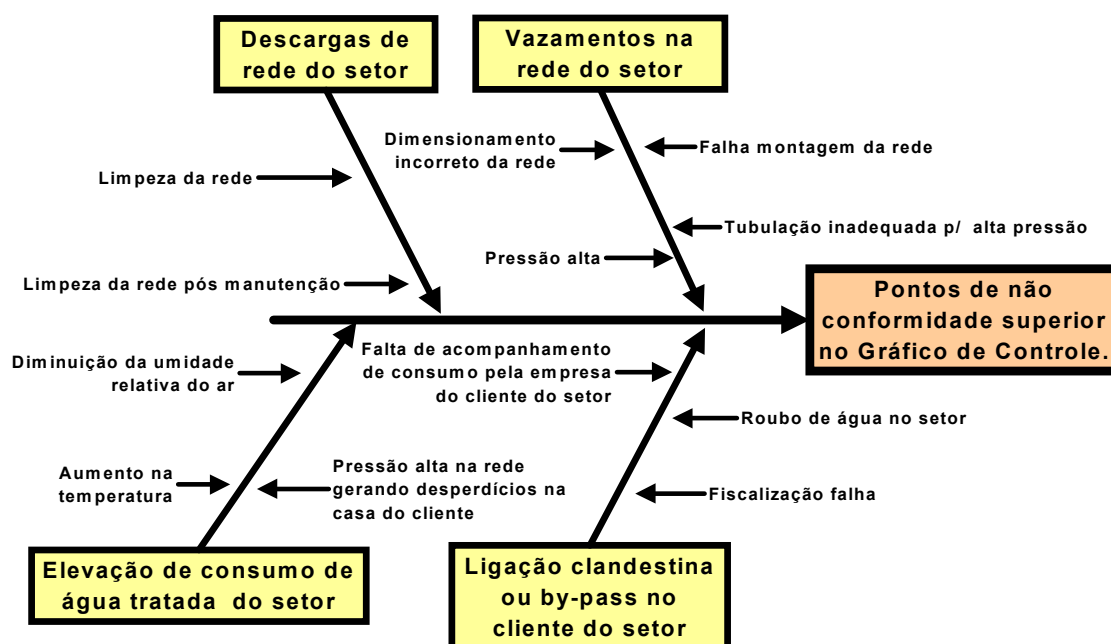
- Estabelecer a unidade responsável por monitorar os dados em cada setor de distribuição que será controlado. Atualmente não existe na empresa uma unidade que integre atividades de manutenção de rua, produção, informática, pitometria e medição, obras, projetos e atividades comerciais. A integração é um dos fatores essenciais para o sucesso do programa. As várias unidades da empresa estão separadas fisicamente entre si, em vários pontos e endereços da cidade de Goiânia. Como conseqüência, há uma tendência de que cada unidade trabalhe individualmente, sem buscar uma sinergia com as demais. Esta unidade seria a responsável pelas atividades de controle de perdas. Dentre as atividades previstas para ela, tem-se o gerenciamento e controle da distribuição com o uso do CEP.
- Treinar os empregados envolvidos no processo com noções de estatística básica e no CEP. Treinar os gerentes dos vários setores envolvidos, para que utilizem esta ferramenta gerencial, para o acompanhamento e o controle do processo.
- Realizar leituras dos equipamentos em um horário pré-estabelecido diariamente, se possível, com intervalos de 24 horas. Com a utilização de macromedidores do modelo eletromagnético, é possível a realização de leituras diárias às 00:00, com o uso de um coletor de dados tipo *data logger*, automatizando parcialmente a atividade e dispensando a presença diária de um leitorista. Com este procedimento, corrige-se o sistema adotado no estudo realizado no projeto piloto, pois as leituras diárias foram feitas de acordo com a disponibilidade da equipe de manutenção de rua.
- Utilizar os dados para a confecção dos gráficos. Esta montagem seria realizada diariamente, e de responsabilidade do gestor do processo.

- Realizar uma análise diária do gráfico à medida em que fossem plotados os dados, buscando-se verificar existências de padrões de ocorrências. Através desta análise, as prováveis causas de pontos que ultrapassem os limites inferiores e superiores são levantadas. Analisar as demais situações de anormalidades conforme constam na literatura do CEP.
- Quando houver a detecção de pontos que ultrapassem os limites superiores ou inferiores, procurar identificar imediatamente, as causas. Nesse trabalho, verificou-se que é fácil levantar problemas ocorridos no setor com intervalos de, no máximo, um ou dois dias. Neste caso, através das consultas das RAs, presentes nas unidades, juntamente com entrevista com o pessoal da manutenção, pode-se levantar e identificar os problemas ocorridos. Levantar as causas de problemas ocorridos em grandes intervalos (15, 20, 30 ou mais dias) é extremamente difícil.
- Quando houver identificação das causas, deve-se registrá-las para conhecê-las e, se possível, estabelecer um padrão de problemas para o estudo do controle de perdas. Estas causas, possíveis de serem identificadas, envolvem atividades da área de manutenção (reparos de redes e ramais), de produção (limpeza e descargas de redes), de obras (construção e expansão) e de atividades do setor comercial (troca de hidrômetros), ou seja, de todas as atividades que possam gerar desperdícios de água.

4.5.2.5 Utilização do diagrama de causa efeito para avaliação dos pontos superiores.

Uma possível aplicação do diagrama de causa efeito é a utilização do mesmo para uma avaliação dos pontos que ultrapassem os limites superiores e inferiores nos gráficos de controle, na experiência do Jardim América. Através deste diagrama, é possível a visualização de vários dos possíveis problemas, que podem afetar e gerar essas situações, conforme mostra a figura 4.19.

Figura 4.19 - Diagrama de causa efeito (Ishikawa) para avaliação dos pontos fora dos limites superiores que aparecem nos gráficos de controle.



Verifica-se, pelo diagrama de Ishikawa, montado para a avaliação das prováveis causas de pontos superiores fora dos limites, que a pressão alta no setor está presente, em várias causas, como uma das principais responsáveis pela situação apresentada. São também colocadas outras possibilidades de prováveis causas. Porém, com a instalação da VRP no setor em estudo, houve uma redução nos pontos superiores fora dos limites no gráfico de controle, mostrada na figura 4.18, revelando que a pressão alta provavelmente era a responsável por esta situação. Para uma confirmação real deste fato, seria necessário pesquisa de outros dados que não foram levantados neste estudo, tais como: quantidade de vazamentos na rede antes e depois da instalação da VRP, quantidade de vazamentos de ramais antes e depois e a quantidade de vazamentos internos nas residências dos clientes do setor.

4.5.3 UTILIZAÇÃO DO HISTOGRAMA

Uma das atividades realizadas no setor, para controle de perdas não físicas foi a troca de hidrômetros no setor. Para isso, foram utilizados os seguintes parâmetros para avaliação e identificação dos hidrômetros a serem trocados:

- Hidrômetros com vida útil vencida – são os hidrômetros que têm mais de 5 anos de uso. Após este período, estes aparelhos tendem a submedir, em função do desgaste do maquinário

mecânico presente nestes instrumentos. O sistema informatizado da empresa, identificou todos os aparelhos no setor que estavam nesta condição.

- Hidrômetros com capacidade 1,5 m³/h por de 3,0 m³/h – Desde 1996, a empresa padronizou os aparelhos de capacidade de 3,0 m³/h para utilização das ligações de pequenos consumidores. A partir desse ano, deixou de adquirir hidrômetros de capacidade de 1,5 m³/h. Todos os hidrômetros instalados com essa capacidade são anteriores a 1996. Foram substituídos todos os hidrômetros existentes com esta capacidade na região em estudo pelo modelo padrão atual da empresa.

Após a retirada dos aparelhos que estavam nas condições descritas no parágrafo anterior, todos eles foram encaminhados para ensaio no laboratório de hidrômetros da empresa. Os resultados dos ensaios estão de acordo com o anexo 1 capítulo 7. Com o resultado dos ensaios, foram montados os seguintes gráficos representados nas figuras 4.20 e 4.21.

Figura 4.20 - O histograma mostra a distribuição de frequência dos erros que foram verificados nos ensaios dos hidrômetros. (Histograma gerado no software SIMSTAT).

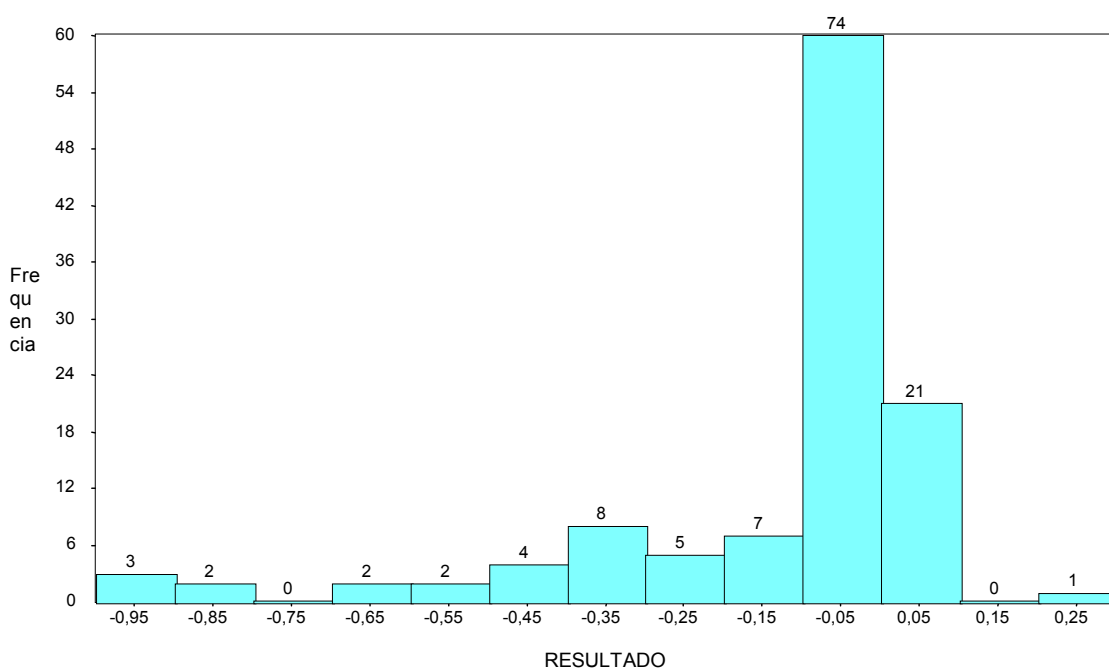
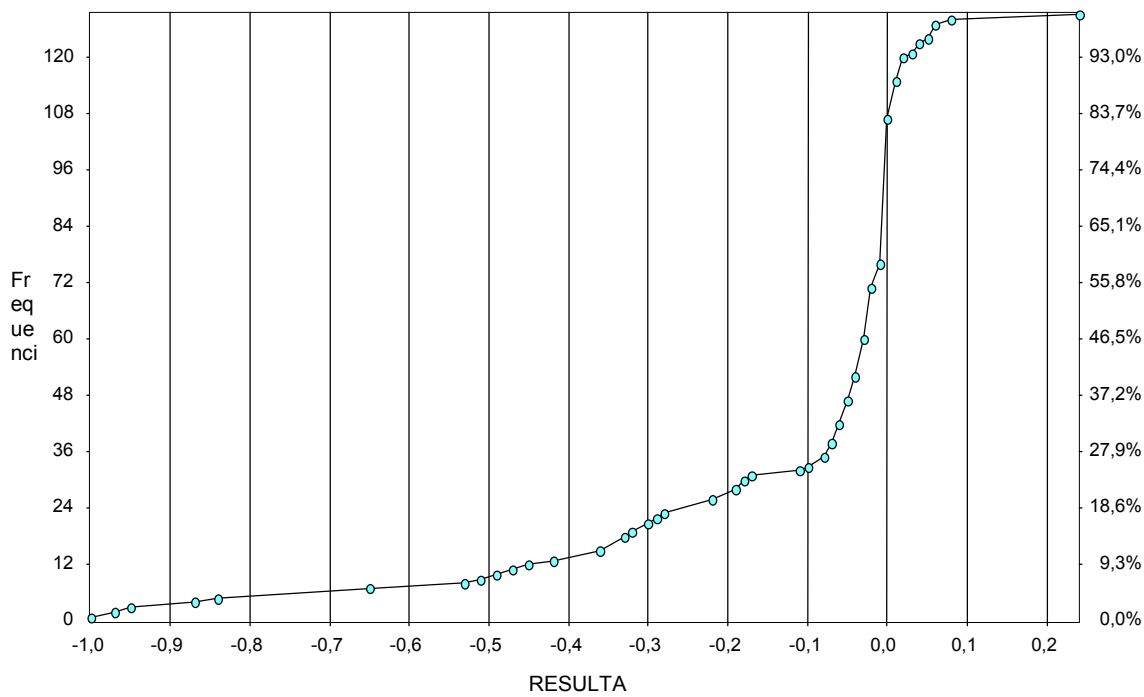


Figura 4.21 - Curva de erro acumulativo dos hidrômetros, verificado em ensaios de laboratório. (Curva gerada no software SIMSTAT)

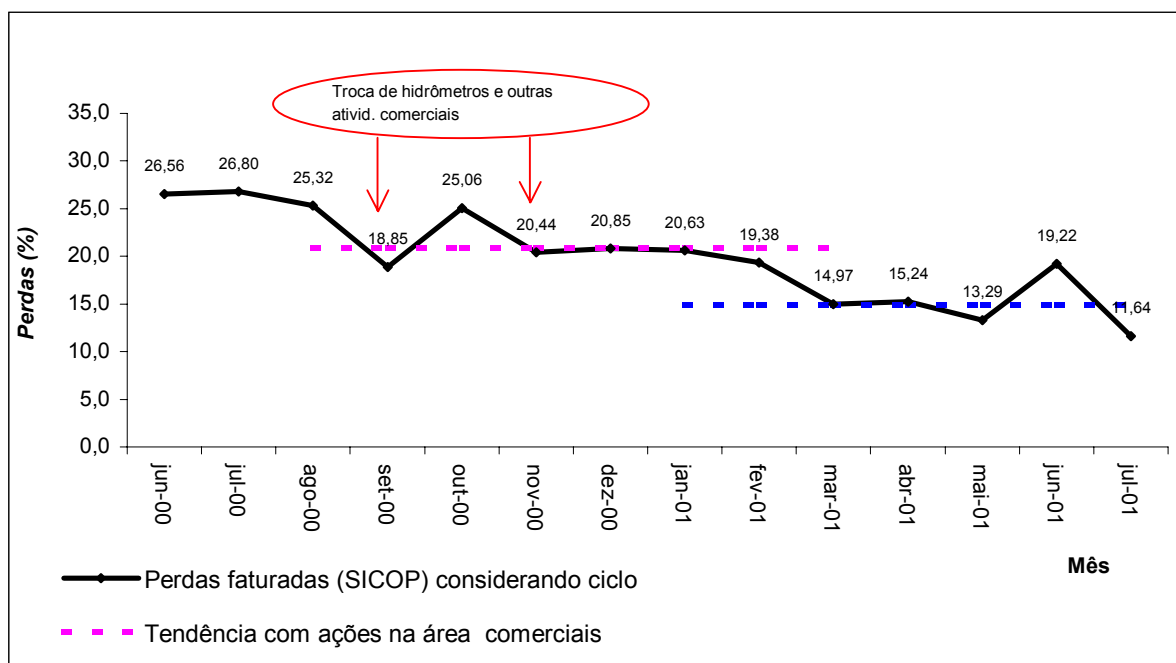


Pelos resultados mostrados nesses gráficos, é possível visualizar de forma fácil e representativa, os resultados referentes aos ensaios dos hidrômetros que foram retirados. Verifica-se que uma parte considerável dos hidrômetros retirados apresenta erros de submedição, o que provavelmente ocasiona diminuição do valor dos volumes micromedidos na região, ocasionando perdas não físicas no sistema. Outra constatação é que a maior parte dos hidrômetros que foi ensaiado estava na faixa de submedição (aproximadamente 73%), e somente uma pequena parte (27%) apresentava uma medição a maior. Nessa situação, o hidrômetro com vida útil vencida tende a favorecer o usuário e a desfavorecer a empresa.

Com a execução de atividades na área comercial no setor, verifica-se no gráfico linear uma tendência à estabilização do índice de perdas com um patamar em torno de 20% no setor.

A figura 4.22 mostra a situação.

Figura 4.22 - Gráfico mostrando indicadores após troca de hidrômetros e outras ações realizadas nas atividades comerciais.



4.5.4 UTILIZAÇÃO DO DIAGRAMA DE PARETO E ISHIKAWA

O diagrama de Pareto é utilizado, neste estudo, para representação das principais causas de perdas no setor. Conforme verificado no gráfico linear da figura 4.21, existe uma tendência aparente do índice de perdas estabilizar em três períodos distintos, de acordo com o quadro 4.5, que é mostrado a seguir.

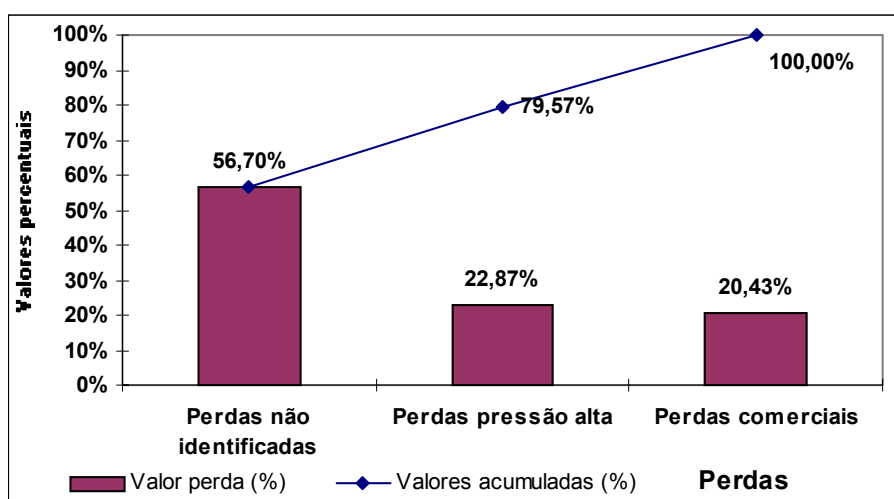
Quadro 4.5 - Valores médios de indicadores de perdas após realização de ações.

Período	Meses de atividades de combate a perdas.	Atividades	Indicador médio de perdas / Total (%)
1	Junho, Julho e Agosto de 2000.	Não foram realizadas ações no setor.	26,23% / (100,0%)
2	Setembro, Outubro e Novembro de 2000.	Ações no setor em atividades da área comercial	20,87% / (79,5%)
3	Março de 2001	Instalação da VRP para controle de pressão no setor.	14,87% / (56,69%)

Com a utilização destes valores, pode-se fazer um diagrama de Pareto, que representará as principais componentes de perdas no setor estudado.

A figura 4.23 mostra o diagrama de Pareto representando os possíveis componentes de perdas identificadas no estudo do setor:

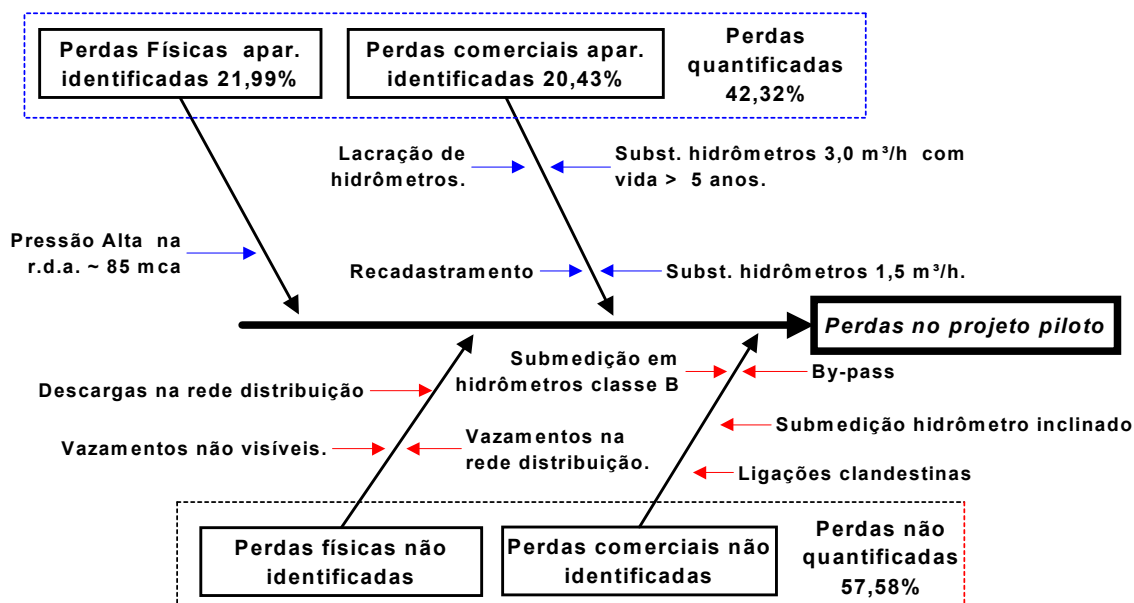
Figura 4.23 - Gráfico de Pareto representando as possíveis perdas identificadas no projeto do Jardim América.



Na figura 4.23 são mostrados, no gráfico de Pareto, os vários componentes das perdas verificadas no setor em estudo. Como principal causa de perda identificada no estudo obtem-se a pressão alta da rede no setor. O controle de pressão, com a instalação da VRP, representou, aproximadamente, 23% da redução dos indicadores de perdas no setor. Como segunda causa principal de perdas, mostrada no gráfico de Pareto, tem-se as perdas nas atividades comerciais. Foi realizada uma série de ações no setor que possibilitou a redução desta componente. Verificou-se que, aproximadamente, 57% das perdas no setor não foram identificadas neste estudo.

A figura 4.24 mostra a representação do diagrama de causa efeito, onde são representados os componentes das perdas identificadas e não identificadas, juntamente com a quantificação dos valores levantados na análise de Pareto.

Figura 4.24 - Diagrama de Ishikawa com representação dos possíveis componentes de perdas e estimação de valores destas.



No gráfico da figura 4.25 é realizada a análise de Pareto a partir do desmembramento e da identificação das causas não identificadas, apresentadas no gráfico 4.23, a partir de trabalhos de pesquisas junto a outros autores. De acordo com estudos realizados por Lambert⁷ apud Gonçalves (1998, p.15), foi verificado que: “...testes em hidrômetros novos, classe D, revelaram erros de submedição de 8% a 13%, o que leva a supor que índices de perdas baseados na relação entre a água que entra na rede e que é micromedida não serão inferiores a estes valores”.

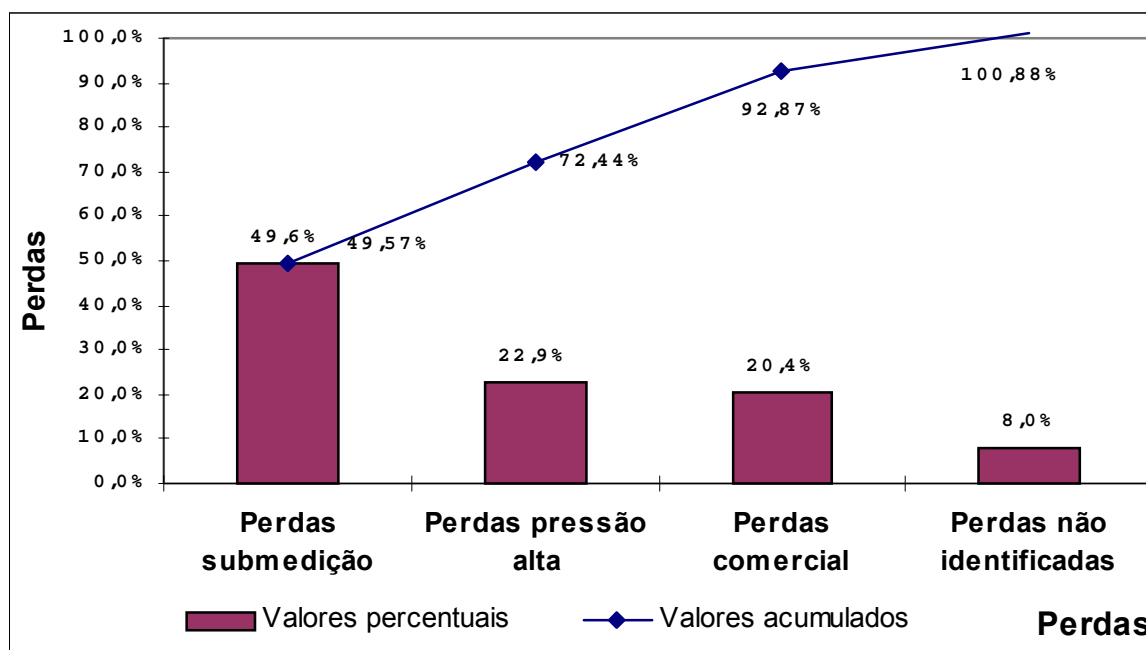
Goulart⁸ apud Gonçalves (1998, p.15) também afirma que:

“.... as companhias de saneamento precisam pesquisar e solicitar junto aos fabricantes o desenvolvimento de aparelhos mais sensíveis à baixas vazões, de classe metrológica mais avançada, para minimizar submedições de consumo, uma vez que estima-se que 15% do índice de perdas são decorrentes da limitação dos hidrômetros, mesmo quando a manutenção está atualizada.”

⁷ Lambert, Alam. **Controle de pressão e redução de perdas**. Seminário, comunicação oral, São Paulo-SP 1997.

⁸ Goulart, W.A. Curso Micromedição. ABES, Goiânia-GO, 1991.

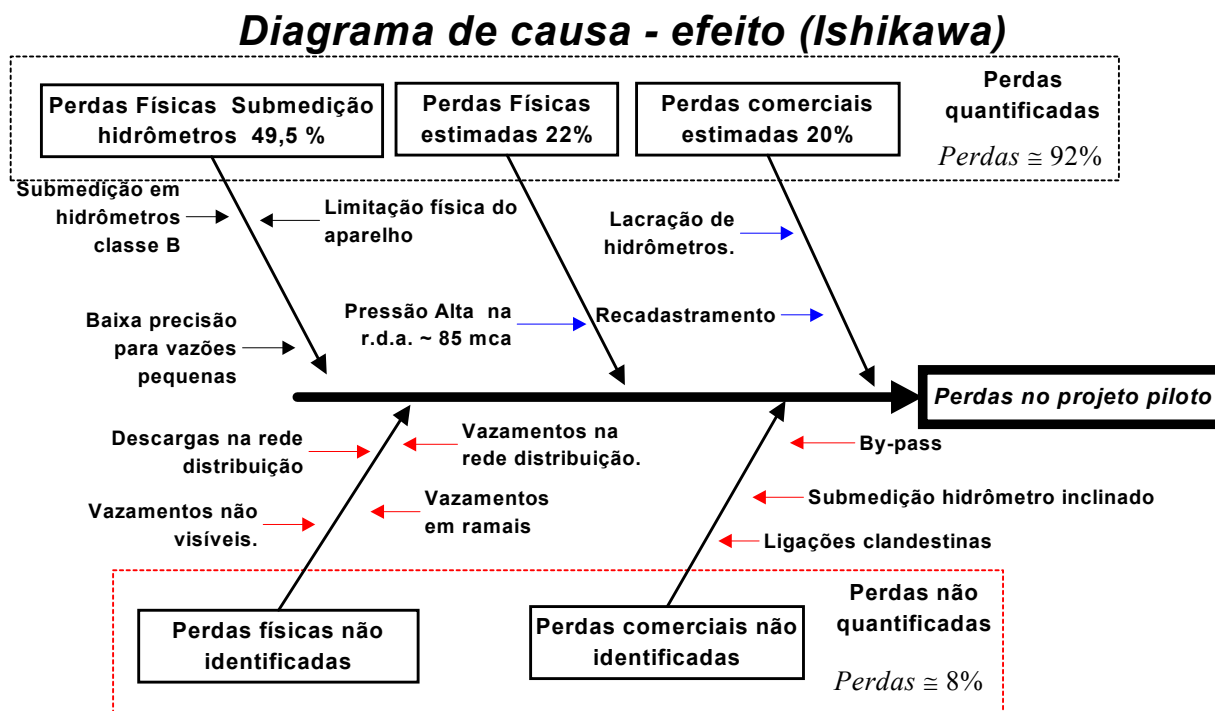
Figura 4.25 - Gráfico de Pareto considerando a submedição como valor limite possível para atingir um controle de perdas, segundo Lambert ⁷(apud Gonçalves, 1998, p. 15).



Como no caso em estudo, trabalha-se com hidrômetros classe B, que são menos precisos que os aparelhos classe D, citados na pesquisa, pode-se considerar que os erros de submedição, neste setor não são inferiores a 13%. Considerando-se esse fato, o gráfico de Pareto passa a indicar a submedição como a principal causa de perdas no setor. Como esta submedição ocorre devido às características do hidrômetro, que não possui precisão para pequenas vazões, nessa situação, não existem ações corretivas, e os valores servem de conhecimento, como um parâmetro limite para atingir o indicador de perdas.

O diagrama de Ishikawa, conforme figura 4.26, representa as possíveis causas de perdas, considerando o gráfico de Pareto da figura 4.25, juntamente com a estimativa dos valores das componentes.

Figura 4.26 - Diagrama de Ishikawa mostrando as perdas identificadas e as não identificadas no projeto piloto. São mostrados os valores estimados das componentes das perdas.



Como segunda causa prioritária, representando valores em torno de 22%, verifica-se a alta pressão da rede. Como terceira causa no diagrama de Pareto, com valores em torno de 20% verificam-se as atividades desenvolvidas na área comercial. Embora os hidrômetros novos possuam um limite de medição, a manutenção e acompanhamento da vida útil desses aparelhos, quando instalados, são importantes. Uma boa gestão de manutenção e acompanhamento dos instrumentos de medição possibilitam uma gestão para controle de perdas que trabalhe da forma otimizada, ou seja, o mais eficiente possível.

Como último fator, com valores em torno de 8,0% do total, existem as perdas não identificadas e não levantadas no estudo do setor. Estas perdas não identificadas podem ser ocasionadas por várias situações, tais como vazamentos não visíveis, ligações clandestinas, fraudes e outras razões não identificadas.

As constatações do diagrama de Pareto servem como parâmetros iniciais de trabalho e de priorização de atividades para aplicar em outras situações. Como exemplo, sejam as regiões próximas da área em estudo que possuem características físicas-sócio-econômicas semelhantes à da área estudada. Nestas regiões, é possível expandir a área de controle de perdas com a implantação da setorização e da macromedição. Assim, não é possível concluir

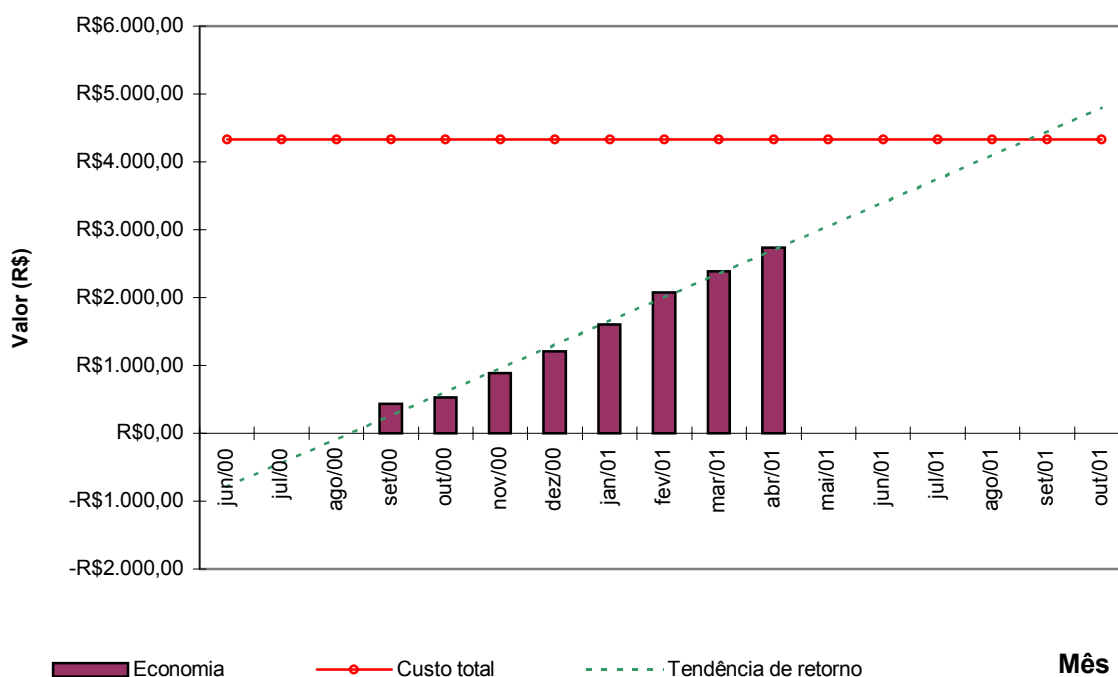
que as áreas vizinhas possuam os mesmos componentes de perdas levantadas, sendo necessário um novo trabalho de controle e avaliação. Porém, o estudo anterior serve como referência para a definição de um novo trabalho de controle de perdas.

4.5.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS AÇÕES REALIZADAS

Após a realização das ações no setor, buscou-se verificar quais atividades representaram o maior benefício financeiro para um controle de perdas. Foram levantados, de forma simplificada, os custos das atividades desenvolvidas no setor. Posteriormente, foi verificado o que representou, em termos de valores monetários, o retorno das atividades. Conforme anexo 2, são apresentadas as planilhas de levantamento de custos das atividades comerciais e de instalação da VRP.

A figura 4.27 mostra um gráfico com a tendência de retorno econômico com as atividades desenvolvidas na área comercial.

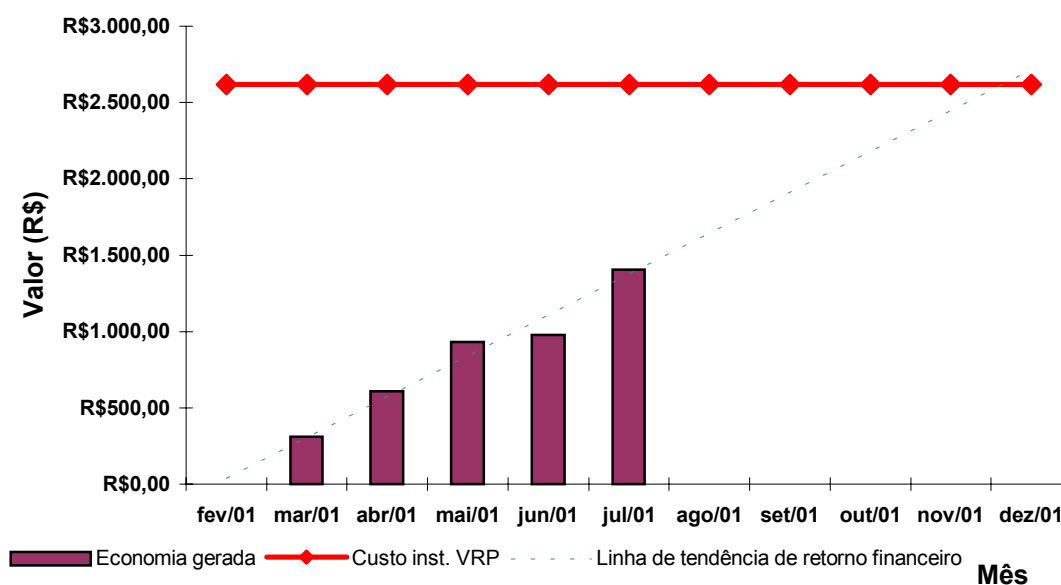
Figura 4.27 - Gráfico de tendência de retorno econômico com o desenvolvimento de atividades na área comercial no projeto piloto do Jardim América.



No gráfico, é mostrado o valor aproximado do custo das atividades na área comercial para o combate a perdas. A partir da tendência média dos valores de perdas antes e depois das ações efetuadas na área comercial, conforme mostrado anteriormente, na figura 4.22, foi estimada a correspondente redução nas perdas e seu valor econômico. Para ações na área comercial, existe uma tendência de retorno em aproximadamente 13 meses.

A figura 4.28 mostra gráfico de retorno econômico para o controle de pressão no setor em estudo.

Figura 4.28 - Gráfico mostrando tendência de retorno econômico com o controle de perdas físicas devido à alta pressão na rede do projeto piloto do Jardim América.



O gráfico mostra o custo de instalação da válvula redutora de pressão. A partir da tendência média de perdas, antes e depois de implantação da ação para o controle de perdas físicas no setor. Foram estimados os valores financeiros desperdiçados que deixaram de existir, referentes à redução das perdas na região. Verifica-se, pela tendência, um retorno do valor investido em torno de 10 meses, devido à diminuição das perdas. Estes dois resultados mostram no estudo da região piloto, que pequenos investimentos financeiros produzem o retorno em prazos pequenos, demonstrando a viabilidade de investir em um programa de redução das perdas.

4.5.6 APLICAÇÃO DOS GRÁFICOS DE DISPERSÃO

Os gráficos de dispersão foram utilizados para a avaliação dos valores consumidos de água tratada dos clientes do setor em estudo (Projeto Jardim América). Com a utilização de dados secundários, levantados no cadastro comercial da empresa, foram relacionados dados selecionados de todos os clientes da região. As informações sobre estes clientes são: conta, nome do cliente, área do imóvel, quantidade de usuários, média de consumo de água dos últimos seis meses e a categoria do cliente (comercial, residencial ou industrial). Todos estes dados encontram-se em tabelas, no anexo 3. A partir dos números levantados, foram montados os gráficos de dispersão e calculados os coeficientes de correlação nas várias situações apresentadas. Posteriormente, foi realizada uma análise de cada situação apresentada. Também foi utilizada outra ferramenta, a estratificação de dados em conjunto com os gráficos de dispersão.

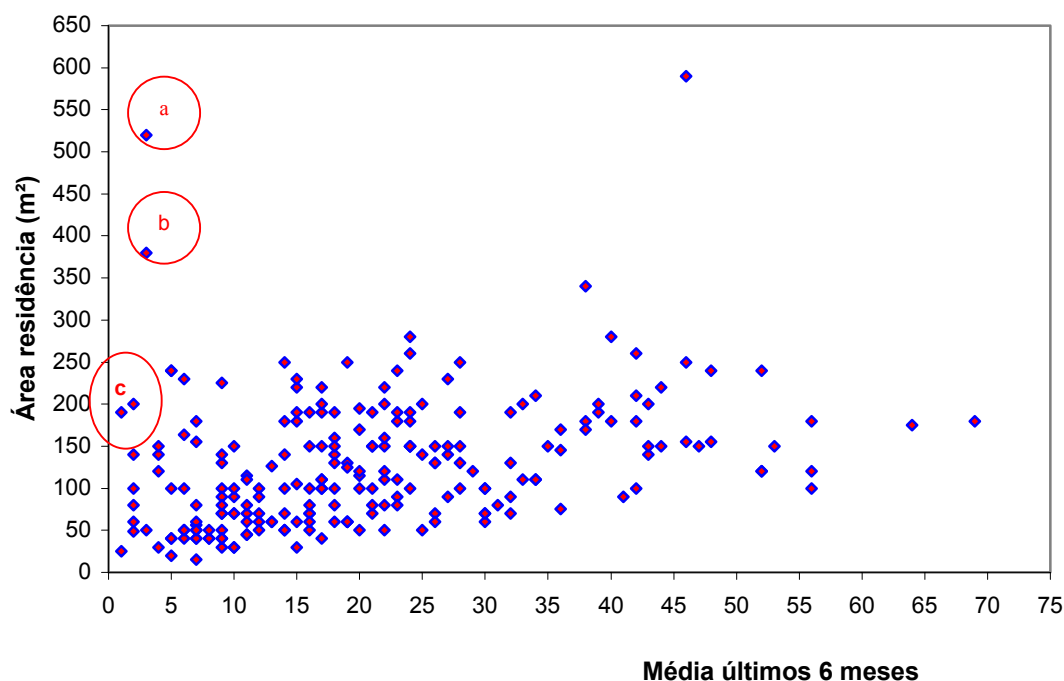
A análise dessas informações permite ao gestor identificar situações de contas com suspeitas de estarem com problemas devido ao baixo consumo constatado. As causas dessas anormalidades podem ter várias explicações, que podem gerar como consequência o aumento do índice de perdas do setor.

4.5.6.1 Gráfico de dispersão – Área construída x Média de consumo.

Neste caso, foram selecionados os seguintes dados dos clientes do setor (Área de Construção X Média de consumo dos últimos seis meses). Os dados foram plotados em um gráfico de dispersão. Verificou-se um coeficiente de correlação linear destas variáveis ($r = 0,3285$). Pelo valor do coeficiente de correlação apresentado, percebe-se que há uma fraca correlação linear positiva entre essas duas variáveis. Porém, quando é analisado o gráfico onde estão plotadas as variáveis, observa-se que há alguns pontos que são passíveis de uma melhor avaliação, devido à caracterização de uma situação anormal. Esses pontos foram assinalados em vermelho no gráfico, e serão analisados como exemplos de aplicação desta ferramenta.

A figura 4.29 mostra o gráfico.

Figura 4.29 - Gráfico de dispersão mostrando as contas de clientes do setor numa correlação (Área do imóvel do cliente X Consumo médio dos últimos seis meses).



Os pontos assinalados em vermelho estão numa possível situação de anormalidade. Eles precisavam ser investigados, para se saber o motivo por que esses clientes possuíam um baixo consumo médio de água para uma alta área construída. Verificando estes pontos, obteve-se as seguintes explicações:

Ponto a – Trata-se de um Templo – Neste caso, o prédio é um local de reuniões periódicas, duas vezes por semana, justificando a alta área construída e o baixo consumo médio de água.

Ponto b – Trata-se de um lote com imóvel em construção; porém, a obra encontra-se paralisada, justificando o baixo consumo médio para uma grande área.

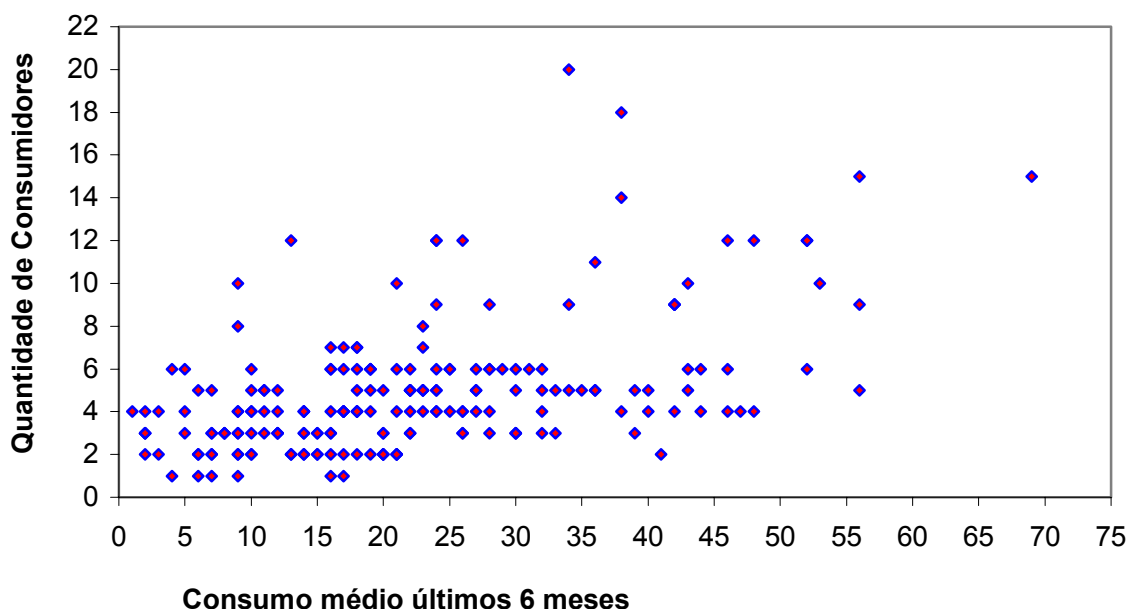
Ponto c – numa das contas, o cliente possui fonte alternativa (cisterna). Conforme verificado no histórico da conta, a partir do mês de maio o mesmo começou a consumir água da empresa. Este período de aumento do consumo coincidiu com a estação seca na região Centro Oeste, quando o nível do lençol freático começa a abaixar e secar as cisternas. Na outra conta assinalada, o imóvel esteve desabitado por um longo período, ocasionando o baixo consumo médio da conta.

4.5.6.2 Gráfico de Dispersão – (Quantidade de Consumidores X Consumo Médio dos últimos seis meses)

Neste caso, foi construído o gráfico de dispersão de todos os clientes enquadrados na categoria residencial do setor em estudo. As variáveis, para montagem do gráfico de dispersão, serão mostradas a seguir: (Quantidade de consumidores presentes na conta X Consumo médio da conta nos últimos seis meses). Verificou-se que o coeficiente de correlação linear, neste caso ($r = 0,515$), caracteriza uma correlação linear positiva e média.

A figura 4.30 mostra o diagrama de dispersão.

Figura 4.30 - Gráfico de dispersão mostrando todos os clientes residenciais do setor avaliado.



Pela avaliação do gráfico, verifica-se várias contas em situação de serem analisadas para saber do motivo que possuem baixo consumo e grande quantidade de consumidores.

4.5.6.3 Gráfico de Dispersão com Estratificação de Dados – (Quantidade de Consumidores X Consumo Médios dos últimos seis meses)

Para uma avaliação mais eficiente do gráfico de dispersão, apresentado no item anterior, utilizou-se outra ferramenta estatística da qualidade, a estratificação dos dados. Pela estratificação, o cliente residencial do setor foi separado em três categorias básicas, conforme descritas a seguir:

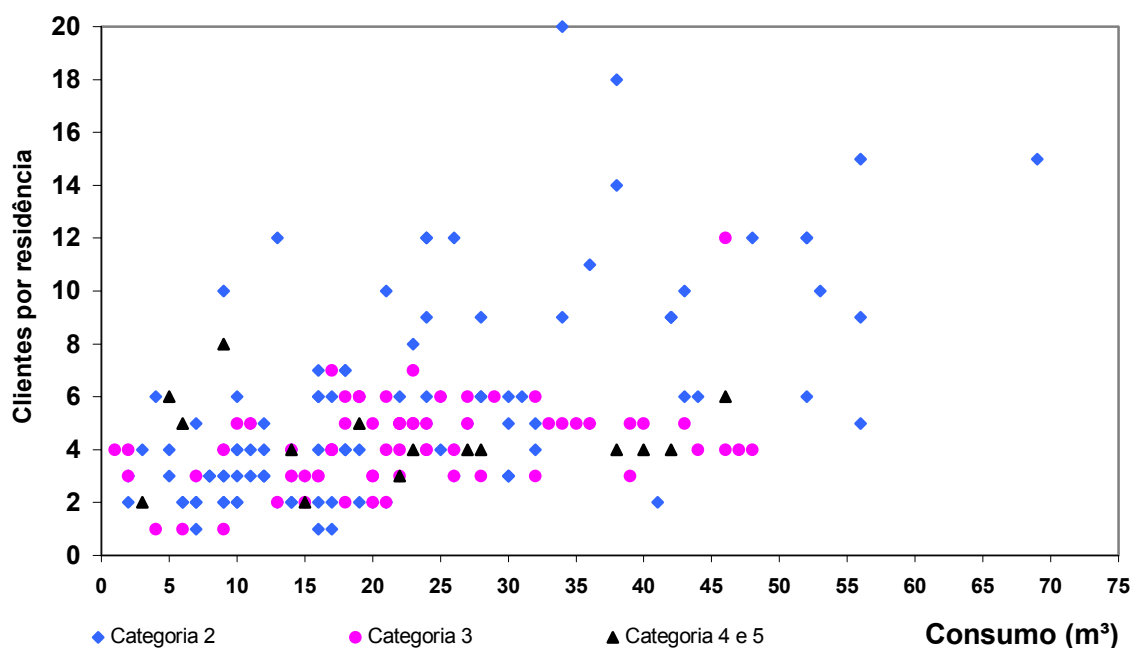
Categoria 2 – cliente residencial com imóvel numa área construída menor que 150 m²;

Categoria 3 – cliente residencial com imóvel numa área construída maior que 150 m² e menor que 250 m².

Categoria 4 e 5 – cliente residencial com imóvel numa área construída maior que 250 m².

A figura 4.31 mostra o gráfico de dispersão do item anterior com a estratificação dos clientes do setor.

Figura 4.31 - Gráfico de dispersão mostrando todos os clientes residenciais do setor em estudo com estratificação dos clientes em função da área construída do imóvel.

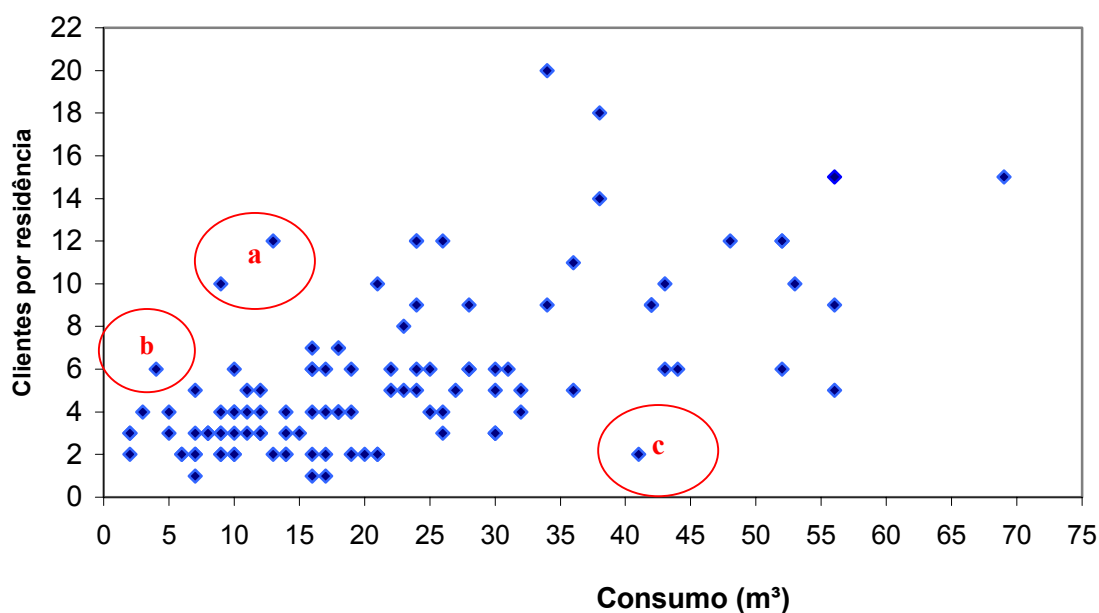


Pela estratificação dos dados, é possível observar como está a distribuição dos consumidores dentro do gráfico de dispersão. Nesta situação específica deste exemplo, não se chegou a nenhuma conclusão objetiva dos resultados apresentados e avaliados. Porém mostra como é possível a aplicação conjunta destas duas ferramentas.

4.5.6.4 Gráfico de Dispersão – (Quantidade de Consumidores X Consumo Médios dos últimos seis meses)

Neste caso, após a estratificação, foram mostrados, no gráfico de dispersão, somente os clientes residenciais de categoria 2. O coeficiente de correlação linear neste caso ($r = 0,615$), demonstra que existe uma clara correlação linear positiva, tendendo a ser uma forte correlação com exclusão dos pontos em situação de anormalidade, presentes no gráfico.

Figura 4.32 - Gráfico de dispersão mostrando clientes de categoria residencial com área construída do imóvel de até 150 m².



Nesse caso, existem vários pontos passíveis de serem investigados, conforme exemplos assinalados em vermelho. As possíveis explicações para essas anormalidades estão descritas a seguir:

Ponto a – Uma das contas apresenta uma grande quantidade de consumidores (12) para um baixo consumo médio dos últimos seis meses (13m³). Esta conta merece ser investigada e acompanhada, pois a mesma não possui fonte alternativa de abastecimento (cisterna). Desta forma, existe um consumo *per capita* mensal em torno de, aproximadamente, 1085 litros por pessoa / mês. Este é um valor muito baixo de consumo de água tratada.

A outra conta deste ponto apresenta um consumo *per capita* mensal de, aproximadamente, 900 litros por pessoa por mês. Isto representa um consumo de aproximadamente 30 litros por pessoa por dia. Comparando-se com o consumo de regiões residenciais de baixa renda da cidade de Goiânia, que é estimado em torno de 100 a 120 litros por pessoa por dia, existe uma enorme diferença. Esta conta não possui fonte alternativa de abastecimento, merecendo ser investigada para a determinação das possíveis causas desta anormalidade.

Uma das várias possibilidades para explicação desta situação, nas duas contas, é a ocorrência de submedição no hidrômetro, que deve estar marcando menos do que está passando pelo aparelho. Outra possibilidade é a de fraude na ligação.

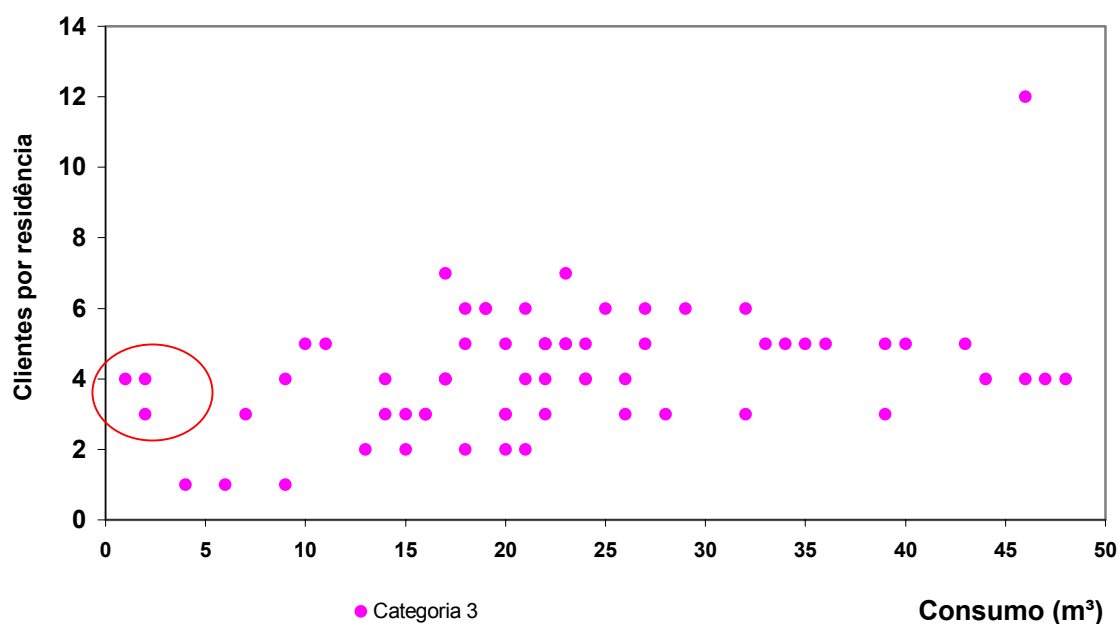
Ponto b – Esta conta possui um consumo de aproximadamente 666 litros por pessoa ao mês. Verificou-se que a mesma possui uma fonte alternativa de abastecimento (cisterna) explicando o possível baixo consumo nestas circunstâncias.

Ponto c – Esta conta possui um consumo de aproximadamente 20.500 litros por pessoa por mês. Embora este caso seja de um cliente que gera altas receitas e lucros para a empresa, é necessário um trabalho de orientação e esclarecimento a este usuário. Neste caso, o valor consumido diariamente é de 683 litros por pessoa ao dia, caracterizando uma situação de desperdício. Podem estar ocorrendo também vazamentos internos na residência desse cliente. Então, a empresa pode fazer uma vistoria na casa, para verificar possíveis vazamentos internos, em um trabalho de melhoria de relação usuário-empresa. Outro procedimento que pode ser utilizado, é o trabalho de orientação ao cliente, para a redução dos desperdícios que podem estar ocorrendo.

4.5.6.5 Gráfico de Dispersão – (Quantidade de Consumidores X Consumo Médios dos últimos seis meses)

Neste caso, após a estratificação de dados, são mostrados, no gráfico de dispersão, todos os clientes residenciais da subcategoria 3 (imóveis com área maior que 150 m² e menor que 250 m²). O coeficiente de correlação linear ($r = 0,381$) é positivo e de baixa correlação.

Figura 4.33 - Gráfico de dispersão mostrando clientes de categoria residencial com área construída do imóvel de 150 até 250 m².

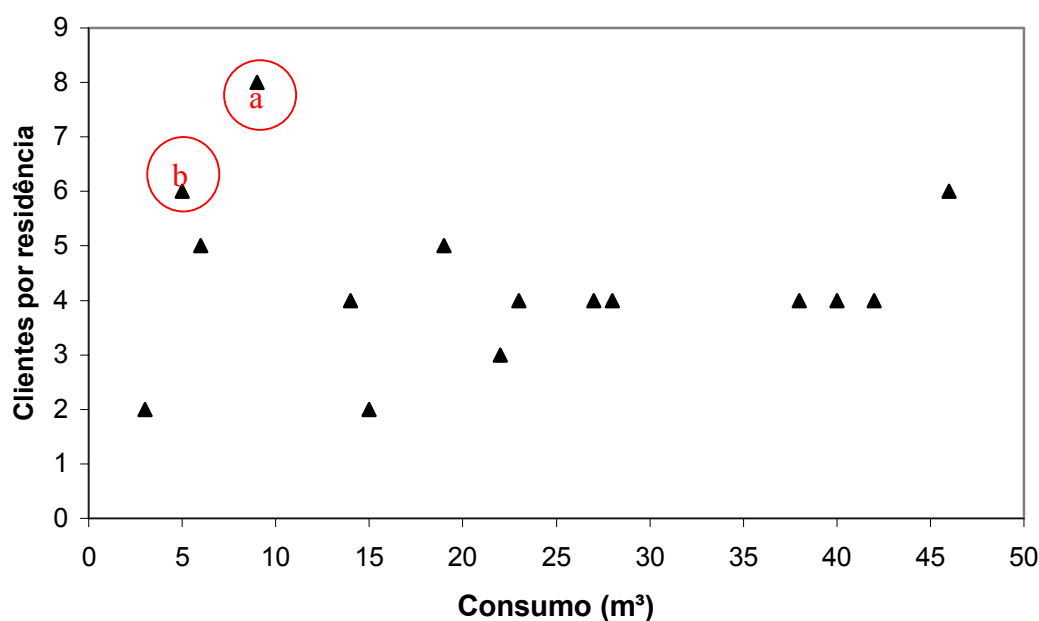


Conforme assinalado em vermelho, no gráfico, há alguns pontos passíveis de análise e avaliação, devido ao baixo consumo de água tratada presente na conta.

4.5.6.6 Gráfico de Dispersão – (Quantidade de Consumidores X Consumo Médios dos últimos seis meses)

Após a estratificação, no gráfico de dispersão, são mostrados todos os clientes residenciais da subcategoria 4 e 5. Verifica-se, esse caso, o coeficiente de correlação linear ($r = -0,024$) numa situação negativa e praticamente sem correlação linear. Porém, pelo gráfico verifica-se que, em vários pontos, as contas possuem baixo consumo *per capita* de água, que são passíveis de uma investigação, conforme assinalado em vermelho.

Figura 4.34 - Gráfico de dispersão mostrando clientes de categoria residencial com área construída do imóvel acima de 250 m².



A seguir, são mostradas as possíveis causas das anormalidades detectadas a partir de consulta ao cadastro comercial da empresa:

Ponto a – Usuário com um baixo consumo com aproximadamente 1.125 litros por pessoa por mês e 37,5 litros por pessoa ao dia, em uma residência de grande área construída. Conforme verificado no cadastro comercial da empresa, esta residência não possui fonte alternativa. De acordo com os registros do cadastro, já ocorreu, anteriormente a violação do lacre do

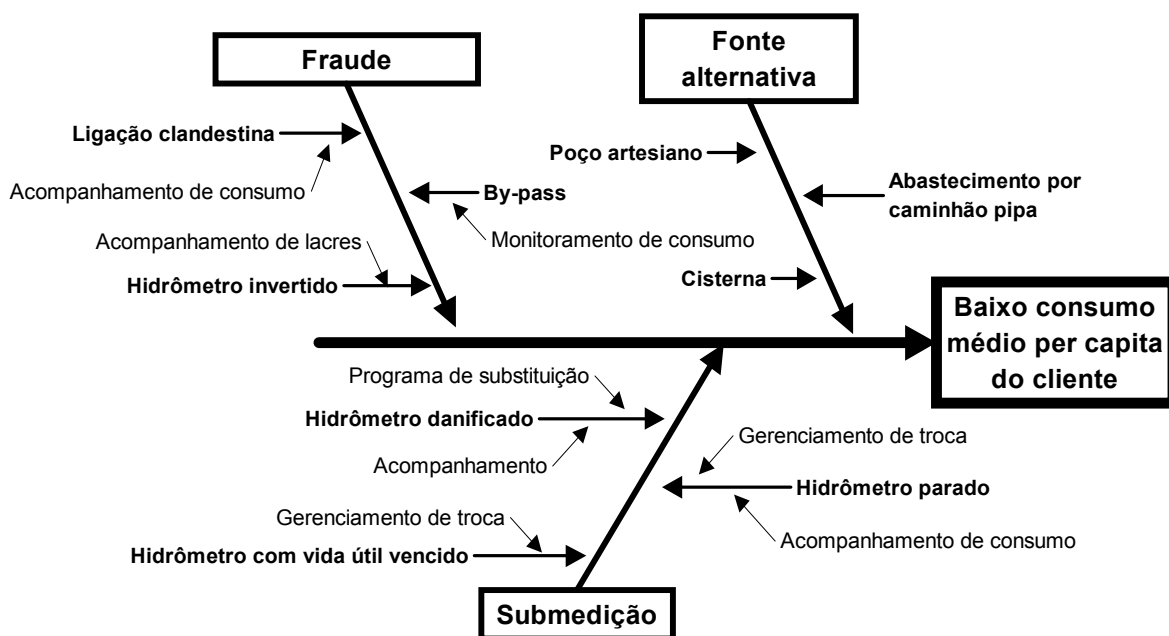
hidrômetro deste usuário, no mês de 02/2001. Nesse caso, há possibilidade de problemas na ligação.

Ponto b – Usuário com baixo consumo com aproximadamente 833 litros por pessoa por mês ou 27,8 litros por pessoa ao dia. Este cliente possui fonte alternativa (cisterna), o que justificaria o baixo consumo de água tratada.

4.5.6.7 Uso do diagrama de causa efeito em conjunto com diagrama de dispersão.

O diagrama causa efeito pode ser utilizado para representar as possíveis causas das situações detectadas através dos diagramas de dispersão, conforme mostra a figura 4.35.

Figura 4.35 - Diagrama causa efeito para identificação das situações detectadas através do diagrama de dispersão.



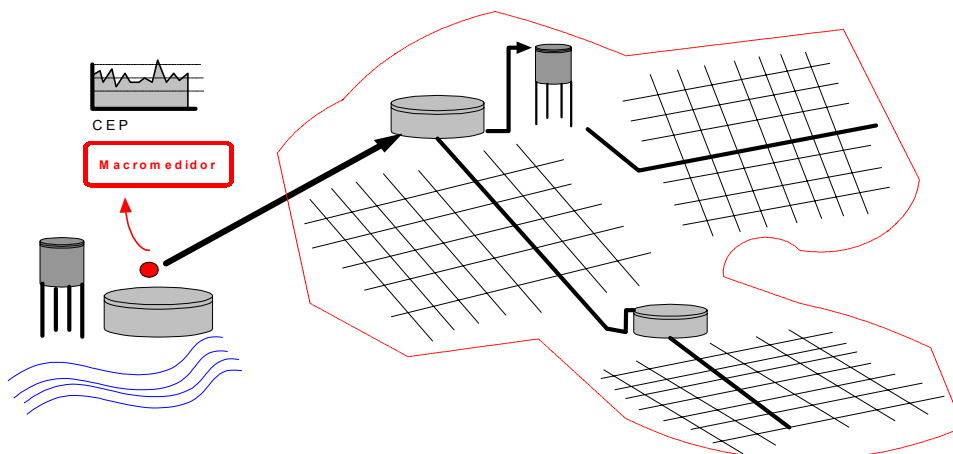
4.6 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS NO SISTEMA DE TRINDADE

A partir de dados levantados neste sistema, será mostrada uma aplicação do Histograma, juntamente com o CEP do volume produzido e distribuído diariamente. Outra ferramenta estatística apresentada será a aplicação do diagrama de visualização de defeitos, adaptado à situação local.

4.6.1 APLICAÇÃO DO CEP NA PRODUÇÃO DESTE SISTEMA

Em Trindade, foi instalado um aparelho macromedidor eletromagnético na ETA, no mês de agosto de 2000. Nesse sistema, a leitura da macromedição é realizado às 00:00 todos os dias, pelos operadores de ETA que trabalham na unidade. Desta forma, é possível avaliar os dados de produção da ETA, sem que existam problemas referentes à falta de exatidão das informações devido à falta de constância de horário de leitura, tal como levantado no estudo do projeto piloto do Jardim América. A partir desses dados será montado um gráfico de controle para a produção total diária, que será distribuída nesse sistema. Esse gráfico de controle será mostrada para fins didáticos. Esta ferramenta não foi aplicada e operacionalizada como uma atividade gerencial neste sistema. A figura 4.36 mostra uma representação simbólica de como será a utilização do CEP neste sistema.

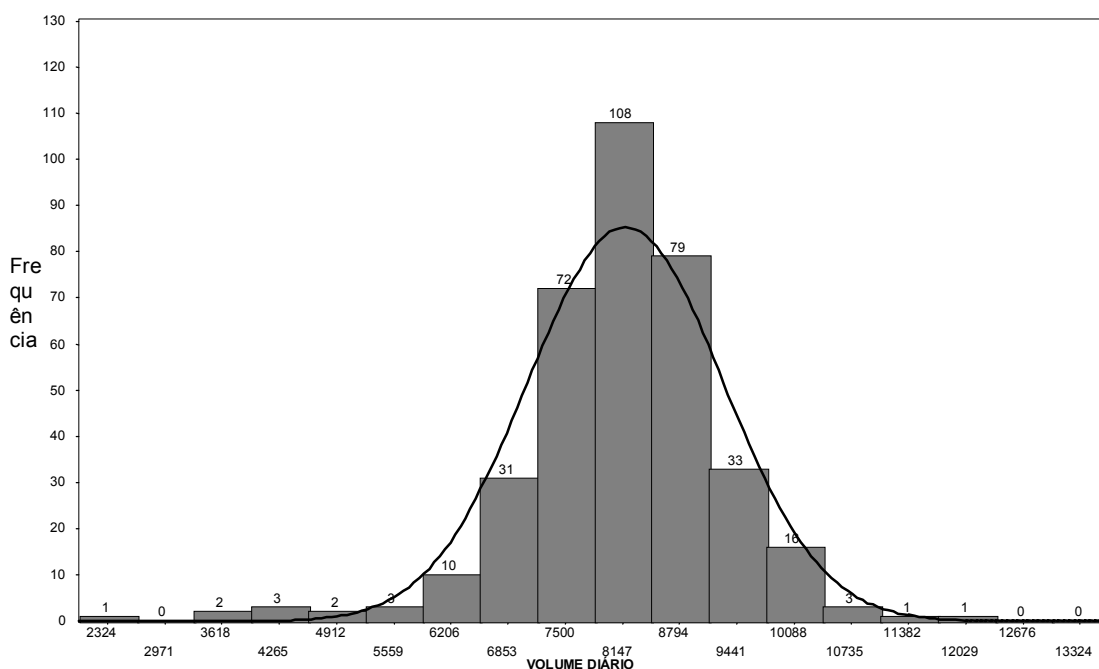
Figura 4.36 - Representação simbólica mostrando em qual fase será feita a aplicação do CEP no sistema de Trindade.



O gráfico de controle utilizado será o tipo \bar{x} . Os dados para montagem do gráfico, e a determinação dos limites superiores e inferiores, serão coletados em valores experimentais de 90 leituras diárias de produção do macromedidor da ETA. Nesse caso, a variável utilizada será o volume produzido diário. Este volume, em m^3 , é levantado pela produção diária da ETA das 00:00 às 24:00.

A partir dos dados levantados de agosto de 2000 até julho de 2001, foi montado o histograma dos volumes produzidos diariamente, conforme mostrado na figura 4.37. O histograma foi gerado com o auxílio do software SIMSTAT.

Figura 4.37 - Histograma representando as vazões produzidas diariamente na ETA do sistema de produção de Trindade.



Pelo histograma, verifica-se que os volumes produzidos diariamente tendem para a curva normal, ou seja, conforme mostrado na revisão literária, para a montagem do gráfico de controle, é necessário que exista robustez, quanto à normalidade dos dados (Schissatti, 1998).

4.6.2 GRÁFICO DE CONTROLE DO VOLUME PRODUZIDO DIARIAMENTE

Para a determinação dos limites de controle, foram realizadas 90 leituras na macromedição geral deste sistema. A seguir, foram determinados os limites de controle, através das equações mostrados no item 2.9.8.1.

A figura 4.38 mostra o gráfico de controle para 90 leituras ininterruptas do volume produzido no sistema de Trindade.

Figura 4.38 - Gráfico de controle do sistema de Trindade com 90 leituras diárias plotadas no gráfico, para estabelecimento dos limites de controle.

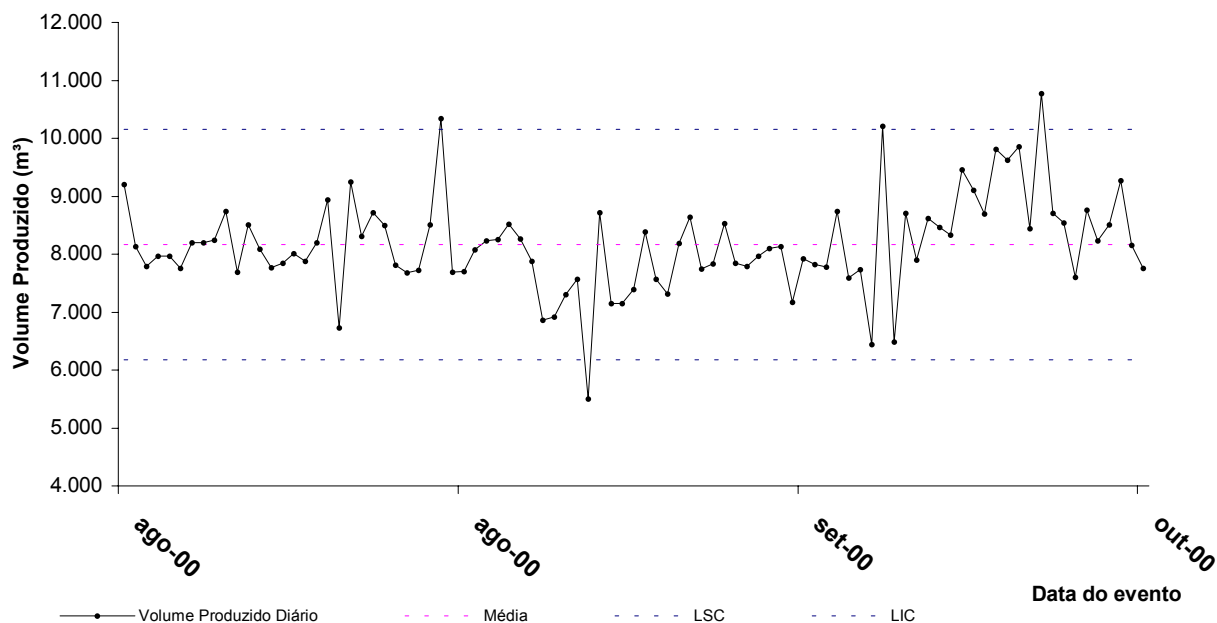
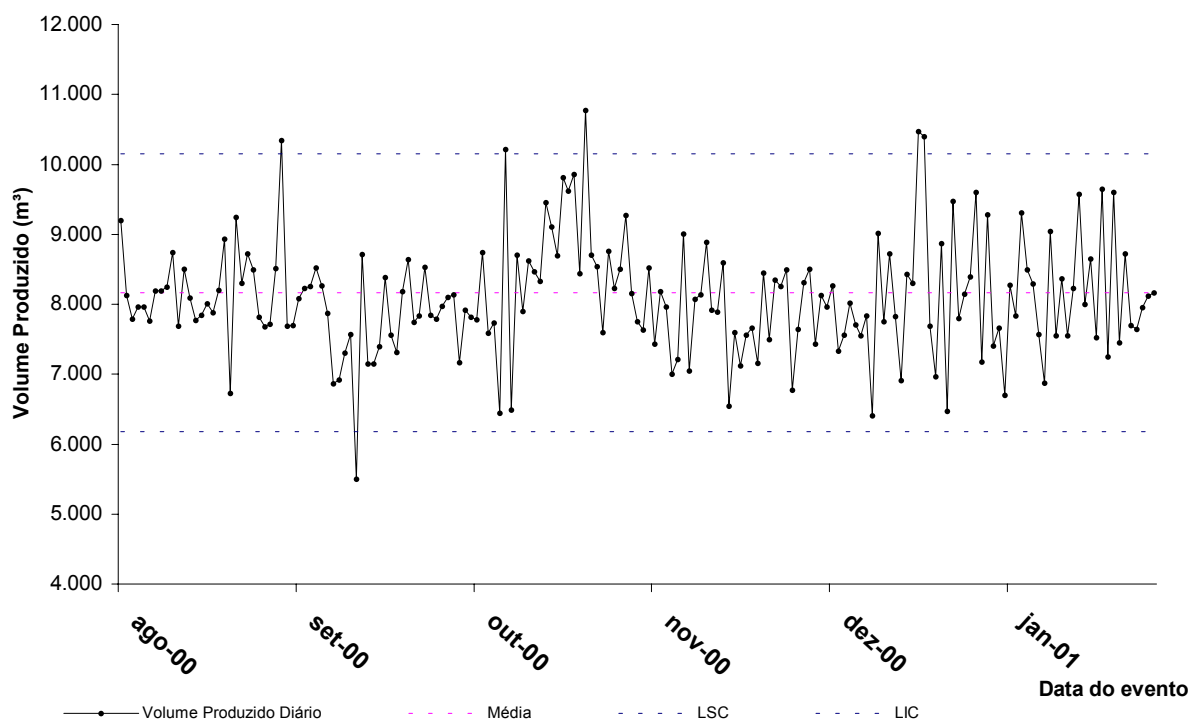
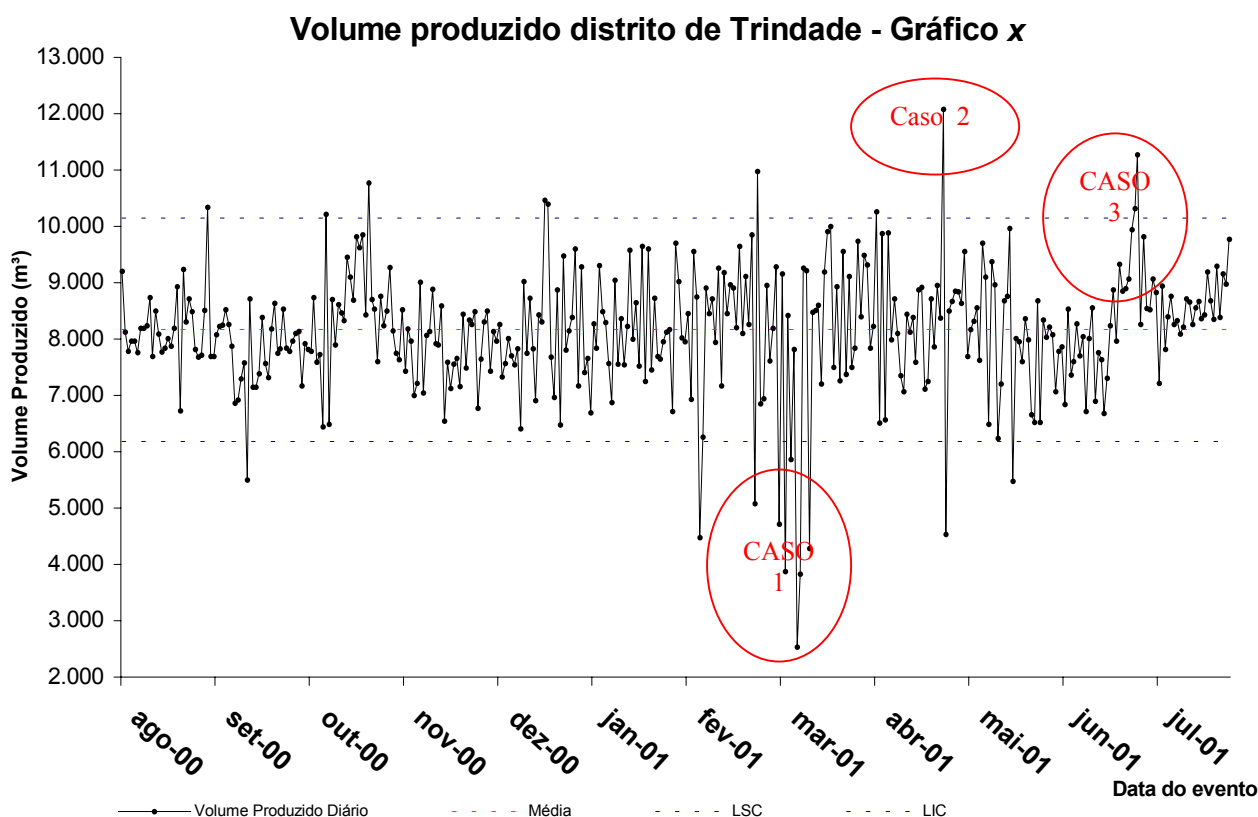


Figura 4.39 - Gráfico de controle com os dados plotados após o estabelecimento dos limites de controle no intervalo de agosto de 2000 a janeiro de 2001.



A seguir, são plotados os valores do volume produzido diariamente, de agosto de 2000 a julho de 2001. Através do gráfico de controle do volume diário produzido, mostrado na figura 4.40, serão analisadas as três situações que foram marcados em círculos vermelhos, com pontos fora dos limites de controle, que caracterizaram situações anormais e onde pode-se comprovar uma situação de anormalidade.

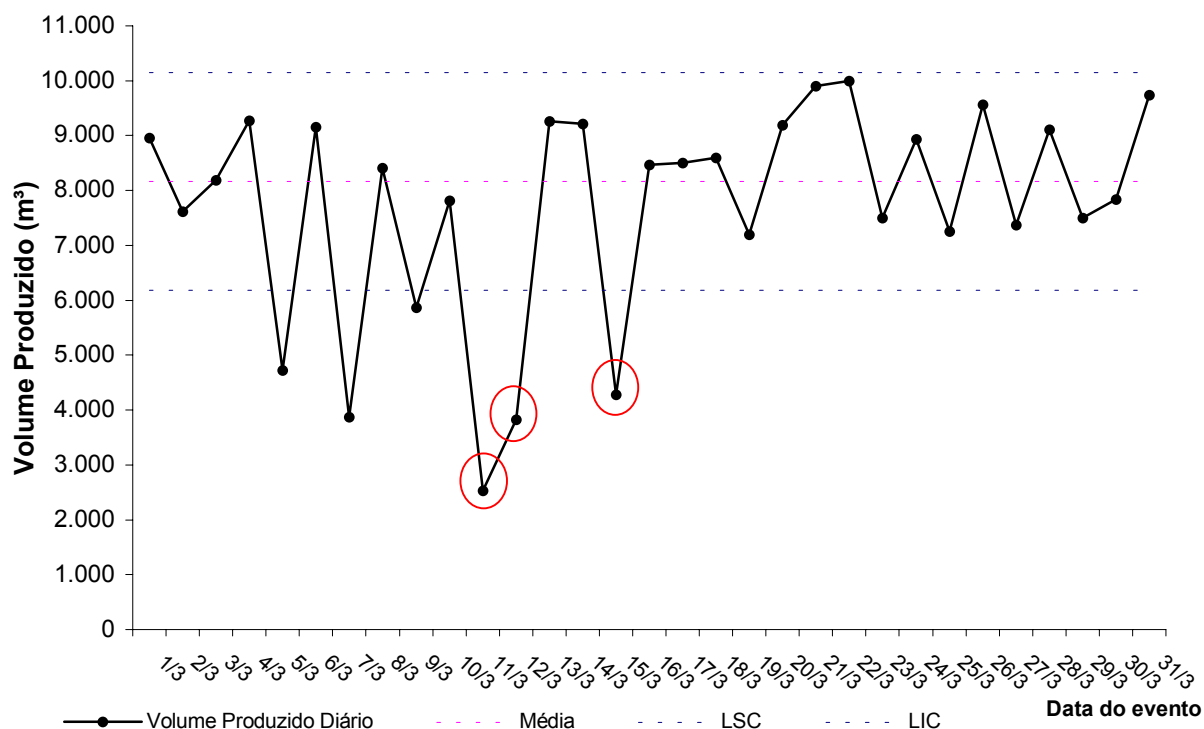
Figura 4.40 - Gráfico de controle do sistema de Trindade com os dados plotados de agosto de 2000 a julho de 2001.



Caso 1 – Neste período, ocorreu o rompimento da adutora de água tratada, na travessia do córrego Bruacas, devido às fortes chuvas dos dias anteriores, quando houve interrupção parcial do abastecimento de água para a manutenção da adutora de 400 mm em Ferro Fundido (FºFº). No dia 10 de março de 2001 ocorreu o rompimento, paralisando a produção. No dia 11/3/2001 foi reiniciado o funcionamento do sistema. No dia 15/3/2001 ocorreu outra parada para manutenção, devido à mesma apresentar vazamento na bolsa da junta elástica. Nesse meio tempo ocorreu o desabastecimento da cidade, contribuindo para a diminuição do faturamento do distrito. A figura 4.41 mostra os pontos abaixo do limite superior, assinalados

em vermelho, que representam os dias das paralisações parciais da produção, enquanto ocorria a manutenção da adutora.

Figura 4.41 - Gráfico de controle no mês que houve o rompimento da adutora de água tratada na travessia do córrego Bruacas. Caso1.



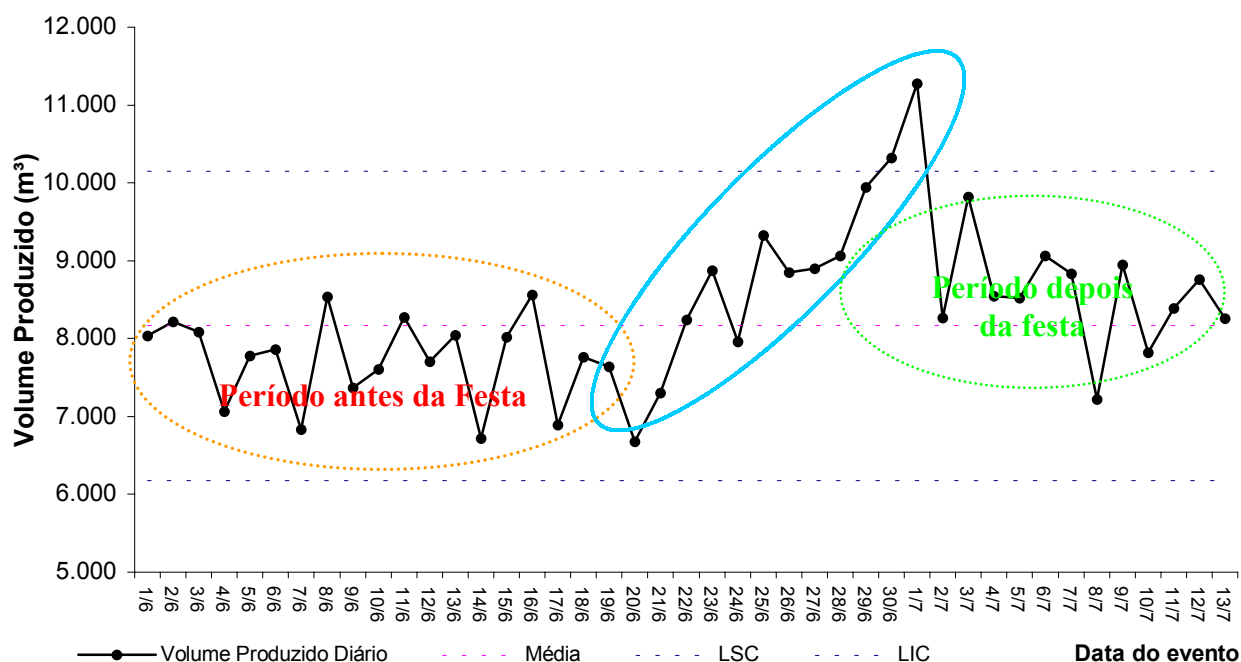
Caso 2 – Na situação 2, da figura 4.41, é mostrado um ponto que ultrapassou o limite de controle superior e, no dia seguinte, ultrapassou o limite de controle inferior. Verificando a planilha de produção do sistema, através de contato verbal com o responsável pela produção da cidade de Trindade, verificou-se que houve um erro por parte do operador que realizou a anotação. No dia que ocorreu o pico superior (28/4/2001), mostrado na figura 4.41, houve uma produção de 12.076 m³ para um período de 20 horas e 10 minutos de produção. No dia seguinte, quando ocorreu o pico inferior (29/04/2001), houve uma produção de 4.532 m³ para um período de trabalho de produção de 21 horas. Embora o sistema de produção possa trabalhar simultaneamente com até com 3 conjuntos, na elevatória de água tratada (EAT), essa situação somente é utilizada em períodos de pico de consumo durante a festa de Trindade. O normal neste sistema é trabalhar com um ou dois conjuntos. Existem várias causas para esta falha, tais como: erro de leitura no aparelho macromedidor pelo operador, anotação da leitura diária fora do horário estabelecido às 00:00 horas, dentre outras.

Caso 3 – Nesta situação, o gráfico de controle mostra o volume produzido diariamente, antes, durante e após a festa do Divino Pai Eterno, a maior festa religiosa no ano de 2001 no estado de Goiás. A festa é realizada durante um período de 10 dias; tem início no dia 20 de junho, e seu encerramento ocorre no dia 1º de julho. Durante a festa, ocorre um aumento progressivo da população temporária da cidade, com a chegada de romeiros de todo o país. Estima-se, conforme veiculado na imprensa local, que 800.000 romeiros participem da festa neste período. Com o aumento da população, ocorre o crescimento progressivo do consumo e demanda de água tratada. Esta situação é decorrente do aumento do número de pessoas na cidade; elas necessitam consumir maior quantidade de água tratada para atividades rotineiras diárias, tais como higiene, limpeza, alimentação, lavagem de roupas etc. Durante a festa, são montados vários acampamentos de romeiros em áreas públicas da cidade, que irão utilizar água de chafarizes públicos ligados à rede da Saneago. Várias famílias da cidade alugam quartos e banheiros para os visitantes, fato que contribui para o aumento do volume faturado em contas que estão regularizadas e cadastradas.

No período da festa também ocorre o aumento do índice de perdas, pois parte do abastecimento de água tratada desta população flutuante, é realizada pelos caminhões pipas, através de ligações temporárias sem medição e pelos chafarizes públicos. Durante a realização da festa, de 6 a 8 caminhões-pipa ficam durante quase 16 horas por dia, abastecendo banheiros públicos, barracas, praças e igrejas. A água utilizada para abastecer os caminhões é fornecida pelos hidrantes públicos, ligados à rede de distribuição. Não são feitas medição e controle da quantidade de água utilizada nesses hidrantes. Logo, não é contabilizada pela empresa a água distribuída e consumida pela população flutuante, fato que contribui para o aumento das perdas não faturadas neste distrito.

Pelo gráfico de controle, distinguem-se três períodos, conforme mostrados na figura 4.42.

Figura 4.42 - Gráfico de controle do volume diário produzido no mês de junho e parte de julho, conforme mostrado no caso 3 da figura 4.40.



- **Período antes da festa** - Observa-se pelo gráfico de controle que o consumo geral da população está abaixo da média pré-estabelecida anteriormente. Dos 19 pontos mostrados, 16 estão abaixo da linha média, determinado inicialmente para o gráfico. Nesse período, o estado de Goiás esteve também sob influência de massas de ar frio que vieram do sul do país, tornando o clima mais fresco e diminuindo o consumo médio diário de água tratada pela população.
- **Período durante a festa** - Após o dia 18, o gráfico mostra uma tendência progressiva de aumento do volume produzido diariamente. No gráfico, após esse período anterior, de 12 pontos, 10 estão crescentes, em relação ao anterior. A tendência coincide com o aumento progressivo da população flutuante, devido ao início da romaria. Esse crescimento termina no dia 1º de julho (domingo), no último dia da festa, que é também o dia do pico de consumo. Neste dia, existe a maior população flutuante do município. Após as 22:00, quando termina a última missa campal, há um progressivo esvaziamento da cidade e diminuição do consumo de água tratada.

- Período após a festa - A partir do dia 02 de julho, o volume produzido diariamente volta para patamares mais próximos da média. Porém, verifica-se que nos próximos 11 pontos, 10 encontram-se em patamares superiores à média de antes da festa, havendo uma mudança no comportamento do consumo, em comparação ao período anterior à festa.

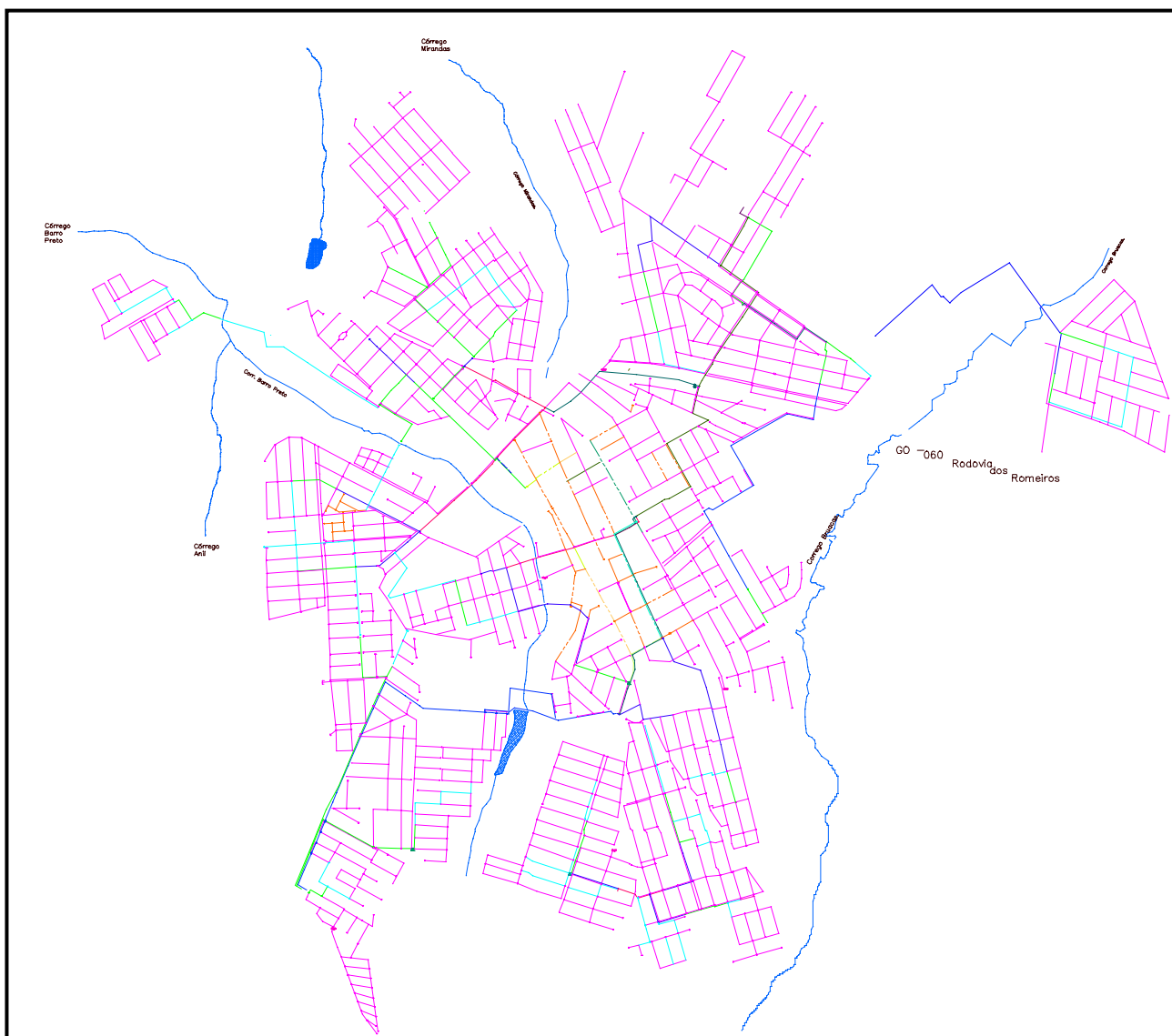
4.6.3 DIAGRAMA DE VISUALIZAÇÃO DE DEFEITOS

No sistema de Trindade, foi implantada uma versão do diagrama de visualização de defeitos. Foram digitalizadas as plantas do semicadastro (mapas de topografia) da empresa, que foram utilizadas como imagens *raster* no *software* AUTOCAD 14, para montagem do cadastro técnico informatizado de redes do distrito de Trindade. Foram levantadas no ano de 1999 todas as redes do sistema de distribuição da cidade. Posteriormente as redes foram lançadas no cadastro informatizado. Implantou-se este sistema como um projeto piloto, com várias rotinas para lançamento de todas as manutenções e intervenções efetuadas na rede de distribuição cadastradas nesta cidade. Por meio do Registro de Atividade (RA), preenchido manualmente pelo responsável pela equipe de manutenção, foram levantadas as seguintes informações, em cada intervenção na rede de distribuição: número da RA, diâmetro da rede, material, endereço completo, nome ou apelido do proprietário do imóvel, profundidade da rede e distância da rede a um ponto de referência (passeio, meio fio, calçada, padrão de água). Estas informações foram lançadas em cada endereço da planta montada da cidade, pelo mapa semicadastral.

Como uma das principais causas de perdas físicas são os vazamentos, por este modelo foi possível mapear todas as manutenções de redes durante o período de outubro de 1999 a abril de 2000. Por esse procedimento foi possível visualizar todas as intervenções realizadas na rede durante o período citado. Porém, não foi realizada a análise dos fatores que ocasionaram as manutenções e os problemas da rede, mostrados no diagrama. Em maio de 2000, essas atividades de marcação dos locais com problemas foram interrompidas.

A figura 4.43 mostra o modelo geral de cadastro técnico, digitalizado, do distrito de Trindade.

Figura 4.43 - Cadastro digitalizado de redes de distribuição de água tratada da cidade de Trindade.

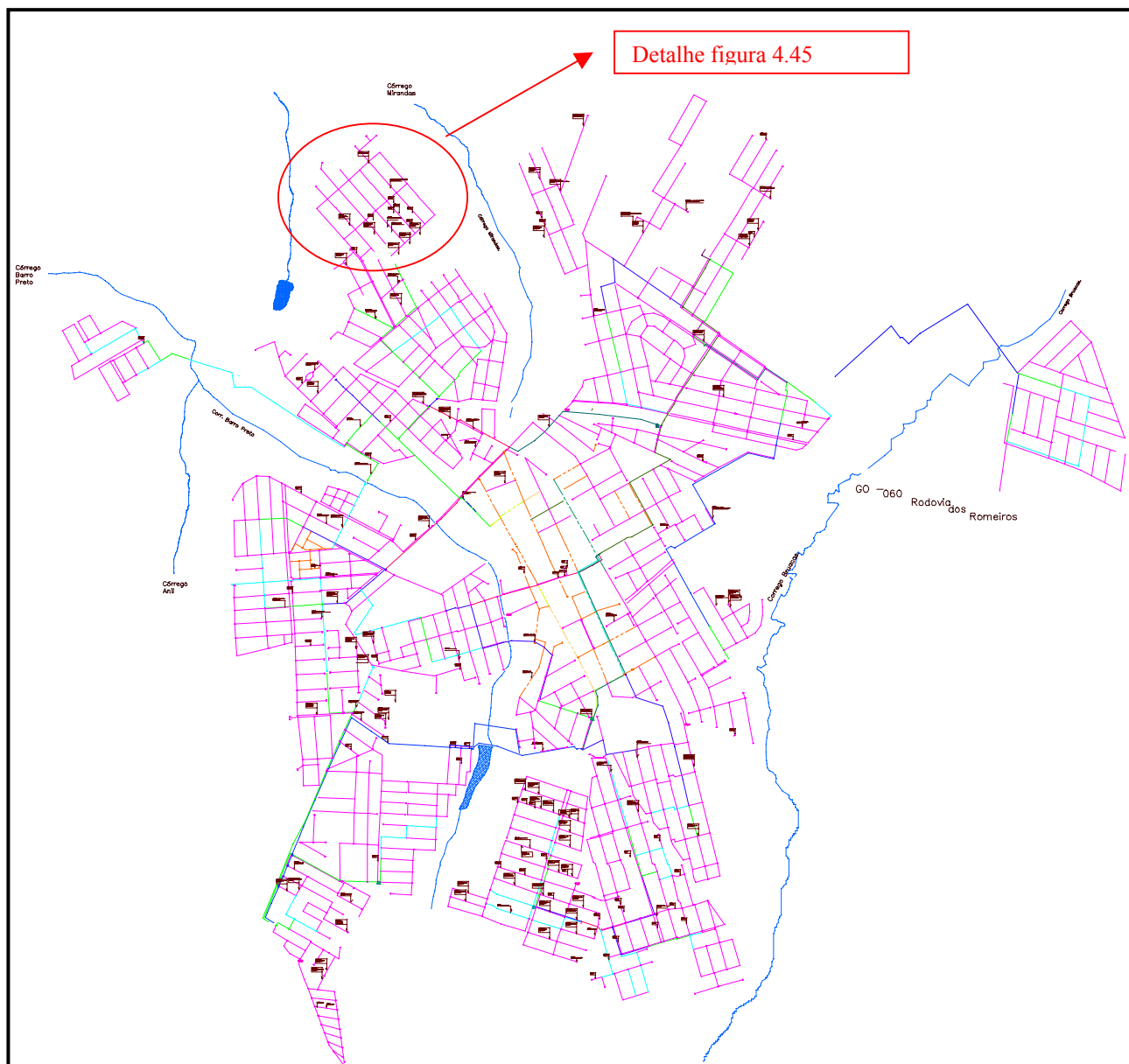


Fonte: Cadastro digitalizado de redes da cidade de Trindade (Saneago, 2000)

Na figura 4.44, verifica-se que há várias cores diferentes, sendo que cada uma delas representa um material e um diâmetro da rede de distribuição da cidade de Trindade.

Na figura 4.44 são mostradas todas as intervenções realizadas na RDA de Trindade, no período de outubro de 1999 a abril de 2000.

Figura 4.44 - Cadastro digitalizado de Trindade, onde foram plotado os pontos onde ocorreram intervenções na rede de distribuição. A área circulada em vermelho é detalhada na figura 4.46.

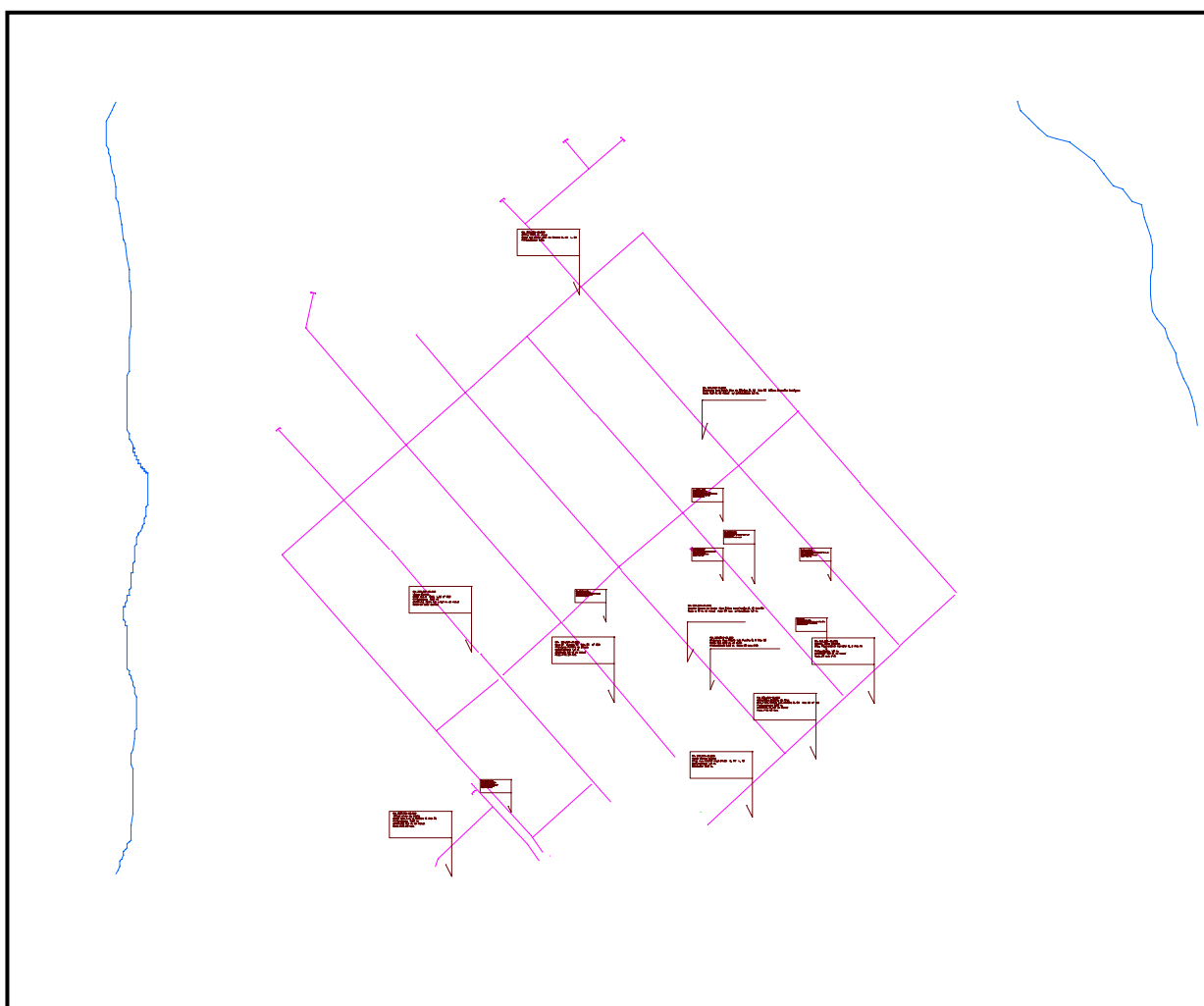


Fonte: Cadastro digitalizado de redes da cidade de Trindade (Saneago, 2000)

A figura 4.45 apresenta uma visão ampliada das informações que estão presentes no cadastro técnico das redes de Trindade. Nos locais onde ocorreram as intervenções na RDA, constam as seguintes informações: nº da RA, endereço completo do local onde houve a

intervenção da rede, o tipo de intervenção, a profundidade da rede, a distância da rede a um ponto de referência (meio fio, caixa do hidrômetro) e nome do proprietário ou solicitante do serviço.

Figura 4.45 - Detalhe da rede de distribuição onde ocorreram intervenções na rede de distribuição. São mostrados alguns pontos onde ocorreram intervenções.



Fonte: Cadastro digitalizado de redes da cidade de Trindade (Saneago, 2000)

Após o mês de maio de 2000 este trabalho foi paralisado no distrito de Trindade. Com isso não foram aproveitadas as informações levantadas neste trabalho para uma análise das possíveis causas que ocasionaram os problemas.

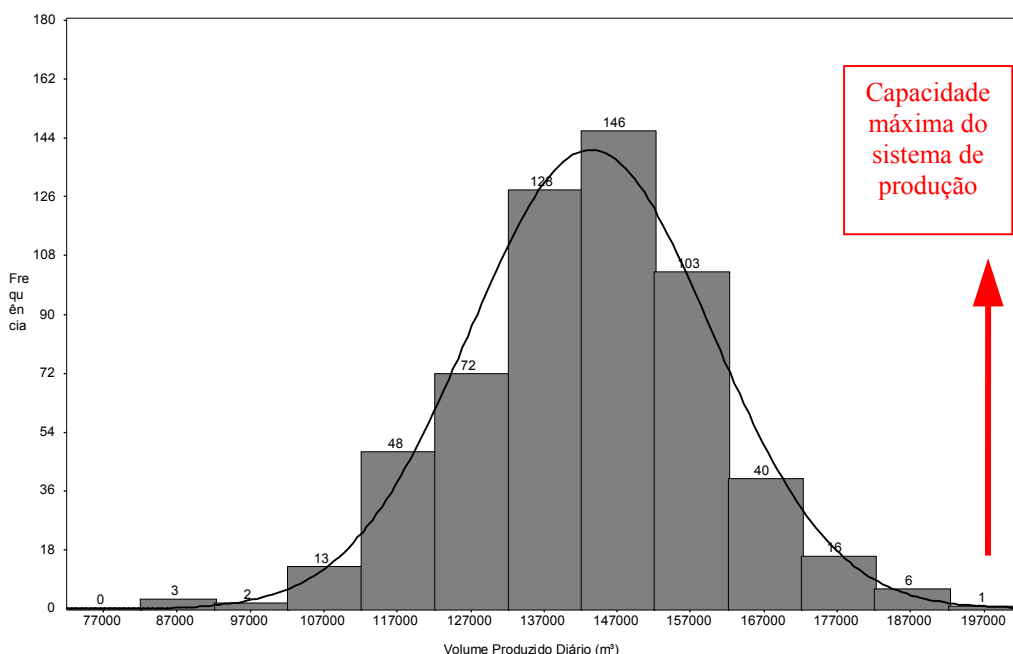
4.7 APLICAÇÃO DO CEP NA ANÁLISE DOS DADOS DE PRODUÇÃO DA ETA JOÃO LEITE

A partir de dados de produção coletados neste sistema será mostrado uma aplicação do CEP na análise destas informações. Será montado o histograma, representando a distribuição de freqüências do volume produzido nesta unidade, e o gráfico de controle mostrando os volumes produzidos. Tal como no exemplo anterior, estes são simples exemplos didáticos de aplicação, e por isso não foram implantados como rotinas e ferramentas gerenciais na empresa.

Com a utilização do *software* SIMSTAT, foi montado o histograma. Os dados utilizados foram os volumes produzidos diariamente, durante o ano de 2000 e de 01/2011 a 07/2001.

A figura 4.46 mostra o histograma com os dados do volume diário produzido da ETA João Leite, no ano de 2000.

Figura 4.46 - Histograma representando a vazão produzida diariamente na ETA João Leite, de 01/2000 a 07/2001.



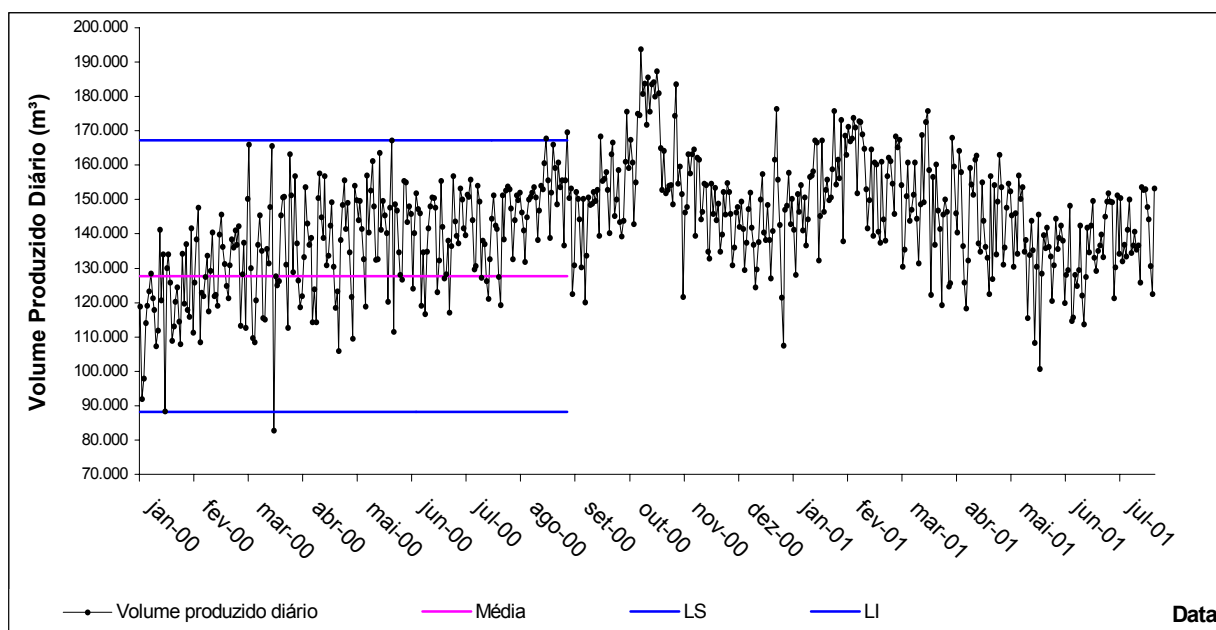
Verifica-se, pelo histograma, que existe tendência à normalidade dos dados. Com o incremento da quantidade de ligações e aumento crescente da demanda de água tratada na cidade de Goiânia, pode existir uma tendência para este histograma assumir uma assimetria negativa, aproximando-se os valores de produção durante o ano da capacidade máxima do sistema de produção. Outra situação pode ser uma mudança no ponto central.

4.7.1 MONTAGEM DO GRÁFICO DE CONTROLE DE PRODUÇÃO

O gráfico de controle de produção da ETA João Leite foi criada com a utilização dos dados de produção do ano de 2000 e dos meses de janeiro a julho de 2001. Com o uso das primeiras noventa leituras diárias, relativas aos meses de janeiro a março de 2000, foram calculados os limites de controle, para o gráfico do tipo x.

Pelo gráfico de controle plotado, verificou-se que os volumes produzido e distribuído, diariamente apresenta uma tendência crescente ao longo do tempo. Percebeu-se que os limites levantados com os dados do período de janeiro a março de 2000, juntamente com a média deste período, eram inadequados para este gráfico de controle após o mês de agosto de 2000 devido ao crescimento do consumo, conforme mostrado na figura 4.47.

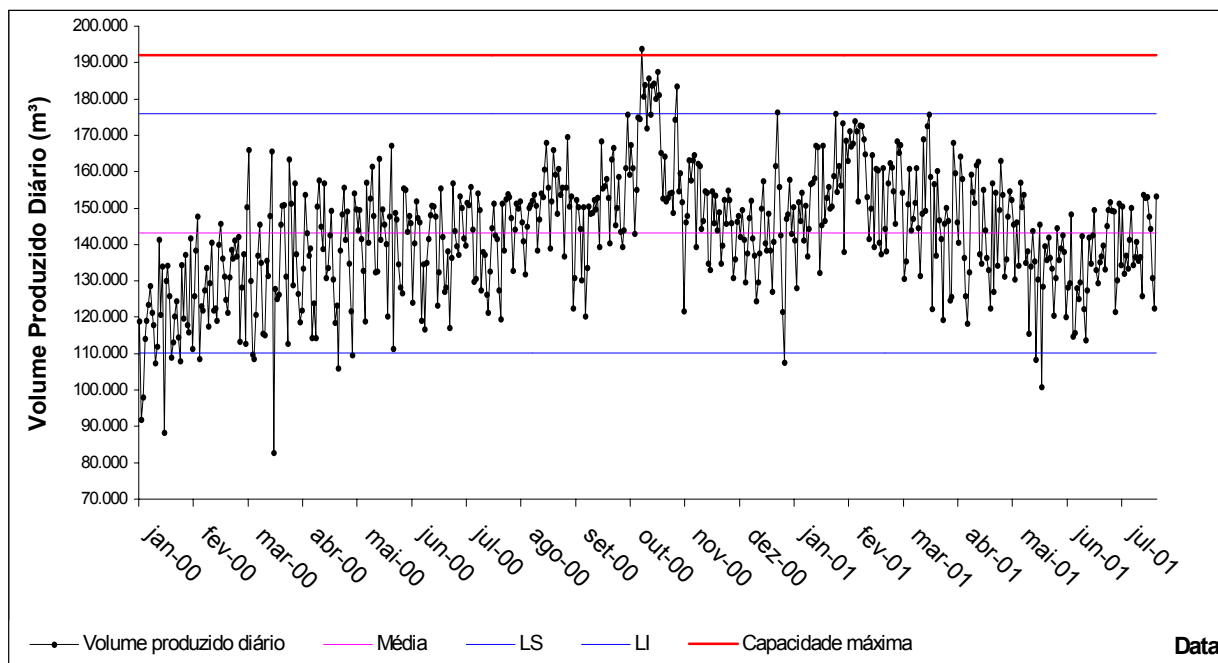
Figura 4.47 - Gráfico de controle com os dados de produção da ETA João Leite. Neste gráfico, foram estabelecidos os limites de controle com 90 leituras.



Após o mês de agosto, foram recalculados novos limites de controle, considerando as 90 leituras anteriores. Estes dados foram referentes aos meses de junho a agosto de 2000. Como existe uma tendência crescente dos consumo médio de cada trimestre, optou-se com estabelecimento dos limites de controle com o cálculo de todos os valores. Desta forma, pode-se estabelecer os limites considerando todos os períodos do ano com as variações sazonais de

consumo. A figura 4.48 mostra o gráfico de controle com os novos limites e médias estabelecidos.

Figura 4.48 - Gráfico de controle dos volumes diários produzidos na ETA João Leite, durante o ano de 2000 e de janeiro a julho de 2001.



Pelo gráfico de controle, foram verificados vários pontos fora dos limites de controle. Os possíveis fatos que possam ter ocorrido no ano de 2000 que ocasionaram esta anormalidade foram pesquisados. Porém, não foi possível identificar as causas destas situações. No entanto, o gráfico serve como modelo de análise do comportamento macro do consumo de quase 50 % da população de Goiânia, que é abastecida por este sistema.

No gráfico foi acrescentada a linha de capacidade máxima da produção do sistema João Leite. Verificou-se, conforme figura 4.49, que o sistema trabalhou, em grande parte do ano, com capacidade de reserva e folga. Mas no mês de outubro de 2000, o sistema aproximou-se durante alguns dias de seu limite de produção. Nesse mês, o maior volume produzido coincidiu com o fim da estação seca na região Centro-Oeste. Como é o mês com maior temperatura média durante o ano, o consumo de água tratada pela população aumenta.

Estes valores mostrados na figura 4.48, de limites de controle e a média, podem ser utilizados como parâmetros de trabalho para uma futura implantação do gráfico de controle neste sistema como uma ferramenta gerencial de análise.

4.8 RESUMO DO CAPÍTULO

Neste último capítulo, a sistemática proposta foi testada em três sistemas. Em uma situação (Projeto Jardim América – Goiânia) foram utilizados parcialmente as duas principais etapas da metodologia proposta: levantamento dos dados e análise das informações. Em dois sistemas (Trindade e ETA João Leite) foi utilizada somente a segunda etapa da metodologia, e feitas as análises dos dados e informações com algumas das ferramentas estatísticas da Qualidade.

Foram criadas as condições, conforme descrito na 1ª etapa da metodologia, para levantar os dados de um setor de Goiânia (Jardim América). Inicialmente, foi setorizada uma região de distribuição, que estava com o cadastro atualizado. Posteriormente, houve a instalação da macromedição. Com as informações da macromedição, foi possível determinar os volumes macromedidos distribuídos no setor. Para levantar as informações do volume total micromedido no setor foi utilizado um sistema de informações (SICOP). Desta forma, foi possível chegar ao indicador setorial de perdas desta área e chegar à 2ª etapa da metodologia, que é analisar os dados, juntamente com a proposição de ações corretivas, realizadas para combater as perdas. Utilizando-se as Ferramentas Estatísticas da Qualidade, foi mostrado como é possível a utilização destas para auxiliar o gestor de um programa de controle de perdas a analisar o processo de distribuição. Destacam-se, a seguir, as principais aplicações:

- Com o uso dos gráficos lineares, foi mostrado o acompanhamento de indicadores de perdas do setor e como os ciclos de produção / comercial influenciam nos valores dos indicadores de perdas.
- Em outra situação, foi realizada uma análise, através do CEP e do diagrama de Ishikawa, do volume distribuído na região, uma das variáveis que irá gerar o indicador de perdas setorial. Pelo acompanhamento da variação do volume distribuído setorial é possível detectar situações anormais, que podem estar associadas às situações de desperdícios, tais como: vazamentos, descargas de rede, manutenções e consumos clandestinos.

- Outras ferramentas (gráficos de dispersão) foram utilizadas para a análise de outra variável, que é o consumo faturado individual e como este pode interferir no volume faturado total de um setor de controle.

No caso de Trindade, foram utilizados os dados de produção e distribuição no nível macro do sistema, como um exemplo possível de ser implantado no distrito, para avaliação do comportamento de consumo de água tratada da população com a utilização do CEP. Em uma avaliação eficaz, buscando-se um controle de perdas, seria necessária a utilização do CEP desde no nível macro (geral) até a nível micro (pequenos setores e regiões). Desta forma, seria possível avaliar o processo de distribuição com um todo, a partir das pequenas regiões ou setores, verificando-se a influência de situações anormais (nos gráficos de controle setoriais) que podem afetar o nível macro do sistema.

Como último exemplo, no caso da ETA João Leite, foi mostrada uma aplicação do CEP no nível macro do sistema. Esta ferramenta foi utilizada para análise do comportamento macro de distribuição do sistema que abastece, aproximadamente 50%, da população de Goiânia.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

Este trabalho propôs a elaboração de uma sistemática. Nela foram descritos os passos necessários para se fazer o planejamento de atividades para controle de perdas num sistema de abastecimento de água. Esta sistemática foi composta, basicamente, de duas etapas distintas. A primeira etapa foi a preparação do sistema para a coleta de dados, que possibilitou o levantamento dos dados e indicadores de perdas setoriais, de forma a se buscar a exatidão das informações. Foram analisados os procedimentos básicos da área operacional, administrativo-comercial e de apoio de informática que possibilitaram a obtenção dos dados de micro a macro regiões de um sistema de abastecimento. A segunda etapa foi realizada após o levantamento dos dados, quando foi realizada a análise das principais informações levantadas na etapa anterior, com o uso das ferramentas Estatísticas da Qualidade. Por essa análise, foi possível auxiliar no gerenciamento do sistema, direcionando as ações de combate a perdas baseadas em critérios racionais e técnicos.

Um das aplicações da sistemática ocorreu com os dados de uma micro região abastecida de água tratada de Goiânia (Jardim América). Outra aplicação ocorreu com os dados de produção do sistema de Trindade e da ETA João Leite (Goiânia).

O estudo da região do projeto piloto do Jardim América possibilitou que os passos necessários, mostrados na proposta da sistemática, fossem seguidos parcialmente. Não foram utilizados determinados procedimentos, previstos neste processo, tais como montagem e atualização do cadastro técnico, montagem do cadastro comercial e a micromedição do setor, porque esse setor já atendia às condições previstas quando o estudo foi iniciado. Conseqüentemente, foi demonstrando que a proposta apresentada é exeqüível e, desta forma, o objetivo inicial proposto pelo estudo foi atingido parcialmente. A partir da experiência obtida nesta pequena região, é possível desenvolver a aplicação real do modelo em regiões maiores, implantando as mesmas como atividades gerenciais de rotina da empresa. Posteriormente, pode-se cumprir todas as etapas previstas na sistemática, envolvendo os processos de um sistema de abastecimento de água, com a possível validação total da sistemática proposta. Para isso, é necessário um planejamento de atividades, para a implantação das atividades do nível de macro até micro regiões, envolvendo decisões desde o

nível estratégico até o operacional. Futuras etapas deste trabalho envolveriam treinamento de pessoal, treinamento de gerentes, definição de responsabilidades e definição de rotinas (relatórios gerenciais, modelo de coleta de dados etc.).

A redução do índice de perdas da região estudada, no Jardim América, foi obtida através das ações realizadas. Demonstrou-se a viabilidade de implantação das Ferramentas Estatísticas da Qualidade (FEQ) como um instrumento gerencial para análise dos dados da região que será controlada. O uso das FEQ auxilia o gestor no processo de controle de perdas. Foram apresentadas as várias aplicações possíveis das FEQ. Dentre os vários resultados alcançados, com a utilização destas ferramentas, serão citados os principais:

- Definição de um modelo de utilização do CEP para avaliação dos dados diários do volume distribuído em um setor. Constatou-se que o volume distribuído é um dos principais dados geradores do indicador de perdas em uma região. Por essa análise, é possível acompanhar a distribuição diária de um setor, associando possíveis anormalidades e as causas de perdas físicas no setor.
- Uso dos gráficos lineares como instrumento de acompanhamento gerencial do indicador de perdas em determinado setor. Com o uso deste gráfico, foi observada diferença nos indicadores de perdas, de acordo com a utilização do modelo de adaptação dos ciclos comercial e de produção. Foi verificada a influência dos modelos de ciclos nos resultados dos indicadores de perdas.
- Uso dos gráficos de dispersão na análise de dados comerciais de um setor em estudo. Os gráficos foram utilizados para análise de contas, buscando situações fora do padrão normal. Constatou-se que essas anormalidades detectadas poderiam estar associadas às perdas não físicas (perdas da área comercial).
- Uso do diagrama de Ishikawa como ferramentas auxiliares na avaliação de problemas que ocasionam perdas nos sistemas. Pelo diagrama de causa efeito, foi possível

identificar as várias causas dos problemas que poderiam estar ocasionando perdas no sistema ou na região em estudo.

- Uso do diagrama de Pareto para estabelecer ações prioritárias no combate a perdas. A partir do estudo desta pequena região, pôde-se utilizar os resultados alcançados (Diagrama de Pareto desta região) em trabalhos futuros. Como exemplo, estabelecer as futuras prioridades de ações de combate a perdas para regiões vizinhas que possuam características sociais, físicas e econômicas semelhantes da região pesquisada. Outra aplicação importante é a utilização do diagrama de Pareto para estabelecer prioridades de setores onde será efetuadas ações de controle de perdas.
- Uso do diagrama de visualização de defeitos para locação de defeitos em redes e a realização de posterior análise das prováveis causas que provocaram estes vazamentos.
- O uso do histograma para avaliação de dados de produção diária, como também para avaliação dos resultados de testes de hidrômetros.
- As ferramentas, combinadas e integradas, foram aplicadas na identificação e na resolução de problemas de combate às causa das perdas.

Embora as aplicações do CEP, mostradas nos exemplos da cidade de Trindade e da produção da ETA João Leite, estivessem associadas à produção geral do sistema, no nível macro mostraram a possibilidade de uso do CEP como ferramenta de acompanhamento, controle e gestão no segundo e o terceiro casos estudados. Nessa situação, houve também a validação parcial da sistemática, que mostrou a utilização do CEP como uma atividade para monitoramento geral e como instrumento de controle que poderia auxiliar nas atividades de controle de perdas. Esses casos serviram para mostrar a aplicação no nível geral do sistema, conforme é apresentado no item 3.3.5.1 nas páginas 105 e 106.

Na parte de aplicação prática do trabalho foram avaliadas as várias dificuldades para a implantação de um programa de redução de perdas numa organização que é caracterizada como burocrática e departamentalizada. Nessa estrutura, onde as atividades são especializadas por áreas (administrativa, comercial, informática, projetos, manutenção de redes, produção, cadastro, pitometria, obras), existe uma enorme dificuldade de integração de atividades. Esta integração, que é a base para que possa existir um programa desta natureza na organização, envolve vários setores. Nesse sistema departamental, constata-se que existe um vazio de delegação de funções e atividades a serem desempenhadas pelas unidades. Muitas vezes, para determinadas atividades, não é determinado o responsável por determinado processo. Verificou-se que falta também uma coordenação geral para a execução e a integração de um programa de controle de perdas. Uma possível solução para esta situação seria a busca da mudança da estrutura burocrática/departamental vigente por uma gestão por processos.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No presente trabalho, foi utilizada a sistemática proposta, para estudo de dados e indicadores de uma pequena região da cidade de Goiânia. Esta pequena região representa aproximadamente 0,1 % do total de ligações do sistema de distribuição da cidade de Goiânia. Como sugestão, pode-se fazer uma pesquisa voltada para um sistema de abastecimento completo, que implementaria a sistemática proposta junto com as ferramentas estatísticas para análise, em todas as fases de um sistema, desde micro regiões até as macros regiões. Porém, um trabalho deste porte demandaria um longo tempo, além de necessitar de grandes recursos materiais e financeiros.

O estudo de novas aplicações das ferramentas estatísticas básicas da qualidade no processo de controle de perdas. Nesta pesquisa, foram mostradas poucas e limitadas aplicações para análise num determinado setor com o uso das FEQ. A utilização das FEQ, em uma grande região de estudo, proposta no item anterior, pode levantar novos tipos de problemas e situações, podendo levar a novas pesquisas e aplicações, utilizando-se as FEQ para estudo de avaliação de perdas.

O estudo da aplicação das ferramentas estatísticas avançadas nos processos de controle de perdas. Nesta pesquisa, seria estudada a utilização dos métodos avançados, tais como planejamento de experimentos, análises multivariadas, teoria da pesquisa por amostragens e métodos para estimativas juntamente com testes estatísticos.

O estudo das principais causas que ocasionam o fracasso de um programa de redução de controle de perdas, em empresas estatais de saneamento. Este estudo pode envolver questões de RH, gestão dos processos, estrutura da organização, influência política, falta de definição de prioridades, falta de uma gestão empresarial e várias outras, que acabam interferindo para a não obtenção dos resultados esperados. Como resultado destas causas levantadas, as empresas continuam apresentando altos patamares nos valores de índices de perdas.

O planejamento estratégico, como uma das principais necessidades para se implementar um programa de redução de perdas nas empresas de saneamento. Este estudo pode avaliar como a falta de planejamento é um empecilho para a implementação de um programa desta natureza dentro das organizações, numa situação onde o imprevisto, o amadorismo empresarial, trabalhos baseados em tentativas e erros, desperdícios de recursos, falta de direcionamento de investimentos e falta de continuidade de programas acabam sendo rotinas dentro das empresas de saneamento. Como consequência da falta de planejamento estratégico, permanecem os altos índices de perdas e desperdícios de água.

O setor de saneamento é um dos vários problemas do setor público que afetam as grandes metrópoles brasileiras. A gestão eficiente dos vários processos de serviços públicos para atender à população das grandes cidades, somente é possível pela atuação setorial. O uso das ferramentas estatísticas, juntamente com a sua setorização, possibilita a análise de outros tipos de problemas que afetam as grandes cidades. Pode-se sugerir a aplicação destas ferramentas na avaliação de outros indicadores setoriais, tais como: controle de perdas setoriais de energia elétrica, avaliação de indicadores setoriais de atendimento de saúde à população, avaliação de indicadores setoriais de atendimento policial, avaliação de indicadores setoriais de educação e outros serviços públicos. Por esta análise setorial, pode-se procurar as soluções, priorizando ações nas causas de problemas, acompanhando indicadores setoriais e a avaliação dos dados, procurando-se uma melhora do todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Wolney Castilho, COSTA, Alberto J.M.P., GOMES, José Sanchez, NILDA, Osvaldo Ioshio. **Macromedicação**. Versão preliminar, Brasília:SEPURB, 1999a, 48p.

ALVES, Wolney Castilho, COSTA, Alberto J.M.P., GOMES, José Sanchez, PEIXOTO, João Batista, LEITE, Sylvio Ribeiro. **Micromedicação**. Versão preliminar. Brasília : SEPURB, 1999b, 96 p.

BAGGIO, Mario Augusto. **Perdas de Água: Um novo enfoque para evita-las**. In: 1º Simpósio Internacional sobre Gestão Operacional em Saneamento, 1998, Salvador, 11p.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 2. ed., Florianópolis : UFSC, 1998, 283 p.

BNDES. **Informe de Infra Estrutura**. Brasília, 1998, 12 p.

COELHO, Adalberto Cavalcanti. **Medição de água e controle de perdas**. Rio de Janeiro:ABES, 1983, 339 p.

DANTAS, Maria da Paz, GONÇALVES, Elton, MACHADO, Miguel Ribeiro. **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, 1999, p.1586-1594

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

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total, à maneira Japonesa**. 6. ed., Rio de Janeiro: Campus, 1993, 221 p.

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

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

LOPES, Paulo Afonso. **Probabilidades & Estatística**. 1. ed. Rio de Janeiro: R&A, 1999, 174 p.

MARTINS, José Augusto Martins. Reservatórios de Distribuição de Água. In: PEREIRA, Benedito E. Barbosa, OLIVEIRA, Walter Engrácia, GAGLIONE, S., YASSUDA, Eduardo R., NOGAMIA, Eduardo, PEREIRA, Benedito Eduardo Barbosa. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água – Volume I**. 3. ed, São Paulo:CETESB, 1987, 549 p.

MEDEIROS, Elio da Silva, MEDEIROS, Ermes da Silva. **Matemática e Estatística Aplicada**. 1. ed. São Paulo:Atlas, 1999, 165 p.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction Statistical Quality Control**. 3th ed. EUA : John Wiley, 1997. 677 p.

OLIVEIRA, Marcos Antonio Lima. **Artigos sobre Qualidade: Indicadores de Desempenho**. Disponível em: <<http://jasconsultoria.vila.bol.com.br/artigoinddesemp.htm>> Acesso em 02/2001.

OLIVEIRA, Sidney Taylor. **Ferramentas para aprimoramento da Qualidade**. 1. ed. São Paulo: Pioneira, 1996, 114 p.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2000, 330 p.

RAMOS, Alberto Wunderley. Controle Estatístico de Processo. In: CONTADOR, José Celso et al. **Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997, 593 p.

SANEAGO. **Boletim Informativo mês de maio/2001**. Goiânia : Saneago, 2001, 165p.

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

SANTOS, Fernando Inácio, ZORZATTO, José Roberto, VAL, Luiz Augusto Araújo, STEFFEN, Jorge Luiz. **Avaliação do Desempenho de Hidrômetros em Sistemas de Abastecimento de Água**. In: 20º Congresso de Engenharia Sanitária Rio de Janeiro, 1999, p.1493-1500

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

SCHISSATTI, Márcio Luiz. **Uma Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o Controle de Processos**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC , 1998.

SILVA, Ricardo Toledo, CONEJO, João Gilberto Lotufo, ALVES, Rodrigo Flecha Ferreira, MIRANDA, Ernani Círiaco. **Indicadores de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2. ed., Brasília : SEPURB , 1999, 70 p.

SLACK, Nigel, CHAMBERS, Stuart, HARLAND, Christine, HARRISON, Alan, JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1997, 726 p.

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

WADSWORTH, Harrison M.; STEPHENS, Kenneth S.; GODFREY, A. Blanton. **Modern Methods for Quality Control and Improvement**. EUA: John Wiley, 1986, 690 p.

YOSHIMOTO, Paulo Massato, FILHO, Jairo Tardell, SARZEDAS, Guaraci Loreiro. **Controle de Pressão na Rede**. Brasília:SEPURB, 1999, 40p.

BIBLIOGRAFIA

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

FALCONI, Vicente. **Gerenciamento da Rotina**. 5. ed., Belo Horizonte:EDG, 1994, 276p.

GIANESI, Irineu N., CORRÊA, Henrique Luiz. **Administração Estratégica de Serviços**. 1.ed., São Paulo:Atlas, 1994, 233p.

KUROKAWA, Edson. **Manual de treinamento do SICOP (Sistema de Controle de Perdas)**. Goiânia: SANEAGO, 2000. 48 p.

LAMBERT, Alam, HIRNER, W. **Losses from Water Supply System: Standard Terminology and Recommended Performance Measures**. International Water Association, 2000, 13 p.

MEDEIROS, João Bosco. **Redação Científica**. 4. ed., São Paulo:Atlas, 1999, 237 p.

PIRES, Márcio de Souza. **Gestão Estratégica da Qualidade**. Florianópolis: GAV-UFSC, 2000, 122 p.

SANEAGO. **Cadastro Técnico de redes de Trindade**. Trindade, 2000.

SILVA, Edna Lúcia , MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2000, 118p.

Anexo 1 - Resultados dos ensaios de laboratórios dos hidrômetros do Jardim América.

Item	CONTA	CAP.M3	RESULT.(%)	Item	CONTA	CAP.M3	RESULT.(%)
1	78484-2	3	0,06	66	66621-1	3	-0,07
2	160949-1	3	-0,19	67	67506-7	3	0,00
3	76566-0	3	0,24	68	357969-7	3	0,00
4	66996-2	3	-0,33	69	66429-4	3	-0,04
5	166049-7	3	0,05	70	561581-0	3	-0,07
6	133192-2	3	-0,18	71	78485-0	3	0,00
7	153411-4	3	-0,33	72	77535-5	3	-0,02
8	67916-0	3	0,04	73	357967-0	3	0,06
9	167580-0	3	-0,02	74	837882-3	3	0,06
10	65061-7	3	-0,30	75	90519-0	3	0,00
11	163625-1	3	-0,05	76	77624-6	3	-0,03
12	66446-4	3	-0,49	77	75139-1	3	-0,02
13	65358-8	3	-0,45	78	66755-2	1,5	-0,04
14	66752-8	3	-0,30	79	66756	1,5	-0,65
15	76861-8	3	-0,02	80	67523	1,5	-1,00
16	65062-5	3	0,00	81	73077	1,5	-0,03
17	73858-1	2	-0,19	82	74333	1,5	-0,84
18	66432-4	3	0,02	83	371535-3	3	0,00
19	65347-0	3	0,00	84	66433-2	3	0,00
20	65135-4	3	-0,47	85	138299-3	3	-0,36
21	0085865-0	3	0,03	86	361057-8	3	-0,17
22	0829530-1	3	-0,04	87	854468-9	3	0,02
23	0075459-5	3	0,01	88	95524-8	3	-0,08
24	074729-7	3	-0,01	89	67604-7	3	-0,03
25	0067522-9	3	-0,97	90	76982-7	3	-0,05
26	0085859-5	3	0,01	91	816706-0	3	0,02
27	0090143-1	1,5	-0,01	92	65214-8	3	0,00
28	0066436-7	3	0,00	93	173779-1	3	0,00
29	73461-6	3	0,00	94	372980-0	3	0,00
30	72958-2	1,5	-0,87	95	66452-9	3	0,00
31	67772-6	3	-0,02	96	66435-9	3	0,04
32	77152-0	1,5	-0,06	97	176603-1	3	-0,07
33	65086-2	1,5	-0,22	98	172529-7	3	0,00
34	69896-2	1,5	-0,02	99	72713-0	3	-0,11
35	65133-8	1,5	-0,53	100	78033-2	1,5	-0,04
36	68429-5	3	-0,04	101	87849-9	3	0,00
37	66753-6	3	-0,42	102	76375-6	3	0,00
38	67118-5	1,5	-0,51	103	173787-2	3	0,00
39	130166-7	1,5	0,00	104	71963-3	1,5	0,08
40	126240-8	1,5	-0,03	105	66932-6	1,5	-0,05
41	89797-3	1,5	-0,01	106	65197-4	1,5	-0,10
42	72898-5	1,5	0,00	107	80945-4	1,5	0,00
43	70170-0	3	0,00	108	70318-4	1,5	-0,03
44	89489-3	1,5	0,01	109	165474-8	1,5	0,01
45	92491-1	1,5	-0,28	110	90203-9	1,5	0,00
46	68126-1	1,5	0,00	111	69496-7	1,5	0,01
47	167639-3	1,5	-0,01	112	88481-2	1,5	0,02
48	76428-0	1,5	-0,18	113	68428-7	1,5	0,00
49	92403-2	1,5	-0,32	114	84359-8	1,5	0,01
50	67915-1	3	-0,06	115	115656-0	1,5	-0,08
51	73361-0	1,5	-0,22	116	70169-6	1,5	0,00
52	88625-4	1,5	-0,02	117	133809-9	1,5	-0,65
53	72710-5	1,5	FURADO *	118	123025-5	1,5	0,00
54	87909	1,5	-0,06	119	72607-9	1,5	-0,02
55	112809	1,5	-0,02	120	131761-0	1,5	0,00
56	151761	1,5	-0,05	121	73074-2	1,5	-0,33
57	172531	1,5	-0,06	122	67616-0	1,5	1,00
58	65205-9	3	-0,03	123	70524-1	1,5	-0,29
59	66987-3	3	-0,03	124	67777-9	1,5	0,02
60	355979-3	3	-0,36	125	80190-9	1,5	-0,03
61	75458-7	3	-0,02	126	69561-0	1,5	-0,95
62	854453-0	3	0,00	127	123684-9	1,5	-0,22
63	66454-5	3	-0,01	128	136893-1	3	-0,02
64	854453-6	3	0,00	129	64867-1	3	0,01
65	74092-6	3	-0,05	130	76981-9	3	0,00

Anexo 2 a - Estimativa de custos de implantação de atividades comerciais e instalação da VRP

Estimativa de custos					
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
1	Oficina de manutenção de hidrômetros				
1,1	Kit de reparos de hidrômetros de capacidade 1,5 e 3,0 m³ - preço médio de várias marcas com IPI e outros impostos incluso.	ud	130	R\$19,00	R\$2.470,00
1,2	Mão de obra utilizada para reparos de hidrômetros	ud	130	R\$4,48	R\$582,40
				Subtotal	R\$3.052,40
2	Retirada e troca de hidrômetros. Serviços de campo com lacração dos mesmos.				
2,1	Serviços de encanador considerando 100% de encargos sociais.	horas	65	R\$3,20	R\$208,00
2,2	Veículo utilizado para os serviços	horas	65	R\$7,00	R\$455,00
2,3	Materiais: veda rosca, conexões hidráulicas, peças etc.	ud	130	R\$2,00	R\$260,00
2,4	Lacre	ud	237	R\$1,50	R\$355,50
				Subtotal	R\$1.278,50
				Total	R\$4.330,90
Obs.: Considerando as atividades como rotina. Foi desconsiderado as atividades desempenhadas pelo comitê e gerências envolvidas no processo.					

Estimativa de custos					
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
1	Peças e equipamentos para montagem da Válvula redutora de pressão dn 50 mm.				
1.1	Válvula redutora de pressão dn 50 mm.	ud	1	R\$1.980,00	R\$1.980,00
1.2	Adaptador bolsa flange PVC 50 mm	ud	2	R\$15,00	R\$30,00
1.3	Materiais: veda rosca, conexões hidráulicas, peças etc.	vb	1	R\$60,00	R\$60,00
1.4	Tubo de concreto para montagem de caixa com tampa.	ud	1	R\$150,00	R\$150,00
				Subtotal	R\$2.220,00
2	Serviço de montagem de válvula redutora de pressão.				
2.1	Serviços de equipe montagem c/ 100% encargos sociais	horas	8	R\$25,00	R\$200,00
2.2	Veículo com retroescavadeira utilizado para os serviços	horas	8	R\$25,00	R\$200,00
				Subtotal	R\$400,00
				Total	R\$2.620,00

Anexo 2 b - Estimativa de retorno para atividades da área comercial e controle de pressão no setor do Jardim América.

Tarifa média R\$1,06 por m³.

Mês	Perdas	Vol. Macro.(m³)	Diferença	Somatório	Valor atividades comerciais
jun/00	26,56	6.014			R\$4.330,90
jul/00	26,80	6.236			R\$4.330,90
ago/00	25,32	6.822			R\$4.330,90
set/00	18,85	5.619	R\$437,64	R\$437,64	R\$4.330,90
out/00	25,06	7.021	R\$86,63	R\$524,26	R\$4.330,90
nov/00	20,44	5.959	R\$364,07	R\$888,33	R\$4.330,90
dez/00	20,85	5.644	R\$320,21	R\$1.208,54	R\$4.330,90
jan/01	20,63	6.656	R\$393,48	R\$1.602,02	R\$4.330,90
fev/01	19,38	6.485	R\$468,83	R\$2.070,85	R\$4.330,90
mar/01	20,70	5.488	R\$320,25	R\$2.391,10	R\$4.330,90
abr/01	20,32	5.488	R\$345,14	R\$2.736,24	R\$4.330,90

Obs.: Diferença é a relação entre a média das perdas dos meses 06, 07 e 08/2000 e do mês relacionado, multiplicado pela estimativa do valor médio das contas

Mês	Perdas (%)	Vol. Fat.(m³)	Diferença (R\$)	Economia (R\$)	Valor inst. VRP (R\$)
fev/01	20,32	6.485	R\$0,00	R\$0,00	R\$2.620,00
mar/01	14,97	5.488	R\$310,58	R\$310,58	R\$2.620,00
abr/01	15,24	5.560	R\$298,72	R\$609,30	R\$2.620,00
mai/01	13,29	4.348	R\$322,97	R\$932,27	R\$2.620,00
jun/01	19,22	4.030	R\$47,19	R\$979,46	R\$2.620,00
jul/01	11,64	4.656	R\$427,18	R\$1.406,64	R\$2.620,00
ago/01					R\$2.620,00
set/01					R\$2.620,00
out/01					R\$2.620,00
nov/01					R\$2.620,00
dez/01					R\$2.620,00

Obs.: Diferença é a relação entre a média das perdas dos meses 11/2000 a 02/2001 e do mês relacionado, multiplicado pela estimativa do valor médio das contas

Anexo 3

Relação de clientes do projeto piloto do Jardim América

Tabela 1 - Todos os clientes da região piloto com contas ativas

Item	Conta	Nome	Média 6 meses	Área (m²)	Categoria	Consumid.	Obs.
1	163044-x	aaaaaaaaa	7	40	3		
2	167585-x	aaaaaaaaa	6	50	3	6	
3	160949-x	aaaaaaaaa	5	100	2	2	
4	88332-x	aaaaaaaaa	17	220	1	7	
5	167639-x	aaaaaaaaa	18	160	1	4	
6	72607-x	aaaaaaaaa	18	140	1	7	
7	70120-x	aaaaaaaaa	7	56	2	3	
8	92403-x	aaaaaaaaa	15	180	2	9	
9	115656-x	aaaaaaaaa	52	120	1		
10	73363-x	aaaaaaaaa	52	120	1	12	4 econ x 3 unid
11	66437-x	aaaaaaaaa	46	250	1	12	3 econ. X 4 unid.
12	91171-x	aaaaaaaaa	46	590	1	6	
13	69567-x	aaaaaaaaa	2	60	1	3	
14	73361-x	aaaaaaaaa	12	70	1	5	
15	74729-x	aaaaaaaaa	6	100	3	3	
16	133809-x	aaaaaaaaa	16	50	1	6	
17	123025-x	aaaaaaaaa	9	50	1	3	
18	869177-x	aaaaaaaaa	9	30	1	4	
19	869178-x	aaaaaaaaa	7	50	1	2	
20	75558-x	aaaaaaaaa	17	100	1	1	Imóvel desabitado
21	1028908-x	aaaaaaaaa	16	100	1	7	
22	75633-x	aaaaaaaaa	40	180	1	5	
23	902613-x	aaaaaaaaa	11	45	2	1	Imóvel desabitado
24	66753-x	aaaaaaaaa	34	210	1	20	4 econ x 5 unid
25	75632-x	aaaaaaaaa	32	90	1	5	
26	89489-x	aaaaaaaaa	38	340	1	4	
27	92491-x	aaaaaaaaa	21	70	1	2	
28	86975-x	aaaaaaaaa	34	110	1	9	3 econ. X 3 unid.
29	984879-x	aaaaaaaaa	44	150	1	4	
30	984875-x	aaaaaaaaa	47	150	1	4	
31	65303-x	aaaaaaaaa	10	150	1	5	
32	66752-x	aaaaaaaaa	21	100	1	2	
33	1003534-x	aaaaaaaaa	8	40	1	3	
34	65322-x	aaaaaaaaa	16	70	1	6	2 econ. X 3 unid.
35	131761-x	aaaaaaaaa	2	80	1	2	
36	91534-x	aaaaaaaaa	12	100	1	3	
37	173787-x	aaaaaaaaa	5	20	2	3	
38	173788-x	aaaaaaaaa	1	25	2	25	5 l/ m²
39	372980-x	aaaaaaaaa	15	105	1	3	
40	855453-x	aaaaaaaaa	4	30	2	2	
41	64992-x	aaaaaaaaa	18	130	1	6	
42	123684-x	aaaaaaaaa	11	115	2	2	
43	65133-x	aaaaaaaaa	64	175	2	4	
44	801983-x	aaaaaaaaa	7	40	1	3	
45	901180-x	aaaaaaaaa	13	126	1	2	
46	77625-x	aaaaaaaaa	25	200	1	6	
47	65403-x	aaaaaaaaa	24	150	1	12	3 econ. X 4 unid.

Item	Conta	Nome	Média 6 meses	Área (m²)	Categoria	Consumid.	Obs.
48	837878-x	aaaaaaaaa	9	40	3	1	
49	837880-x	aaaaaaaaa	5	40	1	3	
50	837882-x	aaaaaaaaa	6	40	1	2	
51	67616-x	aaaaaaaaa	44	220	1	6	3 econ. X 2 unid.
52	69496-x	aaaaaaaaa	28	100	1	6	3 econ. X 2 unid.
53	983764-x	aaaaaaaaa	15	30	2	30	5 l / m²
54	136893-x	aaaaaaaaa	25	140	1	6	3 econ. X 2 unid.
55	123683-x	aaaaaaaaa	7	180	2	3	
56	72899-x	aaaaaaaaa	16	70	1	2	
57	78033-x	aaaaaaaaa	9	100	2	30	25 l / refeição
58	76566-x	aaaaaaaaa	22	110	1	5	
59	66928-x	aaaaaaaaa	31	80	1	6	2 econ. X 3 unid.
60	67777-x	aaaaaaaaa	2	140	1	3	
61	808977-x	aaaaaaaaa	11	70	1	4	
62	76375-x	aaaaaaaaa	28	130	1	9	3 econ. X 3 unid.
63	69500-x	aaaaaaaaa	23	90	1	8	2 econ. X 4 unid.
64	89797-x	aaaaaaaaa	12	60	1	4	
65	87849-x	aaaaaaaaa	7	155	1	3	
66	66446-x	aaaaaaaaa	34	110	1	5	
67	87907-x	aaaaaaaaa	48	155	1	4	
68	69895-x	aaaaaaaaa	24	260	1	9	3 econ. X 3 unid.
69	65358-x	aaaaaaaaa	42	260	1	9	3 econ. X 3 unid.
70	65319-x	aaaaaaaaa	21	190	1	4	
71	905319-x	aaaaaaaaa	6	164	1	1	Imóvel desabitado
72	78484-x	aaaaaaaaa	28	190	1	6	3 econ. X 2 unid.
73	91645-x	aaaaaaaaa	3	380	1	380	Lotes vagos 0,5 l / m²
74	76982-x	aaaaaaaaa	52	240	1	12	4 econ x 3 unid
75	138299-x	aaaaaaaaa	21	150	1	6	
76	67604-x	aaaaaaaaa	32	190	1	6	
77	66452-x	aaaaaaaaa	4	120	1	6	2 econ. X 3 unid.
78	75139-x	aaaaaaaaa	9	90	2	5	
79	72958-x	aaaaaaaaa	36	145	1	5	
80	67400-x	aaaaaaaaa	24	150	1	6	2 econ. X 3 unid.
81	70169-x	aaaaaaaaa	20	115	1	3	
82	816706-x	aaaaaaaaa	19	60	1	2	
83	67118-x	aaaaaaaaa	14	50	1	2	
84	65064-x	aaaaaaaaa	11	45	1	3	
85	73281-x	aaaaaaaaa	5	40	1	4	
86	172529-x	aaaaaaaaa	14	70	1	4	
87	173779-x	aaaaaaaaa	17	40	1	2	
88	371535-x	aaaaaaaaa	7	80	1	5	
89	161296-x	aaaaaaaaa	28	250	1	4	
90	67521-x	aaaaaaaaa	15	220	1	2	
91	70170-x	aaaaaaaaa	14	140	1	3	
92	65214-x	aaaaaaaaa	3	520	4	520	2 l/ m²
93	68433-x	aaaaaaaaa	14	100	1	3	
94	65347-x	aaaaaaaaa	28	150	1	3	
95	85859-x	aaaaaaaaa	43	200	1	10	2 econ. X 3 unid. E 1econ. X 4 unid.
96	66435-x	aaaaaaaaa	38	180	1	18	6 econ. X 3 unid
97	151761-x	aaaaaaaaa	18	150	1	5	
98	65197-x	aaaaaaaaa	4	140	2	8	
99	66436-x	aaaaaaaaa	48	240	1	12	4 econ x 3 unid
100	176603-x	aaaaaaaaa	10	90	1	4	
101	845446-x	aaaaaaaaa	7	15	2	2	

Item	Conta	Nome	Média 6 meses	Área (m²)	Categoria	Consumid.	Obs.
102	163625-x	aaaaaaaaa	9	70	1	2	
103	153411-x	aaaaaaaaa	11	60	1	5	
104	66433-x	aaaaaaaaa	36	75	1	5	
105	975765-x	aaaaaaaaa	11	110	1	5	
106	70318-x	aaaaaaaaa	2	200	1	4	
107	95524-x	aaaaaaaaa	16	190	1	3	
108	66925-x	aaaaaaaaa	30	100	1	6	2 econ. X 3 unid.
109	165474-x	aaaaaaaaa	21	150	1	2	
110	1005543-x	aaaaaaaaa	22	150	1	4	
111	72713-x	aaaaaaaaa	27	230	1	4	
112	130066-x	aaaaaaaaa	11	80	2	2	
113	126240-x	aaaaaaaaa	26	130	1	3	
114	67523-x	aaaaaaaaa	38	170	1	14	3 econ. X 3 unid. E 1 econ. X 5 unid.
115	112809-x	aaaaaaaaa	12	90	1	3	
116	67522-x	aaaaaaaaa	13	60	1	2	
117	66454-x	aaaaaaaaa	41	90	1	2	
118	66455-x	aaaaaaaaa	30	70	1	5	
119	73168-x	aaaaaaaaa	30	60	1	3	
120	66756-x	aaaaaaaaa	56	100	1	5	
121	71963-x	aaaaaaaaa	30	70	1	3	
122	73077-x	aaaaaaaaa	16	60	1	1	
123	80945-x	aaaaaaaaa	24	100	1	5	
124	130166-x	aaaaaaaaa	27	90	1	5	
125	75459-x	aaaaaaaaa	27	140	1	6	2 econ. X 3 unid.
126	85865-x	aaaaaaaaa	22	80	1	5	
127	73858-x	aaaaaaaaa	21	80	1	10	2 econ. X 5 unid.
128	74333-x	aaaaaaaaa	26	70	1	4	2 econ. X 2 unid.
129	74334-x	aaaaaaaaa	10	70	1	6	
130	67120-x	aaaaaaaaa	22	50	1	6	
131	74092-x	aaaaaaaaa	10	70	1	4	
132	67119-x	aaaaaaaaa	18	80	1	4	
133	1028900-x	aaaaaaaaa	3	50	1	4	
134	1028904-x	aaaaaaaaa	10	30	1	30	5 l / m²
135	136325-x	aaaaaaaaa	19	60	1	6	2 econ. X 3 unid.
136	155391-x	aaaaaaaaa	15	190	1	2	
137	166049-x	aaaaaaaaa	39	190	1	5	
138	67772-x	aaaaaaaaa	42	180	1	9	3 econ. X 3 unid.
139	66432-x	aaaaaaaaa	29	120	1	6	
140	66987-x	aaaaaaaaa	22	160	1	3	
141	78485-x	aaaaaaaaa	69	180	1	15	5 econ. X 3 unid.
142	80190-x	aaaaaaaaa	17	190	1	4	
143	88626-x	aaaaaaaaa	17	100	1	4	2 econ. X 2 unid.
144	84359-x	aaaaaaaaa	10	100	1	2	
145	72900-x	aaaaaaaaa	24	280	1	12	4 econ x 3 unid
146	355979-x	aaaaaaaaa	56	180	1	9	3 econ. X 3 unid.
147	88481-x	aaaaaaaaa	23	180	1	7	
148	357967-x	aaaaaaaaa	10	30	1	3	
149	357969-x	aaaaaaaaa	12	50	1	3	
150	813554-x	aaaaaaaaa	8	40	1	3	
151	813556-x	aaaaaaaaa	8	50	1	3	
152	813559-x	aaaaaaaaa	18	60	1	7	
153	561581-x	aaaaaaaaa	56	120	1	15	5 econ. X 3 unid.
154	75708-x	aaaaaaaaa	30	100	1	3	
155	369035-x	aaaaaaaaa	25	50	1	4	

Item	Conta	Nome	Média 6 meses	Área (m²)	Categoria	Consumid.	Obs.
156	67520-x	aaaaaaaaa	9	70	1	3	
157	68429-x	aaaaaaaaa	43	140	1	6	2 econ. X 3 unid.
158	68428-x	aaaaaaaaa	7	60	1	2	
159	90203-x	aaaaaaaaa	5	240	1	6	2 econ. X 3 unid.
160	75458-x	aaaaaaaaa	33	110	1	5	
161	167580-x	aaaaaaaaa	32	130	1	3	
162	67401-x	aaaaaaaaa	9	80	1	10	5 econ. X 2 unid.
163	867138-x	aaaaaaaaa	26	60	1	3	
164	66996-x	aaaaaaaaa	17	110	1	6	2 econ. X 3 unid.
165	77535-x	aaaaaaaaa	16	80	1	4	
166	66621-x	aaaaaaaaa	14	250	1	4	
167	926374-x	aaaaaaaaa	20	120	1	2	
168	66932-x	aaaaaaaaa	9	130	1	4	
169	947135-x	aaaaaaaaa	2	49	2	2	
170	65205-x	aaaaaaaaa	15	230	2	4	
171	64867-x	aaaaaaaaa	22	220	1	3	
172	65062-x	aaaaaaaaa	14	180	1	4	
173	65061-x	aaaaaaaaa	42	210	1	4	
174	65060-x	aaaaaaaaa	19	130	1	6	
175	66755-x	aaaaaaaaa	15	60	1	3	
176	65135-x	aaaaaaaaa	13	60	1	12	2 econ. X 6 unid.
177	1014224-x	aaaaaaaaa	19	60	1	4	
178	69561-x	aaaaaaaaa	20	170	1	3	
179	65086-x	aaaaaaaaa	18	100	1	4	
180	172531-x	aaaaaaaaa	9	40	1	2	
181	67506-x	aaaaaaaaa	23	110	1	5	
182	73461-x	aaaaaaaaa	18	190	1	2	
183	76861-x	aaaaaaaaa	23	190	1	5	
184	66429-x	aaaaaaaaa	23	240	1	4	
185	76523-x	aaaaaaaaa	1	190	1	4	
186	77152-x	aaaaaaaaa	19	250	1	5	
187	78032-x	aaaaaaaaa	53	150	1	10	4 econ x 2 unid e cat 3
188	76981-x	aaaaaaaaa	19	125	1	6	
189	67916-x	aaaaaaaaa	32	70	1	4	
190	67915-x	aaaaaaaaa	2	100	1	3	
191	65207-x	aaaaaaaaa	22	200	1	5	
192	73074-x	aaaaaaaaa	9	225	1	8	
193	65204-x	aaaaaaaaa	42	100	1	9	3 econ. X 3 unid.
194	90143-x	aaaaaaaaa	20	195	1	5	
195	65063-x	aaaaaaaaa	17	110	1	4	
196	69896-x	aaaaaaaaa	22	120	1	5	
197	72791-x	aaaaaaaaa	24	180	1	5	
198	72898-x	aaaaaaaaa	9	140	1	1	
199	68128-x	aaaaaaaaa	40	280	1	4	
200	109604-x	aaaaaaaaa	20	100	1	2	
201	885362-x	aaaaaaaaa	46	155	1	4	
202	65399-x	aaaaaaaaa	24	190	1	4	
203	72710-x	aaaaaaaaa	36	170	1	11	2 econ. X 5 unid. E 2x 30m²
204	133192-x	aaaaaaaaa	26	130	1	12	3 econ. X 4 unid.
205	947054-x	aaaaaaaaa	17	200	3	1	
206	920127-x	aaaaaaaaa	5	240	3	1	
207	361057-x	aaaaaaaaa	26	150	1	4	
208	854453-x	aaaaaaaaa	16	150	1	3	
209	854455-x	aaaaaaaaa	24	150	1	4	

Item	Conta	Nome	Média 6 meses	Área (m²)	Categoria	Consumid.	Obs.
210	854457-x	aaaaaaaaa	4	150	1	1	
211	854459-x	aaaaaaaaa	17	150	1	4	
212	854464-x	aaaaaaaaa	43	150	1	5	
213	854468-x	aaaaaaaaa	27	150	1	5	
214	854470-x	aaaaaaaaa	35	150	1	5	
215	170719-x	aaaaaaaaa	39	200	1	3	
216	829530-x	aaaaaaaaa	33	200	1	3	
217	174318-x	aaaaaaaaa	23	80	1	5	
218	1033398-x	aaaaaaaaa	6	50	1	2	
219	1033399-x	aaaaaaaaa	14	50	1	2	
220	1033401-x	aaaaaaaaa	7	50	1	1	
221	1033402-x	aaaaaaaaa	20	50	1	2	
222	1033403-x	aaaaaaaaa	6	230	1	5	