



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**ÁREA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS**

**IMPACTOS DA DRENAGEM URBANA NA SAÚDE PÚBLICA EM  
MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE NO ESTADO DO RIO GRANDE  
DO NORTE, NORDESTE DO BRASIL**

**Maria de Fátima**

TESE DE DOUTORADO

RECIFE/ PE  
2013

**MARIA DE FÁTIMA**

**IMPACTOS DA DRENAGEM URBANA NA SAÚDE PÚBLICA EM  
MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE NO ESTADO DO RIO GRANDE  
DO NORTE, NORDESTE DO BRASIL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de doutor em Ciências de Engenharia Civil.

Área de Concentração:  
Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Orientador:  
Ph.D. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

RECIFE/ PE  
2013

Catálogo na fonte  
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361/UFPE (BCTG)

F253i Fátima, Maria de.

Impactos da drenagem urbana na saúde pública em municípios de pequeno porte no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. / Maria de Fátima.  
– Recife: O Autor, 2013.

xxvii, 250f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2013.  
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Águas Pluviais. 3. Drenagem Urbana. 4. Leptospirose. 5. Saúde Pública. I. Cabral, Jaime Joaquim da Silva Pereira (Orientador). II. Título.

624 CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2014 / 031



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado  
**IMPACTOS DA DRENAGEM URBANA NA SAÚDE PÚBLICA EM MUNICÍPIOS  
DE PEQUENO PORTE NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, NORDESTE  
DO BRASIL**

defendida por  
Maria de Fátima

Considera a candidata APROVADA

Recife, 08 de novembro de 2013

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral – UFPE  
(orientador)

---

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota - UFC  
(examinador externo)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tereza Maciel Lyra – FIOCRUZ  
(examinadora externa)

---

Prof. Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo – UFPE  
(examinador interno)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Martins Sobral – UFPE  
(examinadora interna)

Dedico

Aos meus pais, Otacílio e Ângela (*in memorium*), pelos ensinamentos, pela valorização da família e aos meus filhos a quem busquei força para dar mais um passo em busca do conhecimento.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro e amigo de todas as horas, DEUS, que sempre esteve comigo me ajudando a derrubar barreiras que pareciam intransponíveis.

A minha família, meus filhos Paulo, Deygles e Érica, e a minha princesa Beatriz e meus irmãos José, Antônio (*in memorium*), Socorro, Salete, Helena e Alexandre (genro) que fazem parte da minha vida.

Ao Professor Jaime Cabral, o incentivo, desprendimento a quem tenho maior respeito e carinho pelo profissionalismo, dedicação que só eleva a profissão.

Ao Professor Carlos Tucci, o incentivo e a contribuição que norteou o início desta pesquisa.

Ao Professor Marcelo R. P. Ferreira do Departamento de Estatística da UFPB, a valiosa contribuição.

A todos os professores do CTG, da banca de qualificação e da banca de defesa, o carinho e a atenção dedicada, em especial às Professoras Suzana Montenegro e Maria do Carmo Sobral.

Aos funcionários, em especial Andrea, Janaína e Valquíria (*in memorium*), a paciência com que tantas vezes me ajudaram nas questões administrativas correlatas ao curso.

Aos amigos e técnicos da Fundação Nacional de Saúde do Rio Grande do Norte e Brasília, em especial aqueles que contribuíram para que esta pesquisa se concretizasse, Kamila, Gilza e Isaura.

Aos profissionais da Fiocruz/Brasília, à turma F5, meu muito obrigado.

Aos profissionais da Secretaria de Saúde de Pernambuco e do Rio Grande do Norte.

Aos técnicos da EMPARN, na pessoa de Gilmar Bristot, que muito contribuiu com os dados meteorológicos dos municípios, com presteza.

Aos técnicos do Ministério das Cidades, Integração e Saúde, a contribuição, disponibilidade de dados e a grandeza com que me atenderam nas inúmeras vezes em que os procurei, em especial Vaico Preto e Vânia Rodrigues.

A todos os entrevistados, gestores, técnicos e os anônimos dos municípios pesquisados que tanto contribuíram para a construção desse trabalho.

Aos amigos e companheiros consultores da OPAS e do PNUD, em especial Nolan Ribeiro Bezerra e Ana Cristina Linhares, as horas desprendidas nas discussões sobre o tema abordado.

Aos amigos da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, em especial Daniela Buosi, Carol, Michael e Glauce Ideião.

Aos amigos Audrey, Adriana, Dalva Márcia Jatobá, Osminda, Sueli Serpa, Rosana, Davi, Edinha, Edson, Judite, Magnata, Maurício, Dora, Jandira, Lúcia, Sandra, Amujaci, Eliane, Sueli Serpa, Ceixa, Cynthia Suassuna, Jucélia Mendonça, Madalena, Aristeu e Vilma Feitosa, o incentivo.

Em especial, a Ana Ricarda Toche, Fátima Carvalho e Rita Figueiredo, a incansável leitura com sugestões, que tanto engrandeceram este trabalho.

A todos aqueles que me ajudaram de alguma forma a concretizar este sonho, meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	XI
LISTA DE FIGURAS .....	XVII
LISTA DE QUADROS .....	XX
LISTA DE GRÁFICOS .....	XXI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	XXIV
RESUMO .....	XXVI
ABSTRACT .....	XXVII
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO .....	1
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	5
1.3 ESTRUTURA DA TESE .....	6
CAPÍTULO 2.....	7
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	7
2.1 ASPECTOS DA DRENAGEM URBANA .....	7
2.2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA .....	12
2.3 A EVOLUÇÃO DA DRENAGEM NO BRASIL .....	13
2.4 A DRENAGEM E A GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS.....	15
2.5 ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE DRENAGEM E OS IMPACTOS ADVINDOS .....	28
2.6 ASPECTOS DA SAÚDE PÚBLICA.....	30
2.7 INDICADORES.....	32
2.8 DOENÇAS RELACIONADAS COM A DRENAGEM URBANA .....	38
2.9 DOENÇAS RELACIONADAS COM A DISPOSIÇÃO INADEQUADA DOS RESÍDUOS NA DRENAGEM URBANA .....	39
2.10 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA - LEPTOSPIROSE - (CID 10 A-27)..	43
2.11 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA (CID 10 – A00-A09) .....	44
2.11.1 Características epidemiológicas .....	45
2.12 ASPECTOS INSTITUCIONAIS E LEGAIS .....	47
CAPÍTULO 3.....	50
METODOLOGIA APLICADA.....	50

3.1 CAMPO DE PESQUISA – MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE DO RIO GRANDE DO NORTE .....	51
3.1.1 Método de priorização para seleção dos municípios.....	51
3.1.2 Caracterização da área de estudo .....	52
3.1.3 Municípios selecionados .....	55
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS SELECIONADOS.....	57
3.2.1 Município de Açu.....	57
3.2.2 Município Alto do Rodrigues .....	58
3.2.3 Município de Carnaubais.....	58
3.2.4 Município de Ipanguaçu .....	60
3.2.5 Município de Itajá .....	61
3.2.6 Município de Pendências.....	62
3.2.7 Município de Porto do Mangue .....	63
3.2.8 Município de São Rafael .....	64
3.2.9 Município de Alexandria.....	65
3.2.10 Município de Currais Novos.....	66
3.2.11 Município de Extremoz .....	67
3.2.12 Município de Boa Saúde.....	69
3.2.13 Município de João Câmara .....	70
3.2.14 Município de Monte Alegre.....	72
3.2.15 Município de Nova Cruz .....	73
3.2.16 Município de Lucrécia.....	74
3.2.17 Município de Martins .....	75
3.2.18 Município de Santo Antônio.....	77
3.2.19 Município de Serrinha dos Pintos .....	78
3.2.20 Município de Touros .....	79
3.2.21 Município de Umarizal.....	81
3.2.22 Município de Riacho da Cruz .....	82
3.2.23 Município de Santana do Seridó .....	84
3.2.24 Município de Viçosa .....	85
3.2.25 Município de Jucurutu.....	86
3.3 COLETA DOS DADOS.....	87
3.3.1 Seleção dos indicadores.....	88

3.3.2 Coleta de dados referentes aos serviços de drenagem urbana/gestão das águas pluviais .....	90
3.3.3 Sistema de ponderação das variáveis .....	91
3.3.4 Dados hidrológicos.....	93
3.3.5 Dados de saúde – morbidade hospitalar .....	93
CAPÍTULO 4.....	98
RESULTADO E DISCUSSÃO .....	98
4.1 ANÁLISE DA DRENAGEM NOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS .....	98
4.1.1 Municípios da bacia do rio Piranhas-Açu .....	98
4.1.2 Municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró .....	100
4.1.3 Municípios das bacias de Trairi, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Curimataú e Jacu	102
4.1.4 Resultado da análise estatística dos dados.....	106
4.1.5 Município de Açu.....	106
4.1.6 Município de Alto do Rodrigues.....	110
4.1.7 Município de Carnaubais.....	115
4.1.8 Município de Ipanguaçu .....	118
4.1.9 Município de Itajá .....	121
4.1.10 Município de Pendências.....	124
4.1.11 Município de Porto do Mangue .....	127
4.1.12 Município de São Rafael .....	132
4.1.13 Município de Alexandria.....	135
4.1.14 Município de Currais Novos.....	139
4.1.15 Município de Extremoz .....	143
4.1.16 Município de Boa Saúde.....	146
4.1.17 Município de João Câmara .....	149
4.1.18 Município de Monte Alegre.....	153
4.1.19 Município de Nova Cruz .....	155
4.1.20 Município de Lucrécia.....	159
4.1.21 Município de Martins .....	161
4.1.22 Município de Santo Antônio.....	164
4.1.23 Município de Serrinha dos Pintos .....	166
4.1.24 Município de Touros .....	169
4.1.25 Município de Umarizal.....	173
4.1.26 Município de Riacho da Cruz .....	175

4.1.27 Município de Santana do Seridó .....	179
4.1.28 Município de Viçosa .....	182
4.1.29 Município de Jucurutu .....	185
CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	204
APÊNDICES .....	216
APÊNDICE A – Procedimentos adotados pelo Ministério das Cidades para análise de projeto de drenagem.....	217
APÊNDICE B – Relação dos entrevistados .....	219
APÊNDICE C – Tabelas com resultados estatísticos dos municípios pesquisados .....	221
APÊNDICE D – Ficha técnica do orientador e da orientanda .....	250

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios: total e com ruas pavimentadas na área urbana, por tipo de sistema de drenagem urbana, segundo as regiões Norte e Nordeste e as unidades da Federação, 2000-2008.....	20
Tabela 2 - Dados resultantes da pontuação obtida das entrevistas relacionados com drenagem e serviços de abastecimento d'água, rede de esgoto e coleta de lixo nos municípios selecionados.....	92
Tabela 3 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Açu/RN 2000-2011. ....	106
Tabela 4 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Açu/RN 2000-2006. ....	108
Tabela 5 - Dados das variáveis pesquisadas do município Alto do Rodrigues/RN 2000-2011. ....	110
Tabela 6 - Dados das variáveis pesquisadas do município Alto do Rodrigues/RN 2000-2006. ....	112
Tabela 7 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Carnaubais/RN 2000-2011. ..	115
Tabela 8 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Carnaubais/RN com recorte..	116
Tabela 9 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Ipanguaçu/RN 2000-2011.....	118
Tabela 10 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Itajá/RN 2000-2011 .....	121
Tabela 11 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Pendências/RN 2000-2011 .	124
Tabela 12 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Pendências/RN no período .	125
Tabela 13 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Porto Mangue/RN 2000-2011 .....	127
Tabela 14 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Porto Mangue/RN 2003-2011. ....	129
Tabela 15 – Dados das variáveis pesquisadas do município de São Rafael/RN 2000-2011.	132
Tabela 16 – Dados das variáveis pesquisadas do município de São Rafael/RN 2001-2005 .	133
Tabela 17 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Alexandria/RN – 2000-2011. ....	136
Tabela 18 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Alexandria/RN 2000-2011 com recorte de 2004 a 2011. ....	137

Tabela 19 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Currais Novos/RN – 2000-2011.....	139
Tabela 20 – Distribuição das taxas de internação de LPT e DVH relacionadas com as precipitações anuais 2000-2011 com recorte, Currais Novos/RN.....	141
Tabela 21 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Extremoz/RN 2000-2011. ...	144
Tabela 22 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Boa Saúde 2000-2011. ....	146
Tabela 23 – Dados das variáveis pesquisadas do município de João Câmara/RN 2000-2011. ....	149
Tabela 24 - Dados das variáveis pesquisadas do município de João Câmara/RN 2000-2011 com recorte de 2000 a 2005.....	151
Tabela 25 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Monte Alegre/RN 2000-2011. ....	153
Tabela 26 - Distribuição das variáveis pesquisadas do município de Nova Cruz/RN – 2000-2011.....	155
Tabela 27 - Distribuição das variáveis pesquisadas do município de Nova Cruz/RN - 2000-2007.....	157
Tabela 28 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Lucrécia 2000-2011.....	159
Tabela 29 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Martins/RN, 2000-2011.....	161
Tabela 30 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Santo Antônio/RN, 2000-2011. ....	164
Tabela 31 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Serrinha dos Pintos/RN, 2000-2011.....	167
Tabela 32 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Touros/RN 2000-2011.....	169
Tabela 33 – Dado das variáveis pesquisadas do município de Touros/RN 2000- 2011 com recorte para 2006 a 2011. ....	171
Tabela 34 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Umarizal/RN 2000-2011.....	173
Tabela 35 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Riacho da Cruz/RN 2000-2011. ....	176
Tabela 36 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Santana do Seridó/RN 2000-2011.....	179
Tabela 37 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Viçosa/RN – 2000-2011. ....	182
Tabela 38 - Tabela síntese da análise estatística.....	200

Tabela 39 - Dados das precipitações anuais (mm) dos municípios estudados 2000-2011. ...	221
Tabela 40 - Distribuição dos indicadores das doenças com a precipitação anual por município no período de 2000-2011.....	222
Tabela 41 - Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios no período de 2000 a 2011 agregados por bacias. ....	224
Tabela 42 - Classificação de desempenho dos municípios baseado no IDSUS, quanto ao acesso obtido e à efetividade da atenção básica, das atenções ambulatoriais e hospitalares e das urgências e emergências em 2012 e a correlação r (Pearson). ....	225
Tabela 43 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Açú. ....	226
Tabela 44 - Dados das precipitações anuais do município de Açú.....	226
Tabela 45 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	226
Tabela 46 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, município Alto do Rodrigues. ....	227
Tabela 47 - Dados das precipitações anuais do município de Alto do Rodrigues.....	227
Tabela 48 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	227
Tabela 49 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Carnaubais. ....	228
Tabela 50 - Dados das precipitações anuais do município de Carnaubais.....	228
Tabela 51 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	228
Tabela 52 - Dados das precipitações anuais do município de Ipanguaçu. ....	229
Tabela 53 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Ipanguaçu. ....	229
Tabela 54 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	229
Tabela 55 - Dados das precipitações anuais do município de Itajá. ....	230
Tabela 56 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	230
Tabela 57 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Itajá. ....	230
Tabela 58 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Pendências. ....	231
Tabela 59 - Dados das precipitações anuais do município de Pendências.....	231
Tabela 60 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	231

Tabela 61 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Porto do Mangue.....	232
Tabela 62 - Dados das precipitações anuais do município de Porto do Mangue. ....	232
Tabela 63 – Teste-t: duas amostras em par para médias .....	232
Tabela 64 – Dados das precipitações anuais do município de São Rafael.....	233
Tabela 65 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, São Rafael .....	233
Tabela 66– Teste-t: duas amostras em par para médias .....	233
Tabela 67 - Dados das precipitações anuais do município de Alexandria. ....	234
Tabela 68 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Alexandria .....	234
Tabela 69 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	234
Tabela 70 – Estatística descritiva relacionada com a segunda análise, Currais Novos .....	235
Tabela 71 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Currais Novos.....	235
Tabela 72 – Dados das precipitações anuais do município de Currais Novos .....	235
Tabela 73 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	235
Tabela 74 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Extremoz .....	236
Tabela 75 - Dados das precipitações anuais do município de Extremoz. ....	236
Tabela 76 – Teste-t: duas amostras em par para médias .....	236
Tabela 77 - Dados das precipitações anuais do município de Boa Saúde. ....	237
Tabela 78 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Boa Saúde.....	237
Tabela 79 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	237
Tabela 80 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	238
Tabela 81 – Dados das precipitações anuais do município de João Câmara .....	238
Tabela 82 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, João Câmara. ....	238

Tabela 83 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Monte Alegre.....	239
Tabela 84 – Dados das precipitações anuais do município de Monte Alegre.....	239
Tabela 85 – Teste-t: duas amostras em par para médias.....	239
Tabela 86 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Nova Cruz.....	240
Tabela 87 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	240
Tabela 88 - Dados das precipitações anuais do município de Nova Cruz. ....	240
Tabela 89 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Lucrécia. ....	241
Tabela 90 – Dados das precipitações anuais do município de Lucrécia.....	241
Tabela 91 – Teste-t: duas amostras em par para médias. ....	241
Tabela 92 – Dados das precipitações anuais do município de Martins. ....	242
Tabela 93 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Martins. ....	242
Tabela 94 – Teste-t: duas amostras em par para médias.....	242
Tabela 95 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, município Santo Antônio. ....	243
Tabela 96 – Teste-t: duas amostras em par para médias.....	243
Tabela 97 – Dados das precipitações anuais do município de Santo Antônio.....	243
Tabela 98 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Serrinha dos Pintos. ....	244
Tabela 99 – Dados das precipitações anuais do município de Serrinha dos Pintos. ....	244
Tabela 100 - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	244
Tabela 101 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Touros. ....	245
Tabela 102 – Teste-t: duas amostras em par para médias referentes a 2006-2011.....	245
Tabela 103 - Dados das precipitações anuais do município de Touros.....	245
Tabela 104 – Teste-t: duas amostras em par para médias.....	245

Tabela 105 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Umarizal. ....	246
Tabela 106 – Dados das precipitações anuais do município de Umarizal .....	246
Tabela 107 – Teste-t: duas amostras em par para médias .....	246
Tabela 108 - Dados das precipitações anuais do município de Riacho da Cruz. ....	247
Tabela 109 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Riacho da Cruz .....	247
Tabela 110 – Teste-t: duas amostras em par para médias .....	247
Tabela 111 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Santana de Seridó.....	248
Tabela 112 – Teste-t: duas amostras em par para médias .....	248
Tabela 113 – Dados das precipitações anuais do município de Santana do Seridó .....	248
Tabela 114 – Teste-t: duas amostras em par para médias .....	249
Tabela 115 – Dados das precipitações anuais do município de Viçosa.....	249
Tabela 116 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Viçosa .....	249

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos locais afetados por inundações e alagamentos no território nacional, no período de 2007 a 2010.....	27
Figura 2 – Distribuição dos locais afetados por inundações e alagamentos no Brasil em 2011 .....	28
Figura 3 – Diagrama de delineamento do risco de leptospirose relacionado com precipitações extremas e a precariedade da drenagem urbana.....	50
Figura 4 – Mapa da localização geográfica do Estado do Rio Grande do Norte.....	53
Figura 5 – Mapa da divisão segundo as mesorregiões e microrregiões.....	54
Figura 6 – Mapa da localização dos municípios pesquisados nas respectivas bacias.....	56
Figura 7 – Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.....	57
Figura 8 – Inundação no município de Açú em 2008.....	57
Figura 9 – Ação de saneamento no município Alto do Rodrigues em 2011.....	58
Figura 10 – Inundação no município do Alto do Rodrigues em 2008.....	58
Figura 11 – Ponte de acesso ao município de Carnaubais em 2008.....	60
Figura 12 – Calçamento sem galeria no município de Carnaubais em 2012.....	60
Figura 13 – Bueiro obstruído no município de Ipanguaçu em 2012.....	61
Figura 14 – Inundação no município de Ipanguaçu 2004.....	61
Figura 15– Sistema de abastecimento de água no município de Itajá em 2012.....	62
Figura 16 – Canaleta de águas pluvial obstruída no município de Itajá em 2012.....	62
Figura 17 – Caixa de passagem Obstruída no município de Pendências em 2012 .....	63
Figura 18 – Inundação no município de Pendências em 2008.....	63
Figura 19 – Inundação periurbana no município Porto do Mangue em 2012.....	64
Figura 20 – Vista aérea do município Porto do Mangue em 2011.....	64
Figura 21 – Rede de drenagem sem galeria no município de São Rafael.....	65
Figura 22 – Rede de drenagem obstruída no município de São Rafael.....	65
Figura 23 – Despejo de esgoto na rede de águas pluviais no município de Alexandria.....	66
Figura 24 – Drenagem das águas pluviais no município de Alexandria.....	66

Figura 25 – Galeria de águas pluviais no município de Currais Novos.....	67
Figura 26 – Drenagem sem galeria no município de Currais Novos.....	67
Figura 27 – Ponte de acesso ao município de Extremoz.....	69
Figura 28 – Rio Doce que corta o município de Extremoz.....	69
Figura 29 – Área de várzea sujeita a inundação no município de Boa Saúde.....	70
Figura 30 – Rede de drenagem sem galeria no município de Boa Saúde.....	70
Figura 31 – Esgoto na rede de drenagem no município de João Câmara.....	71
Figura 32 – Alagamento durante chuvas intensas no município de João Câmara.....	71
Figura 33 – Enchente e Inundação no município de João Câmara.....	71
Figura 34 – Vista aérea do município de João Câmara.....	71
Figura 35 – Drenagem superficial obstruída no município de Monte Alegre.....	72
Figura 36 – Manutenção da rede de drenagem no município de Monte Alegre.....	72
Figura 37 – Inundação e alagamento no município de Monte Alegre em 2012.....	73
Figura 38 – Alagamento na área urbana do município de Monte Alegre.....	73
Figura 39 – Deposição Inadequada de resíduos no município de Nova Cruz.....	74
Figura 40 – Calçamento danificado devido as chuvas intensas no município de Nova Cruz...74	
Figura 41 – Pavimentação do centro do município de Lucrécia.....	75
Figura 42 – Vista de topo do município Lucrécia.....	75
Figura 43 – Rede de drenagem das águas pluviais no município de Martins.....	76
Figura 44 – Canal de drenagem obstruída no município de Martins.....	76
Figura 45 – Pavimentação e drenagem sem galeria no município de Martins.....	76
Figura 46 – Canaleta de águas pluviais sem manutenção no município de Martins.....	76
Figura 47 – Esgoto na rede de drenagem no município de Santo Antônio.....	78
Figura 48 – Ausência de drenagem no Município de Santo Antônio.....	78
Figura 49 – Drenagem sem galeria município no Município de Santo Antônio.....	78
Figura 50 – Esgoto a céu aberto no Município de Santo Antônio.....	78
Figura 51 – Área pavimentada com drenagem no município de Serrinha dos Pintos.....	79

Figura 52 – Rua pavimentada sem galerias no município de Serrinha dos Pintos.....	79
Figura 53 – Rio Maceió poluído por esgoto doméstico no município de Touros.....	80
Figura 54 – Rio Maceió assoreado no centro do município de Touros.....	80
Figura 55 – Canal de águas pluviais no município de Umarizal.....	82
Figura 56 – Esgoto e lixo no canal de águas pluviais no município de Umarizal.....	82
Figura 57 – Inundação no município de Umarizal.....	82
Figura 58 – Pavimentação com drenagem superficial no município de Umarizal.....	82
Figura 59 – Serviços de manutenção das vias públicas no município de Riacho da Cruz.....	83
Figura 60 – Placa referente aos investimentos de drenagem no município de Riacho da Cruz.....	83
Figura 61 – Ruas asfaltadas com drenagem superficial no município de Riacho da Cruz.....	84
Figura 62 – Rio que corta o município de Riacho da Cruz.....	84
Figura 63 – Drenagem superficial no município de Santana do Seridó.....	85
Figura 64 – Lagoa de tratamento de esgoto no município de Santana do Seridó.....	85
Figura 65 – Drenagem subterrânea c/galeria no município de Viçosa.....	86
Figura 66 – Drenagem Superficial no município de Viçosa.....	86
Figura 67 – Vista aérea do município de Jucurutu.....	87
Figura 68 – Inundação no município de Jucurutu.....	87

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Doenças relacionadas com o saneamento ambiental inadequado. ....	36
Quadro 2 - Doenças epidemiológicas ligadas à deficiência do saneamento básico. ....	38
Quadro 3 - Classificação ambiental das infecções relacionadas com a água. ....	42
Quadro 4 - Municípios seleccionados, meso e microrregião de inserção e as respectivas bacias hidrográficas. ....	55
Quadro 5 - Variáveis de análise e os respectivos componentes e indicadores constantes do questionário aplicado nas entrevistas. ....	90
Quadro 6 - Síntese das variáveis e indicadores utilizados por meio do SIH. ....	93

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios da bacia do rio Piranhas-Açu no período 2000-2011 .....	99
Gráfico 2 – Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios da bacia do rio Apodi Mossoró no período 2000-2011 .....	101
Gráfico 3 – Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios das bacias Trairi, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Curimataú e Jacu no período 2000-2011.....	105
Gráfico 4 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011 – município de Açu/RN.....	107
Gráfico 5 – Variação das taxas: precipitação anual acumulada x LPT/DVH 2000/2006 – município de Açu/RN. ....	108
Gráfico 6 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Alto do Rodrigues/RN.....	111
Gráfico 7 – Variação das taxas: precipitação anual acumulada x LPT/DVH 2000-2006, Alto do Rodrigues/RN. ....	112
Gráfico 8 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Carnaubais/ RN. ....	115
Gráfico 9 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011 com recorte, Carnaubais/RN. ....	116
Gráfico 10 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Ipanguaçu/RN. ....	118
Gráfico 11 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência d LPT/DVH e da relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011- Itajá/RN. ....	122
Gráfico 12 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Pendências/RN.....	124
Gráfico 13 – Variação das taxas de LPT/DVH relacionado com precipitação anual acumulada 2000- 2011 com recortes, Pendências/RN. ....	126
Gráfico 14 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Porto do Mangue/RN. ....	128
Gráfico 15 – Variação das taxas de leptospirose com relação à precipitação anual 2003-2008 com recorte – Porto do Mangue/RN. ....	129

Gráfico 16 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, São Rafael/RN. ....	132
Gráfico 17 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência por LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2005, São Rafael/RN.....	133
Gráfico 18 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Alexandria/RN. ....	136
Gráfico 19 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Alexandria/RN. ....	137
Gráfico 20 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Currais Novos/RN. ....	140
Gráfico 21 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011 com recortes 2001, 2005, 2010, Currais Novos/RN.....	141
Gráfico 22 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Extremoz/RN .....	144
Gráfico 23 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011.....	147
Gráfico 24 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, João Câmara/RN. ....	150
Gráfico 25 – Variação das taxas de leptospirose e DVH com relação à precipitação anual acumulada 2000/2004 com recorte de 2006 a 2011, João Câmara/RN. ....	151
Gráfico 26 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Monte Alegre/RN.....	153
Gráfico 27 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência por DVH/ LPT relacionada com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Nova Cruz/RN.....	156
Gráfico 28 – Distribuição das taxas de internação de DVH relacionado com a precipitação.....	157
Gráfico 29 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Lucrécia/RN .....	159
Gráfico 30 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Martins/RN. ....	162
Gráfico 31 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Santo Antônio/RN.....	164
Gráfico 32 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Serrinha dos Pintos/RN. ....	167

Gráfico 33 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Touros/RN. ....	170
Gráfico 34 - Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2006/2011, Touros/RN.....	171
Gráfico 35 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Umarizal/RN. ....	173
Gráfico 36 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Riacho da Cruz/RN. ....	176
Gráfico 37 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Santana do Seridó/RN. ....	179
Gráfico 38 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada - 2000-2011 – Viçosa/RN.....	183

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AVADAN	Avaliação de Danos
BMP	Best Management Practice
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
CID	Cadastro Internacional de Doenças
CONDEPHAAT	Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico e Arquitetônico e Turístico do Estado
CPSDU	Carência ou a Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
DENSP	Departamento de Engenharia e Saúde Pública
DFID	Department for International Development
DVH	Doenças de Veiculação Hídrica
EM-DAT	Emergency Events Database
EMATER	Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
ESPII	Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional
ESPIN	Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GDP	Gross Domestic Product
IAWQ	International Association on Water and Quality
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEC	Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDSUS	Índice de Desempenho do SUS
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
IGARN	Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte
LID	Low Impact Development
LNC	Lista de Notificação Compulsória
LPI	Local Provável de Infecção

LPT	Leptospirose
LT	Linhas de Transmissão
MAT	Microaglutinação
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Panamericana de Saúde
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBAs	Planos Básicos Ambientais
PCQA	Programa de Apoio ao Controle da Qualidade da Água
PDUS	Programa de Drenagem Urbana Sustentável
PE	Pernambuco
PDUS	Programa Drenagem Urbana Sustentável
PGRS	Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNSB	Pesquisa Nacional do Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas
PPA	Plano Plurianual
RN	Rio Grande do Norte
RSI	Regulamento Sanitário Internacional
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEDEC	Secretaria Nacional de Defesa Civil
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SVS/MS	Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UN-HABITAT	Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WEDC	Water Engineering and Development Centre
WSUD	Water Sensitive Urban Design

## RESUMO

Fátima, Maria. Impactos da drenagem urbana na saúde pública em municípios de pequeno porte do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. [Tese de doutorado]. Recife, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

A drenagem das águas pluviais urbanas, além das questões dos sistemas de micro e macrodrenagem, necessita de uma abordagem multidisciplinar, incluindo o saneamento ambiental e os diversos aspectos que envolvem a saúde pública. Essa pesquisa fundamenta-se na hipótese da correlação existente entre o manejo adequado das águas pluviais urbanas e as doenças de veiculação hídrica. Um dos grandes impactos negativos na deficiência de drenagem pluvial são as ocorrências epidemiológicas dos surtos de leptospirose, que se agravam após as inundações e são transmitidos aos seres humanos pelo contato com água ou lama contaminada pela urina de animais portadores, principalmente roedores domésticos. Foram avaliadas as correlações entre Drenagem Urbana e Saúde Pública analisando as precipitações extremas em 25 municípios do Rio Grande do Norte com até 50 mil habitantes, no período de 2000 a 2011. Na primeira etapa da pesquisa, realizou-se levantamento de dados relativo às doenças de veiculação hídrica dos municípios, histórico das precipitações e cobertura dos serviços de saneamento incluindo a drenagem; na segunda etapa, abordou-se a drenagem em cada município, por meio de entrevistas estruturadas direcionadas a técnicos, gestores e comunidade, pesquisa avaliativa de campo e documental e análise das ações desenvolvidas. Foram utilizados indicadores de saúde relacionados com as doenças de veiculação hídrica com destaque para a leptospirose por estar diretamente ligadas à drenagem das águas urbanas. Os dados foram tabulados e hierarquizados de acordo com o valor resultante da pesquisa do Sistema de Internações Hospitalares. No que se refere à relação entre as doenças e a pluviosidade dos municípios, utilizou-se software estatístico “R”, estatística descritiva, cujo resultado apresenta uma correlação linear positiva (Coeficiente de correlação linear de Pearson superior a 0,30) em 21 dos 25 municípios pesquisados. O resultado do teste de hipóteses conclui que há evidências estatísticas de que essa correlação é maior que zero, ao nível de 5% de significância. Alguns municípios apresentavam inicialmente elevado índice de agravos de saúde por leptospirose, mas ao melhorar o sistema de drenagem, conseguiram reduzir os índices de leptospirose. Entre os serviços de saneamento, o manejo de águas pluviais em áreas urbanas constitui-se de grande importância, devendo levar em consideração o crescimento das cidades e o planejamento urbano, como também as condições ambientais onde o município se encontra e a educação hidroambiental de sua população. Conclui-se que os impactos negativos decorrentes das deficiências de drenagem das águas pluviais estão diretamente relacionados com a questão da saúde pública e em especial com os riscos de transmissão de leptospirose.

**Palavras-chave:** Águas pluviais. Drenagem urbana. Leptospirose. Saúde pública.

## ABSTRACT

Fátima, Maria. Impacts of urban drainage in public health in small cities in the state of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil. [Tesis doctoral]. Recife, Graduate Program in Civil Engineering, Area of Environmental Technology and Water Resources, Federal University of Pernambuco, 2014.

The drainage of urban stormwater, beyond issues of micro and macro drainage, requires a multidisciplinary approach, including environmental sanitation and many aspects involved in public health. This research is based on the hypothesis of a correlation between the proper management of urban stormwater and waterborne diseases. One of the major negative impacts on drainage deficiency rain occurrences are epidemiological outbreaks of leptospirosis, which got worse after the floods and are transmitted to humans by contact with water or mud contaminated with the urine of carrier animals, especially domestic rodents. We evaluated the correlations between Urban Drainage and Public Health analyzing the extreme precipitation in 25 municipalities of Rio Grande do Norte with 50 thousand inhabitants in the period 2000-2011. In the first stage of the research we surveyed data concerning waterborne diseases municipalities, historical rainfall and coverage of sanitation services including drainage, in the second step was approached the drainage in each county, through structured interviews directed to technicians, managers and community evaluation research and field documentation and analysis of the actions developed. We used health indicators related to water-born diseases with emphasis on leptospirosis because it is directly related to urban water drainage. Data were tabulated and ranked according to the amount resulting from the research system Hospitalization. With regard to the relationship between disease and rainfall municipalities, we used statistical software "R", descriptive statistics, and the result shows a positive linear correlation (coefficient of linear correlation above 0.30) in 21 of 25 municipalities researched. The result of the hypothesis test concludes that there is statistical evidence that this correlation is greater than zero at the 5% level of significance. Some municipalities had initially high rate of health disorders due to leptospirosis but when the drainage system was improved the rates of leptospirosis were reduced. Among the sanitation services, the management of stormwater in urban areas consists of great importance and should take into account the growth of cities and urban planning, as well as the environmental conditions under which the municipality is inserted and the hidroambiental education level of its population. We conclude that the negative impacts arising from the deficiencies of rainwater drainage are directly related to the issue of public health and in particular the risk of leptospirosis.

**Keywords:** Stormwater. Urban drainage. Leptospirosis. Public health.

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

O marco inicial para concepção desta pesquisa deu-se com a participação no Curso de Gestão das Águas e dos Resíduos, oferecido pelo Ministério das Cidades em parceria com o Governo da Itália, realizado em Brasília durante o período compreendido entre os meses de junho e agosto de 2005, que inicialmente tinha como objetivo estudar a Gestão das Águas e dos Resíduos na Cidade do Recife.

Os conhecimentos transmitidos durante o curso supramencionado pelos técnicos renomados que constituíram o corpo docente, a bibliografia exaustivamente consultada, assim como os trabalhos de campo realizados foram fundamentais para o aprimoramento das diretrizes da pesquisa.

Posteriormente, a contratação como consultora da Organização Panamericana de Saúde (OPAS), e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) iniciado em 2009, evidenciou a necessidade de inserção do tema saúde no trabalho de pesquisa, assim como o delineamento da área objeto do estudo.

Os estudos desenvolvidos no Rio Grande do Norte por meio da OPAS e do PNUD, cuja área objeto dos trabalhos de consultoria foi delimitada pelo Programa de Saúde Ambiental, desenvolvido pela Fundação Nacional de Saúde (Funasa), contemplaram todos os municípios do estado. A metodologia aplicada para seleção dos 25 municípios que constituem o Campo de estudo está detalhada no capítulo da metodologia.

Diante do exposto, esta pesquisa, para melhor compreensão, utiliza-se de estudo ecológico cujo aspecto descritivo remete à discussão da gestão das águas urbanas inerente aos indicadores de saúde.

#### **1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA**

Uma das peculiaridades da pesquisa referente à drenagem das águas pluviais urbanas é a dificuldade de dados cadastrais, da mensuração dos fenômenos estudados, dos serviços

efetuados pelas prefeituras e principalmente pela ausência de cadastros dos sistemas e dados referentes à drenagem das águas pluviais urbanas.

Esse fato pode-se verificar no levantamento realizado pelo governo federal por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que constitui o maior banco de dados do Brasil, com indicadores relevantes para os segmentos de água e esgoto, cujos diagnósticos iniciaram-se em 1995 e resíduos sólidos urbanos em 2002, ficando de fora o sistema de drenagem pelos problemas citados.

Pode-se confirmar essa postura ao avaliar, por exemplo, o Programa de Drenagem Urbana Sustentável (PDUS) do governo federal, que objetiva promover, em articulação com as políticas municipais de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas, a gestão sustentável da drenagem urbana com ações estruturais e não estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas e ribeirinhas (MC, 2006).

Apesar do esforço realizado, os dados são insignificantes quando se relacionam os investimentos disponíveis e os resultados obtidos pela Pesquisa Nacional do Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010).

As dificuldades enumeradas pela pesquisa para o referido programa de drenagem não ter atingido a abrangência necessária foram: os recursos, a insuficiente apropriação das novas concepções para o manejo das águas pluviais urbanas respaldadas na drenagem sustentável, falta de interesse dos gestores em razão da dificuldade de projetos, de técnicos capacitados e o custo de financiamento da obra ser elevado (IBGE, 2010).

Entretanto, além das limitações já citadas, quando se buscam indicadores que permitam a priorização de investimentos, elaboração de projetos, estudos de viabilidade da obra, e priorização dos municípios a serem beneficiados, observa-se uma lacuna entre as informações oficiais disponibilizadas pelos municípios e a realidade local e temporal.

A discussão em torno dos impactos causados pelas inundações nas grandes cidades é cada vez mais significativa no processo de planejamento e no operacional do sistema de coleta das águas pluviais. De um lado, os conflitos socioambientais e o questionamento da eficiência dos sistemas de drenagem projetados e postos em prática; enquanto do outro, ressalta-se a não renovabilidade das técnicas utilizadas, levando em consideração a qualidade dos serviços de manutenção e operação do sistema de drenagem (MC, 2006).

Dada à sua importância relacionada com qualidade de vida, bem-estar social e desenvolvimento local, algumas pesquisas, a exemplo de Cairncross e Feachem (1990) e Heller et al. (1997), vêm surgindo, o que tem contribuído para elaboração de indicadores de desempenho, de vulnerabilidade e de sustentabilidade do sistema de drenagem.

Nos estudos elaborados sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008 pelo IBGE/Ministério do Planejamento e Ministério das Cidades, verificou-se que a drenagem, apesar de todos os esforços, continua desprestigiada, conforme citação:

Dos quatro componentes do setor de saneamento, os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas são os que apresentam maior carência de políticas e organização institucional. A urbanização acelerada e caótica, com a falta de disciplinamento do uso e ocupação do solo, inclusive das áreas de inundação natural dos rios urbanos, e, ainda, a falta de investimentos em drenagem das águas pluviais, resultou no aumento das inundações nos centros urbanos de maneira dramática. Também o uso do sistema de drenagem para esgotamento sanitário doméstico e industrial, a não existência de medidas preventivas nas áreas sujeitas à inundação e a predominância de uma concepção obsoleta nos projetos de drenagem têm contribuído para a ampliação dessa problemática. (MC, 2013, p. 101).

Heller e Castro (2007) recomendam que estudos integrados da quantidade e da qualidade das águas pluviais e da drenagem urbana devem ser incentivados porque são imprescindíveis para o desenvolvimento de tecnologia adequada. A drenagem urbana não acarreta problemas afetos apenas ao controle dos deflúvios, às cheias e aos transtornos de tráfego, mas é sim um problema ambiental mais amplo, com consequências importantes sobre a saúde pública.

Esta pesquisa fundamenta-se nos estudos apresentados – subsidiada por Cairncross e Feachem (1990), Heller et al. (1997) – por Cabral (2005), Curriero et al. (2001), Milograna (2009), Souza (2001) e Tucci (2004), dentre outros, conforme bibliografia consultada, referente à relação saneamento-saúde, especificamente buscando expor uma abordagem multidisciplinar da drenagem urbana, relacionando-a com pluviometria e os agravos das doenças de veiculação hídrica que afetam 25 municípios do Rio Grande do Norte.

Dentro dessa concepção, essa pesquisa utilizou o conceito de saneamento ambiental incorporando o aspecto da saúde pública à drenagem das águas pluviais urbanas. Na maioria dos municípios pesquisados, é notável a deficiência desse serviço e a falta de informação dos gestores a respeito da necessidade de integração dos componentes de saneamento ambiental e a urgência necessária na formulação dos Planos Municipais de Saneamento Básico.

É notório, no Brasil, que a precariedade ou ausência dos serviços de drenagem de águas pluviais, a gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos e do esgotamento sanitário têm sido cada vez mais responsáveis pela degradação ambiental do solo e dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos. No entanto, há uma insistência dos gestores em direcionar os recursos públicos de saneamento apenas para abastecimento d'água e esgotamento sanitário sem o devido tratamento, e como consequência da ausência dessa interação, doenças já erradicadas voltam a afetar a saúde da população.

Recepcionando esse entendimento, Cairncross (1984) já reconhecia a importância da drenagem pluvial e da disposição adequada de resíduos sólidos, salientando que o próprio Banco Mundial e outros bancos de desenvolvimento regional, embora venham aplicando recursos financeiros consideráveis nessas áreas, têm destinado valores irrisórios em pesquisas sobre drenagem. Subjacente a esse propósito, existe a convicção de que a geração de informação representa exigência para o posterior avanço dos setores de saneamento e de saúde, rumo à sua integração, afirma Cairncross (1984), fato esse que se constata na Lei Federal n.º 11.445/2007, que dispõe sobre a Política de Saneamento Básico no Brasil (BRASIL, 2007).

Em atendimento à lei referida no parágrafo anterior, os municípios são obrigados a elaborar o respectivo Plano Municipal de Saneamento Básico, cujo conteúdo deve promover a integração dos serviços a seguir mencionados: sistema de abastecimento d'água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais, limpeza urbana, gestão de resíduos sólidos e controle de vetores. Além do comprometimento do município, que deve envidar esforços no sentido de fiscalizar e exigir, no momento da execução do plano, a concretização dessa integração.

Os indicadores de saúde utilizados nesta pesquisa relacionam-se com as doenças de veiculação hídrica constante do Código Internacional de Doenças na sua décima versão – CID 10 –, cólera, febre tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, outras doenças infecciosas intestinais, classificadas como A00-A09, com destaque para a leptospirose classificada como A-27, do código, por estar diretamente ligada à drenagem das águas urbanas (MS, 2011a).

Considerando o contexto multidisciplinar dos temas aqui abordados, esta pesquisa busca, do estrito ponto de vista da engenharia, abordar o organismo patogênico (leptospira), porém sem preocupação com sua natureza biológica, nem seus efeitos patogênicos ao infectar seres humanos, e sim seu comportamento no meio ambiente, pois é nessa dimensão que as

intervenções de saneamento podem influenciar na ação desse patógeno sobre o homem, conforme também é entendimento de Cairncross e Feachem (1990).

Outra variável verificada nesta pesquisa partiu do entendimento da comunidade, por meio de entrevistas estruturadas, no tocante aos aspectos a seguir mencionados: gerenciamento do sistema de drenagem das águas pluviais e residuárias; influência dos resultados desta pesquisa sobre as decisões tomadas pelos gestores municipais, no que se refere ao aspecto saúde-doença na gestão das águas urbanas; subsídio à tomada de decisões pertinentes aos investimentos destinados para a execução de serviços de drenagem, seguindo como elemento norteador a concepção de saúde ambiental preconizada e defendida pelo Ministério da Saúde.

Essa concepção de investir em infraestrutura para diminuir o escoamento das águas pluviais com vista a reduzir a poluição, incorporando aos projetos de drenagem o viés saúde, ainda não é priorizada pelos gestores, embora seja reconhecido como um componente valioso de uma estratégia integrada de técnica e gestão, para proteção da saúde pública a menor custo.

Esta pesquisa parte da hipótese da existência de uma correlação muito forte entre as doenças de veiculação hídrica, em especial a leptospirose, com a drenagem das águas urbanas, principalmente com a ocorrência de precipitações extremas.

## 1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Pelo exposto, impõe-se como objetivo geral:

Analisar os impactos e as correlações entre Drenagem Urbana e Saúde Pública no contexto de uma abordagem multidisciplinar do Gerenciamento das Águas Pluviais Urbanas.

Para tanto, consubstanciam-se como objetivos específicos essenciais ao delineamento da direção e desenvolvimento da pesquisa:

- a) Analisar o sistema de drenagem em 25 municípios selecionados do Rio Grande do Norte, abrangendo os aspectos de saúde (Morbidade Hospitalar), no que se refere a Doenças de Veiculação Hídrica (DVH), cólera, febre tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, outras doenças infecciosas intestinais, destacando a leptospirose (LPT), a pluviometria e os alagamentos urbanos.

- b) Demonstrar a relação causal entre a leptospirose e as precipitações extremas e outras Doenças de Veiculação Hídrica (DVH) pela deficiência ou ausência de drenagem urbana em um município de pequeno porte (Jucurutu/RN).
- c) Identificar medidas de gestão dos recursos hídricos das três esferas de governo (municipal, estadual e federal) relacionadas com o sistema de drenagem das águas pluviais e o desenvolvimento de estratégias de controle dos agravos-saúde-doença.

### 1.3 ESTRUTURA DA TESE

Esta pesquisa divide-se em quatro capítulos. O capítulo introdutório em que se apresentam a relevância do tema e os objetivos. O capítulo 2 trata da revisão bibliográfica. O capítulo 3 contém a estrutura metodológica com a caracterização da área de estudo e a descrição dos indicadores. No quarto capítulo, apresentam-se a coleta dos dados, os resultados com as respectivas análises. Seguem-se as considerações finais e recomendações.

Nos Apêndices, apresentam-se os procedimentos adotados pelo Ministério da Cidade para análises de projeto de drenagem (APÊNDICE A), a relação dos entrevistados (APÊNDICE B), as tabelas com dados estatísticos dos municípios (APÊNDICE C) e a ficha técnica do orientador e da orientanda (APÊNDICE D).

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 ASPECTOS DA DRENAGEM URBANA

No meio rural e urbano, a ausência de drenagem, assim como a concepção equivocada de projetos e obras mal executadas, materializa-se na forma de inundações e provocam transtornos e prejuízos financeiros à população. É importante ressaltar que, para efeito desta pesquisa, tomaram-se como base as definições do “Manual de desastres” da Secretaria Nacional de Defesa Civil do Ministério da Integração, de que “a inundação representa o transbordamento das águas de um curso d’água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea”, decorrente de modificações no uso do solo e pode provocar danos de grandes proporções (MC, 2010).

Recepcionando o entendimento da obra supracitada, as enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d’água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém sem extravasar. Trata-se de uma ocorrência natural, que normalmente não afeta diretamente a população, tendo em vista sua ciclicidade.

O alagamento, considerando também o documento anteriormente mencionado, é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem. A enxurrada é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Com vista a definir as águas na perspectiva deste trabalho, adotamos Tucci (2006), que conceitua: águas urbanas são aquelas provenientes das chuvas, denominadas de pluviais, as águas servidas, também denominadas de residuárias, e as águas fluviais, provenientes dos rios, riachos e córregos urbanos.

No âmbito de drenagem, alguns trabalhos merecem destaque e têm contribuído na gestão das águas urbanas no Brasil, a exemplo de: Marin et al. (1999), “Planejamento do sistema de drenagem urbana: concepção ideal versus prática do Poder Público”; Martins (1995), “Obras de macrodrenagem”; Milograna (2009), “Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas”; Righetto et al. (2009), “Manejo de águas pluviais urbanas”; Tucci (1993, 2004, 1997), “Controle de enchentes”, “Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil, no Rio Grande do Norte” e “Plano diretor de

drenagem urbana: princípios e concepção”; e no caso de Pernambuco, podem ser citados Cabral e Alencar (2005), ”Recife e a convivência com as águas”; MELO (2007), “Medidas estruturais e não estruturais de controle de escoamento superficial aplicáveis na Bacia do Rio Fragoso na cidade de Olinda”.

A Lei Federal n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece no artigo 1.º as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico. O artigo 3.º considera saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento d’água potável – constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário – constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até seu lançamento final no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos – conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas – conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

De acordo com a Funasa, em 2007, esse conceito é mais abrangente, consubstancia como um conjunto de ações socioeconômico que tem por objetivo alcançar Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento d’água potável, coleta e disposição sanitária dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural.

A drenagem urbana tem suas demandas acentuadas, também, em virtude dos usos equivocados dos recursos naturais, e existe ainda outro complicador, que se materializa em

obras executadas com o uso preponderante da abordagem convencional. Essa abordagem consiste em conduzir as águas para fora da cidade o mais rápido possível, utilizando canais de drenagem e tubulações subterrâneas. Esses sistemas são projetados basicamente usando como aporte técnico, apenas séries históricas de dados meteorológicos e previsões de padrões para o desenvolvimento urbano. O uso dessa técnica tem como objetivo principal reduzir o risco de inundações localizadas, embora os sistemas sejam frequentemente implantados com pouca consideração sobre impactos à jusante (TUCCI, 2004).

As consequências do exposto no parágrafo anterior são obras que demandam vultosos gastos financeiros e resultados sem êxito, deixando claro que o sistema de drenagem urbana deve estar inserido no Plano Diretor das Cidades e deve considerar obras de infraestrutura de macro e microdrenagem seguindo regimento os princípios técnicos e legais vigentes.

Nessa perspectiva, o Manual de Saneamento da Funasa define a microdrenagem como um sistema de condutos pluviais em nível de loteamento ou de rede primária urbana, que propicia a ocupação do espaço urbano ou periurbano por uma forma artificial de assentamento, adaptando ao sistema de circulação viária (FUNASA, 2007).

Ainda de acordo com o manual, a macrodrenagem pode ser definida como um conjunto de obras que visam melhorar as condições de escoamento de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talwegues (fundo de vale). Ela é responsável pelo escoamento final das águas, a qual pode ser formada por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares.

A macrodrenagem de uma zona urbana, recepcionando a conceituação do mesmo documento, corresponde à rede de drenagem natural preexistente nos terrenos antes da ocupação, sendo construída pelos igarapés, córregos, riachos e rios localizados nos talwegues e valas. Bem assim, estabelece que a microdrenagem é constituída por elementos construídos denominados: a) boca de lobo (dispositivo para captação de águas pluviais): sarjetas; b) poços de visita: para permitirem mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e limpeza de canalizações; c) tubos de ligação: conduz as águas pluviais captadas pela boca de lobo para a galeria e condutos.

No entendimento de Tucci (2004), medidas de engenharia destinadas a desviar, deter, reduzir, ou escoar com maior rapidez e menores níveis as águas de drenagem, são consideradas técnicas de controle de escoamento superficial direto, denominadas estruturais e não

estruturais. Essas duas medidas controlam as inundações e permitem uma convivência harmoniosa com os corpos d'água superficiais, e se revestem de importância maior por incluírem medidas de cunho social, econômico e administrativo.

Prosseguindo com o juízo do mesmo autor, as medidas estruturais correspondem a obras construídas para minimizar o risco de enchentes, evitando assim os danos e as interrupções das atividades causadas pelas inundações. Envolvem, na maioria, obras hidráulicas de porte com aplicação maciça de recursos. Entretanto, não são projetadas para propiciar proteção absoluta, pois estas seriam física e economicamente inviáveis na maioria das situações.

A obra não estrutural, como o próprio nome indica, não utiliza estruturas que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. A inexistência do suporte de medidas não estruturais é apontada, atualmente, como uma das maiores causas de problemas de drenagem nos centros mais desenvolvidos. A utilização balanceada de investimentos, tanto em medidas estruturais quanto não estruturais, pode minimizar significativamente os prejuízos causados pelas inundações (TUCCI, 2006).

As medidas não estruturais podem ser agrupadas em regulamentação do uso da terra ou zoneamento de áreas inundáveis; construção à prova de enchentes; seguro, previsão e alerta (TUCCI, 2006).

De acordo com os conceitos mais modernos, os aspectos operacionais dos sistemas de drenagem devem contemplar pesquisas hidrológicas, considerando-se a espacialidade das precipitações e as características peculiares de cada subárea da cidade.

As medidas não estruturais são hoje consideradas fundamentais e se têm destacado nos sistemas de drenagem urbana. Pequenas obras nas áreas de drenagem, que são as fontes geradoras de deflúvios, quando amplamente implantadas, reduzem significativamente as ondas de cheia, tanto em magnitude quanto na frequência de eventos extremos (TUCCI, 2006).

Nesse contexto e calcado na concepção do (PDUS) de 2006 do Ministério das Cidades, preconiza-se que a gestão integrada das águas nos centros urbanos tem-se tornado um desafio, entretanto é necessário que se tenha uma visão holística com abordagem coerente na tentativa de que o processo se torne socialmente justo, economicamente viável e ambientalmente correto (MC, 2006).

O PDUS contextualiza, ainda, que é necessário promover, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo, e de gestão das respectivas bacias hidrográficas, a gestão sustentável da drenagem com ações estruturais e não estruturais. Entre outras, essas ações se propõem ao controle e à minimização dos impactos provocados por fatores climáticos e pela ação antrópica que dão origem às enchentes urbanas e ribeirinhas, e problemas de macrodrenagem, bem como o controle dos efeitos da dinâmica marítima na zona costeira.

O tema drenagem tem alcançado destaque na gestão das águas pluviais urbanas, cuja abordagem técnica de implantação na classificação dos sistemas adotada internacionalmente é:

- a) Sistemas unitários – constituídos por uma única rede de coletores onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, comerciais e industriais, e águas pluviais; recolhem e drenam a totalidade das águas a afastar dos aglomerados populacionais.
- b) Sistemas separadores – constituídos por duas redes de coletores distintas, uma destinada à drenagem das águas residuais domésticas, comerciais e industriais, e outra à drenagem das águas pluviais ou similares.
- c) Mistos – constituídos pela conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede de coletores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo.
- d) Separadores parciais ou pseudoseparadores – Em que se admite, em condições excepcionais, a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao coletor de águas residuais domésticas;

Ainda na conjuntura internacional e de acordo com Tucci (2006), na América do Sul, a tradição é de desenvolvimento de sistemas separadores de esgotamento sanitário e drenagem urbana. No entanto, a realidade brasileira é diferente, conforme comprovam os estudos realizados nos municípios brasileiros objeto deste estudo.

O descaso com os recursos naturais, especificamente com os recursos hídricos, vem causando problemas que se revelam crescentes e de soluções difíceis e onerosas. Porém, iniciativas a respeito da proteção e gestão dos recursos hídricos vêm ganhando destaque no mundo.

## 2.2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA

A arte da drenagem de águas superficiais e subterrâneas é tão antiga quanto a origem das civilizações. O fim da vida nômade e o estabelecimento do homem em localidade fixa foi possível no momento em que ele pôde inventar técnicas de manejo da água sobre o solo e utilizar seu poder de percolação para estabelecer os primeiros processos de irrigação e produção de alimentos, independentemente de condições atmosféricas (MATOS, 2003).

Ainda conforme Matos (2003), a experiência dos antigos foi aprimorada pelos fenícios, gregos e romanos. Obras de drenagem de grande porte foram realizadas no tempo do Império Romano, como as do Vale do Pó, na Itália, e as do Fens, na Inglaterra. Na Idade Moderna, nos Estados Unidos, as terras pantanosas da costa do Atlântico, as terras baixas próximas ao rio Sacramento, na Califórnia, e os pântanos meridionais dos grandes lagos.

Webster (1962) refere, por exemplo, o sistema de drenagem com coletores principais e drenos do aglomerado de Mohengo-Doro, cidade que pertenceu a Civilização do Vale do Hindu, os Drávidas, localizado atualmente no Paquistão, berço da civilização Indiana. Desenvolvido pela civilização Hindu, as ruínas desse antigo sistema que se destinava, sobretudo à drenagem de escoamento das vias, e que data de 3000 A.C., espanta pela atenção e o cuidado colocados, na altura, com a construção desse tipo de infraestruturas. Os coletores dispunham mesmo de calceiras adaptadas ao escoamento dos caudais mais reduzidos.

Maner (1966) refere à atividade da Civilização Mesopotâmica nos anos 2500 a. C., que planeou e construiu, designadamente nas cidades de Ur e Babilônia, infraestruturas de drenagem, incluindo uma espécie de sarjetas e sumidouros para a coleta de águas de superfície e encaminhamento para os coletores. Os materiais de construção então utilizados foram, tipicamente, o tijolo e o asfalto. Em 800 a. C., o rei Senaquerib, que governava a Assíria, decidiu construir, em Nineveb, o chamado palácio “sem rival”. É conhecido o fato de, para isso, ter desviado o curso do rio Tebiltu e ter levado a cabo obras de abastecimento d’água ao palácio.

Em Cnossos, urbe da ilha de Creta e centro da época egeia (3000 a 1000 a. C.), ainda atualmente se pode admirar, ao sul da cidade de Iraklian, o famoso palácio, com seu majestoso terraço, seus pátios inferiores, sua decoração mural, seu gigantismo e seu sistema de drenagem. As ruínas existentes revelaram o recurso a desenvolvidos sistemas de drenagem construídos em pedra e terracota, com um coletor ou emissário final das águas residuais

(águas pluviais e de excreta) que descarregava o efluente a uma distância considerável da origem (WEBSTER, 1962).

Hodge (1992) refere que foi construído um sistema separativo em Jerusalém, datado por volta de 1000 a. C., que cobria uma pequena parte da cidade. Refere-se, ainda, à época do Império Romano até o século XVII; as estratégias de drenagem e saneamento em meio urbano não sofreram na Europa praticamente nenhum avanço. Em termos sanitários, pode mesmo falar-se em “regressão” ao longo d, pelo menos, uma parte da Idade Média – a higiene e limpeza eram completamente ignoradas pela maior parte dos cidadãos. Em regra, os primeiros trabalhos relevantes de drenagem e de evacuação de “águas pestilentas” ocorrem nas principais cidades europeias, entre os séculos XIV e XVIII.

De acordo com Matos (2003), o desenvolvimento industrial, com a conseqüente concentração populacional nas grandes cidades, contribuiu para que só no século XIX fosse autorizada a ligação das águas residuais domésticas às redes de drenagem pluvial existente, o que agravou enormemente os riscos de transmissão de doenças de origem hídrica, em consequência das condições precárias daquelas redes. Foi o caso das cidades de Boston em 1883, Londres em 1847, Nova York em 1854 e Paris em 1880.

Na segunda metade do século XIX, Ressano Garcia (1984), em Lisboa, tal como Belgrand, em Paris, e Garcia Faria, em Barcelona, são artífices de planos de saneamento inspirados nos princípios da corrente higienista de Edwin Chadwick, grande responsável pela chamada de atenção para a necessidade de planejamento e construção de infraestruturas de drenagem urbana (MATOS, 2003).

### 2.3 A EVOLUÇÃO DA DRENAGEM NO BRASIL

Em 2005, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), em comemoração ao centenário do primeiro canal de águas pluviais construído na cidade de Santos, que dava início à história de drenagem no Brasil, publicou um livrete que retrata o feito do engenheiro sanitário Francisco Saturnino Rodrigues de Brito.

O livrete ressalta que foi um marco não só da hidrologia urbana, mas também de ações de políticas públicas voltadas para saúde pública, até então agravada pela disseminação de

doenças contagiosas, em que as endemias e epidemias se proliferavam em toda Santos no fim do século XIX.

O destaque da urbanização projetada para o município de Santos ficou por conta do projeto e execução do sistema de saneamento da cidade, cuja rede de drenagem de águas pluviais constituía-se de quatro galerias e 9,5 km de canais de drenagem superficial na área urbana e periurbana de Santos (SABESP, 2005).

De acordo com a Sabesp (2005), o programa de saneamento desenvolvido por Saturnino entre 1905 e 1912 baseou-se no princípio de separar as águas de rios e córregos das águas de esgoto. No total, foram nove canais superficiais, além de sete outros construídos pelo poder público municipal. Com margens dois metros acima do maior preamar da região, os canais tinham como função retificar rios e drenar áreas encharcadas, sujeitas a inundações, evitando a estagnação das águas e o risco de epidemias. Também eram navegados por barcos que levavam as famílias a passeio.

Ao ser inaugurado, o sistema era composto de 66 km de coletores, 15 km de emissários, 602 poços de visita, 10 estações elevatórias, uma usina terminal e uma ponte suspensa, a Ponte Pênsil, projetada para a travessia do emissário da ilha de São Vicente à sua área continental. A execução do sistema custou aos cofres públicos quase 10 mil contos de réis (SABESP, 2005).

Com a instalação das redes de esgoto e águas pluviais, foram extintos os focos que provocaram diversos surtos epidêmicos em Santos, no fim do século XIX e começo do século XX. A cidade de Santos tornou-se salubre. Moradores de São Paulo passaram a visitá-la para conhecer suas praias. O comércio deu um salto de desenvolvimento (SABESP, 2005).

Os canais de drenagem – os canais de Santos – considerados patrimônio histórico e cultural da cidade foram tombados pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico e Arquitetônico e Turístico do Estado (Condephaat) em 2002. Daí em diante, o Brasil passou a adotar o sistema separador absoluto e do uso generalizado de tubos de concreto; os sistemas de esgotos sanitários passaram a ser obrigatoriamente projetados e construídos independentemente dos sistemas de drenagem pluvial, e esta se tornou um elemento obrigatório dos projetos de urbanização (SABESP, 2005).

Prevalecendo essa mudança de paradigma, a engenharia urbana passa a desempenhar papel importante em projetar traçados urbanísticos nas cidades, a exemplo de Belo Horizonte, cuja

população foi beneficiada com o sistema de abastecimento d'água e esgotamento sanitário projetado por Saturnino de Brito, obedecendo a esse traçado.

De modo geral, nas cidades brasileiras, a infraestrutura pública em relação à drenagem, como em outros serviços básicos, caracteriza-se como insuficiente, o que não tem contribuído mais eficientemente para a tranquilidade dos cidadãos, agravada pela irresponsabilidade da ocupação das áreas de preservação permanente/naturais, tanto as de macrodrenagem como as de terrenos instáveis nos municípios brasileiros.

Logicamente, um sistema de drenagem urbana adequado não significa que tenha condições de absorver enchentes extraordinárias, fora da normalidade, mas se as obras são feitas dentro das técnicas, levando em consideração o tempo de retorno, dimensionamento dos elementos que compõem o sistema, elementos compatíveis com os grandes eventos, as consequências seriam em menor proporção.

Porém, há registros históricos, desde 1756, de que a população da cidade do Rio de Janeiro, por exemplo, já sofria com os problemas de enchentes e deslizamentos. Em Pernambuco, as ocorrências das grandes enchentes datam do início de 1632, somando-se 28 enchentes até 2011; no entanto, as inundações e os alagamentos na cidade de Recife são constantes. No Rio Grande do Norte, as enchentes históricas se concentram na região do vale do Açu, registradas nos anos de 1924, 1947, 1964, 1974, 1985, 1996, 2004 e 2010 (MI, 2010).

## 2.4 A DRENAGEM E A GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

No cenário internacional, merece referência o trabalho de Matos (2003), relacionado com a gestão das águas residuárias em que descreve uma retrospectiva a respeito do tema, no qual cita que, em Paris, ao longo dos séculos XVIII e XIX, desenvolveram-se obras de dimensão significativa relacionadas com a drenagem das águas residuais. Entretanto, só em 1880, Eugène Belgrand, como diretor de Água e Esgotos de Paris, leva a cabo um Plano Geral de Drenagem, que projeta e constrói grandes coletores enterrados.

De acordo com Matos (2003), a prática ou abordagem tradicional de promover a drenagem de águas residuárias em zonas urbanas perdura, na Europa, há quase dois séculos. O desenvolvimento de soluções lineares, de construção de infraestruturas enterradas progredindo

sucessivamente para jusante, com redes coletoras e emissários com descargas fora da zona urbana, com ou sem tratamento, constituiu prática generalizada de sucesso inquestionável.

Esse sucesso pode medir-se, fundamentalmente, pela erradicação no meio urbano de resíduos líquidos que propiciavam terríveis epidemias, como a peste, transmitida pelo rato e pela pulga, ou a cólera, veiculada por água contaminada. Nos trabalhos publicados por Matos (2003), há referência à cidade de Hamburgo, na Alemanha, como uma das primeiras cidades a ser dotadas de um plano nacional de drenagem de águas residuais (um sistema do tipo unitário).

Em 1842, parte de Hamburgo encontrava-se destruída, e William Lindley, um inglês residente na cidade, foi encarregado de planejar e projetar o sistema. Além de novos coletores, foram projetadas vias e parques e foi, em parte, “redesenhada” a cidade. William Lindley colaborou também, mais tarde, no projeto de drenagem de águas residuais da cidade de Sidney na Austrália (VEIGAS, 2007).

Segundo Matos (2003), no Reino Unido, em 1852, Joseph Bazalgette foi encarregado de planejar e projetar o sistema de drenagem da cidade de Londres para dar aporte aos projetos, e foram elaborados estudos experimentais do regime de precipitação local. Nos Estados Unidos da América, Sylvester Chesbough planejou e projetou, de forma integrada, o primeiro sistema de drenagem para Chicago em 1858. Em 1870, Julius Adams projeta o sistema de Brooklyn em Nova York. Os principais critérios de dimensionamento então seguidos, nessas e posteriormente noutras cidades americanas, tiveram origem, fundamentalmente, nas experiências e práticas europeias.

Entre 1870 e 1880, Waning projeta, nos Estados Unidos da América, os primeiros sistemas separativos – em Lenox, em Massachusetts e Memphis no Tennessee. Nesse último caso, o sucesso da intervenção foi graças à coincidência, ao mesmo tempo, da redução dos efeitos de um surto de febre amarela na região (MATOS, 2003).

Em Wageningen na Holanda, realizou-se em 1992 a INTERURBA I, conferência internacional sobre a interação de redes de drenagem, estações de tratamento de águas residuais e sobre a influência dos diversos contaminantes no meio receptor, com o patrocínio da International Association on Water and Quality (IAWQ). Surgiu então a ideia de abordar a temática das águas residuais em sua totalidade, ou seja, considerar de forma integrada a drenagem, o tratamento de águas residuais e o meio receptor uma vez que ambos têm influência sobre a qualidade do meio receptor (VEIGAS, 2007).

Em Portugal, nas décadas de 1980 e 1990, o investimento em saneamento cresceu de forma significativa, sobretudo vocacionado para os grandes núcleos urbanos. Atualmente, no início do século XXI, afirma Matos (2003), devido às obras projetadas ou em execução no âmbito dos Sistemas Multimunicipais de Abastecimento d'água e de Saneamento recentemente criados, espera-se que as atuais taxas de atendimento em drenagem e tratamento de águas residuais, respectivamente 70% e 55%, possam atingir o valor objetivo de 90%.

Estão sendo observadas mudanças de postura sobre o tema abordado. A problemática das descargas de efluente não tratado no meio receptor constitui uma das principais preocupações nos países mais desenvolvidos, o que implica maior controle na operação e manutenção aos sistemas de drenagem; e não se limitam às estações de tratamento. Nessa perspectiva é uma grande preocupação a necessidade de gerenciar o sistema de drenagem das águas urbanas de forma adequada, que sejam conduzidas para alimentação dos mananciais, que sejam infiltradas no solo para recarga do lençol freático, ou seja, armazenada de forma segura para o consumo humano, evitando, assim, sua contaminação (MATOS, 2003).

Iniciativas a respeito da proteção e gestão dos recursos hídricos vêm ganhando destaque no mundo. Reconhecendo a indisponibilidade e qualidade da água, do saneamento, além de questões fundamentais subjacentes como o surgimento de doenças infecciosas, o Instituto de Medicina Pública dos Estados Unidos realizou, durante o Fórum sobre Ameaças Microbianas, um Workshop de dois dias em Washington, DC (Distrito de Colúmbia), em setembro de 2008 para debater o tema (U.S. EPA, 2008).

Outro tema abordado foi a vulnerabilidade sobre saneamento, especificamente sobre abastecimento d'água e em países desenvolvidos e em desenvolvimento, e as oportunidades para melhorar esses serviços de modo a reduzir o risco de contaminação e conseqüentemente o surgimento de doenças infecciosas, por meio da troca de experiências e disseminação de técnicas de êxito (U. S. EPA, 2008).

O Relatório do Workshop evidencia que o foco das discussões girou em torno das conexões globais e locais entre água, saúde, saneamento, o aspecto de processos relacionados com a transmissão de doenças pela água, como se elaboram os projetos de intervenções, demonstrando um avanço no reconhecimento da importância do tema em questão.

Durante a IV Conferência Nacional das Cidades, realizada de 19 a 23 de junho de 2010, buscou-se o contexto da sustentabilidade para as cidades, cuja concepção de integração do

saneamento se complementa com o aspecto ambiental e institucional; ambiental, visando promover a proteção dos recursos naturais e dos ecossistemas existentes, e o institucional, entendendo-se que a infraestrutura urbana deva propiciar os meios necessários ao desenvolvimento das atividades político-administrativas, entre os quais, inclui-se a gestão da própria cidade, conforme texto-base da conferência (MC, 2009).

Entretanto, os aspectos citados no texto-base influenciam diretamente no aspecto social, em que a infraestrutura urbana visa promover adequadas condições de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. No que se refere ao aspecto econômico, a infraestrutura urbana deve propiciar condições adequadas para o desenvolvimento das atividades produtivas, isto é, a produção e comercialização de bens e serviços (MC, 2009).

Ainda de acordo com o texto-base da IV Conferência Nacional das Cidades, as cidades, no ponto de vista da sustentabilidade, além das atividades a que se destinam, buscam novos paradigmas que ofereçam conforto e bem-estar, por meio da evolução de técnicas e ações que correspondam a modificações quantitativas e qualitativas na totalidade das atividades urbanas necessárias, de forma a acompanhar o crescimento físico da cidade.

Esse crescimento surge com a economia, os investimentos nos serviços básicos ofertados, o aumento populacional, traduzindo-se em expansão urbana, ocupação de espaços e necessidade de implementação de infraestrutura de serviços para atender à demanda existente.

Na legislação brasileira, o direito à cidade sustentável está expresso no inciso II do artigo 2.º da Lei n.º 10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal Brasileira de 1988, que determina como objetivo de ordenamento da política urbana na cidade, o desenvolvimento das suas funções sociais em sua totalidade, mediante algumas diretrizes gerais (BRASIL, 2005).

No entanto, de acordo com Suassuna e Fátima (2009), ainda predomina o modelo antigo de desenvolvimento e crescimento na maioria das cidades brasileiras, embora seja sentida a mudança em alguns lugares, onde os gestores públicos munidos de informações e com conhecimento das problemáticas tendem a aplicar as políticas de desenvolvimento com participação da sociedade.

Infelizmente, contestam as autoras citadas, o processo de “pensar” as cidades não tem sido realizado de forma sistemática e coerente ao longo dos últimos anos no Brasil, justamente quando foi intenso o processo de urbanização. Embora, nos últimos anos, venha ocorrendo

um arrefecimento das taxas de urbanização na maior parte das capitais brasileiras, verifica-se a seguinte tendência:

- a) taxa reduzida de crescimento na cidade-núcleo da área metropolitana;
- b) aumento da taxa de crescimento nas áreas periféricas;
- c) aumento expressivo da população em cidades médias que se constituem em polos *regionais de crescimento econômico, ocorrendo um esvaziamento em pequenos municípios próximos a essas áreas.*

Esse crescimento urbano tem sido caracterizado por expansão irregular de periferia, com pouca obediência à regulamentação urbana estabelecida por um Plano Diretor ou às normas específicas de loteamentos, ocorrendo, sistematicamente, ocupação irregular de áreas, públicas e privadas, que até pouco tempo era realizada por contingente populacional de baixa renda e atualmente vem ocorrendo uma mudança desse comportamento (MC, 2009).

O fato verifica-se nas metrópoles brasileiras, pelas grandes imobiliárias e empresas que buscam ocupar esses espaços, pactuando com a comunidade local, oferecendo benefícios de infraestrutura, obtendo de forma legal essa apropriação por esse espaço com a construção de condomínios fechados ou prédios empresariais. Outro fator a ser considerado do processo de urbanização brasileiro é que o sistema de drenagem urbana subordina-se aos projetos de parcelamento do solo urbano e à implantação dos sistemas viários. O problema torna-se mais grave e complexo, principalmente quando se trata de compatibilização dos elementos naturais com os construídos, pois ainda requer uma mudança nos paradigmas de planejamento e de intervenção (SUASSUNA; FÁTIMA, 2009).

Conforme trabalho elaborado para a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades, como subsídio à formulação de um Programa Nacional de Manejo Integrado das Águas Pluviais Urbanas, as deficiências não estão apenas relacionadas com a cobertura dos sistemas, mas, sobretudo, com a concepção da intervenção e a inexistência de mecanismos tributários próprios para garantia de recursos para investimentos (MC, 2008).

No país 78,6% dos municípios que dispõem de algum sistema de drenagem urbana têm população superior a 300.000 habitantes e estão concentrados nas regiões Sul e Sudeste. Nos municípios com até 20 mil habitantes, o índice está abaixo da média nacional. Se for considerada a totalidade dos municípios brasileiros, apenas 26,3% dispõem de alguma infraestrutura de drenagem (MC, 2008).

No Brasil, a PNSB constatou, entre 2000 e 2008, que os serviços de manejo de águas pluviais existiam em 78,3% dos municípios, e chegaram a 94,4% do total, representando um crescimento de 20,6% no período, conforme a Tabela 1. Na pesquisa, considerou-se que os municípios tinham serviço de manejo de águas pluviais quando este existisse em pelo menos um distrito ou parte dele, independentemente da extensão da rede de drenagem (IBGE, 2010).

Tabela 1 – Municípios: total e com ruas pavimentadas na área urbana, por tipo de sistema de drenagem urbana, segundo as regiões Norte e Nordeste e as unidades da Federação, 2000-2008.

Regiões Norte e Nordeste / Unidades da Federação	Total de Municípios		Total de Municípios com ruas pavimentadas		Tipo de sistema de drenagem urbana			
					Superficial		Subterrâneo	
	2000	2008	2000	2008	2000	2008	2000	2008
<b>Brasil</b>	<b>5507</b>	<b>5564</b>	<b>4313</b>	<b>5255</b>	<b>3470</b>	<b>4939</b>	<b>3678</b>	<b>4019</b>
<b>NORTE</b>	<b>449</b>	<b>449</b>	<b>221</b>	<b>403</b>	<b>212</b>	<b>401</b>	<b>136</b>	<b>189</b>
Rondônia	52	52	21	46	20	44	13	30
Acre	22	22	11	22	6	22	10	14
Amazonas	62	62	30	46	28	48	18	24
Roraima	15	15	4	15	4	15	4	11
Pará	143	143	103	134	103	134	58	78
Amapá	16	16	6	3	6	3	6	2
Tocantins	139	139	46	137	45	137	27	30
<b>NORDESTE</b>	<b>1787</b>	<b>1783</b>	<b>1227</b>	<b>1614</b>	<b>1054</b>	<b>1574</b>	<b>798</b>	<b>860</b>
Maranhão	217	217	109	298	109	205	14	59
Piauí	221	223	211	223	211	223	18	22
Ceará	194	194	124	183	99	181	103	126
<b>Rio Grande do Norte</b>	<b>166</b>	<b>167</b>	<b>14</b>	<b>167</b>	<b>14</b>	<b>167</b>	<b>9</b>	<b>17</b>
Paraíba	223	223	190	222	161	222	143	140
Pernambuco	185	195	169	169	142	166	161	153
Alagoas	101	102	85	87	73	96	70	65
Sergipe	75	75	71	75	55	75	71	64

Fonte: IBGE (2010).

De acordo com a PNSB, os municípios com ruas pavimentadas na área urbana implicaria a existência de drenagem das águas pluviais superficiais. Em todas as grandes regiões do Brasil, a maior proporção desses registrou ter entre 75 e 100% de ruas pavimentadas com sistema de drenagem exclusivamente superficial.

A PNSB destaca que dos 5.256 municípios brasileiros que declararam ter manejo de águas pluviais, informaram que 74,4% utilizam cursos d'água (rios) permanentes como corpos receptores; cursos d'água intermitentes 16,9%; o mar 2,9%; lagoas 10,0%; áreas livres públicas ou particulares 20,7%, que são áreas constituídas por logradouros e terrenos livres, de natureza pública ou privadas; e 5,3% utilizam outros corpos receptores (IBGE, 2010).

Portanto, no Brasil os serviços de pavimentação, habitação, limpeza urbana, parques e jardins, e tratamento de efluentes são apenas alguns dos serviços municipais que influenciam ou são influenciados pela gestão de águas pluviais. Porém, esses serviços operam de forma independente e isso aumenta o risco de que a gestão ou ausência de gestão de um serviço gere impactos não intencionais em outros.

A despeito do exposto, a maioria das cidades dos países em desenvolvimento, inclusive os municípios estudados, raramente tem estrutura para atender a uma abordagem integrada necessária para lidar com as questões de águas pluviais, as quais na estrutura atual afetam diversos órgãos de diferentes competências nas cidades (RUANO, 1999).

Do ponto de vista de cidades sustentáveis, as águas pluviais têm potencial para fornecer benefícios concretos, incluindo controle de enchentes, proteção ambiental, aumento das áreas verdes urbanas, alimentação dos espelhos d'água, fontes e a provisão de uma fonte alternativa de água. Entretanto, para identificar tais oportunidades, a cidade precisa compreender a relação das águas pluviais com outros setores de gestão urbana.

Com vista ao atendimento da necessidade da gestão integrada das águas pluviais urbanas, Ruano (1999) afirma que o Ecurbanismo ou Urbanismo Sustentável é uma nova disciplina que articula múltiplas e complexas variáveis, e incorpora uma aproximação sistêmica ao desenho urbano. Tudo isso com uma visão integrada e unificada, de tal maneira que supere a divisão clássica do urbanismo tradicional e seus critérios formais e estilísticos. Com esse novo paradigma, deve-se estabelecer uma relação dialética entre o planejamento estratégico e o desenho urbano.

Dessa forma, esses novos conceitos de gestão integrada das águas pluviais urbanas se iniciam pelo planejamento e ordenação do uso do espaço, mediante a preservação dos fluxos do balanço hídrico. Essa nova concepção de planejamento urbano integrado denomina-se Low Impact Development (LID), aplicado principalmente nos Estados Unidos e Water Sensitive Urban Design (WSUD), amplamente difundido na Austrália, referência mundial em Gestão Sustentável de Águas Urbanas (NUNES et al., 2011).

As práticas e tecnologias WSUD podem abranger as finalidades: controle do fluxo do escoamento superficial (*runoff*), proteção contra inundações, retenção ou detenção, coleta/tratamento/reuso da água da chuva, tratamento para controle e manutenção da qualidade dos corpos hídricos, dentre outros. Tanto os princípios do WSUD quanto do “Smart Growth” baseiam-se no aumento de área permeável, arborização, integração e valorização

estética da paisagem urbana, incremento de áreas públicas para lazer e prática de esportes, melhoria do microclima local e da qualidade ambiental urbana (U. S. EPA, 2010).

Ainda de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, o Smart Growth surge como modelo de desenvolvimento urbano americano, seguindo a mesma linha de pensamento do Novo Urbanismo e dos Cânones da Arquitetura e do Urbanismo sustentável. A organização Smart Growth America define que um bairro projetado nos princípios Smart Growth requer menos pavimento impermeável por área residencial construída, uma prática que permite que a água da chuva se infiltre no solo, prevenindo que o escoamento de águas pluviais provoque maiores danos ao meio ambiente.

A EPA explica, mesmo com registro de discretos aumentos na densidade urbana, que se podem reduzir significativamente os problemas de qualidade de água associados à urbanização. Exemplificando, cita que, em estudo na bacia hidrográfica de Chesapeake Bay, verificou que o adensamento populacional requer cerca da metade superfície impermeável em relação a uma zona de baixa densidade populacional, e ainda geram 43% menos poluentes oriundos do escoamento superficial (U.S. EPA, 2000).

Nesse contexto surge o LID, Desenvolvimento de Baixo Impacto como uma estratégia de gestão dos recursos hídricos, com uma abordagem da gestão das águas pluviais e um conjunto de práticas que podem ser usadas para reduzir as enxurradas e as cargas poluentes associadas, gerindo os escoamentos o mais próximo da sua fonte(s) quanto possível (NUNES, 2012).

Dessa forma, tais iniciativas foram absorvidas pela Secretaria de Saneamento Ambiental do governo federal, na adoção dos princípios de drenagem urbana sustentável, baseado na prática americana no conceito de LID, que se traduz em soluções mais eficazes e econômicas quando comparadas com as soluções tradicionais de drenagem urbana (BRASIL, 2006).

Prodanoff (2005) acrescenta que esse novo modelo para gestão de águas pluviais incorpora técnicas inovadoras da engenharia, como a construção de pavimentos permeáveis e de canais abertos com vegetação, ambos buscando atenuar as vazões de pico e, também, reduzir a concentração de poluentes das águas de chuva nas áreas urbanas.

Os sistemas de drenagem urbana sustentável são práticas que têm sido adotadas largamente nos países desenvolvidos. Existe, por parte dos países em desenvolvimento, um crescente interesse pela adoção das técnicas inovadoras, mas ainda existem muitas dificuldades para a implementação. Visando à identificação dessas dificuldades, um projeto de pesquisa foi

financiado pelo Department for International Development (DFID) do Reino Unido e coordenado pelo Water Engineering and Development Centre (WEDC) da Universidade de Loughborough na Inglaterra (VEIGAS, 2007).

Conforme Veigas (2007), o projeto envolve o levantamento dos problemas de inundação e dos sistemas de drenagem, a investigação do potencial para o uso dos sistemas de drenagem urbana sustentável e das melhores práticas de gerenciamento – Best Management Practices (BMP) – nos seguintes países: Uganda, Vietnam e Brasil.

O conceito de BMP de águas pluviais promove uma abordagem integrada de manejo das águas pluviais, baseada em opções de retenção, tratamento e reutilização das águas de chuvas escoadas superficialmente. Em oposição à abordagem convencional da drenagem urbana, é necessária uma abordagem que utilize soluções de BMP de águas pluviais que visa objetivos multidimensionais, relacionados com a qualidade, a quantidade e os aspectos socioeconômicos das águas pluviais (PARKINSON; MARK, 2005).

A escolha de soluções deve, portanto, considerar aspectos como disponibilidade de espaço, clima local, tipo de solo, nível de águas subterrâneas, topografia, tipos de construção, práticas de uso do solo, condições socioeconômicas.

A gestão de águas pluviais é influenciada pelo crescimento urbano e pelas condições climáticas, dois fatores que são difíceis prever com precisão. Porém, as soluções BPM são dotadas de flexibilidade que permitem sua adaptação, ao contrário de sistemas convencionais de drenagem, que têm em sua concepção parâmetros fixos. As soluções BMP podem ser concebidas para servir seu propósito em diversos cenários futuros (PARKINSON; MARK, 2005).

No Brasil, essas melhores práticas vêm sendo desenvolvidas nas metrópoles, principalmente em regiões suscetíveis a inundações com histórico de enchentes, a exemplo dos municípios de Natal – Rio Grande do Norte (RN) e Recife – Pernambuco (PE).

De acordo com Righetto et al. (2009), o município de Natal, capital do Rio Grande do Norte, tem como peculiaridade a formação de bacias de drenagem fechadas, em que os deflúvios superficiais são acumulados em lagoas naturais ou artificiais, localizadas nos baixios dessas bacias. A cidade tem 25 áreas de drenagem desse tipo, algumas de pequenas dimensões, de alguns hectares, e outras chegando a valores próximos a 100 hectares. Para solucionar

problemas de alagamento e inundação foram construídas lagoas de contenção situadas em diversos bairros da cidade.

A primeira bacia está inserida no conjunto habitacional Mirassol e tem uma área de 0,14 km<sup>2</sup>, a altitude máxima é de 61,10 m e altitude do exutório é de 34,90 m, taxa de impermeabilização de 78,32%. A segunda bacia está inserida em Cidade Jardim, tem uma área de 0,25 km<sup>2</sup> e taxa de impermeabilização do solo é de 47,30% (RIGHETTO et al., 2009).

Outra aplicação da BMP, dentro do contexto de planejamento integrado, é a arborização urbana. Esse serviço público influencia diretamente na interceptação das chuvas, evitando erosão, poluição atmosférica, controle de temperatura das cidades e disposição de áreas permeáveis, a exemplo dos municípios de Lucrécia, Extremoz, Santana do Seridó, Itajá, Martins e Viçosa no Rio Grande do Norte.

Os resultados das soluções da BPM se refletem na redução dos índices de doenças infecciosas, além do percentual de cobertura do solo cujo revestimento de paralelepípedo é integrado à presença de gramados, nas praças e logradouros (PARKINSON; MARK, 2005).

Em Recife, capital pernambucana, a Prefeitura, em cooperação técnica Brasil-Itália, por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento do Ministério das Cidades, em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco, desenvolveu um projeto piloto no bairro do Espinheiro, que, pelo processo de verticalização das moradias e impermeabilização do solo, tem sofrido constantes alagamentos. Para solucionar o problema, foi construído um microrreservatório de retenção de águas pluviais sob as calçadas e prédios, e parte da faixa de rolamento, aproveitando a rede de microdrenagem existente (CABRAL; ALENCAR, 2005).

Outra obra estruturante foi a construção do sistema de comportas no canal Derby-Tacaruna, situado na Avenida Agamenon Magalhães, que corta a cidade do Recife de norte a sul, para onde converge grande fluxo de veículos, que, por ocasião da maré alta, evita o transbordamento do canal. O regime de operação das comportas é também utilizado para evitar que resíduos sólidos se desloquem pelo canal causando problemas de transmissão de doenças infecciosas, além de melhorar os aspectos estéticos do corpo d'água (CABRAL; ALENCAR 2005).

Ainda em Recife, no bairro do Ipsep, cruzamento da Av. Recife e Av. Dom Hélder Câmara, cuja topografia do terreno dificulta o escoamento das águas e favorece o retorno das marés altas, optou-se pela técnica da drenagem forçada. Aliado a uma comporta construída na

jusante do bueiro celular, foi implantado um conjunto de bombas, com vazão total de 3 m<sup>3</sup>/s, que são acionadas à medida que se atingem as cotas de: 2,10 m a primeira; 2,30 m a primeira e a segunda; e 2,50 as três simultaneamente. Neste momento a comporta encontra-se fechada e as águas coletadas a montante dela são lançadas por meio de tubulação na maré que se interliga ao rio Tejipió. Com esse processo, toda a concentração de águas na Av. Recife foi eliminada (CABRAL; ALENCAR, 2005).

O paradigma moderno associado aos sistemas de drenagem urbana é o de retenção máxima da água pluvial nos locais de origem, procurando-se tirar proveito da grande capacidade espacial em reter pequenos volumes de água, evitando-se, assim, as frequentes ondas de cheia observadas, quando tão somente se procuram sistemas de obras de micro e macrodrenagem, para contrapor-se com o chamado desenvolvimento urbano associado à impermeabilização do solo (TUCCI; MELLER, 2007).

Ainda de acordo com Tucci e Meller (2007), o aumento das superfícies impermeabilizadas nas cidades, provocado não só pelas ocupações irregulares, mas também pela alteração da cobertura vegetal, acarreta modificação da dinâmica das águas na bacia e os condicionantes do ciclo hidrológico, impactando os rios quanto à quantidade e à qualidade da água e provocando seu assoreamento.

Como prevenção, os projetos devem estar inseridos em um plano de desenvolvimento da infraestrutura hídrica, de forma a minimizar os efeitos adversos das inundações, sobre o equilíbrio ambiental e a saúde pública, por regras operativas eficientes (MC, 2010).

Os principais desastres naturais registrados no país, decorrentes de inundações, alagamentos e deslizamentos, são os que resultam nos maiores danos materiais e humanos e se localizam nas áreas urbanas. A expansão da prevenção a esses desastres demonstra ser o caminho acertado para a redução do grau de vulnerabilidade das populações. Ressalta-se que ações preventivas como o correto registro dos desastres, com suas causas e consequências, mapeamento da área de risco, estudos hidrológicos da bacia, são essenciais para a elaboração de políticas públicas consistentes e precisas para a prevenção e resposta a desastres (MC, 2010).

Nesse cenário, configura-se o desafio de promover intervenções estruturais e não estruturais de redução e prevenção dos riscos por meio de um pacto federativo que potencialize investimentos e induza o aprimoramento das políticas públicas. É necessário fortalecer a capacidade institucional de gestão de riscos dos municípios e induzir a integração das

políticas de prevenção de riscos com as políticas de planejamento territorial e urbano, buscando tanto a redução dos riscos, onde estes já estejam instalados, quanto a prevenção de novas ocupações em áreas suscetíveis a riscos ambientais (Preto Filho, comunicação pessoal, 2012).<sup>1</sup>

Observa-se, entretanto um incremento nas obras de macrodrenagem, principalmente no que se refere à construção de barragens, principalmente em determinadas localidades onde esses eventos são recorrentes, a exemplo da região Nordeste, especificamente, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte e Paraíba, e o litoral da região sul do Brasil.

A mudança de paradigma necessária para o bom desempenho da drenagem pode ser incorporada por meio de estratégias de Apoio à Gestão Ambiental Urbana, inserindo a variável ambiental de forma contundente nos instrumentos urbanísticos e que vem sendo desenvolvido em parceria pelos Ministérios do Meio Ambiente e das Cidades, com o Programa das Nações Unidas (PNUMA) para o Meio Ambiente e o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-HABITAT) (PNUD, 2010).

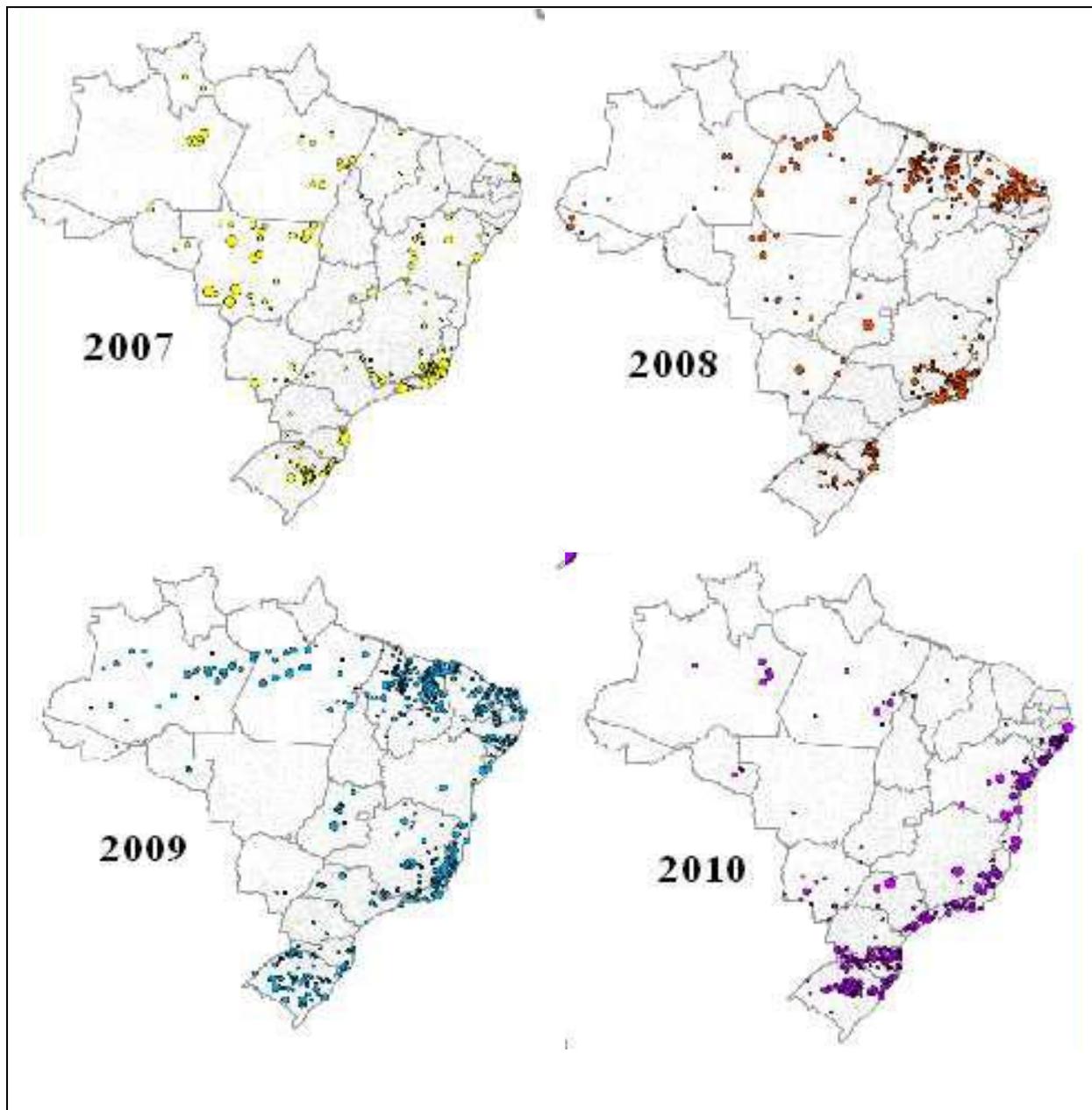
Os serviços de drenagem foram contemplados com os investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) 1 do governo federal, fortalecido e aprimorado no PAC 2, que lançou uma agenda de investimentos específica para a área de prevenção de riscos, composta pelas modalidades de contenção de encostas e obras de drenagem, subsidiada pelos estudos realizados pelo Ministério da Integração, conforme mostra a Figura 1, que retrata a distribuição dos municípios afetados por inundações e alagamentos no território nacional (MI, 2010).

Na Figura 2, verifica-se a extensão dos desastres em 2011, cuja evolução torna-se bastante evidente nas regiões Norte, Nordeste, Sul e toda a área litorânea, com aparecimento representativo no Centro-Oeste.

---

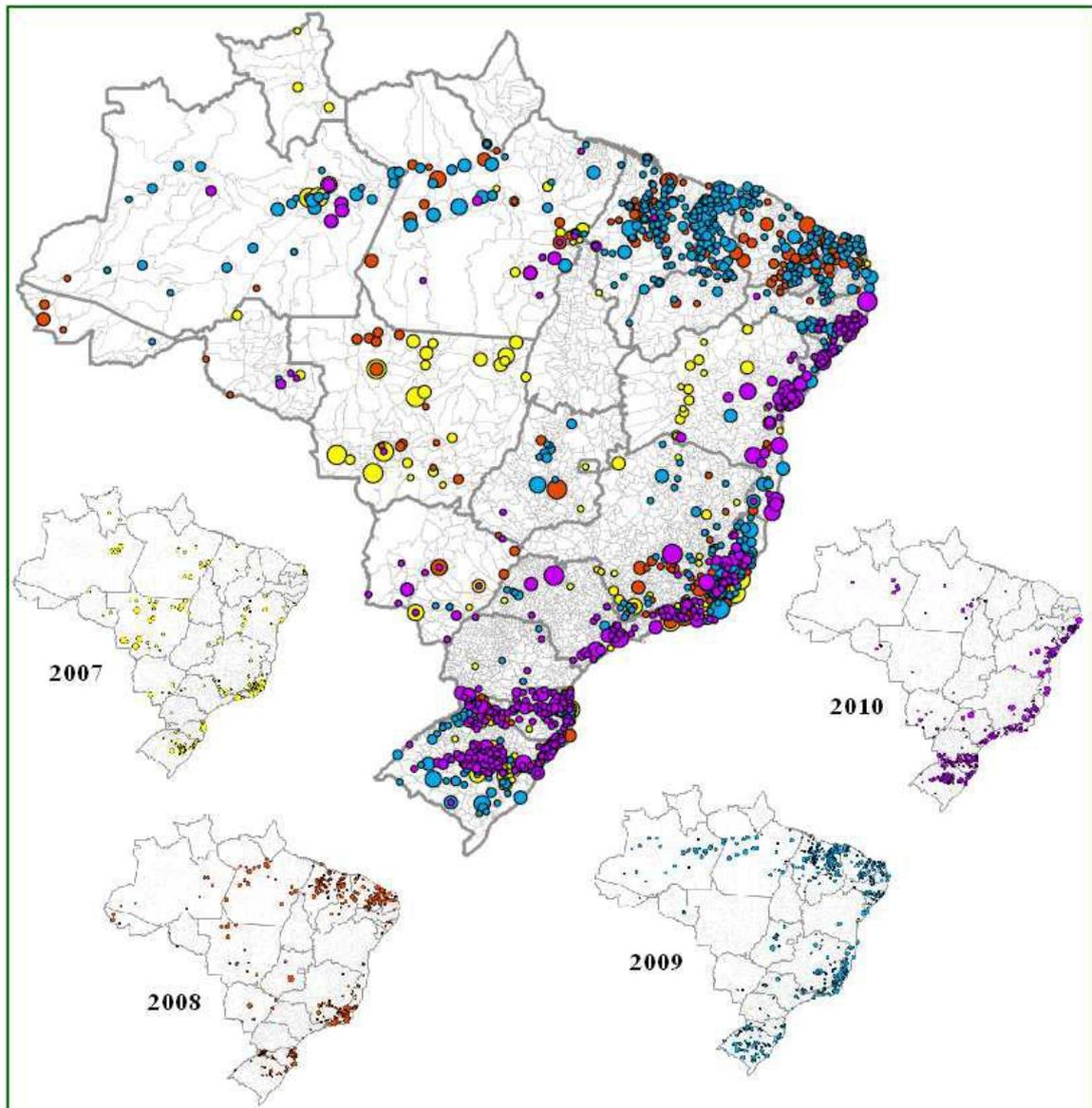
<sup>1</sup> Informação prestada pelo analista técnico Vaico Oscar Preto Filho do Ministério das Cidades, Brasília, DF, em entrevista via e-mail, 2012.

Figura 1 – Distribuição dos locais afetados por inundações e alagamentos no território nacional no período 2007-2010



Fonte: MI (2010).

Figura 2 – Distribuição dos locais afetados por inundações e alagamentos no Brasil em 2011



Fonte: MI (2011).

## 2.5 ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE DRENAGEM E OS IMPACTOS ADVINDOS

Em 2006, o Ministério da Integração e o Ministério das Cidades (MC, 2006) lançaram o Manual instrutivo para apresentação de proposta para elaboração de Projetos dentro do Programa Drenagem Urbana Sustentável (PDUS). O objetivo desse programa é promover, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas, a gestão sustentável da drenagem com ações estruturais e não estruturais.

Essas ações são dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por fatores climáticos e ação antrópica gerando enchentes urbanas e ribeirinhas, e problemas de macrodrenagem, bem como o controle dos efeitos da dinâmica marítima na zona costeira (MC, 2006).

O enquadramento no PDUS segue as diretrizes contidas na Portaria Federal n.º 70/2004 do Ministério da Integração, que estabelece os critérios mínimos, para que os interessados em pleitear recursos do Orçamento Geral da União no Ministério da Integração Nacional e Ministério das Cidades pudessem apresentar seus Planos de Trabalho e respectivos projetos para aprovação de empreendimentos de infraestrutura hídrica; dentre outros, conforme citado, vale destacar o estabelecido no artigo 1.º da portaria citada.

O artigo 1.º se refere à apresentação de projetos visando à celebração de convênios com a União, por intermédio do Ministério da Integração, para execução de obras de infraestrutura hídrica com recursos do Orçamento Geral da União, que deverá obrigatoriamente respeitar, sob pena de indeferimento, o estabelecido nessa portaria, observando:

- I - a compatibilidade dos programas e projetos propostos pelas Unidades da Federação e Municípios, com as políticas e planos de integração nacional;
  - II - a garantia da viabilidade técnica, econômica, financeira, social e ambiental dos empreendimentos a serem executados; e
  - III - a adoção de critérios técnicos, econômico-financeiros, socioambientais e institucionais, a exemplo daqueles que caracterizam a prática do Programa PROÁGUA/Semiárido, [...];
- Parágrafo único - Entende-se por empreendimentos de estrutura hídrica a construção de açudes e barragens, implantação de sistemas de abastecimento d'água, de sistemas de irrigação e drenagem, obras de macrodrenagem e construção de poços.

Os motivos que levaram o governo federal a investir na drenagem por meio da aplicação das políticas públicas, a exemplo do Plano Plurianual (PPA) 2012/2015, de acordo com a percepção dos técnicos participantes do documento base deveu-se a:

- a) aumento dos prejuízos causados por enchentes em cidades brasileiras;
- b) baixa capacitação institucional e técnica dos municípios, resultando na concepção inadequada das ações de drenagem urbana e baixa sustentabilidade delas;
- c) insuficiência na oferta de infraestrutura de drenagem urbana;
- d) escassez de recursos para implementação de ações que visem à gestão do escoamento das águas nas cidades e dos impactos de enchentes urbanas e

ribeirinhas, que degradam a saúde pública, o ambiente e a qualidade de vida nas cidades;

e) ausência de mecanismos de controle social na prestação dos serviços.

Mesmo que os ministérios se dispusessem a apoiar a elaboração de projetos de engenharia para intervenções de macrodrenagem, exige-se que esse deverá ser precedido do Plano Diretor de Drenagem Urbana respectivo.

Os procedimentos adotados pelo Ministério das Cidades para análises de projeto de drenagem encontram-se no Apêndice A desta pesquisa por julgar ser de grande importância para os gestores e técnicos da área, que, na prática, é solicitado ao conveniente (Preto Filho, comunicação pessoal, 2012).<sup>2</sup>

De acordo, ainda, com os analistas entrevistados, como não há normas técnicas para dimensionamento de drenagem e como a bibliografia sobre o tema é vasta e com muitas variações de critérios, a exemplo de: velocidade máxima, coeficiente de escoamento, formulação a ser utilizada, áreas máximas e mínimas para a aplicação de alguns métodos de dimensionamento, período de retorno a ser utilizado, e outros), não há como exigir do Conveniente a utilização de parâmetros e critérios fixos. São aceitos os dimensionamentos justificados com bibliografia. Na verdade, os processos de análise são bem simplificados e não exigíveis para obras de pequeno e médio porte, o estudo de alternativas e de impacto ambiental.

## 2.6 ASPECTOS DA SAÚDE PÚBLICA

A definição clássica da Organização Mundial de Saúde (OMS) para a saúde é o estado completo de bem-estar físico, mental, e social e não apenas a ausência da doença, demonstrando que saúde e doença não podem ser vistas como condições excludentes que configuram diametralmente opostos. Já o termo agravo, refere-se a qualquer evento que afete a saúde de forma negativa (ROCHA; CÉSAR, 2008).

Quando o termo saúde deixa de ser individual e se estende à população, é necessária uma leitura mais abrangente, vinculando-se a qualidade do meio ambiente, a estrutura social, a organização comunitária e como esse processo é desenvolvido ao longo dos anos.

---

<sup>2</sup> Informação obtida por entrevista via e-mail.

Conforme Curriero et al. (2001), a precipitação e o escoamento superficial têm influenciado nas doenças infecciosas no Reino Unido e nos Estados Unidos. Estudos demonstraram que surtos individuais de giardíase em Montana foram relacionados com as chuvas, como também foi o maior surto da doença relatado pela água já documentada, que ocorreu em Milwaukee, Estado de Wisconsin (EUA) em 1993. Lá, um número estimado de 403.000 casos de doença intestinal e 54 óbitos foram notificados, e o surto foi precedido por um período de fortes chuvas e escoamento superficial, com uma carga de turbidez posterior que comprometeu a eficiência do tratamento de água potável.

No Brasil, vários surtos já ocorreram, porém, a despeito desses fatos, a ausência de instrumentos de planejamento relacionando os serviços de drenagem urbana constitui importante lacuna em programas governamentais no campo do saneamento. Essa limitação tem sido objeto de reconhecimento por parte de técnicos do Ministério das Cidades, Ministério da Integração e Ministério da Saúde, pesquisadores, planejadores, técnicos multidisciplinares e gestores (MS, 2010).

No âmbito da saúde pública, merecem destaque os trabalhos desenvolvidos por Heller et al. (1997), “Saneamento, a saúde em países em desenvolvimento”; Oliveira (2009), cuja pesquisa fundamentou-se nas desigualdades intraurbanas de leptospirose no Recife e a concentração espacial da doença focando os aspectos socioambientais da população entre 2001 e 2005; e Schmitz et al. (2008), “Leptospirose urbana: interação de variáveis demográficas e socioeconômicas na ocorrência de casos em Santa Maria, Rio Grande do Sul, RS”.

KO (1999), utilizando-se do método de vigilância ativa para leptospirose em um hospital de referência em doenças infecciosas, no município de Salvador, Nordeste do Brasil, entre 10 de março e 2 de novembro de 1996, identificou 326 casos. Em abril, período de chuvas intensas com inundações, verificou-se que, após duas semanas para o evento, o número de caso por semana representava 32% do total de casos registrados. O diagnóstico foi confirmado em laboratório com o teste de microaglutinação (MAT) e identificação de leptospira no sangue ou na urina. Os fatores de risco para morte foram examinados por meio de análises multivariadas.

Trabalho semelhante foi desenvolvido por Sarkar et al. (2000), também em Salvador, entre março e outubro de 2000, onde 157 casos suspeitos foram registrados com internação hospitalar. Para identificar fatores de risco, realizou-se caso controle da base populacional de

bairros com alto risco a leptospirose, associando a estação chuvosa à epidemia, onde 65% dos 101 casos foram confirmados em laboratórios.

Tassinari (2004), por meio de estudo com distribuição espacial da leptospirose no município do Rio de Janeiro no período 1996-1999, constatou que, em fevereiro de 1996, ocorreu uma das maiores epidemias urbanas já registradas no país após a ocorrência de fortes temporais, com 1.732 casos notificados e 51 óbitos.

A Constituição Brasileira de 1988 introduz em seus princípios a ordenação do novo sistema de saúde (BRASIL, 2005), em especial a descentralização e a universalização, influenciando, dessa forma, a legislação dos serviços de saneamento. Ressalta-se a importância dos municípios na ampliação dos recursos e a participação popular por intermédio dos conselhos de saúde instituídos pela Lei Orgânica da Saúde, Lei n.º 8.080, de 19 de setembro de 1990 (BRASIL, 1990).

A Lei Federal n.º 11.445/2007 trata a saúde em diversos aspectos, mas principalmente quando se refere à prestação de serviços destinados ao abastecimento d'água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada (BRASIL, 2007).

Quando se refere aos serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais, preconiza a referida lei em seus princípios fundamentais que esses serviços devem ser disponibilizados em todas as áreas urbanas, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado.

Quanto à Política Federal de Saneamento Básico, no que se refere às diretrizes, essas deverão ser observadas levando em consideração a melhoria da qualidade de vida e das condições ambientais e de saúde pública, dentro do contexto de proteção ambiental e de promoção da saúde, considerando a necessária articulação intersetorial (BRASIL, 2007).

## 2.7 INDICADORES

A escolha do uso de indicadores, nesta pesquisa, deveu-se à escassez de dados científicos e informações consolidadas acerca dos impactos relacionados com a ineficiência do sistema de drenagem, principalmente nas áreas urbanas de pequenos municípios, onde os aspectos da saúde são mais agravantes em razão do adensamento das populações em áreas vulneráveis.

Nesse contexto, a disponibilidade de informação em dados válidos e confiáveis é condição essencial para a análise objetiva da situação da salubridade ambiental referente à gestão da drenagem das águas urbanas. Informações confiáveis são particularmente importantes para a tomada de decisões, planejamento e execução das ações do sistema de saneamento básico.

### **Aspectos Conceituais**

O termo indicador vem da palavra latina *indicare*, que significa anunciar, apontar ou indicar. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) definiu o conceito de indicadores ambientais urbanos estabelecendo que eles devem dar uma informação quantitativa integrada que permita melhorar a formulação, evolução e pôr em prática as políticas de meio ambiente urbano (OCDE, 2002).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2011), indicadores:

[...] são informações quantificadas, de cunho científico, de fácil compreensão, usados nos processos de decisão em todos os níveis da sociedade. São úteis como ferramentas de avaliação de determinados fenômenos, apresentando suas tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo. Permitem a simplificação do número de informações para se lidar com uma dada realidade por representar uma medida que ilustra e comunica um conjunto de fenômenos que levem à redução de investimentos em tempo e recursos financeiros. (MMA, 2011)

Segundo Rueda (1999), um indicador urbano é uma variável socialmente dotada de um significado agregado ao derivado da própria configuração científica, com o objetivo de refletir de forma sintética uma preocupação social em relação ao meio ambiente e inseri-la coerentemente no processo de tomada de decisões.

O uso de indicadores tornou-se uma ferramenta importante em diversas áreas das ciências exatas e da saúde, embora historicamente, os indicadores começaram a ser usados em escala mundial em 1947, quando se disseminou a medição do Produto Interno Bruto – Gross Domestic Product (GDP) como indicador de progresso econômico (OECD, 1998).

A qualidade de um indicador depende das propriedades dos componentes utilizados em sua formulação (frequência de casos, tamanho da população em risco) e da precisão dos sistemas de informação empregados (registro, coleta, transmissão dos dados). O grau de excelência de

um indicador deve ser definido por sua *validade* (capacidade de medir o que se pretende) e *confiabilidade* (reproduzir os mesmos resultados quando aplicado em condições similares).

Em geral, a validade de um indicador é determinada por sua *sensibilidade* (capacidade de detectar o fenômeno analisado) e *especificidade* – capacidade de detectar somente o fenômeno analisado (IBGE, 2008).

Outros atributos de um indicador são: *mensurabilidade* (basear-se em dados disponíveis ou fáceis de conseguir), *relevância* (responder a prioridades de saúde) e *custo-efetividade* (os resultados justificam o investimento de tempo e recursos). Espera-se que os indicadores possam ser analisados e interpretados com facilidade, e que sejam compreensíveis pelos usuários da informação, especialmente gerentes, gestores municipais e os que atuam na formulação de políticas públicas (MS, 2011a).

Em termos gerais, os indicadores são medidas-síntese que contêm informações relevantes sobre determinados atributos relacionados com o aspecto construído da drenagem urbana, bem como do desempenho do sistema em sua totalidade. Vistos em conjunto, esses indicadores devem refletir a situação sanitária de uma população e servir para analisar e avaliar incapacidade, acesso e qualidade do serviço, fatores ambientais, e de saúde pública que refletem na qualidade de vida da população (MS, 2011a).

### **Indicadores do sistema de drenagem das águas urbanas**

Conforme Furtado (2001), em relação ao meio urbano, por exemplo, há indicadores que medem aspectos das cidades em relação a padrões ambientais estabelecidos internacionalmente. Outros podem medir elementos mais específicos, como a qualidade de seus espaços, sua dinâmica social, sua economia ou o nível de qualidade de vida que a cidade possibilita à sua população ou a qualidade e a eficiência dos serviços urbanos.

Ainda na concepção de Furtado (2001), a construção e uso de indicadores cuja complexidade pode variar desde a simples medição de área saneada por metro quadrado de um município, seu desempenho, até o cálculo de proporções, razões, taxas ou índices mais sofisticados que possam analisar outros atributos que interferem no sistema de drenagem urbana.

A construção de sistemas de indicadores é um meio eficaz de prover as políticas com informações capazes de demonstrar seu desempenho ao longo do tempo e de realizar

previsões, podendo ser utilizados para a promoção de políticas específicas e monitoramento de variáveis espaciais e temporais das ações públicas (HERCULANO, 2000).

Nesse sentido, Nahas (2005) se propôs a desenvolver uma metodologia para compor um índice de qualidade de vida urbana dos municípios brasileiros; para isso, buscou, por meio de consulta a especialistas, opiniões a respeito de temas específicos cujos atributos da drenagem para construção de indicadores ideais foram:

- a) Indicador de Qualidade dos Serviços de Drenagem – existência e regularidade dos serviços de manutenção dos sistemas de drenagem/oferta de serviço de alerta à população (uso de sistemas de previsões de chuvas torrenciais).
- b) Indicador de Impacto sobre População por Problemas de Drenagem – presença de assentamentos informais ou formais em áreas de risco (planícies de inundação, deslizamentos, manguezais), por número de domicílios.
- c) Riscos Ambientais – avaliar a existência e extensão de áreas urbanas ocupadas com possibilidade de inundação (planícies de inundação) por áreas e extensão de ocupação em encostas íngremes ou áreas de proteção ambiental.

### **Indicadores de Saúde**

A metodologia para definir indicadores de saúde no Brasil teve início nos meados da década de 1990, por iniciativa da OMS e da OPAS. À época, os indicadores existentes se aplicavam perfeitamente ao meio ambiente, entretanto não se aplicavam aos aspectos da saúde, pois necessitavam de dois elementos: a exposição a fatores ambientais e seu impacto na saúde (MS, 2011a).

A relação entre a drenagem urbana e a saúde pública tem um viés ambiental, já que a degradação desses provoca alteração no ecossistema local, que pode ser difundido pelo estado de mobilidade que a contaminação ou poluição tende a se propagar (HELLER et al., 1997).

### **Epidemiologia na saúde pública**

A epidemiologia e as políticas públicas são interfaces da gestão de saúde ambiental, orientada para a efetivação de ações estratégicas que garantam a sustentabilidade da saúde humana.

De acordo com Rouquayrol (2012), epidemiologia é a ciência que estuda o conceito saúde-doença na comunidade analisando a distribuição e os fatores determinantes das enfermidades

e dos agravos à saúde coletiva, propondo medidas específicas de prevenção, de controle ou de erradicação. Ela se divide em Epidemiologia descritiva e Epidemiologia analítica.

Epidemiologia descritiva é a parte da Epidemiologia voltada para o relato da frequência com que ocorrem casos de doenças ou óbitos, em função de variáveis de tempo, lugar e pessoa. Utiliza ferramental estatístico para, por coleta, elaboração e exposição de informações quantitativas, descrever estados de saúde-doença humanos, levando à identificação das causas e ao controle das doenças e, conseqüentemente, à promoção da saúde.

De acordo com a da OMS (1997), a Epidemiologia descritiva, estuda o comportamento das doenças em uma comunidade, isto é, em que situações elas ocorrem na coletividade, segundo características ligadas à pessoa (quem), ao lugar ou espaço físico (onde) e ao tempo (quando). Tais estudos fornecem elementos importantes para se decidir que medidas de prevenção e controle estão mais indicadas para o problema em questão, e são usados, também, para avaliar se as estratégias adotadas causaram impacto, diminuindo e controlando a ocorrência da doença em estudo, cuja classificação internacional é distribuída de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Doenças relacionadas com o saneamento ambiental inadequado.

CATEGORIA	DOENÇAS
Doença de transmissão feco-oral	Diarreias, Febre entéricas, Hepatite A
Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue, Febre amarela, Leishmanioses, L. Tegumentar, L. Visceral, Filariose Linfática, Malária, Doenças de Chagas
Doenças transmitidas através do contato com a água	Esquistossomose, <b>Leptospirose</b>
Doença relacionada com a higiene	Doenças dos olhos, Tracoma, Conjuntivites, Doenças de pele, Micoses Superficiais
Geo-helmintos e teníases	Helmintíases, Teníases

Fonte: OMS (1997).

Epidemiologia analítica é a parte da Epidemiologia voltada para o estudo de associações de fatos observáveis, mediata ou imediatamente relacionáveis com as doenças, e estas, compreendidas na ótica da incidência sobre agrupamentos humanos.

## **Aspectos da drenagem diante da saúde pública**

No Brasil, as primeiras intervenções estatais no campo da prevenção e controle de doenças, desenvolvidas em bases científicas modernas, datam do início do século XX e foram orientadas pelo avanço da era bacteriológica e pela descoberta dos ciclos epidemiológicos de algumas doenças infecciosas e parasitárias (OMS, 2011).

De acordo com a OMS (2011), essas intervenções consistiram na organização de grandes campanhas sanitárias com vista ao controle de doenças que comprometiam a atividade econômica, a exemplo da febre amarela, peste e varíola. As campanhas se valiam de instrumentos precisos para o diagnóstico de casos, combate a vetores, imunização e tratamento em massa com fármacos, dentre outros.

Em 2002, a OMS publicou seu primeiro relatório, com a primeira estimativa cientificamente fundamentada da carga global de doenças relacionadas com água, saneamento e higiene complementado com o trabalho de cooperação com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef).

Em 2008, publicou seu segundo relatório sobre abastecimento d'água potável, saneamento e higiene. Seu questionamento girou em torno de quanto uma doença pode ser prevenida com o aumento do acesso à água potável e saneamento adequado, com a gestão de água melhorada e melhor higiene. O que se tem feito sobre as efetivas intervenções, seus custos e benefícios em específico sobre as políticas e mecanismos de financiamento? Buscando responder a essas questões, o relatório apresenta uma visão geral do atual conhecimento sobre os impactos na saúde por país e por doença, o que se tem trabalhado para reduzir essa carga, e das necessidades financeiras. Cerca de um décimo da carga global de doenças, principalmente nos países em desenvolvimento, podem ser evitadas pela água, saneamento e intervenções de higiene, afirma o relatório.

Além disso, intervenções eficazes e acessíveis foram mostradas para reduzir muito mais esse fardo, significativamente. O retorno dos investimentos econômicos na melhoria do acesso à água potável segura é quase 10 vezes o valor inicial. Investir na gestão da água terá benefícios duplos para a saúde e agricultura, afirma a OMS (2011).

Essa visão geral, informa a OMS, fornece argumentos para a plena integração água, saneamento e higiene em países com doenças relacionadas com a água, como estratégias de redução – um pré-requisito para a realização dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (PNUD, 2011).

## 2.8 DOENÇAS RELACIONADAS COM A DRENAGEM URBANA

O Ministério da Saúde, baseado na classificação internacional de doenças, décima revisão, CID-10 da OMS, classifica as doenças epidemiológicas relacionadas com a deficiência do saneamento básico, focando a falha na coleta de resíduos (lixo), água contaminada, a drenagem urbana focando as doenças provenientes de alagamento e enchentes (Quadro 2).

Quadro 2 - Doenças epidemiológicas ligadas à deficiência do saneamento básico.

Lixo (falha na coleta)	Água contaminada	Drenagem – alagamento e enchentes
Cisticercose	Febre tifoide	<b>Leptospirose</b>
Cólera	Febre paratifoide	DDA (Doenças diarreicas agudas)
Disenteria	Shigelose	Hepatite A
Febre tifoide	Amebíase	Sarampo
Filariose	Cólera	Rubéola
Giardíase	Hepatite viral tipo A	Tétano acidental
Leishmaniose	Giardíase	Meningites
Leptospirose	Esquistossomose	Influenza
Peste bubônica	Ascaridíase	Animais peçonhentos
Salmonelose	Poliomielite	Dengue
Toxoplasmose	Leptospirose	Shigelose
Tracoma	Gastroenterites	
Triquinose	Disenteria Bacilar	

Fonte: Ministério da Saúde (2011).

Na Classificação Internacional de Doenças, a leptospirose recebe o código A-27, sendo uma das doenças de veiculação hídrica de notificação compulsória, sendo passível de registro e investigação, segundo a resolução do Ministério da Saúde. É classificada como enfermidade da lista B, grupo das doenças transmissíveis com grande importância socioeconômica e sanitária (OMS, 1997).

O órgão do governo federal responsável por atender os municípios de até 50.000 habitantes e comunidades especiais com assistência técnica e financiamento de obras de saneamento básico é a Funasa, que busca articular com o Ministério das Cidades e Ministério da Integração ações transfronteiriças de saneamento ambiental em busca da integralidade das políticas públicas atuais.

## 2.9 DOENÇAS RELACIONADAS COM A DISPOSIÇÃO INADEQUADA DOS RESÍDUOS NA DRENAGEM URBANA

Entre os anos 1981-1990, declarados pela Organização das Nações Unidas (ONU) como Década Internacional do Abastecimento d'água e do Esgotamento Sanitário, construiu-se uma compreensão mais aprofundada da relação entre condições sanitárias e saúde. Com essa motivação, desenvolveram-se estudos no início da década, buscando formular com mais rigor os mecanismos responsáveis pelo comprometimento da saúde da população, na ausência de condições adequadas de saneamento (HELLER et al., 1997).

Conforme Heller et al. (1997), quase a totalidade das pesquisas voltou-se para as áreas contempladas pela Década Internacional – o abastecimento d'água e o esgotamento sanitário, mantendo ainda bastante obscuros os mecanismos envolvidos com a limpeza urbana, a drenagem pluvial e a presença de vetores.

Dessa forma, para melhor compreensão do problema, dois tipos de estudo se mostram pertinentes. O primeiro diz respeito aos modelos que têm sido propostos para explicar a relação entre ações de saneamento e a saúde, com ênfase em distintos ângulos da cadeia causal. O segundo tipo de análise consiste em classificar as doenças segundo categorias ambientais cuja transmissão está ligada ao saneamento, ou à falta de infraestrutura adequada. Assim, com essas classificações, o entendimento da transmissão das doenças relacionadas com o saneamento passa a constituir um instrumento de planejamento das ações, com vista a considerar de forma mais adequada seus impactos sobre a saúde do homem (HELLER et al., 1997).

Algumas doenças estão relacionadas mais diretamente com a disposição inadequada dos resíduos urbanos, porque a integração dos serviços de limpeza nos aspectos da sustentabilidade das cidades forma uma cadeia de ações e reações, uma dependendo da outra. Se o sistema de limpeza urbana for eficiente, às águas escoam mais facilmente sem obstáculo no sistema de drenagem, evitando, assim, a obstrução das galerias, a poluição das águas e consequentemente evitando a proliferação de vetores (MS, 2011a).

Mara e Alabaster (1995) desenvolveram um trabalho apresentando importante classificação das doenças relacionadas com a habitação em países em desenvolvimento, ressaltando-se aquelas transmitidas por insetos vetores de hábitos peridomésticos, como a *leishmaniose* e a *filariose bancrofti*, para as quais indica como forma de controle a drenagem pluvial.

Kolsky (1999), em seus estudos sobre a relação carência ou precariedade dos serviços de drenagem urbana e ocorrência de doenças, partiu da premissa de que inundações frequentes são responsáveis por significativos agravos à saúde, relatando a identificação de determinados mecanismos que estariam envolvidos na referida relação causal.

Segundo, ainda, Kolsky (1999), a água escoada sobre as superfícies contaminando-se diretamente por conteúdo de latrinas, tanques sépticos e redes coletoras de águas residuárias, com os quais se mistura. Uma vez contaminada, leva à ocorrência de doenças por meio dos seguintes mecanismos: infiltração na rede de abastecimento d'água; contaminação do ambiente doméstico seguida da ingestão de patógenos de origem fecal; contaminação do corpo e de vestimenta de indivíduos que atravessam áreas alagadas, com subsequente condução de patógenos para o ambiente doméstico; dispersão de ovos de helmintos no solo, também nos locais utilizados para brincadeiras infantis; desenvolvimento de criadouros de mosquitos e caramujos transmissores de doenças.

Souza (2001), seguindo o exemplo de Kolsky (1999), realizou uma pesquisa que teve como objetivo desenvolver um modelo causal capaz de explicar de que forma a Carência ou a Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana (CPSDU) favorecem a ocorrência de doenças no Brasil e a importância para a saúde pública.

Dentro do aspecto da CPSDU, como resultado, ratificaram-se seis das sete doenças pré-selecionadas com base na literatura consultada, representada por Alabaster (1995), Ault (1994), Azevedo e Correa (1968), Cairncross (1984), Carneiro (1997), Forattini (1992), Lomar et al. (1996), Martins e Castiñeiras (1998), Nascimento JR., (1999), Prata (1996), Soli (1998), Sounis (1985): febre amarela urbana, dengue, malária, filariose, leptospirose e esquistossomose (SOUZA, 2001).

Na pesquisa de Souza (2001), utilizando-se de consulta aos especialistas, a única enfermidade excluída foi a leishmaniose, uma vez que esses quase unanimemente discordaram da ocorrência de proliferação dos vetores em ambientes caracterizados pela CPSDU.

Dessa forma, a febre amarela urbana, a dengue, a malária e a filariose foram confirmadas como enfermidades transmitidas por vetores que podem proliferar-se em empoeamentos de água no solo, embora, no caso das três primeiras, não sejam esses os criadouros preferenciais.

Na concepção de Cairncross e Feachem (1990), a classificação ambiental das infecções relacionadas com a água origina-se da compreensão dos mecanismos de transmissão, que se agrupam em quatro categorias, que de acordo com o Quadro 3, são:

- a) transmissão hídrica: ocorre quando o patogênico encontra-se na água que é ingerida; transmissão relacionada com a higiene: identificada como aquela que pode ser interrompida pela implantação de higiene pessoal e doméstica;
- b) transmissão baseada na água: caracterizada quando o patogênico desenvolve parte de seu ciclo vital em um animal aquático;
- c) transmissão por um inseto vetor: na qual os insetos, que procriam na água ou cuja picadura ocorre próxima a ela, são os transmissores.

Os autores empregaram a Epidemiologia Analítica para avaliar o impacto das doenças relacionadas com a água cuja classificação ambiental se encontra no Quadro 3.

Segundo estudos da Divisão de Geociências de Munique, as perdas econômicas provocadas por catástrofes naturais nos EUA, ao longo dos anos 1950, foram de cerca de 30 bilhões de dólares, enquanto no período entre 1990 e 1999, essas perdas superaram a marca de 210 bilhões de dólares (GROSS; KUNREUTHER, 2005).

A Secretaria Nacional de Defesa Civil (Sedec) afirma que os desastres naturais mais comuns no Brasil são as enchentes, a seca, a erosão e os deslizamentos de terra (MI, 2009). De acordo com o Emergency Events Database (EM-DAT, 2007) – base de dados internacional sobre desastres situada na Bélgica – entre 2000 e 2007, mais de 1,5 milhão de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre no Brasil. No mesmo período, ocorreram no país 36 grandes episódios de enchente, seca, deslizamento de terra, gerando prejuízos econômicos da ordem de mais de US\$ 2,5 bilhões (NUNES et al., 2011).

Quadro 3 - Classificação ambiental das infecções relacionadas com a água.

CATEGORIA		INFECÇÃO	
1. Feco-oral (transmissão hídrica ou relacionada com a higiene)	Diarreias e disenterias Disenteria amebiana Enterite campylobacteriana Diarreia por Escherichia coli Diarreia por rotavírus	<b>Cólera</b> Giardíase Salmonelose Disenteria bacilar Febres entéricas Balantidíase	Febre tifoide Febre paratifoide Poliomielite Hepatite A <b>Leptospirose</b> Ascaridíase Tricuríase
2. Relacionada com a higiene			
Infecções da pele e dos olhos	Doenças infecciosas da pele Doenças infecciosas dos olhos		
Outras	Tifo transmitido por pulgas Febre recorrente transmitida por pulgas		
3. Baseada na água			
Por penetração na pele	Esquistossomose		
Por ingestão	Difilobotríase e outras infecções por helmintos		
4. Transmissão através de inseto vetor			
Picadura próxima à água	Doença do sono		
Procriam na água	Filariose Malária Arboviroses	Febre amarela Dengue Leishmaniose	

Fonte: Cairncross e Feachem (1990).

Então, é comum a realização dos projetos sem se definir um cenário futuro. Muitas vezes, antes mesmo das obras serem concluídas, os sistemas já não comportam a demanda. Com essa atitude, profundas alterações são feitas na drenagem natural, procurando eliminar as características do meio que eram julgadas inadequadas ao meio urbano.

Para tanto, são usados indiscriminadamente aterros, desmatamentos, redução dos espaços, naturais, canalização e retificação de córregos e lançamento de águas em locais inadequados. A prática do rápido escoamento das águas pluviais tem-se mostrado insustentável. O custo da canalização é muito alto, ele chega a custar dez vezes mais do que o processo de amortecimento na origem das inundações (TUCCI; MELLER, 2007).

## 2.10 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA - LEPTOSPIROSE - (CID 10 A-27)

Como citado anteriormente, das doenças de veiculação hídricas pesquisadas, a leptospirose destacou-se pela reincidência de casos registrados pelo Departamento de Informática do SUS (DATASUS), em que a gestão das águas urbanas está diretamente ligada e que é objeto de notificação compulsória no país, segundo a Portaria Federal n.º 1.461/GM/MS, de 22 de dezembro de 1999 (MS, 2000), substituída pela Portaria Federal n.º 104/GM/MS, de 25 de janeiro de 2011.

Essa portaria de janeiro de 2011 proporciona a definição de termos adotados em legislação nacional, estabelecidos pelo Regulamento Sanitário Internacional (RSI) de 2005, a relação de agravos e eventos em saúde pública de notificação compulsória em todo o território nacional e estabelece fluxo, critérios, responsabilidades e atribuições aos profissionais e serviços de saúde (MS, 2011b).

### **Características clínicas e epidemiológicas**

De acordo com dados do Ministério da Saúde, a leptospirose apresenta distribuição universal. No Brasil, é uma doença endêmica, tornando-se epidêmica em períodos chuvosos, principalmente nas capitais e áreas metropolitanas, causada pelas enchentes associadas à aglomeração populacional de baixa renda em condições inadequadas de saneamento e à alta infestação de roedores infectados.

Em análise realizada para o período 2001 a 2003, no Brasil, o local provável de infecção (LPI) de 55% dos casos era o domicílio; de 32%, o ambiente de trabalho e de 13%, as situações de lazer. Ao se observar apenas o meio rural/silvestre como LPI, observou-se que 54% dos casos ocorreram no ambiente de trabalho, no domicílio 28% e 17% em situações de lazer (BRASIL, 2010).

### **Descrição da leptospirose de acordo com o Ministério da Saúde**

É uma doença infecciosa febril de início abrupto, cujo espectro pode variar desde um processo inaparente até formas graves. Trata-se de zoonose de grande importância social e econômica

por apresentar elevada incidência em determinadas áreas, principalmente locais de depósito de lixo, esgoto aberto sem tratamento.

É de alto custo hospitalar e perdas de dias de trabalho, bem como por sua letalidade, que pode chegar até a 40% dos casos mais graves. Sua ocorrência relaciona-se com as precárias condições de infraestrutura sanitária e alta infestação de roedores infectados. As inundações propiciam a disseminação e a persistência do agente causal no ambiente, facilitando a eclosão de surtos.

### **Reservatórios**

Os animais sinantrópicos, domésticos e selvagens são os reservatórios essenciais para a persistência dos focos da infecção. Os seres humanos são apenas hospedeiros acidentais e terminais dentro da cadeia de transmissão.

### **Modo de transmissão**

A infecção humana resulta da exposição direta ou indireta à urina de animais infectados. A penetração do microrganismo dá-se através da pele lesada ou das mucosas da boca, narinas e olhos. Pode também ocorrer através da pele íntegra quando imersa em água por longo tempo.

O contato com água e lama contaminadas demonstra a importância do elo hídrico na transmissão da doença no homem. Outras modalidades de transmissão relatadas, porém com pouca frequência: contato com sangue, tecidos e órgãos de animais infectados, transmissão acidental em laboratórios e ingestão de água ou alimentos contaminados.

#### **2.11 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA (CID 10 – A00-A09)**

De acordo com o Ministério da Saúde, as doenças de veiculação hídrica são aquelas causadas pela presença de microrganismos patogênicos na água utilizada para diferentes usos. Eventualmente, essas doenças podem atingir um maior número de pessoas causando surtos e em proporções ainda maiores, tornando-se epidemias (MS, 2011a).

Nesta pesquisa, optou-se por incluir, além da leptospirose, as doenças de veiculação hídrica como a cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem intestinal, dentro da classificação A00-A09 das doenças infecciosas intestinais no

período de 2000 a 2011, referentes ao indicador – taxa de internação por dias de permanência hospitalar, por ter grande incidência no Brasil.

### **2.11.1 Características epidemiológicas**

#### **Cólera**

Doença intestinal bacteriana aguda, caracteriza-se por diarreia aquosa abundante, vômitos ocasionais, rápida desidratação, acidose, câimbras musculares e colapso respiratório, podendo levar o paciente à morte em um período de 4 a 48 horas (casos não tratados). Agente etiológico: *Vibrio cholerae*.

Modo de transmissão: ingestão de água ou alimentos contaminados por fezes ou vômitos de doentes ou portador. A contaminação pessoa a pessoa é menos importante na cadeia epidemiológica. Período de incubação: de horas a cinco dias. Na maioria dos casos, varia de dois a três dias.

#### **Febre tifoide**

Doença infecciosa, caracteriza-se por febre contínua, mal-estar, manchas rosadas no tronco, tosse seca, prisão de ventre (mais frequente do que diarreia) e comprometimento dos tecidos linfóides.

Agente etiológico: *Salmonella Typhi*, bactéria gram negativa.

Modo de transmissão: doença de veiculação hídrica, cuja transmissão se dá pela ingestão de água e moluscos, assim como do leite e derivados, principais alimentos responsáveis pela sua transmissão. Outros alimentos, quando manipulados por portadores, podem veicular a *S. typhi*, inclusive suco de frutas.

Prazo de incubação: Em média, duas semanas.

#### **Febre paratifoide**

Infecção bacteriana que se caracteriza por febre contínua, eventual aparecimento de manchas róseas no tronco e comumente diarreia. Embora semelhante à febre tifoide, sua letalidade é muito mais baixa.

### **Shigeloses (shigelose)**

Infecção bacteriana aguda, principalmente no intestino grosso, caracterizada por febre, náuseas e, às vezes, vômitos, cólicas e tenesmo (sensação dolorosa na bexiga ou na região anal). Nos casos graves, as fezes contêm sangue, muco e pus. Sinonímia: disenteria bacilar.

Agente etiológico: bactérias gram negativas do gênero *Shigella*, constituído por quatro espécies *S. dysenteriae* (grupo A), *S. flexnere* (grupo B), *S. boydii* (grupo C) e *S. sonnei* (grupo D).

Modo de transmissão: a infecção é adquirida pela ingestão de água contaminada ou de alimentos preparados com água contaminada. Também foi demonstrado que as Shigelas podem ser transmitidas por contato pessoal. Período de incubação: varia de 12 a 48 horas.

As doenças, agravos e eventos constantes da Lista de Notificação Compulsória (LNC), de importância para a saúde pública de abrangência nacional em toda a rede de saúde pública e privada devem ser notificados e registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), obedecendo às normas e rotinas estabelecidas pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS).

Para tanto, a já referida Portaria Federal n.º 104/GM/MS, de 25 de janeiro de 2011, considerando a necessidade de padronizar os procedimentos normativos relacionados com a notificação compulsória e a vigilância em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) resolve definir as terminologias adotadas em legislação nacional, conforme o disposto no RSI 2005:

Agravo – significa qualquer dano à integridade física, mental e social dos indivíduos provocado por circunstâncias nocivas, como acidentes, intoxicações, abusos de drogas, e lesões auto ou heteroinfligidas.

Doença – significa uma enfermidade ou estado clínico, independentemente de origem ou fonte, que represente ou possa representar um dano significativo para os seres humanos;

Evento – significa manifestação de doença ou uma ocorrência que apresente potencial para causar doença.

Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional (Espin) – é um evento que apresenta risco de propagação ou disseminação de doenças para mais de uma Unidade

Federada – Estados e Distrito Federal – com priorização das doenças de notificação imediata e outros eventos de saúde pública, independentemente da natureza ou origem, depois de avaliação de risco, e que possa necessitar de resposta nacional imediata.

Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (Espii) – é evento extraordinário que constitui risco para a saúde pública de outros países por meio da propagação internacional de doenças e, potencialmente, requerem uma resposta internacional coordenada (ANVISA, 2009).

## 2.12 ASPECTOS INSTITUCIONAIS E LEGAIS

A interdisciplinaridade e a multidisciplinaridade ligam-se diretamente aos estudos ecológicos, os quais servem para testar hipóteses sobre fatores ambientais, quer sejam elas de natureza antrópica, quer natural. Na epidemiologia, este estudo se preocupa com a possível interação que possa ocorrer do fator (precipitações extremas) agregado à ausência ou ineficiência da drenagem com a doença em unidades ambientais, no caso, áreas urbanas dos municípios pesquisados (ROUQUAYROL, 2012).

Nesse sentido, no aspecto legal e institucional, duas legislações se complementam no arcabouço jurídico que liga a saúde pública e o saneamento básico. São elas: a Lei Federal n.º 8.080/1990 e a Lei n.º 11.445/2007, ambas já referidas.

A Lei Federal n.º 8.080, de 19 de setembro de 1990, conhecida como a lei orgânica da saúde, que dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências, no capítulo III, artigo 13, preconiza a articulação das políticas e programas, a cargo das comissões intersetoriais, que deverá abranger, em especial, as seguintes atividades: alimentação e nutrição, saneamento e meio ambiente, vigilância sanitária e farmacoepidemiologia; recursos humanos; ciência e tecnologia e saúde do trabalhador (BRASIL, 1990).

A Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e determina as responsabilidades do titular dos serviços as quais são: formular a política de saneamento, elaborar planos de saneamento de saneamento básico, prestar diretamente ou autorizar a delegação dos serviços, definir o ente responsável pela regulação e

fiscalização da prestação dos serviços; fixar os direitos e deveres dos usuários, estabelecer mecanismos de controle social, adotar os parâmetros mínimos para atendimento à saúde pública (BRASIL, 2007).

Do ponto de vista legal e institucional, a formulação de qualquer política ou planejamento para o setor de saneamento deve, assim, ter participação da União, dos Estados, dos Municípios e do Sistema Único de Saúde; assim preconiza a Constituição Federal de 1988, que o desenvolvimento de programas de construção de moradias e de melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (art. 23, inciso IX), e o estabelecimento das diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos, é de competência apenas da União (art. 21, inciso XX).

Ainda, com base na Constituição, deve-se destacar o artigo 200, inciso IV, em que é estabelecido que compete ao SUS participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico (BRASIL, 2005).

Deve-se observar, no entanto, que o desenvolvimento da Política Nacional de Saneamento, além do dever de estar em sintonia com a Política Nacional de Saúde, deve também estar integralizada na Política Nacional de Recursos Hídricos e na Política Nacional de Meio Ambiente, buscando sempre atender à diretrizes básicas comuns às políticas, que é a universalização, participação social e descentralização.

No Estado do Rio Grande Norte, as instituições responsáveis pelas ações de saneamento, meio ambiente e saúde são:

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2013), cuja responsabilidade é atender a toda a população do Rio Grande do Norte com água potável, coleta e tratamento de esgotos. A Caern tem 165 sistemas de abastecimento d'água distribuídos em 153 sedes de municípios e 13 localidades. No RN, são 40 sistemas de esgoto em 39 municípios e 1 localidade na Praia de Pipa .

O Instituto de Gestão das Águas do estado do Rio Grande do Norte (IGARN) é o órgão responsável por gerir técnica e operacionalmente os recursos hídricos em todo o território do Rio Grande do Norte (FELIPE GUERRA, 2013).

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) é uma autarquia fruto da união de atribuições entre a Fundação Instituto de Desenvolvimento do RN (IDEC), criada pela Lei n.º 4.286, de 6 de dezembro de 1973, (alterada pela Lei n.º 4.414, que tem como missão: promoção de educação ambiental, licenciamento e revisão de atividades potencialmente poluidoras de zoneamento ambiental, aplicação de penalidades disciplinares e compensatórias, implantação de unidades de conservação, controle ambiental, controle florestal (IDEMA, 2013).

A Secretaria de Saúde Pública do RN tem a missão de promover a descentralização para os municípios dos serviços e das ações de saúde, bem como acompanhar, controlar e avaliar essas ações, proporcionando apoio técnico e financeiro, coordenando o processo saúde-doença, na perspectiva da proteção e recuperação da saúde individual e coletiva.

### CAPÍTULO 3

#### METODOLOGIA APLICADA

Como esta pesquisa foi delineada para realização de um estudo ecológico com objetivo de estabelecer a associação entre precipitações extremas, inundações, drenagem das águas urbanas e a ocorrência de agravos à população dos municípios estudados, buscaram-se referências nos estudos epidemiológicos abrangendo o aspecto sanitário, ambiental e da saúde pública, conforme diagrama representativo da Figura 3.

Figura 3 – Diagrama de delineamento do risco de leptospirose relacionado com precipitações extremas e a precariedade da drenagem urbana



Fonte: Autoria própria, 2013.

A metodologia para o desenvolvimento da pesquisa elaborou-se fundamentada em aspectos da realidade local dos municípios visitados, de forma a identificar atributos para chegar o mais próximo da realidade observada; também para subsidiar os gestores na tomada de decisão, levando em consideração os aspectos multidisciplinar e interdisciplinar, com envolvimento das Ciências Humanas, Exatas e da Saúde, que analisa e avalia essa relação entre a drenagem das águas pluviais urbanas e a saúde da comunidade dos municípios pesquisados.

Para realização deste trabalho, listaram-se indicadores de saúde em que a relação entre a epidemiologia e as políticas públicas se faz presente na contextualização da micro e macrodrenagem nas regiões suscetíveis a enchentes e inundações.

Para universo da pesquisa, como Campo de pesquisa, estabeleceram-se 25 municípios do Rio Grande do Norte, conforme seleção descrita na seção 3.1.

### 3.1 CAMPO DE PESQUISA – MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE DO RIO GRANDE DO NORTE

#### 3.1.1 Método de priorização para seleção dos municípios

O método de priorização para seleção dos municípios deu-se por meio de critérios adotados buscando similaridade em alguns aspectos como população, taxa de dias de permanência hospitalar provocadas pela leptospirose e outras doenças de veiculação hídrica, e precipitações acumuladas no período de 2000-2011. Entretanto, fez-se necessário o antagonismo encontrado em alguns deles para efeito comparativo, destacando-se pela qualidade da gestão das águas urbanas e a taxa de internação por doenças de veiculação hídrica.

Os critérios aplicados foram:

- a) municípios com população de até 50.000 habitantes – dos 167 municípios do Rio Grande do Norte 159 têm até 50.000 habitantes;
- b) municípios componentes da região do Vale do Açu pelo histórico de enchentes e inundações dos municípios. Selecionados os municípios banhados pelo rio, que se encontram na área denominada como vale do Açu – Açu, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Jucurutu, Pendências, Porto do Mangue, São Rafael, pertencente à Bacia Piranhas-Açu; municípios com maior índice de agravos constantes da Lista Morbidade CID-10 Leptospirose icterohemorrágica, outras formas de leptospirose, leptospirose não especificada. São eles: Alexandria, Alto do Rodrigues, Boa Saúde, Carnaubais, Extremoz, João Câmara, Jucurutu, Monte Alegre, Pendências, Riacho da Cruz, Santo Antônio, Touros;
- c) municípios com maior índice de agravos constantes da Lista Morbidade CID-10: cólera, febre tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível. São eles: Alexandria, Alto do Rodrigues, Boa Saúde, João Câmara, Jucurutu, Carnaubais, Currais Novos, Martins, Nova Cruz, Riacho da Cruz, Serrinha dos Pintos, Touros, Umarizal;
- d) municípios com menor índice de agravos constantes da Lista Morbidade CID-10: cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível. São eles: Açu, Boa Saúde, Extremoz, Ipanguaçu, Itajá, Lucrécia, Martins, Monte Alegre, Nova Cruz, Pendências, Porto do Mangue, São Rafael, Riacho da Cruz, Santana do Seridó, Touros, Umarizal, Viçosa;

- e) municípios com menor índice de agravos constantes da Lista Morbidade CID-10: leptospirose icterohemorrágica, outras formas de leptospirose, leptospirose não especificada. São eles: Açu, Ipanguaçu, Itajá, Lucrecia, Martins, Porto do Mangue, Riacho da Cruz, Santana do Seridó, São Rafael, Umarizal, Viçosa;
- f) municípios com histórico de enchentes, alagamentos e inundações – foi levantado o histórico das enchentes nas bacias correspondentes. Depois da sistematização dos dados, foram selecionados os municípios com histórico de alagamentos e inundações: Açu, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Itajá, Pendências, Porto do Mangue, São Rafael.

O período de análise dos dados foi 2000-2011.

### **3.1.2 Caracterização da área de estudo**

Buscando focalizar o Estado em estudo, dentro do espaço geográfico regional, o RN está inserido na região Nordeste do Brasil (Figura 4), que tem uma área de 1.561.000 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 1.237.000 km<sup>2</sup> correspondem ao denominado Polígono das Secas, instituído pela Lei n.º 1.348 de 10 de fevereiro de 1957 (IBGE, 2010).

O Estado do RN tem 167 municípios que reúnem uma população de 3.168.027 habitantes, dos quais 159 têm população abaixo de 50.000 habitantes. Essa população está adensada em uma área territorial de 53.093 km<sup>2</sup> apresentando uma densidade demográfica de aproximadamente 60 hab./km<sup>2</sup>, com crescimento de 1,3% ao ano, e 77,8% residem em áreas urbanas. (IBGE, 2010).

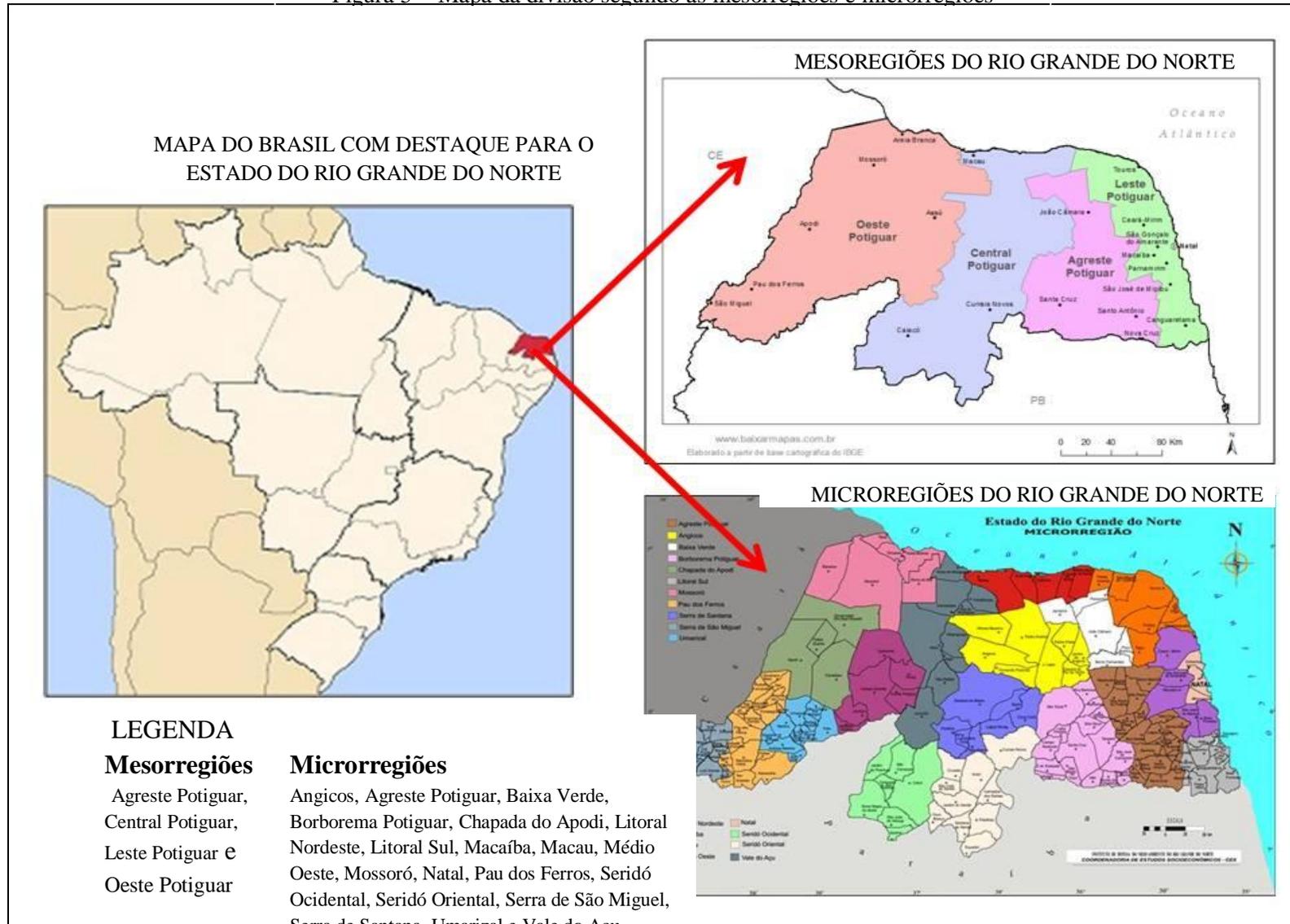
Seu território está totalmente inserido na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, tem a menor disponibilidade hídrica do País e se encontra dividido em 4 mesorregiões – Agreste Potiguar, Central Potiguar, Leste Potiguar e Oeste Potiguar – e 19 microrregiões: Angicos, Agreste Potiguar, Baixa Verde, Borborema Potiguar, Chapada do Apodi, Litoral Nordeste, Litoral Sul, Macaíba, Macau, Médio Oeste, Mossoró, Natal, Pau dos Ferros, Seridó Ocidental, Seridó Oriental, Serra de São Miguel, Serra de Santana, Umarizal e Vale do Açu, representadas na Figura 5 (CPRM, 2005).

Figura 4 – Mapa da localização geográfica do estado do Rio Grande do Norte





Figura 5 – Mapa da divisão segundo as mesorregiões e microrregiões



Fonte: IBGE (2008).

### 3.1.3 Municípios selecionados

Depois da tabulação e do cruzamento dos dados, os municípios foram selecionados com prioridade àqueles que atenderam aos critérios acima estabelecidos, resultando na relação constante do Quadro 4, com as respectivas bacias hidrográficas, conforme Figura 6.

Quadro 4 - Municípios selecionados, meso e microrregião de inserção e as respectivas bacias hidrográficas.

Município	Mesorregião	Microrregião	Bacia Hidrográfica
Alto do Rodrigues	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Açu	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Carnaubais	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Currais Novos	Central Potiguar	Seridó Oriental	Piranhas-Açu
Ipanguaçu	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Itajá	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Jucurutu	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Pendências	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Porto do Mangue	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Santana do Seridó	Central Potiguar	Seridó Oriental	Piranhas-Açu
São Rafael	Oeste Potiguar	Vale do Açu	Piranhas-Açu
Alexandria	Oeste Potiguar	Pau dos Ferros	Apodi-Mossoró
Lucrécia	Oeste Potiguar	Umarizal	Apodi-Mossoró
Martins	Oeste Potiguar	Umarizal	Apodi-Mossoró
Riacho da Cruz	Oeste Potiguar	Pau dos Ferros	Apodi-Mossoró
Serrinha dos Pintos	Oeste Potiguar	Umarizal	Apodi-Mossoró
Umarizal	Oeste Potiguar	Umarizal	Apodi-Mossoró
Viçosa	Oeste Potiguar	Pau dos Ferros	Apodi-Mossoró
Boa Saúde	Agreste Potiguar	Agreste Potiguar	Trairi
Monte Alegre	Agreste Potiguar	Agreste Potiguar	Trairi
João Câmara	Agreste Potiguar	Baixa Verde	Maxaranguape
Touros	Leste Potiguar	Litoral Nordeste	Maxaranguape
Nova Cruz	Agreste Potiguar	Agreste Potiguar	Curimataú
Extremoz	Leste Potiguar	Natal	Ceará-Mirim
Santo Antônio	Agreste Potiguar	Agreste Potiguar	Jacu

Fonte: Baseado na classificação do Idema (2008).

Figura 5 – Mapa da localização dos municípios pesquisados nas respectivas bacias



Fonte: Rio Grande do Norte (2012).

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS SELECIONADOS

### 3.2.1 Município de Açu

O município de Açu situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Vale do Açu, limitando-se com os municípios de Carnaubais, Serra do Mel, São Rafael, Parau, Jucurutu, Ipanguaçu, Alto do Rodrigues, Afonso Bezerra, Itajá, Upanema e Mossoró, abrangendo uma área de 1.272 km<sup>2</sup>, com a taxa de urbanização de 73,95%, cuja classificação é a 53.<sup>a</sup> no Estado do RN. Tem densidade demográfica de 41,83 hab./km<sup>2</sup> (IDEMA, 2008). Tem um clima do tipo muito quente e semiárido, com estação chuvosa, precipitação pluviométrica anual média de 588,8 mm, período chuvoso de março a abril, temperatura média anual em torno de 28.1°C e umidade relativa média anual de 70%. O registro de maior chuva anual: 980,2 mm - ano (2011), de maior chuva mensal: 261,9 mm – abril/ ano (2006) e de maior chuva diária: 152,0 mm – 19 de fevereiro de 2007. No período chuvoso, a média mensal > 10% da média anual, que é de fevereiro a maio (informação verbal).<sup>3</sup>

Figura 6 – Barragem Armando Ribeiro Gonçalves



Fonte: Vlademir Alexandre, 2011.

Figura 7 – Inundação no município de Açu



Fonte: Prefeitura de Açu, 2008.

De acordo com o Programa das Nações Unidas (PNUD), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do município de Açu e passou de 0,536 em 2000 para 0,661 em 2010, demonstrando uma melhoria significativa na qualidade de vida da população (PNUD, 2010).

<sup>3</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (Emparn) em 2012.

### 3.2.2 Município Alto do Rodrigues

Município com população de 12.305 habitantes cuja densidade é de 64 hab./km<sup>2</sup>, com histórico de enchentes, desmembrado do município de Pendências. Todo o seu território insere-se na bacia do rio Piranhas-Açu (IDEMA, 2008).

De acordo com o censo demográfico 2010 do IBGE (2011), entre 2000 e 2010, a população de Alto do Rodrigues teve uma taxa média de crescimento anual de 2,62%. Na década anterior, de 1991 a 2000, a taxa média de crescimento anual foi de 1,58%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 11,72%, passando de 68,24 em 2000 para 72,11 em 2010.

Alto do Rodrigues teve um incremento no seu IDHM de 80,16% nas últimas duas décadas, acima da média de crescimento nacional (47,46%) e acima da média de crescimento estadual (59,81%). O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 47,69% entre 1991 e 2010 (PNUD, 2010).

Tem um clima quente semiárido, com temperatura máxima de 33°C, com precipitações médias de 750,8 mm, sendo mais intensas em março e abril, com registro de: maior chuva anual de 1.403,3 mm em 2001; maior chuva mensal: 525,6 mm em abril de 1965; e maior chuva diária de 185,9 mm em 16 de março de 1999 (informação verbal).<sup>4</sup>

Figura 9 – Ação de saneamento no município Alto do Rodrigues em 2011



Fonte: Prefeitura do Alto do Rodrigues, 2010.

Figura 10 – Inundação no município Alto do Rodrigues em 2010



Fonte: Prefeitura do Alto do Rodrigues, 2010..

### 3.2.3 Município de Carnaubais

<sup>4</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

O município situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião do vale do Açu, limitando com os municípios Serra do Mel, Porto do Mangue, Macau, Pendências e Açu, desmembrado em 1963 do município de Açu. Sua área é de 532,89 km<sup>2</sup>, com taxa de urbanização de 48,73%, cuja população é de 9.762 habitantes com densidade demográfica de 18,34 hab./km<sup>2</sup>. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 83,35% (CPRM, 2005).

O município de Carnaubais encontra-se com 96,81% de seu território inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu e 3,19% na faixa litorânea norte. O relevo é de menos 100 m de altitude, constituído de terras planas ligeiramente elevadas, formada por terrenos sedimentares cortados pelos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu e planícies fluviais com terrenos baixos e planos as margens dos rios (IDEMA, 2008).

O município situa-se na faixa de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal baixo (IDHM entre 0,5 e 0,599). O IDHM passou de 0,481 em 2000 para 0,589 em 2010 – uma taxa de crescimento de 22,45%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 20,81% entre 2000 e 2010 (PNUD, 2010).

O clima caracteriza-se como muito quente e semiárido, com período chuvoso de fevereiro a março, com temperaturas médias anuais máximas de 33,0°C, média de 27,5°C e mínima de 21°C. A umidade relativa do ar é de 66% com 2.700 horas de insolação. A maior chuva anual registrada foi de 1118,0 mm em 2009, a maior chuva mensal foi de 433,0 mm em janeiro de 2004 e a maior chuva diária foi de 100,2 mm em 22 de março de 1968 (informação verbal).<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Figura 8 – Ponte de acesso a Carnaubais submersa em 2008



Fonte: Magno Marques, 2008.

Figura 9 – Calçamento de Carnaubais sem galeria em 2008



Fonte: Canindé Soares, 2008.

### 3.2.4 Município de Ipanguaçu

O município de Ipanguaçu situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Vale do Açu, limitando-se com os municípios de Afonso Bezerra, Açu, Itajá, e Angicos, abrangendo uma área de 366 km<sup>2</sup> (CPRM, 2005).

Entre 2000 e 2010, a população de Ipanguaçu teve uma taxa média de crescimento anual de 1,27%, passando de 12.216 para 13.856 habitantes. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 10,00%, passando de 35,63 em 2000 para 38,85 em 2010 (IBGE, 2010).

O clima caracteriza-se como quente e semiárido, com precipitação pluviométrica anual: normal de 634,0 mm e máxima observada de 1.402,2 mm, cujo desvio é de 382,0 mm. O período chuvoso é de fevereiro a maio. As temperaturas médias anuais ficam em torno de máxima 33,0°C; média 27,9°C; mínima 21,0°C. A umidade relativa média anual é de 70%, com 2.400 horas de insolação. maior chuva anual: 1191,5 mm - ano (2009); maior chuva mensal: 374,20 mm – fevereiro de 1964; maior chuva diária: 122,2 mm em 10 de fevereiro de 1964 (informação verbal).<sup>6</sup>

O município teve um incremento no seu IDHM de 96,42% nas últimas duas décadas, acima da média de crescimento nacional (47,46%) e acima da média de crescimento estadual (59,81%). O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 42,71% entre 1991 e 2010 (PNUD, 2010).

<sup>6</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Figura 10 – Inundação em Ipanguaçu 2004



Fonte: a autora, 2012.

Figura 11 – Bueiro obstruído no verão 2012



Fonte: Prefeitura de Ipanguaçu, 2004.

### 3.2.5 Município de Itajá

O município de Itajá, como outros municípios do RN, é relativamente novo; foi criado em 1992, desmembrado do município do Ipanguaçu. De acordo com o Relatório de Desenvolvimento Humano do PNUD, no período de 2000 a 2010, a população de Itajá teve uma taxa média de crescimento anual de 1,04%, passando de 6.249 para 6.932 habitantes. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 0,00%. A densidade demográfica é de 30,71 hab./km<sup>2</sup> (IDEMA, 2008).

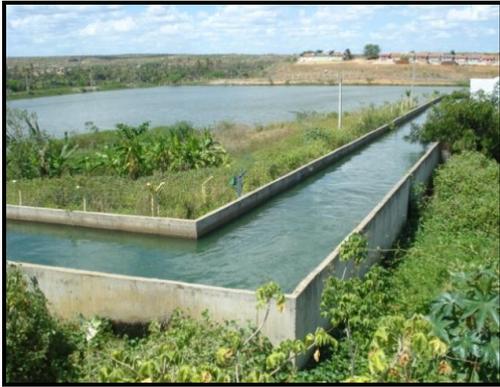
O município situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Vale do Açu, limitando-se com os municípios de Ipanguaçu, São Rafael, Santana dos Matos, Angicos e Açu, abrangendo uma área de 204 km<sup>2</sup> (IDEMA, 2008).

O relevo do município é menos de 100 m de altitude, com terrenos baixos entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi. O município encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pelas sub-bacias dos Rios Piranhas e das Sombras (CPRM, 2005).

Como informa o meteorologista Gilmar Bristot, o município tem um clima muito quente e semiárido, com período chuvoso de fevereiro a maio. Temperaturas médias anuais máxima: 33,0°C; média 27,9°C e mínima 21,0°C. A umidade relativa média anual é de 70%, com 2.400 horas de insolação. A maior chuva anual foi de 1086,0 mm em 2009; A maior chuva mensal foi de 399,0 mm em fevereiro de 2007 e a maior chuva diária foi de 108,6 mm em 16 de março de 1999.

Conforme o Relatório do Desenvolvimento Humano, o IDHM (educação, longevidade e renda) passou de 0,454 em 2000 para 0,624 em 2010, uma taxa de crescimento de 37,44% (PNUD, 2010).

Figura 12 – Sistema de abastecimento de água no município de Itajá 2012



Fonte: a autora, 2012

Figura 13 – Canaleta de águas pluviais obstruída em Itajá 2012



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.6 Município de Pendências

O município de Pendências situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Vale do Açu, limitando-se com os municípios de Macau, Pedro Avelino, Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues e Carnaubais, desmembrado de Macau abrangendo, uma área de 441 km (IDEMA, 2008).

Segundo o censo do IBGE de 2010, a população total residente é de 13.432 habitantes, e entre 2000 e 2010, a taxa média de crescimento anual foi de 1,65%.

O município de Pendências encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pela sub-bacia do rio Piranhas-Açu. Os principais tributários são: o rio Amargoso, da Serra e Mulungu e os riachos Curralinho, Leandro, Pedra de Fogo, da Quixabeira e da Oiticica. Os principais corpos de acumulação são as lagoas dos Medeiros e da Aroeira, os açudes Mulungu (500.000 m<sup>3</sup>) e Lagoa do Saco (CPRM, 2005).

No que se refere à qualidade de vida da população, conforme Relatório de Desenvolvimento Humano do PNUD, o IDHM passou de 0,493 em 2000 para 0,631 em 2010 – uma taxa de crescimento de 27,99%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 27,22% entre 2000 e 2010 (PNUD, 2010).

O clima se caracteriza como muito quente e semiárido, com período chuvoso entre fevereiro e abril, cuja precipitação pluviométrica anual normal é de 603,4 mm, a observada é de 298,6 mm com desvio de -304,8 mm. As temperaturas médias anuais: máxima: 32,0 °C, média: 27,2 °C, mínima: 21,0 °C; com umidade relativa anual de 68% e 2.400 horas de insolação; maior chuva anual registrada foi de 1451,0 mm em 1986; maior chuva mensal: 548,8 mm em fevereiro de 1981; maior chuva diária: 137,0 mm em 27 de março de 1996 (informação verbal, 2012).<sup>7</sup>

Figura 15 – Caixa de passagem obstruída no município de Pendências em 2012



Fonte: a autora, 2012.

Figura 14 – Inundação no município de Pendências em 2008



Fonte: Ramos, 2008.

### 3.2.7 Município de Porto do Mangue

O município de Porto do Mangue situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Vale do Açu, limitando-se com os municípios de Macau, Alto do Rodrigues, Serra do Mel, Areia Branca e o Oceano Atlântico, abrangendo uma área de 331 km<sup>2</sup>. Foi criado pela Lei n.º 6.851, de 28 de dezembro de 1995, desmembrado de Carnaubais, cuja densidade demográfica é de 16,36 hab./km<sup>2</sup>. Os principais corpos de acumulação são a Lagoa do Mato e o açude público Gargalheiras com capacidade de 40.000.000 m (IDEMA, 2008).

Com uma população de 5.217 habitantes, o município teve no período de 2000 a 2010, uma taxa média de crescimento anual de 2,53%. Na década anterior, de 1991 a 2000, a taxa média de crescimento anual foi de 3,58%, cuja taxa de urbanização é de 58,02% quando em 1991 era de 61,95%, com diferença de - 6,34% (PNUD, 2010).

<sup>7</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

De acordo ainda com o relatório do PNUD (2013), o IDHM passou de 0,395 em 2000 para 0,590 em 2010, uma taxa de crescimento de 49,37%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 32,23% entre 2000 e 2010.

O clima do município é bem característico como os demais, quente e semiárido, com período chuvoso de março a abril com temperaturas médias anuais: máxima de 32,0°C, média de 27,5°C e mínima de 21,0°C, com umidade relativa média anual: 66% com 2.400 horas de insolação. Maior chuva anual registrada foi de 1087,0 mm no ano de 2009; e a maior chuva mensal foi de 580,4 mm em abril de 1985; e a maior chuva diária foi de 115,0 mm em 16 de fevereiro de 2006 (informação verbal).<sup>8</sup>

Figura 16 – Inundação periurbana no município Porto do Mangue



Fonte: a autora, 2012.

Figura 17 – Vista aérea do município Porto do Mangue



Fonte: Getúlio Moura, 2011.

### 3.2.8 Município de São Rafael

O município de São Rafael situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Vale do Açu, limitando-se com os municípios de Itajá, Açu, Santana do Mato e Jucurutu, abrangendo uma área de 430 km<sup>2</sup>, cuja densidade demográfica é de 16,36 hab./km<sup>2</sup>. (CPRM, 2005).

O município tem atualmente uma população de 8.111 habitantes, teve uma taxa média de crescimento anual de -0,11% entre 2000 e 2010. Na década anterior, de 1991 a 2000, a taxa média de crescimento anual foi de 0,50%. Com taxa de urbanização de 68,28, a qual cresceu 17,77% nas últimas duas décadas (PNUD, 2010).

<sup>8</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de São Rafael é 0,611 em 2010. O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,6 e 0,699). IDHM passou de 0,469 em 2000 para 0,611 em 2010 - uma taxa de crescimento de 30,28% (PNUD, 2010).

O clima caracteriza-se como muito quente e semiárido, com período chuvoso entre fevereiro e maio cuja precipitação pluviométrica anual normal é de 634,9 mm; a observada é de 814,0 mm, com desvio de 179,1. As temperaturas médias anuais são: máxima 32,0°C; média 27,7 °C, mínima 21,0°C. Com umidade relativa média anual de 70%, com 2.400 horas de insolação. A maior chuva anual teve 1483,3 mm em 1974; maior chuva mensal 392,90 mm em abril de 1974; maior chuva diária: 141,0 mm em 23 de maio de 1886 (informação verbal).<sup>9</sup>

Figura 18– Rede de drenagem sem galeria no município de São Rafael



Fonte: a autora, 2012.

Figura 19 – Rede de drenagem obstruída no município de São Rafael



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.9 Município de Alexandria

O município de Alexandria situa-se na mesorregião Oeste Potiguar, desmembrado de Martins limitando-se com os municípios de Pilões, Antônio Martins, João Dias, Tenente Ananias e Marcelino Vieira e com o estado da Paraíba, abrangendo uma área de 419 km<sup>2</sup> (CPRM, 2005).

O município encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró, sendo banhado pela sub-bacia do rio Alexandria, que o atravessa. Seus principais afluentes são: riachos do Meio, das Pulgas; Alexandria; Taboca, Panati e o Córrego da Vassoura. Existem ainda três açudes públicos que abastecem o município: o Pulgas

<sup>9</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

(3.300.000 m<sup>3</sup>), o Riacho da Bananeira (750.000 m<sup>3</sup>) e o Riacho do Meio (1.610.080 m<sup>3</sup>). Todos os cursos d'água do município têm regime intermitente (IDEMA, 2008).

De acordo com o relatório de desenvolvimento humano do PNUD, entre 2000 e 2010, o IDHM do município passou de 0,467 em 2000 para 0,606 em 2010, tendo uma taxa de crescimento de 29,76%. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Alexandria é 0,606, em 2010 (PNUD, 2010).

O município tem uma população de 13.507 habitantes, cuja densidade demográfica é de 35,35 hab./km<sup>2</sup>. Entre 2000 e 2010, a população de Alexandria teve uma taxa média de crescimento anual de -0,19%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 18,36%, passando de 57,48% em 1991, para 68,03% em 2010 (PNUD, 2010).

O clima é muito quente e semiárido, com período chuvoso entre fevereiro a maio, cuja precipitação pluviométrica anual normal é de 767.1 mm; observada 579.1 mm, com desvio de 188,0 mm. As temperaturas médias anuais são: máxima 33,0 °C; média 28 °C mínima 21,0 °C. Com umidade relativa média anual de 66%, com 2.700 horas de insolação (informação verbal).<sup>10</sup>

Figura 20– Despejo de esgoto na rede de drenagem de águas pluviais no município de Alexandria



Fonte: a autora, 2012.

Figura 21 – Drenagem das águas pluviais no município de Alexandria



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.10 Município de Currais Novos

O município de Currais Novos foi criado em 1890, desmembrado de Acari. Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 42.652 habitantes (IBGE, 2010). A densidade demográfica é de 49,14 hab./km<sup>2</sup>. Entre 2000 e 2010, a população de Currais Novos teve uma

<sup>10</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

taxa média de crescimento anual de 0,45. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 5,35%, passando de 84,07 em 1991 para 88,57 em 2010 (PNUD, 2010).

O município encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrografia de Piranhas-Açu, sendo banhado pelas sub-bacias dos rios Currais Novos, Picuí e Acauã. Todos os cursos d'água têm regime intermitente. Os corpos de acumulação de água no município são os açudes: Barra do Catunda (2.240.000 m<sup>3</sup>), Pico ou Tororó (3.941.000 m<sup>3</sup>), Dourado (10.322.000 m<sup>3</sup>), Pedra Branca, Gangorra ou Úrsula Medeiros (2.682.000 m<sup>3</sup>), Alívio, Feijão (796.312 m<sup>3</sup>), Desembargador Salustino, São Roque, Furna da Onça, Público de Currais Novos (3.815.000 m<sup>3</sup>), Riacho Fechado II, Mocotó, Saco dos Veados e Barra Verde (IDEMA 2008).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Currais Novos é 0,691, em 2010. O município situa-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,6 e 0,699). O IDHM passou de 0,572 em 2000 para 0,691 em 2010 – uma taxa de crescimento de 20,80% (PNUD, 2010).

O clima do município caracteriza-se como muito quente, com período chuvoso entre fevereiro a abril, cuja precipitação anual normal é de 610,5 mm; a observada foi de 615,1 mm com desvio de 4,6 mm. As temperaturas médias anuais são máxima de 33,0°C; média: 27,5°C; mínima 18,0°C. A umidade relativa média anual 64% com 2.400 horas de insolação (IDEMA, 2008).

Figura 22 – Galeria de águas pluviais no município de Currais Novos



Fonte: a autora, 2012.

Figura 23 – Drenagem sem galeria no município de Currais Novos



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.11 Município de Extremoz

Extremoz é um município brasileiro situado no litoral do estado do Rio Grande do Norte. Pertencente à microrregião de Natal e à mesorregião do Leste Potiguar, bem como à Região

Metropolitana de Natal e ao Polo Costa das Dunas, localiza-se ao norte da capital do estado, distante desta 16 quilômetros, cuja taxa de urbanização é de 64,18% (IDEMA, 2008).

O município ocupa uma área total de 135 km<sup>2</sup>, 0,25% da superfície estadual, cuja população é de 24.569 habitantes de acordo com o censo do IBGE (2010). Entre 2000 e 2010, a população de Extremoz teve uma taxa média de crescimento anual de 2,30% (PNUD, 2010).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Extremoz é 0,660 em 2010. O município situa-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM) entre 0,6 e 0,699 (PNUD, 2010).

O município de Extremoz faz parte de três bacias hidrográficas. A primeira é a do rio Ceará-Mirim, que abrange 49,45% do território do município; a segunda é a do rio Doce (22,02%); e a terceira corresponde à faixa litorânea oriental (IDEMA, 2008).

A sede do município apresenta temperaturas médias anuais em torno de 26°C, sendo 30°C a temperatura máxima média e 21°C a temperatura mínima média. O mês com a maior média anual é fevereiro (27,4°C), as temperaturas mínima e máxima respectivamente 23,5°C e 31,3°C. Já o mês com a menor média registrada é julho, com aproximadamente 24,5°C, em que 20,3°C é a média mínima e 28,6°C é a média máxima.

O clima predominante é do tipo tropical úmido, com pluviosidade que chega a ultrapassar mil milímetros, com chuvas no inverno e secas no verão. Segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger, o tipo climático de Extremoz é do tipo As. O mês mais chuvoso é junho, quando a precipitação é de 288,5 milímetros, enquanto novembro é o mais seco, quando só precipita 15,5 mm. A umidade relativa do ar é de 77% e o tempo de insolação chega a 2.700 horas anuais (informação verbal).<sup>11</sup>

No município, predominam os terrenos planos, com altitudes abaixo de cem metros acima do nível do mar. O solo, de tipo planossolo sódico, é derivado de sedimentos formados pela ação das águas, com a presença de arenitos formados durante o Período Quaternário; o sistema de manejo é muito baixo em razão da grande quantidade de umidade presente neste tipo de solo (CPRM, 2005).

---

<sup>11</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Figura 24– Ponte de acesso ao município de Extremoz



Fonte: a autora, 2012.

Figura 25 – Rio Doce que corta o município de Extremoz



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.12 Município de Boa Saúde

O município de Boa Saúde, conhecido também pelo nome de Januário do Cicco, situa-se na mesorregião Agreste Potiguar e na microrregião Agreste Potiguar, limitando-se com os municípios de Vera Cruz, Macaíba, Bom Jesus, Senador Elói de Souza, Serrinha, São José do Campestre, Lagoa de Pedras, Lagoa Salgada e Serra Caiada, abrangendo uma área de 187,21 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,35% da superfície estadual (CPRM, 2005).

Com a população de 9.011 habitantes, entre 2000 e 2010, a população de Januário Cicco teve uma taxa média de crescimento anual de 1,60%. Na década anterior, de 1991 a 2000, a taxa média de crescimento anual foi de 1,61%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 24,75%, cuja densidade demográfica é de 48,08 hab./km<sup>2</sup> e taxa de urbanização de 35,61 % (PNUD, 2010).

O município encontra-se com 85,60% do seu território inserido na Bacia Hidrográfica do rio Trairi e 14,40% na Bacia Hidrográfica do rio Jacu; rio Trairi; riachos Bom Pastor, Córrego de São Mateus (IDEMA, 2008).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Januário Cicco é 0,574, em 2010. O município situa-se na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM) entre 0,5 e 0,599. O IDHM passou de 0,424 em 2000 para 0,574 em 2010 – uma taxa de crescimento de 35,38% (PNUD, 2010).

O clima caracteriza-se como muito quente e semiárido, com temperaturas médias anuais de máxima: 33,0°C, média 25,7°C, mínima 21,0°C. A precipitação pluviométrica anual normal é 716,6 mm (2007), observada 790,4 mm com desvio de 73,8 mm. Período chuvoso de março a junho (informação verbal).<sup>12</sup>

Figura 26 –Área de várzea sujeita a inundação no município de Boa Saúde



Fonte: a autora, 2012.

Figura 27 – Rede de drenagem sem galeria no município de Boa Saúde



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.13 Município de João Câmara

O município de João Câmara situa-se na mesorregião Agreste Potiguar e na microrregião Baixa Verde, limitando-se com os municípios de Parazinho, Touros, Pureza, Poço Branco, Bento Fernandes, Jardim de Angicos, Jandaíra e Pedra Preta, abrangendo uma área de 795 km<sup>2</sup>, desmembrado dos municípios de Taipu, Touros e Lajes, e se enquadra no Litoral Norte, segundo o planejamento de zonas homogêneas do estado (CPRM, 2005).

Em 2010, a população do município era de 32.227 habitantes. A área territorial de 715 km<sup>2</sup> equivalente a 1,50% da superfície estadual, com taxa de urbanização de 70,30%. Entre 2000 e 2010, a população de João Câmara teve uma taxa média de crescimento anual de 0,97% (PNUD, 2010).

O município tem um clima muito quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono, com precipitação pluviométrica anual média de 648,6 mm, período chuvoso de março a junho, temperatura média anual em torno de 24,7°C e umidade relativa média anual de 70% com 2.700 horas de insolação (IDEMA, 2008).

<sup>12</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

O município de João Câmara tem 36,18% de seu território inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Ceará-Mirim, 25,82% nos domínios da bacia hidrográfica do rio Maxaranguape e 38,01% inseridos nos domínios da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso, sendo banhado pela sub-bacia do rio Ceará-Mirim (CPRM, 2005).

O município situa-se na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo. O IDHM entre 0,5 e 0,599. O IDHM passou de 0,457 em 2000 para 0,595 em 2010, uma taxa de crescimento de 30,20% (PNUD, 2010).

Figura 28 – Esgoto na rede de drenagem no município de João Câmara



Foto: a autora, 2012.

Figura 29 – Alagamento durante chuvas intensas no município de João Câmara



Foto: a autora, 2012.

Figura 30 – Enchente e inundação no município de João Câmara em 2003



Fonte: Prefeitura de João Câmara, 2003.

Figura 31 – Vista aérea do município João Câmara em 2003



Fonte: Prefeitura de João Câmara, 2010.

### 3.2.14 Município de Monte Alegre

O município de Monte Alegre foi criado em 1953, desmembrado de São José do Mipibu. Situa-se na mesorregião Agreste Potiguar e na microrregião Agreste Potiguar, e está enquadrado em Litoral Oriental, segundo o planejamento de zonas homogêneas do Estado. Limitando-se com os municípios de Vera Cruz, São José do Mipibu, Brejinho, Várzea, Lagoa de Pedras e Lagoa Salgada, abrangendo uma área de 210 km<sup>2</sup> (IDEMA, 2008).

Segundo o censo de 2010, tem uma população total residente de 20.685 habitantes, (IBGE, 2010). Entre 2000 e 2010, a população de Monte Alegre teve uma taxa média de crescimento anual de 0,92%. A densidade demográfica é de 89,83 hab./km<sup>2</sup> e a taxa de urbanização de 43,52% (PNUD, 2010).

O IDHM passou de 0,465 em 2000 para 0,609 em 2010 – uma taxa de crescimento de 30,97%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 26,92% entre 2000 e 2010 (PNUD, 2010).

O município de Monte Alegre encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Trairi, que o atravessa na direção SW-NE. Seus principais tributários são os riachos Pajuçara, do Brejo, Catolé e Vera Cruz. Os principais corpos de acumulação são: lagoas da Carnaúba, do Mato, dos Marcos, dos Cavalos, Sobrado, Eusébio, Salgada, Xiquexique, Cajueiro e dos Pagões. Todos os cursos d'água têm regime intermitente (IDEMA, 2008).

O município tem um clima do tipo tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono, precipitação pluviométrica média anual de 962,2mm, período chuvoso de março a agosto, temperatura média anual em torno de 26,3°C, umidade relativa média anual de 76% e 2.700 horas de insolação (IDEMA, 2008).

Figura 32 – Drenagem superficial obstruída no município de Monte Alegre



Fonte: a autora, 2012.

Figura 33 – Manutenção da rede de drenagem no município de Monte Alegre



Fonte: a autora, 2012.

Figura 34 –Inundação e alagamento no município de Monte Alegre em 2012



Fonte: governo do estado do RN, 2012.

Figura 35 –Alagamento na área urbana do município de Monte Alegre



Fonte: governo do estado do RN, 2012.

### 3.2.15 Município de Nova Cruz

O município de Nova Cruz situa-se na mesorregião Agreste Potiguar e na microrregião Agreste Potiguar, limitando-se com os municípios de Santo Antônio, Várzea, Montanhas, Pedro Velho, Lagoa d'Anta, Passa e Fica, e com o estado da Paraíba, abrangendo uma área de 282 km<sup>2</sup>. A população do município é de 35.490 habitantes, sendo o décimo segundo município mais populoso do estado. A densidade demográfica é 119,89 hab./km<sup>2</sup>, cuja taxa de urbanização é de 68,70% (IBGE, 2010).

O município de Nova Cruz tem 70,01% de seu território inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Curimataú e 29,99% nos domínios da bacia do rio Jacu, sendo banhado pela sub-bacia do rio Curimataú. Os principais tributários são o riacho do Pregó; o riacho Bueiro, rio Maçaranduba e os riachos do Curralinho e Riachão, Carnaúba; os riachos João Gomes e do Juriti (IDEMA, 2008).

Os corpos de acumulação mais importantes são os açudes públicos: do Seixo (100.000 m<sup>3</sup>), Pau Barriga (150.000 m<sup>3</sup>) e Xiquexique (124.700 m<sup>3</sup>), além das lagoas da Espera, do Couro, da Ema, Jenipapo, do Umari, do Bastião, do Peixe, Limpa, Barbatana, Encantada, Verde, da Carnaúba, dos Currais, Seca, da Cruz, do Rancho, do Lima, do Venâncio e Redonda. O padrão de drenagem é o tipo dendrítico e todos os cursos d'água têm regime intermitente (CPRM, 2005).

O IDHM de Nova Cruz é 0,629 em 2010. O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Médio entre 0,6 e 0,699. O IDHM passou de 0,465 em 2000 para 0,629 em 2010 – uma taxa de crescimento de 35,27% (PNUD, 2010).

O clima caracteriza-se como muito quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono. Período chuvoso de fevereiro a maio. Temperaturas médias anuais: máxima 33,0 °C; média 27,0°C, mínima 18,0°C; umidade relativa média anual 65% e 2.400 horas de insolação (IDEMA, 2008).

Figura 36 – Deposição inadequada de resíduos no município de Nova Cruz



Figura 37 – Calçamento danificado pelas chuvas intensas no município de Nova Cruz



Fonte: Cedida pela Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Rio Grande do Norte, 2012.

### 3.2.16 Município de Lucrécia

O município de Lucrécia situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Umarizal, limitando-se com os municípios de Umarizal, Martins, Frutuoso Gomes e Almino Afonso, abrangendo uma área de 27 km<sup>2</sup> (CPRM, 2005).

A população total residente em 2010 era de 3.633 habitantes. A densidade demográfica é 117,45 hab./km<sup>2</sup>. Entre 2000 e 2010, a população de Lucrécia teve uma taxa média de crescimento anual de 1,22%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 5,20%, passando de 59,66% para 62,76% em 2010. O IDHM de Lucrécia é 0,646 em 2010. O município situa-se na faixa de IDHM entre 0,6 e 0,699 (PNUD, 2010).

O município de Lucrécia encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, sendo banhado apenas por cursos d'água secundários e intermitentes, sem maior expressão. Na porção S, existe um açude público de grande porte, que abastece a sede do município, o Açude Lucrécia com 27.270.000 m<sup>3</sup> (CPRM, 2005).

O clima caracteriza-se como tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono. A precipitação pluviométrica anual normal é 872,9 mm; observada 1.381,4 mm; desvio 508,5 mm. Período chuvoso de fevereiro a maio. temperaturas médias anuais:

máxima 36,0°C; média 28,1°C; mínima 21,0°C; umidade relativa média anual 66 % e 2.700 horas de insolação (IDEMA, 2008).

Figura 38 – Pavimentação do centro de Lucrécia



Fonte: a autora, 2012.

Figura 39 – Vista do topo de Lucrécia



Fonte: Prefeitura de Lucrécia, 2011.

### 3.2.17 Município de Martins

O município de Martins situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Umarizal, desmembrado de Portalegre, limitando-se com os municípios de Umarizal, Viçosa, Antônio Martins, Serrinha dos Pintos, Lucrécia, Frutuoso Gomes e Portalegre, abrangendo uma área de 171 km<sup>2</sup> (CPRM, 2005).

Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 8.218 habitantes. A densidade demográfica é 115,74 hab./km<sup>2</sup>. Entre 2000 e 2010, a população de Martins teve uma taxa média de crescimento anual de 0,62%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 24,79%, passando de 49,11 para 61,28 (PNUD, 2010).

O município de Martins encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, sendo banhado apenas por cursos d'água secundários e de caráter intermitente. Os principais são os riachos dos Picos, Quixeré, da Forquilha, do Comissário, do Corredor e do Sampaio. Os principais açudes são Alívio (600.000 m<sup>3</sup>/público), Lajes ou Serra Nova (1.200.000 m<sup>3</sup>/público), Ribeiro (873.000 m<sup>3</sup>/público) e o Serrinha dos Pintos ou Valter Magno (1.472.000 m<sup>3</sup>/público). O padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005).

O clima do município classifica-se como chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono, cuja precipitação pluviométrica anual normal é 1.114,6 mm; observada 1.360,5 mm; desvio 245,9 mm. Período chuvoso de janeiro a junho; temperaturas

médias anuais: máxima 26,0°C; média 28,1°C; mínima 15,0°C. Umidade relativa média anual 66 %, e 2.700 horas de insolação (informação verbal).<sup>13</sup>

O IDHM passou de 0,516 em 2000 para 0,622 em 2010, uma taxa de crescimento de 20,54%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 21,90% entre 2000 e 2010 (PNUD, 2010).

Figura 43 – Rede de drenagem de águas pluviais no município de Martins



Fonte: a autora, 2012.

Figura 44 – Canal de drenagem obstruída no município de Martins



Fonte: a autora, 2012.

Figura 40 – Pavimentação e drenagem sem manutenção no município de Martins



Fonte: a autora, 2012.

Figura 41 – Canela de águas pluviais sem galeria no município de Martins



Fonte: a autora, 2012.

<sup>13</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

### 3.2.18 Município de Santo Antônio

O município de Santo Antônio situa-se na mesorregião Agreste Potiguar e na microrregião Agreste Potiguar, limitando-se com os municípios de Serrinha, Lagoa de Pedras, Lagoa d'Anta, Nova Cruz, Várzea, Passagem, Brejinho e São José do Campestre, abrangendo uma área de 294 km<sup>2</sup> (CPRM, 2005).

Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 22.216 habitantes. Entre 2000 e 2010, a população de Santo Antônio teve uma taxa média de crescimento anual de 1,00. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 26,12%, passando de 59,94% em 2000 para 64,28% em 2010. A densidade demográfica é 73,6 hab./km<sup>2</sup> (PNUD, 2010).

O IDHM passou de 0,483 em 2000 para 0,620 em 2010, uma taxa de crescimento de 28,36%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 26,50% entre 2000 e 2010 (PNUD, 2010).

O clima do município caracteriza-se como muito quente e semiárido, com estação chuvosa adiantando-se para o outono. Precipitação pluviométrica anual: normal é de 791,7 mm; a observada é de 832,9 mm com desvio de 41,2 mm. O período chuvoso é entre os meses de março a julho, cujas temperaturas médias anuais são: máxima 32,0°C; média 25,6°C; mínima 21,0°C; umidade relativa média anual 74%, com 2.400 horas de insolação (informação verbal).<sup>14</sup>

O município de Santo Antônio insere-se totalmente nos domínios da bacia hidrográfica do rio Jacu. Os principais tributários são os riachos Umbuzeiro, Baixio, Pai Domingos, do Prego, Salgado, da Várzea, Jacumirim, de Baixo e Macacos. Os principais corpos de acumulação são as lagoas da Bola, das Panelas, do Saco, do Gravatá, Redonda, Capim, do Catolé, da Quixaba, da Lama, do Espeto, das Cobras e Timbaúba. Não existem açudes com capacidade de acumulação igual ou superior a 100.000 m<sup>3</sup>. O padrão da drenagem é o dendrítico e os cursos d'água têm regime intermitente (IDEMA, 2008).

Tem o relevo de 50 a 200 metros de altitude. Depressão sublitorânea – terrenos rebaixados, localizados entre duas formas de relevo de maior altitude. Ocorre entre os Tabuleiros Costeiros e o Planalto da Borborema (CPRM, 2005).

---

<sup>14</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Figura 42 – Esgoto na rede de drenagem no município de Santo Antônio



Fonte: a autora, 2012.

Figura 43 – Falta de drenagem no município de Santo Antônio



Foto: a autora, 2012.

Figura 44 – Drenagem sem galeria no município de Santo Antônio



Fonte: a autora, 2012.

Figura 45 – Esgoto aberto no município de Santo Antônio



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.19 Município de Serrinha dos Pintos

O município de Serrinha dos Pintos situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Umarizal, limitando-se com os municípios de Portalegre, Francisco Dantas, Antônio Martins, Martins e Pau dos Ferros, abrangendo uma área de 124 km<sup>2</sup> (IDEMA, 2008).

O município foi criado em 1993, desmembrado de Martins. Segundo o censo IBGE de 2010, a população total residente é de 4.540 habitantes. Entre 2000 e 2010, a população de Serrinha dos Pintos teve uma taxa média de crescimento anual de 0,56%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 69,74%, passando de 31,20 em 1991 para 52,95% em 2010. A densidade demográfica é de 36,91 hab./km<sup>2</sup> (PNUD, 2010).

Situa-se na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,5 e 0,599). O IDHM passou de 0,460 em 2000 para 0,598 em 2010 – uma taxa de crescimento de 30,00% (PNUD, 2010). O município de Serrinha dos Pintos encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, sendo banhado apenas por cursos d’água secundários, dos quais os principais são os riachos: Curral Novo, do Comissário, da Impertinência, Pedra do Navio e Vertentes. Não há no município açudes ou lagoas com capacidade de acumulação superior a 100.000 m<sup>3</sup>. Todos os cursos d’água têm regime intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005).

O clima muito quente e semiárido, com período chuvoso de janeiro a junho; com temperaturas médias anuais: máxima 36,0°C; média 28,1°C; mínima 21,0°C. A umidade relativa média anual é de 66%, com 2.700 horas de insolação. Seu relevo varia de 400 a 800 metros de altitude (informação verbal).<sup>15</sup>

Figura 46 – Área pavimentada com drenagem no município de Serrinha dos Pintos



Fonte: a autora, 2012.

Figura 47 – Rua pavimentada sem galerias no município de Serrinha dos Pintos



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.20 Município de Touros

O município de Touros situa-se na mesorregião Leste Potiguar e na microrregião Litoral Nordeste, limitando-se com os municípios de Rio do Fogo, Pureza, João Câmara, Parazinho, São Miguel de Touros e o Oceano Atlântico, abrangendo uma área de 818 km<sup>2</sup> (IDEMA, 2008).

<sup>15</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Criado pela Resolução do Conselho do Governo de 11 de abril de 1833, o município foi desmembrado do município de Ceará-Mirim. Está enquadrado no Litoral Norte, segundo o planejamento de zonas homogêneas do Estado (CPRM 2005).

Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 31.089 habitantes. Entre 2000 e 2010, a população de Touros teve uma taxa média de crescimento anual de 1,10%. A densidade demográfica é de 36,92 hab./km<sup>2</sup> (PNUD, 2010).

O IDHM de Touros foi 0,572 em 2010. O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,5 e 0,599). O IDHM passou de 0,404 em 2000 para 0,572 em 2010, uma taxa de crescimento de 41,58% (PNUD, 2010). Tem um clima do tipo tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono, precipitação pluviométrica média anual de 1.069,7 mm, período chuvoso de março a junho, temperatura média anual em torno de 26,5°C e umidade relativa média anual de 68%. O município tem menos de 100 metros de altitude (IDEMA, 2008).

O município de Touros encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Maxaranguape e da Faixa Litorânea NE de Escoamento Difuso, sendo banhado pelas sub-bacias dos rios Maxaranguape, das Piranhas e Punaú. Os principais tributários são os rios do Saco, Curicacas, Patu e Maceió, além dos riachos d'Água, Colônia, Maxaranguape, Córregos, Carro Quebrado e Arrepiado (IDEMA, 2008).

Os principais corpos de acumulação são as lagoas: Boqueirão, Sal, do Fogo, Gravatá, Punaú, Cutias, Baiãozinho, Pacheco, das Bestas Feras, Baião, Mutuca, Barrenta, Grande, Jaburu, Moita, Vermelha, do Angico, do Barro, Doce, Coqueiros, Coelhos e Catolé (CPRM, 2005).

Figura 49 – Rio Maceió poluído por esgoto doméstico no município de Touros



Fonte: a autora, 2012.

Figura 48 – Rio Maceió assoreado no centro do município de Touros



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.21 Município de Umarizal

O município de Umarizal situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Umarizal, limitando-se com os municípios de Apodi, Martins, Lucrécia, Almino Afonso, Rafael Godeiro, Olho d'Água dos Borges, Viçosa e Riacho da Cruz, abrangendo uma área de 224 km<sup>2</sup> (IDEMA, 2008).

Criado em 1958, desmembrado de Martins. Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 10.659 habitantes. Entre 2000 e 2010, a população de Umarizal teve uma taxa média de crescimento anual de -0,40%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 10,82%, passou de 76,78% em 1991 para 85,08% em 2010. A densidade demográfica é de 49,8 hab./km<sup>2</sup> (PNUD, 2010).

O município situa-se na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,6 e 0,699). O IDHM passou de 0,482 em 2000 para 0,618 em 2010, uma taxa de crescimento de 28,22% (PNUD, 2010).

Umarizal encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, sendo banhado pela sub-bacia do rio Umari. Os principais tributários são os riachos da Gangorra e do Caititu, os riachos Fura Boca e Cachoeira. Os principais açudes são Rodeador (17.000.000 m<sup>3</sup>/público), da Inspetoria ou de Umarizal (3.095.125 m<sup>3</sup>/público), alimentado pelo riacho Fura Boca e o da RN 17 (2.000.000 m<sup>3</sup>/comunitário) alimentado pelo riacho Cachoeira. Todos os cursos d'água têm regime intermitente e a drenagem apresenta o padrão dendrítico (IDEMA, 2008).

O clima classifica-se como tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa atrasando-se para o outono. Precipitação pluviométrica anual: normal 835,3 mm; observada 1.114 mm; desvio 276,1 mm. Período chuvoso de fevereiro a abril; as temperaturas médias anuais: máxima 36,0°C; média 27,7°C; mínima 21,0°C; umidade relativa média anual 70%, com 2.700 horas de insolação (informação verbal).<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Figura 51 – Canal de águas pluviais no município de Umarizal



Fonte: a autora, 2012.

Figura 50 – Esgoto e lixo no canal de águas pluviais no município de Umarizal



Fonte: a autora, 2012.

Figura 53 – Inundação no município de Umarizal em 2008



Fonte: Campelo, 2008.

Figura 52 – Pavimentação com drenagem superficial no município de Umarizal



Fonte: Campelo, 2008.

### 3.2.22 Município de Riacho da Cruz

O município de Riacho da Cruz situa-se na mesorregião Oeste Potiguar, limitando-se com os municípios de Itaú, Taboleiro Grande, Viçosa, Portalegre, Umarizal e Apodi, abrangendo uma área de 119 km<sup>2</sup>. O município de Riacho da Cruz foi criado em 1962, desmembrado de Portalegre (CPRM, 2005).

Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 3.165 habitantes. Entre 2000 e 2010, a população de Riacho da Cruz teve uma taxa média de crescimento anual de 1,73%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 19,60%, passou de 70,64% em 1991 para 84,49% em 2010. A densidade demográfica é de 22,41 hab./km<sup>2</sup> (PNUD, 2010).

O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,5 e 0,599). O IDHM passou de 0,443 em 2000 para 0,584 em 2010, uma taxa de crescimento de 31,83% (PNUD, 2010).

Riacho da Cruz insere-se totalmente nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, sendo banhado apenas por cursos d'água secundários e de caráter intermitente, dos quais os principais são os riachos dos Picos, Baixa do Arroz e da Sombra. Os principais açudes do município são riacho da Cruz II (9.604.000 m<sup>3</sup>), alimentado pelo riacho dos Picos e Telha (1.023.000 m<sup>3</sup>), alimentado pelo riacho Baixa do Arroz. O padrão de drenagem é o dendrítico (IDEMA, 2008).

O clima caracteriza-se como muito quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono. Precipitação pluviométrica anual: normal 724,9 mm; a observada 1.198,0 mm; desvio 473,1 mm; período chuvoso de fevereiro a abril. Temperaturas médias anuais: máxima 36,0°C; média 27,7°C; mínima 21,0°C. Umidade relativa média anual 70% com 2.700 horas de insolação (informação verbal).<sup>17</sup>

Figura 54 – Placa referente aos investimentos de drenagem no município de Riacho da Cruz



Fonte: a autora, 2012.

Figura 60 – Serviços de manutenção das vias públicas no município de Riacho da Cruz



Fonte: a autora, 2012.

<sup>17</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Figura 56 – Ruas asfaltadas com drenagem superficial no município de Riacho da Cruz.



Fonte: a autora, 2012.

Figura 55 – Rio que corta o município de Riacho da Cruz



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.23 Município de Santana do Seridó

O município de Santana do Seridó situa-se na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Seridó Oriental, limitando-se com os municípios de Jardim do Seridó, Parelhas e Ouro Branco e com o estado da Paraíba, abrangendo uma área de 188,4 km. O município foi criado em 1962, desmembrado de Jardim do Seridó (CPRM, 2005).

Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 2.526. Entre 2000 e 2010, a população de Santana do Seridó teve uma taxa média de crescimento anual de 0,61%. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 57,63%, passou de 41,51% em 1991 para 65,44%. A densidade demográfica é de 13,35 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

O IDHM passou de 0,526 em 2000 para 0,642 em 2010, uma taxa de crescimento de 22,05%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 24,47% entre 2000 e 2010 (PNUD, 2010).

O município de Santana do Seridó encontra-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pela sub-bacia do rio Seridó. Os principais tributários são os rios Santana e São José, além dos riachos Cabaceira e Timbaúba. O principal corpo de acumulação é o açude público Santana (180.000 m<sup>3</sup>). O padrão de drenagem é o dendrítico e todos os cursos d'água têm regime intermitente (CPRM, 2005).

O clima do município caracteriza-se como muito quente e semiárido, cuja precipitação pluviométrica anual (2007): normal 563.2; observada 615.2; desvio 52.0 mm, com períodos chuvosos de fevereiro a abril e

temperaturas médias anuais: máxima 32,0°C média: 27,5°C; mínima 18,0°C. Umidade relativa média anual: 62%, com 2.400 horas de insolação (informação verbal).<sup>18</sup>

Figura 57 – Drenagem superficial no município de Santana de Seridó



Fonte: Silva, 2013.

Figura 58 – Lagoa de tratamento de esgoto do município de Santana do Seridó



Fonte: Isaura, 2012.

### 3.2.24 Município de Viçosa

O município de Viçosa insere-se totalmente nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, sendo banhado apenas por cursos d'água secundários e intermitentes, dos quais, os mais importantes são os riachos dos Dormentes e da Forquilha. Não existem no município açudes com capacidade de acumulação igual ou superior a 100.000m<sup>3</sup>. O padrão da drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005).

O município foi criado em 1963, desmembrado de Portalegre. Segundo o censo de 2010, a população total residente é de 1.618 habitantes. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 15,97%, passando, em 1991, de 82,12 a 95,24%. A densidade demográfica é de 36,47 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

O IDHM de Viçosa é 0,592 em 2010. O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo (IDHM entre 0,5 e 0,599) (PNUD, 2010).

O clima do município caracteriza-se como clima tropical chuvoso com verão seco, período chuvoso de janeiro a junho, com temperaturas médias anuais: máxima 36,0°C; média 27,7°C; mínima 21,0°C; umidade relativa média anual 70% com 2.700 horas de insolação.

<sup>18</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Precipitação pluviométrica anual (2007): normal 740.8; observada 1.771.2; desvio 1.030.4 mm (informação verbal).<sup>19</sup>

Figura 65 – Drenagem superficial no município de Viçosa



Fonte: a autora, 2012.

Figura 66 – Drenagem subterrânea com galeria no município de Viçosa



Fonte: a autora, 2012.

### 3.2.25 Município de Jucurutu

O município de Jucurutu situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Vale do Açu, limitando-se com os municípios de Açu, Triunfo Potiguar, São Rafael, São Fernando, Caicó, Florânia, Santana do Matos, Jardim de Piranhas e Campo Grande e com o estado da Paraíba, abrangendo uma área de 962 km (CPRM,2005).

Segundo o censo IBGE (2010), a população residente no município era de 17.692 habitantes, distribuído em uma área de 933.729 km<sup>2</sup>. Entre 2000 e 2010, a população de Jucurutu teve uma taxa média de crescimento anual de 0,21%. Na década anterior, de 1991 a 2000, a taxa média de crescimento anual foi de 1,85%. No estado, essas taxas foram de 1,01% entre 2000 e 2010 e 1,02% entre 1991 e 2000. No país, foram de 1,01% entre 2000 e 2010 e 1,02% entre 1991 e 2000. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu 18,89%.

O município de Jucurutu está totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pelo Rio Piranhas, tendo como principais afluentes: os riachos São José, do Alemão, Quixadá e das Poças; ao S, riachos Pai Antônio, Carnaúba Torta, do Angico, da Cabra, Baixio, da Tapera, da Caieira e o córrego do Pau-Ferro, riachos Jangada, Capoeira, Boa Vista, Fechado e Pedra Branca, riachos Barro Branco, João Grande, Trema e Lagoa, e do Angico (CPRM, 2005).

<sup>19</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Na porção N do município, as águas do Rio Piranhas são represadas pela barragem de Açú, (Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, de grandes dimensões), formando o maior açude do Nordeste. Não há outros açudes com capacidade acima de 100.000 m<sup>3</sup> no município. Todos os cursos d'água são intermitentes e o padrão de drenagem é o dendrítico (MME, 2005).

O clima do município caracteriza-se como muito quente e semiárido com estação chuvosa atrasando-se para outono, cuja precipitação pluviométrica anual normal é de 861,0 mm; a observada 478,4 mm; período chuvoso de fevereiro a maio, com temperaturas médias em torno de 36°C a máxima; mínima 21,0°C com horas de insolação 2.700 (informação verbal).<sup>20</sup>

O IDHM passou de 0,449 em 2000 para 0,601 em 2010, uma taxa de crescimento de 33,85%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 27,59% entre 2000 e 2010 (PNUD, 2010).

Figura 67 – Vista aérea do município de Jucurutu



Fonte: Prefeitura de Jucurutu, 2012.

Figura 68 – Inundação no município de Jucurutu



Fonte: Rosalba, 2011.

### 3.3 COLETA DOS DADOS

Na definição da metodologia a ser utilizada na coleta de dados necessários ao estudo das correlações existentes entre as variáveis, inicialmente observaram-se quais os dados secundários que necessitariam ser coletados e as instituições que disponibilizariam esses dados. Nesse sentido, em razão da aproximação dos trabalhos desenvolvidos pelo Ministério da Saúde, Cidades e Integração, buscaram-se os órgãos afins, de forma que facilitasse a obtenção dos dados e sua confiabilidade.

<sup>20</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

### 3.3.1 Seleção dos indicadores

Por se tratar de um estudo ecológico com o objetivo de estabelecer associação entre o fator precipitação e a ocorrência de agravos na população, a coleta de dados utilizou-se de dados agregados, por meio de valores médios aplicando a estatística descritiva, além de outros indicadores relacionados com a população do município estudado.

A pesquisa desenvolveu-se buscando as variáveis dentro do tema especificamente abordado para posterior efeito de correlação. Nesse sentido as variáveis e os indicadores utilizados foram: as precipitações anuais e a taxa de internação hospitalar por tempo de permanência referente às doenças de leptospirose (LPT) – denominação usada nesta pesquisa para referir os agravos provocados pela leptospirose e as demais doenças de veiculação hídrica (DVH) –, cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível, cujos indicadores utilizados estão classificados a seguir.

Indicadores ambientais – usados para avaliar os impactos gerados, cujas variáveis utilizadas foram baseadas na compreensão dos problemas levantados pela comunidade, gestores e técnicos, considerando a leitura, interpretação das ações desenvolvidas relacionadas com a drenagem e a gestão das águas urbanas, a exemplo de:

- a) impacto na qualidade da água dos corpos d'água em razão da drenagem das águas urbanas;
- b) impacto na população decorrente de obras de drenagem;
- c) impactos nos equipamentos urbanos provocados pela falta de planejamento das obras.

Indicadores sanitários – foram utilizados no processo avaliativo, dada a sua importância, validade e confiabilidade, buscando agregar as resultantes da reflexão expressa nos questionários aplicados nos municípios, aos gestores, técnicos e comunidade, com caráter interdisciplinar de forma participativa, voltada para as questões locais.

Complementando esse aspecto, utilizaram-se:

- a) dados obtidos no estudo feito pelo IBGE para o Plano Nacional de Saneamento Básico 2011 por meio de:
  - a.1 cobertura de esgoto – % da população beneficiada;
  - a.2 abastecimento d'água – % da população beneficiada;
  - a.3 coleta de lixo – % da população beneficiada;
- b) dados do Relatório de Desenvolvimento Humano do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) de 2010, disponibilizados em maio de 2013, sobre o Índice de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM);
- c) dados obtidos mediante a colaboração de técnicos do Ministério das Cidades, Ministério da Integração e do Departamento de Engenharia e Saúde Pública – DENSP, e do Programa de Apoio ao Controle da Qualidade da Água (PCQA) da Funasa do Rio Grande do Norte;
- d) dados de investimentos recebidos pelos municípios para execução dos serviços de drenagem, obtidos através dos Relatórios de Acompanhamento dos serviços do Departamento de Engenharia de Serviços Públicos (DENSP) do RN, do Portal da Transparência dos Municípios do governo federal e Municipal.

Observação de campo durante as visitas técnicas realizadas nos municípios de forma avaliativa para agregar aos dados obtidos.

Pesquisa de campo – para observação *in loco*, realizaram-se visitas aos municípios, com participação de reuniões do setor de educação ambiental da Funasa/RN nos municípios, buscando identificar os problemas existentes através do olhar da comunidade, utilizando as mesmas variáveis constantes do questionário utilizado nas entrevistas.

### 3.3.2 Coleta de dados referentes aos serviços de drenagem urbana/gestão das águas pluviais

Nesse aspecto realizou-se um inquérito local, no qual foram ministradas entrevistas individuais com a aplicação de questionário temático, com perguntas avaliativas sobre as condições da drenagem, a gestão das águas pluviais e os elementos que interferem no sistema de drenagem dos municípios visitados. No total, foram respondidos 60 questionários entre gestores, técnicos da área e representantes da comunidade, que, para efeito avaliativo, foi dividido em Blocos cuja síntese dos dados mostra-se no Quadro 5.

Quadro 5 - Variáveis de análise e os respectivos componentes e indicadores constantes do questionário aplicado nas entrevistas.

<b>Categoria</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Existência (Sim – Não)</b>	<b>Avaliação (Ruim – Regular – Bom)</b>
Bloco 1	Drenagem superficial Drenagem subterrânea Avaliação do sistema de drenagem Projeto de rede de drenagem Manutenção da rede de drenagem		
Bloco 2	Presença de inundação/alagamento – serviços preventivos Histórico de enchentes – serviços preventivos Esgoto na rede de drenagem – sistemas separados		
Bloco 3	Resíduos sólidos – impactos gerados Esgotamento sanitário – impactos gerados Tratamento de esgoto – impactos gerados		
Bloco 4	Instrumento de planejamento urbano Pavimentação (tipo) Cobertura vegetal (árvores)		
Bloco 5	Financiamento federal – aplicação nos serviços solicitados		
Bloco 6	Cobertura de esgoto Abastecimento d'água Coleta de lixo	% da população beneficiada % da população beneficiada % da população beneficiada	

### 3.3.3 Sistema de ponderação das variáveis

Para os dados obtidos, avaliou-se município que tinha drenagem das águas pluviais, independentemente de ser superficial ou subterrânea, de acordo com a classificação feita pelo IBGE. Nesse caso as variáveis analisadas foram existência ou ausência da drenagem e eficiência do sistema.

Com relação a investimento, o critério utilizado foi o recebimento de verba para implantação, melhoria e expansão dos serviços de drenagem, por convênios cujos concedentes foram os ministérios das áreas afins.

Para quantificar o processo avaliativo, empregou-se um sistema de escore. Para tanto, cada indicador recebeu uma pontuação de acordo com a avaliação de cada entrevistado e do percentual da população beneficiada dos indicadores sanitários e ambientais.

Para a composição dos escores, inicialmente adotou-se, arbitrariamente, uma escala de pesos variando de um valor mínimo igual a 0 (zero) quando a resposta foi negativa (não) e 100 (cem) para resposta positiva. Para as perguntas que tinham mais de uma opção de respostas como ruim, regular e bom, a ponderação foi diferenciada, mas dentro do limite mínimo, peso 20 para situação ruim, peso 50 para situação regular e 100 para bom (boa).

Para os indicadores de cobertura dos serviços, determinou-se uma pontuação de acordo com o percentual da população beneficiada, dividida em três faixas: 70 a 100%, escore 100, de 40 a 69%, escore 70 e menor que 40 % escore 30.

Como as unidades de observação foram os municípios, cada um deles teve um valor de escore correspondente ao somatório do peso da variável, de forma que o resultado pôde ser comparado entre os municípios da bacia correspondente, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Dados resultantes da pontuação obtida das entrevistas relacionados com drenagem e serviços de abastecimento d'água, rede de esgoto e coleta de lixo nos municípios selecionados.

Município	Escore Drenagem	Abastecimento d'água		Rede de esgotos		Coleta de lixo		Somatório Escore (AEL) *	IDHM	Bacia Hidrográfica
		% Pop. Beneficiada	Escore	% Pop. Beneficiada	Escore	% Pop. Beneficiada	Escore			
Alto do Rodrigues	500	85,87	100	96	100	99,42	100	300	0,672	
Açu	900	88,83	100	90,5	100	99,47	100	300	0,661	
Carnaubais	700	87,53	100	61	40	92,09	100	240	0,589	
Currais Novos	1200	88,17	100	94,5	100	98,14	100	300	0,691	
Ipanguaçu	450	74,92	100	91,6	100	95,89	100	300	0,603	
Itajá	400	74,27	100	97	100	95	100	300	0,624	Piranhas-Açu
Jucurutu	350	86,85	100	92	100	97,86	100	300	0,601	
Pendências	650	91,99	100	96,8	100	99,4	100	300	0,631	
Porto do Mangue	500	58,43	40	60	40	99,83	100	240	0,59	
Santana do Seridó	1500	82,57	100	95,8	100	100	100	300	0,642	
São Rafael	620	82,95	100	88	100	99,04	100	300	0,611	
Alexandria	350	84,87	100	82,2	100	94,95	100	300	0,606	
Lucrécia	1100	80,68	100	96	100	98,86	100	300	0,646	
Martins	600	76,2	100	89	100	85,42	100	300	0,622	
Riacho da Cruz	950	87,82	100	85	100	99,25	100	300	0,584	Apodi-Mossoró
Serrinha dos Pintos	600	93,51	100	93,5	100	93,38	100	300	0,598	
Umarizal	200	90,33	100	84,5	100	91,29	100	300	0,618	
Viçosa	1300	91,27	100	97	100	99,55	100	300	0,592	
Extremoz	760	93,88	100	96	100	90,79	100	300	0,66	Ceará-Mirim
Nova Cruz	590	81,96	100	79,5	100	95,29	100	300	0,629	Curimataú
Santo Antônio	650	80,55	100	79	100	99,61	100	300	0,62	Jacu
João Câmara	680	78,63	100	78,8	100	97,69	100	300	0,595	Maxaranguape
Touros	600	81,76	100	80	100	99,61	100	300	0,572	Maxaranguape
Boa Saúde	750	76,74	100	68	70	100	100	270	0,574	Trairi
Monte Alegre	820	92,77	100	91	100	95,68	100	300	0,609	Trairi

\* (AEL) Somatório dos escores dos serviços de abastecimento d'água, rede de esgoto e coleta de lixo.

### 3.3.4 Dados hidrológicos

As informações relacionadas com as precipitações diárias dos municípios foram obtidas na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (Emparn), complementadas com os dados do Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte (Emater), cujos dados referem-se ao período 2000-2011, conforme a Tabela 39 (APÊNDICE C).

### 3.3.5 Dados de saúde – morbidade hospitalar

Como etapa inicial, realizou-se levantamento dos dados referentes à notificação compulsória das doenças de veiculação hídrica no período em estudo (2000-2011) de todos os municípios do Rio Grande do Norte, baseado no Sistema de Informação Hospitalar (SIH) produzido pelo Departamento de Informática do SUS-Datasus. Para esta pesquisa, dentro das variáveis e indicadores utilizados pelo MS, a partir do sistema de informação constante do Quadro 6, utilizou-se a morbidade hospitalar.

Quadro 6 - Síntese das variáveis e indicadores utilizados por meio do SIH.

Sistema de informações hospitalares	Variáveis	Indicadores
SIH	Causa da internação Faixa etária Número de internações Tempo de Permanência Valor dos gastos	Taxa de internação hospitalar Taxa de morbidade hospitalar Taxa de letalidade hospitalar

A variável utilizada nesta pesquisa foi o tempo de permanência, cujo indicador refere-se aos dias de permanência de internação hospitalar por local de residência, cuja doença pertencente ao Cadastro Internacional de Doenças – Capítulo CID 10, na sua décima versão.

Para tanto, foram utilizadas as doenças constantes da Lista da Morbidade por Leptospirose icterohemorrágica, outras formas de leptospirose, leptospirose não especificada, outras doenças bacterianas, cujo código A27 e doenças de veiculação hídrica (DVH) como a cólera,

febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem intestinal, dentro da classificação A00-A09 das doenças infecciosas intestinais no período 2000-2011.

Descrição do indicador – a permanência hospitalar é obtida pela variável “permanência”, que representa o número de dias que o paciente permanece no hospital durante o serviço de internação. Esse indicador mede a taxa de permanência hospitalar por doença infecciosa parasitária por 10.000 habitantes por ano, buscando avaliar o impacto na saúde com relação à drenagem das águas urbanas, buscando relacionar com os períodos de precipitações extremas.

Método de cálculo:

$$I = (X: Y) * 10.000 \quad (\text{Eq. 1}) \quad \text{onde:}$$

I => taxa de internação no intervalo de um ano;

X => número de dias de permanência hospitalar pelo agravo/doença correspondente;

Y => População residente.

Dessa forma, utilizaram-se indicadores de saúde relacionados com as doenças ligadas ao saneamento ambiental, dando prioridade à drenagem e à gestão das águas pluviais urbanas. Para tanto, os dados foram tabulados e hierarquizados de acordo com o valor resultante da pesquisa realizada no sistema de informação do Sistema Único de Saúde (SUS) da Secretaria de Saúde do estado do Rio Grande do Norte e do Atlas Água Brasil.

Em seguida, os municípios foram selecionados atendendo esse parâmetro determinado como prioritário, posteriormente cruzado com outros dados, já citados, utilizados para a escolha deles.

As estimativas populacionais empregadas como denominadores para cálculo dos índices acima citados foram obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2000 e 2010.

A população de risco refere-se à população residente, já que a qualidade da água que abastece as cidades tem ligação direta com a qualidade dos serviços ofertados, seja no abastecimento, na distribuição, seja na captação, e atende de forma generalizada.

Para tabulação dos dados referentes aos resultados da pesquisa avaliativa por meio dos questionários respondidos, utilizou-se o software Excel de acordo com as respostas obtidas dos gestores e técnicos dos municípios estudados.

Como o objetivo de estudo ecológico é associar à precipitação a ocorrência de agravos na população, identificaram-se nesta pesquisa os anos em que as precipitações foram consideradas como extremas, para comparar com as taxas de internação (dias de permanência hospitalar) por leptospirose (LPT) e outras doenças de veiculação hídrica denominadas DVH.

Outro dado utilizado para efeito comparativo foi o Índice de Desempenho do SUS (IDSUS), indicador síntese que afere o desempenho do SUS. Em 2012, o SUS avaliou os municípios pela classificação de desempenho baseado no IDSUS, que se refere ao acesso obtido e à efetividade da Atenção Básica, das Atenções Ambulatoriais e Hospitalares e das Urgências e Emergências em 2012, conforme a Tabela 42 (APÊNDICE C).

### 3.4 ANÁLISE DAS CORRELAÇÕES OBTIDAS ENTRE AS VARIÁVEIS PESQUISADAS

Para identificar a existência de correlações entre as variáveis dos 25 municípios estudados, foram tabulados os dados referente às variáveis LPT (CID -10), cuja sigla corresponde à taxa de internação hospitalar (dias de permanência) por leptospirose e (DVH) que representa a taxa de internação das doenças de veiculação hídrica constante do CID 10 – cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível, e as precipitações anuais acumuladas em mm por município.

Para análise dos dados, utilizou-se a estatística descritiva, uso de inferências, correlação Linear de Pearson, cuja finalidade é testar uma hipótese por meio de uma amostra pequena para populações maiores, buscando alto grau de segurança.

Para cálculo do coeficiente r de Pearson, utilizou-se a estatística descritiva no software Excel, usando a opção Correlação em “Análise de dados”.

O coeficiente de correlação r de Pearson mede o grau de relacionamento linear entre duas variáveis emparelhadas x e y, cujo valor varia entre 1,0 e – 1,0. Quanto mais próximo de 1, significa que há uma correlação perfeita.

## Teste de hipótese

Consideraram-se nesta pesquisa as variáveis “x” (precipitação) como independente e “y” (doenças), como variável dependente. Para teste t de significância de r de Pearson parte da seguinte hipótese:

Hipótese:  $\rho = 0$  (variáveis independentes);  $\rho \neq 0$  (variáveis dependentes);

Entretanto vale ressaltar que não necessariamente exista uma correlação linear entre duas variáveis, podendo existir uma correlação funcional, ou seja, quando duas variáveis estão associadas à variação de uma delas implica algum tipo de variação na outra.

$$t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}, \quad (\text{Eq. 2}) \quad \text{onde,}$$

t = razão t (t crítico observado e o calculado) para testar a significância do r de Pearson.

N = número de pares de escores (compostos das variáveis x e y)

r = o próprio r de Pearson (que está sendo posto a prova).

t<sub>observado</sub> = > tabela student

O coeficiente de correlação linear, que expressa numericamente tanto a força quanto o sentido da correlação. Baseada na classificação de Levin (1987), tais coeficiente e correlação oscilam entre -1 e +1, determinou-se uma escala de valores dentro desse intervalo, distribuído da seguinte forma:

- 1,00 => Correlação negativa perfeita
- 0,99 - 0,70 => Correlação negativa forte
- 0,69 - 0,40 => Correlação negativa moderada
- 0 39 - 0,10 => Correlação negativa fraca
- + 0 39 - 0,10 => Correlação positiva fraca
- + 0,69 - 0,40 => Correlação positiva moderada
- + 0,99 - 0,70 => Correlação positiva forte
- + 1,00 => Correlação positiva perfeita
- + 1,00 => Correlação positiva perfeita, em termo de grau de associação quanto mais próximo de 1,00 em ambos os sentidos, maior a força de correlação.

Um dos objetivos centrais da estatística é fazer inferências válidas para a população por meio de dados amostrais. É nesse sentido que a significância estatística, assim como o intervalo de confiança, é uma medida de incerteza a respeito de uma determinada estimação. Segundo Moore (2007, p. 368), “a probabilidade de que a estatística assumiria um valor extremo ou maior do que foi de fato observado é chamado de p valor”.

De acordo com Levin (1987), o p valor apresenta a probabilidade dos valores encontrados por meio de dados amostrais serem representativos dos parâmetros populacionais, dado que a hipótese nula é verdadeira. É comum adotar três diferentes patamares para analisar o p valor: 0,1 (significativo no nível de 10%); 0,05 (significativo no nível de 5%) e 0,01 (significativo no nível de 1%). Nesta pesquisa o nível de significância adotado foi de 0,05 (significativo no nível de 5%).

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADO E DISCUSSÃO**

#### **4.1 ANÁLISE DA DRENAGEM NOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS**

Nesta seção encontram-se os resultados da pesquisa, cuja distribuição segue o aspecto metodológico utilizado, inicialmente com os resultados do estudo avaliativo relacionado com a drenagem urbana dentro das perspectivas da pesquisa de campo, tendo como base a resposta dos questionários aplicados.

O resultado quantitativo das entrevistas realizadas nos municípios, conforme se explicita na metodologia, encontra-se na seção 3.3.2 (Coleta de dados referente aos serviços de drenagem urbana/ gestão das águas pluviais) no Quadro 5 e resultados na Tabela 2, página 94, com as respectivas pontuações e escores nos blocos de 1 a 5 e o bloco 6, baseados nos dados do PNSB (IBGE, 2010).

Para análise comparativa entre os municípios, levou-se em consideração a distribuição por bacias hidrográficas de forma que as similaridades contribuíssem para melhor avaliação.

##### **4.1.1 Municípios da bacia do rio Piranhas-Açu**

A bacia hidrográfica Piranhas-Açu, totalmente inserida no clima semiárido nordestino, tem uma área total de drenagem de 43.681,50 km<sup>2</sup>; ficam no estado da Paraíba (correspondendo a 60% da área da bacia) 26.183,00 km<sup>2</sup>, e 17.498,50 km<sup>2</sup> ficam no estado do Rio Grande do Norte (correspondendo a 40% da área). Contempla 147 municípios: 45 municípios no estado do Rio Grande do Norte e 102 municípios no estado da Paraíba, e conta com uma população total de 1.363.802 habitantes: 914.343 habitantes (67%) no estado da Paraíba e 449.459 habitantes (33%) no estado do Rio Grande do Norte (AESAs, 2013).

O principal rio da bacia é o rio Piranhas-Açu, de domínio federal, uma vez que nasce no município de Bonito de Santa Fé, no estado da Paraíba, e segue seu curso natural pelo estado do Rio Grande do Norte, desaguando no Oceano Atlântico, na Costa Potiguar. Trata-se de uma importante bacia para esses estados, porque é nela que estão localizados a barragem Armando Ribeiro Gonçalves e o

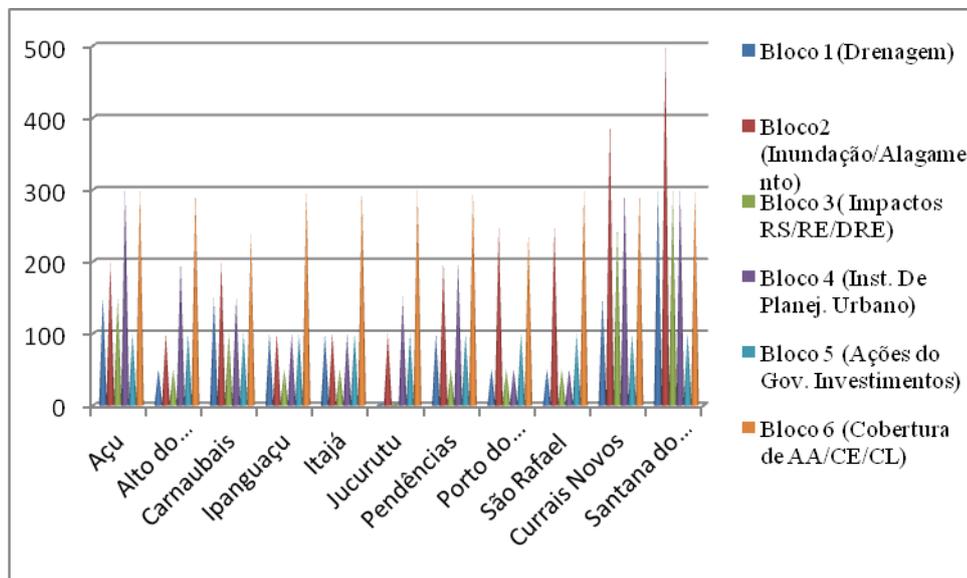
sistema de reservatórios Curema-Mãe d'Água, considerados estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico desses estados (AESAs, 2013).

O Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, com capacidade máxima de 2,4 milhões de metros cúbicos, barra o rio Piranhas-Açu, no estado do Rio Grande do Norte, e se localiza entre os municípios de Açu e São Rafael (IDEMA, 2008).

Nessa bacia, encontram-se 11 dos municípios pesquisados, cuja análise a seguir abrange todos os aspectos da drenagem e gestão das águas urbanas, resultante das entrevistas e pesquisas de campo, representada graficamente.

O Gráfico 1 está representado pelos municípios da bacia do rio Piranhas-Açu, cuja característica se diferencia das demais bacias, pela localização geográfica dos municípios, principalmente os situados no vale do Açu, cuja proximidade com o rio influencia diretamente na área de drenagem dos municípios.

Gráfico 1 – Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios da bacia do rio Piranhas-Açu no período 2000-2011



Nesta análise, verifica-se que em relação ao Bloco 1, que se refere à existência da drenagem de águas pluviais, manutenção, existência de projeto, só o município de Santana de Seridó se destacou dos demais. O oposto, Jucurutu, é o mais crítico, em razão dos aspectos abordados referentes à fragilidade do sistema de drenagem, em que o município está sujeito a frequentes inundações, provocadas pelas enchentes do rio Piranhas-Açu.

O segundo bloco, refere-se ao histórico de enchentes, alagamentos e inundações, e à existência de serviços de prevenção além da existência de esgoto na rede de drenagem ou existência de sistemas separados. Os municípios que não estão em situação de risco são: Santana de Seridó e Currais Novos. Os demais se encontram em situação de vulnerabilidade.

No terceiro bloco, referente aos impactos gerados pelo esgoto e resíduos, os municípios que se destacaram pela adequação desses serviços foram Santana do Seridó e Currais Novos; os demais se encontram em situação de vulnerabilidade.

No quarto bloco, referente à existência de algum instrumento de planejamento urbano, pavimentação e arborização urbana (cobertura vegetal), destacaram-se os municípios de Currais Novos e Santana do Seridó.

No quinto bloco, referente a recebimento e aplicação de investimento em obras de drenagem urbana, de acordo com os entrevistados, todos os municípios aplicaram a verba no que foi proposto.

No sexto bloco, que corresponde ao percentual da população beneficiada por abastecimento d'água encanada, cobertura de esgoto e coleta de lixo, cujo somatório da pontuação foi máximo, exceto para Carnaubais e Porto do Mangue, por estar abaixo da faixa de 70 a 100% da população beneficiada, de acordo com os dados do IBGE (2010).

#### **4.1.2 Municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró**

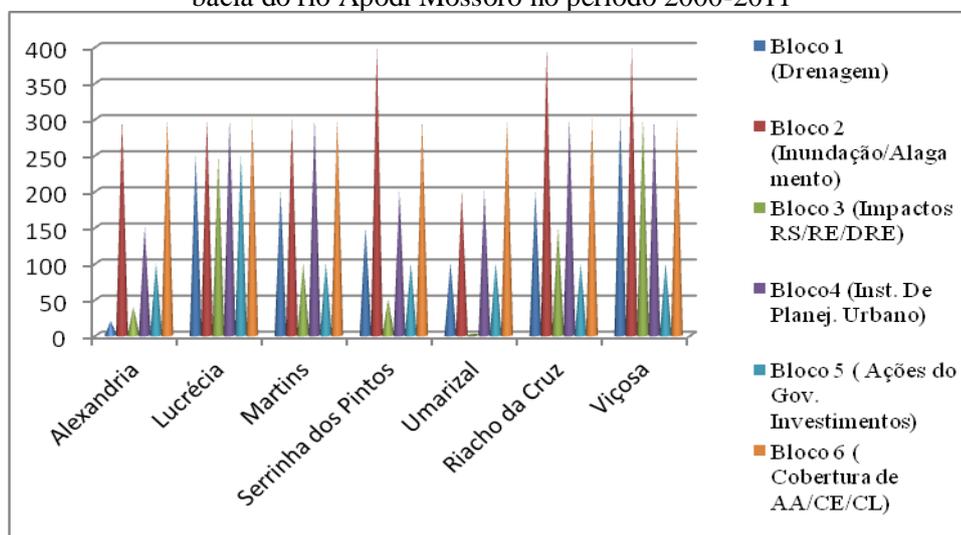
A bacia hidrográfica Apodi-Mossoró é a segunda maior do estado do rio Grande do Norte e encontra-se localizada na microrregião do Oeste Potiguar, ocupando uma área de 14.276,00 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 26,8% do território do Rio Grande do Norte. Representa a maior bacia hidrográfica genuinamente potiguar, na qual são cadastrados 618 açudes, totalizando um volume de 469.714.600 km<sup>3</sup> de água, equivalentes a 27,4% do total de açudes e 10,7% dos volumes de água acumulados no Estado, de acordo com dados da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2013). Apresenta uma grande importância econômica liderada pelas atividades de extração de petróleo, produção de sal marinho, utilização dos solos para agricultura e fruticultura irrigada, pecuária extensiva, mineração de calcário, entre outras atividades socioeconômicas.

No tocante à taxa de urbanização, 15 municípios apresentaram valores superiores a 75,0%, entre eles, os que compõem o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró com exceção de Baraúna. Municípios do setor central também apresentaram altas taxas de urbanização, e vêm sofrendo constantes impactos, provenientes da lixiviação de fertilizantes e pesticidas das diversas atividades agrícolas desenvolvidas no entorno do rio Mossoró; carreamento de material alóctone; além das constantes descargas de esgotos domésticos e industriais lançados em toda a extensão da bacia (CARVALHO et al., 2011).

Os municípios em estudo situados nessa bacia não têm histórico de enchentes; as inundações registradas ocorrem pela deficiência do sistema de drenagem das águas pluviais urbanas, em períodos chuvosos ou obstrução da rede provocando alagamentos em localidades mais baixas; no entanto, não coloca o município em situação de vulnerabilidade por eventos extremos.

As análises a seguir representam os aspectos abordados nas entrevistas, complementadas pelas pesquisas efetuadas, e analisam os gráficos representativos dos resultados obtidos. Ao analisar o Gráfico 2 referente aos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi Mossoró, verifica-se que os municípios dessa bacia receberam pontuação superior aos da primeira bacia analisada.

Gráfico 2 – Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios da bacia do rio Apodi Mossoró no período 2000-2011



No bloco 1, a vulnerabilidade ficou por conta do município de Alexandria e Umarizal, no que se refere à existência da drenagem de águas pluviais, manutenção, existência de projeto.

No bloco 2, nenhum dos municípios dessa bacia se encontra em situação de vulnerabilidade em relação a cheias, enchentes e inundações que merecesse destaque pelos entrevistados, conforme fatores já citados na caracterização e análises desses municípios.

No bloco 3, referente aos impactos gerados pelo esgoto e resíduos, os municípios que se destacaram pela adequação desses serviços foram Viçosa e Lucrécia; os demais apresentaram fragilidades, principalmente Alexandria, no que se refere ao despejo de esgoto e águas servidas na rede de drenagem.

No bloco 4, referente à existência de algum instrumento de planejamento urbano, pavimentação e arborização urbana (cobertura vegetal), destacaram-se os municípios de Viçosa e Lucrécia, os demais municípios não têm planejamento urbano

No bloco 5, referente a recebimento e aplicação de investimento em obras de drenagem urbana, de acordo com os entrevistados, todos os municípios ficaram na média, sobressaindo Lucrécia, por ter sido o município que mais usou verba federal para aplicação em drenagem.

No bloco 6, que corresponde ao percentual da população beneficiada por abastecimento d'água encanada, cobertura de esgoto e coleta de lixo, a pontuação foi máxima para todos os municípios, exceto para Boa Saúde, conforme dados do IBGE (2008).

#### **4.1.3 Municípios das bacias de Trairi, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Curimataú e Jacu**

##### **Bacia do rio Trairi/RN**

A bacia hidrográfica do rio Trairi inicia-se no norte do estado da Paraíba e se estende até o leste do estado do Rio Grande do Norte. No trecho paraibano, abrange uma área de 106,080 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 0,19% da área total do Estado. A bacia hidrográfica tem como rio principal o Trairi, que nasce na serra de Cuité, com uma altitude aproximada de 667 metros, localizada na porção oriental do Planalto da Borborema, e segue em direção nordeste, penetrando no estado do Rio Grande do Norte, onde corre em direção ao litoral leste indo desaguar na Lagoa Nísia Floresta, no município de Nísia Floresta/RN.

De modo geral, as chuvas anuais médias de longo período decrescem do litoral para o interior, passando de cerca de 1.300 mm na foz para 500 mm na região de Santa Cruz, e voltando a crescer, chegando a 700 mm nas cabeceiras (IDEMA, 2008).

### **Bacia do rio Maxaranguape**

A Bacia do Rio Maxaranguape ocupa uma superfície de 1.010 km<sup>2</sup>, correspondendo em torno de 1,9% da área do estado do Rio Grande do Norte. O rio Maxaranguape nasce no município de Pureza, e por ser um rio de pequena extensão, banha somente os municípios de Ceará-Mirim e Maxaranguape, onde ele deságua no oceano formando um estuário.

Na maior parte da bacia, há uma predominância do tipo As' – clima tropical chuvoso com verão seco e com estação chuvosa que se adianta para o outono. Apenas no extremo oeste da bacia, ocorre o tipo BSs'h' – clima muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se adiantando para o outono (10%).

De modo geral, as chuvas anuais médias de longo período decrescem do litoral para o interior, passando de cerca de 1.400 mm na foz para 550 mm nas cabeceiras (IDEMA, 2008).

### **Bacia do rio Ceará-Mirim**

O rio Ceará-Mirim, nasce no município de Lajes, nos arredores de Santa Rosa e dirige-se para o mar, passando pelos municípios de Pedra Preta, Jardim de Angicos, João Câmara, Poço Branco, Taipu e Ceará-Mirim. Deságua na localidade de Barra do Rio, em Extremoz. O rio é a quinta maior bacia do estado com 2.635 km<sup>2</sup>, o que equivale a 4,9% da área do estado.

No município de Poço Branco, o rio Ceará-Mirim é represado, formando a Barragem Engenheiro José Batista do Rego Pereira, que tem uma capacidade de armazenamento de água de cento e trinta e seis milhões de metros cúbicos (IDEMA, 2008).

### **Bacia do rio Curimataú**

O rio Curimataú é um rio de domínio federal que banha os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Nasce no município paraibano de Barra de Santa Rosa, na serra do Cariri Velho, pertencente ao complexo do Planalto da Borborema. Sua bacia ocupa uma área total de 3.346 km<sup>2</sup>.

Este rio entra no estado do Rio Grande do Norte pelo município de Nova Cruz e deságua no Oceano Atlântico pelo estuário denominado de Barra de Cunhaú no município de Canguaretama (IDEMA, 2008).

### **Bacia do rio Jacu**

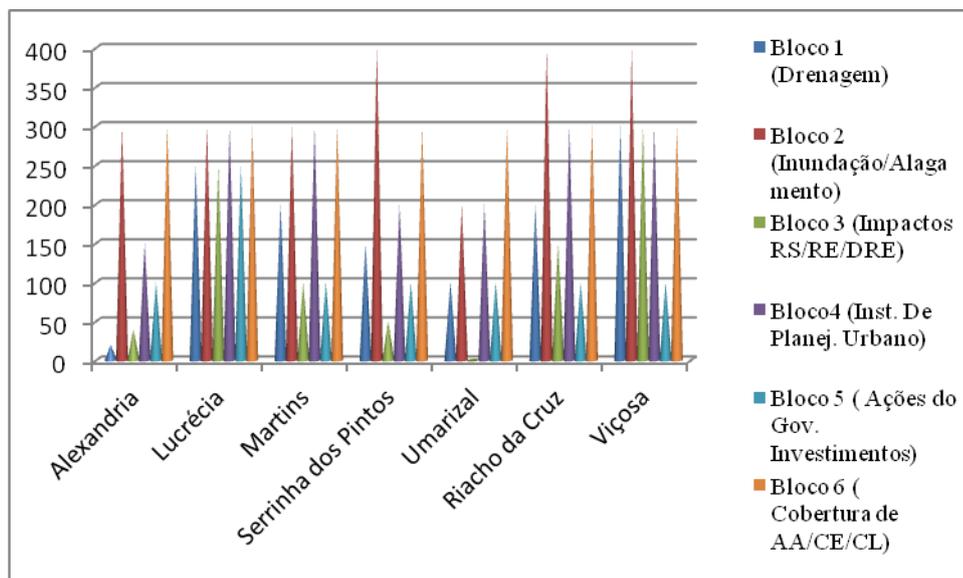
O rio Jacu tem uma bacia com 1.805 km<sup>2</sup>, o equivalente a 3,4% do território do estado. Nasce na serra do Cuité, no município de Japi, drenando ainda São José do Campestre, onde se encontra com o açude Japi II, que tem uma capacidade para armazenar 20.649.00 m<sup>3</sup> de água.

O clima nessa bacia caracteriza-se por ser muito quente e semiárido, com estação chuvosa que se adianta para o outono. Em geral, as chuvas anuais médias de longo período decrescem do litoral para o interior, passando de cerca de 1.300 mm na foz para 500 mm na região de São José do Campestre, e voltando a crescer, chegando a 600 mm na região mais ocidental da fronteira com o estado da Paraíba.

Como se verifica, o clima nessas bacias caracteriza-se pela aridez, em razão de sua localização dentro do polígono do semiárido, com estações chuvosas, no entanto, sem histórico de grandes enchentes. Entretanto há ocorrência de inundações e alagamentos provocados pela deficiência da drenagem das águas urbanas.

No Gráfico 3, constam os municípios selecionados, situados em bacias diferenciadas, cujo critério para a escolha seguiu a metodologia utilizada para selecionar os municípios das bacias acima mencionadas.

Gráfico 3 – Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios das bacias Trairi, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Curimataú e Jacu no período 2000-2011



Na análise, no bloco 1, que se refere à existência da drenagem de águas pluviais, com relação à manutenção e existência de projeto, verifica-se que os municípios que se destacaram foram Extremoz e Nova Cruz, ressaltando que João Câmara apresentou vulnerabilidade, seguido do município de Santo Antônio.

O bloco 2 refere-se ao histórico de enchentes, alagamentos e inundações, e a existência de serviços de prevenção, além da existência de esgoto na rede de drenagem ou existência de sistemas separados. O único município que apresenta vulnerabilidade foi Monte Alegre, embora Boa Saúde esteja suscetível a constantes inundações.

No bloco 3, referente aos impactos gerados pelo esgoto e resíduos, o município que se destacou pela adequação dos serviços básicos foi Monte Alegre; os demais se encontram em situação de vulnerabilidade, merecendo destaque Nova Cruz, João Câmara e Extremoz, cujos escores, nesse item, foram abaixo da média dos demais municípios.

No quarto bloco, referente à existência de algum instrumento de planejamento urbano, pavimentação e arborização urbana (cobertura vegetal), os municípios ficaram dentro da média geral, exceto Boa Saúde.

No quinto bloco, referente a recebimento e aplicação de investimento em obras de drenagem urbana, de acordo com os entrevistados, todos os municípios aplicaram a verba no que foi

proposto, exceto Boa Saúde, onde o investimento em drenagem foi baixo no período, e Nova Cruz, onde não há informação de investimento em serviços de drenagem no período em que foi pesquisado.

No sexto bloco, que corresponde ao percentual da população beneficiada por abastecimento d'água encanada, cobertura de esgoto e coleta de lixo, a pontuação foi máxima, exceto para Boa Saúde, por estar abaixo da faixa de 70 a 100% da população beneficiada.

#### 4.1.4 Resultado da análise estatística dos dados

A análise do sistema de drenagem em 25 municípios de pequeno porte selecionados do Rio Grande do Norte, abrangendo os aspectos de saúde (Morbidade Hospitalar), pluviometria e alagamentos urbanos, resultante do estudo ecológico com o uso de indicadores baseados em dados primários e secundários, foi avaliada em duas dimensões: utilizando a estatística descritiva, utilizando o software "R" e por meio de estudo analítico/descritivo de cada município, buscando suas especificidades.

Inicialmente, fez-se uma primeira análise com os dados referentes aos anos estudados; ao se verificar a necessidade de uma segunda análise, por ocasião do cálculo do r de Pearson, ou na representação gráfica das variáveis, evidenciar indícios de uma correlação, essa segunda análise efetivou-se.

O resultado é apresentado por município com as respectivas tabelas e gráficos conforme se segue.

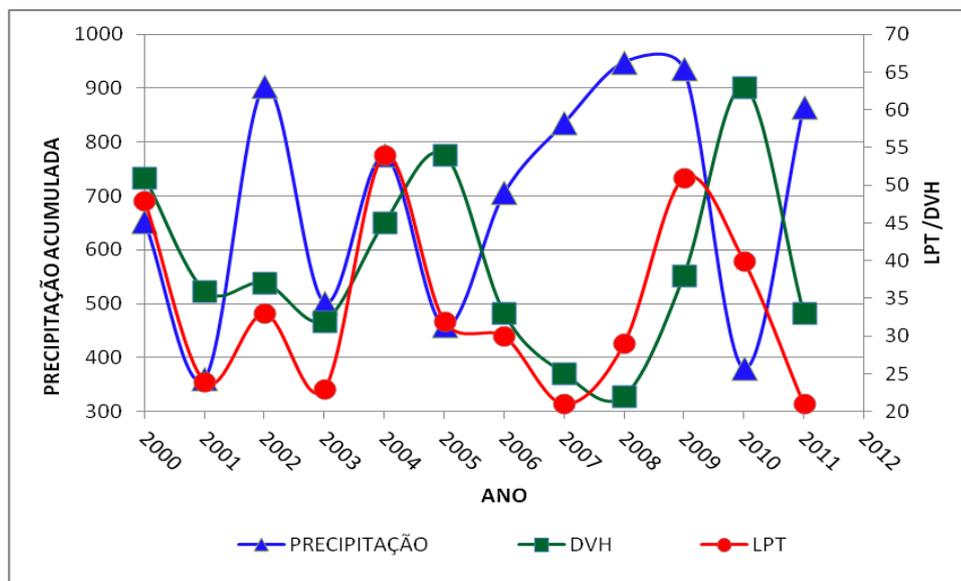
#### 4.1.5 Município de Açu

Conforme a Tabela 3 e o Gráfico 4, o município de Açu apresenta um processo endêmico com relação à leptospirose, e bastante relacionado com a precipitação, cuja análise estatística, a seguir, busca demonstrar essa hipótese da correlação entre as variáveis estudadas.

Tabela 3 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Açu/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	51	36	37	32	45	54	33	25	22	38	63	33
LPT	48	24	33	23	54	32	30	21	29	51	40	21
Precipitação Anual (mm)	653	362	903	503	776	459	706	836	949	936	381	866

Gráfico 4 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011 – município de Açu/RN



### Análise Estatística

Cálculo da correlação de Pearson entre a Precipitação x Leptospirose

A correlação de Pearson  $r = 0,12$  significa uma correlação positiva fraca. Como o valor de  $r \Rightarrow -1 < 0,12 < 1,00$ . De acordo com o resultado, pode-se afirmar que existe uma correlação positiva fraca, entretanto, ao verificar o teste de hipótese, tem-se:

Teste de significância de r de Pearson (LPT x Precipitação anual)  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$r = 0,12$  (correlação positiva fraca), cuja hipótese:  $\rho = 0$ ;  $\rho \neq 0$ , onde:

t = razão  $t(t_{\text{crítico}}$  e  $t_{\text{calculado}}$ ) para testar a significância do r de Pearson.

N = número de pares de escores (compostos das variáveis precipitação e Leptospirose)

r = o próprio r de Pearson (que está sendo posto à prova).

$t = 0,38(\text{valor calculado}) < t_{\text{crítico}} 2,20$

Como  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  (valor observado) – verifica-se que para ser significativo,  $t_{\text{calculado}}$  deve igualar-se ou exceder 2,20 ao nível de significância de 0,05, com grau de liberdade (gl) 11; nesse caso não se pode rejeitar a hipótese nula de que  $\rho = 0$ .

### Cálculo da correlação de Pearson entre a Precipitação x DVH

O mesmo procedimento é feito para as DVH, tendo  $r = -0,58$  (correlação negativa moderada) aplicando a equação do teste de significância se tem:  $t_{\text{calculado}} = 2,24$ ; como  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$  (2,20), rejeita-se a hipótese nula de que  $\rho = 0$ . Há evidência da correlação linear entre as variáveis, para a taxa de internação hospitalar por dias de permanência da DVH.

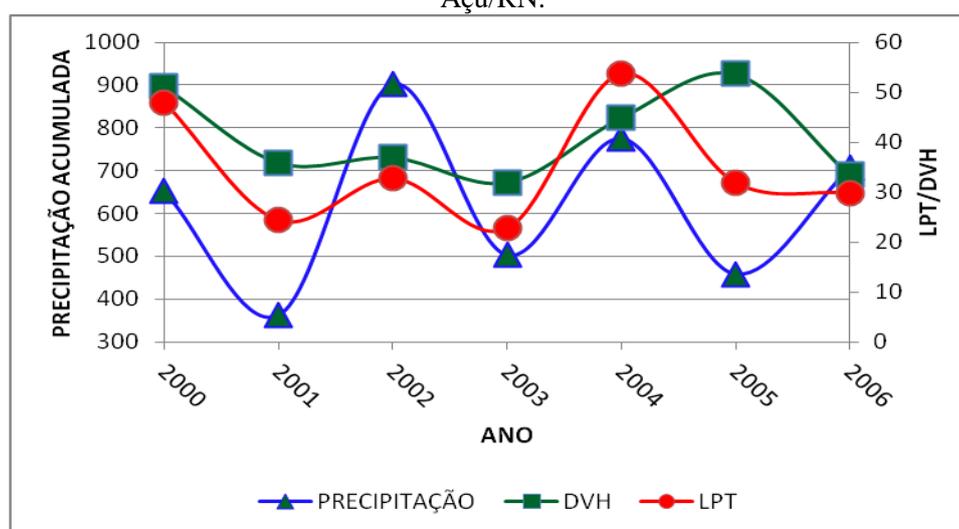
### Segunda Análise

Em uma segunda análise, por meio de uma inspeção gráfica, Gráfico 5, mais detalhada dos dados representativos da Tabela 4, verifica-se que, no período referente a 2000-2006, há uma correlação mais acentuada que os demais. Para tanto, fez-se necessário fazer um recorte da amostra e calcular  $r$  (Pearson) para ratificar essa correlação.

Tabela 4 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Açú/RN 2000-2006.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
DVH	51	36	37	32	45	54	33
LPT	48	24	33	23	54	32	30
Precipitação anual (mm)	653	362	903	503	776	459	706

Gráfico 5 – Variação das taxas: precipitação anual acumulada x LPT/DVH 2000/2006 – município de Açú/RN.



### Análise Estatística

A correlação de Pearson nesse caso é:  $r = 0,52$  para as variáveis Precipitação e Leptospirose; o que se significa uma correlação positiva moderada, podendo rejeitar a hipótese de que  $\rho = 0$ ; e DVH,  $r = -0,086$  (correlação negativa fraca).

Teste de significância de r de Pearson (LPT x Precipitação anual)  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde  $r = 0,52$  (correlação positiva moderada), cuja hipótese é:  $\rho = 0$ ;  $\rho \neq 0$ , substituindo na fórmula, tem-se:  $t_{\text{calculado}} = 3,13$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,57$ , como  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$  significa que há uma forte correlação linear entre as precipitações e a LPT rejeitando-se a hipótese nula a 0,05 de significância e grau de liberdade (gl) 5.

O mesmo não ocorreu para a correlação entre: Precipitação x DVH, cujo  $r = -0,05$  e  $t_{\text{calculado}} = -0,12$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,57$ , tem-se que  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ ; Nesse caso não se rejeita a hipótese nula, porque há forte evidência da inexistência de correlação linear entre essas duas variáveis.

### ANÁLISE DOS DADOS

Para compreensão desse comportamento do período entre 2000 e 2006, cuja correlação entre as variáveis precipitação e leptospirose ocorreu de forma linear positiva moderada, conforme estudo estatístico, e nos anos subsequentes a 2006, onde se registrou variação diferenciada entre as taxas das variáveis, e a precipitação anual, vários fatores foram analisados.

O município iniciou em 2001 obras relevantes para drenagem urbana, controle da qualidade da água para abastecimento humano, por convênio com a Funasa/MS e o Ministério das Cidades. O investimento recebido foi no valor de R\$ 4.298,931,00 (BRASIL, 2012).

Nos relatórios de acompanhamento da Funasa/RN e do Portal da Transparência do governo federal, observou-se um incremento de ações de infraestrutura urbana (drenagem e pavimentação de diversas ruas) nos anos de 2006 a 2010.

Esses dados refletem no resultado da pesquisa do PNUD no que se refere ao saneamento, especificamente ao abastecimento d'água encanada, que passou de 54,72 (2000) para 88,83 (2010) e a coleta de lixo na área urbana, que passou de 91,19% (2000) para 99,47% (2010), fato esse que influencia positivamente nos impactos sobre a drenagem e, conseqüentemente, no combate à leptospirose.

O município tem problemas sérios de esgotamento sanitário em que 10,45% da população servem-se de forma inadequada, ou seja, 89,55% são servidos adequadamente, fato esse identificado durante a pesquisa e ratificado pelo IBGE (2010). O município está sujeito a grandes inundações, principalmente nos períodos de grandes precipitações na bacia, o que facilita a proliferação de doenças relacionadas com a qualidade da água.

Ainda referente à drenagem, na avaliação dos gestores e técnicos cuja pontuação do município foi de 900, enfatizou-se a pavimentação das ruas, que atinge 100%, em que a drenagem foi classificada como regular na área urbana, sofrendo interferência de outros elementos do saneamento básico. Nesse sentido a coleta de lixo, que foi intensificada, e investiu-se em ações educativas do Programa Nacional de Apoio ao Controle da Qualidade da Água do Ministério da Saúde na Funasa/RN.

Conclui-se que, apesar das ações desenvolvidas e os agravos não representarem aspectos epidêmicos, se configurou nesse caso a correlação linear entre as precipitações e as taxas de internação por dia de permanência por leptospirose. Não se evidenciando o mesmo na correlação linear entre as variáveis Precipitações e DVH, que chegou a ser superior à leptospirose em alguns anos, configurando uma relação funcional, fazendo-se necessária a vigilância para o agravo.

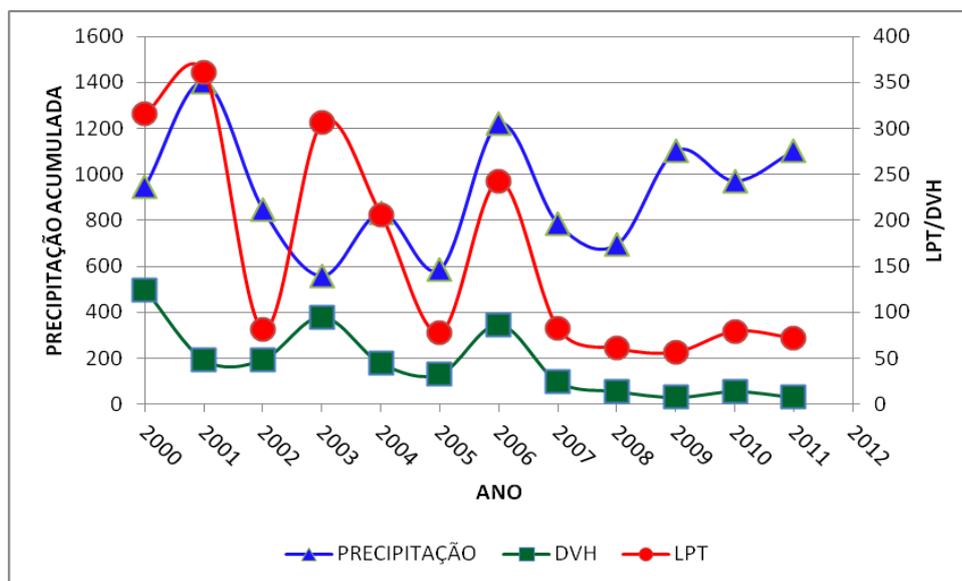
#### 4.1.6 Município de Alto do Rodrigues

Ao analisar a Tabela 5 e o Gráfico 6, verifica-se que, no período 2000-2006, as taxas dos agravos relacionados com a DVH e LPT apresentaram valores bastante elevados em relação aos anos posteriores a 2006, em que é evidente um decaimento das taxas referidas, mesmo com precipitações elevadas. Buscando a correlação entre as variáveis, calculou-se  $r$  de Pearson conforme análise descritiva cujos valores encontrados foram: para LPT,  $r = 0,29$  (positiva fraca) e para DVH,  $r = -0,03$  (correlação negativa fraca).

Tabela 5 - Dados das variáveis pesquisadas do município Alto do Rodrigues/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	124	48	48	95	44	33	86	24	14	7	14	7
LPT	316	361	81	306	206	78	243	83	61	57	80	72
Precipitação anual (mm)	947	1403	847	557	832	586	1221	785	694	1104	971	1103

Gráfico 6 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Alto do Rodrigues/RN.



### Análise Estatística

#### Cálculo da correlação de Pearson entre Precipitação x Leptospirose

Para cálculo do coeficiente  $r$  de Pearson, utilizando-se a estatística descritiva no software Excel, usando a opção Correlação em “Análise de dados”, obtém-se:  $r = 0,29$ , cujo valor está entre  $\Rightarrow -1 < 0,29 < 1,00$ . De acordo com o resultado, pode-se afirmar que existe uma correlação positiva fraca, entretanto, faz-se necessário verificar a significância desse coeficiente.

Testando a significância do coeficiente  $r$ ,  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ .

$r = 0,29$  (correlação positiva fraca).

Hipótese:  $\rho = 0$ ;  $\rho \neq 0$ , onde  $t_{\text{calculado}} = 0,96$ .

O valor crítico de  $t$  para 11 graus de liberdade e 0,05 de nível de significância na tabela  $t$  de Student é  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então:  $t_{\text{calculado}} = 0,96 < t_{\text{crítico}}$ .

Como o valor calculado de  $t$  é inferior ao valor crítico que é o valor observado, pode-se concluir que não existem evidências suficientes para afirmar que a precipitação pluviométrica esteja correlacionada linearmente com a Leptospirose, não rejeitando a hipótese nula ( $\rho = 0$ ), apresentando, portanto, uma relação funcional.

### Cálculo da correlação de Pearson entre Precipitação x DVH

O mesmo foi observado para DV, devido a  $r = -0,03$  (correlação negativa fraca), o  $t_{\text{calculado}} = -0,10$  bem inferior ao  $t_{\text{crítico}}$ , que é de 2,20 a nível de significância de 0,05 e  $gl = 11$ .

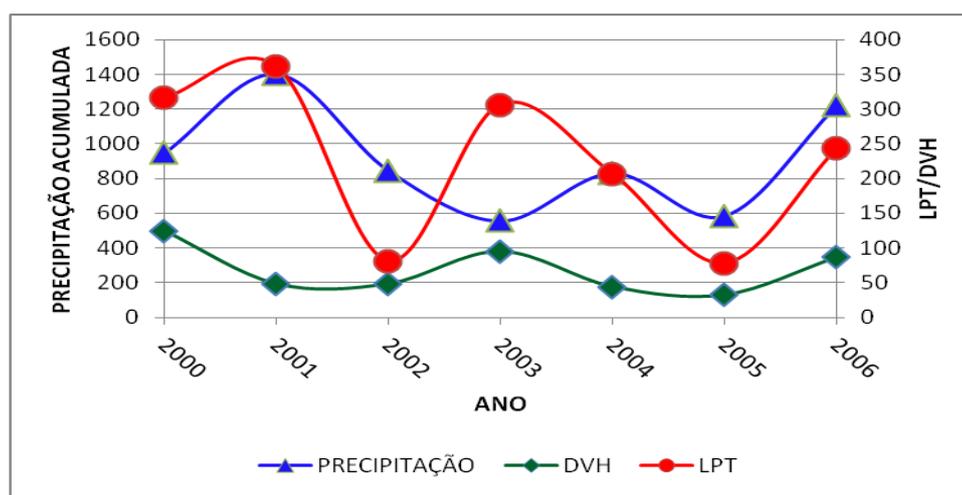
### Segunda Análise

Em uma segunda análise dos dados da Tabela 6, e ao se verificar o Gráfico 7 de dispersão dos anos em estudos, fez-se necessário fazer um recorte da amostra para avaliar a existência da correlação de compartilhamento entre a variável precipitação e LPT, com aumento e decréscimo dos valores evidenciados, centrado no período 2000-2006, por meio do cálculo de  $r$  de Pearson.

Tabela 6 - Dados das variáveis pesquisadas do município Alto do Rodrigues/RN 2000-2006.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
DVH	24	48	48	95	44	33	86
LPT	316	361	81	306	206	78	243
Precipitação anual (mm)	947	1403	847	557	832	586	1221

Gráfico 7 – Variação das taxas: precipitação anual acumulada x LPT/DVH 2000-2006, Alto do Rodrigues/RN.



### Análise Estatística

#### a) Cálculo da correlação r de Pearson entre Precipitação e LPT

Observa-se nesse caso que há um relacionamento entre as duas variáveis nesse período (2000-2006), cuja correlação de Pearson  $r = 0,50$  é positiva moderada, confirmando a suposição de que há correlação linear entre as variáveis, em nível de significância de 0,05%, com grau de liberdade 6.

Para tanto, faz-se necessário realizar o teste de significância de  $r = 0,50$  onde:  $t_{\text{calculado}} = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde  $t_{\text{calculado}} = 3,082$ .

O valor crítico de t para 6 graus de liberdade a 0,05 de nível de significância na tabela t de Student é  $t_{\text{crítico}} = 2,447$ , então:  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$

Como o valor calculado ( $t_{\text{calculado}}$ ) é superior ao valor crítico que é o valor observado, pode-se concluir que existem evidências suficientes para afirmar que há correlação linear positiva entre a variável precipitação anual e a taxa de internação por leptospirose.

#### Cálculo da correlação r de Pearson entre Precipitação e DVH

Para DVH,  $r = 0,05$  e  $t_{\text{observado}} = 0,11 < t_{\text{crítico}}$ , onde  $t_{\text{crítico}} = 2,447$ , com gl (6) a 0,05 de significância. Não se rejeita a hipótese nula ( $\rho = 0$ ); não evidenciando correlação linear entre as variáveis.

### ANÁLISE DOS DADOS

Buscando entender esse comportamento, a pesquisa foi intensificada para identificar que atributos contribuíram para o decréscimo da taxa de internação, tanto por leptospirose como as doenças DVH, mesmo com período de forte precipitação, como mostram os dados.

Nesse contexto verificou-se que, no que se refere ao saneamento básico, de acordo com o IBGE (2010), o município tem 3,79% domicílios com abastecimento d'água e esgoto sanitário inadequados, tendo uma melhoria significativa com relação aos dados de 2000, que chegava a 15,93%. Outro aspecto melhorado refere-se à coleta de lixo, que, apesar de limitar-se à área urbana, passou de 88,23% em 2000 para 99,42% em 2010, com coleta em dias alternados. Ocupa a classificação 56.º no ranking dos municípios do estado do RN relativo à taxa de urbanização de 72,11%.

Quanto à avaliação da drenagem urbana no município, conforme opinião dos gestores e técnicos, cuja pontuação foi 500, relacionado à drenagem das águas urbana, ficou na média dos valores dos outros municípios da bacia, cuja pontuação variou de 0 – 1500.

O município vem investindo em saneamento por meio do Programa de Aceleração do Crescimento do governo federal – PAC I e PAC II. O investimento obtido foi da ordem de R\$ 1.437.011,00 no período de 2006, aplicado na implantação da rede de esgotos e drenagem a partir dessa data (BRASIL, 2012). Fato esse que pode ser atribuído aos serviços executados, o que também é ratificado ao ver que mesmo com precipitações acima da média nos anos de 2007 a 2011, a taxa de internação de leptospirose foi reduzida; o mesmo ocorreu com as doenças de veiculação hídrica (MS, 2011c).

Registra-se também o aumento da rede de drenagem superficial com pavimentação alcançando 95% do município, em 2010, comparado com dados de 2000, que era da ordem de 42,5% (IBGE, 2010).

É fato que nesta pesquisa também está sendo analisada a gestão das águas urbanas com o viés da saúde da população do ponto de vista ecológico, como também as consequências resultantes dos investimentos empregados ou a ausência desses.

No que se refere à variável leptospirose, observou-se no período estudado que essa apresentou dois padrões distintos: epidêmico, no período de chuvas intensas, normalmente associado à ocorrência de inundações (ausência de drenagem) nos anos de 2000 a 2006 e o endêmico, com uma diminuição dos casos, caracterizado pela melhoria dos serviços de saneamento, principalmente a gestão das águas urbanas, levando em consideração que 2007, 2008, 2009 e 2010 foram anos de chuvas intensas com enchentes na bacia, no entanto, os casos de doenças ligadas à leptospirose (LPT) e (DVH) declinaram em relação aos anos anteriores.

Conclui-se que a gestão das águas urbanas relaciona-se diretamente com as ações integradas desenvolvidas no município, como os investimentos efetivados, a manutenção da rede de drenagem existente, o modo como a população lida com os resíduos sólidos e os esgotos, e principalmente as ações desenvolvidas nas três esferas de governo para a solução das inundações, com ações preventivas, fato que se reflete nos dados obtidos subsequentes a 2006.

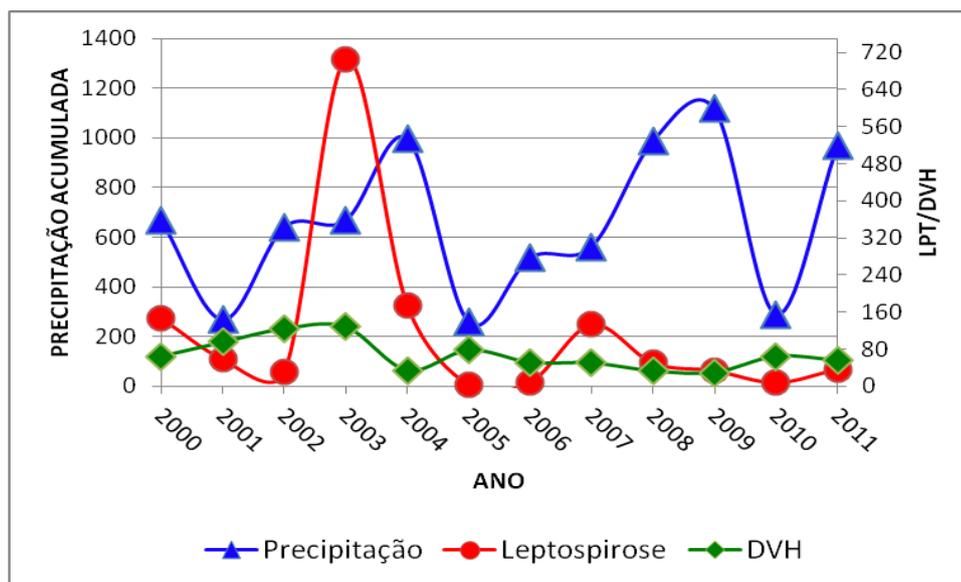
#### 4.1.7 Município de Carnaubais

Ao analisar os dados da Tabela 7 e o Gráfico 8 representativo, verifica-se que, nos anos 2000, 2003, 2004 e 2007, a leptospirose apresenta um comportamento epidêmico, com precipitações relativamente dentro da média, entretanto necessitando da análise para verificar a correlação existente entre a variável precipitação e as variáveis de LPT e DVH.

Tabela 7 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Carnaubais/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	65	95	125	128	34	78	51	50	33	29	65	56
LPT	146	59	31	704	175	3	9	133	50	34	8	37
Precipitação anual (mm)	667	268	642	670	999	258	519	563	990	1118	290	967

Gráfico 8 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Carnaubais/ RN.



#### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson entre Precipitação x Leptospirose (LPT)

Correlação de Pearson  $r \Rightarrow -1 < 0,10 < 1,00$ . De acordo com o resultado, pode-se afirmar que existe uma correlação negativa fraca, entretanto, ao verificar o teste de hipótese, temos:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde,  $\rho = 0,10$  temos: Para  $t_{\text{calculado}} = 0,318$   $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então como  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar a hipótese de  $\rho = 0$ ;

### Cálculo da correlação r de Pearson entre Precipitação x DVH

Para DVH o valor de  $r = -0,49$  demonstrando uma relação negativa moderada entre as variáveis.

Teste de Hipótese:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde,  $r = -0,49$  temos:  $t_{\text{calculado}} = -1,76 < 2,20$  ( $t_{\text{crítico}}$ ). Verifica-se que, para ser significativa, a razão t deve igualar-se ou exceder 2,20 ao nível de significância de 0,05, com (gl) 11; nesse caso não se pode rejeitar a hipótese nula; há evidência de que não existe uma correlação linear entre essas duas variáveis.

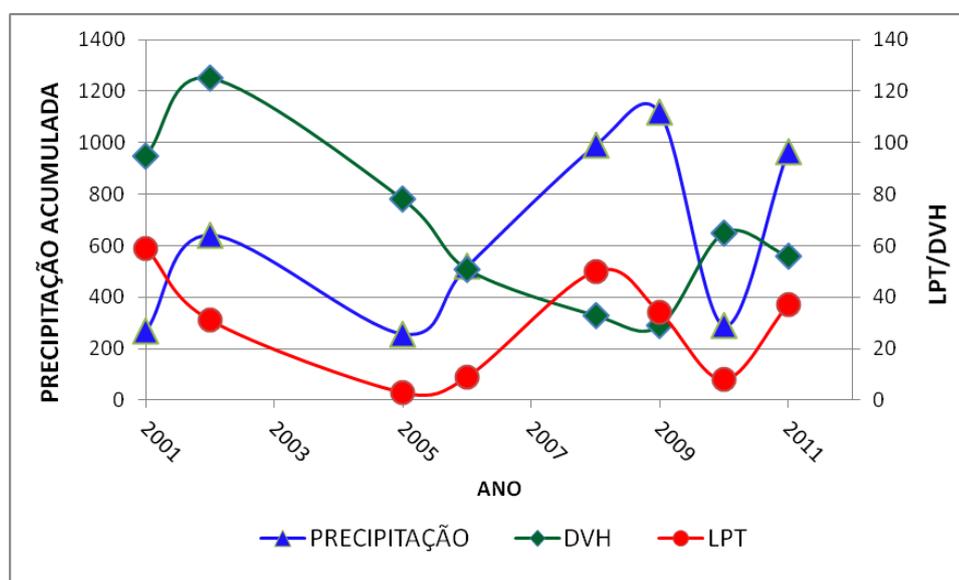
### Segunda Análise

Fazendo um recorte nos anos em que as taxas de internação por leptospirose foram elevadas, isto é, subtraindo os anos 2000, 2003, 2004, 2007, que são os *outliers* em LPT, e analisando a representação gráfica Gráfico 9, e Tabela 8, evidencia-se uma correlação existente entre a variável Precipitação e LPT. Nesse sentido calculou-se r de Pearson, cujo valor encontrado foi  $r = 0,41$  (correlação positiva moderada).

Tabela 8 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Carnaubais/RN com recorte.

Município	Variáveis	2001	2002	2005	2006	2008	2009	2010	2011
Carnaubais	DVH	95	125	78	51	33	29	65	56
	LPT	59	31	3	9	50	34	8	37
	Precipitação anual (mm)	268	642	258	519	990	1118	290	967

Gráfico 9 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011 com recorte, Carnaubais/RN.



## Análise Estatística

### Cálculo da correlação r de Pearson entre Precipitação x Leptospirose (LPT)

Correlação de Pearson  $r \Rightarrow -1 < 0,41 < 1,00$ . De acordo com o resultado, evidencia-se a existência de uma correlação linear positiva moderada, entretanto, ao verificar o teste de hipótese, temos:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde temos: Para  $t_{\text{calculado}} = 3,10 \Rightarrow t_{\text{crítico}} = 2,47$  então como  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ , pode rejeitar a hipótese nula ( $\rho = 0$ ). Nesse caso há evidências da existência da correlação linear entre as variáveis.

### Cálculo da correlação r de Pearson entre Precipitação x DVH

Correlação de Pearson  $r \Rightarrow -1 < -0,57 < 1,00$ . De acordo com o resultado, evidencia-se a existência de uma correlação linear negativa moderada, entretanto, ao verificar o teste de hipótese, temos:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , temos: Para  $t_{\text{calculado}} = 3,10$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,47$ , então como  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ , pode rejeitar a hipótese nula ( $\rho = 0$ ). Existe correlação linear entre as variáveis.

## ANÁLISE DOS DADOS

O município de Carnaubais foi construído inicialmente em uma área de várzea do rio Açú, com históricos de enchentes quando não existia ainda a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Em 1974, o centro da cidade ficou submerso durante dezoito dias, quando então o governo do estado transferiu a sede do município para um tabuleiro, local elevado. Mesmo assim, o município enfrentou as enchentes de 1984 e 1985, voltando a reincidir em 2008 e 2009, no entanto atingindo áreas de várzeas (IDEMA, 2011).

Sendo assim, trata-se de uma cidade que foi reconstruída, porém os problemas de saneamento ainda trazem transtorno à população. Conforme levantamento *in loco*, inexistente rede de esgotos; o uso de fossa séptica é usual, 28,70 % da população ainda convive com abastecimento d'água e esgotamento sanitário inadequados, com uma redução bastante acentuada com relação a 2000, que era de 46,40% (PNUD, 2010).

Com relação à água encanada, houve uma melhoria significativa na última década, passando de 23,24% em 2000 para 87,53 % em 2010 das residências com abastecimento adequado, enquanto a coleta do lixo urbano em 2000 era de 93.50%, e em 2010 essa atividade foi de

92,09%, com uma redução de 1,41 % na coleta domiciliar urbana, que pode ter contribuído para os resultados obtidos.

De acordo com os gestores e técnicos entrevistados, o município tem desenvolvido ações para melhoria do sistema de drenagem, refletindo na pontuação realizada, cujo score foi 700. Reflexo do investimento feito pelo município a partir de 2007, cujo montante foi de R\$ 2.374.734,00 em abastecimento d'água e drenagem; por convênio com a Funasa/MS e o Ministério das Cidades, pode ser verificado no decaimento das taxas de LPT nos anos subsequentes ao início das obras.

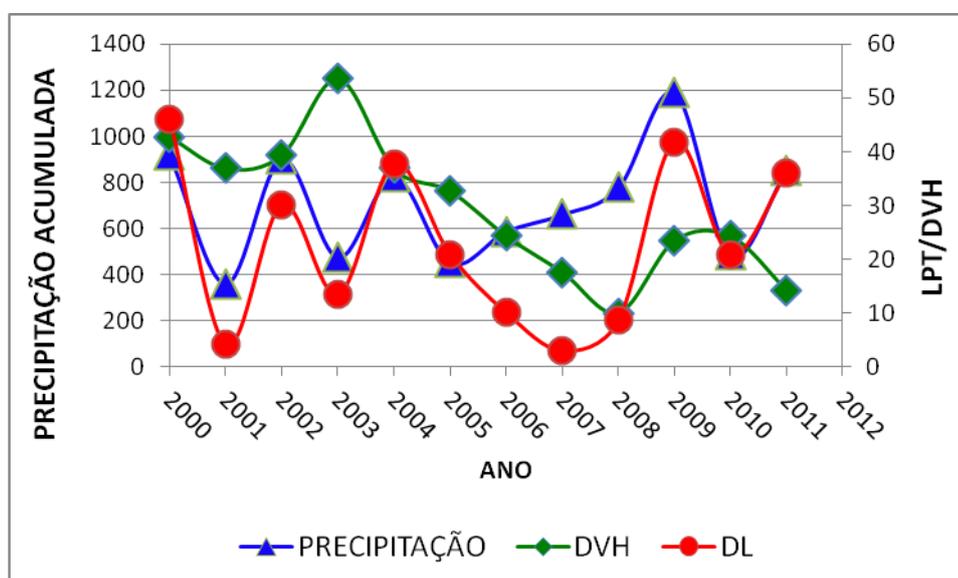
#### 4.1.8 Município de Ipanguaçu

Conforme a Tabela 9 representada no Gráfico 10, o município de Ipanguaçu apresenta um processo endêmico com relação a LPT e DVH, entretanto verifica-se uma relação mais acentuada entre precipitação e as taxas de internação por LPT; para tanto, faz-se necessário verificar a existência e a magnitude dessa correlação.

Tabela 9 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Ipanguaçu/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	43	37	39	54	37	33	24	18	10	23	24	14
LPT	46	4	30	13	38	21	10	3	9	42	21	36
Precipitação anual (mm)	921	362	903	477	826	454	589	662	778	1192	487	855

Gráfico 10 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Ipanguaçu/RN.



## Análise Estatística

### Cálculo da correlação de Pearson entre Precipitação x Leptospirose (LPT)

Valor encontrado:  $r = 0,74$  (positiva forte); conforme determinação da correlação, esse valor deve variar entre  $\Rightarrow -1 < 0,74 < 1,00$ . De acordo com o resultado, pode-se afirmar que existe uma correlação positiva forte.

Teste de significância de  $r$  de Pearson para Precipitação x LPT  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , partindo de: hipótese:  $\rho = 0$ ;  $\rho \neq 0$

Como  $r = 0,74$  (correlação positiva forte), tem-se : Para  $t_{\text{calculado}} = 3,44$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então como  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, demonstra a significância de  $r$ . Nesse caso rejeita a hipótese nula de que  $\rho = 0$  e evidencia a correlação linear de Pearson.

### Cálculo da correlação de Pearson entre Precipitação e DVH

Teste de significância de  $r$  de Pearson (Precipitação x DVH)

Para  $r = -0,22$  (correlação negativa fraca), temos para  $t_{\text{calculado}} = -0,70$  e para  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ . Como  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se pode rejeitar que a hipótese seja nula de que  $\rho = 0$ . Não existe correlação linear entre as variáveis.

## **ANÁLISE DOS DADOS**

Como o município fica a jusante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves e com as precipitações elevadas, o município fica sujeito às enchentes, a exemplo de 2004, que assolou o município nos dias 3, 4,5 e 6 de abril de 2004, que fizeram com que a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves atingisse uma cota de sangria de 4,22 de altura, provocando danos humanos, materiais e ambientais, e os consequentes prejuízos econômicos e sociais (IDEMA, 2008).

A correlação existente entre as precipitações e a leptospirose nesse município é evidenciada, uma vez que se observa a oscilação dos valores, tornando-se acentuadas nos anos mais chuvosos e menos acentuadas nos anos com precipitações mais baixas, conforme análise estatística efetivada, embora não apresente taxas elevadas.

Nesse sentido, buscou-se identificar que atributos contribuiriam para que essa correlação entre as precipitações anuais e a taxa de internação por LPT apresentasse uma correlação linear positiva forte, diferentemente da DVH.

Como a cidade de Ipanguaçu está situada no centro de uma ilha formada de aluvião, acumulado no decorrer de séculos, muitas áreas são de risco, com incidência periódica de desastres naturais, como enchentes e, conseqüentemente, pela ausência de drenagem dessas águas, ocorrem os alagamentos na cidade. O histórico de enchentes data dos anos de 1924, 1947, 1964, 1974, 1985, 1996, 2004, 2008, 2009, 2010 e 2011 (IDEMA, 2008).

No que se refere ao saneamento, houve uma redução do percentual da população com os serviços inadequados de esgotamento sanitário e abastecimento d'água, passando de 39,23 % em 2000 para 8,40% em 2010. Em 2000, 41,02% da população tinha água encanada; em 2010, esse valor passou a ser de 74,92, ou seja, 25,08% da população não tem água tratada na sua residência. A coleta de lixo na área urbana passou de 64,86% em 2000, da população atendida na área urbana, para 95,89% em 2010 (PNUD, 2010).

Apesar de algumas ações estarem iniciadas, ainda são bastante tímidas diante das necessidades. Em 2003, foram investidos para abastecimento d'água e drenagem R\$ 529.779,00 provenientes da Funasa e do Ministério das Cidades. Outros investimentos foram aplicados para implantação e melhoria de obras de infraestrutura urbana no valor de R\$ 507.000,00 em 2007, e em 2009, mais R\$ 98.200,00 (BRASIL, 2012).

Na avaliação dos gestores e técnicos, cujo score foi 450, ficando à frente apenas de Itajá e Jucurutu, o fato deveu-se, conforme avaliação, às constantes inundações resultantes da ausência de serviços de macrodrenagem e microdrenagem, tanto na área urbana, periurbanas, como nas áreas de acesso ao entorno da cidade. A exemplo do que ocorreu em 25 de janeiro de 2011, onde os diques de contenção não suportaram a força das águas, sendo arrastado, assoreando canais e provocando umas das maiores inundações que o município enfrentou.

O que se observou na visita de campo foi que, pela falta da rede de drenagem, a água fica acumulada, demorando vários dias para infiltrar, podendo ser atribuído às características físicas do solo, como foi citado anteriormente.

Em 2011, apesar da estiagem registrada no estado, o município foi inundado em consequência da enchente do rio Pataxó. Após quarenta dias do início da cheia, várias ruas continuavam alagadas. O bairro Ubarana, o maior da cidade, foi o mais atingido. Exames realizados pela

Secretaria de Saúde do Estado do RN, em amostras de água colhidas em áreas de alagamento, apontaram o risco de a população contrair doenças como leptospirose, gastroenterites, cólera, hepatite A e dengue. Um laudo emitido pela 2.<sup>a</sup> Unidade Regional de Saúde Pública, na ocasião, mostrou que os bairros Maria Romana e Ubarana, além da comunidade Olho d'Água, estavam com águas contaminadas (MARTINS, 2011).

Outro fato verificado que interfere no sistema de drenagem, muito próximo à área urbana, são os criadouros de camarões (carcinicultura), que interferem negativamente no escoamento das águas, conforme relatório da ANA (ANA, 2012).

Conclui-se que há correlação linear entre a variável precipitação e LPT, além de evidenciar os agravos decorrentes da ausência da drenagem no município em todos os aspectos, e explicita a vulnerabilidade em que se encontra a população.

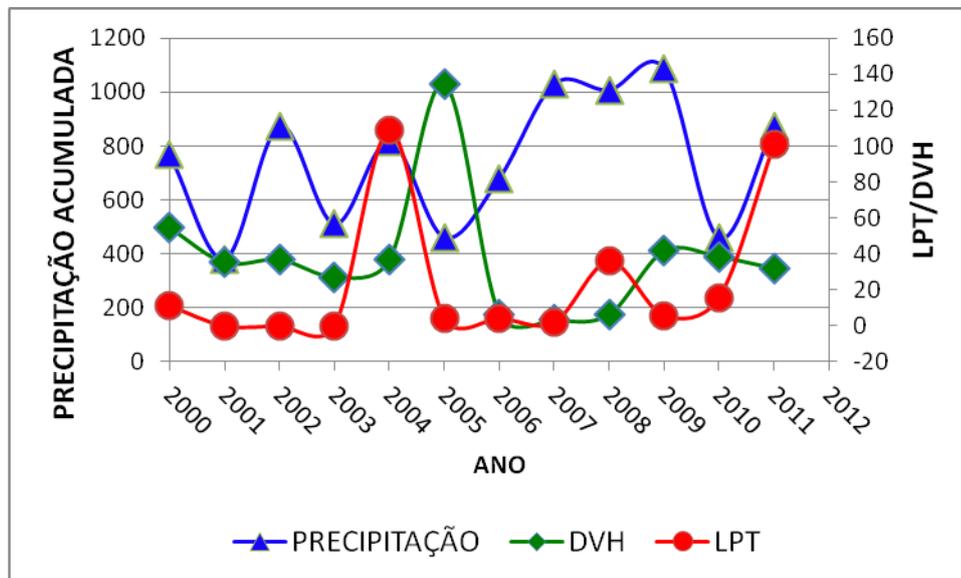
#### 4.1.9 Município de Itajá

Ao analisar a Tabela 10 e o Gráfico 11 correspondente, verifica-se que no ano de 2004 e 2011 a taxa de internação por LPT foi bastante elevada, configurando-se como *outliers*, enquanto que a taxa de DVH sofreu variação em 2005. Entretanto, em três anos sucessivos a taxa de internação foi zero. Nesse sentido buscou-se calcular a correlação linear existente entre as variáveis.

Tabela 10 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Itajá/RN 2000-2011

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	54	35	37	27	37	134	6	3	6	42	38	32
LPT	11	0	0	0	109	4	4	2	36	6	16	101
Precipitação anual (mm)	767	380	874	510	817	461	680	1030	1007	1086	460	871

Gráfico 11 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência d LPT/DVH e da relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011- Itajá/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da Correlação de Pearson entre Precipitação x Leptospirose (LPT)

Hipótese:  $\rho = 0$ ;  $\rho \neq 0$ , onde:  $r = 0,30$  (correlação positiva fraca)

Teste de significância do r de Pearson,  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , cujos valores para t:

$t_{\text{(calculado)}} = 0,81$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20 \Rightarrow$  onde  $t_{\text{(calculado)}} < t_{\text{crítico}} = 2,20$

Ao consultar a Tabela t Student, verificou-se que, para ser significativa, a razão r deve igualar-se a ou exceder 2,20 ao nível 0,05 de significância com 11 graus de liberdade. Como o  $t_{\text{calculado}}$  ( $t = 0,81$ ) é menor do que o  $t_{\text{crítico}}$  (observado) = 2,20, não se rejeita a hipótese nula de que  $\rho = 0$ . Há fortes indícios de que as variáveis não estão correlacionadas linearmente.

Cálculo da Correlação de Pearson entre Precipitação x Leptospirose (LPT)

Para Precipitação x DVH, temos: Valor de  $r = -0,40$  (correlação negativa moderada),

Teste de significância do r de Pearson, onde:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde  $\Rightarrow t = -1,49$

Ao consultar a Tabela t Student, verifica-se que, para ser significativa, a razão r deve igualar-se a ou exceder 2,20, ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade. Como o  $t_{\text{calculado}}$  ( $t_{\text{calculado}} = -1,49$ ) é menor do que o  $t_{\text{crítico}}$  (observado) = 2,20, não se rejeita a hipótese de que  $\rho = 0$ . Há fortes indícios de que a variável precipitação e as doenças (DVH) não estão correlacionadas linearmente.

## Segunda Análise

Como se verifica que, nos anos 2004 e 2011, a taxa de internação por LPT foi bastante elevada, configurando-se *outliers*, como também para a taxa de DVH, que sofreu variação em 2005. Esses anos foram subtraídos da amostra de forma que se obtivesse homogeneidade dos dados, para que se verificasse a existência de correlação linear entre as variáveis, cujo cálculo foi efetivado, não havendo alteração significativa nos resultados nas variáveis estudadas, cujo resultado para LPT, foi  $r = 0,29$  e para DVH,  $r = - 0,43$ .

## ANÁLISE DOS DADOS

Verifica-se que nos anos de 2004 e 2011, as taxas apresentam caráter epidêmico para Leptospiros e em 2005, para DVH; enquanto em três anos sucessivos a taxa de internação foi zero. Nesse sentido buscou-se analisar esse comportamento das variáveis no período estudado.

Quanto ao aspecto da drenagem, na opinião e avaliação dos gestores e técnicos, o município atingiu pontuação 400, classificada como ruim, valor esse abaixo dos demais municípios, exceto Jucurutu, que pontuou 350, a exemplo das chuvas de 2004 e 2011, em que ocorreram cheias na bacia e inundação no município, principalmente na comunidade Barro Vermelho e Araras, onde o sistema de drenagem não existe.

Somando-se à pesquisa de campo, observam-se os seguintes atributos que influenciaram nesse resultado: 60 % do município não tem calçamento, já que na concepção dos gestores, a drenagem das águas pluviais é aquela que escoar sobre o calçamento (meio-fio), sendo bastante reduzida; das ruas pavimentadas, apenas 1% tem rede de drenagem, e há predominância de fossas sépticas na rede coletora de esgotos.

Em 2006, o município investiu em drenagem urbana e na gestão dos resíduos urbanos, cujo investimento concedido pela Funasa/MS e o Ministério das Cidades foi na ordem de R\$ 1.125.060,00. Em 2009, o investimento foi de R\$ 406.000,00, proveniente também da Funasa/MS, para construção do Sistema de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012).

Esses investimentos refletem nos resultados do Relatório do PNUD, em que houve um decréscimo no percentual da população com abastecimento d'água e o esgotamento sanitário

inadequado, passando de 36,74% em 2000, para 4,32% em 2010. No que se refere à coleta de lixo na área urbana, houve uma melhoria significativa passando de 80,35 % em 2000 para 95%, em 2010, da população com acesso à coleta de lixo. O abastecimento d'água encanada quase dobrou, passando de 40,92 % da população com acesso em 2000 para 98,56 % em 2010 (PNUD, 2010).

Observou-se que nos anos de maiores precipitações, como 2006, 2007 e 2008, acima do normal, houve um decréscimo das doenças de veiculação hídrica (DVH) e em 2009 para leptospirose. Quanto as DVH, pode-se atribuir ao fato de que a quantidade de água precipitada, escoada e acumulada nos mananciais favoreceu uma diluição de elementos alheios à composição da água, minimizando os efeitos deletérios à saúde da comunidade.

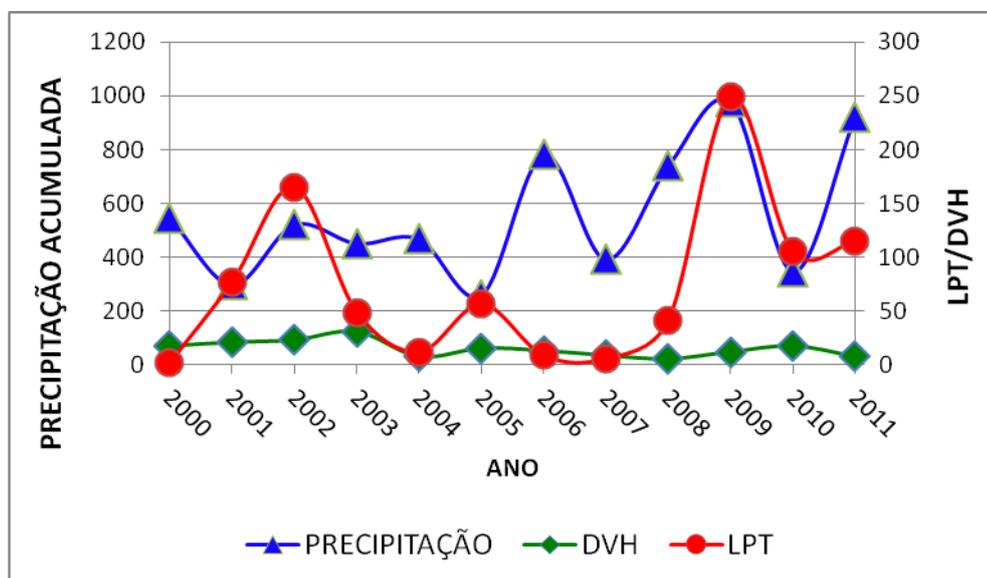
#### 4.1.10 Município de Pendências

Para análise dos dados constantes na Tabela 11 e Gráfico 12, buscou-se a correlação entre as variáveis de forma que se encontrou para as variáveis Precipitações e Leptospirose:  $r = 0,41$  (correlação positiva moderada) e para DVH,  $r = -0,43$  (correlação negativa moderada).

Tabela 11 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Pendências/RN 2000-2011

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	18	21	23	31	8	16	13	9	6	12	18	8
LPT	2	77	165	49	12	57	9	6	42	249	106	115
Precipitação anual (mm)	548	299	521	451	468	260	781	392	739	977	348	921

Gráfico 12 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Pendências/RN.



### Análise Estatística

#### Cálculo da Correlação de Pearson entre Precipitação e LPT

Teste de significância do r de Pearson, onde: Hipótese:  $\rho = 0$ ;  $\rho \neq 0$

Teste de significância do r de Pearson, onde:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde:

$$t_{(\text{calculado})} = 1,44 < t_{\text{crítico}} = 2,20$$

Ao consultar a Tabela t Student, verifica-se que, para ser significativa, a razão r deve igualar-se a ou exceder 2,20, ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade. Como o t calculado ( $t = 1,44$ ) é menor do que o t (crítico) = 2,20, não se pode rejeitar a hipótese nula  $\rho = 0$ . Não há correlação linear entre as variáveis.

#### Cálculo da Correlação r de Pearson entre Precipitação e DVH

Para Precipitação e DVH, onde:  $r = -0,43$  (correlação negativa moderada)

Teste de significância do r de Pearson, onde:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde:  $t_{(\text{calculado})} = -1,51$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então:  $t_{(\text{calculado})} < t_{\text{crítico}}$ , não se rejeita a hipótese nula, de  $\rho = 0$ , assim, não se evidencia correlação linear entre as variáveis.

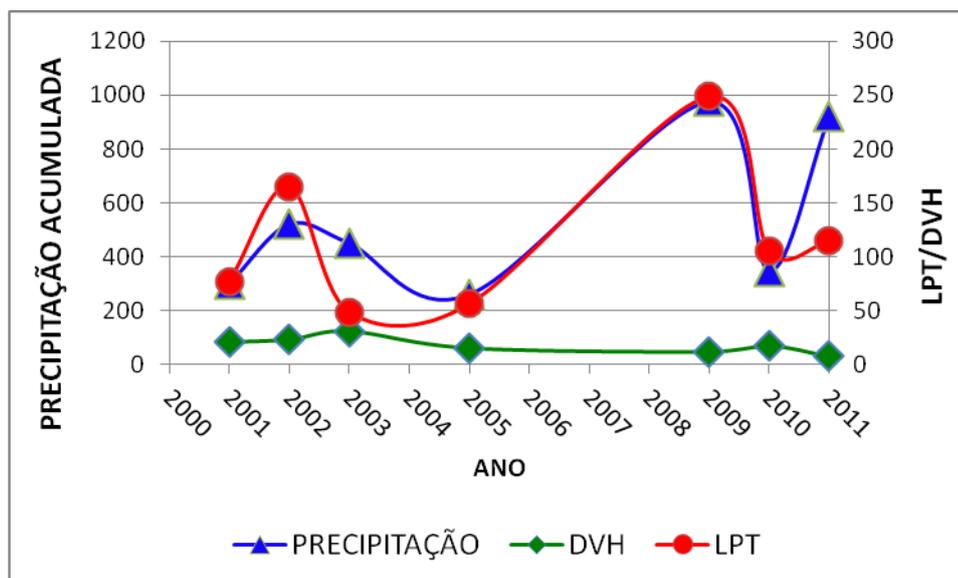
### Segunda Análise

Ao fazer o corte na amostragem dos anos 2000, 2004, 2006 a 2008, conforme a Tabela 12, por ser denominado de *outliers*, esses são excluídos da amostra. No caso, representa um *outlier* em LPT; observa-se uma nova configuração da relação das maiores precipitações com as taxas de internação por leptospirose. De acordo com o Gráfico 13, existe uma relação entre as variáveis. Para verificar as evidências de que existe uma correlação, calculou-se o r de Pearson, cujo valor encontrado foi de  $r = 0,73$ , que indica ser uma correlação forte positiva e para DVH,  $r = -0,57$  (correlação negativa moderada).

Tabela 12 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Pendências/RN no período 2001-2005 e 2009-2011

Variáveis	2001	2002	2003	2005	2009	2010	2011
DVH	21	23	31	16	12	18	8
LPT	77	165	49	57	249	106	115
Precipitação anual (mm)	299	521	451	260	977	348	921

Gráfico 13 – Variação das taxas de LPT/DVH relacionado com precipitação anual acumulada 2000-2011 com recortes, Pendências/RN.



#### Teste de significância de r de Pearson

Correlação de Pearson  $\rho = 0,73$  (Correlação positiva forte)

$$t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}; t_{\text{calculado}} = 2,39; t_{\text{crítico}} = 2,37; t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$$

Rejeita-se a hipótese nula ( $\rho = 0$ ) e que existe uma correlação linear positiva entre as variáveis precipitação e leptospirose ao nível de significância de 0,05 e 7 graus de liberdade, o mesmo não ocorrendo para DVH.

Como se verificou na primeira análise, ambos apresentaram uma correlação positiva moderada. Caso essa observação fosse eliminada da segunda análise, no entanto, continuaria existindo uma correlação positiva linear entre as variáveis, sendo a diferença a sua magnitude. Logo, a presença desses *outliers* subestimou a verdadeira relação entre Precipitação e LPT.

#### ANÁLISE DOS DADOS

O núcleo urbano de Pendências encontra-se totalmente inserido na planície de inundação do rio Açu, a 2,64 km da lagoa do Queimado, com uma altitude que varia de 09 a 41 metros no sentido oeste a leste (IDEMA, 2010).

Conforme técnicos da Prefeitura, existem três barramentos (maciços de terra) para proteção contra as inundações, no entanto, quando há precipitações elevadas na bacia e ocorre cheia do

rio Açu, os barramentos são rompidos para escoar as águas. Aliado a esse fator, há problemas com relação à gestão dos resíduos na área urbana; apesar da coleta de resíduos sólidos abranger 99,40% da população, ainda existem pontos de confinamentos usados pelos moradores para despejo do lixo, que contribuem para a proliferação da leptospirose, agravada nos últimos três anos (2009, 2010 e 2011), conforme foi verificado, evidenciando aspecto epidêmico.

Quanto ao esgotamento sanitário, foi detectado escoamento a céu aberto em vários pontos do município e, conforme os técnicos entrevistados, apenas 20% é feito pela rede coletora.

Outra característica é a predominância de solos de textura argilosa, bem drenados, no entanto, em razão da altura do lençol freático, o relevo ser plano dificulta seu escoamento.

Não há registro nos relatórios de acompanhamento dos convênios no portal da transparência do governo federal sobre investimento feito pelo município para drenagem urbana no período, o que se pode relacionar com as ocorrências de pico da leptospirose nos anos de precipitações elevadas em consequência d deficiência do sistema existente.

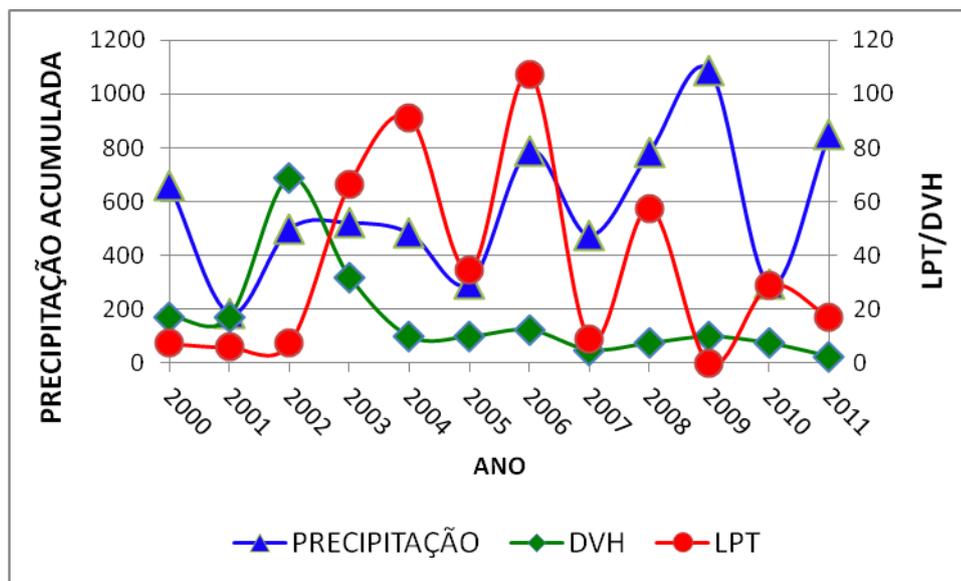
#### 4.1.11 Município de Porto do Mangue

Para análise dos dados constantes na Tabela 13 e no Gráfico 14 correspondente, buscou-se a correlação entre as variáveis de forma que se encontrou para Precipitação e Leptospirose  $r = 0,1$  (correlação positiva fraca) e para DVH  $r = -0,2$  (correlação negativa fraca).

Tabela 13 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Porto Mangue/RN 2000-2011

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	17	17	69	32	10	10	12	5	7	10	7	2
LPT	7	6	7	66	91	34	107	9	58	0	29	17
Precipitação anual (mm)	661	186	499	521	483	296	789	475	781	1087	293	848

Gráfico 14 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Porto do Mangue/RN.



### Análise Estatística

#### Cálculo da Correlação r de Pearson para Precipitação e LPT

Correlação de Pearson  $r = 0,1$  (correlação positiva fraca)

Para verificar a existência de correlação linear, calculou-se r de Pearson, cujo resultado foi  $r = 0,1$  demonstrando ser muito fraca dentro do universo do período estudado. No entanto, faz necessário-se o teste de significância.

Correlação de Pearson  $r \Rightarrow -1,00 < 0,1 < 1,00$ . De acordo com o resultado, pode-se afirmar que existe uma correlação positiva fraca entre as variáveis, para tanto, ao verificar o teste de hipótese, temos:

Teste de significância de r de Pearson  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ ;  $t_{\text{calculado}} = 0,17$ ;  $t_{\text{crítico}} = 2,20$

$t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}} \Rightarrow 0,17 < 2,20$ , não se rejeita a hipótese de que  $\rho = 0$ , demonstrando, portanto, forte evidência da não correlação linear entre a precipitação acumulada e o índice de internação por leptospirose no período.

#### Cálculo da Correlação r de Pearson para Precipitação e DVH

No caso de DVH, cuja correlação de Pearson  $r = -0,2$ , temos na Correlação de Pearson que:  $1,00 < -0,2 < 1,00$ . De acordo com o resultado, pode-se afirmar que existe uma correlação negativa fraca entre as variáveis; para tanto, ao verificar o teste de hipótese, temos:  $t = -0,51$  (valor calculado)  $< t$

crítico 2,20, ao nível de significância de 0,05, com grau de liberdade (gl) 11, como  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$  (observado) não se pode rejeitar a hipótese nula de  $\rho = 0$ . Nesse caso não existe correlação linear entre as variáveis.

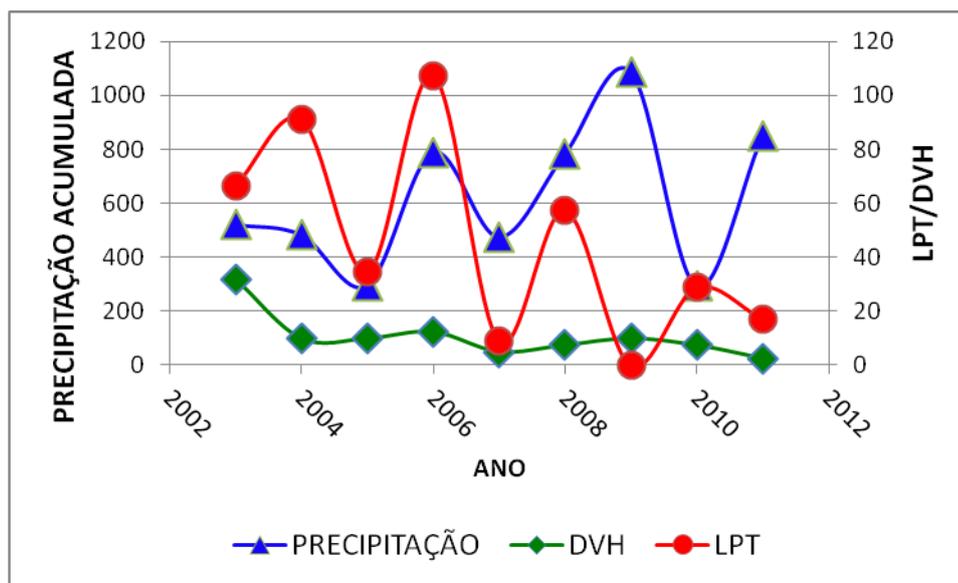
### Segunda análise

Buscando analisar o Gráfico 15 representativo da Tabela 14, ao fazer um recorte na amostra, verifica-se uma correlação entre a variável Precipitação e LPT no período de 2003-2008. Para ratificar essa evidência, calculou-se o  $r$  (Pearson), cujo valor de  $r = 0,54$  (correlação positiva moderada).

Tabela 14 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Porto Mangue/RN 2003-2011.

Variáveis	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	32	10	10	12	5	7	10	7	2
LPT	66	91	34	107	9	58	0	29	17
Precipitação anual (mm)	521	483	296	789	475	781	1087	293	848

Gráfico 15 – Variação das taxas de leptospirose com relação à precipitação anual 2003-2008 com recorte – Porto do Mangue/RN.



### Cálculo da Correlação r de Pearson para Precipitação e LPT

Correlação de Pearson  $r = 0,54$  (correlação positiva moderada)

#### Teste de significância de r de Pearson

Correlação de Pearson  $r = 0,54$  (Correlação positiva moderada)

$$t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}; t_{\text{calculado}} = 1,28; t_{\text{crítico}} = 2,57$$

$t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ ,  $\Rightarrow$  não se pode rejeitar a hipótese nula de que  $\rho = 0$ , demonstrando, portanto, uma correlação funcional não linear entre a precipitação acumulada e o índice de internação por leptospirose no período 2003-2011, grau de liberdade 5, a 0,05 de significância.

### Cálculo da Correlação r de Pearson para Precipitação e DVH

Pearson  $r = - 0,04$  (correlação negativa fraca).

Como  $t_{\text{calculado}} = - 0, 127$  e  $t_{\text{crítico}} = 2, 776$  e  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com grau de liberdade (gl) 4, como  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$  (observado) não se pode rejeitar a hipótese nula de  $\rho = 0$ . Não há evidências de correlação linear entre as variáveis.

## ANÁLISE DOS DADOS

Buscando entender o comportamento entre as doenças e a precipitação no período 2000 a 2002 e posterior a 2008, em que houve um decaimento das taxas de internação hospitalar pela LPT, já que as taxas de DVH permaneceram estáveis, e relacionando as precipitações anuais, verificou-se que o município de Porto do Mangue, por sua localização geográfica e pela ausência da rede de drenagem no município, fica vulnerável a inundação. Ele se encontra totalmente situado nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pelos rios dos Cavalos e das Conchas, perenizados no final do seu curso, fato esse que contribui para o agravamento da situação nos períodos de chuvas intensas.

Fato esse ratificado pela cheia de 2008 no rio Piranhas-Açu, em que o principal acesso à cidade, a rodovia RN-404, teve três quilômetros totalmente destruídos, deixando a população de 4,5 mil habitantes da bacia impossibilitados de locomoção entre os municípios, principalmente Açu.

Outro fator agravante, verificado e confirmado pelos gestores e técnicos entrevistados, são as salinas; no processo de armazenamento, são construídos diques para extração do sal, a água fica represada sem escoamento; com a elevação da maré, as ruas ficam alagadas em razão de ausência da drenagem, principalmente quando coincide com as grandes precipitações. Apesar de o solo predominante ser aluviais eutróficos com boa drenagem, o relevo é plano e mal drenado, contribuindo para os alagamentos no município.

Em 2002, houve investimento no abastecimento d'água e na drenagem na ordem de R\$ 405.350,00 e, em 2007, foi de R\$ 268.499,40, para infraestrutura urbana, cujos concedentes foram os Ministérios da Saúde, Ministério das Cidades e Ministério da Integração.

Apesar dos investimentos, o abastecimento d'água do município é proveniente de poços, e, conforme os moradores, a água é de má qualidade, além do fornecimento ser em dias alternados. No entanto, houve um acréscimo significativo no atendimento, que, de acordo com o IBGE (2010), as residências que recebem água encanada passaram de 4,85 %, em 2000, para 58,43 % da população beneficiada, em 2010, refletindo nas taxas de internação das doenças de veiculação hídrica (DVH), que foram relativamente baixas, comparadas com a média geral dos anos estudados.

Verifica-se que houve quatro surtos epidêmicos de leptospirose no período 2003-2006. Fato esse que pode ser justificado pela ausência da macrodrenagem na área periurbana, prejudicando a microdrenagem na área urbana, pelos fatores já citados, e também pelo fato de se localizar a jusante do rio Açu e da barragem Armando Ribeiro, em que toda água escoada da sangria acaba por elevar as cotas das águas dos seus afluentes, contribuindo para enchentes e inundações no município.

Como o escoamento é lento, a água fica represada entre os resíduos arrastados pela correnteza, pelos pontos de confinamentos de lixo observados às margens dos canais, além das águas residuais que são misturadas às águas das chuvas, favorecendo a proliferação da leptospira.

Na avaliação dos gestores e técnicos, a pontuação do município ficou em 500, bem abaixo da média de outros municípios da bacia, exatamente pela ausência da drenagem das águas no município em estudo, que foi classificada como ruim.

Conclui-se que as ações são muito tímidas em relação à demanda que os serviços de drenagem carecem, entretanto, apesar de não existir uma correlação linear entre as

variáveis, existe uma correlação funcional, porque, mesmo excluindo o ano de 2006, considerado um *outlier*, não há alteração e elas continuariam estatisticamente dependentes.

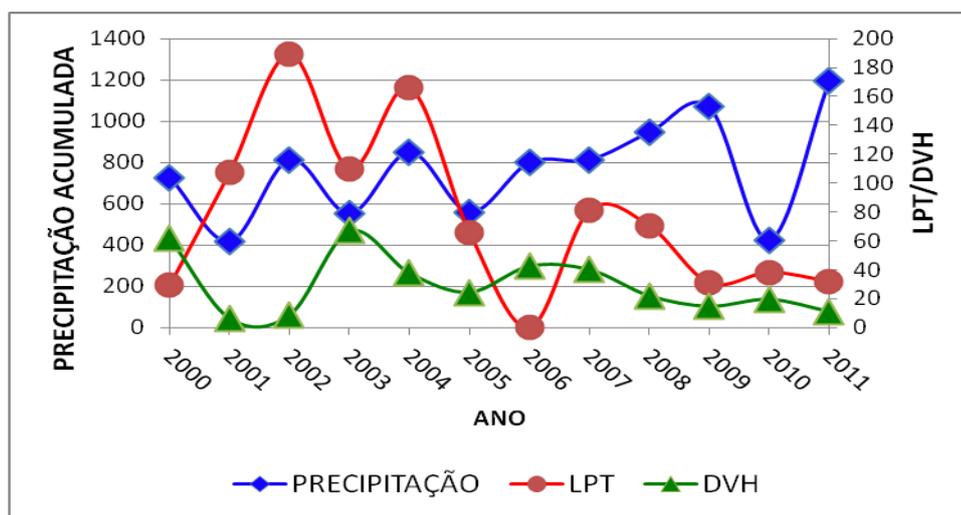
#### 4.1.12 Município de São Rafael

Ao analisar a Tabela 15 representada no Gráfico 16, verifica-se que, dentro do período estudado, a leptospirose apresentou duas fases distintas, uma endêmica e outra epidêmica, relacionando-as com as precipitações. Para verificar a existência dessa correlação, utilizou-se a correlação  $r$  de Pearson, cujo valor encontrado para  $r = -0,16$  (correlação negativa fraca) para LPT e  $r = -0,18$  para DVH.

Tabela 15 – Dados das variáveis pesquisadas do município de São Rafael/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	62	6	9	67	38	24	43	40	22	15	20	11
LPT	29	107	189	110	166	66	0	81	70	31	38	32
Precipitação anual (mm)	728	416	814	552	851	559	800	813	946	1069	423	1194

Gráfico 16 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, São Rafael/RN.



Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Correlação de Pearson  $r = -0,16$  (Correlação negativa fraca)

Verificação do teste de significância:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , tem-se:

$t_{\text{calculado}} = -0,50$ ;  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ ;  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ ;

Não se rejeita a hipótese nula ( $\rho = 0$ ); há evidências de que não existe uma correlação linear entre as variáveis precipitação e leptospirose no contexto do período de 2000- 2011.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Correlação de Pearson  $r = - 0,18$  (Correlação negativa fraca), aplicando o teste de significância de  $r$ , tem-se que  $t = - 0,57$ . ;  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ ;  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$  com  $gl = 11$

Não se rejeita a hipótese nula ( $\rho = 0$ ), há evidências de que não existe uma correlação entre a variável precipitação e DVH no contexto do período de 2000-2011.

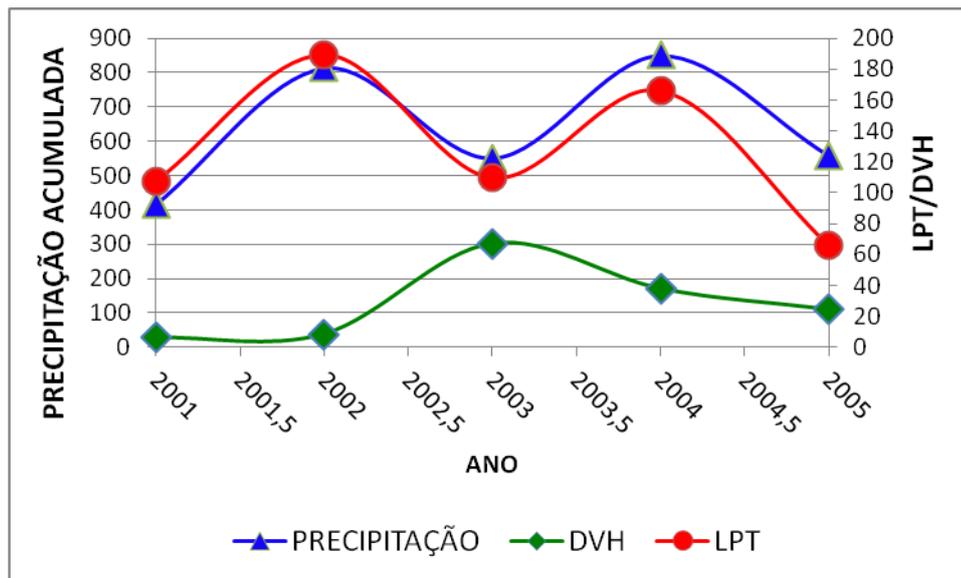
### Segunda Análise

No entanto, ao analisar a Tabela 16 e o respectivo Gráfico 17, ao fazer um recorte na amostra, evidencia-se uma correlação entre a variável precipitação anual e leptospirose no período 2001-2005, o que se confirma ao calcular a correlação  $r$  de Pearson, cujo resultado é de 0,81 (correlação positiva forte) e  $r = 0,024$  para DVH.

Tabela 16 – Dados das variáveis pesquisadas do município de São Rafael/RN 2001-2005

Variáveis	2001	2002	2003	2004	2005
DVH	6	9	67	38	24
LPT	107	189	110	166	66
Precipitação anual (mm)	416	814	552	851	559

Gráfico 17 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência por LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2005, São Rafael/RN.



Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para  $r = 0,81$  (correlação positiva forte).

Teste de significância do  $r$  de Pearson  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2} \Rightarrow t_{\text{calculado}} = 4,37$

$t_{\text{crítico}} = 2,776$  (tabela student), então como  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$  que é o crítico, significa que a razão  $r$  é significativa, pode-se então rejeitar a hipótese de que  $\rho = 0$  e aceitar  $\rho \neq 0$  e que há forte evidências de correlação entre as duas variáveis a nível de 0,05 de significância, com 95% de confiabilidade e grau de liberdade (gl) 4.

Para as variáveis: Precipitação e DVH

No que se refere a DVH, considerando o  $r = 0,024$  cujo teste de significância  $t_{\text{calculado}} = 0,08$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então como  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar a hipótese nula, de que  $\rho = 0$ , portanto não há evidências de correlação.

## ANÁLISE DOS DADOS

Buscando entender esse comportamento, a pesquisa foi intensificada para identificar que atributos contribuíram para a correlação tão significativa, no período 2001-2005, da taxa de internação por leptospirose com período de forte precipitação, e o decaimento dos valores nos anos subsequentes, conforme dados apresentados.

O município vem investindo em drenagem e abastecimento d'água, a exemplo de: em 2008 o investimento obtido foi da ordem de R\$ 940.710,00 (BRASIL, 2012). Fato esse que pode ser atribuído aos serviços executados, o que também é ratificado ao ver-se que, mesmo com precipitações acima da média nos anos de 2008,2009 e 2011, a taxa de internação de leptospirose foi reduzida; o mesmo ocorreu com as doenças do DVH com significância.

Outro dado importante, no que diz respeito ao saneamento básico, de acordo com o IBGE (2010), é que o município tem atualmente 10,82 % domicílios com abastecimento d'água e esgoto sanitário inadequados, tendo uma melhoria significativa com relação aos dados de 2000, que chegava a 14,83%. Outro aspecto melhorado refere-se à coleta de lixo, que, apesar de limitar-se à área urbana, passou de 87,50 % em 2000 para 95,72% em 2010, com coleta em dias alternados. Ocupa a classificação 67.º no ranking dos municípios do estado do RN relativo à taxa de urbanização, que é de 68,28%.

Quanto à avaliação da drenagem urbana no município, conforme opinião dos gestores e técnicos, a pontuação do município foi de (620), relacionado com a drenagem das águas urbanas cujo valor ficou na média dos outros municípios da bacia, cuja pontuação varia de 0 – 1500.

De acordo ainda com os técnicos, a cidade antiga ficou submersa com a construção da Barragem Armando Ribeiro, sendo construída uma cidade em 1982, que foi entregue à população toda saneada. Entretanto, o saneamento não acompanhou o crescimento da cidade; atualmente; conforme os gestores, apenas 60% da cidade é saneada, atribuindo também à falta de manutenção das obras existentes.

No que se refere à variável leptospirose, observou-se no período estudado, que apresentou dois padrões distintos: epidêmico no período de chuvas intensas, normalmente associado à ocorrência de inundações (ausência de drenagem) nos anos de 2001 a 2005, e o endêmico, com uma diminuição dos casos, caracterizado pela melhoria dos serviços de saneamento, com reflexo em 2009 e 2011, onde as precipitações foram elevadas e os serviços de coleta de resíduos foram melhorados.

Conclui-se que existe correlação linear entre as variáveis precipitações intensas com a leptospirose, no entanto não há evidência com relação às doenças de DVH, no município em estudo, devido às taxas se apresentarem baixas para DVH no período estudado.

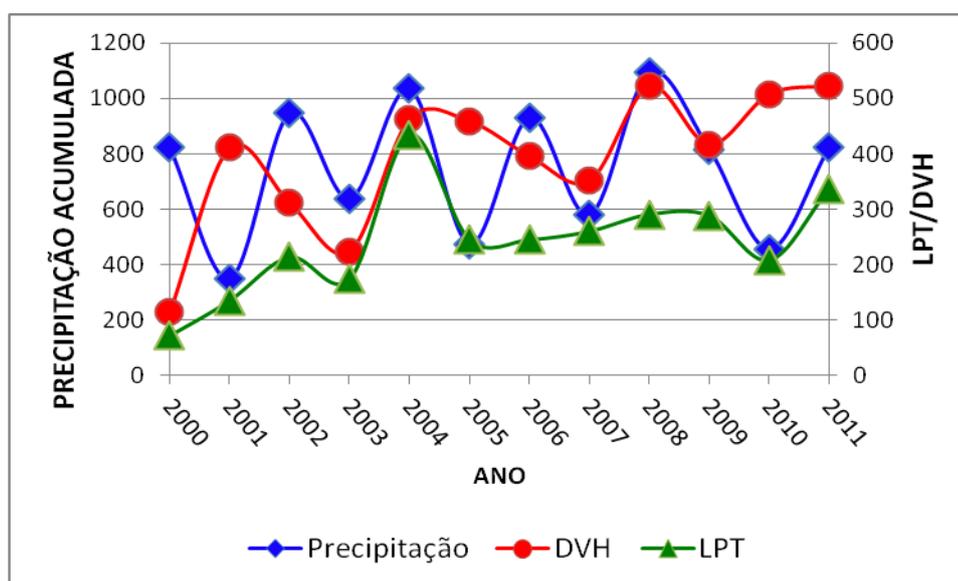
#### **4.1.13 Município de Alexandria**

Ao analisar o Gráfico 18 representativo da Tabela 17, verifica-se que dentro do período estudado a leptospirose apresentou um comportamento epidêmico, exceto em 2000, quando a taxa de internação foi abaixo da média dos outros anos. Para verificar a existência de dependência entre as variáveis, utilizou-se da correlação  $r$  de Pearson, cujo valor encontrado foi para  $r = 0,50$  (Correlação positiva moderada) e  $r = 0,02$  para DVH.

Tabela 17 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Alexandria/RN – 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	115	411	312	224	463	459	396	352	522	417	508	523
LPT	73	136	214	175	434	245	245	260	291	289	209	338
Precipitação anual (mm)	823	349	947	638	1035	474	932	579	1094	817	456	825

Gráfico 18 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Alexandria/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Correlação de Pearson  $r = 0,50$  (correlação positiva moderada)

Teste de significância de  $r$  :  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$   $t_{\text{calculado}} = 1,72$  ;  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}} \Rightarrow 1,72 < 2,20$ . Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  excede o  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, rejeita-se a hipótese nula,  $\rho = 0$ , havendo portanto uma correlação funcional não linear.

### Cálculo da correlação r de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

No caso da DVH, tem-se: Se  $\rho = 0,02$ ,  $t_{\text{calculado}} = 0,063$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ . Como  $t < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11. Não existe correlação linear entre as variáveis.

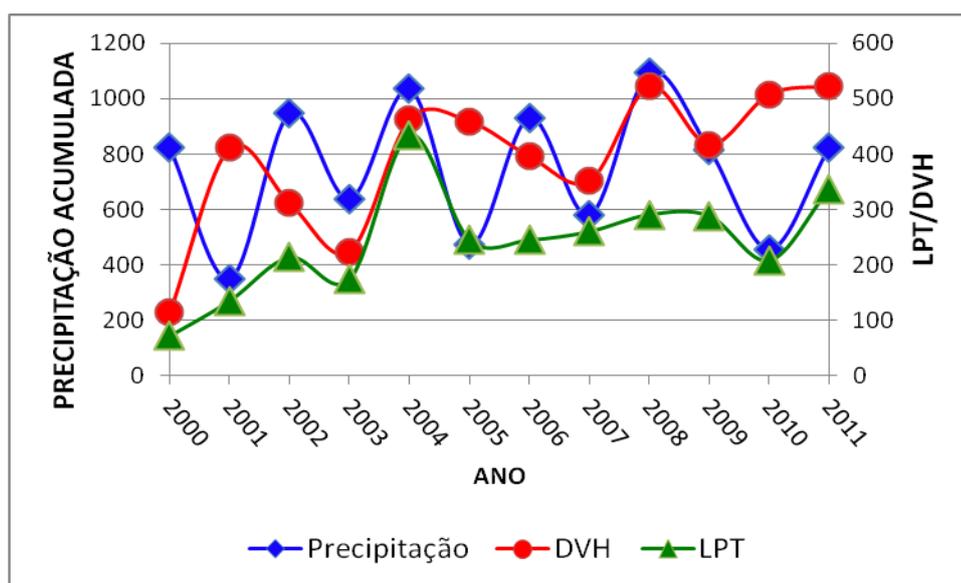
### Segunda Análise

A segunda análise é feita recortando a amostra dos anos 2004 a 2011, conforme a Tabela 18 representada no Gráfico 19, devido ao aumento das taxas de DVH e LPT no período, onde se calculou o coeficiente de Pearson, cujo valor de  $r = 0,64$  (valor positivo moderado) para a LPT.

Tabela 18 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Alexandria/RN 2000-2011 com recorte de 2004 a 2011.

Variáveis	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	463	459	396	352	522	417	508	523
LPT	434	245	245	260	291	289	209	338
Precipitação anual (mm)	1035	474	932	579	1094	817	456	825

Gráfico 19 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Alexandria/RN.



Para as variáveis: Precipitação e Leptospirose

Correlação de Pearson  $r = 0,64$  (correlação positiva moderada)

Teste de significância de  $r$  :  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ ;  $t_{\text{calculado}} = 2,66$  ;  $t_{\text{crítico}} = 2,44$  então se tem :  $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$

Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  excede o  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 6 graus de liberdade, rejeita-se a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando existência de forte correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de dias de internação por leptospirose.

No caso da DVH, tem-se: Se  $r = 0,16$ ,  $t_{\text{calculado}} = 0,53$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,47$  (Tabela student). Como  $t < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

**ANÁLISE DOS DADOS**

Conforme verificado na pesquisa em campo, o município de Alexandria tem problemas sérios de contaminação em seus mananciais, fato esse verificado quando se comparam as taxas internação de DVH e de LPT com relação aos outros municípios do mesmo porte.

Apesar dos investimentos que vêm sendo realizados desde 2005 em abastecimento d'água, drenagem e esgotamento sanitário, na ordem de R\$ 2.501.820,00, pelo município, em convênio com a Funasa e Ministério das Cidades, os resultados das ações não se refletem na saúde pública da população, conforme se pode verificar os dados do Sistema de Internação Hospitalar.

Aproximadamente 16% da população não têm acesso à água tratada (clorada). O abastecimento d'água ocorre em dias alternados; a população que tem acesso a esse serviço passou de 58,78% em 2000 para 84,87% em 2010, entretanto as fontes que abastecem a cidade, principalmente na época de estiagem, são os poços artesianos com 60 m de profundidade, na maioria, e são vulneráveis à contaminação pelos esgotos, por serem construídos próximos às fontes de contaminação, além da salinidade que atinge 38% dos poços em funcionamento (CPRM, 2005).

De acordo com os técnicos e gestores, a avaliação do município com relação à drenagem ficou com escores 510, sendo um dos municípios que apresentam fator negativo devido à rede de drenagem das águas pluviais ser utilizada para despejo da rede de esgotos. O manancial que abastecia a cidade está totalmente degradado. Conforme ainda os técnicos entrevistados, a rede de drenagem subterrânea existente é obsoleta, cuja canalização foi construída de ferro fundido e, quando estoura, o conserto é difícil, e a maior parte da drenagem é superficial.

Quanto aos resíduos sólidos urbanos, o município expandiu sua coleta, evoluindo de 77,46%, em 2000, para 94,95% em 2010, da população com acesso, em dias alternados, entretanto, na área periurbana, podem ser vistos pontos de confinamentos de resíduos (IBGE, 2010).

Alexandria tem um índice de 4,46, atingindo classificação na 163ª posição (dos 167 municípios) do SUS em desempenho do IDSUS, que é um indicador síntese que faz uma contextualização do desempenho do sistema Único de Saúde (SUS) quanto ao acesso (potencial ou obtido) e a efetividade da Atenção Básica, das atenções Ambulatoriais e das Emergências (MS, 2011).

Conclui-se que a forte relação que se evidencia entre as precipitações anuais e as doenças, nesse caso a LPT e DVH, deve-se à falta de gestão das águas urbanas, principalmente as residuárias, que são despejadas sem tratamento adequado na mesma rede das águas pluviais.

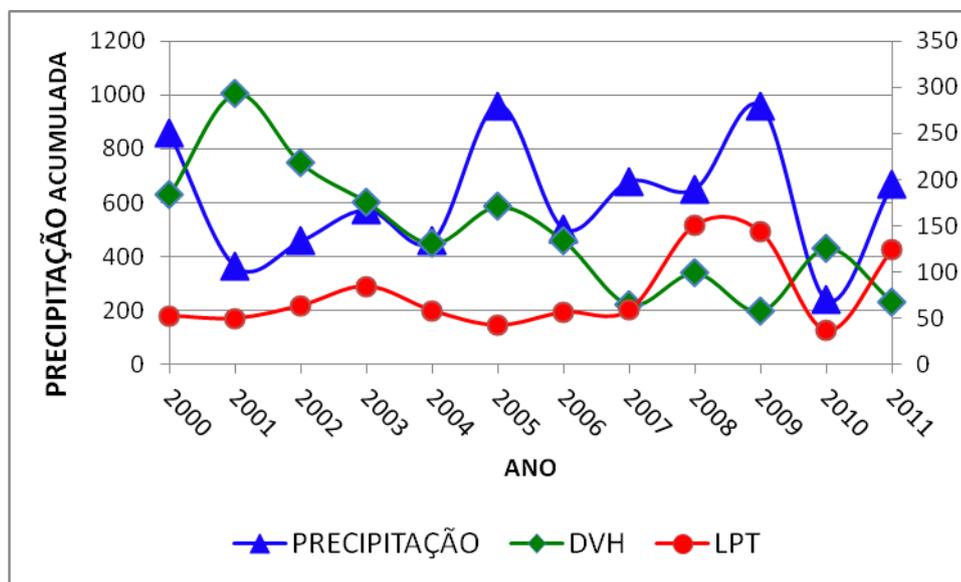
#### 4.1.14 Município de Currais Novos

Ao analisar o gráfico representativo da Tabela 19 (Gráfico 20), verifica-se que, dentro do período estudado, a taxa de internação das doenças DVH foi mais acentuada no período 2000-2006, com ligeira elevação em 2010, enquanto a taxa de LPT apresentou alteração nos anos 2008, 2009 e 2011. Para verificar a existência de dependência entre as variáveis, utilizou-se a correlação  $r$  de Pearson, cujo valor encontrado para LPT foi  $r = 0,38$  (correlação positiva moderada) e para DVH,  $r = - 0,35$ .

Tabela 19 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Currais Novos/RN – 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	184	293	218	176	131	171	134	65	99	58	126	68
LPT	53	50	64	85	58	43	57	59	151	143	37	124
Precipitação anual (mm)	856	365	458	574	458	961	504	679	651	957	242	668

Gráfico 20 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Currais Novos/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Cálculo da Correlação de Pearson  $r = 0,38$  (correlação positiva moderada).

Para testar a significância com relação a correlação (linear) de Pearson, estabeleceu-se a hipótese nula de que  $\rho = 0$ , enquanto a hipótese experimental (alternativa) é  $\rho \neq 0$ .

Teste de significância de  $r$ , onde:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ ;  $t_{\text{calculado}} = 1,30$ ;  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem: como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não existência de correlação linear entre as precipitações acumuladas e o índice de dias de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

No caso da DVH, tem-se:  $r = -0,35 \Rightarrow t_{\text{calculado}} = -1,58$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ . Como  $t < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

### Segunda Análise

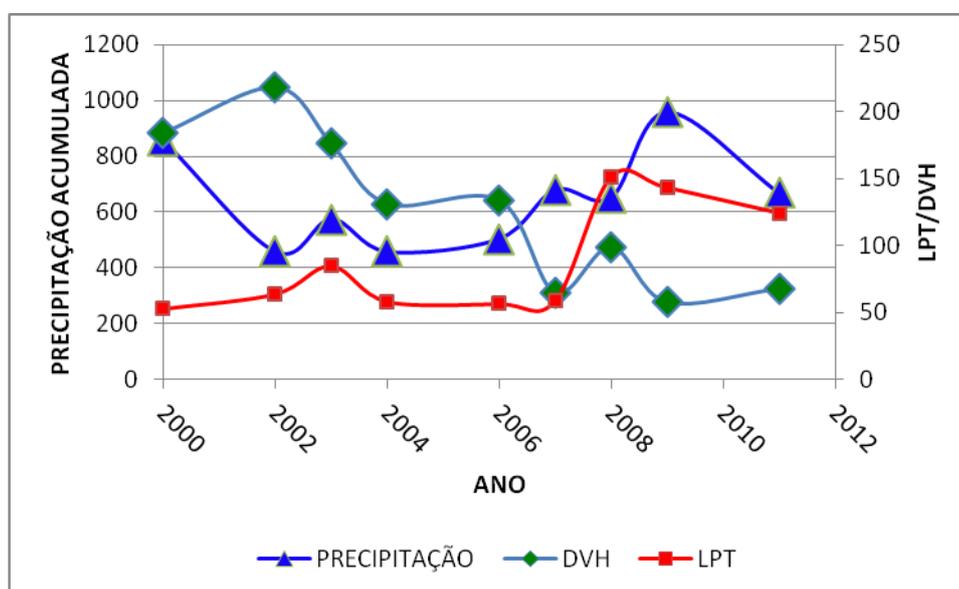
Ao fazer o corte na amostragem dos anos 2001, 2005 e 2010, conforme a Tabela 20 representada no Gráfico 21, as taxas aí representadas são denominadas *outliers*, que são

excluídos da amostra. No caso representa um *outlier* em LPT e DVH; observa-se uma nova configuração da relação das maiores precipitações com as taxas de internação das doenças. De acordo com o Gráfico 21, existe uma relação entre as variáveis. Para verificar a existência dessa correlação, calculou-se o r de Pearson para LPT; foi encontrado  $r = 0,73$ , que indica ser uma correlação positiva forte e para DVH,  $r = - 0,75$  (correlação negativa forte).

Tabela 20 – Distribuição das taxas de internação de LPT e DVH relacionadas com as precipitações anuais 2000-2011 com recorte, Currais Novos/RN

Variáveis	2000	2002	2003	2004	2006	2007	2008	2009	2011
DVH	184	218	176	131	134	65	99	58	68
LPT	53	64	85	58	57	59	151	143	124
Precipitação anual (mm)	856	458	57	458	504	679	651	957	668

Gráfico 21 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011 com recortes 2001, 2005, 2010, Currais Novos/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação r de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

$r = 0,71$ (correlação positiva forte).

Para testar a significância com relação a correlação (linear) de Pearson, estabeleceu-se a hipótese nula de que  $\rho = 0$ , enquanto que a hipótese experimental (alternativa) é  $\rho \neq 0$ .

Teste de significância de r

$t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ ;  $t_{\text{calculado}} = 2,49$  ;  $t_{\text{crítico}} = 2,36$  (Tabela s student) nível de significância de 0,05 com grau de liberdade  $gl = 7$ , então se tem:  $t_{\text{calculado}} = 2,49 > t_{\text{crítico}} = 2,36$ .

Como a razão  $t_{\text{calculado}} >$  excede o  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 7 graus de liberdade, rejeita-se a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando existência de forte correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação r de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Para DVH, encontrou-se  $r = - 0,75$  (correlação negativa forte), cujo valor de t (teste de significância) calculado  $t = - 2,74$ . Para que fosse possível rejeitar a hipótese nula de que  $\rho = 0$ , ao nível de significância de 0,05% e com 7 graus de liberdade seria necessário que o t calculado fosse no mínimo igual a 2,36. Como t calculado  $-2,74 > - 2,36$ , rejeita a hipótese nula. Há correlação linear entre as variáveis.

## **ANÁLISE DOS DADOS**

Verificou-se que a leptospirose teve comportamento diferenciado nos anos de 2008, 2009 e 2011, com valores elevados nesses anos. Buscando verificar esse comportamento, verificou-se que, apesar de o município não ter histórico de enchentes, esses anos caracterizaram-se por períodos considerados muito chuvosos em todo o estado do Rio Grande do Norte, inclusive com enchentes na bacia Piranhas-Açu, em que o município se insere.

Currais Novos, com referência à gestão das águas urbanas com viés na saúde, obteve pontuação 1200 na opinião dos gestores e técnicos, especificamente na drenagem das águas pluviais, cuja avaliação do sistema geral foi classificada como regular, ressaltando apenas as áreas periurbanas do município onde há confinamentos de resíduos; na área urbana, há presença de esgotos, a exemplo da Rua Riacho Salgado, onde cerca de 200 m de esgotos correm abertos, serviço que falta ser concluído pela prefeitura.

É um dos municípios onde o saneamento adequado chega a 76% da população, toda drenagem da cidade é superficial, 60% das ruas são calçadas com paralelepípedo. O esgoto da cidade é

coletado e encaminhado à lagoa de estabilização, entretanto, em diversas localidades é visível a proliferação de vetores provenientes do esgotos abertos.

O município não tem histórico de enchentes nem inundações, conforme os técnicos entrevistados. Na década de 1980, foram realizados serviços de drenagem em algumas áreas, e posteriormente em 2000, foram efetivadas ações em esgotamento sanitário e drenagem urbana, cujo valor investido pelo governo federal por convênio com a Funasa e Ministério das cidades foi de R\$ 751.750,00 em 2000.

Apesar da coleta de lixo ser feita diariamente, atingindo 98,14% da população, ainda há muitos problemas de saúde pública no município relacionados principalmente com esgotos e lixo urbano. Por ocasião das chuvas, a coleta fica impossibilitada pela dificuldade de acesso do carro coletor de lixo às ruas não calçadas.

No que se refere ao abastecimento d'água, é de responsabilidade da Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (Caern), favorecendo 88,17% da população. A água dos mananciais é monitorada pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), cujo campus se localiza no município, contribuindo dessa forma com a qualidade do serviço prestado à população.

Entretanto, verifica-se um aspecto epidêmico nos anos de 2000 a 2006 com relação a DVH, apesar de demonstrar estatisticamente a correlação linear existente entre as variáveis LPT e DVH com a precipitação na segunda análise realizada, mesmo estando abaixo da média anual normal, que é de 610,5 mm.

Conclui-se, portanto, que há correlação entre as precipitações e a leptospirose, que pode ser atribuída à ausência de gestão das águas servidas, cuja contaminação do lençol freático atinge os poços e mananciais, o que confirma que, mesmo não sendo um surto epidêmico, tanto a leptospirose como as DVH, fazem-se presentes em todos os anos estudados.

#### **4.1.15 Município de Extremoz**

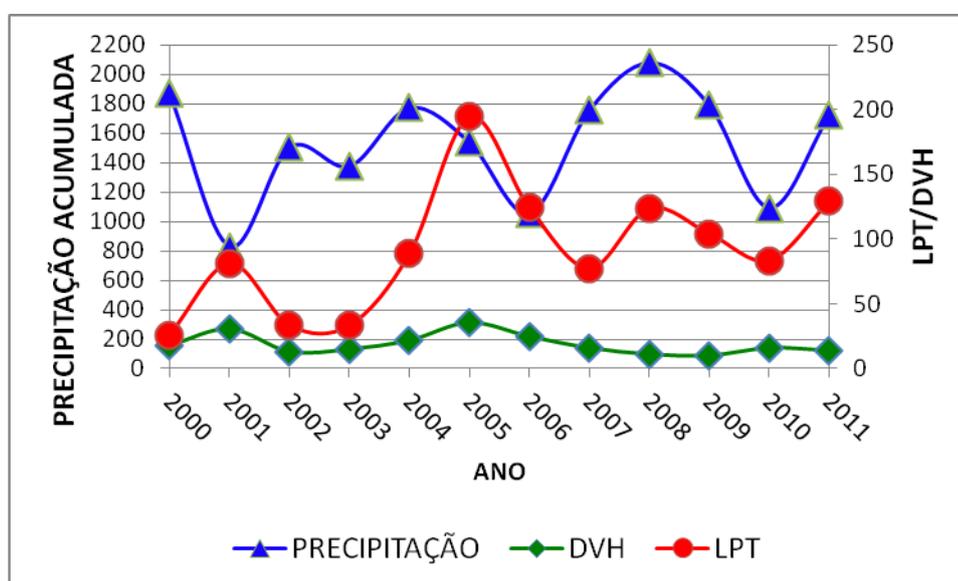
Conforme se verifica na Tabela 21, representativa no Gráfico 22, a precipitação acumulada no período de 2000 a 2011 está bem acima da maioria dos municípios estudados. A leptospirose apresenta picos nos anos 2005, 2006, 2008, 2009 e 2011. O mesmo não ocorrendo com DVH,

cujas taxas se mantiveram sem alteração. Para verificar a existência de dependência entre as variáveis, calculou-se  $r$  de Pearson, cujos valores encontrados foram:  $r = 0,04$  (correlação positiva fraca) para LPT e  $r = -0,50$  (correlação negativa moderada) para DVH.

Tabela 21 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Extremoz/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	18	31	13	15	22	36	25	16	11	10	16	14
LPT	26	81	33	33	89	195	124	77	124	104	84	129
Precipitação anual (mm)	1867	829	1505	1376	1772	1537	1053	1758	2081	1791	1092	1721

Gráfico 22 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Extremoz/RN



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$

Correlação de Pearson  $r = 0,04$  (correlação positiva fraca)

Teste de significância de  $r = 0,04$  onde:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ ;  $t_{\text{calculado}} = 0,14$ ;  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Para DVH, encontrou-se  $r = -0,50$  (correlação negativa moderada), cujo valor de  $t$  (teste de significância)  $t_{\text{calculado}} = -1,87$ . Para que fosse possível rejeitar a hipótese nula ( $\rho = 0$ ), ao nível de significância de 0,05% e com 11 graus de liberdade seria necessário que o  $t_{\text{calculado}}$  fosse no mínimo igual a 2,20. Como o  $t_{\text{calculado}}$  é igual a  $-1,87 < t_{\text{crítico}}$ , não se rejeita a hipótese nula.

### **ANÁLISE DOS DADOS**

Busca-se entender o comportamento das taxas de leptospirose durante os doze anos pesquisados, cuja correlação linear entre a variável precipitação não ficou evidenciada, embora o índice tenha-se elevado em alguns períodos de chuvas intensas, demonstrando uma relação funcional entre as variáveis.

Sendo assim, verificou-se que, embora o município de Extremoz não apresente grandes problemas com relação à drenagem com bacias fechadas, devido aos assentamentos urbanos serem voltados para vertente de rios, verifica-se no litoral norte, onde se concentra sua dinâmica imobiliária, margeando as rodovias RN-303 e 304 até a RN-306. Essas localizações apresentam fortes vulnerabilidades, principalmente com a drenagem das águas residuárias.

De acordo com avaliação dos técnicos entrevistados, o município recebeu pontuação 760 com relação à drenagem e gestão das águas, explicitando que, na parte interna de Extremoz, ao redor de sua sede, a dinâmica imobiliária e turística está restrita às margens da lagoa de Extremoz, que abastece parte da cidade, e há fortes indícios de poluição provocada pelo esgoto *in natura* que corre aberto, contaminando o lençol freático, e que provavelmente exerça influência na qualidade dessa água. Vários bairros não têm esgotamento sanitário e ainda há numerosa presença de fossas rudimentares, que contribuem para a contaminação do lençol freático. Ressalte-se, ainda, que durante as chuvas de 2008, vários bairros foram alagados, deixando muitas casas ilhadas, pela ausência de drenagem das águas pluviais.

Em 2002, o município obteve investimentos da Funasa, Ministério das Cidades e Ministério da Integração na ordem de R\$ 9.121.768,00, para os serviços de abastecimento d'água, drenagem e

esgotamento sanitário, e mais R\$ 404.006,17 do Ministério da Integração para a drenagem e pavimentação (BRASIL, 2012). No entanto, a demanda dos serviços básicos tem aumentado significativamente, uma vez que se registrou presença de lixo e esgoto correndo aberto em diversas localidades, por ocasião da pesquisa em campo.

Quanto aos resíduos sólidos, 90,79% da população de domicílios na área urbana eram beneficiados com a coleta de lixo em 2010 quando, em 2000, era apenas de 45,77%. Parte desses resíduos é encaminhada para o aterro sanitário metropolitano de Natal e outra parte é encaminhada para o lixão situado em Genipabu.

Conclui-se que, apesar dos investimentos na drenagem em 2002, não houve reflexo em longo prazo, já que as taxas de internação por leptospirose aumentaram consideravelmente nos anos subsequentes a 2004. Fato esse que pode ser atribuído como reflexo dos problemas de drenagem na praia de Rendinha Nova, onde se concentram os maiores problemas de drenagem do município; a mudança do curso do Rio Doce acarretou o fechamento da sua desembocadura em função da deposição de areia pela maré, acarretando acumulação de água em uma vasta área, visto que a bacia perdeu seu desaguadouro natural para o mar, gerando problemas para os moradores locais.

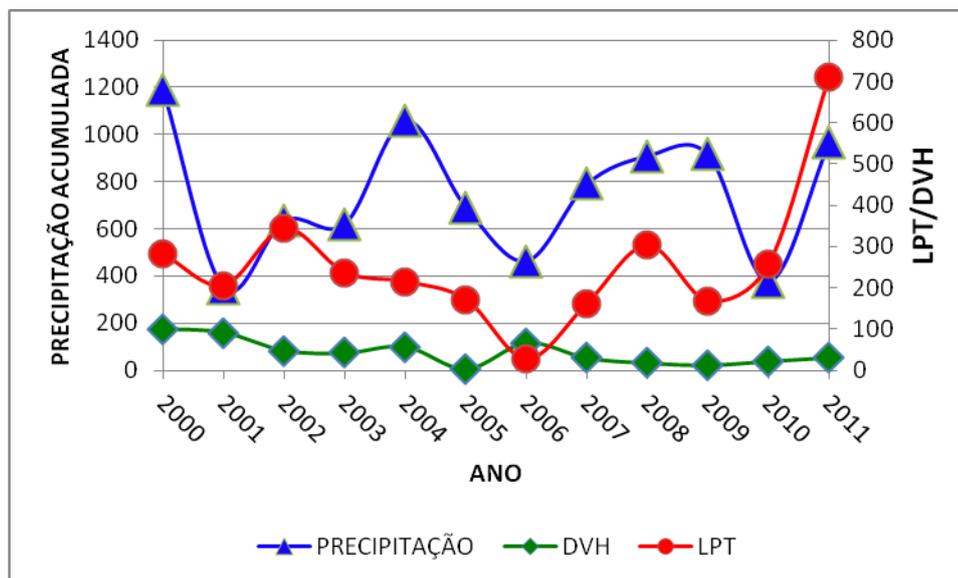
#### 4.1.16 Município de Boa Saúde

Ao analisar os dados da Tabela 22 com o Gráfico 23 correspondente, verifica-se que as taxas de internação por leptospirose apresentam valores elevados em precipitações elevadas como também em precipitações médias anuais. O mesmo não ocorre com DVH, onde se tem pouca variação. Para verificar a existência de correlação, calcula-se o  $r$  de Pearson, cujos valores encontrados foram: para LPT,  $r = 0,34$  (correlação positiva moderada), para DVH,  $r = 0,01$ .

Tabela 22 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Boa Saúde 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	100	91	48	42	57	4	66	30	18	13	22	31
LPT	281	206	343	237	215	172	27	162	303	168	256	712
Precipitação anual (mm)	1188	348	634	620	1060	691	462	790	909	915	376	965

Gráfico 23 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

Correlação de Pearson  $r = 0,34$  (correlação positiva moderada)

Teste de significância de  $r = 0,34$ , onde:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ ;  $t_{\text{calculado}} = 1,16$ ;  $t_{\text{crítico}}_{\text{ervado}} = 2,20$  então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações anuais e a taxa de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

No caso da DVH, tem-se:

Se  $r = 0,01$  correlação negativa fraca, tem-se  $t_{\text{calculado}} = 0,04$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então:

$t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11. Não existindo correlação linear entre as variáveis.

## **ANÁLISE DOS DADOS**

Ao analisar os dados do município de Boa Saúde, verificou-se que o índice de internação por leptospirose atinge valores elevados em precipitações elevadas e médias. Nesse sentido, buscou-se verificar quais as ações que foram ou estão sendo desenvolvidas pelo governo municipal para justificar essa variação de valores durante o período estudado.

Em 2000, o município recebeu investimento para as obras de drenagem superficial e esgotamento sanitário no valor de R\$ 1.599.687,00, cujos concedentes foram conveniados pela Funasa/MS, Ministério das Cidades, Ministério da Integração e Prefeitura de Boa Saúde.

Em 2009, novas ações foram aprovadas por convênio com o Ministério das Cidades, para pavimentação e drenagem, cujo investimento foi de R\$ 98.200,00. No entanto, verifica-se que as ações desenvolvidas pelo município não acarretaram diminuição das taxas de internação da variável leptospirose nem nas taxas de DVH.

Na avaliação geral dos técnicos entrevistados, o município recebeu a pontuação 750 para a drenagem urbana, ressaltando a fragilidade do sistema existente, uma vez que o município está suscetível a inundação, a exemplo de 2004, onde várias ruas foram alagadas. Por ocasião das enxurradas, muitas ruas ficam intransitáveis, principalmente as localizadas próximas às áreas de várzeas que caracterizam a área periurbana.

Como consequência da ausência de drenagem das águas pluviais urbanas somado à inadequação do esgotamento sanitário, as águas dos mananciais são de péssima qualidade, não atendendo ao padrão de potabilidade do Ministério da Saúde para o abastecimento humano. Daí o abastecimento ser feito por meio do Sistema Adutor Agreste-Trairi-Potengi, que tem como objetivo o abastecimento humano e dessedentação animal, também conhecido como Adutora Monsenhor Expedito.

A população domiciliar beneficiada pelo sistema de água encanada em 2010 representava 76,74%, cuja extensão total é de 316 km. A captação d'água é feita no Sistema Lacustre Bonfim, localizado no município de Nísia Floresta e possibilita uma vazão total de 452,32 l/s ou 1.628,35 m<sup>3</sup>/h.

Dados do Relatório do Desenvolvimento Humano constam que 100% da população é beneficiada pela coleta de lixo, que, de acordo com os gestores, a coleta é realizada diariamente na área urbana, enquanto no que se refere ao esgotamento sanitário e abastecimento d'água, 31,19 % de pessoas em domicílios têm esses serviços de forma inadequada, fato esse que reflete na saúde da população (PNUD, 2010).

Conclui-se que, embora estatisticamente não exista a correlação linear entre as variáveis, essa relação funcional é muito presente, uma vez que mesmo excluindo os *outlier* da LPT, nesse caso as taxas mais baixas, não houve alteração significativa de  $r$  ao nível de 0,005 de significância.

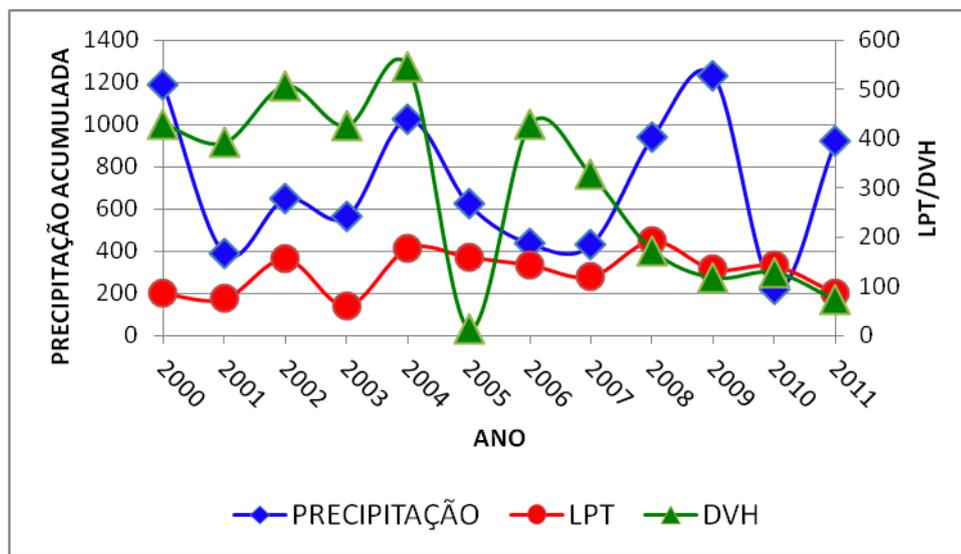
#### 4.1.17 Município de João Câmara

Ao analisar a Tabela 23 e o Gráfico 24 correspondente, verifica-se que houve variação da taxa de internação por leptospirose em anos de precipitações elevadas a médias, não definindo, entretanto, uma correlação entre as variáveis, necessitando, portanto, o cálculo do  $r$  de Pearson para LPT e DVH, já que, nesse caso, as taxas elevadas foram registradas entre 2000-2004 e 2006-2010; nos anos de 2005 a 2011, as taxas registradas de internação foram relativamente baixas.

Tabela 23 – Dados das variáveis pesquisadas do município de João Câmara/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	429	392	508	426	547	13	429	327	173	117	128	72
LPT	85	75	156	61	177	159	144	120	192	135	142	86
Precipitação anual (mm)	1189	391	650	563	1027	622	437	432	938	1231	222	921

Gráfico 24 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, João Câmara/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Correlação de Pearson  $r = 0,12$  (Correlação positiva fraca),

Teste de significância de  $r$ ,  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , tem-se :  $t_{\text{calculado}} = 0,37$ ;  $t_{\text{crítico}} = 22,20$  então se tem:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$

Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que o  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula de  $\rho = 0$ . Então, não há evidências da correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de dias de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = -0,04$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = 0,04$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

## Segunda Análise

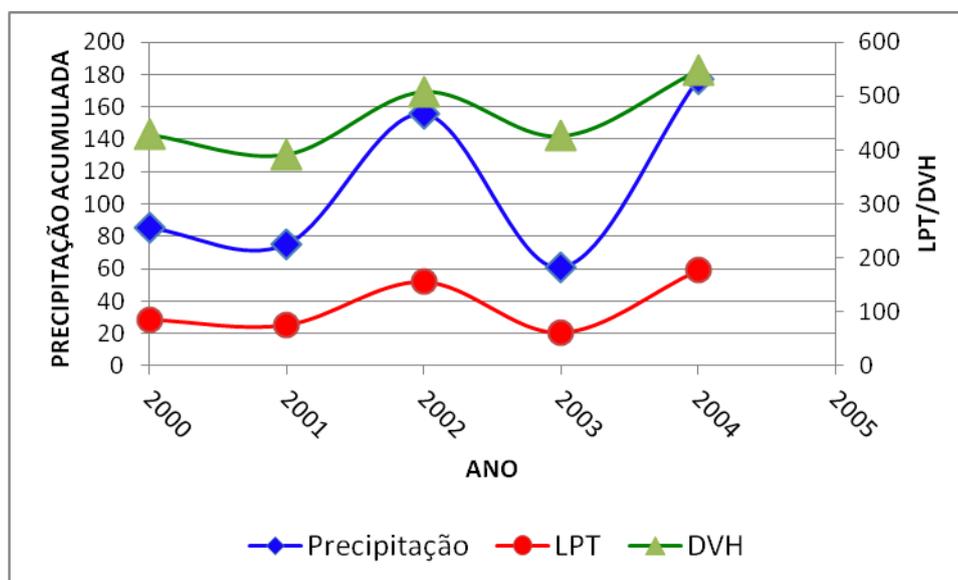
Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Ao restringir a análise aos anos de 2000 a 2004, conforme o Gráfico 25 representativo da Tabela 24, evidencia-se uma correlação entre as variáveis no período; para tanto, faz-se necessário verificar a correlação linear de Pearson, cujos valores encontrados para LPT,  $r = 0,4241$  e DVH foi  $r = 0,4249$ , evidenciando uma correlação positiva moderada.

Tabela 24 - Dados das variáveis pesquisadas do município de João Câmara/RN 2000-2011 com recorte de 2000 a 2005.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005
DVH	429	392	508	426	547	13
LPT	85	75	156	61	177	159
Precipitação anual (mm)	1189	391	650	563	1027	622

Gráfico 25 – Variação das taxas de leptospirose e DVH com relação à precipitação anual acumulada 2000/2004 com recorte de 2006 a 2011, João Câmara/RN.



Ao realizar o teste de significância de  $r$ , tem-se:  $t_{\text{calculado}} = 0,81$ ;  $t_{\text{crítico}} = 3,01$ , então se tem:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ . Como  $t_{\text{calculado}}$  é menor que o  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 3 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula de  $\rho = 0$ .

O mesmo ocorrendo com DVH, não existe uma correlação linear, e sim uma relação funcional entre as variáveis pesquisadas.

## **ANÁLISE DOS DADOS**

Diante dos valores encontrados, verificou-se a necessidade de se fazer um recorte na amostra, resultando em duas análises, conforme descrito nas análises estatísticas, de forma que se buscassem evidências da correlação linear existente.

Ao analisar as variáveis, verifica-se que, em alguns anos onde a precipitação foi considerada elevada, as taxas de DVH e de LPT apresentaram um comportamento endêmico, fato esse que se buscou identificar que atributos contribuíram para que as taxas de internação por dias de permanência fossem elevadas quase todo o período estudado: analisando as respostas dos entrevistados, cuja pontuação recebida foi 680, abaixo da média geral, destacou-se que a drenagem das águas urbanas é deficiente, ocasionando frequentes inundações e alagamentos, a exemplo dos anos de 2000, 2010 e 2011, em que o centro do distrito de Queimadas foi bastante atingido.

Outro fato que contribui para proliferação das doenças no município foi a contaminação do lençol freático e o escoamento superficial do chorume, adicionado aos dejetos que são lançados por oito carros de limpa-fossa, diariamente, formando uma represa, além do esgoto que corre aberto e a presença de porcos dentro do lixão, que se alimentam dos dejetos dispostos na área inadequadamente. A coleta de lixo abrange 97,69% da população em 2010, no entanto, os pontos de confinamento de lixo são evidentes, principalmente na área periurbana.

Nesse contexto, quase um terço da população não tem acesso à água de boa qualidade, bastando verificar os dados do censo de 2010, em que a água encanada abastece apenas 78,63% dos domicílios e 22,19 % têm abastecimento d'água e esgotamento sanitário inadequados (PNUD, 2010).

Não há registro de investimentos no Portal da Transparência do governo federal nem nos relatórios de acompanhamento de convênios da Funasa com relação à drenagem no período estudado.

Conclui-se, no entanto, que além da ausência de drenagem no município, outros fatores citados, a ingerência das águas urbanas, contribuem para a elevada taxa de internação por dias de permanência hospitalar pelos agravos de LPT e DVH.

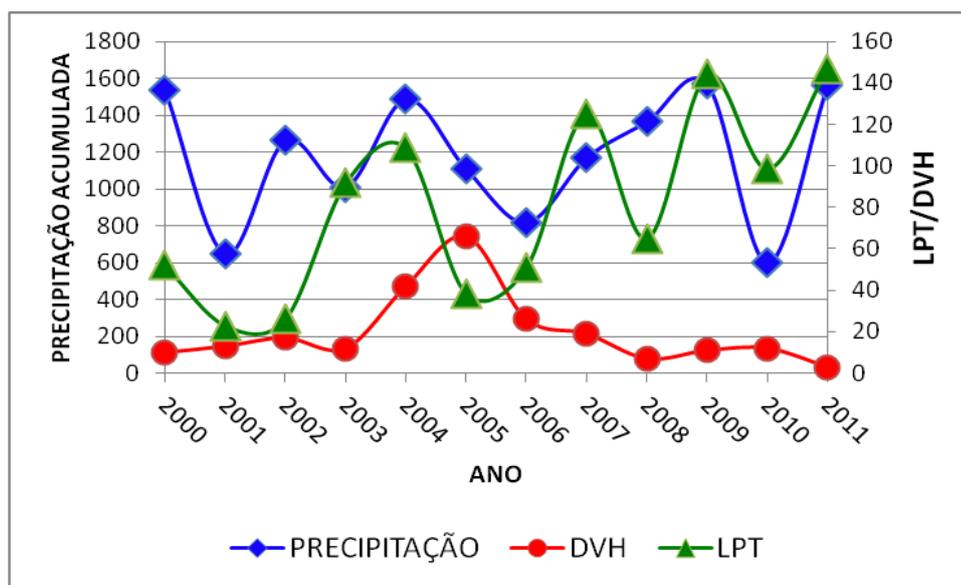
#### 4.1.18 Município de Monte Alegre

Analisando o Gráfico 26 representativo da Tabela 25 verifica-se nas precipitações elevadas que a taxa de internação por LPT também foi elevada, o mesmo não sendo observado para DVH. Para verificar a existência de correlação entre as variáveis, calculou-se o  $r$  de Pearson de forma que os valores encontrados foram:  $r = 0,42$  (correlação positiva moderada) para LPT e  $r = -0,075$  para DVH.

Tabela 25 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Monte Alegre/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	10	13	17	12	42	66	26	19	7	11	12	3
LPT	52	23	26	92	109	38	51	125	65	144	99	147
Precipitação anual (mm)	1539	647	1266	1010	1490	1110	818	1170	1367	1571	599	1562

Gráfico 26 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Monte Alegre/RN.



#### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

Correlação de Pearson  $r = 0,42$ (correlação positiva moderada)

Teste de significância de  $r$ , onde:  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2} \Rightarrow t_{\text{calculado}} = 1,48$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ . Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = -0,075$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = -0,24$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11. Não existindo, portanto, correlação linear entre as variáveis.

## ANÁLISE DOS DADOS

Buscando entender esse comportamento, a pesquisa foi intensificada para identificar que atributos contribuíram para o aumento da taxa de internação por leptospirose, cuja relação funcional se evidencia, embora não seja uma correlação linear nos anos 2004, 2007, 2009, 2011, período de forte precipitação, como mostram os dados.

Nesse aspecto verificou-se que o município vem investindo em saneamento por meio do PAC I do governo federal. O investimento obtido foi da ordem de R\$ 947.760,00 no período de 2004, aplicado na drenagem urbana a partir dessa data (BRASIL, 2012), entretanto, a manutenção ainda não é eficiente para impedir os alagamentos na época das chuvas, conforme os técnicos entrevistados.

Na avaliação desses técnicos, a drenagem urbana no município, cuja pontuação foi 820, relacionado com a drenagem das águas urbanas foi considerada ruim devido às inundações persistentes em alguns pontos da cidade, onde os canais ficam obstruídos por lixo.

No município, parte da drenagem da cidade tem como exutório a lagoa do Quirambu, que, quando sangra, suas águas atingem o riacho do Cuité, que é afluente do rio Trairi. Antes de chegar ao riacho do Cuité, as águas da drenagem se misturam com o efluente das lagoas de estabilização, que realizam o tratamento de esgoto da sede do município.

Conforme ainda os técnicos, parte da drenagem é subterrânea, porém não existe um cadastro da rede, prejudicando a manutenção, uma vez que a tubulação fica obstruída pelo lixo. A

presença de esgotos e águas residuárias nas tubulações, junto do lixo, além de provocar desgaste e obstrução, favorece o desenvolvimento de macrófitas que servem de criadouros e proliferação da *leptospira*.

De acordo com o IBGE (2010), o município tem 9,08% domicílios com abastecimento d'água e esgoto sanitário inadequados, tendo uma melhoria significativa com relação aos dados de 2000, que chegava a 43,10%. Outro aspecto melhorado refere-se à coleta de lixo, que, apesar de limitar-se à área urbana, passou de 90,16% em 2000 para 95,68% em 2010, com coleta em dias alternados.

No que se refere à variável leptospirose, observou-se no período estudado que apresentou dois padrões distintos: epidêmico no período de chuvas intensas, normalmente associado à ocorrência de inundações (ausência de drenagem) nos anos 2004, 2007, 2009 e 2011, e o endêmico, com uma diminuição dos casos nos outros anos.

Conclui-se que nesse município evidencia-se uma relação funcional das precipitações intensas com a leptospirose, que pode ser atribuído aos aspectos citados, além da ausência de manutenção dos canais e córregos, a deficiência do sistema de drenagem.

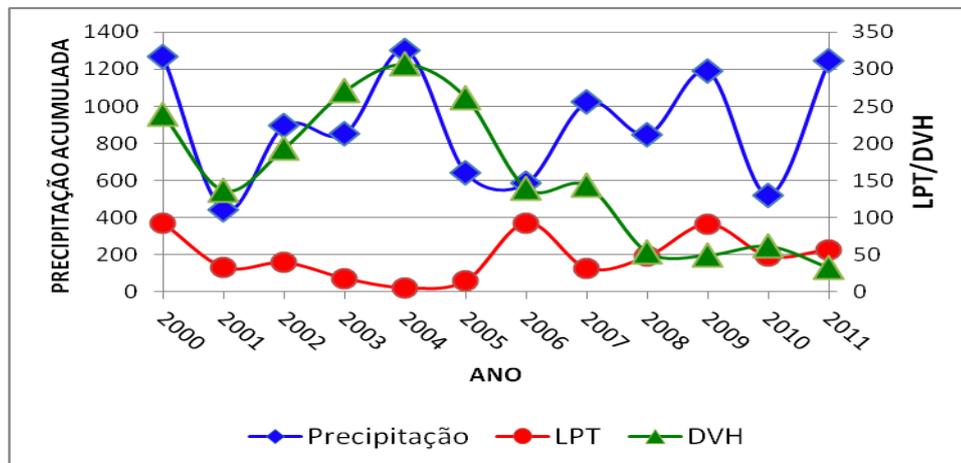
#### 4.1.19 Município de Nova Cruz

Ao analisar o Gráfico 27 representativo da Tabela 26, verifica-se que as taxas de leptospirose durante o período estudado têm uma ligeira elevação nos anos de 2000, 2006 e 2009, enquanto que DVH durante o período de 2000 a 2007 apresentou aspecto epidêmico decrescendo nos anos subsequentes; dessa forma, buscou-se identificar que atributos contribuíram para esse comportamento e qual a relação existente com as precipitações. Nesse sentido calculou-se a correlação de Pearson, cujos valores de  $r$  encontrados foram: para LPT,  $r = 0,15$  (positiva fraca) para DVH,  $r = 0,12$  (positiva fraca).

Tabela 26 - Distribuição das variáveis pesquisadas do município de Nova Cruz/RN – 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	239	137	194	271	307	262	140	144	54	50	62	33
LPT	93	33	40	18	6	15	93	32	48	91	48	57
Precipitação anual (mm)	1269	440	897	852	1304	640	584	1022	849	1188	523	1248

Gráfico 27 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência por DVH/ LPT relacionada com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Nova Cruz/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$

Correlação de Pearson  $r = 0,15$  (correlação positiva fraca)

Teste de significância  $t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$ , onde  $t_{\text{calculado}} = 0,48$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e o índice de dias de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = 0,12$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = 0,37$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11. Não existe correlação linear entre as variáveis.

### Segunda Análise

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

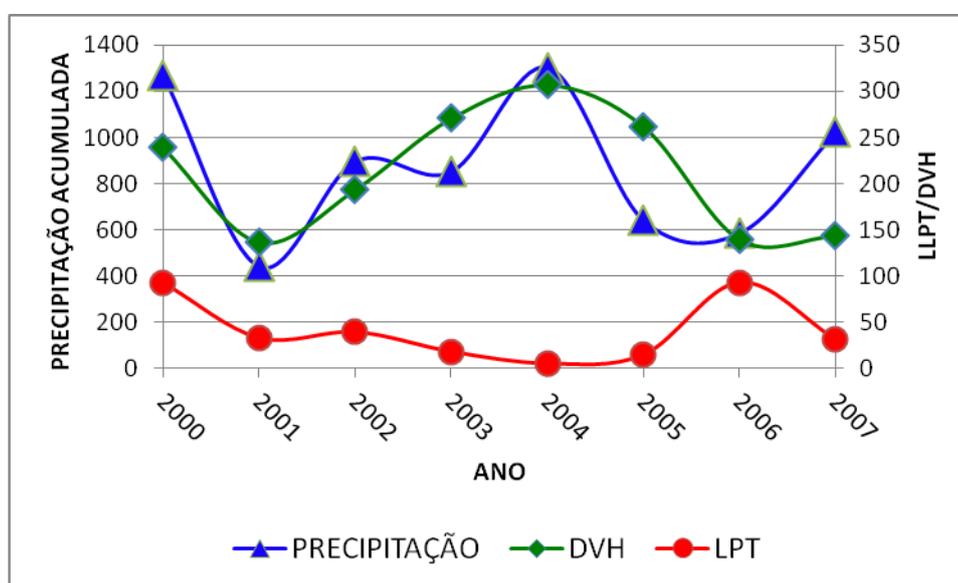
Ao analisar o Gráfico 28, representativo da Tabela 27, com recorte no período de 2000 a 2007, verifica-se a existência de uma relação entre as variáveis precipitação e DVH, para

ratificar essa hipótese, calculou-se a correlação linear de Pearson, cujo valor encontrado foi de  $r = 0,55$  (correlação positiva moderada), enquanto para LPT,  $r = -0,02$ ; diante do resultado, não se faz necessário analisar o teste de hipótese para LPT no período de 2000 a 2007.

Tabela 27 - Distribuição das variáveis pesquisadas do município de Nova Cruz/RN - 2000-2007.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
DVH	239	137	194	271	307	262	140	144
LPT	93	33	40	18	6	15	93	32
Precipitação anual (mm).	1269	440	897	852	1304	640	584	1022

Gráfico 28 – Distribuição das taxas de internação de DVH relacionado com a precipitação anual com recorte 2000-2007, Nova Cruz/RN.



#### Teste de significância para $r = 0,55$

$t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$  onde :  $t_{\text{calculado}} = 1,62$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,36$  então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 7 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de dias de internação por leptospirose.

#### ANÁLISE DOS DADOS

Ao analisar os dados do município, verifica-se que a taxa de internação da DVH no período 2000-2007 apresentou um comportamento epidêmico, passando a decair nos anos posteriores

a 2007, mesmo com as precipitações elevadas. O mesmo não ocorrendo com a LP. Nesse sentido, a pesquisa foi direcionada para identificar os atributos que contribuíram para essa variação.

Com relação aos investimentos solicitados ou conveniados com o governo federal, não há registro no Portal da Transparência de verba destinada à drenagem no período em estudo.

Com relação à drenagem e à gestão das águas urbanas, na avaliação dos gestores, a pontuação do município foi de 590, abaixo da maioria, devido à ausência de investimento na drenagem, cujos resultados refletiram nas enchentes de 2004, 2009 e 2011.

Em pesquisa de campo, foram identificados e esses dados foram ratificados pela Defesa Civil, por meio do documento de avaliação de danos (Avadan) e classificação das áreas de risco que contribuem para degradação dos corpos hídricos e que têm histórico de alagamentos, que foram:

Centro da cidade – Rua Campos Santa – o calçamento foi danificado pelas fortes chuvas de 2011; nessa área existe o risco de inundação.

No bairro Lika Moreira – instalação de uma estação de esgotamento sanitário em área de risco sujeita a inundação por ocasião da elevação das águas do rio Curimataú podendo misturar-se às águas pluviais, trazendo risco à população a exemplo de 2009.

Mananciais assoreados com construções irregulares às margens: rio Curimataú, riacho São Judas Tadeu, lagoa Santa Maria Gorete (bairro Novo Tempo), lagoa do Planalto, riacho Treze de Maio.

Presença de lixo em leito do rio seco, que favorece o assoreamento e o carreamento de resíduos por ocasião das chuvas.

Conforme ainda levantamento: 80% das ruas são calçadas com paralelepípedo, 81,96% da população têm água encanada, entretanto; 95,29% têm coleta regular de lixo (IBGE, 2010).

Conclui-se a existência de uma correlação funcional entre as variáveis precipitação e leptospirose (LPT), valendo ressaltar que a correlação linear ocorreu no período de 2000 a 2007 para DVH, portanto, bastante evidenciado que pode ser atribuído aos aspectos de vulnerabilidades com que o município se encontra com relação ao sistema de drenagem e à gestão das águas urbanas.

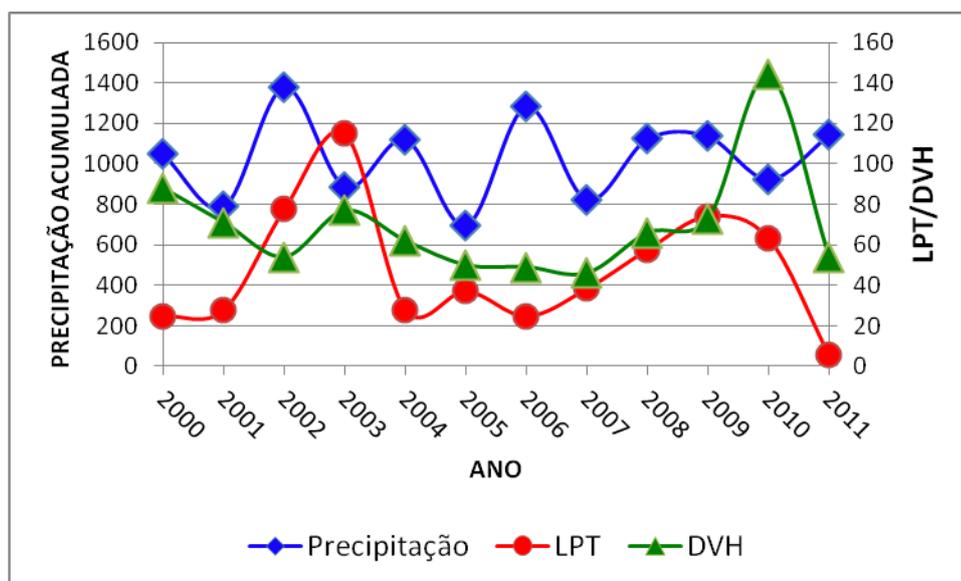
#### 4.1.20 Município de Lucrécia

Ao analisar o Gráfico 29 representativo da Tabela 28 verifica-se a ocorrência de *outlier* em LPT no ano 2003 e em DVH no ano de 2010. Nesse sentido calculou-se a correlação de Pearson cujos valores de  $r$  encontrados foram: para LPT,  $r = 0$  e para DVH,  $r = -0,2$ .

Tabela 28 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Lucrécia 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	88	71	54	77	62	50	49	46	66	73	144	54
LPT	25	28	78	115	28	37	25	39	58	74	63	6
Precipitação anual (mm)	1048	788	1381	888	1122	696	1285	824	1125	1136	925	1143

Gráfico 29 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Lucrécia/RN



#### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

#### Correlação de Pearson $r = 0$

Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e o índice de dias de internação por leptospirose, ou seja, as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

### Cálculo da correlação r de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = -0,2$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = -0,55$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11, ou seja não existe correlação linear entre as variáveis.

## ANÁLISE DOS DADOS

O reflexo das ações praticadas pelo município desde 2000 é justificado ao analisar o quadro dos agravos à saúde, proveniente das doenças de veiculação hídrica, por não serem estatisticamente lineares conforme cálculo do r de Pearson, cuja hipótese foi nula. ( $\rho = 0$ ). Como contraprova, calculou-se a correlação r de Pearson com os dados onde foram excluídos os anos que apresentaram *outlier*, tanto para LPT como para DVH, no entanto, não ocorreu alteração significativa nos resultados obtidos.

Dessa forma, a pesquisa buscou identificar que ações foram ou estão sendo desenvolvida pelo município que vêm contribuindo para o controle da leptospirose (LPT) e da DVH.

Na opinião dos gestores e técnicos, a drenagem foi classificada como boa com pontuação de 1250, cuja drenagem é toda superficial, com 98% das ruas pavimentadas, com saneamento adequado em 94% na área urbana e 59,9% na área rural.

O município de Lucrécia tem atributos pouco identificados nos outros municípios da bacia onde se insere, a exemplo dos investimentos constantes do Portal da Transparência do governo federal em convênio com o município, que alguns vêm sendo efetivados e outros já concluídos conforme dados abaixo:

Ano 2000 – investimentos na construção de esgotamento sanitário no valor de 39.963,00.

Ano 2000 – investimentos na área de saneamento básico no valor de 99.900,00.

Ano 2001 – investimentos na área de drenagem no valor de 147.200,00.

Ano 2002 – investimentos na área de drenagem no valor de 100.000,00.

Ano 2011 – investimentos na área de drenagem superficial no valor de R\$ 146.950,00.

Ano 2011 – investimentos na implantação de coleta seletiva no valor de R\$ 250.000,00.

De acordo com o Relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 80,68% da população era beneficiada com água encanada em 2010 e 98,86% da população urbana tinha coleta domiciliar de lixo (PNUD, 2010).

No aspecto da saúde, buscou-se na Secretaria de Saúde do Estado, informações a respeito do município, cujo resultado ratificasse a qualidade da saúde ambiental no município, configurando e evidenciando a influência da drenagem urbana no município, refletindo o resultado nas ações e nos investimentos aplicados.

Fato comprovado mediante a avaliação do SUS, em que o município de Lucrécia atingiu o melhor índice (6,87) em 2011/2012, dentre todos os outros municípios do Estado do RN, sendo o primeiro colocado na avaliação de desempenho do SUS (IDSUS, que é um indicador síntese que faz uma contextualização atualizada do desempenho do Sistema Único de Saúde (SUS) quanto ao acesso potencial ou obtido e a efetividade da Atenção Básica, das Atensões Ambulatoriais e Hospitalares e das Urgências Emergências.

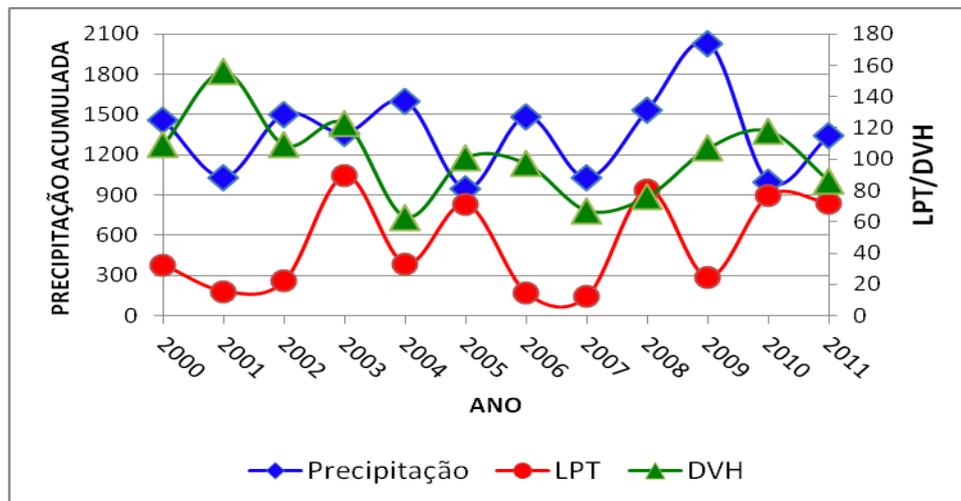
#### 4.1.21 Município de Martins

Ao analisar os dados do Gráfico 30, representativo da Tabela 29, verifica-se que a taxa de internação por LPT não sofreu variação ao se relacionar com a Precipitação, apesar de que, na maioria dos anos, foi superior à média anual, que é de 1114,6 mm, enquanto a taxa de internação por DVH apresentou valores elevados, exceto nos anos de 2004 e 2007. Para verificar a existência de relação entre as variáveis, calculou-se a correlação linear entre as variáveis, cujo valor de  $r = -0,20$  (correlação negativa fraca) para LPT e  $r = -0,23$  para DVH.

Tabela 29 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Martins/RN, 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	109	156	109	123	63	101	97	67	76	107	118	86
LPT	32	16	22	89	33	71	14	12	80	24	77	72
Precipitação anual (mm)	1459	1031	1502	1361	1599	944	1484	1025	1533	2030	997	1340

Gráfico 30 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Martins/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

Correlação de Pearson  $r = -0,20$

Teste de significância de  $r \Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2} \Rightarrow t_{\text{calculado}} = -0,65$ ;  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ .

Como a razão  $t_{\text{calculado}}$  é menor que  $t_{\text{crítico}}$ , ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e o índice de dias de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = -0,23$  (correlação negativa fraca,) tem-se  $t_{\text{calculado}} = -0,75$ , onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{calculado}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

## **ANÁLISE DOS DADOS**

O município de Martins tem uma peculiaridade em relação a outros municípios pesquisados; deve-se ao fato do relevo variar de 400 a 800 metros de altitude. A área do município abrange dois tipos de rochas diferentes que caracterizam dois períodos distintos na evolução geológica da região. O primeiro, representado pelo Embasamento Cristalino, de Idade Pré-Cambriana, 1.000-2.500 milhões de anos, com granitos, migmatitos variados, Martgnaisses, xistos, anfibolitos, calcários matamórficos. Como cobertura do Embasamento Cristalino, restritos ao topo da serra, encontram-se rochas sedimentares da Formação Serra do Martins, base do Grupo Barreiras (CPRM, 2005).

Essa formação geológica favorece a infiltração das águas pluviais e o escoamento por fissuras formadas nas rochas. Outro fato que merece destaque são os chafarizes comunitários, onde parte da população é abastecida e outra parte, 76,20 %, é feita através de distribuição realizada pela Caern, proveniente do município de Lucrécia.

Na avaliação dos técnicos entrevistados, referente ao sistema de drenagem e gestão das águas pluviais cuja pontuação foi 1260, o município não tem problema de alagamento. O maior problema de Lucrécia é a contaminação dos poços artesianos em algumas localidades onde foram desativados e utilizados como fossa séptica.

Ratificando essa informação, em entrevistas realizadas com moradores, ele se queixam de que muitos poços foram desativados devido à qualidade da água que estava sendo contaminada com nitrato, provocando internações em razão de doenças de DVH.

Em 2006, o município investiu R\$ 795.560,00 em drenagem, por convênio com o Ministério das Cidades, cujas ações refletem na ausência de alagamento e inundações. As águas pluviais são escoadas rapidamente devido à topografia local.

Não existe rede coletora de esgotos; são utilizadas fossas sépticas; a drenagem das águas pluviais é feita por canaletas superficiais abertas que são escoadas serra abaixo.

Conclui-se, portanto, que as taxas de DVH são elevadas, não pela ausência da drenagem, mas sim pela falta de gestão das águas residuárias, pela ausência de manutenção periódica na rede de drenagem das águas pluviais existente.

Embora estatisticamente não foi significativa a correlação linear entre as variáveis, entretanto, no que se refere às DVH, evidencia-se uma relação funcional, já que ao suprimir os anos *outlier* em DVH, o valor de  $r$  passou de negativo fraco a negativo moderado ao nível de significância de 0,05, com  $gl$  (9).

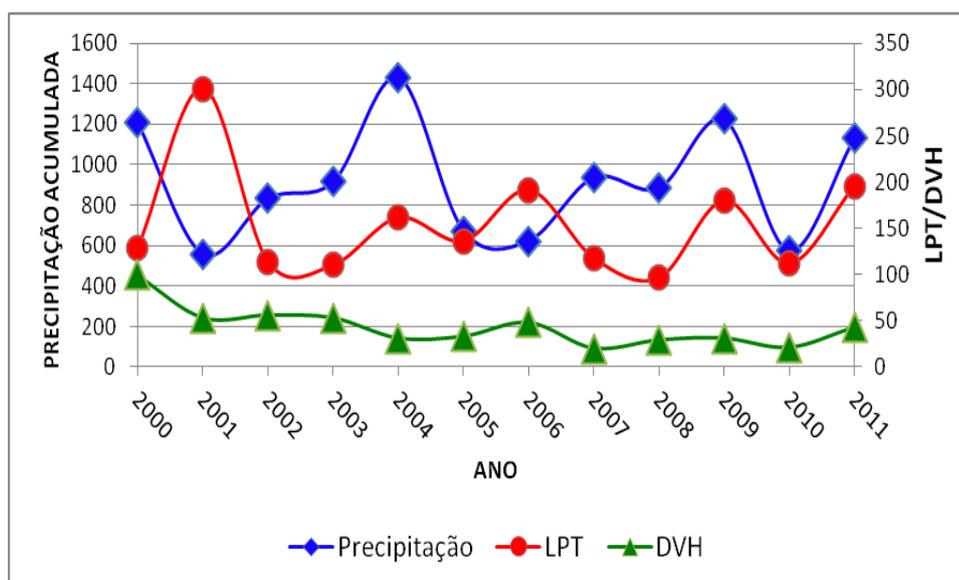
#### 4.1.22 Município de Santo Antônio

Ao analisar os dados do Gráfico 31, representativo da Tabela 29, verifica-se que a taxa de internação por LPT não evidencia grandes variações ao se relacionar com a Precipitação, porém é bastante elevada, quando relacionada às taxas de DVH. Para verificar a existência de relação entre as variáveis, calculou-se a correlação linear entre as variáveis, cujo valor de  $r = -0,15$  (correlação negativa fraca) para LPT e  $r = 0,15$  (positiva fraca) para DVH.

Tabela 30 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Santo Antônio/RN, 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	99	53	56	53	31	33	48	20	29	31	21	43
LPT	129	301	114	110	162	136	191	118	96	180	112	195
Precipitação anual (mm)	1208	557	833	916	1432	673	623	937	884	1225	573	1130

Gráfico 31 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Santo Antônio/RN.



## Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

Correlação de Pearson  $r = -0,15$

Teste de significância de  $r \Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$t_{\text{calculado}} = -0,48$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$

Como a razão  $t_{\text{calculado}} = -0,48$  é menor que  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de dias de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = 0,15$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = 0,48$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

## ANÁLISE DOS DADOS

Conforme a Emparn, o ano de 2001 foi classificado como seco, sendo os demais classificados como chuvosos a muitos chuvosos. Entretanto, ao analisar os dados do município, verifica-se que nos anos de 2001, 2005, 2006 e 2010, as precipitações foram abaixo do normal nesse período em estudo, que é de 791,7 mm. No entanto, as taxas de internação por doenças em estudo permaneceram durante todos os anos, sobressaindo em 2001, quando registra o menor índice de precipitação, mas com características endêmicas em todos os outros anos (informação verbal).<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Informação prestada pelo meteorologista Gilmar Bristot da Emparn em 2012.

Analisando o fato, buscou-se identificar que ações contribuíram para essa ocorrência, comparando com os demais anos. Conforme verificado, em 1998, foi conveniado com os Ministérios Integração, das Cidades e Saúde, por meio da Funasa, investimento no valor de 2.595.783,00 para drenagem, esgotamento sanitário e resíduos sólidos, entretanto essas ações não foram suficientes para refletir na saúde da população.

As obras iniciaram-se quase dois anos após o financiamento, fato esse que evidencia a ineficiência na gestão das águas urbanas, no entanto, conforme os técnicos, a ausência da drenagem e deficiência da existente, contribui para o empoçamento, além de se misturar com a água de esgoto que corre aberto, e o lixo é disposto inadequadamente.

Embora estatisticamente não se confirmasse uma correlação linear de Pearson, identificou-se, no entanto, uma relação funcional com a má gestão das águas, a exemplo de presença de esgoto aberto na periferia da cidade, pontos de confinamento de lixo em vários locais, inclusive junto da rede de esgotos.

Para ratificar essa observação, basta verificar os dados do PNUD, que indicam que 20,88% da população em 2010 continuavam com abastecimento d'água e esgotamento sanitário inadequado, enquanto em 2000, esse número era de 44,86%.

Ainda na avaliação dos entrevistados, 30% do município não é calçado, a coleta de lixo é regular, ou seja, diariamente, no entanto, a população tem a cultura de jogar lixo nos riachos e lugares desocupados.

Sendo assim, conclui-se que a taxa elevada de internação por leptospirose está diretamente relacionada com a ausência do sistema de drenagem, da gestão das águas urbanas dos resíduos e da educação ambiental da população, refletindo na saúde pública dos municípios.

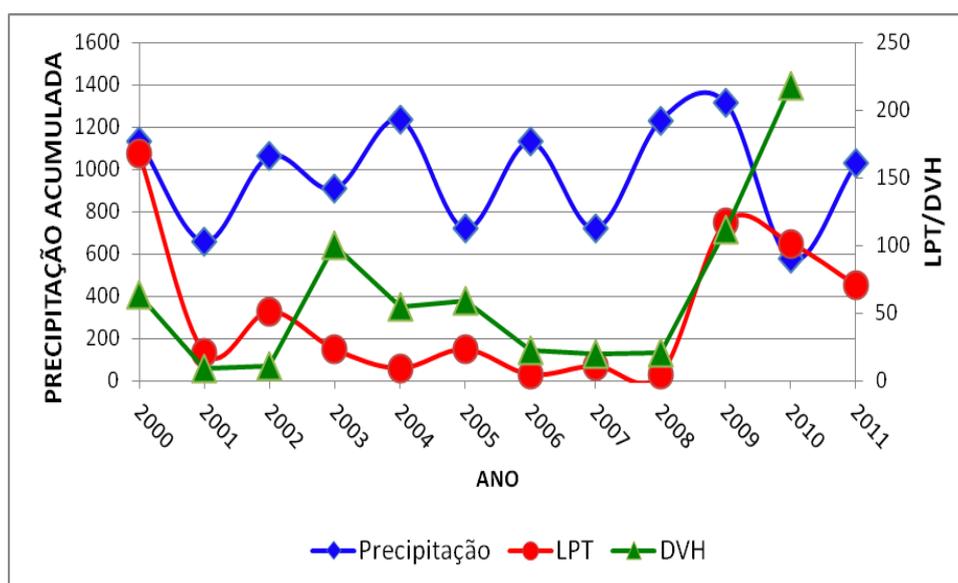
#### **4.1.23 Município de Serrinha dos Pintos**

Ao analisar o Gráfico 32 representativo da Tabela 31, verificam-se três eventos em que a leptospirose atinge taxa de internação superior aos outros, dos quais 2000 e 2009 foram classificados pela Emparn como chuvosos. A mesma análise é feita para DVH, verificando-se os anos de 2000, 2009, 2010, 2011 como chuvosos e 2003 como ano seco. Para verificar a existência de correlação, buscou-se calcular r de Pearson, cujo valor encontrado para r = 0,14 (positiva fraca), para LPT, e para DVH, r = - 0,21 (negativa fraca).

Tabela 31 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Serrinha dos Pintos/RN, 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	64	9	11	100	55	59	23	20	21	112	218	148
LPT	168	21	51	23	9	23	5	11	4	117	101	71
Precipitação anual (mm)	1135	659	1062	908	1236	720	1130	721	1231	1314	576	1028

Gráfico 32 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Serrinha dos Pintos/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Buscando entender se existe uma correlação entre as variáveis estudadas, calculou-se a correlação  $r$  de Pearson, para:

#### Precipitação x Leptospirose

Parte-se da hipótese nula, em que  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$

Correlação de Pearson  $r = 0,14$  (correlação positiva fraca)

Teste de significância de  $r \Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$t_{\text{calculado}} = 0,447$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$

Como a razão  $t_{\text{calculado}} = 0,447$  é menor que  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula, ( $\rho = 0$ ). Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas a taxa de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Correlação de Pearson  $r = -0,21$  (correlação negativa fraca)

Se  $r = -0,21$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = -0,679$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11. Não se evidencia correlação linear entre as variáveis.

## **ANÁLISE DOS DADOS**

Buscando entender o aspecto epidêmico da leptospirose em 2000, 2009 e 2011, anos considerados chuvosos, e 2010, considerado no município como um ano seco, o mesmo ocorrendo com as doenças de DVH, verificou-se que o município investiu em saneamento pelo PAC I e PAC II. Investimento obtido foi da ordem de R\$ 1.298.920,00 no período de 2006, aplicado na implantação de abastecimento d'água, rede de esgotos e drenagem a partir dessa data (BRASIL, 2012). Fato esse que pode ser atribuído à diminuição das doenças nos dois anos subsequentes.

Outros investimentos foram feitos: em 2008 e 2009 foram investidos, R\$ 243.750,00 e R\$ 78.000,00 em pavimentação e drenagem, respectivamente. Tendo como concedente o Ministério das Cidades.

A coleta de lixo é diária, feita em ruas alternadas, atingindo 93,38 % dos domicílios da área urbana (IBGE, 2008). Não existe rede coletora de esgotamento sanitário. Na maioria, é feito por meio de fossa séptica (sumidouro);

Não tem histórico de inundações. O manejo das águas urbanas é feito superficialmente, entretanto existe o risco, como foi constatado, de que a creche da cidade foi construída em cima de uma caneleta de água pluvial, por onde também passam as águas residuárias, denominada de bueiro.

Conforme técnicos entrevistados, o risco fica por conta dos mananciais que abastecem a cidade; por falta de rede coletora de esgotos e aparelhos sanitários, por ocasião das chuvas, os

dejetos são escoados para dentro dos mananciais, a exemplo do açude Walter Magn, que foi interditado para abastecimento, devido à poluição proveniente de fezes humanas. No que se refere à drenagem, o escore do município foi 900, avaliado como regular, necessitando de manutenção e expansão da rede de drenagem;

Têm acesso a água encanada 93,51% da população, enquanto 6,53% tem esgotamento sanitário e abastecimento d'água inadequado (PNUD, 2010).

Conclui-se que, embora estatisticamente não se tenha evidenciado a correlação linear entre as variáveis no período 2000-2011, a relação funcional foi identificada com as variáveis LPT e precipitação, enquanto com DVH, nos anos em que a precipitação foi elevada, evidenciou-se uma correlação negativa forte.

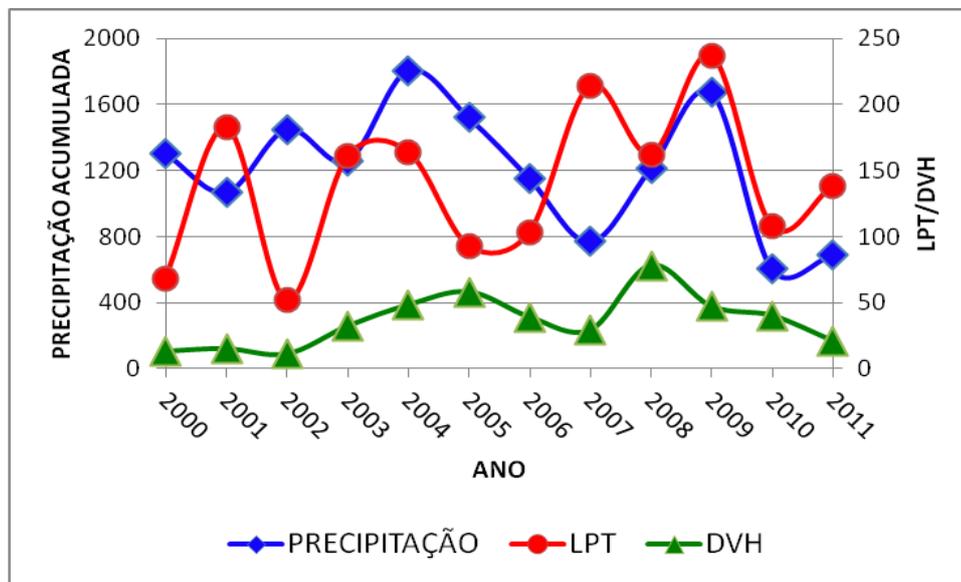
#### 4.1.24 Município de Touros

Ao analisar o Gráfico 33, representativo da Tabela 32, verificam-se precipitações elevadas no período em relação à média anual, que é de 1.069,7 mm. Por ser uma área litorânea, sofre influências das marés, apresentando taxas elevadas de LPT em nível epidêmico e DVH de forma endêmica; sendo assim, buscou-se verificar a correlação linear entre as variáveis. Calculou-se o r de Pearson cujo valor encontrado foi de  $r = 0,01$  para LPT e  $r = 0,26$  para DVH.

Tabela 32 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Touros/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	13	15	11	32	48	58	39	29	78	47	40	21
LPT	69	183	52	161	164	93	103	214	162	237	108	138
Precipitação anual (mm)	1305	1069	1450	1258	1806	1521	1153	769	1213	1672	605	691

Gráfico 33 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual 2000-2011, Touros/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$

Correlação de Pearson  $r = 0,01$

Teste de significância de  $r \Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$t_{\text{calculado}} = 0,0316$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ ;

Como a razão  $t_{\text{calculado}} = 0,0316$  é menor que  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e o índice de dias de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = 0,26$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = 0,851$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

## Segunda Análise

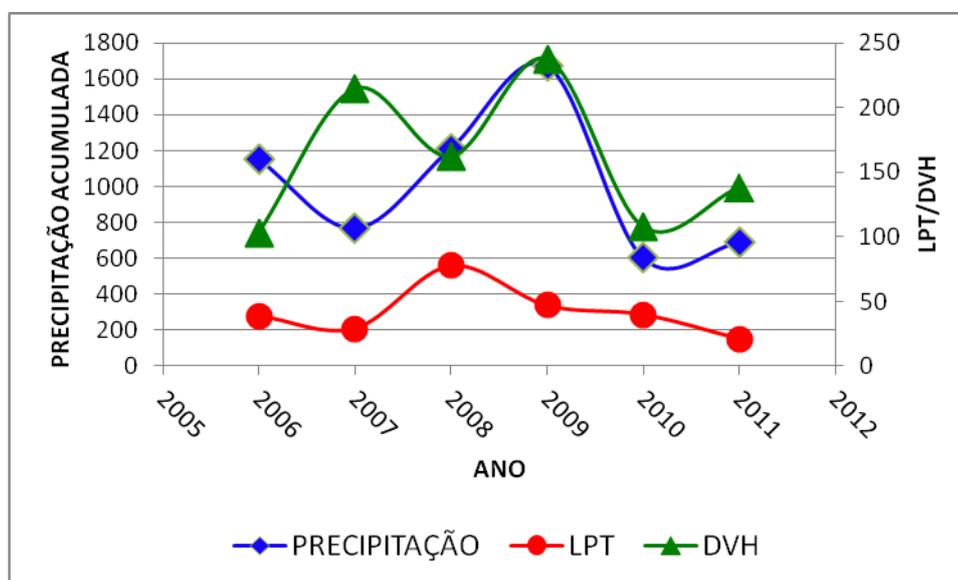
Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação, LPT e DVH

Ao analisar a Tabela 33, representada no Gráfico 34, evidencia-se uma correlação entre as variáveis, precipitação e LPT, para ratificar essa hipótese, calculou-se  $r$  de Pearson cujo valor de  $r = 0,52$ . (correlação positiva moderada) e para DVH,  $r = 0,52$  (correlação positiva moderada).

Tabela 33 – Dado das variáveis pesquisadas do município de Touros/RN 2000- 2011 com recorte para 2006 a 2011.

Variáveis	2006	2007	2008	2009	2010	2011
LPT	39	29	78	47	40	21
DVH	103	214	162	237	108	138
Precipitação anual (mm)	1153	769	1213	1672	605	691

Gráfico 34 - Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2006/2011, Touros/RN.



### Teste de significância de $r$

$$t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2} \Rightarrow t_{\text{calculado}} = 1,22; t_{\text{crítico}} = 2,57 \text{ então :}$$

Se  $r = 0,52$  (correlação positiva moderada), tem-se  $t_{\text{calculado}} = 1,22$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,57$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se rejeita a hipótese nula, no nível de significância de 0,5 com grau de

liberdade 5. Não evidencia uma correlação linear, entretanto evidencia uma relação funcional. O mesmo ocorrendo para DVH.

### **ANÁLISE DOS DADOS**

Analisando os dados das variáveis em estudo, verifica-se que as precipitações no período estudado são superiores à média anual, que é de 1.069,7mm, exceto os anos 2007, 2010, 2011, e ao se fazer uma segunda análise, verificou-se uma correlação linear moderada entre a Precipitação e a LPT e Precipitação e DVH. Como em ambos os casos as taxas foram altas nesse período, buscou-se identificar que atributos contribuíram para esse comportamento:

De acordo com os técnicos entrevistados, cuja pontuação do município foi 600, a drenagem foi avaliada como ruim; os investimentos obtidos pela prefeitura são insuficientes para a demanda.

Fato esse que se reflete na qualidade dos mananciais, a exemplo do rio Maceió e as lagoas Coelho e Boqueirão, que atravessam a cidade e se encontram totalmente poluídas, e no período de maré alta, as ruas próximas à Prefeitura ficam todas alagadas por falta de drenagem.

Apesar da coleta dos resíduos na área urbana ser diária e atingir 99,61% dos domicílios, ainda há presença de pontos de confinamento de lixo às margens e dentro dos canais, provocando o assoreamento, além de que 20,05 % de pessoas domiciliadas têm abastecimento d'água e esgotamento sanitário inadequados (PNUD, 2010).

O município investiu na implantação da drenagem das águas pluviais em 2000, cujo investimento foi na ordem de R\$ 189.200,00, mas a manutenção é precária e não refletiu na saúde da população (BRASIL, 2012).

Conclui-se que o aspecto epidêmico da leptospirose no município, no período estudado, está diretamente ligado à deficiência da drenagem das águas urbanas e da disposição inadequada dos resíduos, favorecendo a proliferação da leptospirose e comprometendo os mananciais.

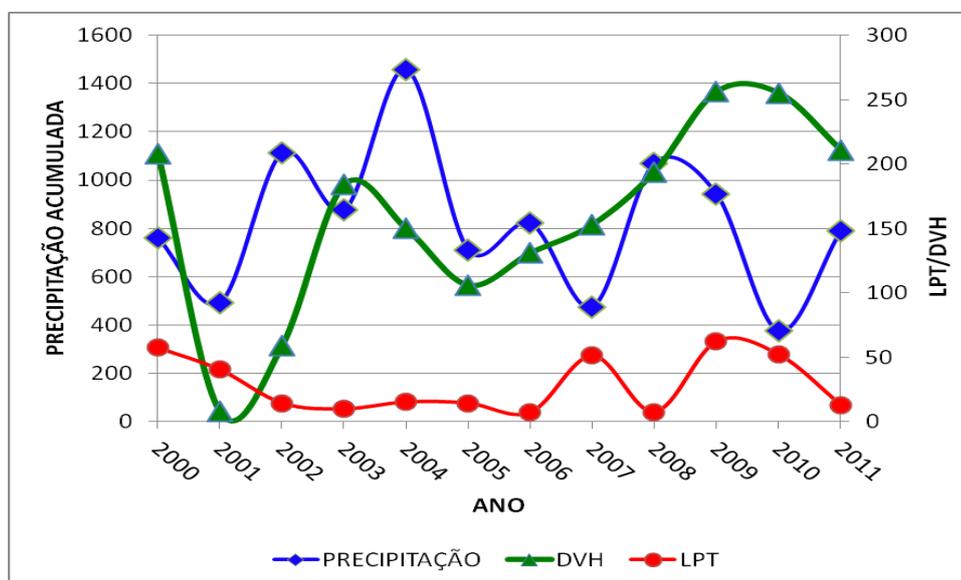
#### 4.1.25 Município de Umarizal

Ao analisar o Gráfico 35 representativo da Tabela 34, verifica-se que as taxas de internação por DVH, são bem superiores às taxas por LPT. Fez-se necessário identificar o que contribuiu para o comportamento das doenças nesse período estudado. Para verificar a evidência de correlação com as precipitações elevadas, calculou-se  $r$  de Pearson, cujo valor = - 0,50 para LPT e  $r$  = - 0,01 para DVH.

Tabela 34 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Umarizal/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	208	8	59	184	150	106	131	153	194	256	255	211
LPT	58	41	14	10	15	14	7	52	7	63	52	13
Precipitação anual (mm)	761	494	1111	876	1457	710	822	476	1071	941	376	789

Gráfico 35 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Umarizal/RN.



## Análise Estatística

Cálculo da correlação r de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

Correlação de Pearson r = - 0,50 (correlação negativa moderada)

Teste de significância de r =  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$t_{\text{calculado}} = - 1,844$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}} = - 1,884$  é menor que  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula, ( $\rho = 0$ ). Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações anuais e a taxa de internação por leptospirose, no entanto há uma forte relação funcional entre elas.

Cálculo da correlação r de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = - 0,01$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = - 0,0374$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

## ANÁLISE DOS DADOS

Na análise da correlação linear entre as variáveis precipitações x leptospirose e precipitação x DVH, verificou-se que a correlação entre a precipitação e a leptospirose evidencia uma correlação negativa moderada, e com relação a DVH, o r de Pearson foi pouco significativo. Isso se deve ao fato de não existir uma correlação linear. No entanto, com relação a DVH, evidencia-se uma relação funcional, onde a DVH como variável dependente é perfeita e univocamente determinada pela precipitação, que é a outra variável independente.

Para ratificar essa relação, e entender esse comportamento dos agravos relacionados com a drenagem das águas urbanas, buscou-se identificar que atributos contribuíram para esse comportamento no período em estudo. Sendo assim, verificou-se que o município tem problemas sérios de contaminação dos seus recursos hídricos, devido a ausência de rede de esgotos, com os canais de águas pluviais totalmente obstruídos com lixo, plantas invasoras, além do esgoto, que é carreado para os mananciais.

Também há histórico de inundações durante o período de chuvas intensas, a exemplo de abril de 2008, quando a lâmina d'água na cidade atingiu mais de 1 m, de acordo com os técnicos da Prefeitura, cuja pontuação obtida pelo município foi 600, enfatizando a drenagem como ruim, pela ausência da manutenção e deficiência em diversas áreas da cidade.

O município investiu em drenagem e resíduos sólidos. Em 2002, o investimento adquirido por meio da Funasa, Ministério das Cidades e do Turismo foi de R\$ 1.276.800,00, cuja infraestrutura foi implantada sem que houvesse integração dos demais serviços de saneamento.

Fato esse que é ratificado com os dados do PNUD (2010), que 16,57 % dos domicílios tinham abastecimento d'água e esgotamento sanitário inadequado e 9% sem coleta de lixo, que é realizada de forma regular na área urbana, apesar de ambos os serviços terem obtido um acréscimo em relação a 2000 bastante significativo, passando de 52,13% para 90,33% em 2010 dos domicílios com água encanada e de 85,39% para 91,29%, em 2010, em relação à coleta de lixo na área urbana.

Dessa forma, conclui-se que a taxa elevada de internação por doenças de veiculação hídrica está diretamente ligada à qualidade da água, à ausência de manutenção da rede de drenagem das águas pluviais, à falta de integração dos serviços básicos de saneamento, à ausência de educação ambiental da comunidade e indiretamente ligada às precipitações elevadas, uma vez que, com as chuvas, há uma condução dos contaminantes aos mananciais que abastecem o município devido ao esgoto.

A correlação existente entre as variáveis, precipitação e LPT deve-se à ausência de manutenção da rede de drenagem, somada à limpeza dos canais que cortam a cidade, além dos resíduos dispostos inadequadamente.

#### **4.1.26 Município de Riacho da Cruz**

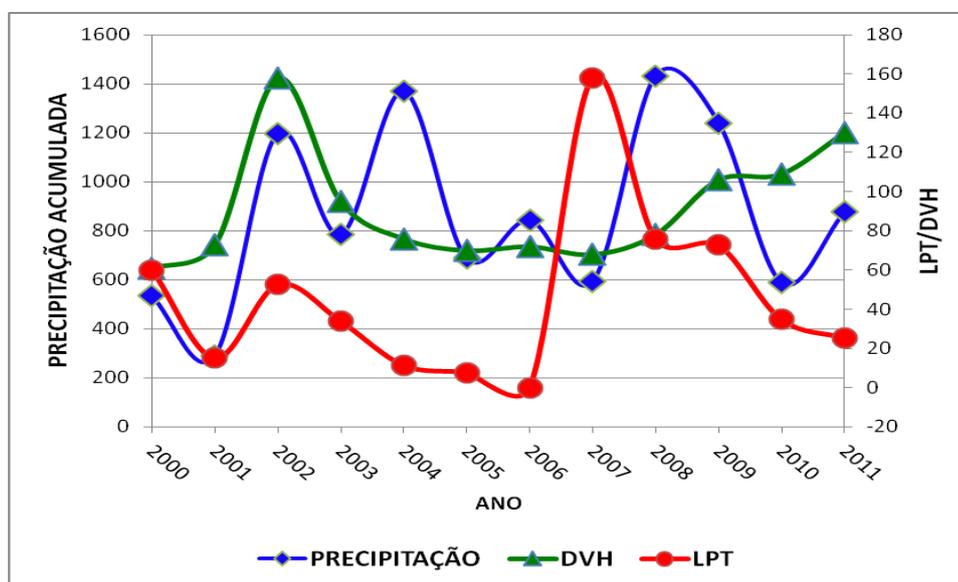
Ao analisar o Gráfico 36 representativo da Tabela 35, verifica-se que a DVH teve um comportamento endêmico, embora nos anos de 2002, 2009, 2010 e 2011 foi superior a incidência de leptospirose, que teve um comportamento epidêmico apenas em 2007, com precipitação abaixo do normal, o que caracteriza um *outlier* em LPT nesse ano (2207). Para verificar a correlação existente, calculou-se  $r$  de Pearson, cujo valor foi  $r = 0,04$  para LPT e  $r$

= 0,33 para DVH, e posterior em uma segunda análise o valor de r com a supressão do ano citado.

Tabela 35 – Dados das variáveis pesquisadas do município de Riacho da Cruz/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	61	73	158	95	76	70	72	68	78	106	109	130
LPT	60	15	52	34	11	7	0	158	76	73	35	25
Precipitação anual (mm)	536	289	1198	784	1369	688	843	594	1432	1240	588	878

Gráfico 36 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Riacho da Cruz/RN.



### Análise Estatística

#### Cálculo da correlação r de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

#### Correlação de Pearson $r = 0,04$ (correlação positiva fraca)

Teste de significância de r  $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$t_{\text{calculado}} = 0,112$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}} = 0,112$  é menor que  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não

correlação linear entre as precipitações acumuladas e o índice de dias de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = 0,33$  (correlação positiva moderada), tem-se  $t_{\text{calculado}} = 1,103$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11. Não há evidência de correlação linear entre as variáveis.

### Segunda Análise

Como se verificou em 2007 a ocorrência de *outlier* em LPT, dessa forma buscou-se calcular a correlação de Pearson excluindo a taxa relativa a esse ano, cujo valor encontrado para  $r = 0,41$ , o que evidencia uma correlação positiva moderada a 0,05 de significância e gl 10 e para DVH,  $r = 0,29$  (correlação positiva fraca).

## ANÁLISE DOS DADOS

Na análise da correlação linear entre as variáveis precipitações x leptospirose, precipitação x DVH, verificou-se que a correlação entre a precipitação e a leptospirose evidencia uma correlação positiva fraca, para o período estudado, entretanto, com o recorte do *outlier* em 2007, a correlação sofre alteração na magnitude, passando para positiva moderada.

Com relação a DVH, o  $r$  de Pearson foi positiva moderada, na primeira análise, não sendo significativa na segunda análise, embora as taxas de LPT apresentem um comportamento endêmico com taxas de DVH mais elevadas.

Para ratificar essa relação, e entender esse comportamento dos agravos relacionados com a drenagem das águas urbanas, buscou-se identificar que atributos contribuíram para ocorrência das doenças de DVH e de LPT, com relação às precipitações.

Assim, verificou-se na pesquisa de campo e nos relatórios de acompanhamento da Funasa/RN que o município superou os problemas de alagamentos e inundações anteriores a 2004.

Dentre os demais municípios, Riacho da Cruz se destaca pelas ações integradas de saneamento; basta verificar os investimentos aplicados desde 2000, e desde 2004, após chuvas intensas na bacia e no município, que provocaram alagamento e inundação, em que o governo estadual decretou estado de calamidade pública (Decreto n.º 17.335, de 3 de fevereiro de 2004), os gestores têm focado suas ações em drenagem das águas pluviais urbanas, sem se esquecer dos demais elementos do saneamento básico, conforme dados do Portal da Transparência do governo federal e relatórios de acompanhamento dos ministérios concedentes:

Investimentos em pavimentação e drenagem: 2000 a 2008 = R\$ 365.300,00, tendo como concedente o Ministério das Cidades.

Investimento em esgotamento sanitário: em 2002 – R\$ 448.774,00, tendo como concedente - Ministério da Saúde.

Investimento em Resíduos Sólidos: em 2009 – R\$ 200.000,00, concedente a Funasa/MS.

Investimento em Abastecimento d'água – em 2008 – R\$ 350.000,00, concedente o Ministério da Saúde.

Ratificando esses dados, com a pesquisa de campo, tem-se que na avaliação dos técnicos, gestores e comunidade, cuja pontuação foi 1150, bem acima da média, o município tem 98% das ruas pavimentadas e com sistema de drenagem, cujo item foi classificado como ótimo na avaliação geral dos entrevistados.

Dados do Relatório de Desenvolvimento Humano do PNUD (2010) indicam que 87,82 % das residências em 2010 tinham água encanada. Conforme ainda os técnicos da Prefeitura, os 13% restantes são abastecidas por poços artesianos.

Ainda conforme dados do IBGE (2008), tem coleta de lixo 99,25% da população domiciliar urbana. Fatos esses que são ratificados com os dados do PNUD, segundo os quais, em 2010, tinham abastecimento d'água e esgotamento sanitário inadequado 16,57 % dos domicílios e 9% sem coleta de lixo, que é realizada de forma regular na área urbana, apesar de ambos os serviços terem obtido um acréscimo em relação a 2000 bastante significativo, passando de 52,13% para 90,33% em 2010 dos domicílios com água encanada e de 85,39% para 91,29%, em 2010, quanto à coleta de lixo na área urbana.

Conclui-se que, como as taxas de DVH foram elevadas justamente nos anos considerados pela Empann como chuvosos, 2002, 2008 a 2011, evidenciando uma relação funcional entre as variáveis, já que o município tem um sistema de drenagem eficiente, coleta de esgoto e lixo, são refletidos nas taxas (baixas) de internação por leptospirose, o que não significa dizer que não existe uma correlação linear entre as variáveis, LPT e precipitação, como estatisticamente comprovado, onde com  $r = 0,41$ , 0,05 de significância e gl 10.

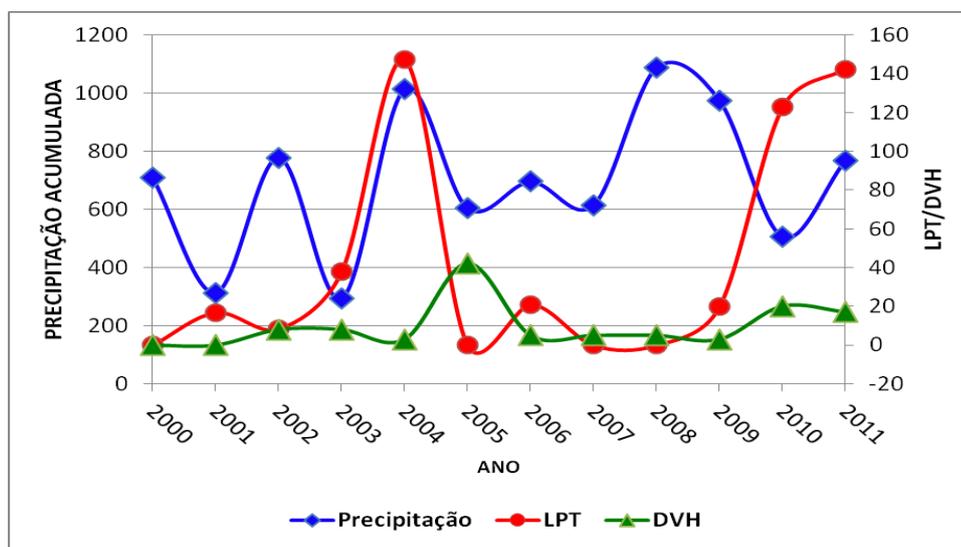
#### 4.1.27 Município de Santana do Seridó

Ao analisar os dados da Tabela 366 representativa no Gráfico 37, verifica-se que o município apresenta um quadro epidêmico relativo à leptospirose em 2004, 2010, 2011 e quatro sem registro de caso que foram em 2000, 2005, 2007, 2008. Com relação a DVH, só em 2005 houve um dado representativo sem evidenciar epidemia. Para verificar a existência da correlação entre as variáveis, calculou-se  $r$  de Pearson, cujos valores encontrados foram: para LPT,  $r = 0,11$  (positiva fraca) e para DVH  $r = -0,17$  (Negativa fraca).

Tabela 36 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Santana do Seridó/RN 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	0	0	8	8	3	42	5	5	5	3	20	17
LPT	0	17	8	38	147	0	21	0	0	20	123	143
Precipitação anual (mm)	710	313	779	293	1015	604	696	615	1088	976	506	769

Gráfico 37 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada 2000-2011, Santana do Seridó/RN.



## Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

### Correlação de Pearson $r = 0,11$

Teste de significância de  $r =$   $\Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$t_{\text{calculado}} = 0,354$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}} = 0,354$  é menor que  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de internação por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = -0,17$  (correlação negativa fraca), tem-se  $t_{\text{calculado}} = -0,556$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

## Segunda Análise

Ao retirar os *outliers* correspondentes aos anos 2004, 2009 e 2011, a correlação de Pearson se evidencia na variável LPT e precipitação, cujo valor de  $r = -0,47$ , passando de positivo fraco para negativo moderado, enquanto com DVH, o valor de  $r = -0,14$  (negativo fraco) diminui em valor, permanecendo negativo,  $r = -0,08$ .

## ANÁLISE DOS DADOS

Na análise da correlação linear entre as variáveis precipitações x leptospirose, precipitação x DVH, verificou-se que a correlação entre a precipitação e a leptospirose evidencia uma correlação positiva fraca, na primeira análise, passando a negativa moderada na segunda análise. Com relação a DVH, o  $r$  de Pearson foi negativa fraca. No entanto, embora evidencie uma correlação linear com a LPT e precipitação, e com DVH uma relação funcional, buscou-

se identificar por que a ausência da doença em quatro anos, cujas taxas foram iguais a 0 (zero), inclusive em um ano (2008) em que a precipitação foi a maior dos doze anos pesquisados para o município.

Para entender esse comportamento do agravo relacionado com as águas urbanas, buscou-se identificar que atributos contribuíram para essas ocorrências.

Em razão do relevo do local onde foi construída, Santana do Seridó não enfrenta problemas com excesso de chuvas; as águas pluviais são escoadas superficialmente, não ocorrendo empoçamento e toda a drenagem é 100% superficial.

No que se refere ao saneamento básico, o município atende 82,57% da população com água encanada e 100% da população tem coleta de lixo domiciliar. Não existem esgotos abertos, cuja rede de esgotos é 100% subterrânea; 80% das ruas são calçadas (uso de paralelepípedo), 2% asfaltada e 18% sem calçamento.

Na avaliação dos entrevistados, o município recebeu a maior pontuação (1500), enfatizando o esgoto coletado, que é totalmente tratado e aproveitado no sistema de irrigação em espécies de gramíneas. Entretanto, foi feita ressalva em relação ao planejamento em saneamento básico, cujo equívoco se deu na escolha do local onde foi construída a segunda lagoa de captação dos esgotos, a qual foi concebida às margens do rio que tangencia a área urbana do município. No entanto, embora não haja histórico de enchentes, não se pode afastar a possibilidade de esse rio sangrar e se sobrepor ao nível da lagoa.

Sendo assim, buscou-se verificar na Secretaria de Saúde do Estado e do Município os fatores que contribuíram para os picos epidêmicos citados; conforme explicação dos agentes de saúde, como o município tem um atendimento à saúde básica eficiente, os municípios e distritos vizinhos procuram ser atendidos com endereço de parentes no município, daí a notificação ser feita como local.

Fato esse ratificado pelo SUS, cuja informação é que em 2012 o município ficou com o 2.º melhor índice (6,69) do estado do Rio Grande do Norte em desempenho do SUS segundo a aferição do IDSUS.

Quanto aos investimentos conveniados com o governo federal, destaca-se a multiplicidade das ações desenvolvidas em ações de saneamento, saúde e educação ambiental, de forma que se

pudesse ter uma referência de resultados concretos dos investimentos aplicados, conforme Portal da Transparência do governo federal, descritos a seguir.

Saneamento básico, investimento no valor de: R\$ R\$ 130.412,10 (2000); R\$ 142.500,00 (2001) – concedente o Ministério das Cidades; investimento de R\$ 176.470,66, concedente a Funasa/MS; Educação Ambiental – investimento no valor de R\$ 3.759,99, concedente a Funasa/MS.

Conclui-se, entretanto, que há evidência da correlação linear entre as variáveis, precipitação e LPT; não interfere na avaliação positiva que é traduzida pelos aspectos citados, uma vez que o município se encontra em um patamar acima dos demais em termos de saneamento e educação ambiental, entretanto, ratifica a relação funcional devido aos picos ocorrerem justamente em períodos de chuvas intensas. Apesar de o ano de 2010 ser considerado de baixa pluviosidade no município, na região do Seridó Oriental, foi classificada como chuvosa, igualmente para 2011, podendo ter contribuído para o risco do agravo à saúde pelo aspecto epidêmico apresentado, por meio do escoamento das águas provindas dos afluentes que alimentam os mananciais do município.

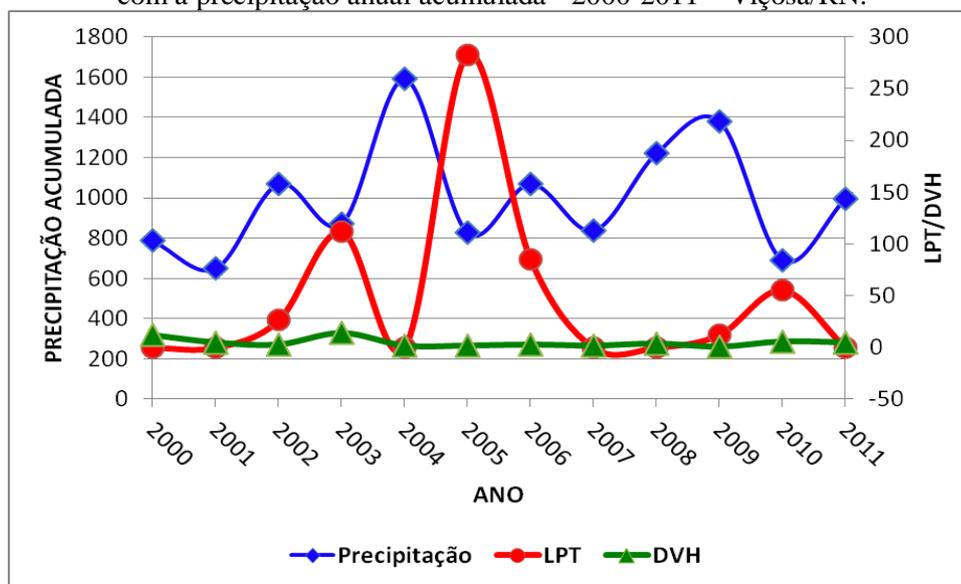
#### 4.1.28 Município de Viçosa

Ao analisar o Gráfico 38 representativo da Tabela 37, verifica-se que não houve registro de internação por leptospirose nos anos de 2000, 2001, 2004, 2007 e 2008, anos cujas precipitações variaram de altas a normais, registrando um pico epidêmico em 2003 e 2005 considerados *outliers*. As taxas de DVH registraram-se baixas. Para analisar esse comportamento e verificar a existência de correlação entre as variáveis, calculou-se r de Pearson cujo valor foi  $r = -0,26$  (negativa fraca) e para DVH,  $r = -0,45$  (negativa moderada).

Tabela 37 - Dados das variáveis pesquisadas do município de Viçosa/RN – 2000-2011.

Variáveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	12	5	3	14	2	2	3	2	4	1	6	5
LPT	0	0	26	112	0	283	85	0	0	12	56	0
Precipitação anual (mm)	787	650	1071	871	1590	828	1071	838	1222	1381	691	997

Gráfico 38 – Distribuição das taxas de internação por dias de permanência da LPT/DVH e a relação com a precipitação anual acumulada - 2000-2011 – Viçosa/RN.



### Análise Estatística

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e LPT

Para verificar a existência de correlação das variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação partindo da hipótese de  $\rho = 0$  e  $\rho \neq 0$ .

Correlação de Pearson  $r = -0,26$

Teste de significância de  $r \Rightarrow t = (r \sqrt{N-2}) / \sqrt{1-r^2}$

$t_{\text{calculado}} = -0,849$  e  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  então se tem:

Como a razão  $t_{\text{calculado}} = -0,849$  é menor que  $t_{\text{crítico}} = 2,20$  ao nível de significância de 0,05, com 11 graus de liberdade, não se rejeita a hipótese nula,  $\rho = 0$ . Evidenciando a não correlação linear entre as precipitações acumuladas e a taxa de internação por dias de permanência por leptospirose.

Cálculo da correlação  $r$  de Pearson para as variáveis: Precipitação e DVH

Se  $r = -0,45$  (correlação negativa moderada), tem-se  $t_{\text{calculado}} = -1,599$  onde  $t_{\text{crítico}} = 2,20$ , então  $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ , não se pode rejeitar hipótese nula, no nível de significância de 0,05 com grau de liberdade 11.

## Segunda Análise

Ao se calcular a correlação de Pearson sem os *outliers* (2003 e 2005), não ocorreu alteração significativa para as variáveis LPT e precipitação, no entanto para DVH e precipitação o valor de  $r = - 0,57$  variou em magnitude, evidenciando uma correlação linear.

## ANÁLISE DOS DADOS

Na análise estatística, evidenciou-se uma correlação funcional entre precipitação e LPT, e uma correlação linear com recorte dos anos considerados *outliers* para precipitação e DVH; buscando entender essa relação e a ausência de registro de internação por leptospirose em metade dos anos pesquisados, mesmo em anos com precipitações elevadas cujas taxas foram iguais a 0 (zero) com dois picos epidêmicos em 2003 e 2005.

Para entender esse comportamento do agravo relacionado com as águas urbanas, buscou-se identificar que atributos contribuíram para essas ocorrências. Sendo assim, verificou-se que, conforme avaliação dos técnicos entrevistados, cuja pontuação foi 1400, e pesquisa de campo, para complementar os dados, o município não tem problemas com a drenagem das águas pluviais. O escoamento é favorecido pela topografia, onde o município se localiza; isso se dá, afirmam os gestores, pela eficiência da gestão das águas urbanas, onde 98 % das ruas são pavimentadas.

O município tem um registro de bons investimentos na área de abastecimento d'água, drenagem e esgotamento sanitário. Em 2002, foram investidos R\$ 2.678.150,00 nesses serviços, além de R\$ 145.000,00 só em drenagem superficial; em 2007, o valor investido em drenagem foi de 136.500,00, e em 2008, foram investidos em pavimentação e drenagem R\$ 73.164,00, cujo concedente foi o Ministério das Cidades.

Buscando outros dados, verificou-se que 91,27 % das residências têm água encanada, e 99,55% da população na área urbana tem coleta de lixo regular (PNUD, 2010).

Concluindo, no que se refere ao comportamento da leptospirose com relação às precipitações, verificou-se que os anos de elevação nas taxas de internação foram aqueles em que as precipitações foram consideradas acima da média normal, que é de 740,8 mm, podendo evidenciar uma relação funcional entre as variáveis, embora outros fatores possam ter

contribuído para os valores obtidos. Para DVH, embora a correlação linear ficasse evidenciada na segunda análise, as taxas de internação foram muito baixas, fato esse que pode ser atribuído à eficiência da gestão das águas urbanas no município.

#### **4.1.29 Município de Jucurutu**

O município de Jucurutu foi o município cujo estudo foi feito mais detalhado, tomando-se como base para desenvolvimento metodológico do estudo proposto, em razão da elevada taxa de leptospirose estar acima das ocorrências dos agravos no estado e no município.

Esse estudo configura-se em um artigo, publicado na Revista Brasileira de Recursos Hídricos no triênio julho/setembro conforme se apresenta a seguir, com detalhes e estudos estatísticos a respeito da correlação existente entre precipitação, LPT e DVH.

### **PUBLICAÇÃO EM PERIÓDICO CIENTÍFICO**

Ref.: Art. No. RBRH54R1  
eRevista Brasileira de Recursos Hídricos.  
V. 18, n. 3, jul.-set. 2013.

Título: IMPACTO NA SAÚDE POR DEFICIÊNCIA DE DRENAGEM URBANA NO  
MUNICÍPIO DE JUCURUTU - RN

Fátima, M.<sup>1</sup> & Cabral, J.<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

A drenagem das águas pluviais urbanas continua sendo um desafio nos municípios onde não ocorre o manejo adequado dessas águas de forma integrada com os demais componentes. Na ausência desse sistema, a insustentabilidade da gestão dos demais serviços, o impacto na saúde da população, pode ser verificada através do uso de indicadores de saúde. Como contribuição ao estudo da relação causal entre a drenagem urbana e a saúde, essa pesquisa teve como objetivo apresentar uma situação particularizada no município de Jucurutu no Estado do Rio Grande do

Norte através de uma análise dos aspectos epidemiológicos da drenagem urbana, relacionando aos indicadores de saúde da população e as precipitações intensas. Os dados foram obtidos através do Sistema de Informação Hospitalar (SIH) do Sistema Unificado de Saúde (SUS), utilizando os indicadores de morbidade hospitalar. No período de 2000-2011 foi realizado um total de internações para as doenças pesquisadas pertencentes ao Código Internacional de Doenças versão 10 (CID 10), na ordem de 2.822, com taxa de permanência de dias de internação por leptospirose na ordem de 380

para cada 10.000 habitantes em 2000, ano de maior incidência. Para as doenças de veiculação hídrica (doenças infecciosas intestinais) o ano de maior incidência foi em 2002, com taxa de permanência de internação na ordem de 186 para cada 10.000 habitantes, superiores à taxa média do estado do Rio Grande do Norte e da capital Natal. Verifica-se que os indicadores de saúde estão associados aos riscos e a vulnerabilidade dos serviços de drenagem das águas pluviais urbanas.

Palavras-chave: drenagem urbana, águas pluviais, epidemiologia, saúde pública.

#### ABSTRACT

Urban rainwater drainage remains a challenge in municipalities where there is no proper management of this kind of water with the other components. In the absence of such system, the lack of sustainability and the impact on population health can be verified through the use of health indicators. As a contribution to the study of the causal relationship between the urban drainage and health, this research aimed to present a particularized situation in the municipality of Jucurutu in the State of Rio Grande do Norte, through an analysis of the epidemiological aspects of urban drainage, relating indicators of the population health to this service, based on data from hospital morbidity in the hospital information system - SIH of the Unified Health System (BRAZIL, 2002). During the study period it was performed a total hospitalizations for diseases CID-10, in order of 2,822, with a retention rate of hospitalization days in order of 380 per 10,000 inhabitants for leptospirosis in the year 2000 (year of the highest incidence) and rate of hospitalization time in order of 186 to waterborne diseases (infectious intestinal disease) in 2002, the highest incidence rate, higher than the rate of the Rio Grande do Norte State and the city of Natal. Thus it appears that health indicators are associated with risks and vulnerability of urban water drainage services.

Keywords: urban drainage, rainwater, epidemiology, public health.

#### INTRODUÇÃO

A drenagem urbana na maioria dos municípios brasileiros ainda é tratada de forma isolada, mesmo constituindo um componente importante do saneamento básico não recebe a atenção devida. A inadequação desses serviços tem trazido grandes prejuízos às populações de baixa renda, que sofrem problemas de saúde, por ocasião dos eventos extremos que ocasionam enchentes e inundações.

De acordo com Tucci (2004), dentro do âmbito das áreas urbanas, existe uma visão limitada do que é a gestão integrada do sistema do saneamento básico. Grande parte dos problemas é gerada por um ou mais aspectos como: falta de conhecimento generalizado sobre o assunto, concepção inadequada dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle do sistema, visão setorializada do planejamento urbano e falta de capacidade gerencial.

Conforme Heller (1997), até a década dedicada ao Abastecimento d'água e do Esgotamento Sanitário declarado pela Organização das Nações Unidas - ONU, período compreendido entre 1981 e 1990, não havia interesse nem comprometimento acerca do tema.

Existia a cultura da prática de despejos de águas servidas, esgoto, lixo, ligações clandestinas nas redes de drenagem contaminando as águas pluviais, contribuindo para a poluição hídrica, atingindo os mananciais superficiais e subterrâneos. Até esse período, os estudos se limitavam aos temas da água e esgoto, ficando marginalizados a limpeza urbana, a drenagem pluvial e o controle dos vetores, devendo-se ao fato de que o saneamento básico se limitava às obras estruturais. A década acima citada serviu de marco para aprofundamento acerca da relação saneamento e saúde.

Cairncross (1984) já reconhecia a importância da drenagem pluvial e da

disposição de resíduos sólidos no contexto do saneamento básico. No entanto, o mesmo autor salientava que o próprio Banco Mundial e outros bancos de desenvolvimento regional aplicavam recursos consideráveis na área de saneamento, entretanto pouco se têm aplicado em pesquisas sobre drenagem urbana.

Atualmente procura-se dar importância à relação “saúde – doença” que permeia todos os componentes do saneamento básico, principalmente no que se refere à drenagem e aos resíduos, que sem a sua gestão adequada acarreta na degradação dos corpos hídricos e conseqüentemente na proliferação de vetores de doenças.

Kolsky (1999) em seus estudos sobre a relação carência ou precariedade dos serviços de drenagem urbana – ocorrência de doenças - partiu da premissa de que inundações frequentes são responsáveis por significativos agravos à saúde e relata a identificação de determinados mecanismos que estariam envolvidos na referida relação causal. Nessa mesma linha, Souza (2001), conjugou a pesquisa bibliográfica e o método Delphi, para a elaboração do modelo causal sobre esse mesmo tema, onde das 07 doenças pré-selecionadas ligadas a drenagem seis foram ratificadas, febre amarela urbana, dengue, malária, filariose, leptospirose e esquistossomose.

Como contribuição ao estudo da relação causal entre a drenagem urbana e a saúde, essa pesquisa objetiva apresentar uma situação particularizada no município de Jucurutu no estado do Rio Grande do Norte, através de uma análise dos aspectos epidemiológicos da drenagem urbana, relacionando os indicadores de saúde da população a esse serviço, baseado nos dados de morbidade hospitalar do Sistema de Informação Hospitalar – SIH do Sistema Unificado de Saúde- SUS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Jucurutu situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na

microrregião Vale do Açu, inserido totalmente na bacia Piranhas-Açu. Na porção norte do município as águas do rio são represadas pela barragem Armando Ribeiro Gonçalves, Figura (1), formando o maior açude do nordeste, com capacidade acima de 2,4 bilhões de m<sup>3</sup>(SEMARH, 2010).

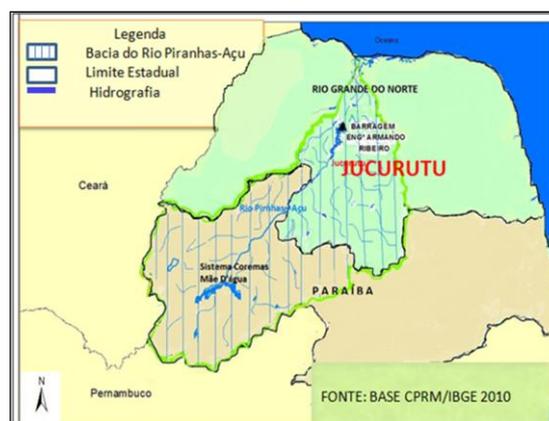


Figura 1 - Mapa de localização geográfica do município de Jucurutu na Bacia do Rio Piranhas-Açu

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, do censo de 2010, informam que o município possui uma população de 17.692 habitantes distribuídos numa área de 962 km<sup>2</sup>. A precipitação pluviométrica anual média é de 861,0 mm, a temperatura varia de 21,0 °C a 36,0 °C, com média de 28,1°C e a umidade relativa média anual é de 66% com 2.700 horas de insolação (EMPARN, 2012).

Essa pesquisa dentro de um processo de hierarquização de indicadores de saúde, focando o aspecto epidemiológico, elegeu o município de Jucurutu no Rio Grande do Norte, devido a variável tempo de permanência de internação por local de residência relacionado aos agravos pela leptospirose que está bem acima da média do Estado e de outros municípios da bacia hidrográfica do Piranhas-Açu.

Essa doença está diretamente relacionada com o aspecto situacional do sistema de drenagem das águas pluviais. A transmissão deste agravo se dá através do contato da pele ou mucosa com água ou lama contaminada com a urina de animais infectados, especialmente roedores (MS, 1998).

A drenagem do município é 100% superficial, com apenas sarjetas sem galerias, a quantidade de ruas pavimentadas chega a 95% do total (figura 2), favorecida pela topografia da cidade que possui declividade acentuada, permitindo o escoamento das águas pluviais para as áreas baixas da cidade, onde existem em torno de 150 residências em situação de risco.



Figura 2- Ruas pavimentadas com declividade acentuada (Foto: Fátima 2012)

Para proteger a cidade de possíveis enchentes por ocasião da elevação do nível do rio Piranhas-Açu foram construídos alguns anos atrás diques de proteção contra inundações nos dois lados do rio Piranhas-Açu, já que esse divide a cidade de Sul a Norte, Figura (3).



Figura 3- Diques de Proteção da cidade (Foto: Fátima, 2012)

Como a água escoada da parte mais elevada da cidade é direcionada para parte mais baixa, foram realizadas obras estruturantes de combate às enchentes compostas de: Sistema de detenção e sistema de bombeamento.

O sistema de detenção é composto de três reservatórios, sendo um de maior capacidade

de armazenamento das águas pluviais, de forma que toda água acumulada possa ser bombeada Figura (4) para o rio, por ocasião das grandes precipitações, evitando assim as inundações.



Figura 4 - Estação de Bombeamento (Foto: Fátima, 2012).

Registrou-se que a gestão do sistema de drenagem não vem sendo realizado adequadamente e todos os equipamentos da estação elevatória estão comprometidos devido à falta de manutenção.

Verificou-se que na época das chuvas intensas os reservatórios não são suficientes para armazenar a quantidade de água escoada. As bombas não tem potência suficiente para atender a demanda existente de água acumulada, as comportas estão obsoletas por falta de manutenção Figura (5), além da ausência de técnicos habilitados para operacionalização do sistema.



Figura 5- Comportas sem manutenção (Foto: Fátima, 2012).

Fato este citado foi registrado por ocasião da enchente de 2011, em que as bombas ficaram submersas prejudicando o sistema

de bombeamento como um todo, provocando inundações nessa área e alagando grande parte das ruas e das casas, Figura (6).



Figura 6 - Registro da Inundação ocorrida em 2011 (Foto: Rosalba, 2011).

Dentro desse cenário ocorre à proliferação da *Leptospira icterohaemorrhagiae*, responsável pela leptospirose, que passa de doença endêmica para epidêmica em períodos de chuvas mais intensas.

A epidemiologia descritiva estuda o comportamento das doenças em uma comunidade, analisando em que situações elas ocorrem na coletividade, segundo características ligadas à pessoa (quem), ao lugar ou espaço físico (onde) e ao tempo (quando) fornecendo elementos importantes para se decidir que medidas de prevenção e controle estão mais indicadas para o problema em questão e também para avaliar se as estratégias adotadas causaram impacto, diminuindo e controlando a ocorrência da doença em estudo, cuja classificação internacional é distribuída de acordo com a Tabela (1) (OMS, Organização Mundial de Saúde 1997).

Tabela 1- Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (OMS, 1997).

CATEGORIA / TRANSMISSÃO	DOENÇAS
Doenças de transmissão feco-oral	Diarreias, Febre entéricas, Hepatite A.
Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue, Febre amarela, Leishmanioses, L. Tegumentar, L. Visceral, Filariose Linfática, Malária, Doenças de Chagas.

Doenças transmitidas através do contato com a água	Esquistossomose, Leptospirose
Doenças relacionadas com a higiene	Doenças dos olhos, Tracoma, Conjuntivites, Doenças de pele, Micoses Superficiais.
Geo-helmintos e teníases	Helmintíases, Teníases

Fonte: OMS (1997)

O Ministério da Saúde baseado no Código de Doenças Internacional versão 10 (CID 10) da OMS, classifica as doenças epidemiológicas, Tabela (2), relacionadas à deficiência de saneamento básico abrangendo os serviços de falha na coleta de resíduos (lixo), água contaminada, e falhas na drenagem focando alagamento e enchentes.

Tabela 2 - Doenças epidemiológicas ligadas à deficiência do Saneamento Básico (MS, 2010).

Lixo (Falha na coleta)	Água contaminada	Drenagem - (Alagamento e Enchentes)
Cisticercose	Febre tifoide	Leptospirose
Cólera	Febre Paratifoide	DDA (Doenças Diarreicas agudas)
Disenteria	Shigelose	Hepatite A
Febre tifóide	Amebíase	Sarampo
Filariose	Cólera	Rubéola
Giardíase	Hepatite viral tipo A	Tétano Acidental
Leishmaniose	Giardíase	Meningites
Leptospirose	Esquistossomose	Influenza
Peste bubônica	Ascaridíase	Animais Peçonhentos
Salmonelose	Poliomielite	Dengue
Toxoplasmose	Leptospirose	Shigelose
Tracoma	Gastroenterites	
Triquinose	Disenteria Bacilar	

Fonte: Ministério da Saúde (2010).

Na concepção de Cairncross e Feachem (1990), a classificação ambiental das infecções relacionadas com a água, origina-se da compreensão dos mecanismos de transmissão, que se agrupam em quatro categorias (tabela 3), que são a transmissão

hídrica: ocorre quando o patogênico encontra-se na água que é ingerida; a transmissão relacionada com a higiene: identificada como aquela que pode ser interrompida pela implantação de higiene pessoal e doméstica; a transmissão baseada na água: caracterizada quando o patogênico desenvolve parte de seu ciclo vital em um animal aquático; a transmissão através de um inseto vetor: na qual os insetos, que procriam na água ou cuja picadura ocorre próxima a ela, são os transmissores.

Os autores empregaram a Epidemiologia Analítica, para avaliar os impactos das doenças relacionadas com a água cuja classificação ambiental se encontra na Tabela (3). Esta parte da Epidemiologia é voltada para o estudo de associações de fatos observáveis, mediata ou imediatamente relacionáveis às doenças, e estas, compreendidas sob a ótica da incidência sobre agrupamentos humanos (OMS, 2010).

Tabela 3 - Classificação ambiental das infecções relacionadas com a água

CATEGORIA/Transmissão	INFECÇÃO
1. Feco-oral (transmissão hídrica ou relacionada com a higiene)	Diarreias e disenterias, Disenteria amebiana, Balantídiase Enterite campylobacteriana, Cólera, Diarréia por Escherichia coli, Giardíase, Diarréia por rotavírus, Salmonelos, Disenteria bacilar, Febres entéricas, Febre tifóide, Febre paratifóide Poliomielite, Hepatite A, Ascariíase, Tricuríase, Leptospirose.
2. Relacionada com a higiene a) Infecções da pele e dos olhos	Doenças infecciosas da pele, Doenças infecciosas dos olhos.
(b) Outras	Tifo transmitido por pulgas, Febre recorrente transmitida por pulgas.
3. Baseada na água(a) Por penetração na pele	Esquistossomos
(b) Por	Difilobotríase e outras

ingestão	infecções por helmintos
4. Através de inseto vetor (a) Picadura próximo à água	Doença do sono
(b) Procriam na água	Filariose, Malária, Arboviroses, Febre amarela, Dengue. Leishmaniose*

Fonte: Cairncross e Feachem (1990) \*Introduzido pelo autor

Por sua inserção geográfica, o município de Jucurutu está sujeito às inundações e enchentes nos períodos de maior intensidade pluviométrica, devido à proximidade com o rio Piranhas-açu, que recebe a influência do comportamento hídrico da bacia a montante do rio, que pode aumentar a sua vazão quando da ocorrência do transbordamento do complexo Coremas/Mãe D'água, situado no estado da Paraíba.

Na tabela (4 em anexo), têm-se os dados pluviométricos do município, no período de 2000 a 2011, fornecido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), onde algumas considerações podem ser evidenciadas:

Maior Chuva Anual: 1241,7 mm – ano de 2011;

Maior Chuva Mensal: 414,6 mm – março 2008;

Maior Chuva Diária: 176,2 mm em 24 de janeiro de 2011.

O município de Jucurutu apesar de estar inserido na região do semiárido do Rio Grande do Norte onde as chuvas são irregulares caracteriza-se como clima tropical chuvoso, com chuvas no período de fevereiro a junho. Entretanto em 2011, que foi o ano de maior precipitação, acima do normal, janeiro foi marcado por uma enchente de grande proporção, acentuando ainda mais com os prejuízos causados pelas chuvas nos anos anteriores, 2009 e 2010, caracterizados como muito chuvosos e com enchentes.

Diante do cenário existente, a solução encontrada alguns anos atrás (após a construção da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, inaugurada em 1983) foi a

construção de diques de contenção, em que a cidade é protegida por ocasião da elevação das águas do rio Piranhas-Açu. O sistema de drenagem das águas pluviais é todo superficial além da topografia ser bem acidentada e o grau de impermeabilização da cidade ser elevado os volumes escoados pelas chuvas torrenciais são grandes, ocasionando a acumulação das águas na base do dique, onde parte é direcionada à lagoa de captação para ser bombeada para o rio. Como o sistema de bombeamento não é suficiente, o sistema de drenagem é deficiente, o escoamento das águas para o rio fica prejudicado ocorrendo inundação em diversas áreas do município.

Outro aspecto que favorece as inundações, observados “in loco”, e que deve ser levado em consideração é a manutenção dos reservatórios de detenção que se encontram assoreados com desenvolvimento de vegetação invasora, além dos resíduos que são arrastados pela correnteza. As tubulações, as comportas e os canais de drenagem encontram-se obstruídos impedindo o escoamento das águas pluviais por ocasião das chuvas de maiores intensidades.

A lagoa de captação do esgoto doméstico (lagoa de estabilização) localiza-se no centro da cidade, ficando junto à bacia de detenção das águas pluviais. De acordo com os moradores e técnicos entrevistados, por ocasião das inundações provocadas pelas grandes precipitações, o rio extravasa suas águas por cima do dique de contenção para a área interna da cidade, onde as águas servidas se misturam com as águas pluviais, favorecendo o desenvolvimento das doenças. Após período de retenção e a redução do nível das águas os resíduos arrastados ficam depositados nas áreas baixas da cidade ocorrendo à proliferação de vetores.

Outro ponto de contribuição para contaminação das águas é o esgoto do hospital maternidade situado no bairro de Santa Isabel, que escoam para uma vala de concreto que reúne também os esgotos sanitários do bairro que em seguida são

canalizados para a lagoa de detenção e posteriormente descartados para o rio Piranhas-Açu que abastece o município.

Para realização dessa pesquisa, foi realizado levantamento documental, entrevistas semiestruturadas com técnicos, gestores municipais e visita técnica aos municípios onde se buscou analisar o sistema de drenagem com foco multidisciplinar abrangendo os aspectos: a) social – relacionado à saúde da população; b) aspecto ambiental – dados hidrológicos e climáticos, além dos impactos relacionados à poluição dos mananciais. No aspecto saúde-doença, utilizou-se da Epidemiologia Descritiva relacionada à morbidade por doenças infecto parasitárias. (Os indicadores utilizados nesse trabalho são recomendados pela OMS, 1985), constante do código internacional de doenças – CID 10, o grupo de doenças infecto-parasitárias - Leptospirose icterohemorrágica, outras formas de leptospirose, Leptospirose não especificada e as do grupo doenças infecciosas intestinais - cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite origem infecção presumível.

Para cálculos das taxas de morbidade utilizou-se o banco de dados do Sistema de Informação Hospitalar (SIH) do Sistema Único de Saúde, que registra todas as internações realizadas por unidades hospitalares da rede SUS e dos relatórios da Secretaria de saúde do estado do Rio Grande do Norte. Nessa pesquisa utilizou-se o indicador permanência hospitalar que é obtida pela variável “permanência”, que representa o número de dias que o paciente permanece no hospital durante o serviço de internação por local de residência.

Este indicador mede a taxa de permanência hospitalar por doença infecciosa parasitária por 10.000 habitantes por ano, buscando avaliar o impacto na saúde com relação aos serviços de drenagem urbana.

Método de cálculo de I (Taxa de permanência hospitalar):  $I = (\text{no de dias de permanência hospitalar} / \text{população residente}) * 10.000$ .

No que se refere ao aspecto ambiental e técnico, realizou-se: a) caracterização da drenagem in loco, buscando verificar a existência do risco de contaminação pela poluição causada devido à inadequação dos sistemas de esgoto e drenagem; b) a existência de projetos e recursos recebidos pelo município para implementação das ações de políticas públicas do governo federal.

Referente aos dados hidrológicos realizou-se uma análise pluviométrica do município no período de 2000 a 2011 com dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN (2012) e do histórico de enchentes nos municípios situados na Bacia do Rio Piranhas-Açu.

Para verificar o grau de homogeneidade dos dados coletados relativos à pluviosidade e as doenças do CID 10 pesquisadas, utilizou-se da estatística descritiva calculando a amplitude total, média, mediana, desvio padrão, e para comparar a variabilidade das distribuições utilizou-se o coeficiente de variação de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 2000-2011 foi realizado um total de internações na ordem de 2.822, para as doenças citadas. Cada internação pode corresponder a muitos dias, de modo que a taxa de permanência de dias de internação por leptospirose foi na ordem de 380 para cada 10.000 habitantes em 2000, ano de maior incidência. Para as doenças de veiculação hídrica (doenças infecciosas intestinais) o ano de maior incidência foi em 2002, com taxa de permanência de internação na ordem de 186 para cada 10.000 habitantes.

Com relação ao estado do Rio Grande do Norte e a capital Natal, analisando o aspecto epidemiológico do município estudado verifica-se que a taxa de permanência de internação por local de residência devido a leptospirose é bem superior conforme tabela (5) anexo.

Relacionando as doenças causadas pela leptospirose com a precipitação média anual acumulada verifica-se na tabela (6) em anexo e na figura (7), uma correlação bastante significativa, nos anos de maior total pluviométrico em que os índices de morbidade por leptospirose foram também mais elevados, com picos em 2006, 2009 e 2011.

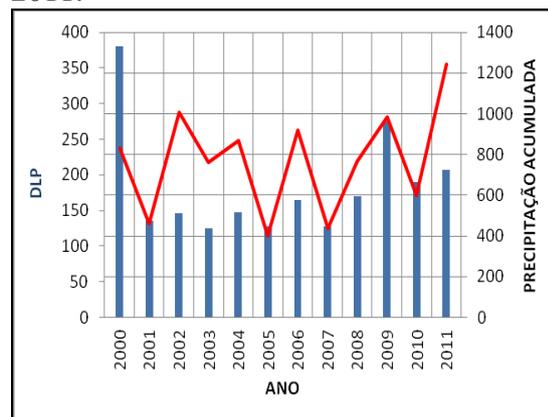


Figura 7- Precipitação anual acumulada x índice de internação por Leptospirose no período de 2000-2011.

A taxa de internação apresentou valores elevados no ano de 2000, apesar da pluviometria ter sido considerada normal na maior parte do estado, exceto na mesorregião agreste, que de acordo com os dados pluviométricos registrados de Jucurutu foi classificado como chuvoso (EMPARN, 2012). O índice anual acumulado foi de 832 mm, superior à média que varia de 500 a 600 mm na região, cuja distribuição das chuvas se prolongou pelo segundo semestre.

Contribuindo a esse fato, verificou-se que esse período foi logo após alguns anos de seca intensa na região da bacia do rio Piranhas-Açu, de 1996 a 1999. (Nos anos subsequentes a 2000, como 2001), 2005 e 2007 as chuvas foram de extremas irregularidades espacial e temporal, considerados como anos sofríveis pelo Departamento Nacional de Obras contra a Seca – DNOCS (Sousa, 2006),

Embora não seja foco dessa pesquisa, a seca como evento extremo acarreta diversas doenças, devido à precariedade dos serviços de limpeza urbana, tratamento e disposição inadequada dos esgotos e águas servidas. O

fato foi observado nos municípios estudados, onde a pluviometria é baixa, e há ausência dos serviços básicos de saneamento, principalmente no que se refere à gestão das águas e dos resíduos sólidos urbanos.

Observando os anos em que ocorreram chuvas intensas, ao analisar os dados da doença leptospirose (DLP) verifica-se um aumento significativo nos índices nos últimos quatro anos, podendo ser atribuído à precariedade do sistema de drenagem das águas pluviais no município. Fato esse também atribuído ao sistema instalado para retenção e bombeamento das águas pluviais que se encontra sem manutenção desde 2007, funcionando de forma improvisada, de acordo com o relatório técnico do Ministério Público Federal (MPF, 2012).

No que se refere à relação entre as doenças e a pluviosidade do município, utilizou-se software estatístico R, chegando à conclusão que há uma correlação linear positiva (Coeficiente de correlação linear de Pearson igual a 0,55) entre o índice pluviométrico e a ocorrência de leptospirose. Realizou-se um teste de hipóteses e concluiu-se que há evidências estatísticas (p-valor do teste 0,031) de que essa correlação é maior que zero, ao nível de 5% de significância.

Referente às doenças por veiculação hídrica- DVH devido aos agravos provenientes da Cólera, Febre tifoide e paratifoide, Shigelose, Amebíase, Diarreia e gastroenterite origem infecção presumível, ocorreu alternância nos valores, constantes no período de 2000 a 2004, variando de 110 a 111, decaindo no ano de 2005 para 03, com pico em 2006. A partir de 2007 a 2011 permanece constante com pequeno decréscimo, conforme tabela (7) em anexo, e mesmo assim bastante superior à média do Estado e da Capital.

Nesse caso o coeficiente de correlação linear de Pearson foi igual a 0,219 e o teste realizado mostrou que não há evidências para rejeitar a hipótese de que a correlação linear é igual à zero, levando em consideração a precipitação anual acumulada. O coeficiente de correlação está compreendido entre os valores ( $0,1 \leq r > 0,5$ )

classificado como fraca positiva, nesse caso apresentando uma dependência funcional não linear. Fato esse justificado por outros fatores, que interfere no sistema de drenagem e na qualidade da água que abastece a comunidade, como o esgoto doméstico a céu aberto, resíduos urbanos dispostos inadequadamente às margens do rio, justificando, portanto os valores obtidos conforme tabela (8) em anexo e figura (8).

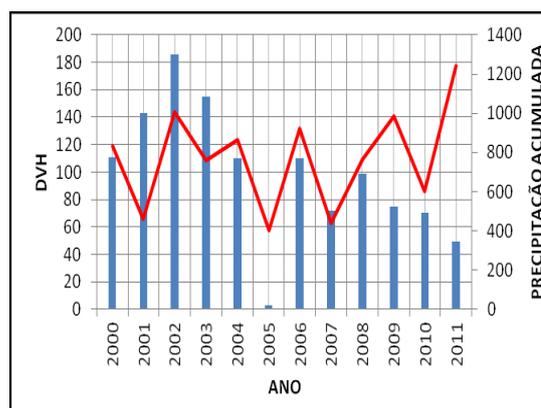


Figura 8 Precipitação anual x índice de internação relacionado às doenças de veiculação hídrica no período (2000-2011).

As doenças de veiculação hídrica estão mais relacionadas à qualidade da água consumida pela população, o que significa dizer que essa pode ocorrer tanto nos eventos de chuvas extremas como na época de estiagem. Apesar de na época das chuvas, haver uma maior diluição dos elementos estranhos na composição da água, na época de seca pode ocorrer uma maior concentração de poluentes, mudando a característica físico-química da água nas duas situações.

Nesse aspecto a variação do índice de doenças de veiculação hídrica está diretamente relacionada à gravidade da situação devido aos sintomas serem imediatos. Com o monitoramento, a doença pode ser prevenida se a população for alertada pelos órgãos competentes que deveriam orientar a população a não consumir água sem antes realizar a sua desinfecção. No entanto verifica-se de modo geral que no ano em que a precipitação média foi maior ocorreu um acréscimo considerável no número de

internação por dias de permanência hospitalar, relacionados às doenças estudadas.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A drenagem das águas pluviais urbanas continua sendo um desafio nos municípios onde não ocorre o manejo adequado dessas águas de forma integrada com os demais componentes, como é o caso do município de Jucurutu.

Na ausência de um sistema adequado, a insustentabilidade da gestão das águas urbanas e dos demais serviços pode ser verificada através do uso de indicadores de saúde como objetiva esse estudo. Os casos patológicos se tornam epidêmicos quando na ocorrência das enchentes e inundações, nos períodos de maior intensidade de precipitações visto que essas águas não possuem manejo adequado.

No que se refere aos agravos, conclui-se que ocorrem mais nos municípios onde diversos fatores convergem negativamente como: a qualidade dos serviços prestados, a eficiência dos equipamentos que compõem o sistema de drenagem das águas pluviais.

Os serviços como a coleta, o tratamento e a disposição adequada dos esgotos e dos resíduos sólidos e gasosos, o abastecimento d'água em quantidade e qualidade, os serviços de limpeza urbana, o controle de vetores o zoneamento urbano são condicionantes restritivos de uso e ocupação do solo e as obras estruturantes da macro e microdrenagem tanto a montante como a jusante da bacia são deficientes.

O Plano municipal de saneamento básico exigido por lei deverá contemplar o manejo das águas, nova nomenclatura utilizada pelos ministérios para tratar a drenagem urbana nos municípios, com vistas à solução dos problemas que se agravam a cada evento extremo, conforme estudo realizado.

O município de Jucurutu devido a sua localização geográfica necessita de um plano de manejo de águas e drenagem eficiente para controlar as inundações e enchentes. Além dos prejuízos materiais a cada evento

extremo, a saúde e a economia da cidade são impactadas refletindo na qualidade de vida da população.

Algumas ações podem ser efetivadas para minimizar os impactos decorrentes dos eventos extremos na região como: 1) Redimensionamento das bombas e reservatórios baseando-se em estudos hidrológicos, e do grupo moto gerador e instalação de energia; 2) elevação da casa de bombas evitando que fique submersa por ocasião das inundações; 3) Conserto e manutenção das comportas da estação elevatória, sistema de gradeamento e redimensionamento da linha de recalque, válvulas e conexões; 4) Limpeza e manutenção das calhas de escoamento das águas; 5) Gestão integrada dos demais componentes que compõem o sistema de saneamento básico, principalmente a gestão dos resíduos sólidos; 6) Reforço nos diques de contenção de forma a evitar erosão por ocasião do efeito de remanso no rio. 7) Pensar a drenagem como solução para minimizar os efeitos negativos das águas pluviais nos eventos extremos.

Observa-se, portanto, que as taxas elevadas de internações provenientes das doenças no município de Jucurutu, registradas pelo Sistema de Informações Hospitalar do Sistema Unificado de Saúde estão associadas aos riscos e a vulnerabilidade da inadequação dos serviços de drenagem.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, 2002, Ministério da Saúde, Sistema de Informação Hospitalar – SIH, Tabnet, Epidemiologia e Morbidade - Brasília DF. Disponível: Acesso em: 20 jan. 2013. <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203>.

\_\_\_\_\_, 2010. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde decorrente de Agravos Relacionados ao Saneamento Ambiental Inadequado – Relatório Final – 2010 - 246 p. II.

\_\_\_\_\_, 1998. MS - Centro Nacional de Epidemiologia. Guia de Vigilância Epidemiológica. Brasília.

\_\_\_\_\_, 2011. Ministério Público Federal - Documento da Ação civil Pública – Procuradoria da República do Município de Caicó – 21/07/2011 – Anexo Relatório

Técnico referente as inundações ocorridas no município de Jucurutu.

CAIRNCROSS, S., 1984. Aspectos de saúde nos sistemas de saneamento básico. *Engenharia Sanitária*, 23:334-338. Scielo – Brasil <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso: 15/07/2012.

CAIRNCROSS, S. & FEACHEM, R. G., 1990. *Environmental Health Engineering in the Tropics: An Introductory Text*. Chichester: John Wiley & Sons 1993, chapter 1 and appendix C.

EMPARN, Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN, 2012 – Departamento de Meteorologia, Dados fornecidos por: GILMAR BRISTOT: Setor de meteorologia-emparn@m.gov.br maio/2012.

FÁTIMA, M. Registro Fotográfico realizado durante pesquisa de campo, município de Jucurutu, RN em 20 de janeiro de 2012.

HELLER, L, 1997. *Saneamento e Saúde*. Brasília: Publicação OPAS/ MS. URL: [www.FUNASA.gov.br](http://www.FUNASA.gov.br). Acesso em: 22/09/2012.

KOLSKY, P. 1999. Performance-based Evaluation of Surface Water Drainage for Low-Income Communities: a case study in Indore, Madhya Pradesh. Department of Infectious and Tropical Diseases, London, UK.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, OMS (1985). *Manual da Classificação Estatística Internacional de Doenças, Lesões e Causas de Óbitos*. São Paulo: Universidade de São Paulo/ OPS.

\_\_\_\_\_, 1997. *Classificações Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde*. 10ª Revisão. São Paulo: USP/ OPS.

\_\_\_\_\_, 2010. *Relatório Mundial de Saúde*. Acesso site: 11/06/2012

<http://www.cplp.org/Default.aspx?ID=316&Action=1&Newslid=1637&M=NewsV2&PID=304>.

ROSALBA, 2011. Registro Fotográfico realizado durante enchente de 2011, no município de Jucurutu, RN. (Google imagem). Acesso em: 12/02/2012.

SEMARH, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, 2010. *Plano Estadual de Recursos Hídricos, Relatórios Síntese*. RN, 254p. URL: <http://www.semarh.m.gov.br/>. Acesso ao site em: 20/09/2012.

SOUZA, C. M. N., 2001. *Carência ou Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana e Ocorrência de Doenças de Importância para a Saúde Pública – Contribuição ao Estabelecimento de Modelo Causal*. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 147p.

SOUSA, P.S, 2006. *Uma abordagem histórica das Secas no Semiárido*. – João Pessoa- PB. Site: [www.monitorglobal.com.br](http://www.monitorglobal.com.br) Acesso em 16/10/2012.

TUCCI, C. E. M., 2004. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil – *Revista REGA* – Vol. 1, no. 1, p. 59-73, jan./jun

Tabela 4 – Dados pluviométricos do município de Jucurutu 2000-2011

Meses	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média Mensal
1	98,2	13	209,1	73	316,7	28,5	0	38,8	36,1	10,5	89,4	262,3	97,97
2	236,6	28,8	203,4	198,6	183,7	48	220,4	109,8	25,5	145,6	16	128,1	128,71
3	80,8	163,5	243,8	239,2	93,5	154,5	187,2	58	414,6	221,5	113	107,8	173,12
4	128,5	116,1	207,9	81,2	44,7	19	328,3	190,6	175,4	163,3	76	298,8	152,48
5	46,2	0	103,7	123,8	75	121,6	70	14,9	48	221,8	15,5	302,6	95,26
6	50,7	73,8	10,9	43,8	120,8	26,5	114	25,4	43,3	94,2	138,3	14	62,98
7	9,3	5,5	12	0	31,4	0	0	0	0	36,5	8,8	108,8	17,69
8	125,3	0	0	0	0	5	0	0	9,2	70,2	0	0	17,48
9	43,8	0	0	0	0	0	0	2,9	14,2	0	0	0	5,08
10	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	103,6	19,3	12,66
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,01
12	12,4	30,5	13,8	0	0	0	0	0	0	20,8	39,1	0	9,72
Total	832	460	1005	760	866	403	920	440	766	984	600	1242	773

Fonte: EMPARN (2012)

Tabela 5

Morbidade Hospitalar - Índice de internação por dias de permanência - CID-10: Leptospirose icterohemorrágica, Outras formas de leptospirose, Leptospirose não especificada por local de residência.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Jucurutu	380	135	146	125	147	128	165	128	170	274	190	207
Natal	46	39	62	56	1	78	74	75	107	108	92	118
ESTADO RN	67	66	73	81	82	65	74	82	90	98	84	98

Fonte: Fátima, M (2012). – Baseado nos dados do DATASUS (SIH) de 25 de abril de 2012.

Tabela 6

Morbidade Hospitalar - Índice de internação por dias de permanência - CID-10: Leptospirose icterohemorrágica, Outras formas de leptospirose, Leptospirose não especificada por local de residência.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DLP	380	135	146	125	147	128	165	128	170	274	190	207
Precipitação	832	460	1005	760	866	403	920	440	766	984	600	1242

Fonte: Fátima, M. (2012). Baseado nos dados do DATASUS (SIH) de 25 de abril de 2012.

Tabela 7

Morbidade Hospitalar - Índice de internação por dias de permanência – CID-10: Cólera, Febres tifoide e paratifoide , Shigelose, Amebíase, Diarréia e gastroenterite origem infecção presumível, Outras doenças infecciosas intestinais.

Município	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Jucurutu	111	143	186	155	110	3	110	72	99	75	70	49
Natal	12	12	15	12	10	10	10	7	6	4	4	2
Estado RN	22	31	60	71	70	61	55	49	42	50	59	40

Fonte: Fátima, M. (2012). Baseado nos dados do DATASUS (SIH) de 25 de abril de 2012.

Tabela 8.

Morbidade Hospitalar - Índice de internação por dias de permanência – CID-10: Cólera, Febres tifoide e paratifoide , Shigelose, Amebíase, Diarréia e gastroenterite origem infecção presumível, Outras doenças infecciosas intestinais.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
DVH	111	143	186	155	110	3	110	72	99	75	70	49
Precipitação	832	460	1005	760	866	403	920	440	766	984	600	1242

Fonte: Fátima, M. (2012). Baseado nos dados do DATASUS (SIH) de 25 de abril de 2012.

## 4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados do estudo estatístico referentes à correlação linear de Pearson dos 25 municípios pesquisados estão sintetizados na Tabela 38 em que a precipitação anual foi considerada como variável independente e as taxas de internação por dias de permanência por leptospirose (LPT) e doenças de veiculação hídrica (DVH), como variáveis dependentes, cuja correlação entre as variáveis nos municípios pesquisados estão distribuídos como se segue.

### Correlação entre Precipitação e LPT

Dentre os 25 municípios pesquisados, 21(vinte e um) apresentaram correlação entre Precipitação e LPT, com valores de  $r$  (Pearson) variando, resultando: 4 municípios apresentaram correlações fortes; 17 apresentaram valores de  $r$  superiores a 0,30 e 07 com valores inferiores a 30, com grau de confiabilidade de 95%, grau de liberdade 11, variando esse valor quando da necessidade de realizar uma segunda análise, devido às evidências explícitas nos gráficos, fazendo-se recorte de períodos sequenciais ou quando da presença dos *outliers* que são as inconsistências (valores atípicos).

Verificou-se que, ao se excluir os *outliers*, o valor ( $r$ ) da correlação de Pearson alterava de magnitude, deixando transparecer que a presença de *outliers* dissimulava o resultado em alguns casos, em outros permanecia inalterado. O mesmo ocorrendo quando os recortes eram feitos com anos não sequenciais, em que se verificavam discrepâncias nos valores das variáveis, e apresentavam evidências de correlação ao analisar os gráficos representativos, o que justifica a segunda análise em alguns casos em outros não.

### Municípios com valores de $r > 70$ ( Correlação forte):

Municípios da bacia do rio Piranhas – Açu: Ipanguaçu, Pendências, São Rafael e Currais Novos.

### Municípios com valores de $r$ de Pearson maior que 30 e menor que 70( Correlação Moderada) => Intervalo entre: $30 < r > 70$ ;

Municípios da bacia do rio Piranhas – Açu: Açu, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipanguaçu, Jucurutu, Pendências, Porto do Mangue, São Rafael, Santana do Seridó e Currais Novos.

Municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró – Alexandria, Riacho da Cruz, Umarizal.

Municípios das bacias Trairi, Curimataú, Maxaranguape, Jacu e Ceará-Mirim – Monte Alegre, Boa Saúde, João Câmara, Touros.

Municípios com valores de r de Pearson menor ou igual 30 ( Correlação fraca):

Municípios da bacia do rio Piranhas – Itajá

Municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró – Martins, Serrinha dos Pintos e Viçosa.

Municípios das bacias Trairi, Curimataú, Maxaranguape, Jacu e Ceará-Mirim – Nova Cruz, Extremoz e Santo Antônio.

Municípios com valores de r de Pearson igual 0 ( Correlação nula):

Municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró – Lucrécia

Correlação entre Precipitação e DVH

No contexto das doenças (DVH), 2 Municípios apresentaram correlação forte, 11 municípios apresentaram correlação moderada e 12 municípios apresentaram correlação fraca, tendo como resultado:

Municípios com valores de  $r > 70$  ( Correlação forte):

Municípios da bacia do rio Piranhas – Açu: Currais Novos, Serrinha dos Pintos

Municípios com valores de r de Pearson maior que 30 e menor que 70( Correlação Moderada) => Intervalo entre:  $30 < r > 70$ ;

Municípios da bacia do rio Piranhas – Açu: Açu, Carnaubais, Itajá, Pendências, e Currais Novos.

Municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró: Riacho da Cruz, Viçosa.

Municípios das bacias Trairi, Curimataú, Maxaranguape, Jacu e Ceará-Mirim – João Câmara, Touros, Novo Cruz, Extremoz.

Municípios com valores de r de Pearson menor ou igual 30 ( Correlação fraca):

Municípios da bacia do rio Piranhas-Açu: Alto do Rodrigues, Ipanguaçu, Jucurutu, Porto do Mangue, São Rafael, Santana do Seridó.

Municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró: Alexandria, Lucrécia, Martins, Umarizal.

Municípios das bacias Trairi, Curimataú, Maxaranguape, Jacu e Ceará-Mirim: Monte Alegre, Boa Saúde, Santo Antônio.

No que se refere à correlação entre a Precipitação e as doenças de veiculação hídrica (DVH), alguns municípios apresentaram variáveis estatisticamente independentes, cujos valores de r, foram inferiores a 0,1. São eles: Alto do Rodrigues, Umarizal, Monte Alegre e Boa Saúde. Na relação entre precipitação e leptospirose (LPT), só o município de Extremoz apresentou variável estatisticamente independente.

Ao analisar as correlações de todos os municípios, verificou-se que os municípios que apresentaram maiores problemas relacionados com a drenagem, apresentaram correlação significativas entre as variáveis precipitação, leptospirose (LPT) e as doenças de veiculação hídrica (DVH), destacando-se os municípios do vale do Açu, em especial Itajá, Ipanguaçu, Jucurutu, Porto do Mangue e Alto do Rodrigues, além de Alexandria e Umarizal (bacia Apodi-Mossoró).

Como resultado da análise comparativa dos municípios estudados nas referidas bacias, com base no Indicador Síntese de Saúde (IDSUS) e na Correlação “R” de Pearson, a classificação de desempenho dos municípios referente ao acesso obtido e à efetividade da Atenção Básica, das Atenções Ambulatoriais e Hospitalares e das Urgências e Emergências em 2012 foi a seguinte:

Primeiro lugar: Lucrécia, com pontuação de 6,87 para IDSUS, 1100 para drenagem urbana, r de Pearson nula para leptospirose (LPT) e fraca para as doenças de veiculação hídrica (DVH). Segundo lugar: Santana do Seridó, com pontuação de 6,69, para IDSUS, 1500 para drenagem urbana, r de Pearson Moderada para leptospirose (LPT) e fraca para as doenças de veiculação hídrica (DVH).

O décimo segundo lugar: São Rafael, com pontuação de 6,21 para IDSUS, 620 para drenagem, r de Pearson forte para leptospirose (LPT) e fraca para as doenças de veiculação hídrica (DVH).

Tabela 38 - Tabela síntese da análise estatística.

Tabela Síntese da Análise Estatística - Parte A								
Municípios	Período de análise	Observação Metodológica	Precipitação Anual x Leptospirose (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)			Precipitação Anual x DVH (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)		
			r de Pearson	Correlação	Conclusão	r de Pearson	Correlação	Conclusão
Açu	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,12	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	-0,58	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)
	2000 -2006	Recorte	0,52	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	-0,05	(-) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
Alto do Rodrigues	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,29	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	-0,03	(-) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
	2000 -2006	Recorte	0,50	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,05	(+) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
Carnaubais	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,10	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	-0,49	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)
	2000/2003/2004/2007	<i>Outliers</i>	0,41	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	-0,57	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)
Ipangaçu	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,74	(+) forte	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor alto)	<b>-0,22</b>	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionada (valor fraco)
Jucurutu	2000-2011	Foram analisados todos os anos	0,55	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,22	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)
Itajá	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,30	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	-0,40	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)

Tabela Síntese da Análise Estatística – Parte B

Municípios	Período de análise	Observação Metodológica	Precipitação Anual x Leptospirose (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)			Precipitação Anual x DVH (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)		
			r de Pearson	Correlação	Conclusão	r de Pearson	Correlação	Conclusão
Pendências	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,41	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	-0,43	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)
	2000,2004/2006/2008	<i>Outliers</i>	0,73	(+) forte	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor alto)	-0,57	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)
Porto do Mangue	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,10	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	-0,20	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)
	2003 - 2011	Recorte	0,54	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	-0,04	(-) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
São Rafael	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	-0,16	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)	-0,18	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)
	2001-2005	Recorte	0,81	(+) forte	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor alto)	<b>0,02</b>	(+) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
Santana do Seridó	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,11	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor baixo)	-0,17	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)
	2000- 2011	<i>Outlier</i> (2004/09/11)	-0,47	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)	-0,14	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)
Currais Novos	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,38	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas valor moderado)	-0,35	(-) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)
	exceto 2005/2010	<i>Outliers</i>	0,71	(+) forte	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor alto)	-0,75	(-) forte	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor forte)

Tabela Síntese da Análise Estatística – Parte C

Municípios	Período de análise	Observação Metodológica	Precipitação Anual x Leptospirose (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)			Precipitação Anual x DVH (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)		
			r de Pearson	Correlação	Conclusão	r de Pearson	Correlação	Conclusão
Alexandria	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,50	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,02	(+) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
	2004-2011	Recorte	0,64	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,16	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)
Lucrécia	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0	Hipótese nula	<b>As variáveis são estatisticamente independentes</b>	-0,20	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)
Martins	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	-0,20	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)	-0,23	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)
Riacho da Cruz	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,04	(+) fraca	<b>As variáveis são estatisticamente independentes</b>	0,33	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)
	2000 - 2011	Outlier (2007)	0,41	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,29	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)
Serrinha dos Pintos	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	-0,22	(+) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)	-0,84	(-) forte	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor alto)
	2008/2009/2010/2011	Outliers (2000/09/10/11)	0,14	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)	-0,21	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)
Umarizal	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,50	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	-0,01	(-) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
Viçosa	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	-0,26	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor baixo)	-0,45	(-) Moderada	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)

Tabela Síntese da Análise Estatística – Parte D

Municípios	Período de análise	Observação Metodológica	Precipitação Anual x Leptospirose (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)			Precipitação Anual x DVH (taxa de internação por dias de permanência hospitalar)		
			r de Pearson	Correlação	Conclusão	r de Pearson	Correlação	Conclusão
Monte Alegre	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,42	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	-0,07	(-) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
Boa Saúde	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,34	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,01	(+) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
João Câmara	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,12	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	-0,04	(-) fraca	As variáveis são estatisticamente independentes
	2000-2007	Recorte	0,42	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,42	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)
Touros	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,01	(+) fraca	<b>As variáveis são estatisticamente independentes</b>	0,26	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)
	2006 -2011	Recorte	0,52	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)	0,52	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)
Nova Cruz	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,15	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	0,12	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)
	2000 - 2007	Recorte	-0,02	(-) fraca	<b>As variáveis são estatisticamente independentes</b>	0,55	(+) Moderada	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor moderado)
Extremoz	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	0,04	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)	-0,50	(-) moderado	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor moderado)
Santo Antônio	2000 - 2011	Foram analisados todos os anos	-0,15	(-) fraca	As variáveis estão negativamente correlacionadas (valor fraco)	0,15	(+) fraca	As variáveis estão positivamente correlacionadas (valor fraco)

## CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Concluindo, as análises das correlações entre Drenagem Urbana e Saúde Pública sob aspecto multidisciplinar do Gerenciamento das Águas Pluviais Urbanas, os resultados obtidos estatisticamente, conforme descrito acima, possibilitaram as seguintes constatações.

Nos municípios que apresentaram correlações significativas entre as precipitações anuais e as doenças de veiculação hídrica estudadas, a leptospirose se destaca, onde se registraram maiores taxas de permanência hospitalar referente a internação por LPT e menores pontuações nos itens correspondentes à avaliação da drenagem nos municípios estudados, demonstrando, portanto, o impacto na saúde pública.

O fato se verifica por meio do indicador síntese de saúde do SUS, configurando-se a situação dos municípios mais bem classificados no aspecto da drenagem como Lucrécia, Santana do Seridó e São Rafael.

Nesta pesquisa, atingindo o objetivo proposto, confirmou-se a hipótese de que há forte relação entre as doenças de veiculação hídrica, em especial a leptospirose, com a drenagem das águas urbanas, principalmente com a ocorrência de precipitações extremas.

Concluiu-se que o resultado deveu-se a:

- insuficiência em quantidade e qualidade dos dispositivos de microdrenagem que atendam à demanda por ocasião das precipitações extremas;
- ausência de obras estruturantes de macrodrenagem nos municípios que são suscetíveis a enchentes e inundações em razão de sua localização; municípios da bacia do vale do Açu: Açu, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Jucurutu, Porto do Mangue, Pendências e São Rafael;
- ausência de gestão das águas residuárias, desde a origem até o descarte; o único município que se destaca pelo tratamento adequado do esgoto é Santana do Seridó;
- falta de critérios das normas estabelecidas pelo Ministério da Saúde para o controle da leptospirose e os efeitos reais das intervenções nos municípios; nesse item o destaque fica para Lucrécia e Santana de Seridó, cujo destaque deveu-se ao IDSUS;
- o não cumprimento de metas estabelecidas pelos governos nos programas ligados ao saneamento, a exemplo do PAC 1 e PAC 2;

- a realização não sistemática das ações integradas entre os órgãos de planejamento, execução e fiscalização das obras de drenagem;
- o afastamento dos projetos e programas destinados aos serviços de saneamento dos pequenos municípios, na maioria das vezes, não condiz com a realidade local;
- a ausência da gestão integrada dos componentes que compõem o saneamento ambiental, dissociado da saúde e da participação social;
- impactos gerados pelos usos múltiplos da água sem o devido controle do escoamento e destino final;
- insuficiência e descontinuidade dos trabalhos educativos entre as comunidades, no que se refere à manutenção e proteção da saúde e do meio ambiente.

No aspecto de identificação de medidas de gestão dos recursos hídricos das três esferas de governo (municipal, estadual e federal) relacionadas com o sistema de drenagem das águas pluviais e o desenvolvimento de estratégias de controle dos agravos – saúde-doença – utilizando-se do Portal da Transparência do governo federal e dos municípios, subsidiado pelos relatórios de acompanhamento das obras realizadas pelo Departamento de Engenharia Sanitária da Funasa, obtiveram-se as seguintes conclusões.

A maioria dos municípios não tem iniciativa de elaborar os próprios projetos de drenagem e buscar investimentos nos órgãos competentes, de acordo com as necessidades locais, ficando sempre na dependência dos programas gerais do governo federal.

A ausência de técnicos capacitados também é um empecilho, muitas vezes um só engenheiro atende a vários municípios, ou em outras ocasiões verificadas contratam um escritório de consultoria na capital, Natal, para atender todas as demandas relacionadas com as obras de infraestrutura urbana. Com isso, os projetos são generalistas, elaborados sem a preocupação de identificar a deficiência real e local dos elementos de drenagem nem as consequências da ausência dessa no município.

As verbas solicitadas geralmente incluem a drenagem como um acessório da pavimentação. Em casos raros, são encontrados projetos exclusivos para drenagem e gestão das águas urbanas, sem a integração dos elementos que compõem o saneamento básico.

Apesar de todo o esforço do governo federal em apoiar os municípios a elaborar seus projetos e planos, capacitando técnicos e divulgando os editais de chamadas para inscrição para programas específicos, muitos municípios não têm acesso a informação on-line. Na maioria

das vezes, após o prazo encerrado, é feita, a solicitação ao órgão concedente, justificando-se como causa o desconhecimento da política e das ações implementadas.

No Brasil, ainda não há preocupação com a qualidade da água de drenagem, talvez, pelo fato de a maioria de nossos cursos d'água ainda receber esgoto doméstico *in natura*.

A drenagem, no que diz respeito às doenças, socializa o problema. O bairro que tem alto atendimento com drenagem e coleta de lixo também sofre os efeitos da má distribuição do atendimento aos serviços de outra área. Esse efeito, somado à segregação espacial, mostra que a infraestrutura da cidade é distribuída de forma irregular. A parcela que tem disponibilidade de infraestrutura e drenagem recebe os impactos de forma não tão intensa quanto a população de menor poder aquisitivo.

Concluindo, ressalta-se que nos pequenos municípios poucas têm sido as soluções técnicas realizadas que possam ser consideradas como intervenção integrada no espaço urbano, baseadas principalmente em medidas não estruturais, em razão da falta de conhecimento ou falta de técnicos capacitados.

## **RECOMENDAÇÕES**

Estimular os gestores para dar continuidade aos programas das gestões que os antecedem, buscando articulações e parceria com os municípios vizinhos, que, por serem pequenos, encontram dificuldades de execução de ações que são comuns dentre eles.

Apoiar os pequenos municípios na aplicação da Lei de Saneamento, por meio da implantação de mecanismos de integração da política e das ações de saneamento e saúde, meio ambiente, recursos hídricos, desenvolvimento urbano e de habitação, buscando melhores práticas, investindo em pesquisa, ampliando os recursos para obras preventivas às enchentes e inundações.

Avaliar a necessidade de ampliação de recursos para os pequenos municípios que se encontram em situação de vulnerabilidade, por meio de diagnósticos da situação saúde-saneamento, de forma a reduzir e prevenir os agravos decorrentes da ineficiência dos serviços básicos, como a drenagem e a gestão das águas urbanas.

Estimular os pequenos municípios à formação de consórcios, por meio de instrumento com participação popular, com vista à continuidade das políticas públicas, apoio na elaboração e execução dos projetos, fiscalizando e exigindo que as ações atendam às necessidades locais e que os investimentos sejam utilizados adequadamente, obedecendo a legislação para contratação de serviços públicos.

Inclusão nos Programas Plurianuais, critérios e metas socialmente relevantes para os pequenos municípios, com adoção de métodos de priorização no uso de indicadores de saúde para liberação dos investimentos para a área de saneamento e educação ambiental.

Apoiar as pesquisas para desenvolvimento de tecnologias de baixo custo que atendam às necessidades dos pequenos municípios, com obras estruturantes e não estruturantes, cujos resultados possam ser avaliados em curto e médio prazo.

Apoiar a implementação e expansão de pesquisas que subsidiem políticas de desenvolvimento local, na aplicação de investimento, utilizando os parâmetros, taxas e índices já conhecidos e disponíveis pelos sistemas de informação do governo federal com o viés saúde.

Incentivar os técnicos da atenção básica da saúde a melhorar a qualidade informação nas unidades de saúde de forma que aumente a confiabilidade dos dados.

Incentivar os técnicos dos municípios à realização de cadastros, desenhos, relatórios de atividades dos serviços executados da drenagem urbana, de forma que subsidiem as políticas de priorização de investimentos e conservação do sistema de drenagem.

Expandir os programas educacionais da Funasa a todos os municípios, de forma compartilhada com as secretarias municipais afins de modo que sejam alertados para o risco à saúde da utilização:

- de poços artesianos desativados como fossa séptica;
- de mananciais como locais de depósitos de lixo;
- da utilização das redes de drenagem de águas pluviais como descarte de esgoto doméstico e águas servidas.

Sendo assim, esta pesquisa buscou ressaltar a importância e contribuição científica acerca da transferência de conhecimento e de maior integração das áreas de engenharia dos recursos hídricos, do planejamento urbano e da saúde pública, bem como as possibilidades de futuros desdobramentos do tema.

## REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Caracterização da bacia do rio Piranhas-Portal do Comitê Piranhas-Açu**. 2013. Disponível em: <<http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/>>. Acesso em: 22 mar. 2013.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Edição especial. Brasília, 2012.

ANVISA. **Regulamento Sanitário Internacional - RSI 2005**. Brasília, 2009. Versão em português aprovada pelo Congresso Nacional.

AULT, S. K. Environmental management: a re-emerging vector control strategy. **American Journal of Tropical Medicine and Higyene**, v. 50, n. 6 Suppl., p. 35-49, 1994.

AZEVEDO, R.; CORRÊA, M.O.A. (1968). **Considerações em torno da epidemia de leptospiroses na cidade de Recife em 1966**: aspectos epidemiológicos, laboratoriais e clínicos. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 28, p. 85-111, 1968.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. 11. ed. São Paulo: Ridel, 2005.

\_\_\_\_\_. Lei n.º 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 set. 1990.

\_\_\_\_\_. Lei n.º 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 19 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 jun. de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n.º 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Retificado em 11 jan. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)>. Acesso em: 10 jul. 2012.

\_\_\_\_\_. Relatórios de gestão e acompanhamento de convênios, financiamento e investimentos. **Portal da Transparência do Governo Federal**, 2012. Disponível em: <<http://www.portaltransparencia.gov.br/>>. Acesso em: 18 maio 2013.

CABRAL, J. S. P.; ALENCAR, A.V. Recife e a convivência com as águas. In: BRASIL. Ministério das Cidades. SNSA. **Gestão do território e manejo integrado das águas urbanas**: cooperação Brasil-Itália em saneamento ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. p. 111-130. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/107734319/Gestao-Do-Territorio>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

CAERN. **A companhia**. 2013. Disponível em: <<http://www.caern.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=496&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=A+Caern#sthash.HIbAJMEE.dpuf>>. Acesso em: 18 set. 2013.

CAIRNCROSS, S. Aspectos de saúde nos sistemas de saneamento básico. **Engenharia Sanitária**, n. 23, p. 334-338, 1984.

\_\_\_\_\_; FEACHEM, R. G., **Environmental health Engineering in the Tropics**: an introductory. Text. 4. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1990. 283 p.

CARNEIRO, P. R. F. Plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Iguaçu / Sarapuú: morbidade de doenças de veiculação hídrica. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS: Meio Ótico, 12., 1997. **Anais...**

CARVALHO, R. G.; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. **Revista Sociedade & Natureza** (Online), v. 23, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v23n1/12.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2012.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Secretaria de Desenvolvimento Energético Ministério de Minas e Energia. **Prodema**: programa de desenvolvimento energético dos Estados e municípios. Diagnóstico dos Municípios do RN. Natal, 2005.

CURRIERO, F. C. et al. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. **American Journal of Public Health**, v. 91, n. 8, p. 1.194-1.199, 2001.

FELIPE GUERRA. Prefeitura. Assessoria de Comunicação. **Leito de rio em Felipe Guerra terá interferência do IGARN-SEMARH**. Felipe Guerra, RN, 2013. Disponível em: <<http://prefeiturafelipeguerra.blogspot.com.br/2013/11/leito-de-rio-em-felipe-guerra-tera.html>>. Acesso em: 19 dez. 2013.

FORATTINI O P. **Ecologia, epidemiologia e sociedade**. São Paulo: Artes médicas; Edusp, 1992.

FUNASA. **Manual de saneamento**: normas e diretrizes. Brasília: Ministério da Saúde, 2007. 407 p.

FURTADO, F. **Indicadores de qualidade e eficiência em serviços urbanos**: apontamentos de aula. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco (MDU/UFPE). Recife, 2001.

GROSSI, P.; KUNREUTHER, H. **Catastrophe modeling: a new approach to managing risk management and decision**. Springer: University of Pennsylvania, 2005. 266 p.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 284-295, jul/set 2007.

HELLER, L. et al. **Saneamento, a Saúde em países em desenvolvimento**. Rio de Janeiro: CC&P, 1997. 390 p.

HERCULANO, S. C. A qualidade de vida e seus indicadores. In: \_\_\_\_\_ et al. (Org.). **Qualidade de vida e riscos ambientais**. Niterói, RJ: Eduff, 2000.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável Brasil 2008**. Rio de Janeiro, 2008. (Estudos e Pesquisas, Informação Geográfica, v. 5).

IBGE. **Pesquisa nacional do saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Anuário estatístico 2011**. Natal, 2011.

\_\_\_\_\_. **Instituição Idema**. Natal, RN, 2013. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=481&ACT=null&PAGE=0&PARM=null&LBL=Instituti%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 19 dez. 2013.

\_\_\_\_\_. **Perfil dos municípios do estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 2008. Disponível em: <[http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio\\_economicos/enviados/perfil\\_municipio.asp](http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/enviados/perfil_municipio.asp)>. Acesso em: 15 jul. 2011.

KOLSKY, P. **Performance-based evaluation of surface water drainage for low-income communities: a case study in Indore, Madhya Pradesh**. Ph.D. Thesis, University of London, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Department of Infectious and Tropical Diseases, London, UK, 1999.

KO A. I. et al. Urban epidemic of severe leptospirosis in Brazil. **The Lancet**, v. 354, p. 820-825, 1999.

LEVIN, J. **Estatística aplicada a ciências humanas**. 2. ed. São Paulo: Harbra, 1987.

LOMAR, A. V. et al. Leptospiroses. In: \_\_\_\_\_; FOCACCIA, R. (Ed.). **Tratado de infectologia**. São Paulo: Atheneu, 1996. cap. 79, p. 987-1.003.

MANER, A. W. **Public works in ancient Mesopotamia**. Civil Engineering, v. 36, n. 7, p. 50-51, 1966.

MARA, D. D.; ALABASTER, G. P. An environmental classification of housing-related diseases in developing countries. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 98, p. 41-51, 1995.

MARIN, M. C. F. C. et al. Planejamento do sistema de drenagem urbana: concepção ideal versus prática do poder público. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1999. CD-ROM.

MARTINS. Prefeitura. **Após 40 dias da enchente do rio Pataxó, Ipangaçu (RN) ainda tem bairro alagado.** 2011. Disponível em: <<http://martinsempauta.blogspot.com.br/2011/06/apos-40-dias-da-enchente-do-rio-pataxo.html>>. Acesso em: 12 jun. de 2012.

MARTINS, F.S.V.; CASTIÑEIRAS, T. M. P. P. Leptospirose. In: SCHECHTER, M. E. MARANGONI, D. V. (Ed) **Doenças infecciosas: conduta diagnóstica e terapêutica.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. p. 145-152.

MATOS, J. S, **Aspectos históricos e atuais da evolução da drenagem de águas residuais em meio urbano.** Lisboa: Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico, 2003.

MC. Ministério das Cidades. **Avanços, dificuldades e desafios na implementação da política de desenvolvimento urbano.** In: Conferência Nacional das Cidades, 4., 2009, Brasília. Cidade para todos e todas com gestão democrática, participativa e controle social: texto base. Brasília: 2009. 79 p.

\_\_\_\_\_. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília, 2007. 176 p.

\_\_\_\_\_. **Panorama do saneamento básico no Brasil.** Organizadores: Marcos Helano Fernandes Montenegro e Heliana Kátia Tavares Campos. Brasília, DF, 2010. (Caderno Temático, n. 7).

\_\_\_\_\_. **Plano nacional de saneamento básico.** Brasília, 2008.

\_\_\_\_\_. **Plano nacional de saneamento básico – Plansab.** Brasília, 2013. 172 p. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECCBF8E2/Plansab\\_Versao\\_Consehos\\_Nacionais\\_020520131.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECCBF8E2/Plansab_Versao_Consehos_Nacionais_020520131.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. **Programa drenagem urbana sustentável: manual para apresentação de propostas.** Brasília, 2006. 23 p.

MELO, M. J. V. Medidas estruturais e não estruturais de controle de escoamento superficial aplicáveis na Bacia do Rio Frágoso na cidade de Olinda. 2007. 172 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

MI. Ministério da Integração. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Manual de desastres humanos: desastres humanos de natureza tecnológica.** – v. 2. – I parte / Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, MI, 2010. 452 p.

\_\_\_\_\_. Sedec. **Relatório de gestão 2008.** Brasília, 2009. 77 p.

MILOGRANA, J. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. 2009. 316 p. (ENC/FT/UnB). Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Nacional de Brasília, Brasília, DF, 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Indicadores ambientais**. 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=219>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

MOORE, D. S. **The basic practice of statistics**. New York: Freeman, 2007.

MS. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrente de agravos relacionados ao saneamento ambiental inadequado**: relatório final. Brasília, 2010. 246 p.

\_\_\_\_\_. Portaria n.º 1.461/GM/MS, 22 de dezembro de 1999. Lista nacional de doenças de notificação compulsória. **Informe Epidemiológico do SUS**, Brasília, v. 9, n.1, mar. 2000.

\_\_\_\_\_. **Saúde ambiental**: guia básico para construção de indicadores. Brasília, 2011a. 124 p.

\_\_\_\_\_. Portaria n.º 104, de 25 de janeiro de 2011. Define as terminologias adotadas em legislação nacional, conforme o disposto no Regulamento Sanitário Internacional 2005 (RSI 2005), a relação de doenças, agravos e eventos em saúde pública de notificação compulsória em todo o território nacional e estabelece fluxo, critérios, responsabilidades e atribuições aos profissionais e serviços de saúde. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 jan, 2011b, Seção 1, p. 37.

\_\_\_\_\_. **Informações de saúde (tabnet), morbidade hospitalar 2000 a 2011**. 2011c. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

NAHAS, M. I. P. Banco de metodologias de sistemas de indicadores. In: MC. **Conferência das Cidades**, 2., 2005, Brasília: Política Nacional de Desenvolvimento Urbano. Desenvolvimento do Índice de Qualidade de Vida Urbana, 2005. (Disponível em CD).

NASCIMENTO JÚNIOR, J. A. Estudo epidemiológico da relação entre a disposição dos resíduos sólidos e a proliferação do aedes aegypti. 1999. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Nacional de Brasília, Brasília, DF, 1999.

NUNES, R. T. S. et al. Incorporating Water Sensitive Urban Design (WSUD) practices into the planning context: the conceptual case for lot-scale developments. In: BREBBIA, C. A. (Ed.). **Sustainability today**. Southampton, United Kingdom: WIT Press, 2012. p. 341-351.

NUNES, R. T. S. et al. **Procedures for integrating Water Sensitive Urban Design (WSUD) technologies into site planning process**: criteria for streetscape scale applied in Melbourne region, Australia. INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE - ICUD, 12., 2011, Porto Alegre, Brazil. Annals... Porto Alegre, 2011.

OCDE. **Rumo a um desenvolvimento sustentável**: indicadores ambientais. Tradução de Ana Maria S F Teles. Salvador: CRA, 2002. 244 p. (Cadernos de Referência Ambiental, v. 9). Título original francês: Vers un développement durable: indicateurs d'environnements. Título original francês: Towards sustainable development: environmental indicators.

\_\_\_\_\_. **Towards sustainable development**: environmental indicators. OECD Publications. Paris, 1998.

OLIVEIRA, D. S. C. **Desigualdades intraurbanas de leptospirose no Recife**. 2009. 90 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Ageu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, 2009.

OMS. **Relatório mundial de saúde 2010**: financiamento dos sistemas de saúde o caminho para a cobertura universal. Lisboa: CLPL, 2011. Disponível em: <<http://www.cplp.org/Default.aspx?ID=316&Action=1&NewsId=1637&M=NewsV2&PID=304>>. Acesso em: 11 jun. 2012.

\_\_\_\_\_. **Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde**. 10. revisão. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1997.

PARKINSON, J.; MARK, O. **Urban stormwater management in developing countries**. Londres: IWA Publishing, 2005. 240 p.

PNUD. **Os objetivos de desenvolvimento do milênio**. 2011. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/ODM.aspx>>. Acesso em: 25 nov. 2011.

\_\_\_\_\_. **Relatório de desenvolvimento humano 2010**: valores e desenvolvimento humano. Brasília, 2010. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/HDR/arquivos/rdh\\_Brasil\\_2009\\_2010.pdf](http://www.pnud.org.br/HDR/arquivos/rdh_Brasil_2009_2010.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2013.

PRATA, A. Esquistossomose mansoni In: VERONESI, R.; FOCACCIA, R. (Ed.) Tratado de Infectologia. **Atheneu**, São Paulo, v. 2, p. 1.354-1.372, 1996.

PRODANOFF, J. H. A. **Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

RIGHETTO A. M. (Coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: Abes; Natal: Prosab 5, 2009. 396 p. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5\\_tema%204.pdf](http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5_tema%204.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2012.

\_\_\_\_\_ et al. Estudo quali-quantitativo e de manejo de águas pluviais em áreas de drenagem piloto na cidade de Natal, RN. In: \_\_\_\_\_ (Coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: Abes; Natal: Prosab 5, 2009. p. 218-255. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5\\_tema%204.pdf](http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5_tema%204.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2012.

RIO GRANDE DO NORTE. SEMARH. **Caracterização das bacias hidrográficas**. 2012. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. de 2012.

ROCHA, A. A.; CÉSAR, C. L. G. **Saúde pública: bases conceituais**. São Paulo: Atheneu, 2008. 368 p.

ROUQUAYROL, M. Z. **Epidemiologia, história natural e prevenção de doenças**. Texto ofertado por ocasião do Curso de Enfermagem na Universidade de Guarulhos, SP. *Epidemiologia & Saúde*, 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABGhYAE/epidemiologia>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

RUANO, M. **Ecourbanismo: entornos humanos sostenibles: 60 proyectos**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1999. 192 p.

RUEDA, S. **Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles: taller sobre indicadores de huella e calidad ambiental urbana**. Barcelona: Fundación Forum Ambiental/Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, 1999.

SABESP. **O saneamento na Baixada Santista e seu legado: livrete comemorativo do centenário do primeiro canal de águas pluviais em Santos**. Santos, 2005. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0120d.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

SARKAR, U. et al. Population-based case-control investigation of risk factors for leptospirosis during an urban epidemic. **American Journal Tropical Medicine and Hygiene**, v. 66, n. 5, p. 605-610, 2002.

SCHMITZ C. A. A. et al. Leptospirose urbana: interação de variáveis demográficas e socioeconômicas na ocorrência de casos em Santa Maria, RS. CONGRESSO MUNDIAL DE EPIDEMIOLOGIA, 18., 2008, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS, 2008.

SOLI, A.S.V. Esquistossomose. In: SCHECHTER, M.; MARANGONI, D. V. (Ed.). **Doenças infecciosas: conduta diagnóstica e terapêutica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 422 p.

SOUNIS, E. **Epidemiologia aplicada**. Rio de Janeiro; São Paulo: Atheneu, 1985. v. 2, 334 p.

SOUZA, C. M. N. Carência ou precariedade **dos serviços de drenagem urbana e ocorrência de doenças de importância para a saúde pública**. 147 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2001.

SUASSUNA, C. C. A; FÁTIMA, M. **Construção de indicadores de qualidade de vida urbana em municípios diretamente afetados por hidrelétricas: aspectos conceituais e metodológicos**. Trabalho apresentado à Disciplina de Indicadores de Desenvolvimento – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano (MDU), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

TASSINARI, W. de S et al. Spatial distribution of leptospirosis in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 1996-1999. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 6, p. 1.721-1729, nov.-dez. 2004.

TUCCI, C. E. M. Controle de enchentes. In: \_\_\_\_\_ (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 1993. p. 621-658.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 1, n. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

TUCCI, C. E.M. **Gestão das águas pluviais urbanas**: texto de apoio – Código D07 – Curso de Gestão Integrada das águas e dos resíduos na cidade. Brasília: MC – Cooperação Técnica Brasília/Itália, 2006.

\_\_\_\_\_. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-12, jul.-dez 1997.

\_\_\_\_\_; MELLER, A. **Regulação das águas pluviais urbanas**. **REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 4, n. 1, jan.-jun. 2007.

U.S. EPA. **Forum on microbial threats**: workshop program. Washington, DC, 2008.

\_\_\_\_\_. **Low impact development (LID)**: a literature review. Washington, D.C., 2000. 35 p. Disponível em: <<http://water.epa.gov/polwaste/green/upload/lid.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

\_\_\_\_\_. **National award for smart growth achievement 2010**. Washington, D.C., 2010. Disponível em: <[http://www.epa.gov/smartgrowth/pdf/sg\\_awards\\_2010.pdf](http://www.epa.gov/smartgrowth/pdf/sg_awards_2010.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2011.

VEIGAS, T. A. P. **Contribuição para a otimização da operação de sistemas de drenagem de águas residuais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.

WEBSTER, C. The sewers of Mohenjo-Daro. **Journal Water Pollution Control Federation**, 34 n. 2, p. 116-123, 1962.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Procedimentos adotados pelo Ministério das Cidades para análise de projeto de drenagem

**OS PROCEDIMENTOS ADOTADOS PELO MINISTÉRIO DAS CIDADES PARA ANÁLISES DE PROJETO DE DRENAGEM QUE SE SOLICITA AO CONVENIENTE SÃO:**

- a) Dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais composto por:
  - a.1 Apresentação da equação de chuvas utilizada, justificando a sua adoção, fonte e bibliografia, com a descrição e a unidade de todos os seus componentes.
  - a.2 Apresentação da metodologia e das fórmulas hidráulico-hidroológicas (com indicação de bibliografia) para o cálculo de capacidade de escoamento de sarjetas e bocas de lobo, e para o cálculo de vazões, alturas de lâmina e velocidades em cada trecho das obras de drenagem.
  - a.3 Indicação e justificativa com respectiva bibliografia do Período de Retorno adotado.
  - a.4 Planilha de dimensionamento contendo, no mínimo, as seguintes informações: áreas contribuintes de cada trecho, tempo de concentração para cada trecho, respectivas totalizações parciais, precipitação equivalente, coeficiente de escoamento superficial, determinação do diâmetro de cada trecho e respectivo cálculo da vazão, da velocidade e da altura da lâmina d'água.
  - a.5 Indicação e justificativa com bibliografia da velocidade máxima de escoamento adotada no projeto.
  - a.6 Cálculo da capacidade máxima de engolimento das bocas de lobo.
- b) Projeto contendo:
  - b.1 Relatório fotográfico detalhado da área objeto do pleito com indicação dos locais das fotos.
  - b.2 Planta em escala apropriada (1:500 ou 1:1000) com curvas de nível de metro em metro ou com os eixos das vias públicas com cotas altimétricas nos cruzamentos, nos pontos de mudança de direção e de greide e nos demais pontos relevantes.
  - b.3 Indicação, através de traçados convencionados em legenda, da infraestrutura existente: guias e sarjetas, pavimentação, PVs, sarjetões e demais elementos existentes.
  - b.4 Indicação do sentido de escoamento superficial das águas pluviais.
  - b.5 Indicação do tipo de ocupação das áreas: residencial, comercial, industrial, praças, etc.

- b.6 Indicação da posição e da cota altimétrica da margem do curso d'água receptor nos períodos de cheias significativas.
- b.7 Desenho em planta do sistema de drenagem de águas pluviais apresentando, em cada trecho, as informações resultantes do dimensionamento, a saber: poços de visita com cota de tampão e cota de fundo, bocas de lobo, eixo das canalizações com comprimento, diâmetro e declividade e demais elementos resultantes do projeto.
- b.8 Detalhamento da interligação com o sistema existente quando existir.
- b.9 Delimitação da bacia drenada pelo projeto (inclusive de eventual sistema existente a ser interligado) e das sub-bacias contribuintes para cada trecho.
- b.1. Perfis longitudinais das galerias, apresentando, no mínimo, a superfície do terreno, linhas de cotas altimétricas, declividades, comprimentos de cada trecho das canalizações e respectivos diâmetros, e poços de visita com cotas de tampão e de fundo.
- b.11 Detalhamento do dispositivo de chegada ao curso d'água receptor.
- b.12 Memorial descritivo executivo (ou caderno de encargos).
- b.13 Planilha orçamentária com base SINAPI.
- b.14 Licença ambiental.
- b.15 Outorga.

De acordo ainda com os analistas entrevistados, como não há normas técnicas para dimensionamento de drenagem e como a bibliografia sobre o tema é vasta e com muitas variações de critérios (p. ex., velocidade máxima, coeficiente de escoamento, formulação a ser utilizada, áreas máximas e mínimas para a aplicação de alguns métodos de dimensionamento, período de retorno a ser utilizado, etc.) não há como exigir do Conveniente a utilização de parâmetros e critérios fixos. Assim, são aceitos os dimensionamentos justificados com bibliografia.

Na verdade, os processos de análise são bem simplificados e não exigem, inclusive, para obras de pequeno e médio porte, o estudo de alternativas e de impacto ambiental (MC, 2011).

Após a contextualização do tema que norteia esta pesquisa, segue-se com a justificativa, embora já se tenha claro na literatura consultada a importância da gestão adequada das águas urbanas diante dos desafios do século, tais como a poluição e a degradação dos ecossistemas.

## APÊNDICE B – Relação dos entrevistados

Laércio Soares de Araújo Sobrinho – Secretário de Obras de Jucurutu/RN

Maria José Araújo Lopes de Sá – Técnica da Prefeitura de Jucurutu/RN

Gualberto Cesar de Oliveira – Secretário de planejamento- Prefeitura de Antônio Martins/RN

Luís Carlos Barros – Diretor de Projetos – Açu/RN

Lenildo de Souza Nascimento-Técnico da Prefeitura Alto do Rodrigues/RN

José Wilson da Cunha Oliveira – Secretário de Obras – Alto do Rodrigues/RN

Luiz Gonzaga C Dantas – Prefeito de Carnaubais/RN

Josiane Maria de Araújo – Secretário de Obras de Ipanguaçu/RN

Francisco Edvaldo Vieira de Menezes – Secretário de Governo de Itajá/RN

Flaudivan Martins Cabral – Técnico da Prefeitura de Pendências/RN

Glênio Fernandes de Medeiros – Engº. Civil da Prefeitura de Pendências/RN

Rodrigo Costa Amorim – Secretário de Meio Ambiente de Porto do Mangue/RN

Francisco Marto Felipe – Secretário de Agricultura – São Rafael/RN

Patrícia Maraisa de Souza – EMATER – São Rafael/RN

Maria Augusta da Silva – SAAE de Alexandria/RN

Raimundo Marinho da Silva – Secretário de Infraestrutura – Currais Novos/RN

Francisco Cardoso – Técnico da Prefeitura de Currais Novos/RN

Adilson Velez – SAAE – Extremoz/RN

José Mestre – Secretário de Obras – João Câmara/RN

Renata Maria da Silva – Secretário de Administração e Fazenda – João Câmara

Maria Suênia Nobre Abrantes – Técnica da Prefeitura – Monte Alegre/RN

José Carlos de Souza – Secretário de Obras – Nova Cruz/RN

Valdir Edson Simplício – Técnico – Nova Cruz/RN

Samuel Ferreira – Engenheiro da Secretaria de Infraestrutura – Nova Cruz/RN

João Maria França – Secretário Obras de Touros/RN

Everton Xavier – Técnico – Touros/RN

Carlos Magno – SAAE/ Touros/RN

José Maria Dias – Secretário de Agricultura – Lucrécia/RN

Frank André de Andrade – Secretário de Saúde – Martins/RN

Sales Antonio de Aguiar – Secretário de Obras – Santo Antônio/RN

Luiz José Fernandes – Secretário de Educação – Serrinha dos Pintos

Laudemir Marcelino – Secretário de Obras – Serrinha dos Pintos/RN

Paulo Roberto de Queiroz – Secretário de Saúde – Serrinha dos Pintos

Francisco Bezerra dos Santos – Secretário de Obras – Umarizal

Luís Carlos – Diretor de Obras – Umarizal

Maico Monteiro – Técnico – Umarizal

Deomar Gomes de Paiva – Secretário de Obras e Urbanismo – Riacho da Cruz

Kamila Marinho – Serviço de Saúde Ambiental (SESAM) /FUNASA/RN

Aristeu Oliveira Júnior – Departamento de Saúde Ambiental (DESAM) – FUNASA/Brasília

Isaura Azevedo – Serviço de Saúde Ambiental (SESAM)/FUNASA/RN

Gilza Vidal Lima – Seção de Educação em Saúde – SADUC/FUNASA/RN

Anadélia Câmara – Seção de Educação em Saúde – SADUC/FUNASA/RN

Glauce Lins – Secretário de Vigilância Saúde (SVS) – Ministério da Saúde/Brasília

Michael Lize – Secretário de Vigilância Saúde (SVS) – Ministério da Saúde/Brasília

Jucélia Mendonça – Departamento de Saúde Ambiental (DESAM) – FUNASA/Brasília

Vaico Oscar Preto Filho – Ministério das Cidades, Brasília/DF

Alexandre Freire – DENSP/FUNASA/RN

Manuel Nava – DENSP/FUNASA, Brasília

Gilmar Bristott – Meteorologista da EMPARN/RN

Glauber Soares – Ministério da Integração, Brasília/DF

Vânia Rodrigues – Ministério das Cidades, Brasília/DF

Nolan Bezerra – Consultora OPAS, Brasília

André Braga – INCRA/RN

## APÊNDICE C – Tabelas com resultados estatísticos dos municípios pesquisados

## Tabelas dos Municípios

Tabela 39 - Dados das precipitações anuais (mm) dos municípios estudados 2000-2011.

<b>Município</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Açu	1253	2493	4985	672	1703	920	1450	852	1345	1579	1731	1669
Alto do Rodrigues	947	803	847	557	832	586	1221	785	694	1104	971	1103
Carnaubais	667	268	642	670	999	258	519	563	990	1118	290	967
Ipanguaçu	921	362	903	477	826	454	589	662	778	1192	487	855
Itajá	767	380	874	510	817	461	680	1030	1007	1086	460	871
Jucurutu	832	460	1005	760	866	403	920	440	766	984	600	1242
Pendências	548	299	521	451	468	260	781	392	739	977	348	921
Porto do Mangue	661	186	499	521	483	296	789	475	781	1087	293	848
São Rafael	728	416	814	552	851	559	800	813	946	1069	423	1194
Alexandria	823	349	947	638	1035	474	932	579	1094	817	456	825
Currais Novos	856	365	458	574	458	961	504	679	651	957	242	668
Extremoz	1867	829	1505	1376	1772	1537	1053	1758	2081	1791	1092	1721
Boa Saúde	1188	348	634	620	1060	691	462	790	909	915	376	965
João Câmara	1189	391	650	563	1027	622	437	432	938	1231	222	921
Monte Alegre	1539	647	1266	1010	1490	1110	818	1170	1367	1571	599	1562
Nova Cruz	1269	440	897	852	1304	640	584	1022	849	1188	523	1248
Lucrécia	1048	788	1381	888	1122	696	1285	824	1125	1136	925	1143
Martins	1459	1031	1502	1361	1599	944	1484	1025	1533	2030	997	1340
Santo Antônio	1208	557	833	916	1432	673	623	937	884	1225	573	1130
Serrinha dos Pintos	1135	659	1062	908	1236	720	1130	721	1231	1314	576	1028
Touros	1305	1069	1450	1258	1806	1521	1153	769	1213	1672	605	691
Umarizal	761	494	1111	876	1457	710	822	476	1071	941	376	789
Riacho da Cruz	536	289	1198	784	1369	688	843	594	1432	1240	588	878
Santana do Seridó	710	313	779	293	1015	604	696	615	1088	976	506	769
Viçosa	787	650	1071	871	1590	828	1071	838	1222	1381	691	997

Fonte: EMPARN (2012)

Tabela 40 - Distribuição dos indicadores das doenças com a precipitação anual por município no período de 2000-2011.

Município		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Açu	DVH	51	36	37	32	45	54	33	25	22	38	63	33
	LPT	48	24	33	23	54	32	30	21	29	51	40	21
	Precipitação Anual	1253	2493	4985	672	1703	920	1450	852	1345	1579	1731	1669
Alto do Rodrigues	DVH	124	48	48	95	44	33	86	24	14	7	14	7
	LPT	316	361	81	306	206	78	243	83	61	57	80	72
	Precipitação Anual	368	487	457	487	448	326	821	405	594	787	928	980
Carnaubais	DVH	65	95	125	128	34	78	51	50	33	29	65	56
	LPT	146	59	31	704	175	3	9	133	50	34	8	37
	Precipitação Anual	667	268	642	670	999	258	519	563	990	1118	290	967
Ipanguaçu	DVH	43	37	39	54	37	33	24	18	10	23	24	14
	LPT	46	4	30	13	38	21	10	3	9	42	21	36
	Precipitação Anual	921	362	903	477	826	454	589	662	778	1192	487	855
Itajá	DVH	54	35	37	27	37	134	6	3	6	42	38	32
	LPT	11	0	0	0	109	4	4	2	36	6	16	101
	Precipitação Anual	767	380	874	510	817	461	680	1030	1007	1086	460	871
Jucurutu	DVH	111	143	186	155	110	3	110	72	99	75	70	49
	LPT	380	135	146	125	147	128	165	227	170	274	190	207
	Precipitação Anual	832	460	1005	760	866	403	920	440	766	984	600	1242
Pendências	DVH	18	21	23	31	8	16	13	9	6	12	18	8
	LPT	2	77	165	49	12	57	9	6	42	249	106	115
	Precipitação Anual	548	299	521	451	468	260	781	392	739	977	348	921
Porto do Mangue	DVH	17	17	69	32	10	10	12	5	7	10	7	2
	LPT	7	6	7	66	91	34	107	9	58	0	29	17
	Precipitação Anual	661	186	499	521	483	296	789	475	781	1087	293	848
São Rafael	DVH	62	6	9	67	38	24	43	40	22	15	20	11
	LPT	29	107	189	110	166	66	0	81	70	31	38	32
	Precipitação Anual	728	416	814	552	851	559	800	813	946	1069	423	1194
Alexandria	DVH	115	411	312	224	463	459	396	352	522	417	508	523
	LPT	73	136	214	175	434	245	245	260	291	289	209	338
	Precipitação Anual	823	349	947	638	1035	474	932	579	1094	817	456	825
Currais Novos	DVH	184	293	218	176	131	171	134	65	99	58	126	68
	LPT	53	50	64	85	58	43	57	59	151	143	37	124
	Precipitação Anual	856	365	458	574	458	961	504	679	651	957	242	668
Extremoz	DVH	18	31	13	15	22	36	25	16	11	10	16	14
	LPT	26	81	33	33	89	195	124	77	124	104	84	129
	Precipitação Anual	1867	829	1505	1376	1772	1537	1053	1758	2081	1791	1092	1721
Boa Saúde	DVH	100	91	48	42	57	4	66	30	18	13	22	31
	LPT	281	206	343	237	215	172	27	162	303	168	256	712
	Precipitação Anual	1188	348	634	620	1060	691	462	790	909	915	376	965
João Câmara	DVH	429	392	508	426	547	13	429	327	173	117	128	72
	LPT	85	75	156	61	177	159	144	120	192	135	142	86
	Precipitação Anual	1189	391	650	563	1027	622	437	432	938	1231	222	921
Monte Alegre	DVH	10	13	17	12	42	66	26	19	7	11	12	3
	LPT	52	23	26	92	109	38	51	125	65	144	99	147

	Precipitação Anual	1539	647	1266	1010	1490	1110	818	1170	1367	1571	599	1562
Nova Cruz	DVH	239	137	194	271	307	262	140	144	54	50	62	33
	LPT	93	33	40	18	6	15	93	32	48	91	48	57
	Precipitação Anual	1269	440	897	852	1304	640	584	1022	849	1188	523	1248
Lucrécia	DVH	88	71	54	77	62	50	49	46	66	73	144	54
	LPT	25	28	78	115	28	37	25	39	58	74	63	6
	Precipitação Anual	1048	788	1381	888	1122	696	1285	824	1125	1136	925	1143
Martins	DVH	109	156	109	123	63	101	97	67	76	107	118	86
	LPT	32	16	22	89	33	71	14	12	80	24	77	72
	Precipitação Anual	1459	1031	1502	1361	1599	944	1484	1025	1533	2030	997	1340
Santo Antônio	DVH	99	53	56	53	31	33	48	20	29	31	21	43
	LPT	129	301	114	110	162	136	191	118	96	180	112	195
	Precipitação Anual	1208	557	833	916	1432	673	623	937	884	1225	573	1130
Serrinha dos Pintos	DVH	64	9	11	100	55	59	23	20	21	112	218	148
	LPT	168	21	51	23	9	23	5	11	4	117	101	71
	Precipitação Anual	1135	659	1062	908	1236	720	1130	721	1231	1314	576	1028
Touros	DVH	13	15	11	32	48	58	39	29	78	47	40	21
	LPT	69	183	52	161	164	93	103	214	162	237	108	138
	Precipitação Anual	1305	1069	1450	1258	1806	1521	1153	769	1213	1672	605	691
Umarizal	DVH	208	8	59	184	150	106	131	153	194	256	255	211
	LPT	58	41	14	10	15	14	7	52	7	63	52	13
	Precipitação Anual	761	494	1111	876	1457	710	822	476	1071	941	376	789
Riacho da Cruz	DVH	61	73	158	95	76	70	72	68	78	106	109	130
	LPT	60	15	52	34	11	7	0	158	76	73	35	25
	Precipitação Anual	536	289	1198	784	1369	688	843	594	1432	1240	588	878
Santana do Seridó	DVH	0	0	8	8	3	42	5	5	5	3	20	17
	LPT	0	17	8	38	147	0	21	0	0	20	123	143
	Precipitação Anual	710	313	779	293	1015	604	696	615	1088	976	506	769
Viçosa	DVH	12	5	3	14	2	2	3	2	4	1	6	5
	LPT	0	0	26	112	0	283	85	0	0	12	56	0
	Precipitação Anual	787	650	1071	871	1590	828	1071	838	1222	1381	691	997

Nota: LPT\* - Taxa (dias de permanência hospitalar) por leptospirose icterohemorrágica, outras formas de leptospirose, leptospirose não especificada, outras doenças bacterianas e por DVH- cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem intestinal.

Tabela 41 - Distribuição da pontuação relacionada com os indicadores avaliados nos municípios no período de 2000 a 2011 agregados por bacias.

Município	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Bloco 5	Bloco 6
Açu	150	200	150	300	100	300
Alto do Rodrigues	50	100	50	200	100	300
Carnaubais	150	200	100	150	100	240
Ipanguaçu	100	100	50	100	100	300
Itajá	100	100	50	100	100	300
Jucurutu	0	100	0	150	100	300
Pendências	100	200	50	200	100	300
Porto do Mangue	50	250	50	50	100	240
São Rafael	50	250	50	50	100	300
Currais Novos	150	400	250	300	100	300
Santana do Seridó	300	500	300	300	100	300
Alexandria	20	300	40	150	100	300
Lucrécia	250	300	250	300	250	300
Martins	200	300	100	300	100	300
Serrinha dos Pintos	150	400	50	200	100	300
Umarizal	100	200	0	200	100	300
Riacho da Cruz	200	400	150	300	100	300
Viçosa	300	400	300	300	100	300
Boa Saúde	100	350	150	100	50	270
Monte Alegre	120	100	300	200	100	100
João Câmara	20	320	70	170	100	70
Touros	100	160	90	150	100	300
Extremoz	200	190	70	200	100	300
Nova Cruz	200	200	40	170	20	300
Santo Antônio	70	190	120	150	100	300

**Legenda:**

	Bacia do Rio Piranhas-Açu
	Bacia do Rio Apodi-Mossoró
	Bacia do Rio Trairi
	Bacia do Rio Maxaranguape
	Bacia do Rio Curimataú
	Bacia do Rio Ceará-Mirim
	Bacia do rio Jacu

Tabela 42 - Classificação de desempenho dos municípios baseado no IDSUS, quanto ao acesso obtido e à efetividade da atenção básica, das atenções ambulatoriais e hospitalares e das urgências e emergências em 2012 e a correlação r (Pearson).

Município	Bacia Hidrográfica	r = (Pearson) LPT	r = (Pearson) DVH	Drenagem (0-1500)	Classificação	IDSUS
Alto do Rodrigues	Piranhas-Açu	(+) Moderada	(-) fraca	500	153°	4,81
Açu	Piranhas-Açu	(+) Moderada	(-) Moderada	900	155°	4,75
Carnaubais	Piranhas-Açu	(+) Moderada	(-) Moderada	700	111°	5,32
Currais Novos	Piranhas-Açu	(+) forte	(-) Moderada	1200	159°	4,65
Ipanguaçu	Piranhas-Açu	(+) forte	(-) fraca	450	98°	5,44
Itajá	Piranhas-Açu	(+) fraca	(-) Moderada	400	137°	5,10
Jucurutu	Piranhas-Açu	(+) Moderada	(+) fraca	350	103°	5,40
Pendências	Piranhas-Açu	(+) forte	(-) Moderada	650	121°	5,23
Porto do Mangue	Piranhas-Açu	(+) Moderada	(-) fraca	500	79°	5,61
Santana do Seridó	Piranhas-Açu	(-) Moderada	(-) fraca	1500	<b>2°</b>	<b>6,69</b>
São Rafael	Piranhas-Açu	(+) forte	(-) fraca	620	12°	6,21
Alexandria	Apodi-Mossoró	(+) Moderada	(+) fraca	350	163°	4,46
Lucrécia	Apodi-Mossoró	0 = nula	(-) fraca	1.100	<b>1°</b>	<b>6,87</b>
Martins	Apodi-Mossoró	(-) fraca	(-) fraca	600	97°	5,45
Riacho da Cruz	Apodi-Mossoró	(+) Moderada	(+) Moderada	950	106°	5,39
Serrinha dos Pintos	Apodi-Mossoró	(+) fraca	(-) fraca	600	82°	5,60
Umarizal	Apodi-Mossoró	(+) Moderada	(-) fraca	200	88°	5,54
Viçosa	Apodi-Mossoró	(-) fraca	(-) Moderada	1300	84°	5,59
Boa Saúde	Trairi	(+) Moderada	(+) fraca	750	138°	5,10
Monte Alegre	Trairi	(+) Moderada	(-) fraca	820	31°	6,01
João Câmara	Maxaranguape	(+) Moderada	(+) fraca	680	110°	5,33
Touros	Maxaranguape	(+) Moderada	(+) fraca	600	149°	4,92
Nova Cruz	Curimataú	(+) fraca	(+) fraca	590	104°	5,40
Extremoz	Ceará-Mirim	(+) fraca	(-) Moderada	760	60°	5,80
Santo Antônio	Jacu	(-) fraca	(+) fraca	650	132°	5,17

Fonte: a autora, 2012.

Tabela 43 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Açú.

ESTADÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	33,76	39,05	1721,05
Erro padrão	3,36	3,49	328,04
Mediana	30,90	36,43	1514,80
Desvio padrão	11,63	12,08	1136,38
Variância da amostra	135,36	146,03	1291359,92
Curtose	-1,00	-0,06	6,94
Assimetria	0,65	0,66	2,43
Intervalo	32,61	40,92	4313,70
Mínimo	21,03	22,34	671,50
Máximo	53,65	63,25	4985,20
Soma	405,12	468,65	20652,60
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	53,65	63,25	4985,20
Menor (1)	21,03	22,34	671,50
Nível de confiança (95,0%)	7,39	7,68	722,02

## MUNICÍPIO DE AÇÚ

Tabela 44 - Dados das precipitações anuais do município de Açú.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	34,5	18,7	246,6	49,1	267,9	17,1	0	41,3	34	23,5	65	130,7
Fevereiro	142,8	9,5	125,9	49,5	208	97	16,8	304	1,1	129,1	44,4	63,6
Março	147,1	166,8	210,7	157,3	48,5	103,3	131,5	196,6	248,3	180,8	29,5	93,6
Abril	126,2	107,6	57,6	161,3	39,3	46	224	142,3	323,2	167	127,5	243
Mai	40,3	18,9	144,2	33	93,3	98,2	171,1	86,2	201	245,6	72,6	124,3
Junho	38,4	40,7	70,7	36,2	77,3	74,7	118,2	24,3	94,5	114,4	15,9	37,7
Julho	54,2	0	22,8	3,3	39,5	2	24,6	1,1	14,1	34,3	9,5	130,2
Agosto	30,6	0	0	6	0	0	7,4	3,7	30,6	39	0	15,6
Setembro	24,1	0	0	0	0	0	0	0,2	2	1,7	0	0
Outubro	0	0	0	0	0	18,2	0	0	0	0	17	4,5
Novembro	0	0	13,5	0,5	0	0	0,7	0	0,4	0	0	5
Dezembro	14,6	0	11,3	7	2,5	2,2	11,6	35,8	0	0,6	0	18
Total	652,8	362,2	903,3	503,2	776,3	458,7	705,9	835,5	949,2	936	381,4	866,2

Fonte: EMPARN (2012).

Tabela 45 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	694,22	694,22
Variância	47760,46	47760,46
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	0,12	-0,58
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
Gl	11,00	11,00
Stat t	10,52	10,05
P(T<=t) uni-caudal	2,22E-07	3,5E-07
t crítico uni-caudal	1,79	1,79
P(T<=t) bi-caudal	4,44E-07	7,01E-07
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

Tabela 46 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, município Alto do Rodrigues.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	162	45	921
Erro padrão	34	11	74
Mediana	82	38	897
Desvio padrão	116,24	37,97	255,85
Variância da amostra	13511,53	1441,72	65457,27
Curtose	-1,37	0,04	-0,45
Assimetria	0,70	0,98	0,33
Intervalo	304,21	116,85	846,00
Mínimo	56,88	7,37	557,00
Máximo	361,09	124,22	1403,00
Soma	1944,21	545,32	11050,20
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	361,09	124,22	1403,00
Menor (1)	56,88	7,37	557,00
Nível de confiança (95,0%)	73,85	24,12	162,56

Tabela 48 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	162	45
Variância	13512	1442
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,29	-0,03
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	-10,60	-11,67
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE ALTO DO RODRIGUES

Tabela 47 - Dados das precipitações anuais do município de Alto do Rodrigues.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	31	0	30,6	70,6	138,9	16,8	46,1	6,1	59	94,9	177,2	168
Fevereiro	83,7	88,7	140,2	53,4	80,9	8,4	50,6	135,5	23,5	39,7	92,2	109
Março	107,5	145,3	127,3	162,6	39,7	96,9	293	119,2	241,9	153,9	156,9	116,2
Abril	98,8	124,8	56,3	90,2	58,4	29,5	261,9	50,9	124,5	180,2	146,4	148
Mai	19	91,4	50,4	63,4	62,7	85	96,6	14	83,4	154,7	114,4	197,2
Junho	28	36,8	32,9	32,6	43,4	49,7	3,4	37,4	34,2	75,8	82,5	52,6
Julho	0	0	14,5	10,5	21,8	39,7	15,5	1,4	10,2	36,1	82,6	87,5
Agosto	0	0	1	0	0	0	30,8	0,3	6,7	41,6	45	44,3
Setembro	0	0	0	0	0	0	4,8	6,5	4,3	3,5	12	37
Outubro	0	0	0	3,5	1,1	0	1,1	0	5,6	0	9,3	7,9
Novembro	0	0	0	0	1,1	0	4,6	1	0,7	0,1	7	10,1
Dezembro	0	0	3,8	0,2	0	0	12,6	32,7	0	6,5	2,5	2,2
Total	368	487	457	487	448	326	821	405	594	787	928	980

Tabela 49 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Carnaubais.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	115,72	67,44	662,31
Erro padrão	56,04	9,65	87,44
Mediana	43,48	60,42	654,40
Desvio padrão	194,13	33,42	302,90
Variância da amostra	37686,63	1117,08	91751,39
Curtose	9,35	-0,28	-1,29
Assimetria	2,95	0,84	0,05
Intervalo	701,28	98,88	860,10
Mínimo	3,07	29,30	257,50
Máximo	704,35	128,17	1117,60
Soma	1388,67	809,33	7947,70
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	704,35	128,17	1117,60
Menor (1)	3,07	29,30	257,50
Nível de confiança (95,0%)	123,34	21,24	192,46

Tabela 51 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	662,3083	662,3083
Variância	91751,39	91751,39
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,10	-0,49
Hipótese da diferença de média	0	0
G1	11	11
Stat t	5,52	6,43
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE CARNAUBAIS

Tabela 50 - Dados das precipitações anuais do município de Carnaubais.

Mês	Ano											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	55	15	187,3	117,4	433	18	3,8	8	54,5	9,3	22	78,3
Fevereiro	123,5	31	56,5	55,3	212,7	30,9	22,2	176,6	24,5	120,9	11,2	38,2
Março	116,4	23,9	186,8	236,7	74,3	84,3	137,5	179	354,6	221,1	61,5	121,1
Abril	187,3	135,6	61,9	98,9	59,1	21,7	197,7	95,4	265,8	333,5	95,1	170,2
Mai	59,2	3	86,7	89,4	93,9	71,5	124,7	11,4	208,6	244,7	15	174,1
Junho	34	47,7	27,2	62,3	97	31,1	25,4	47,1	22	121,3	30	57,2
Julho	24,5	12	23,5	0	26	0	0	0	33,5	29,8	2,8	102,1
Agosto	23,2	0	0	2	2,5	0	2	0	19	31,3	0	96,2
Setembro	36,5	0	0	0	0	0	0	0	7	0,7	0	73,7
Outubro	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	8,6	13,8
Novembro	0	0	6	0,2	0	0	5,2	3	0	0,2	0,5	38
Dezembro	7	0	6,3	6,2	0	0	0	42	0	4,8	43,2	4,2
Total	666,6	268,2	642,2	669,6	998,5	257,5	518,5	562,5	989,5	1117,6	289,9	967,1

Tabela 53 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Ipanguaçu.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	22,77	29,70	708,77
Erro padrão	4,40	3,712	70,74
Mediana	20,93	28,51	720,10
Moda	20,93	36,90	0
Desvio padrão	15,24	12,86	245,04
Variância da amostra	232,37	165,40	60044,30
Curtose	-1,52	0,55	-0,42
Assimetria	0,18	0,21	0,38
Intervalo	43,12	43,61	829,30
Mínimo	3,00	10,064	362,20
Máximo	46,12	53,67	1191,50
Soma	273,24	356,42	8505,30
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	46,12	53,67	1191,50
Menor (1)	3,00	10,063	362,20
Nível de confiança (95,0%)	9,68	8,17	155,69

Tabela 54 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	708,775	708,775
Variância	60044,31	60044,31
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,736264	-0,21739
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	10,15363	9,479549
P(T<=t) uni-caudal	3,17E-07	6,29E-07
t crítico uni-caudal	1,795885	1,795885
P(T<=t) bi-caudal	6,35E-07	1,26E-06
t crítico bi-caudal	2,200985	2,200985

## MUNICÍPIO DE IPANGUAÇU

Tabela 52 - Dados das precipitações anuais do município de Ipanguaçu.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	151,4	18,7	246,6	73,7	211	4,1	0	22,4	35,6	88	91,3	150,2
Fevereiro	130,5	9,5	125,9	86,8	282,3	33,1	8,7	220,6	0,5	109,1	77,2	49,8
Março	197,8	166,8	210,7	165,3	40,7	166,5	136,1	142,1	288,3	216,9	54,5	160,7
Abril	192,5	107,6	57,6	80	90,3	68,2	275,4	132,8	199,2	287,5	137	229,1
Mai	68,8	18,9	144,2	38,8	90,1	55	79,6	71,8	131	270,5	44,3	114,6
Junho	22,4	40,7	70,7	23,5	83,6	126	53,6	30,2	56,3	154,9	5,3	34
Julho	38,7	0	22,8	1,4	26,3	0,7	35,5	4,1	15,2	30,1	2	101,3
Agosto	25,7	0	0	0	0	0	0	0,9	39,9	32,5	0	11,5
Setembro	13,4	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0
Outubro	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	31,3	3,6
Novembro	0	0	13,5	0	2,1	0	0	0	0,8	0	0,5	0
Dezembro	79,3	0	11,3	0,3	0	0	0,5	37,2	8,8	2	43,2	0
Total	920,5	362,2	903,3	476,8	826,4	453,6	589,4	662,1	778,1	1191,5	486,6	854,8

Tabela 57 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Itajá.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	24,07	37,74	745,32
Erro padrão	11,27	9,90	70,64
Mediana	5,03	36,01	792,10
Moda	0,00	36,81	0,00
Desvio padrão	39,04	34,31	244,70
Variância da amostra	1524,45	1177,26	59879,98
Curtose	1,92	6,29	-1,43
Assimetria	1,80	2,17	-0,17
Intervalo	108,82	131,22	706,00
Mínimo	0,00	3,20	380,40
Máximo	108,82	134,42	1086,40
Soma	288,88	452,87	8943,80
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	108,82	134,42	1086,40
Menor (1)	0,00	3,20	380,40
Nível de confiança (95,0%)	24,81	21,80	155,48

Tabela 56 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	745,3	745,3
Variância	59880,0	59880,0
Observações	12,0	12,0
Correlação de Pearson	-0,4	0,3
Hipótese da diferença de média	0,0	0,0
GI	11,0	11,0
Stat t	9,4	10,5
P(T<=t) uni-caudal	0,0	0,0
t crítico uni-caudal	1,8	1,8
P(T<=t) bi-caudal	0,0	0,0
t crítico bi-caudal	2,2	2,2

## MUNICÍPIO DE ITAJÁ

Tabela 55 - Dados das precipitações anuais do município de Itajá.

Mês \ Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	74,5	16,9	230,1	52,1	270,8	11,7	0	0	0	73	99,3	127,2
Fevereiro	169,1	10,6	115,5	63,8	228,6	83,9	29,5	399	50	102,2	59,3	101,6
Março	142,2	174,1	189,7	180,5	60,6	137,1	157,1	219	289,8	203,4	46,5	92,3
Abril	153	110,4	90	114,1	57,8	55,8	202,7	210,7	356,2	243,2	107,6	263,2
Mai	49,9	15,9	133,5	49	101,7	89,6	134	147	158,1	253,2	63,3	92
Junho	39,5	45,3	76,7	31,1	70,9	68,4	117,2	35,2	78,8	130	19,9	31
Julho	50,1	0,6	16,9	3,3	24,5	3,9	16	0	15,4	36,4	6,4	138,4
Agosto	27,9	0	0	5,2	0	0	4	0	43,2	32,5	0,4	0
Setembro	17,8	0	0	0	0	0	0	0	12,2	1,7	0	0
Outubro	0	3,2	0,7	2,3	0	9,1	0	0	0	0	22	0
Novembro	0	0	9	0,2	1,1	0	0,9	0	0,4	0,5	0	0
Dezembro	42,8	3,4	11,8	8,6	1,4	1,5	18,6	18,7	2,9	10,3	35,2	25,5
Total	766,8	380,4	873,9	510,2	817,4	461	680	1029,6	1007	1086,4	459,9	871,2

Tabela 58 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Pendências.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	74,03	15,28	558,71
Erro padrão	21,55	2,19	69,52
Mediana	52,88	14,53	494,55
Moda	0	17,89	0
Desvio padrão	74,64	7,57	240,84
Variância da amostra	5571,85	57,35	58002,64
Curtose	1,47	0,21	-0,91
Assimetria	1,29	0,73	0,60
Intervalo	246,35	25,72	717,00
Mínimo	2,24	5,59	259,50
Máximo	248,59	31,31	976,50
Soma	888,41	183,36	6704,50
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	248,59	31,31	976,50
Menor (1)	2,24	5,59	259,50
Nível de confiança (95,0%)	47,43	4,81	153,02

Tabela 60 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	558,71	558,71
Variância	58002,64	58002,64
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,41	-0,43
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	7,61	7,71
P(T<=t) uni-caudal	5,23E-06	4,64E-06
t crítico uni-caudal	1,79	1,79
P(T<=t) bi-caudal	1,05E-05	9,28E-06
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE PENDÊNCIAS

Tabela 59 - Dados das precipitações anuais do município de Pendências.

Mês \ Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	31	0	157,8	90,6	288,9	16,8	0	6,1	59	114,2	77,2	198
Fevereiro	136,5	0	140,2	53,4	200,9	8,4	50,6	135,5	23,5	69,7	12,2	129
Março	117,1	145,7	187,3	197,6	39,7	86,9	300,3	119,2	351,9	243	119	116,2
Abril	140,1	124	56,3	100,2	58,4	29,5	261,9	50,9	224,2	280,2	146,4	218
Mai	32,2	8	80,4	63,4	82,7	85	96,6	14	83,4	164,7	14,4	197,2
Junho	32,3	20,9	52,9	32,6	63,6	49,7	3,4	37,4	34,2	134,2	32,5	52,6
Julho	65,2	0	0	0,5	21,8	0	15,5	1,4	10,2	36,1	12	87,5
Agosto	24,3	0	0	0	0	0	30,8	0,3	6,7	41,6	0	54,3
Setembro	0	0	0	0	0	0	4,8	0	4,3	0,2	0	37
Outubro	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0	9,3	7,9
Novembro	0	0	0	0	1,1	0	4,6	1	0,7	0,1	0	19,1
Dezembro	0	0	3,8	0,2	0	0	12,6	32,7	0	6,7	2,5	2
Total	547,7	298,6	520,9	451,4	468,2	259,5	781,1	392,4	739,1	976,5	348,3	920,8

Tabela 61 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Porto do Mangue.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	36,05	16,61	576,51
Erro padrão	10,47	5,25	76,26
Mediana	23,00	9,84	510,10
Moda	7,38	9,84	0
Desvio padrão	36,28	18,18	264,17
Variância da amostra	1316,09	330,39	69786,27
Curtose	-0,34	6,95	-0,37
Assimetria	0,96	2,54	0,38
Intervalo	107,33	66,44	900,80
Mínimo	0,01	2,46	186,20
Máximo	107,34	68,90	1087,00
Soma	432,55	199,31	6918,10
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	107,34	68,90	1087,00
Menor (1)	0,01	2,46	186,20
Nível de confiança (95,0%)	23,05	11,55	167,85

Tabela 63 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	576,5083	576,5083
Variância	69786,27	69786,27
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,056995	-0,167446
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	7,075813	7,242123
P(T<=t) uni-caudal	1,03E-05	8,3E-06
t crítico uni-caudal	1,795885	1,795885
P(T<=t) bi-caudal	2,06E-05	1,66E-05
t crítico bi-caudal	2,200985	2,200985

## MUNICÍPIO PORTO DO MANGUE

Tabela 62 - Dados das precipitações anuais do município de Porto do Mangue.

Mês	Ano												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Janeiro	61,4	11,6	161,6	95,1	282,1	0	0	7,1	46,8	34,2	48	113	
Fevereiro	144,3	19	84,5	53,4	173,6	17	230,4	156,3	16,7	111	9,9	67,6	
Março	149,4	20	148,7	209,6	73,8	162	123	149,4	334,9	223,5	66	124,8	
Abril	176,4	93,5	107,4	148,8	54,5	29,4	298	73,5	253,6	323,2	118,7	251,5	
Mai	92,6	3,3	49,2	59,5	56,7	59,4	85	12,9	109,2	239,1	22,4	185	
Junho	21,2	36,7	68,7	34	91,9	25	14,4	42,4	30,9	132,5	28,1	42,1	
Julho	26	12,3	26	3,2	29	0,6	7,9	0,7	16,9	27,3	5	91,7	
Agosto	24,9	1,4	2	0,6	2,9	0	16,4	0,2	11,2	26,9	0	40,5	
Setembro	21	0	0	0,3	0,5	2,9	2,4	0	6	0,6	0	24,5	
Outubro	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0,1	12,5	4,5	
Novembro	0,9	0	2	0,1	0	0	4,9	2	0,4	0,8	0,1	12,7	
Dezembro	4	0	10,5	11,3	0	0	6,3	37,3	1,4	2	30	2,6	
Total	660,7	186,2	499	521,2	482,9	296,3	788,7	474,7	781,2	1087	292,7	847,5	

Tabela 65 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, São Rafael

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	76,62	29,67	763,81
Erro padrão	16,62	5,88	70,17
Mediana	68,08	23,17	806,60
Moda	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão	57,58	20,39	243,09
Variância da amostra	3315,28	415,60	59092,20
Curtose	-0,09	-0,55	-0,61
Assimetria	0,80	0,73	0,12
Intervalo	189,00	60,97	777,60
Mínimo	0,00	6,10	416,40
Máximo	189,00	67,06	1194,00
Soma	919,47	356,05	9165,70
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	189,00	67,06	1194,00
Menor (1)	0,00	6,10	416,40
Nível de confiança (95,0%)	36,58	12,95	154,45

Tabela 66– Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	763,8083	763,8083
Variância	59092,2	59092,2
Observações	12	12
Correlação de Pearson	-0,15666	-0,1789
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	9,21085	10,27319
P(T<=t) uni-caudal	8,35E-07	2,82E-07
t crítico uni-caudal	1,795885	1,795885
P(T<=t) bi-caudal	1,67E-06	5,64E-07
t crítico bi-caudal	2,200985	2,200985

MUNICÍPIO DE SÃO RAFAEL

Tabela 64 – Dados das precipitações anuais do município de São Rafael

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	37,8	13,2	197,2	33,3	334	28,5	0	24	74,6	116,7	129,1	188,6
Fevereiro	233,9	12,8	94,6	55,8	196,2	46,8	51	232,3	0,9	60,5	41,1	145,8
Março	81,3	188,8	147	219,2	93,2	324,2	245,3	221	181,7	263,5	64,3	181,1
Abril	140,9	115,8	154,8	101,2	43,6	44	193,4	204,4	352,6	274,6	73,7	301,9
Mai	41	9,6	111,7	75,2	121,6	65,3	148,1	53,5	142,8	222,6	28,7	223,8
Junho	58	54,6	88,7	33,7	51,5	50,2	133,6	39,2	85,4	56,2	35,9	25,9
Julho	57,2	1,8	5,4	5,4	7,9	0	0	1,9	16,8	36,3	4,1	79,9
Agosto	27,4	0	0	9,7	0	0	0	8,2	59,2	5,9	1,2	5,3
Setembro	16	0	0	0	0	0	0	2,4	32,2	0	0	0
Outubro	0	9,7	2	0	0	0	0	0	0	0	7,8	30,3
Novembro	0	0	0	0,2	1,1	0	2	0	0	1,5	0	7
Dezembro	34,4	10,1	12,6	18,4	1,7	0	26,5	26,4	0	31,1	37,3	4,4
Total	727,9	416,4	814	552,1	850,8	559	799,9	813,3	946,2	1068,9	423,2	1194

Tabela 68 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Alexandria

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	242,4	391,8	747,4
Erro padrão	27,2	36,0	70,3
Mediana	245,4	414,0	820,0
Moda	245,4	0,0	0,0
Desvio padrão	94,1	124,6	243,4
Variância da amostra	8853,6	15526,3	59262,1
Curtose	0,8	0,9	-1,2
Assimetria	0,2	-1,1	-0,3
Intervalo	361,6	408,5	744,8
Mínimo	72,6	114,7	349,0
Máximo	434,2	523,2	1093,8
Soma	2908,9	4701,6	8968,9
Contagem	12,0	12,0	12,0
Maior (1)	434,2	523,2	1093,8
Menor (1)	72,6	114,7	349,0
Nível de confiança (95,0%)	59,8	79,2	154,7

MUNICÍPIO DE ALEXANDRIA

Tabela 67 - Dados das precipitações anuais do município de Alexandria.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	62,4	67	197,8	42	350,9	11,3	46	4,2	114	9,3	22	78,3
Fevereiro	171,8	0	112,2	155,3	249,9	57,4	312,8	300,2	139,9	120,9	11,2	38,2
Março	250,4	164,4	284,2	163,9	127	133,3	188,5	96,4	414,4	221,1	61,5	121,1
Abril	145,2	62,4	196,5	175,5	137,5	49,9	227,5	108,8	216,2	333,5	95,1	170,2
Mai	81,2	10	88,4	88,4	27,3	80,4	154,6	17,5	181,4	244,7	15	174,1
Junho	28	27,8	37,2	22	92,3	109,6	0	30,6	20	121,3	30	57,2
Julho	47	16,2	9	19,5	23,3	0	0	13,7	7,9	29,8	2,8	102,1
Agosto	12	0	0	0	0	0	4,8	0	0	31,3	0	96,2
Setembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	73,7
Outubro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,6	13,8
Novembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	38
Dezembro	95,2	9	20	6	0	41,5	8,7	7,7	0	4,8	43,2	4,2
Total	893,2	356,8	945,3	672,6	1008,2	483,4	942,9	579,1	1093,8	1117,6	289,9	967,1

Tabela 69 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	747,4083	747,4083
Variância	59262,06	59262,06
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,478344	0,019959
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	8,138617	4,541442
P(T<=t) uni-caudal	2,77E-06	0,000421
t crítico uni-caudal	1,795885	1,795885
P(T<=t) bi-caudal	5,55E-06	0,000842
t crítico bi-caudal	2,200985	2,200985

## MUNICÍPIO DE CURRAIS NOVOS

Tabela 71 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Currais Novos

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	77	144	614
Erro padrão	12	20	66
Mediana	59	133	613
Desvio padrão	40	69	227
Variância da amostra	1597	4824	51643
Curtose	0	0	-1
Assimetria	1	1	0
Intervalo	115	235	719
Mínimo	37	58	242
Máximo	151	293	961
Soma	924	1723	7372
Contagem	12	12	12
Maior (1)	151	293	961
Menor (1)	37	58	242
Nível de confiança (95,0%)	25	44	144

Tabela 73 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	614,33	614,33
Variância	51643,17	51643,17
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	0,38	-0,35
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
Gl	11,00	11,00
Stat t	8,64	6,27
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

Tabela 70 – Estatística descritiva relacionada com a segunda análise, Currais Novos

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	118,625	92,70742	618,6125
Erro padrão	20,29069	14,31531	57,95814
Mediana	115	74,40367	612,7
Moda	0	0	458,1
Desvio padrão	57,39073	40,48982	163,9304
Variância da amostra	3293,696	1639,426	26873,17
Curtose	-0,57231	-1,80679	2,026858
Assimetria	0,666506	0,604557	1,260333
Intervalo	160	94,53701	498,6
Mínimo	58	56,63014	458,1
Máximo	218	151,1672	956,7
Soma	949	741,6594	4948,9
Contagem	8	8	8
Maior (1)	218	151,1672	956,7
Menor (1)	58	56,63014	458,1
Nível de confiança (99,0%)	71,00693	50,0962	202,8235

Tabela 72 – Dados das precipitações anuais do município de Currais Novos

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	133,7	3	74	150	74	238,2	62,6	0	56,8	14,5	61,3	135,5
Fevereiro	169	0	30	108	30	125	26,2	184,4	17,5	113,4	0	39,7
Março	130	108	116	135	116	69	261	171,3	150,5	163,4	11,4	136,4
Abril	195	172	137,5	113	137,5	45	19,2	170,6	231,4	243,2	25,2	176,8
Mai	47	0	65,2	64	65,2	258,1	50,4	75,4	129,5	255,2	13,8	121,8
Junho	61	50	11,5	2	11,5	122,3	31,6	63,8	65,7	91	47,9	2,5
Julho	43	11	8,6	2	8,6	103,1	13,3	0	0	43,5	0	55
Agosto	48	0	13,6	0	13,6	0	20,3	0	0	32,5	0	0
Setembro	5,5	0	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0
Novembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dezembro	24	20,5	1,4	0	1,4	0	19,3	13,5	0	0	20	0
Total	856,2	364,5	458,1	574	458,1	960,7	503,9	679	651,4	956,7	241,6	667,7

Tabela 74 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Extremoz

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	92	19	1532
Erro padrão	14	2	109
Mediana	86	16	1629
Moda	33	16	0
Desvio padrão	48	8	378
Variância da amostra	2344	65	142592
Curtose	1	0	-1
Assimetria	1	1	-1
Intervalo	169	26	1253
Mínimo	26	10	829
Máximo	195	36	2081
Soma	1100	227	18381
Contagem	12	12	12
Maior (1)	195	36	2081
Menor (1)	26	10	829
Nível de confiança (95,0%)	31	5	240

## MUNICÍPIO DE EXTREMOZ

Tabela 75 - Dados das precipitações anuais do município de Extremoz.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	65,5	41,8	96,3	125,6	227,9	4,5	10,5	69,1	64,4	55,1	74,1	326
Fevereiro	80,4	8,1	72,1	215,6	179,6	11,5	35,9	99,5	21,1	189,5	72,8	124,1
Março	86,1	71,5	336,5	245,6	178,5	278	29,5	201,3	256,6	149,2	69,8	113
Abril	255,8	208,5	127,3	153	92,2	125,1	313,1	273	403,7	295,2	227,6	227,5
Mai	189,3	8,8	147,3	178,5	157	443,1	156,2	153,3	224,7	348,8	239,2	288,6
Junho	367,3	277,7	305,9	221,1	473,6	461,1	232,3	587,8	373,7	223,5	105,1	163,2
Julho	449,8	108,7	161,7	148,5	357,7	89,1	109,6	193,9	364,1	297,6	117	213,4
Agosto	197,1	53,5	211,5	28,8	28,4	88	33,5	73,6	329,2	185,9	82,3	96
Setembro	126	2,6	0	33	40,2	10,8	17,7	34,5	24,5	42,7	34,5	26,5
Outubro	0	0	18	6,3	17,3	6,5	5	18,3	12,9	1,8	4,2	31,7
Novembro	5,7	22	28,7	7,7	7,2	7,6	75,1	26,1	5,7	0,1	7,3	89,5
Dezembro	43,8	25,4	0	12,3	12,8	12,1	34,4	27,1	0,5	1,2	57,6	21,9
Total	1866,8	828,6	1505,3	1376	1772,4	1537,4	1052,8	1757,5	2081,1	1790,6	1091,5	1721,4

Tabela 76 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	97,6	19,0
Variância	2109,6	71,8
Observações	11,0	11,0
Correlação de Pearson	0,2	-0,5
Hipótese da diferença de média	0,0	0,0
Gl	10,0	10,0
Stat t	-12,4	-12,8
P(T<=t) uni-caudal	0,0	0,0
t crítico uni-caudal	1,8	1,8
P(T<=t) bi-caudal	0,0	0,0
t crítico bi-caudal	2,2	2,2

Tabela 78 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Boa Saúde

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	256,75	43,50	746,67
Erro padrão	47,56	8,75	78,18
Mediana	225,71	36,50	740,55
Moda	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão	164,77	30,30	270,81
Variância da amostra	27147,92	918,27	73339,62
Curtose	5,76	-0,38	-1,03
Assimetria	1,96	0,71	-0,02
Intervalo	684,19	96,00	840,40
Mínimo	27,32	4,00	348,00
Máximo	711,51	100,00	1188,40
Soma	3081,04	522,00	8960,00
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	711,51	100,00	1188,40
Menor (1)	27,32	4,00	348,00
Nível de confiança (95,0%)	104,69	19,25	172,07

Tabela 79 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	746,67	746,67
Variância	73339,62	73339,62
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,34	0,012
Hipótese da diferença de média	0	0
G1	11	11
Stat t	6,42	8,95
P(T<=t) uni-caudal	2,46E-05	1,10E-06
t crítico uni-caudal	1,79	1,79
P(T<=t) bi-caudal	4,92E-05	2,21E-06
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE BOA SAÚDE

Tabela 77 - Dados das precipitações anuais do município de Boa Saúde.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	0	30	53,9	129	364,9	45,9	0	43,4	45,7	63,6	32,6	0
Fevereiro	11	0	16,5	80,5	91	13,3	28,9	38,6	0	116,3	30,7	93,1
Março	25	37,3	139,3	93	94,6	100,1	66,7	57,1	197,6	86,5	7,2	69,4
Abril	250,4	96,2	66,5	69,7	95,4	41,7	133,4	175,9	166	93,4	87,2	157,8
Mai	98,6	16,6	50	31,7	129,8	175,9	47,9	49,1	85,8	158,1	53	240,6
Junho	238,7	84,6	124,1	107,5	171,8	215,7	82,5	318	82,8	136,4	102,2	129,4
Julho	245,2	36,1	88,5	84,8	86	20,2	44,9	26,5	114,1	112,9	47,2	98,5
Agosto	162	11,2	42,5	21,7	15	63,9	50,4	34,2	187,3	126,4	13,2	57,7
Setembro	129,8	1,6	0	2,5	7,6	6,1	0	32,5	29,8	21,7	0	4
Outubro	13	0	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0
Novembro	8	5,8	12	0	0	0	2,2	15,1	0	0	0	17,2
Dezembro	6,7	28,6	41	0	4,1	7,9	3,9	0	0	0	35,6	4,9
Total	1188,4	348	634,3	620,4	1060,2	690,7	461,9	790,4	909,1	915,3	376,3	965

Tabela 82 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, João Câmara.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	128	297	718
Erro padrão	12	53	96
Mediana	138	360	636
Desvio padrão	42	185	333
Variância da amostra	1802	34187	111132
Curtose	-1	-2	-1
Assimetria	0	0	0
Intervalo	132	534	1010
Mínimo	61	13	222
Máximo	192	547	1231
Soma	1531	3561	8622
Contagem	12	12	12
Maior (1)	192	547	1231
Menor (1)	61	13	222
Nível de confiança (95,0%)	27	117	212

Tabela 80 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	718,5	718,5
Variância	111131,5	111131,5
Observações	12,0	12,0
Correlação de Pearson	0,12	-0,04
Hipótese da diferença de média	0,0	0,0
Gl	11,0	11,0
Stat t	6,2	3,8
P(T<=t) uni-caudal	0,0	0,0
t crítico uni-caudal	1,8	1,8
P(T<=t) bi-caudal	0,0	0,0
t crítico bi-caudal	2,2	2,2

## MUNICÍPIO DE JOÃO CÂMARA

Tabela 81 – Dados das precipitações anuais do município de João Câmara

Mês \ Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	89,7	36,8	126,5	71,5	260,9	0	0	35	27,5	50,2	0	170,6
Fevereiro	119,6	0	36	101,4	78	6,3	51,5	39,2	0	116,6	8,6	99,8
Março	37	108,6	171,2	67,5	123,8	59,7	24	2,1	167,4	179,7	13,4	61,9
Abril	223,6	137,2	18,2	176	96,3	50,7	138,2	69,7	149,5	227,4	43,4	85,7
Mai	99,1	0	89	47,4	65,7	169,6	13,7	56,5	109,8	204,9	72,7	169,9
Junho	229,6	77,6	109,5	48,8	252,7	259,8	68,8	87,2	155,3	183,7	19,9	129,7
Julho	208,9	16,7	65,2	44,1	124,1	46,3	36,1	67,2	146,1	140,6	32,2	146,2
Agosto	93,3	0	34,2	0	12,9	3,5	48,5	23,5	152	110,2	5,9	55,4
Setembro	76,9	0	0	5,8	12,1	26,2	0	11,8	24,2	18,1	2,2	0
Outubro	0	0	0	0	0	0	0	0	6,4	0	0	0
Novembro	0	5,4	0	0	0	0	41,8	39,6	0	0	0	2,1
Dezembro	11	8,6	0	0	0	0	14,2	0	0	0	23,4	0
Total	1188,7	390,9	649,8	562,5	1026,5	622,1	436,8	431,8	938,2	1231,4	221,7	921,3

Tabela 83 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Monte Alegre.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	81	20	1179
Erro padrão	13	5	101
Mediana	78	13	1218
Desvio padrão	44	18	351
Variância da amostra	1980	315	122966
Curtose	-1	4	-1
Assimetria	0	2	-1
Intervalo	124	63	972
Mínimo	23	3	599
Máximo	147	66	1571
Soma	970	238	14146
Contagem	12	12	12
Maior (1)	147	66	1571
Menor (1)	23	3	599
Nível de confiança (95,0%)	28	11	223

## MUNICÍPIO DE MONTE ALEGRE

Tabela 84 – Dados das precipitações anuais do município de Monte Alegre

Mês \ Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	148,2	47,5	146	54	303	28,2	3,8	84,4	95,2	69,2	82	209,4
Fevereiro	112,2	33	56	169	163,2	57,4	46,3	64	15,4	158,5	28	147,1
Março	38	59,6	339,6	230	170,6	88,2	150	82,2	153,2	150,8	21,2	137
Abril	195,4	176,4	72,4	78	87,8	91,4	141	323,4	267	360,4	86	278
Mai	99,4	30	63	90	127,4	310,4	67,8	114,4	105,3	178,2	142	251
Junho	399,8	136	232,8	148	334	346,6	136,6	347,2	196,6	304,5	90	210
Julho	264	43	73	124	214	57,6	78,2	56,4	215,4	127	59	182,6
Agosto	101	33	198,5	39	41,4	73,1	92,6	40,2	264,2	184,8	24	89
Setembro	148	8	8,4	21	23	31,8	16	21,2	32,4	23,8	7,4	20
Outubro	9	2	22,5	11	10,2	19,2	12,6	6,4	14,8	3	0,5	11,2
Novembro	9	42	47,2	9	11,2	3	22,2	24,2	5	10	0,8	11
Dezembro	15	36	6,3	37	3,8	3	50,6	5,8	2,2	0,6	58,1	15,3
Total	1539	646,5	1265,7	1010	1489,6	1109,9	817,7	1169,8	1366,7	1570,8	599	1561,6

Tabela 85 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	83	20,7
Variância	2087	335,6
Observações	11	11,0
Correlação de Pearson	0,53	-0,075
Hipótese da diferença de média	0	0,0
GI	10	10,0
Stat t	-10,8	-10,7
P(T<=t) uni-caudal	0,0	0,0
t crítico uni-caudal	1,8	1,8
P(T<=t) bi-caudal	0,0	0,0
t crítico bi-caudal	2,2	2,2

Tabela 86 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Nova Cruz.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	47,8	157,8	901,4
Erro padrão	8,8	27,8	88,9
Mediana	43,8	142,0	874,5
Moda	47,9	0,0	0,0
Desvio padrão	30,6	96,3	308,1
Variância da amostra	936,1	9265,8	94897,4
Curtose	-1,0	-1,5	-1,5
Assimetria	0,5	0,2	-0,1
Intervalo	87,5	274,0	863,6
Mínimo	5,6	33,0	440,2
Máximo	93,1	307,0	1303,8
Soma	573,2	1893,0	10816,8
Contagem	12,0	12,0	12,0
Maior (1)	93,1	307,0	1303,8
Menor (1)	5,6	33,0	440,2
Nível de confiança (95,0%)	19,4	61,2	195,7

Tabela 87 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	901,4	901,4
Variância	94897,4	94897,4
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,150939	0,116774
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	9,697249	8,261171
P(T<=t) uni-caudal	5,02E-07	2,4E-06
t crítico uni-caudal	1,795885	1,795885
P(T<=t) bi-caudal	1E-06	4,81E-06
t crítico bi-caudal	2,200985	2,200985

## MUNICÍPIO DE NOVA CRUZ

Tabela 88 - Dados das precipitações anuais do município de Nova Cruz.

Mês \ Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	65	30,3	184,7	31,5	480,3	11,8	0,6	57	36	88,5	74,2	94,5
Fevereiro	154,5	0	45,5	237,5	102	11,6	39,4	82,4	13	212,2	43	111,5
Março	22,7	120	189,2	163,6	60,5	68,4	134,2	68,8	158	111,9	27,8	175,7
Abril	279,5	113,5	45	94,6	106	3,8	134,6	247	114,5	115	119,8	223,5
Mai	60	11,6	123,7	29,5	183,8	158,2	51,2	48,8	77,2	215,5	21	209,2
Junho	178,2	70,2	166	176,9	180	270,4	117,6	358,1	103,2	123,3	103,2	79,2
Julho	266,8	29,9	67	69,9	166,8	25,5	44,8	47,6	118,2	148,7	46	223,9
Agosto	100	38,5	50,8	25,8	6	63,5	54	42	145,8	138,9	40,5	78
Setembro	112	9	0	10,8	11,2	17,8	0	34	76,5	32	7	6
Outubro	0	9	0	12	0	0	0	4	3,5	0	0	9,8
Novembro	0	8,2	25	0	0	3	0	17	3	0	15	22,5
Dezembro	30,7	0	0	0	7,2	6,4	8	14,9	0	1,8	25,5	14,5
Total	1269,4	440,2	896,9	852,1	1303,8	640,4	584,4	1021,6	848,9	1187,8	523	1248,3

Tabela 89 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Lucrécia.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	47,92	69,50	1030,05
Erro padrão	8,82	7,72	59,96
Mediana	37,91	64,00	1084,85
Moda	24,86	54,00	0,00
Desvio padrão	30,56	26,74	207,71
Variância da amostra	934,01	715,00	43145,36
Curtose	0,61	5,73	-0,80
Assimetria	0,89	2,19	0,00
Intervalo	109,47	98,00	685,90
Mínimo	5,51	46,00	695,50
Máximo	114,98	144,00	1381,40
Soma	575,08	834,00	12360,60
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	114,98	144,00	1381,40
Menor (1)	5,51	46,00	695,50
Nível de confiança (95,0%)	19,42	16,99	131,98

Tabela 91 – Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	1030,1	1030,1
Variância	43145,4	43145,4
Observações	12	12
Correlação de Pearson	0,0	-0,2
Hipótese da diferença de média	0	0
Gl	11	11
Stat t	16,22	15,55
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE LUCRÉCIA

Tabela 90 – Dados das precipitações anuais do município de Lucrécia.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	172,1	61	222,1	85,5	425,1	58,9	0	2,8	131,5	98,9	146,4	385,3
Fevereiro	221,5	2,2	118,8	197	157,6	133,4	160	228,2	25,8	132,1	44,7	135,3
Março	279,4	381,3	296,5	340	256	277,3	281	247,4	517,1	150	99,1	47,3
Abril	127,5	101,8	387	151,7	82,2	51	408,8	198,4	260	367,5	259,1	176,9
Mai	101,2	22,7	178	90	123	120	347	110,8	104,7	254,4	38,5	163,6
Junho	30,5	60	41	7,5	36,5	54,9	53	32,3	43,5	48,9	30,6	31,5
Julho	21,5	8,3	8,5	6	38	0	0	0,7	13,5	34	3,9	86,3
Agosto	31,3	0	0	0	0	0	0	3	7	32,6	0,7	12
Setembro	13,7	0	0	0	0	0	0	0	21,5	0	0	6
Outubro	0	16	0	0	0	0	20	0	0	0	65,2	54,2
Novembro	0	23,5	0	0	1,3	0	8	0	0	0	0	44
Dezembro	49	111,5	129,5	10	2,3	0	7,5	0	0	17,8	237	0,7
Total	<b>1047,7</b>	<b>788,3</b>	<b>1381,4</b>	<b>887,7</b>	<b>1122</b>	<b>695,5</b>	<b>1285,3</b>	<b>823,6</b>	<b>1124,6</b>	<b>1136,2</b>	<b>925,2</b>	<b>1143,1</b>

## MUNICÍPIO DE MARTINS

Tabela 93 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Martins.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	45,22	101	1358,64
Erro padrão	8,60	7,50	91,58
Mediana	32,68	104	1409,75
Moda	0,00	109	0,00
Desvio padrão	29,78	25,99	317,24
Variância da amostra	886,70	675,27	100642,11
Curtose	-1,90	0,58	0,30
Assimetria	0,32	0,43	0,47
Intervalo	77,17	93	1085,80
Mínimo	12,15	63	943,90
Máximo	89,32	156	2029,70
Soma	542,61	1212	16303,70
Contagem	12,00	12	12,00
Maior (1)	89,32	156	2029,70
Menor (1)	12,15	63	943,90
Nível de confiança (95,0%)	18,92	16,51072	201,57

Tabela 92 – Dados das precipitações anuais do município de Martins.

Mês	Ano											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	342,6	53,4	420,5	275	569,9	8,2	34,4	23,4	196,4	119,4	187,4	331,8
Fevereiro	92,6	79	183,4	315	384,5	225,5	132,6	319,6	118,2	325,3	31,3	184,5
Março	114,6	498,1	320,8	359	224,8	327,9	417,7	271,6	543,4	197,7	77,2	78
Abril	326,2	205	314,8	214	167,5	127,6	342,7	158,2	301,3	526,4	376,4	227
Mai	260,4	50,2	208,6	157	76,2	112,1	411	168	234,2	509,4	49	232,4
Junho	64,2	50,2	24	15	110,1	86,2	74,3	51	65,8	75	40,6	38,4
Julho	0	50	0	9	66	0	29,6	4,2	31	110,4	9,5	100,4
Agosto	98,2	0	0	0	0	9	11,5	9	33,3	101	2	16,1
Setembro	70	0	5	0	0	0	0	1,2	7,3	0	0	9
Outubro	0	0	4	0	0	2	21	0	0	0	113	77
Novembro	0	0	21	0	0	0	6,2	9,8	0	0	0	45
Dezembro	90,2	45,4	0	16,5	0	45,4	3,1	8,5	2,3	65,1	110,4	0
Total	1459	1031,3	1502,1	1360,5	1599	943,9	1484,1	1024,5	1533,2	2029,7	996,8	1339,6

Tabela 94 – Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	1358,64	1358,64
Variância	100642,11	100642,11
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	-0,20	-0,23
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
GI	11,00	11,00
Stat t	14,02	13,44
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

Tabela 95 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, município Santo Antônio.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	153,8	43,1	915,9
Erro padrão	16,6	6,2	82,2
Mediana	132,5	38,0	899,8
Moda	0,0	53,0	0,0
Desvio padrão	57,4	21,6	284,8
Variância da amostra	3297,2	466,1	81127,4
Curtose	3,2	3,5	-0,9
Assimetria	1,6	1,6	0,4
Intervalo	204,6	79,0	875,0
Mínimo	96,3	20,0	557,4
Máximo	300,9	99,0	1432,4
Soma	1845,2	517,0	10990,3
Contagem	12,0	12,0	12,0
Maior (1)	300,9	99,0	1432,4
Menor (1)	96,3	20,0	557,4
Nível de confiança (95,0%)	36,5	13,7	181,0

## MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO

Tabela 97 – Dados das precipitações anuais do município de Santo Antônio.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	95,8	13	99	15,3	552,2	5,3	0	23	76,2	106	79,7	149,9
Fevereiro	86	9	33	255,6	234,7	25,8	51,4	47,7	0	135,4	52	109,4
Março	38,5	110,2	173,8	247	73,8	100,1	131,6	30,2	200,4	146,5	15	64,8
Abril	186,7	182,6	44,9	57,4	111,4	51,3	139,9	191,6	185,4	207,9	170,2	174,3
Mai	104,4	13,2	73,4	63,1	131,6	211,6	49,5	63,2	125,9	212,2	24,7	273,6
Junho	151,4	115,4	262,2	149	142,2	162,4	111	412,4	121,4	152	97,5	115,3
Julho	289,7	83,8	86,9	78,4	110,1	20	59,1	17	136,3	151,1	47,7	138
Agosto	149	18,2	59,7	37,7	24,8	91,2	53,7	57	32,8	88,7	23,6	61,3
Setembro	106,7	12	0	12	44,4	5,2	1,5	29,6	0	18,6	2,8	7,1
Outubro	0	0	0	0	0	0	0,9	64,8	0	0,1	0	6,9
Novembro	0	0	0	0	0	0	3,7	0	0	0,5	0	23,2
Dezembro	0	0	0	0	7,2	0	20,8	0	5,6	5,8	59,9	5,7
Total	1208,2	557,4	832,9	915,5	1432,4	672,9	623,1	936,5	884	1224,8	573,1	1129,5

Tabela 96 – Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	915,86	915,86
Variância	81127,43	81127,43
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	-0,15	0,15
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
Gl	11,00	11,00
Stat t	8,83	10,71
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

Tabela 98 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Serrinha dos Pintos.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	50,37	70,00	976,57
Erro padrão	15,31	18,53	72,88
Mediana	23,28	57,00	1044,80
Moda	23,28	0,00	0,00
Desvio padrão	53,03	64,21	252,47
Variância da amostra	2812,70	4122,36	63741,07
Curtose	0,58	1,19	-1,42
Assimetria	1,21	1,25	-0,34
Intervalo	163,23	209,00	737,20
Mínimo	4,41	9,00	576,30
Máximo	167,64	218,00	1313,50
Soma	604,45	840,00	11718,80
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	167,64	218,00	1313,50
Menor (1)	4,41	9,00	576,30
Nível de confiança (95,0%)	33,70	40,79	160,41

Tabela 100 - Teste-t: duas amostras em par para médias.

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	976,57	976,57
Variância	63741,07	63741,07
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	0,14	-0,21
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
G1	11,00	11,00
Stat t	12,80	11,49
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE SERRINHA DOS PINTOS

Tabela 99 – Dados das precipitações anuais do município de Serrinha dos Pintos.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	215,8	26,1	286,3	155,9	447	4,5	2,5	10	134	89	97,5	237
Fevereiro	187,5	35,1	119,5	220,4	272,3	136,6	103	251,5	15,5	54	65,9	141,5
Março	142,9	292,7	239	226,4	189,1	375	247	133,5	542	250,5	17	9
Abril	204,2	152,9	231,8	155,8	123,4	39,8	336	166,9	187	310,5	230,4	191
Mai	181,1	30,2	142,1	117,6	59,3	91,3	366	119	212	364	22,5	250,5
Junho	57,4	18,2	31,9	16	95,5	51	33	37,5	68	45	23,1	25
Julho	10,4	55,1	0,7	9,4	38,7	0	23	0	46	76,5	3,2	68,5
Agosto	73,9	0	0	0	2	3,5	6	0,7	26	91,5	0,7	16,1
Setembro	23,3	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Outubro	0	0	1,3	0	0	0	2	0	0	0	65	35
Novembro	0	14,7	7	0	0	0	11,5	1,5	0	0	0	45
Dezembro	38,5	34,3	0,7	6,4	9,1	18	0	0	0	32,5	51	0
Total	1135	659,3	1062	907,9	1236,4	719,7	1130	720,6	1230,5	1313,5	576,3	1027,6

Tabela 101 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Touros.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	140,31	35,92	1209,35
Erro padrão	16,47	5,79	109,67
Mediana	149,53	35,50	1235,60
Moda	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão	57,05	20,05	379,90
Variância da amostra	3254,96	402,08	144320,24
Curtose	-0,79	0,17	-0,79
Assimetria	0,10	0,65	-0,18
Intervalo	185,51	67,00	1201,10
Mínimo	51,65	11,00	604,50
Máximo	237,16	78,00	1805,60
Soma	1683,75	431,00	14512,20
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	237,16	78,00	1805,60
Menor (1)	51,65	11,00	604,50
Nível de confiança (95,0%)	36,25	12,74	241,37

Tabela 104 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	1209,35	1209,35
Variância	144320,24	144320,24
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	0,01	0,26
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
Gl	11,00	11,00
Stat t	9,65	10,84
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE TOUROS

Tabela 102 – Teste-t: duas amostras em par para médias referentes a 2006-2011

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT
Média	1017,23
Variância	164851,93
Observações	6,00
Correlação de Pearson	0,52
Hipótese da diferença de média	0,00
Gl	5,00
Stat t	5,52
P(T<=t) uni-caudal	0,00
t crítico uni-caudal	2,02
P(T<=t) bi-caudal	0,00
t crítico bi-caudal	2,57

Tabela 103 - Dados das precipitações anuais do município de Touros

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	10,5	14,5	141	65,4	143,9	7	0	34,7	39	26,2	26,7	19,7
Fevereiro	119,4	22,5	103	156	155,4	17,5	33,7	168,1	20,2	149,4	46,2	63
Março	58,6	112	263	210	322,6	128,7	95,7	53,5	237,1	269,8	59,7	52,5
Abril	168,4	448	242	168,6	156,3	55	247,5	175,5	324	246,1	102,8	51,3
Mai	136,4	18	101	235,6	113,6	610,7	137,9	73,6	122,8	327,4	122,8	121
Junho	327,5	268,5	238	101	495,4	499,3	274,8	170,8	145,1	298,5	23,7	45
Julho	221	110,5	165	169,2	338	135,4	206,5	53	184	209,6	121,2	140,2
Agosto	202	32,5	170,6	29	23,8	34,1	74	17,9	96,2	107,1	36	167
Setembro	44,7	0	2,5	22,4	32,9	11,7	14,5	13,4	25,2	17,9	13,2	10
Outubro	1,8	11,4	6,2	13,5	11,7	8,8	12,5	2,4	14,8	0	0	1,5
Novembro	0,6	12	9,5	4,5	7,5	2,3	39,1	3,8	4,3	2,5	2,1	15
Dezembro	14	19	8,6	83,1	4,5	10,2	17,1	2,4	0,2	17,9	50,1	5
Total	1304,9	1068,9	1450,4	1258,3	1805,6	1520,7	1153,3	769,1	1212,9	1672,4	604,5	691,2

Tabela 105 - Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Umarizal.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	28,92	159,58	823,78
Erro padrão	6,35	21,69	87,44
Mediana	14,88	168,50	805,80
Moda	14,42	0,00	0,00
Desvio padrão	22,00	75,13	302,92
Variância da amostra	484,11	5644,27	91758,32
Curtose	-1,79	0,04	0,43
Assimetria	0,51	-0,67	0,49
Intervalo	55,59	248,00	1080,70
Mínimo	7,21	8,00	376,40
Máximo	62,80	256,00	1457,10
Soma	347,03	1915,00	9885,40
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	62,80	256,00	1457,10
Menor (1)	7,21	8,00	376,40
Nível de confiança (95,0%)	13,98	47,73	192,46

## MUNICÍPIO DE UMARIZAL

Tabela 106 – Dados das precipitações anuais do município de Umarizal

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	261	6	77,2	128	332	85	189,4	144,8	22,3	110,6	41	14,6
Fevereiro	81,8	177,6	251,6	176,2	156,2	309,7	138,4	170,4	448,5	114	88,1	91,3
Março	89,4	85,8	235,8	204,2	75,2	112	261,6	145,3	260,2	240,6	63,6	245,2
Abril	37,8	6	241,6	101	144,4	111,7	177,2	2,6	124,9	262,2	21,5	175,3
Mai	39,6	88,4	29,6	15,8	166,1	23,5	29,7	0	44,7	33,2	9,6	15,9
Junho	39,4	36	0	4,8	56,8	0	1,7	0	17,8	14,7	0	75,4
Julho	77,8	0	0	0	3	0	4,5	0	0	38,8	0	7,1
Agosto	33,8	0	10	0	0	0	0	5,4	0	0	0	3
Setembro	0	22	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	56,9
Outubro	0	0	0	0	0	0	6,5	5,3	0	0	0	43,1
Novembro	28	44	0	0	2,5	36	3,1	2,4	8,5	24,9	0	1,1
Dezembro	688,6	465,8	845,8	630	937,9	677,9	812,1	476,2	926,9	839	223,8	728,9
Total	1377,2	931,6	1691,6	1260	1875,8	1355,8	1624,2	952,4	1853,8	1678	447,6	1457,8

Tabela 107 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	823,78	823,78
Variância	91758,32	91758,32
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	-0,50	-0,01
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
G1	11,00	11,00
Stat t	8,75	7,35
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

Tabela 109 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Riacho da Cruz

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	45,54	91,33	869,80
Erro padrão	12,57	8,49	105,04
Mediana	34,25	77,00	813,50
Moda	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão	43,54	29,42	363,86
Variância da amostra	1895,34	865,70	132395,65
Curtose	3,43	0,98	-1,05
Assimetria	1,64	1,26	0,24
Intervalo	157,98	97,00	1143,60
Mínimo	0,00	61,00	288,70
Máximo	157,98	158,00	1432,30
Soma	546,49	1096,00	10437,60
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	157,98	158,00	1432,30
Menor (1)	0,00	61,00	288,70
Nível de confiança (95,0%)	27,66	18,69	231,19

Tabela 110 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	869,80	869,80
Variância	132395,65	132395,65
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	0,04	0,33
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
Gl	11,00	11,00
Stat t	7,82	7,59
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE RIACHO DA CRUZ

Tabela 108 - Dados das precipitações anuais do município de Riacho da Cruz.

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	62	26,3	268	85,6	771,4	47,4	7,8	19,2	90,6	161,2	142,8	196,3
Fevereiro	181,8	43	93	209,2	269,5	64,1	67,3	236,2	52,3	261	39,5	135,2
Março	76,8	160,6	324	184,2	100	292,6	185,4	131,3	567,7	157,8	53,1	114,7
Abril	95	43,2	363	232	118,7	99,6	299,8	136,3	354,5	259,4	223,3	159,3
Mai	72,4	0	88	73	55,9	71,2	204,4	35,4	226,1	196,1	46,1	80,4
Junho	48	0	62	0	53,2	60,9	56,5	35,2	81,5	27,2	9,6	0
Julho	0	0	0	0	0	1,2	0	0	42,2	21,3	0	70
Agosto	0	0	0	0	0	1,6	0	0	3,3	100,9	0	0
Setembro	0	0	0	0	0	0	0	0	9,8	0	0	0
Outubro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,6	97,3
Novembro	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	23,9
Dezembro	0	15,6	0	0	0	49	4,8	0	4,3	55,3	48	0,4
Total	536	288,7	1198	784	1368,7	687,6	843	593,6	1432,3	1240,2	588	877,5

Tabela 111 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Santana de Seridó

ESTATISTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	43,03	9,67	697,04
Erro padrão	16,84	3,43	73,12
Mediana	18,31	5,00	702,85
Moda	0,00	5,00	0,00
Desvio padrão	58,35	11,88	253,31
Variância da amostra	3404,64	141,15	64164,16
Curtose	-0,33	4,90	-0,61
Assimetria	1,22	2,12	-0,11
Intervalo	147,24	42,00	795,20
Mínimo	0,00	0,00	293,20
Máximo	147,24	42,00	1088,40
Soma	516,42	116,00	8364,50
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	147,24	42,00	1088,40
Menor (1)	0,00	0,00	293,20
Nível de confiança (95,0%)	37,07	7,55	160,94

Tabela 112 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	697,04	697,04
Variância	64164,16	64164,16
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	0,11	-0,17
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
GI	11,00	11,00
Stat t	8,94	9,31
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

## MUNICÍPIO DE SANTANA DO SERIDÓ

Tabela 113 – Dados das precipitações anuais do município de Santana do Seridó

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	98,5	5,5	177,6	71,5	430,2	212,7	0	1,4	59,9	75,6	91,3	176
Fevereiro	199,9	15,9	109,8	14	257,8	67,5	97,3	145	91,8	187,5	61,8	107,1
Março	122,9	104,1	198,3	97,3	82,1	138,2	228,7	163,1	382,9	136,8	91,7	151,7
Abril	155,4	79,5	106,8	36,6	94,4	29	226,3	260,8	388,7	271,1	64,6	136,6
Mai	14,8	6,6	140,2	38,7	90	37	55,2	5,5	130,4	154,8	18,4	114,4
Junho	17,2	51,2	14,3	6,9	28,7	20,2	75,8	14,5	11,8	53,6	56,7	28,2
Julho	30,9	7	5,9	6,1	8,3	1,8	0,2	16,6	14,3	25,4	1,5	45,8
Agosto	31,8	6,6	2	11,2	2,6	12,9	0	2,2	4,2	35	1,2	7,2
Setembro	7,4	8,2	0	0,3	14,9	0	0	0,3	2	0	0	0
Outubro	0,3	8,5	0,6	0	0	0	0,5	0	0	0	33,2	1,3
Novembro	1,3	3,6	9,4	0	0	0	8,2	0,9	0	0	0	0
Dezembro	29,6	16,7	13,6	10,6	6	84,9	3,5	4,9	2,4	35,8	85,9	0,7
Total	710	313,4	778,5	293,2	1015	604,2	695,7	615,2	1088,4	975,6	506,3	769

Tabela 116 – Estatística descritiva da ocorrência de leptospirose, DVH e precipitação, Viçosa

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	LPT	DVH	PPT
Média	47,85	4,92	999,64
Erro padrão	24,02	1,18	82,05
Mediana	6,18	3,50	934,05
Moda	0,00	2,00	0,00
Desvio padrão	83,22	4,08	284,22
Variância da amostra	6925,60	16,63	80782,12
Curtose	6,13	1,55	0,15
Assimetria	2,38	1,54	0,85
Intervalo	282,71	13,00	940,60
Mínimo	0,00	1,00	649,70
Máximo	282,71	14,00	1590,30
Soma	574,23	59,00	11995,70
Contagem	12,00	12,00	12,00
Maior (1)	282,71	14,00	1590,30
Menor (1)	0,00	1,00	649,70
Nível de confiança (95,0%)	52,88	2,59	180,59

Tabela 114 – Teste-t: duas amostras em par para médias

Valores Estatísticos das Variáveis	PPT x LPT	PPT x DVH
Média	999,64	999,64
Variância	80782,12	80782,12
Observações	12,00	12,00
Correlação de Pearson	-0,26	-0,45
Hipótese da diferença de média	0,00	0,00
Gl	11,00	11,00
Stat t	10,43	12,04
P(T<=t) uni-caudal	0,00	0,00
t crítico uni-caudal	1,80	1,80
P(T<=t) bi-caudal	0,00	0,00
t crítico bi-caudal	2,20	2,20

**MUNICÍPIO DE VIÇOSA**

Tabela 115 – Dados das precipitações anuais do município de Viçosa

Ano Mês	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	87,6	34,7	316,6	165,3	670,1	14,2	3	0	85,5	158,5	142,4	243,2
Fevereiro	222,7	55	90,9	195,5	359,5	98,1	243,4	275,3	38,8	304,5	34,8	90,5
Março	124,4	244,1	226,2	196,5	162,3	339	257	270,2	616,6	136,2	84,1	103
Abril	106,4	124,6	278,5	207,6	123,2	135,9	222,3	184,4	208,9	395,8	287,3	230,1
Mai	97,8	22,3	109,9	93,5	92,8	146,4	248,6	86,1	224,9	269,5	62,4	190,3
Junho	42,6	40,7	41,6	9,8	126,5	53,5	71,2	21	43,9	8	23	6,2
Julho	21,3	34,4	0,2	3,2	46,6	0	12	0	0	1,2	0	49,8
Agosto	38,7	0	0	0	2,9	9,8	0	0	3,3	107	0	0
Setembro	18,8	0	3,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	0	8	0,4	0	0,6	0	0	0	0	0	0	54,6
Novembro	0	0	2,3	0	0	0	13	0	0	0	0	29
Dezembro	26,7	85,9	0,2	0	5,8	30,7	0	1,2	0	0	57	0
Total	787	649,7	1070,7	871,4	1590,3	827,6	1070,5	838,2	1221,9	1380,7	691	996,7

## APÊNDICE D – Ficha técnica do orientador e da orientanda

## FICHA TÉCNICA

ORIENTADOR: Ph.D. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ph.D. em Métodos Computacionais Aplicados à Engenharia – Wessex Institute Of Technology (Inglaterra) e pós-doutorado pela Universidade do Mississippi (USA). Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco. Atualmente é um dos editores da Revista Brasileira de Recursos Hídricos e membro do Conselho da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas/Pernambuco. Tem experiência em Recursos Hídricos (Água Subterrânea e Drenagem Urbana) e em Métodos Numéricos, atuando principalmente nos seguintes temas: manejo sustentável de águas pluviais urbanas, salinização de água subterrânea, subsidência de solos pela exploração de aquíferos, gestão de bacias hidrográficas, e modelagem computacional.

ORIENTANDA: Maria de Fátima

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1981), especialista em gestão e controle ambiental – UPE (2003), mestrado em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (2005). Concluindo o Doutorado no Departamento de Engenharia Civil na área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da UFPE (2009-2013).

Consultora da Organização Panamericana de Saúde (OPAS) na área de Saúde Ambiental – Programa de Qualidade da Água para Consumo Humano no período de 2010 a janeiro de 2013. Com atuação no Rio Grande do Norte, na implantação do Programa Nacional de Apoio ao Controle da Qualidade da água. Consultora Técnica na Empresa JPW Engenharia Elétrica Ltda., na área Ambiental. Elaboração de Planos Básicos Ambientais (PBAs), Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), Recuperação de áreas degradadas em obras de implantação de subestações e em áreas de Linhas de Transmissão (LT).