

A photograph of a waterfall cascading over a rocky ledge in a lush, green forest. The water is white and frothy as it falls, and the surrounding vegetation is dense and vibrant. The text is overlaid on the upper portion of the image.

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH**

**COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - Cogerh**

**PROJETO DE GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ -  
PROGERIRH II (FINANCIAMENTO ADICIONAL)**

**Acordo de Empréstimo N° 7630-BR**

**Banco Mundial**

**Modelagem Matemática Hidrogeológica do Aquífero  
Médio e do Aquífero Mauriti da Região do Cariri, no  
Estado do Ceará.**

**Relatório Final**

**Setembro – 2011**

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH**  
**COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - Cogerh**

**PROJETO DE GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ -  
PROGERIRH II (FINANCIAMENTO ADICIONAL)**

**Acordo de Empréstimo N° 7630-BR**

**Banco Mundial**

**Modelagem Matemática Hidrogeológica do Aquífero  
Médio e do Aquífero Mauriti da Região do Cariri, no  
Estado do Ceará.**

**Relatório Final**

**Setembro – 2011**

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1 – CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA E HIDROLÓGICA DA BACIA DO CARIRI .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 - Climatologia .....</b>	<b>18</b>
1.1.1 - Elementos e fatores do clima.....	18
<b>1.2 – Balanço hídrico .....</b>	<b>20</b>
1.2.1 – Dados e Métodos Utilizados .....	20
1.2.1.1 – Evapotranspiração Potencial .....	26
1.2.1.2 – Precipitações .....	26
1.2.2 - Deflúvios .....	30
1.2.3 – Fluxo básico.....	33
1.2.4 – Balanço na Bacia do Leste Araripe-Cariri .....	34
1.2.4.1 – Precipitações médias.....	37
1.2.4.2 – Excesso de Água.....	37
1.2.4.3 – Escoamento total .....	37
1.2.4.4 – Infiltração .....	38
1.2.4.5 – Escoamento superficial.....	38
1.2.5 – Resultados do Balanço .....	40
1.2.5.1 – Síntese do Balanço Hídrico de 1961 a 1990.....	40
1.2.5.2 – Síntese do Balanço Hídrico de 1981 a 2010.....	40
1.2.5.3 – Estatística Descritiva de Chuva e Recarga na Bacia do Cariri .....	42
1.2.5.4 - Probabilidade de chuva e de recarga no Cariri.....	46
1.2.5.5 - Probabilidade de recarga nas zonas Leste e Oeste do Cariri	46
<b>2 – AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA BACIA DO CARIRI.....</b>	<b>47</b>
<b>2.1 – Atualização do Cadastro de Pontos de Água da Área .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2 – Produção de água .....</b>	<b>48</b>
2.2.1 – Município de Juazeiro do Norte (CT-HIDRO 2007).....	48
2.2.2 – Produção das Fontes da Chapada do Araripe .....	49
<b>2.3 – Parâmetros Hidráulicos .....</b>	<b>53</b>
2.3.1 – Testes de Aquífero.....	53
2.3.1.1 - Transmissividade na retomada do bombeamento Barbalha..	55
2.3.1.2 - Difusividade hidráulica Barbalha .....	56
2.3.2 – Testes de produção .....	57

2.3.2.1 – Teste Sítio Venha Ver – Barbalha-CE .....	57
2.3.2.2 – Teste FARMACE –Barbalha - CE .....	64
2.3.3 – Parâmetros Hidráulicos Adotados na Modelagem .....	66
2.3.4 – Espessuras dos Aquíferos .....	67
<b>2.4 – Mapa potenciométrico .....</b>	<b>68</b>
<b>2.5 – Reservas .....</b>	<b>70</b>
2.5.1 – Reservas Reguladoras.....	70
2.5.2 – Reservas Permanentes.....	71
2.5.3 – Reservas Explotáveis Inclusive as Estratégicas .....	71
<b>2.6 – Zoneamento da Exploração em 2010.....</b>	<b>72</b>
<b>2.7 – Delineamento das Zonas de Recarga Potencial Natural.....</b>	<b>78</b>
<b>2.8 – Programa de Monitoramento das Reservas Reguladoras e Permanentes .....</b>	<b>78</b>
<b>2.9 - Avaliação dos registros de nível e vazão da rede de monitoramento automático .....</b>	<b>78</b>
2.9.1 - Registros de nível .....	79
2.9.2 - Registros de vazão .....	79
<b>3 –MODELO MATEMÁTICO HIDROGEOLÓGICO .....</b>	<b>90</b>
3.1- A Área Modelada.....	91
3.2- Discretização do Modelo .....	91
3.3- Parâmetros Hidrogeológicos .....	96
3.4 - Condições de Contorno .....	99
3.5 – Calibração de Equilíbrio .....	99
3.6 - Calibração Transiente.....	105
3.7- Modelo Local .....	117
3.8 – Calibração PEST.....	124
3.9 – Zoneamento dos parâmetros ótimos .....	126
3.10 – Fluxo de Saída da Bacia do Cariri.....	129
3.11 – Recarga Induzida de Esgotos .....	130
3.12 – Conclusões .....	131
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>141</b>
<b>A1.1 – Hidrogramas de Recessões.....</b>	<b>142</b>
A1.1.1 – Recessões do Rio Salgado, em Sítio Lapinha, no período de 1965 a 1968.....	143

A1.1.2 – Recessões do Rio Salgado, em Sítio Lapinha, no período de 1969 a 1972.....	144
A1.1.3 - Recessões do Rio Salgado, em Sítio Lapinha, no período de 1973 a 1976.....	145
A1.1.4 – Recessões do Riacho dos Porcos, em Podimirim, no período de 1973 a 1976.....	146
A1.1.5 – Recessões do Riacho dos Porcos, em Podimirim, no período de 1977 a 1980.....	147
A1.1.6 – Recessões do Riacho dos Porcos, em Podimirim, no período de 1985 a 1988.....	148
A1.1.7 – Escoamento do excesso de água do balanço hídrico de Thornthwaite, em Sítio Lapinha e Podimirim, no período de 1961 a 1990. .....	149
<b>A1.2 – Balanço Hídrico.....</b>	<b>150</b>
A1.2.1 – Balanço Hídrico Leste Araripe – Cariri (1961-1990) .....	151
A1.2.1.1 – Chuva média de 1961 a 1990 na bacia sedimentar (3.495 km <sup>2</sup> ). .....	152
A1.2.1.2 – Escoamento total (I+R) do excesso médio de água na bacia sedimentar (3.495 km <sup>2</sup> ). .....	153
A1.2.1.3 – Infiltração (recarga) de 1961 a 1990 do excesso médio de água na bacia sedimentar (3.495 km <sup>2</sup> ). .....	154
A1.2.1.4 – Escoamento superficial de 1961 a 1990 do excesso médio de água na bacia sedimentar (3.495 km <sup>2</sup> ). .....	155
A1.2.2 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1961-1990) Rio Salgado em Sítio Lapinha(1.520 km <sup>2</sup> ) .....	156
A1.2.2.1 – Chuva média de 1961 a 1990, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km <sup>2</sup> ). .....	157
A1.2.2.2 – Escoamento total (I+R) de 1961 a 1990, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km <sup>2</sup> ). .....	158
A1.2.2.3 – Infiltração (recarga) de 1961 a 1990, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km <sup>2</sup> ). .....	159
A1.2.2.4 – Escoamento superficial de 1961 a 1990 na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado em Sítio Lapinha (1520 km <sup>2</sup> ). .....	160
A1.2.3 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1961-1990), Riacho dos Porcos, em Podimirim (1.975 km <sup>2</sup> ) .....	161
A1.2.3.1 – Chuva média de 1961 a 1990 na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km <sup>2</sup> ), Riacho dos Porcos em Podimirim. ....	162
A1.2.3.2 – Escoamento total (I+R) de 1961 a 1990 na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km <sup>2</sup> ), Riacho dos Porcos em Podimirim .....	163
A1.2.3.3 – Infiltração (recarga) de 1961 a 1990 na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km <sup>2</sup> ), Riacho dos Porcos em Podimirim. ....	164

A1.2.3.4 – Escoamento superficial de 1961 a 1990, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km <sup>2</sup> , Riacho dos Porcos em Podimirim.....	165
A1.2.4 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri.....	166
A1.2.4.1 – Chuva média de 1981 a 2010 na bacia sedimentar (3.495 km <sup>2</sup> ). .....	167
A1.2.4.2 – Infiltração (I) de 1981 a 2010 na bacia sedimentar (3.495 km <sup>2</sup> ). .....	168
A1.2.4.3 – Escoamento Total (I+R) de 1981 a 2010 na bacia sedimentar (3.495 km <sup>2</sup> ). .....	169
A1.2.5 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1981-2010), Rio Salgado, em Sítio Lapinha(1.520 km <sup>2</sup> ) .....	170
A1.2.5.1 – Chuva média de 1981 a 2010, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1.520 km <sup>2</sup> ). .....	171
A1.2.5.2 – Infiltração (I) de 1981 a 2010, na zona oeste da bacia. Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1.520 km <sup>2</sup> ). .....	172
A1.2.5.3 – Escoamento total (I+R) de 1981 a 2010, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1.520 km <sup>2</sup> ). .....	173
A1.2.6 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1981-2010), Riacho dos Porcos em Podimirim (1.975 km <sup>2</sup> ) .....	174
A1.2.6.1 – Chuva média de 1981 a 2010 na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km <sup>2</sup> ). Riacho dos Porcos em Podimirim. ....	175
A1.2.6.2 – Infiltração (I) de 1981 a 2010, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km <sup>2</sup> ). Riacho dos Porcos, em Podimirim. ....	176
A1.2.6.3 – Escoamento total (I+R) de 1981 a 2010, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km <sup>2</sup> ). Riacho dos Porcos, em Podimirim. ....	177
<b>A1.3 – Cálculo da Vazão de Poços para Simulação em Regime Contínuo</b> .....	<b>178</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

**Tabela 1.1** - Valores médios de temperatura do ar, umidade relativa do ar e insolação na Estação Meteorológica de Barbalha, segundo as Normais Climatológicas do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (1961 – 1990). 18

**Tabela 1.2** – Valores em vermelho completados pelo método das isoietas conforme ilustrado no mapa da **figura 1.4**, para o mês de fevereiro de 1994, nos postos pluviométricos de Açude Quixabinha, Anauá, Crato\_DQ e Mauriti - Mararupá. .... 22

**Tabela 1.3** – Transformação do excesso de água em escoamento pelo método do balanço hídrico de Thornthwaite (Thornthwaite & Matter, 1955). .... 24

**Tabela 1.4** – Postos pluviométricos da região do Cariri com dados homogêneos para o período 1961-1990. .... 26

<b>Tabela 1.5</b> – Evapotranspiração potencial média diária (mm) em 14 postos pluviométricos de interesse na região do Cariri Cearense. ....	27
<b>Tabela 1.6</b> – Estações pluviométricas da região do Cariri levantadas no Banco de Dados da AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA Hidroweb. ....	28
<b>Tabela 1.7</b> – Posto 36210000 - Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km <sup>2</sup> ) – Lâminas médias escoadas (mm), nos períodos de 1965-1976 e 1985-1990...	31
<b>Tabela 1.8</b> – Posto 36250000 – Riacho dos Porcos em Podimirim (3.200 km <sup>2</sup> ) – Lâminas médias escoadas (mm) no período de 1973 – 1990.....	32
<b>Tabela 1.9</b> - POSTO 36210000 – Rio Salgado em Sítio Lapinha 1.520 Km <sup>2</sup> Coeficientes de recessão, volumes e lâminas de água subterrânea restituídas anualmente no período de 1965 a 1990.....	33
<b>Tabela 1.10</b> – POSTO 36250000 – Riacho dos Porcos em Podimirim 3.200 km <sup>2</sup> . Coeficientes de recessão, volumes e lâminas de água subterrânea restituídas anualmente nos anos de 1973, 1974, 1977, 1985, 1986 e 1988....	34
<b>Tabela 1.11</b> – Coeficientes de fluxo deduzidos usando as lâminas escoadas e as lâminas restituídas no rio Salgado em <b>Sítio Lapinha</b> nos períodos de 1965 a 1975 e de 1985 a 1990.....	35
<b>Tabela 1.12</b> - Coeficientes de fluxo deduzidos do escoamento total Q obtido pelo método de Thornthwaite e das lâminas restituídas no rio Salgado em Sítio Lapinha nos períodos de 1965 a 1975 e de 1985 a 1990. ....	36
<b>Tabela 1.13</b> – Coeficientes de fluxo deduzidos usando as lâminas escoadas e as lâminas restituídas no riacho dos Porcos em Podimirim, nos anos de 1973, 1974, 1977, 1985, 1986 e 1988.....	37
<b>Tabela 1.14</b> – Pesos dos polígonos de Thiessen para cálculo da chuva média sobre a bacia sedimentar do Cariri no período 1961-1990.....	38
<b>Tabela 1.15</b> - Resumo do balanço hídrico 1961-1990 na bacia do Cariri (mm/ano). ....	40
<b>Tabela 1.16</b> - Distribuição da chuva média espacial (mm/ano) na bacia do Cariri no período 1961-1990.....	40
<b>Tabela 1.17</b> - Distribuição da recarga e/ou descarga (mm/ano) de água subterrânea na bacia do Cariri no período 1961-1990.....	40
<b>Tabela 1.18</b> - Resumo do balanço hídrico 1981-2010 na bacia do Cariri (mm/ano) .....	41
<b>Tabela 1.19</b> - Distribuição da chuva média espacial (mm/ano) na bacia do Cariri no período 1981-2010.....	41
<b>Tabela 1.20</b> - Distribuição da infiltração (mm/ano) de água subterrânea na bacia do Cariri no período 1981-2010. ....	41

<b>Tabela 1.21</b> – Comparação entre chuva e infiltração média de longo período (mm/ano) na bacia sedimentar do Cariri nos períodos de (1961-1990), (1981-2010) e (1961-2010).....	41
<b>Tabela 1.22</b> - Estatística descritiva das chuvas e da recarga médias anuais na Bacia do Cariri no período de 1961-1990.....	42
<b>Tabela 1.23</b> – Probabilidade de ocorrências anuais de chuva e de recarga (mm) na Bacia do Cariri (3.495 km <sup>2</sup> ) no período de 1961-1990. ....	46
<b>Tabela 1.24</b> – Probabilidade de ocorrências de recarga (mm) na zona Leste (1.975 km <sup>2</sup> ) e na zona Oeste (1.520 km <sup>2</sup> ) da Bacia do Cariri no período de 1961-1990. ....	46
<b>Tabela 2.1</b> – Tipos de pontos d’água cadastrados na bacia LAC com indicação do número e do percentual de unidades com vazão informada por município. 48	
<b>Tabela 2.2</b> – Produção de água estimada através da média ponderada pela frequência para 466 poços operantes com base em vazões informadas em 164 poços no município de Juazeiro do Norte. ....	49
<b>Tabela 2.3</b> – Vazão das fontes da Chapada do Araripe para a bacia LAC, por município. ....	49
<b>Tabela 2.4</b> – Frequência da vazão de 198 fontes no sistema aquífero LAC....	50
<b>Tabela 2.5</b> - Estatística descritiva da vazão de 198 fontes existentes na área do modelo regional em m <sup>3</sup> /dia. ....	50
<b>Tabela 2.6</b> – Distribuição da produção global dos poços do sistema aquífero LAC, em 2010 segundo dados da Cogerh e SIAGAS-CE. ....	51
<b>Tabela 2.7</b> – Frequência da produção global dos poços do sistema aquífero LAC, em 2010 segundo dados da Cogerh e SIAGAS-CE. ....	52
<b>Tabela 2.8</b> – Produção de estimada para 977 poços em operação no Cariri (Dados SOHIDRA, Cogerh, SIAGAS-CE). ....	53
<b>Tabela 2.9</b> – Parâmetros hidráulicos do aquífero Missão Velha nos municípios de Barbalha e Abaiara (CPRM/FINEP, 2008). ....	54
<b>Tabela 2.10</b> – Parâmetros hidráulicos do aquífero Missão Velha no município de Barbalha – Usina Salamanca (Manoel Filho, 1976a). ....	54
<b>Tabela 2.11</b> – Parâmetros do aquífero Missão Velha em Juazeiro do Norte (Manoel Filho, 1976b).....	54
<b>Tabela 2.12</b> – Parâmetros hidráulicos do aquífero Missão Velha nos municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte (Cogerh/GOLDER-PIVOT 2004).....	55

<b>Tabela 2.13</b> – Vazões e rebaixamentos das 5 (cinco) etapas do teste de produção do poço localizado no Sítio Venha Ver, município de Barbalha – CE .....	58
<b>Tabela 2.14</b> – Parâmetros da equação linear característica do poço para o tempo de bombeamento de 3 horas com diferentes vazões. ....	61
<b>Tabela 2.15</b> – Significado dos símbolos usados nas equações do modelo de interpretação adotado no teste escalonado Sávio Barbalha. ....	63
<b>Tabela 2.16</b> – Parâmetros da equação característica do poço ( <b>figura 2.7</b> ).....	64
<b>Tabela 2.17</b> – Eficiência hidráulica do poço e comparação entre os resultados observados e calculados indicando erro de 1 a 3%; .....	64
<b>Tabela 2.18</b> – Dados de rebaixamento específico do teste FARMACE escalonado em 4 (quatro) etapas de 3 horas, com dados inconsistentes.....	64
<b>Tabela 2.19</b> – Propriedades hidráulicas adotadas na modelagem numérica de fluxo no Sistema Aquífero LAC. ....	67
<b>Tabela 2.20</b> – Estimativa do escoamento natural remanescente nos exutórios da bacia do Cariri, segundo o mapa potenciométrico gerado pelo modelo matemático hidrogeológico.....	70
<b>Tabela 2.21</b> – Reservas reguladoras dos aquíferos estimadas a partir do balanço hídrico de Thornthwaite usando os dados do balanço mais recente (1981-2010).....	70
<b>Tabela 2.22</b> – Reservas permanentes dos aquíferos do <i>Sistema LAC</i> .....	71
<b>Tabela 2.23</b> – Balanço da zona de exploração ZEA Cariri, com indicação dos datalogers (sensores de nível) existentes e a serem instalados (em vermelho) para fins de monitoramento.....	74
<b>Tabela 2.24</b> – Descargas mensais monitoradas em 24 poços equipados com dataloggers instalados pela Cogeh na bacia do Cariri. ....	89
<b>Tabela 3.1</b> – Exemplo de calculo da vazão diária ajustada em cada poço....	107
<b>Tabela 3.2</b> – Variações de carga hidráulica registradas entre agosto 2009 e dezembro 2010, nos <i>dataloggers</i> instalados pela Cogeh na bacia do Cariri. ....	125
<b>Tabela 3.3</b> – Comparação entre os valores observados e computados pelo modelo na rede de monitoramento automático da Cogeh no Cariri. ....	125
<b>Tabela 3.4</b> – Valores ótimos da condutividade hidráulica obtidos para o modelo calibrado usando PEST (Doherty, 2004).....	129
<b>Tabela 3.5</b> – Valores ótimos da recarga obtidos para o modelo calibrado usando PEST (Doherty, 2004). ....	129

<b>Tabela 3.6</b> – Vazão de escoamento natural remanescente no exutório Rio da Batateira, segundo o mapa potenciométrico gerado pelo modelo matemático hidrogeológico, após a calibração usando PEST (Doherty, 2004). .....	130
<b>Tabela 3.7</b> – Vazão de captura do fluxo natural por 46 poços produtores na região de Milagres, segundo o mapa potenciométrico gerado pelo modelo matemático hidrogeológico, após a calibração usando PEST (Doherty, 2004). .....	130
<b>Tabela 3.8</b> – Distribuição espacial lateralmente descontínua dos Sistemas Aquíferos da bacia LAC.....	132
<b>Tabela 3.9</b> – Balanço hidrogeológico calculado pelo modelo calibrado usando PEST.....	133
<b>Tabela 3.10</b> – Balanço hidrogeológico interpretado à luz dos impactos produzidos sobre o sistema aquífero LAC pela atividade antrópica.....	134

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Temperatura média do ar na Estação Meteorológica de Barbalha, segundo as Normais Climatológicas 1961-1990. ....	19
<b>Figura 1.2</b> – Umidade relativa média mensal em Barbalha, segundo as Normais Climatológicas 1961-1990.....	19
<b>Figura 1.3</b> – Insolação média mensal no posto meteorológico de Barbalha segundo as Normais Climatológicas 1961-1990. ....	20
<b>Figura 1.4</b> – Mapa de isoietas do mês de fevereiro de 1994, construído para completar as chuvas ausentes nos postos de Açude Quixabinha, Anauá, Crato-Dom Quintino e Mauriti-Mararupá. ....	23
<b>Figura 1.5</b> – Relação entre chuva média espacial de 30 anos e infiltração média de longo período estabelecida para a bacia sedimentar do Cariri.....	25
<b>Figura 1.6</b> – Polígonos de Thiessen representativos dos pesos usados no cálculo da chuva média na bacia do Cariri.....	39
<b>Figura 1.7</b> – Histogramas de freqüência e curva ajustada de densidade de probabilidade para a chuva anual na bacia do Cariri. ....	43
<b>Figura 1.8</b> – Histogramas de freqüência e curva ajustada de densidade de probabilidade da recarga anual na bacia do Cariri (lei gama truncada, com 7/30 anos sem recarga). ....	43
<b>Figura 1.9</b> – Histograma de freqüência e curva ajustada de densidade de probabilidade da recarga anual na zona leste da bacia do Cariri (lei gama truncada, com 10/30 anos sem recarga).....	45

<b>Figura 1.10</b> – Histograma de freqüência e curva ajustada de densidade de probabilidade da recarga anual na zona oeste da bacia do Cariri (lei gama truncada, com apenas 1/30 anos sem recarga). .....	45
<b>Figura 2.1</b> – Histograma de vazão das fontes LAC (m <sup>3</sup> /dia). .....	51
<b>Figura 2.2</b> – Gráfico de rebaixamento x tempo com avaliação da transmissividade do aquífero médio na retomada do bombeamento do teste de superposição de escoamento realizado pela Cogerh/GOLDER PIVOT 2004 no poço Barbalha. ....	55
<b>Figura 2.3</b> – Avaliação da difusividade hidráulica do aquífero médio usando dados do teste realizado através de superposição de escoamento por paralisação do bombeamento do poço Barbalha (466081, 9191963). Fonte: Cogerh/ Golder-Pivot, 2004).....	56
<b>Figura 2.4</b> – Avaliação da difusividade hidráulica superpondo escoamento por reinício do bombeamento do poço Barbalha (466081, 9191963). Fonte: Cogerh/ Golder-Pivot, 2004. ....	57
<b>Figura 2.5</b> – Ficha técnica do poço testado no Sítio Venha Ver, município de Barbalha - CE.....	59
<b>Figura 2.6</b> - Perfil litológico e construtivo do poço testado no Sítio Venha Ver, município de Barbalha –CE.....	60
<b>Figura 2.7</b> – Gráfico de rebaixamento específico em função da vazão para o tempo de 3 horas, ilustrando a avaliação dos parâmetros B e C indicativos das perdas laminares e não laminares, respectivamente, na equação característica do poço.....	61
<b>Figura 2.8</b> – Gráfico de rebaixamento versus tempo com avaliação da transmissividade do aquífero pelo método da aproximação logarítmica (Cooper & Jacob. 1946). ....	62
<b>Figura 2.9</b> – Gráfico de rebaixamento específico para o tempo de 3 horas, em função da vazão no teste escalonado de 4 etapas no poço FARMACE- Barbalha-CE.....	65
<b>Figura 2.10</b> – Gráfico de rebaixamento x tempo do teste escalonado Farmace, com avaliação da transmissividade do aquífero pelo método da aproximação logarítmica (Cooper & Jacob, 1946).....	66
<b>Figura 2.11</b> – Sumário estatístico e histograma de freqüência das espessuras saturadas do Aquífero Superior ou Aquífero Exu. ....	67
<b>Figura 2.12</b> – Sumário estatístico e histograma de freqüência das espessuras saturadas do Sistema Aquífero Médio.....	68
<b>Figura 2.13</b> – Sumário estatístico e histograma de freqüência das espessuras saturadas do Aquífero Inferior, ou Aquífero Mauriti.....	68

<b>Figura 2.14</b> – Mapa potenciométrico de equilíbrio do <i>Sistema Aquífero LAC</i> gerado pelo modelo matemático hidrogeológico após a calibração usando PEST (Doherty, 2004) .....	69
<b>Figura 2.15</b> – Zonas de exploração do <i>Sistema Aquífero LAC</i> (aquíferos Rio Batateira, Missão Velha e Mauriti) em 2010, definidas em função do balanço de entrada-saída (m <sup>3</sup> /dia), na ausência de águas de retorno, com localização dos <i>datalogers</i> Cogerh de monitoramento automático existentes.....	75
<b>Figura 2.16</b> – Mapa de distribuição da ampliação proposta para a rede de monitoramento automático, com sugestão de 5 (cinco) novos sensores, nas células indicadas. ....	76
<b>Figura 2.17</b> – Rebaixamentos produzidos após 50 anos (1961-2010) na região de Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte, pelo modelo numérico local, na ausência de retorno de águas usadas.....	77
<b>Figura 2.18</b> – Localização dos <i>datalogers</i> com indicação das faixas de variação do nível d’água no período de 17 meses compreendido entre agosto de 2009 e dezembro de 2010. ....	80
<b>Figura 2.19</b> – <i>Datalogers</i> Cogerh com variação de carga inferior a 1 m na zona mais intensamente explorada por poços, revelando um cenário de equilíbrio. 82	
<b>Figura 2.20</b> – <i>Datalogers</i> Cogerh com variação de carga superior a 1 m e inferior a 2 m, aparentemente exibindo influência sazonal.....	83
<b>Figura 2.21</b> – <i>Datalogers</i> com variação de nível superior a 2 m e inferior a 4 m, provavelmente acumulando influências de bombeamentos e influências sazonais difíceis de separar.....	85
<b>Figura 2.22</b> – <i>Datalogers</i> com variação de nível superior a 2 m e inferior a 4 m, provavelmente acumulando influências de bombeamentos e influências sazonais difíceis de separar.....	87
<b>Figura 2.23</b> – <i>Datalogers</i> com variação de nível na faixa de 10 m a 12 m, provavelmente acumulando influências de bombeamentos e influências sazonais difíceis de separar.....	88
<b>Figura 3.1</b> – Mapa de situação e localização da área modelada, na bacia Leste Araripe- Cariri (LAC).....	92
<b>Figura 3.2</b> – Discretização da área modelada .....	93
<b>Figura 3.3</b> – Bloco 3D de 5 camadas componentes do <i>Sistema Aquífero LAC</i> de águas subterrâneas livres. ....	94
<b>Figura 3.4</b> – Seção Leste-Oeste (A – B) do modelo estratigráfico concebido para o <i>Sistema LAC</i> . ....	95
<b>Figura 3.5</b> – Seção Sul-Norte (C – D) do modelo estratigráfico concebido para o <i>Sistema LAC</i> . ....	95

<b>Figura 3.6</b> – Distribuição das condutividades hidráulicas.....	97
<b>Figura 3.7</b> – Distribuição dos coeficientes de armazenamentos específicos e porosidades efetivas, para a simulação transiente.....	98
<b>Figura 3.8</b> – Condições de contorno – Drenos (DRN).....	101
<b>Figura 3.9</b> – Distribuição da recarga efetiva (infiltrações + retorno de águas usadas) na área modelada.....	102
<b>Figura 3.10</b> – Comparativo entre as potenciometrias da calibração (A) e a potenciometria original estimada para 1961 (B).....	104
<b>Figura 3.11</b> – Relação entre as cargas calculadas x cargas observadas.....	105
<b>Figura 3.12</b> – Histograma de frequência das datas de perfuração de poços na região. ....	106
<b>Figura 3.13</b> – Comparação entre os regimes de bombeamento de vazões ajustadas e reais, com base no princípio de superposição de escoamentos. ....	108
<b>Figura 3.14</b> – Evolução dos rebaixamentos nos cinco poços de observação apresentados como exemplo. ....	110
<b>Figura 3.15</b> – Distribuição dos poços de bombeamento na área modelada..	111
<b>Figura 3.16</b> – Cargas calculadas x cargas observadas para a validação do modelo.....	112
<b>Figura 3.17</b> – Potenciometria calculada pelo modelo para 2010, exibindo um padrão de fluxo semelhante ao das cargas iniciais.....	115
<b>Figura 3.18</b> – Rebaixamentos calculados pelo modelo para 2010.....	116
<b>Figura 3.19</b> – Localização do modelo local e sua relação com a potenciometria regional.....	119
<b>Figura 3.20</b> – Discretização do modelo local.....	120
<b>Figura 3.21</b> – Distribuição da recarga efetiva (infiltração proveniente da Chapada no contorno SW) e (infiltração + retorno de águas usadas) na região do <i>Sistema Aquífero Médio</i> ou modelo local, dentro do <i>Sistema LAC</i> . ....	121
<b>Figura 3.22</b> – Distribuição dos drenos na área do modelo local.....	122
<b>Figura 3.23</b> – Distribuição das cargas hidráulicas após 50 anos de bombeamento. ....	123
<b>Figura 3.24</b> – Rebaixamentos calculados após 50 anos de bombeamento...	124
<b>Figura 3.25</b> – Correlação linear entre as cargas observadas e calculadas pelo modelo, com coeficiente angular praticamente igual a 1 (reta $y=x$ de 45°)....	126

<b>Figura 3.26</b> – Distribuição espacial das zonas de condutividade hidráulica utilizadas no processo de calibração usando o programa PEST (Doherty, 2004). .....	127
<b>Figura 3.27</b> – Distribuição espacial das zonas de recarga utilizadas no processo de calibração usando o programa PEST (Doherty, 2004). .....	128
<b>Figura 3.28</b> – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Livre Superior na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC). .....	135
<b>Figura 3.29</b> – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Médio Confinado na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC). .....	136
<b>Figura 3.30</b> – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Médio Livre na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC). .....	137
<b>Figura 3.31</b> – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Inferior confinado na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC). .....	138
<b>Figura 3.32</b> – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Inferior Livre na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC). .....	139

## **INTRODUÇÃO**

De acordo com os Termos de Referência do Contrato nº 015/2010/Cogerh, o presente documento corresponde ao **Relatório Final** da modelagem matemática hidrogeológica dos Aquíferos Médio e Mauriti, na bacia sedimentar do Cariri. Ele contém a síntese de todas as atividades e procedimentos de análise desenvolvidos que são apresentados em 3 (três) capítulos:

**Capítulo 1 - Caracterização Climática e Hidrológica:** Usando dados da Estação Meteorológica de Barbalha, na caracterização do clima é descrita a temperatura média e mínima mensal, bem como a umidade relativa e a insolação. Os dados de evapotranspiração média diária em postos pluviométricos da região foram obtidos de Hargreaves (Cunha & Milo, 1984). A caracterização hidrológica utiliza o acervo de dados pluviométricos levantados no site da Agência Nacional de Águas – ANA/Hidroweb – sobre a região do Cariri. Inclui ainda uma análise de dados fluviométricos disponíveis que permitiram avaliar o fluxo básico em duas estações de medição de descargas na região: i) Posto 36210000: Rio Salgado na localidade Sítio Lapinha; ii) Posto 36250000: Riacho dos Porcos na localidade Podimirim. Foram também estabelecidos nessa análise, balanços hídricos detalhados para dois períodos de 30 anos: 1961-1990 e 1981-2010, a partir dos quais foi avaliada a **recarga** do sistema aquífero.

**Capítulo 2 – Avaliação Hidrogeológica:** Atualiza os dados de produção de água subterrânea e identifica 977 poços existentes em operação. Analisa os parâmetros hidráulicos obtidos em testes de aquífero e usa as conclusões do modelo matemático hidrogeológico na estimativa das dimensões, propriedades hidráulicas, escoamento subterrâneo, exutórios e reservas permanentes do sistema aquífero. Discute também o zoneamento da exploração e apresenta sugestões para complementar o programa de monitoramento já implementado pela Cogerh – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos.

**Capítulo 3 - Modelagem Matemática Hidrogeológica:** Neste capítulo são descritos os procedimentos adotados no desenvolvimento e implementação do modelo numérico (matemático hidrogeológico) de fluxo subterrâneo (Visual MODFLOW 4.0.2), **regional** e **local**, e também os resultados obtidos, que incluem mapas de distribuição de cargas hidráulicas e rebaixamentos para 2010. A calibração do modelo foi feita pelo método de tentativa e erro (com erro de 7% a 10%) e pelo método de estimativa não linear de parâmetros usando o programa PEST, com erro inferior a 1%.

# **1 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTOLÓGICA E HIDROLÓGICA DA BACIA DO CARIRI**

## 1.1 - Climatologia

### 1.1.1 - Elementos e fatores do clima

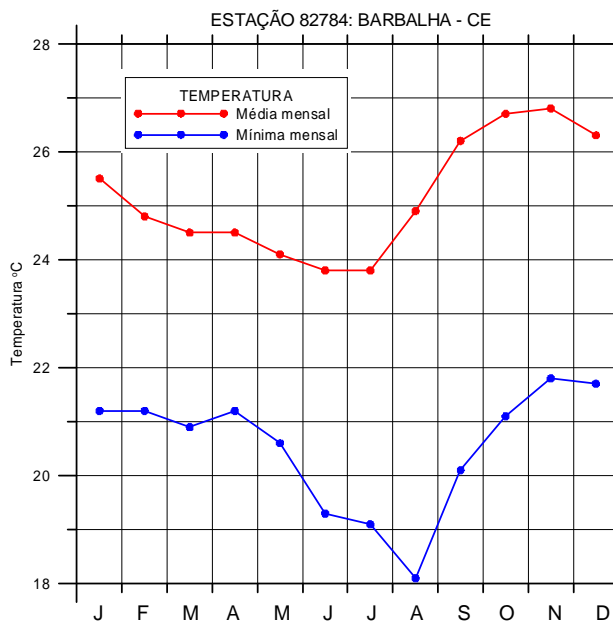
O **clima** dominante no alto curso do rio Jaguaribe, na região da Chapada do Leste Araripe e Carirí, segundo Koepen é do tipo Aw, quente e úmido, com regime de chuvas do tipo tropical austral (w), concentrado em 5 (cinco) meses. Os principais elementos condicionantes do clima, registrados na Estação de Barbalha, são apresentados na **tabela 1.1**.

**Tabela 1.1** - Valores médios de temperatura do ar, umidade relativa do ar e insolação na Estação Meteorológica de Barbalha, segundo as Normais Climatológicas do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (1961 – 1990).

Estação 82784: Barbalha - CE				
Mês	Temperatura °C		Umidade Relativa %	Insolação h/mês
	Média	Mínima		
Jan	25,5	21,2	68	216,4
Fev	24,8	21,2	74	191,9
Mar	24,5	20,9	80	198,4
Abr	24,5	21,2	79	205,1
Mai	24,1	20,6	73	224,9
Jun	23,8	19,3	67	240
Jul	23,8	19,1	61	252,4
Ago	24,9	18,1	53	281,8
Set	26,2	20,1	49	276,4
Out	26,7	21,1	51	268,9
Nov	26,8	21,8	53	256,4
Dez	26,3	21,7	55	234,4
<b>Ano</b>	<b>25,2</b>	<b>20,5</b>	<b>63,6</b>	<b>2848</b>

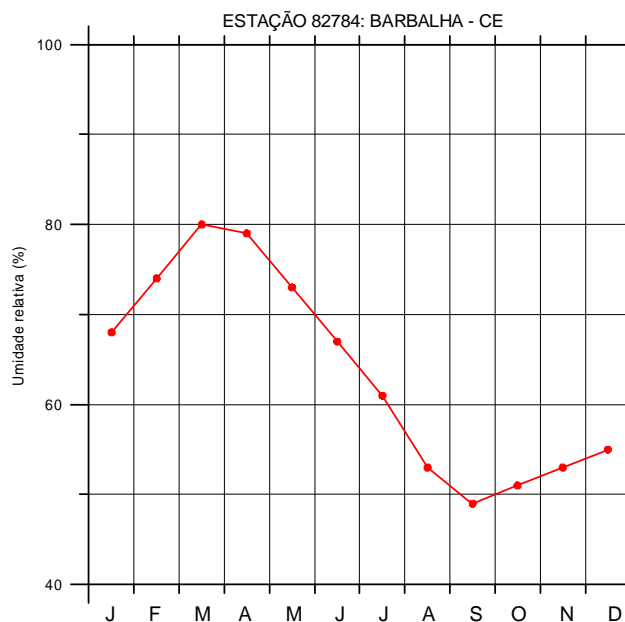
As **temperaturas** médias mensais são superiores a 23°C durante todo o ano. As menores médias mensais ocorrem no fim do período chuvoso (maio-julho), com valores oscilando numa faixa de 23,5 a 25,5 °C e com valores abaixo de 23 °C nas altitudes acima de 700 m. Os registros de temperatura média e mínima mensal em Barbalha são ilustrados na **figura 1.1**, onde se nota que a mínima chega a 18,1 °C em agosto.

Faltam dados de **ventos** na Estação Meteorológica de Barbalha. Embora na bacia do Jaguaribe os ventos dominantes ocorram nas direções E e SE, são observados ventos de SW na região de Juazeiro do Norte.



**Figura 1.1** – Temperatura média do ar na Estação Meteorológica de Barbalha, segundo as Normais Climatológicas 1961-1990.

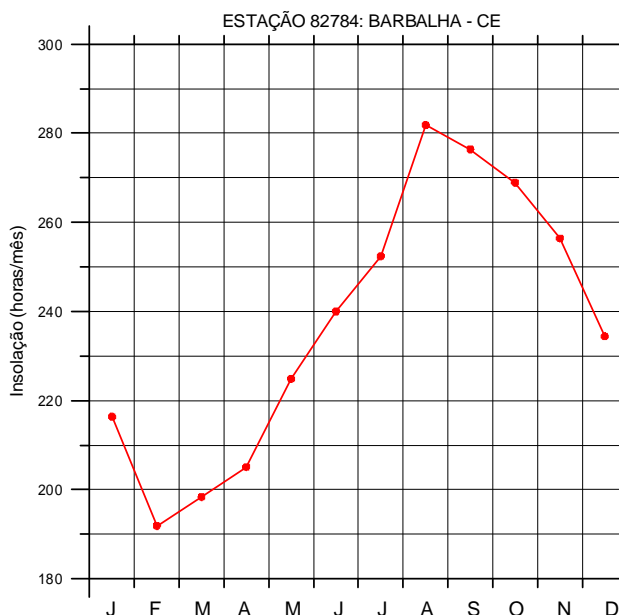
A **umidade relativa** média diária do ar oscila ao sabor das estações. Os mínimos valores ocorrem no período de estiagem nos meses de setembro, com cerca de 50% (**Figura 1.2**).



**Figura 1.2** – Umidade relativa média mensal em Barbalha, segundo as Normais Climatológicas 1961-1990.

A partir de setembro a umidade cresce progressivamente com a chegada do período chuvoso até atingir um máximo de 80% no mês de abril.

A distribuição da **insolação** média mensal, representada pelo número total de horas do dia, é ilustrada na **Figura 1.3**. Ela marca de maneira muito clara o ciclo anual do clima com valores abaixo de 220 horas/mês no período chuvoso e valores acima de 250 horas/mês no período de estiagem de julho a novembro.



**Figura 1.3** – Insolação média mensal no posto meteorológico de Barbalha segundo as Normais Climatológicas 1961-1990.

## 1.2 – Balanço hídrico

O balanço hídrico da bacia Leste Araripe – Cariri contempla uma superfície de 3.495 km<sup>2</sup>, sendo 1.520 km<sup>2</sup> no setor oeste, a montante do posto fluviométrico de Sítio Lapinha e 1.975 km<sup>2</sup> no setor leste, a montante do posto fluviométrico do riacho dos Porcos, em Podimirim. Esse balanço envolve dois períodos:

- ✓ De 1961 a 1990, correspondente ao período das Normais Climatológicas mais recentes vigentes no país (MARA, 1992);
- ✓ De 1981 a 2010, realizado com o objetivo de utilizar os dados pluviométricos mais recentes, conforme recomendação da Câmara Técnica de Água Subterrânea do Cariri - CTAS.

### 1.2.1 – Dados e Métodos Utilizados

Na elaboração do balanço hídrico foram usados: i) dados de evapotranspiração média diária em postos pluviométricos da região, segundo Hargreaves (Cunha & Milo, 1984); ii) dados pluviométricos levantados no site da Agência Nacional de Águas – ANA Hidroweb; iii) dados fluviométricos disponíveis em duas

estações de medição de descargas: 3621000 (Rio Salgado, em Sítio Lapinha) e 36250000 (Riacho dos Porcos, em Podimirim).

### **Preenchimento de Falhas**

A necessidade de integrar em um período comum de 30 anos de dados o maior número possível de postos pluviométricos exigiu o preenchimento das lacunas existentes em alguns dos postos. No balanço de 1961-1990, os valores ausentes foram completados com as médias. Já com os dados mais recentes, para o balanço de 1981-2010, essa tarefa foi realizada pelo método das isoietas (com interpolação pelos métodos do inverso da distância e do vizinho mais próximo ou vizinho natural). Os valores estimados para os totais mensais de chuvas nos postos sem registros foram obtidos diretamente dos mapas de isoietas mensais elaborados, conforme é ilustrado através da **tabela 1.2** e da **figura 1.1**, para os postos de Açude Quixabinha, Anauá, Crato-Dom Quintino e Mauriti-Mararupá.

### **O Método de Thornthwaite**

Para o balanço hídrico este método utiliza a equação:

$$P+RU=ETR+EX \quad (1.1)$$

- ✓  $P$  = precipitação em mm
- ✓  $RU$  = reserva útil de água retida no solo utilizada pelas plantas
- ✓  $ETR$  = evapotranspiração real, em mm
- ✓  $EX$  = excedente de água (escoamento superficial + infiltração), em mm.
- ✓  $EX = R + I$
- ✓  $R$  = escoamento superficial direto para os rios (mm)
- ✓  $I$  = infiltração profunda que alcança o aquífero (mm)

Admite-se ainda que a evapotranspiração real é menor ou igual à evapotranspiração potencial ( $ETR \leq ETP$ ). A evapotranspiração real é calculada por comparação da ETP com a chuva, conforme se indica a seguir:

$$\begin{cases} \text{Quando } P > ETP \Rightarrow ETR = ETP \\ \text{Quando } P < ETP \Rightarrow ETR = P \end{cases} \quad (1.2)$$

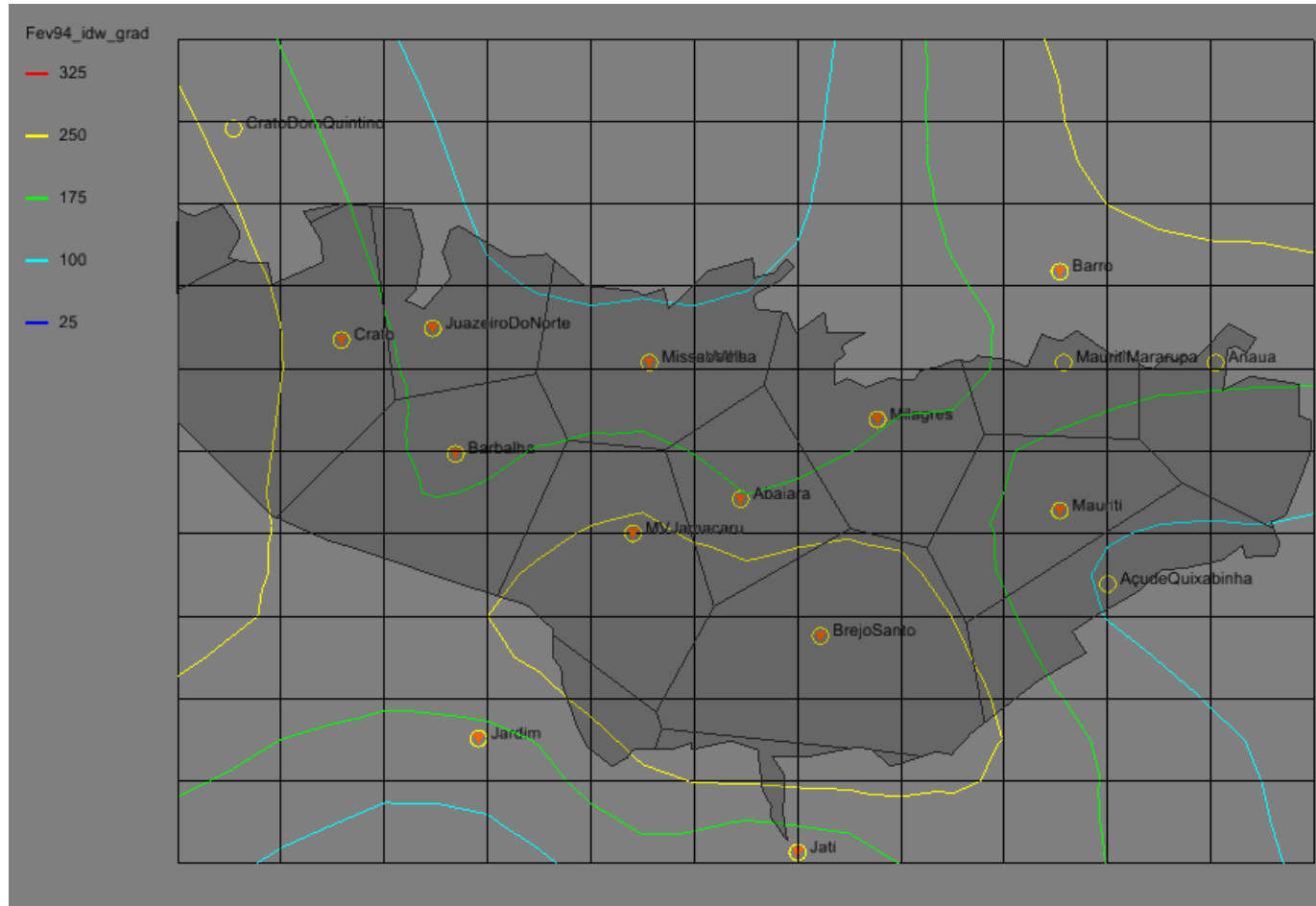
### **Cálculo do Excedente Hídrico**

1. Inicia-se o balanço supondo completa a reserva utilizável pelas plantas e adotando  $RU = \text{solo} = 100$  mm
2. Foi empregado o algoritmo seguinte:

Se $P-ETP+\text{solo} \geq 100$	$\text{Solo} \leftarrow 100$ $ETR \leftarrow ETP$ $EX \leftarrow (P-ETP+\text{solo})-100$	Há excedente da reserva utilizável pelas plantas (infiltração)
Se $P-ETP+\text{solo} > 0$	$\text{Solo} \leftarrow (P-ETP+\text{solo})$ $ETR \leftarrow P$ $EX \leftarrow 0$	Há variação da reserva utilizável pelas plantas
Se $P-ETP+\text{solo} \leq 0$	$\text{Solo} \leftarrow 0$ $ETR \leftarrow P$ $EX \leftarrow 0$	Há déficit de água no solo

**Tabela 1.2** – Valores em vermelho completados pelo método das isoietas conforme ilustrado no mapa da **figura 1.4**, para o mês de fevereiro de 1994, nos postos pluviométricos de Açude Quixabinha, Anauá, Crato\_DQ e Mauriti - Mararupá.

Mês	Nome	Abatara	Açúxal	Anauá	Barbalha	Barro	Brejo Santo	Crato CR	Crato DQ	MV_Jamag	Jrdim	Jti	Juz N	Mauriti	MTI Marar	Milagres	M_Velha
1/5/92	mmai92	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	6,9	2,1	4,4	7,9	25,2	0,0	0,0	0,5	13,4	0,0
1/6/92	mjun92	16,0	1,6	9,2	5,1	9,8	9,2	0,0	0,0	13,0	62,4	0,0	0,0	7,0	12,2	14,6	4,0
1/7/92	mjul92	0,0	9,4	13,3	12,9	10,4	6,0	33,0	23,2	27,6	20,5	0,0	0,0	11,0	12,7	13,4	8,0
1/8/92	mago92	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/9/92	mset92	49,9	0,0	0,0	49,0	0,0	65,1	24,0	1,9	54,8	43,5	0,0	42,0	0,0	0,0	29,4	87,0
1/10/92	mout92	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,6	0,0
1/11/92	mnov92	39,2	7,2	17,1	11,1	0,0	32,0	0,0	0,0	53,0	15,3	34,6	2,0	7,8	6,6	4,0	6,0
1/12/92	mdez92	5,4	20,6	16,7	40,8	10,8	12,6	0,0	0,0	17,0	11,5	25,4	2,4	16,0	10,7	8,2	12,0
1/1/93	mjan93	89,8	80,8	121,2	90,0	70,5	42,1	43,6	0,0	52,0	24,5	42,0	32,5	70,3	67,4	21,0	73,0
1/2/93	mfev93	82,4	53,4	105,8	284,6	186,2	130,4	99,8	0,0	200,4	75,0	66,6	149,7	86,4	139,9	159,6	189,0
1/3/93	mmar93	217,6	6,5	140,8	117,2	85,2	106,4	119,5	61,3	153,3	54,5	67,5	136,8	30,9	52,2	71,0	199,0
1/4/93	mabr93	43,7	0,0	83,0	99,0	154,2	104,9	136,7	85,3	119,7	38,1	45,9	61,0	32,2	86,7	67,6	118,0
1/5/93	mmai93	49,0	29,3	37,7	25,4	28,0	26,2	21,8	17,8	16,0	21,0	0,0	26,1	29,6	28,8	20,4	45,0
1/6/93	mjun93	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	27,0	0,0	43,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/7/93	mjul93	34,0	29,2	46,3	22,0	37,0	23,0	14,0	0,0	14,0	42,0	18,2	7,0	31,0	37,1	26,6	14,0
1/8/93	mago93	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
1/9/93	mset93	0,0	105,6	61,3	5,2	9,0	21,0	0,0	11,3	9,0	0,0	16,0	14,0	80,2	42,6	33,0	10,0
1/10/93	mout93	0,0	0,0	4,7	33,2	3,0	0,0	5,5	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,0	0,0
1/11/93	mnov93	53,0	0,0	11,9	55,7	67,3	90,9	116,9	240,9	44,6	0,0	32,3	118,0	11,5	31,2	38,4	82,0
1/12/93	mdez93	0,0	23,0	0,0	6,2	8,2	41,6	9,8	34,6	11,2	63,0	32,0	19,3	22,0	10,0	30,2	24,0
1/1/94	mjan94	214,8	376,7	313,4	155,4	169,3	229,0	187,7	185,4	294,8	155,2	128,7	145,7	337,1	277,8	267,8	182,0
1/2/94	mfev94	179,9	100,4	193,7	163,4	212,8	322,8	215,2	229,2	267,0	151,9	116,6	148,0	136,7	185,5	168,1	130,0
1/3/94	mmar94	129,6	64,6	127,9	140,8	108,0	118,3	190,2	93,1	115,8	135,0	220,6	89,2	76,4	55,4	126,5	86,0
1/4/94	mabr94	122,0	52,8	104,2	266,7	163,6	162,1	161,8	0,0	185,8	56,3	44,4	146,7	87,5	142,1	167,4	146,0
1/5/94	mmai94	75,2	56,0	105,8	60,4	73,2	58,2	117,4	164,2	117,0	90,7	47,4	76,1	62,0	76,0	53,0	44,0
1/6/94	mjun94	0,0	30,0	34,8	110,6	65,7	52,2	57,0	20,7	108,0	131,5	86,0	94,9	37,0	41,8	51,2	69,5
1/7/94	mjul94	0,0	0,0	25,0	2,9	35,0	2,4	7,0	14,3	0,0	31,5	0,0	4,0	0,0	17,3	3,4	0,0
1/8/94	mago94	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/9/94	mset94	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	4,2	0,0
1/10/94	mout94	0,0	0,0	1,8	17,5	5,0	0,0	26,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	8,0
1/11/94	mnov94	35,0	21,7	36,7	51,1	9,6	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0	0,0	18,0	19,2	7,2	6,0
1/12/94	mdez94	87,2	18,7	68,0	88,7	79,1	57,8	212,6	381,0	127,6	107,0	68,6	161,3	38,5	66,7	68,7	64,0



**Figura 1.4** – Mapa de isoietas do mês de fevereiro de 1994, construído para completar as chuvas ausentes nos postos de Açude Quixabinha, Anauá, Crato-Dom Quintino e Mauriti-Mararupá.

Da **equação (1.1)** resulta que o excesso de água é dado pela expressão:

$$EX = P - ETR + RU \quad (1.3)$$

### **Cálculo do escoamento total**

Calculado o excedente hídrico, o escoamento total ( $Q=I+R$ ), **por hipótese**, é simulado como uma *lei de reservatório linear*, do tipo usado na simulação do fluxo subterrâneo. O método supõe que, do valor total mensal de excesso de água em milímetros, 50% “não infiltram” e escoam no próprio mês. Os outros 50% “infiltram” e escoam no mês seguinte. Esse procedimento é ilustrado na **tabela 1.3**, usando como exemplo um período de 2 (dois) anos.

**Tabela 1.3** – Transformação do excesso de água em escoamento pelo método do balanço hídrico de Thornthwaite (Thornthwaite & Matter, 1955).

Ano	Mês	Excesso de água (mm)	Escoamento Total (mm)	Ano	Mês	Excesso de água (mm)	Escoamento Total (mm)
1	Jan	80	40	2	Jan	0,3+10	5,2
	Fev	40+60	50		Fev	5,2+50	27,6
	Mar	50+130	90		Mar	27,6+60	43,8
	Abr	90+70	80		Abr	43,8+12	27,9
	Mai	80+0	40		Mai	27,9+0	13,9
	Jun	40+0	20		Jun	13,9+0	7,0
	Jul	20+0	10		Jul	7+0	3,5
	Ago	10+0	5		Ago	3,5+0	1,7
	Set	5+0	2,5		Set	1,7+0	0,9
	Out	2,5+0	1,3		Out	0,9+0	0,4
	Nov	1,3+0	0,6		Nov	0,4+0	0,2
	Dez	0,6+0	0,3		Dez	0,2+0	0,1

### **Cálculo dos coeficientes de fluxo superficial e subterrâneo**

A partir dessa primeira aproximação, que se molda a um decaimento exponencial fictício, a separação dos verdadeiros termos I e R componentes do escoamento total, no período do balanço (1961-1990), foi feita utilizando um *coeficiente médio de fluxo superficial* e um *coeficiente médio de fluxo subterrâneo*, estimados a partir do conhecimento (nos anos comuns de dados observados) das lâminas médias anuais do deflúvio superficial (R) medido nos postos fluviométricos de Sítio Lapinha (**tabela 1.5**) e Podimirim (**tabela 1.6**) e das lâminas médias anuais (I) restituídas, obtidas da análise das recessões nesses mesmos postos fluviométricos: Sítio Lapinha (**tabela 1.7**) e Podimirim (**tabela 1.8**).

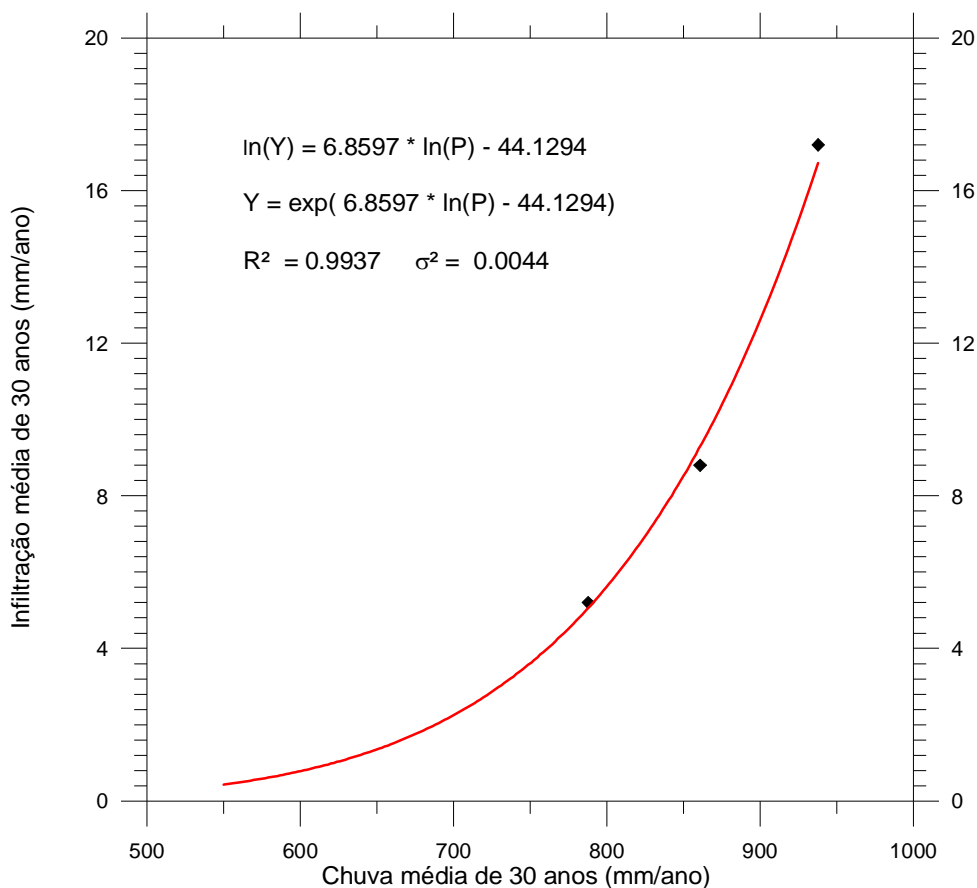
### Relação Chuva x Infiltração

Para o período das Normais Climatológicas (1961-1990) a disponibilidade de informações de escoamento superficial permitiu comparar as estimativas de escoamento total feitas pelo método do balanço hídrico de Thornthwaite com os valores de escoamento efetivamente medidos em alguns anos comuns.

Como se verá adiante, os resultados de chuva e recarga do balanço de 30 anos, expressos nas **tabelas 1.15** e **1.16**, respectivamente, levaram ao estabelecimento de uma relação entre chuva e infiltração na região sedimentar que pode ser muito útil para fins de regionalização, ou seja, extensão para setores com precipitações conhecidas e com carência de dados pluviométricos.

De fato, no Cariri, o escoamento total deduzido do balanço hídrico de Thornthwaite, calibrado por comparação com a soma das lâminas médias escoadas e restituídas, observadas em períodos comuns de dados contidos na série de 30 anos do balanço, permitiu estabelecer uma relação entre chuva média (espacial) de 30 anos e infiltração média de 30 anos sobre terrenos sedimentares (**figura 1.5**). Essa infiltração média de 30 anos é aqui definida como a **recarga média de longo período**, expressa pela equação:

$$I = \exp(6,8597 * \ln(P) - 44,1294) \text{ [mm/ano]} \quad (1.4)$$



**Figura 1.5** – Relação entre chuva média espacial de 30 anos e infiltração média de longo período estabelecida para a bacia sedimentar do Cariri.

### 1.2.1.1 – Evapotranspiração Potencial

Os valores de evapotranspiração potencial média diária são os fornecidos pelo método de Hargreaves, considerado como o mais indicado para o Nordeste do Brasil, segundo Cunha & Milo (1984). Os respectivos totais mensais e anuais são apresentados na **tabela 1.4** para 14 postos pluviométricos de interesse na na bacia sedimentar do Cariri. Regionalmente os valores médios diários de evapotranspiração potencial oscilam entre 4 mm no período chuvoso e 6,5 mm na estiagem. A média anual é de 1889,8 mm no Cariri.

### 1.2.1.2 – Precipitações

Na região do Cariri, para fins de avaliação do balanço hídrico, no período retratado pelas Normais Climatológicas de 1961 a 1990, foram identificados 14 postos pluviométricos com dados homogêneos (**tabela 1.4**).

Os dados pluviométricos levantados no Banco de Dados disponibilizado no site da Agência Nacional de Águas – ANA Hidroweb - correspondem a séries de chuvas diárias envolvendo diferentes períodos e apresentando muitas lacunas. As estações pluviométricas existentes, com indicação dos períodos de dados disponíveis e das entidades responsáveis e operadoras (FUNCEME, CPRM, DNOCS e INMET), são mostradas na **tabela 1.5**.

Das 44 estações que constam na região do Cariri (**tabela 1.4**), existem 9 (nove) instaladas em anos recentes e ainda sem dados; 11 (onze) com menos de 10 anos de registros. As 24 estações restantes incluem séries com extensões variáveis de 13 a 89 anos e 14 séries com um número relativamente pequeno de valores ausentes foram completadas com as médias e permitiram obter um período comum de 1961 a 1990 com 30 anos de dados.

**Tabela 1.4** – Postos pluviométricos da região do Cariri com dados homogêneos para o período 1961-1990.

Cod_Nac	UTM-E	UTM-N	Posto
738004	505520	9191240	Milagres
738005	525760	9198600	Mararupá
738008	496940	9150710	Jati
738049	501840	9172820	Brejo_Santo
738056	456450	9201050	Crato
739000	445390	9221310	Dom_Quintino
739003	540480	9198600	Anauá
739007	483440	9198610	Missão_Velha
739009	515320	9167290	Poço
739010	468750	9160520	Jardim
739013	522080	9205980	Barro
739016	463820	9191230	Barbalha
739038	530040	9177110	Açude_Quixabinha
739039	484060	9182030	Jamacaru

**Tabela 1.5 – Evapotranspiração potencial média diária (mm) em 14 postos pluviométricos de interesse na região do Cariri Cearense.**

Código Nacional	Posto	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
738004	Milagres	6,0	4,9	4,9	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	62,3
738005	Mararupá	6,0	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	6,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	63,7
738008	Jati	6,0	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,5	6,4	61,8
738049	Brejo Santo	6,0	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	61,7
738056	Crato	5,9	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	61,6
739000	Dom Quintino	5,9	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	61,6
739003	Anauá	6,0	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	61,7
739007	Missão Velha	6,0	4,9	4,3	3,8	3,9	4,0	4,6	5,1	5,9	6,2	6,4	6,4	61,5
739009	Poço	6,0	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	61,7
739010	Jardim	6,1	5,8	5,3	4,9	4,4	4,3	4,6	5,2	5,9	6,3	6,3	6,2	65,3
739013	Barro	6,0	4,9	4,3	3,8	3,9	4,0	4,6	5,1	5,9	6,2	6,4	6,4	61,5
739016	Barbalha	6,0	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	61,7
739038	Açude Quixabinha	6,0	4,9	4,3	3,8	4,0	4,0	4,6	5,2	5,9	6,2	6,4	6,4	61,7
739039	Jamacaru	6,0	4,9	4,3	3,8	3,9	4,0	4,6	5,1	5,9	6,2	6,4	6,4	61,5
<b>Médias</b>	<b>ETP (mm/dia)</b>	<b>5,99</b>	<b>4,96</b>	<b>4,41</b>	<b>3,88</b>	<b>4,01</b>	<b>4,02</b>	<b>4,74</b>	<b>5,18</b>	<b>5,90</b>	<b>6,21</b>	<b>6,40</b>	<b>6,39</b>	
	<b>ETP (mm/mês)</b>	<b>185,7</b>	<b>138,9</b>	<b>136,7</b>	<b>116,4</b>	<b>124,3</b>	<b>120,6</b>	<b>146,9</b>	<b>160,6</b>	<b>177,0</b>	<b>192,5</b>	<b>192,0</b>	<b>198,1</b>	<b>1889,8</b>
Número dias/mês		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

**Tabela 1.6 – Estações pluviométricas da região do Cariri levantadas no Banco de Dados da AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA Hidroweb.**

Nº	Código Nacional	Código Adicional	Nome da Estação	Município	Longitude	Latitude	Altitude	UTM_E	UTM_N	Responsável	Operadora	Série	Anos
11	00739001	3840595	MINGUIRIBA	CRATO	39°32'	07°16'	730	441,1258	9196,734	SUDENE	DESATIVADA	1962-1967	5
8	00738053		POÇO DO PAU	BREJO SANTO	39°50'	07°32'		408,0625	9167,202	FUNCEME	FUNCEME	2000-2005	5
34	00738055		SÃO MIGUEL	MAURITI	38°04'	07°02'		601,8554	9221,235	FUNCEME	FUNCEME	2000-2005	5
5	00739048		CALDAS	BARBALHA	39°20'	07°22'		463,2131	9184,472	FUNCEME	FUNCEME	2000-2005	5
10	00739049		SÃO FELIPE	BREJO SANTO	39°04'	07°23'		491,4165	9183,871	FUNCEME	FUNCEME	2000-2005	5
15	00739050		DOM QUINTINO	CRATO	39°28'	07°02'		448,4603	9221,31	FUNCEME	FUNCEME	2000-2005	5
25	00739055		SÍTIO NOVO	JUAZEIRO DO NORTE	39°02'	07°08'		496,3193	9211,509	FUNCEME	FUNCEME	2000-2005	5
26	00739056		MARROCOS	JUAZEIRO DO NORTE	39°13'	07°01'		476,0702	9223,172	FUNCEME	FUNCEME	2001-2005	5
41	00739057		QUIMAMI	MISSÃO VELHA	39°05'	07°11'		489,5726	9205,98	FUNCEME	FUNCEME	2000-2005	5
23	00739037		HORTO DE JUAZEIRO	JUAZEIRO DO NORTE	39°19'	07°12'		463,8119	9204,126	DNOCS	DESATIVADA	1977-1983	6
16	00739051		PONTA DA SERRA	CRATO	39°25'	07°07'		453,9897	9213,331	FUNCEME	FUNCEME	1998-2005	7
37	00738049		PODIMIRIM	MILAGRES	38°59'05"	07°17'59"		501,6864	9193,115	ANA	CPRM	1992-2005	13
33	00738054		MARARUPA	MAURITI	38°46'	07°15'		525,7581	9198,605	FUNCEME	FUNCEME	1988-2005	17
35	00738056		PALESTINA DO CARIRI	MAURITI	38°46'	07°28'		525,7456	9174,653	FUNCEME	FUNCEME	1988-2005	17
1	00739046		ABAIARA	ABAIARA	39°03'	07°22'		494,482	9184,485	FUNCEME	FUNCEME	1981-2005	24
28	00738001	3842844	MAURITI	MAURITI	38°47'	07°24'	365	522,6841	9182,024	SUDENE	DESATIVADA	1961-1987	26
14	00739018	3841426	CRATO	CRATO	39°23'	07°14'		456,4558	9199,207	SUDENE	DESATIVADA	1974-2005	31
4	00739020	82784	BARBALHA	BARBALHA	39°18'	07°19'		465,6609	9191,23	INMET	INMET	1974-2005	31
24	00739039	82785	JUAZEIRO DO NORTE	JUAZEIRO DO NORTE	39°16'	07°21'		469,3431	9186,319	INMET	INMET	1974-2005	31
6	00738004	3852033	POÇO	BREJO SANTO	38°51'	07°32'	370	515,3224	9167,287	SUDENE	DESATIVADA	1962-1999	37
2	00739002	3841725	ARAJARA	BARBALHA	39°23'	07°22'	650	456,4687	9184,467	SUDENE	DESATIVADA	1961-1998	37
29	00738002	3842574	ANAUA	MAURITI	38°38'	07°15'	600	540,4772	9198,595	SUDENE	DESATIVADA	1962-2000	38
30	00738005	3842547	MARARUPA	MAURITI	38°46'	07°15'	520	525,7581	9198,605	SUDENE	DESATIVADA	1961-1999	38
27	00738000	3842859	AÇUDE QUIXABINHA	MAURITI	38°43'	07°26'	390	530,0381	9177,107	DNOCS	DNOCS	1962-2000	38
13	00739009	3841006	DOM QUINTINO	CRATO	39°29'	07°02'	450	445,3924	9221,306	SUDENE	DESATIVADA	1961-2000	39

**Tabela 1.6** – Estações pluviométricas da região do Cariri levantadas no Banco de Dados da AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA Hidroweb.  
(continuação)

Nº	Código Nacional	Código Adicional	Nome da Estação	Município	Longitude	Latitude	Altitude	UTM_E	UTM_N	Responsável	Operadora	Série	Anos
38	00739003	3841874	JAMACARU	MISSÃO VELHA	39°08'	07°24'	680	484,0599	9182,027	FUNCEME	FUNCEME	1961-2000	39
21	00739013	3851399	JATI	JATI	39°01'	07°41'		496,9366	9150,707	DNOCS	DNOCS	1934-1985	51
3	00739016	3841638	BARBALHA	BARBALHA	39°19'	07°19'		463,8212	9191,229	FUNCEME	DESATIVADA	1911-1986	75
39	00739007	3841571	MISSÃO VELHA	MISSÃO VELHA	39°09'	07°15'	352	483,4412	9198,609	FUNCEME	FUNCEME	1912-1987	75
12	00739006	3841425	CRATO	CRATO	39°23'	07°13'	421	456,4542	9201,049	FUNCEME	FUNCEME	1912-1990	78
36	00738008	3842612	MILAGRES	MILAGRES	38°57'	07°19'	371	505,5188	9191,241	FUNCEME	FUNCEME	1912-1999	87
22	00739000	3841437	JUAZEIRO DO NORTE	JUAZEIRO DO NORTE	39°19'	07°12'	400	463,8119	9204,126	FUNCEME	DESATIVADA	1912-2001	89
7	00738006	3842906	BREJO SANTO	BREJO SANTO	38°59'	07°29'	490	501,8389	9172,817	FUNCEME	FUNCEME	1911-2000	89
44	00739010	3851075	PORTEIRAS	PORTEIRAS	39°08'	07°31'	520	484,0645	9167,901	FUNCEME	FUNCEME	1911-2000	89
18	00739038	3851146	JARDIM	JARDIM	39°17'	07°35'		468,7466	9160,523	FUNCEME	FUNCEME	1911-2000	89
9	00738059	FINEP	JENIPAPEIRO	BREJO SANTO	38°42'	07°29'45"		509,7549	9171,434	ANA	CPRM	Nova	SD
43	00739059	FINEP	MISSÃO NOVA	MISSÃO VELHA	39°09'	07°19'41"		479,4891	9189,978	CPRM	CPRM	Nova	SD
31	00738039		ANAUA	MAURITI	38°38'	07°15'	600	540,4772	9198,595	DNOCS	DNOCS	Sem dados	SD
32	00738042		QUIXABINHA	MAURITI	38°57'	07°19'	371	505,5188	9191,241	DNOCS	DNOCS	Sem dados	SD
40	00739036		SÍTIO LAPINHA	MISSÃO VELHA	39°08'	07°21'		484,0585	9186,326	DNOCS	DNOCS	Sem dados	SD
17	00739052		LAMEIRO	CRATO	39°25'	07°14'		454,0025	9199,205	FUNCEME	FUNCEME	Sem dados	SD
19	00739053		JARDIM MIRIM	JARDIM	39°12'	07°35'		476,7132	9160,528	FUNCEME	FUNCEME	Sem dados	SD
20	00739054		JATI	JATI	39°00'	07°41'		500	9150,707	FUNCEME	FUNCEME	Sem dados	SD
42	00739058		GAMEL SÃO SEBASTIÃO	MISSÃO VELHA	39°12'	07°24'		476,7028	9182,024	FUNCEME	FUNCEME	Sem dados	SD

### 1.2.2 - Deflúvios

No período de 1961-1990, correspondente ao período das Normais Climatológicas, existem 18 anos de dados de descargas médias mensais na região do Cariri, em 2 (dois) postos fluviométricos. O primeiro posto (36210000) é o do Rio Salgado em Sítio Lapinha, com área de drenagem de 1.520 km<sup>2</sup>, no qual os registros abrangem os períodos de 1965-1976 (12 anos) e de 1985-1990 (6 anos). Esse posto drena exclusivamente terrenos sedimentares, dos quais 622 km<sup>2</sup> pertencem ao sistema aquífero superior (Exu-Arajara), 636 km<sup>2</sup> ao sistema aquífero médio (Batateiras – Missão Velha) e 262 km<sup>2</sup> às formações Brejo Santo (aquiclude) e Mauriti do sistema inferior.

Em Sítio Lapinha as lâminas médias mensais escoadas no período de 12 anos, (1965-1976) variam de um mínimo de 0,2 mm, no mês de novembro, a um máximo de 30,2 mm no mês de março e caracterizam um regime perene. A lâmina média anual obtida foi de **82,3 mm**, equivalente a 9% da precipitação média na região (954,7 mm) no mesmo período (**tabela 1.7**).

O segundo posto (36250000) é o Riacho dos Porcos em Podimirim, com área de drenagem de 3.200 km<sup>2</sup>, dos quais 1835 km<sup>2</sup> de terrenos sedimentares e 1.365 km<sup>2</sup> de terrenos cristalinos. Nos terrenos sedimentares, 694 km<sup>2</sup> são ocupados pela Formação Missão Velha, do sistema aquífero médio aflorante no setor leste da região. Os restantes 1141 km<sup>2</sup> de terrenos sedimentares se encontram no domínio do sistema aquífero inferior, com cerca de 50% no aquiclude Brejo Santo (576 km<sup>2</sup>) e 50% no aquífero Mauriti (565 km<sup>2</sup>). Os registros cobrem o período de 1973-1990 (18 anos) e nele a lâmina média escoada foi de 44,9 mm, que representa cerca de 5% da chuva média anual (**tabela 1.10**). As médias mensais revelam a ausência de descargas em Podimirim nos meses de agosto a novembro e caracterizam a intermitência do riacho dos Porcos no período considerado.

**Tabela 1.7 – Posto 36210000 - Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>) – Lâminas médias escoadas (mm), nos períodos de 1965-1976 e 1985-1990.**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
1961													
1962													
1963													
1964													
1965	1,8	2,3	19,6	0,0	5,2	2,2	0,8	0,3	0,2	0,8	0,0	0,1	33,3
1966	0,2	34,1	10,0	5,2	1,1	1,9	0,4	0,2	0,0	0,0	0,1	0,3	53,7
1967	2,6	35,3	33,5	38,0	4,2	1,1	0,3	0,0	1,9	1,6	1,4	1,9	121,7
1968	7,3	2,3	50,2	5,8	3,7	2,3	1,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,7	74,2
1969	5,0	8,9	42,5	13,0	3,9	2,7	1,7	0,8	0,4	0,2	0,2	0,3	79,4
1970	3,3	1,9	13,5	4,7	1,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	25,9
1971	4,5	36,8	33,7	26,6	7,4	3,4	2,1	1,2	0,1	0,0	0,1	0,7	116,6
1972	10,4	8,8	6,4	6,9	3,7	1,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	38,3
1973	3,0	1,8	6,3	45,2	7,6	3,6	2,3	1,8	0,2	0,1	0,0	1,0	72,9
1974	8,4	41,1	89,0	74,5	8,4	3,6	3,0	3,1	3,2	1,5	0,5	0,7	237,0
1975	12,0	7,5	33,8	17,0	5,4	3,0	4,1	3,2	1,9	0,3	0,1	0,4	88,8
1976	0,6	9,9	23,4	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,1
<b>Média</b>	<b>4,9</b>	<b>15,9</b>	<b>30,2</b>	<b>20,7</b>	<b>4,3</b>	<b>2,1</b>	<b>1,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>82,3</b>
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985	13,6	43,1	52,2	79,0	35,9	6,8	8,1	7,2	2,3	0,4	1,0	8,1	257,6
1986	7,1	7,1	41,9	36,5	15,8	3,9	5,2	1,6	0,9	1,1	2,7	1,9	125,8
1987	2,5	4,3	10,9	22,7	3,5	1,3	1,0	0,5	1,1	0,2	0,7	0,5	49,1
1988	2,7	10,9	9,0	25,2	4,2	3,1	4,2	0,5	0,0	1,0	1,0	4,8	66,6
1989	9,3	3,2	15,1	36,0	26,4	3,3	5,3	2,2	0,4	0,7	1,6	6,2	109,8
1990	2,5	2,0	6,7	12,1	10,8	2,1	1,2	0,2	0,2	1,4	0,1	0,1	39,5
<b>Média</b>	<b>6,3</b>	<b>11,8</b>	<b>22,6</b>	<b>35,2</b>	<b>16,1</b>	<b>3,4</b>	<b>4,2</b>	<b>2,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>3,6</b>	<b>108,1</b>

**Tabela 1.8** – Posto 36250000 – Riacho dos Porcos em Podimirim (3.200 km<sup>2</sup>) – Lâminas médias escoadas (mm) no período de 1973 – 1990.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1961													
1962													
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973	0,0	0,3	2,4	37,4	1,1	0,5	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	42,5
1974	3,2	29,3	42,3	14,9	4,3	0,9	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	95,3
1975	4,1	4,8	24,3	2,2	6,0	0,8	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	43,4
1976	0,0	2,5	1,4	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	13,0
1977	0,9	1,8	7,6	5,1	3,5	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1
1978	0,0	3,9	10,9	13,0	11,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,8
1979	4,3	6,8	19,1	0,6	15,7	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,7
1980	1,8	12,9	14,9	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	40,2
1981	0,0	0,1	10,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3
1982	0,1	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
1983	0,0	6,1	0,0	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,9
1984	0,0	0,7	1,7	90,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0
1985	16,5	60,0	21,3	20,1	30,6	2,7	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	2,0	154,1
1986	1,9	1,9	23,3	2,9	6,1	0,8	0,4	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	37,8
1987	0,0	0,0	1,1	15,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7
1988	2,2	4,5	12,7	41,2	3,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	64,7
1989	0,4	4,7	8,9	2,5	18,7	1,2	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	4,2	41,2
1990	0,8	0,1	0,9	2,7	5,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5
<b>Média</b>	<b>2,0</b>	<b>7,8</b>	<b>11,3</b>	<b>16,6</b>	<b>5,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>44,9</b>

### 1.2.3 – Fluxo básico

A análise do fluxo básico utilizou o modelo clássico de decaimento exponencial

$$q(t - t_0) = q_0 \exp[-\alpha(t - t_0)] \quad (1.5)$$

Na equação (1.5)

$$q(t - t_0) = \text{descarga no intervalo de tempo } (t - t_0) \text{ [L}^3\text{/T]}$$

$$q_0 = \text{descarga no instante inicial } t = t_0 \text{ [L}^3\text{/T]}$$

$$\alpha = \text{coeficiente de recessão [1/T]}$$

Esse modelo foi aplicado aos dados de descargas médias mensais ilustrados nos gráficos anexos das **figuras A1.1 a A1.3** para o posto 36210000 do rio Salgado em Sítio Lapinha e nos gráficos das **figuras A1.4 a A1.6** para o posto 36250000 do riacho dos Porcos em Podimirim.

Para o Sítio Lapinha os resultados da análise das recessões em um período de 17 anos (1965-1990), são apresentados na **tabela 1.9**. Os coeficientes de restituição diários variam de 0,021 a 0,059 com um valor médio 0,035 e desvio padrão de 0,010.

**Tabela 1.9** - POSTO 36210000 – Rio Salgado em Sítio Lapinha 1.520 Km<sup>2</sup>  
Coeficientes de recessão, volumes e lâminas de água subterrânea restituídas anualmente no período de 1965 a 1990.

Ano	q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /s)	α (1/dia)	N (dias)	Volume (m <sup>3</sup> )	Descarga específica (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	Recarga (mm)	Época
1965	2,7	0,02779	83	8,47E+06	5,57E-03	5,6	jun-set
1966	15,6	0,02738	84	4,94E+07	3,25E-02	32,5	jun-set
1967	3,4	0,05281	44	5,61E+06	3,69E-03	3,7	jun-set
1968	6,4	0,03267	70	1,68E+07	1,11E-02	11,1	jun-set
1969	5,8	0,02137	108	2,35E+07	1,54E-02	15,4	jun-set
1970	0,7	0,03515	66	1,70E+06	1,12E-03	1,1	jun-set
1971	6,0	0,03347	69	1,54E+07	1,01E-02	10,1	jun-set
1972	0,7	0,03695	62	1,60E+06	1,05E-03	1,1	jun-set
1973	27,2	0,03758	61	6,26E+07	4,12E-02	41,2	jun-set
1974	2,0	0,03201	72	5,33E+06	3,51E-03	3,5	jun-set
1975	9,0	0,02892	80	2,69E+07	1,77E-02	17,7	jun-set
1985	5,8	0,04196	55	1,20E+07	7,91E-03	7,9	jun-set
1986	11,9	0,04452	52	2,32E+07	1,52E-02	15,2	jun-set
1987	8,0	0,05906	39	1,17E+07	7,73E-03	7,7	jun-set
1988	3,0	0,02389	96	1,08E+07	7,08E-03	7,1	jun-set
1989	10,3	0,02394	96	3,71E+07	2,44E-02	24,4	jun-set
1990	4,5	0,03779	61	1,03E+07	6,76E-03	6,8	jun-set
<b>Média</b>		<b>0,03513</b>	<b>66</b>			<b>12,5</b>	

$N = \ln(10) / \alpha$  é o número de dias necessários para a descarga decair 90%.

Admite-se que o coeficiente médio obtido caracteriza de uma forma bastante satisfatória o processo de restituição ou de descarga de água subterrânea na zona oeste da bacia do Cariri, contemplando o sistema aquífero médio e o superior. No período considerado, a lâmina média de descarga anual de água subterrânea em Sítio Lapinha foi de 12,5 mm e o tempo médio de decaimento da descarga para 10% do valor inicial, igual a 66 dias.

No riacho dos Porcos em Podimirim os resultados obtidos podem ser vistos na **tabela 1.10**. Os coeficientes de restituição diários variam de 0,035 a 0,084, com média de 0,059 e desvio padrão de 0,020. A lâmina média de descarga anual foi de 5.1 mm, com um tempo médio de 44 dias, de decaimento da descarga para 10% da descarga inicial. Isto em um período irregular de 6 (seis) anos.

**Tabela 1.10** – POSTO 36250000 – Riacho dos Porcos em Podimirim 3.200 km<sup>2</sup>. Coeficientes de recessão, volumes e lâminas de água subterrânea restituídas anualmente nos anos de 1973, 1974, 1977, 1985, 1986 e 1988.

Ano	q <sub>o</sub> (m <sup>3</sup> /s)	α (1/dia)	N (dias)	Volume (m <sup>3</sup> )	Descarga específica (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	Recarga (mm)	Época
1973	1,7	0,03544	65	4,23E+06	1,32E-03	1,3	jun-set
1974	4,2	0,04694	49	7,65E+06	2,39E-03	2,4	jun-set
1977	1,6	0,07793	30	1,73E+06	5,42E-04	0,5	jun-set
1985	35,5	0,07104	32	4,32E+07	1,35E-02	13,5	jun-set
1986	1,0	0,03973	58	2,22E+06	6,93E-04	0,7	jun-set
1988	38,3	0,08407	27	3,94E+07	1,23E-02	12,3	jun-set
<b>Média</b>		<b>0,05919</b>	<b>44</b>			<b>5,1</b>	

$N = \ln(10) / \alpha$  é o número de dias necessários para a descarga decair 90%.

#### 1.2.4 – Balanço na Bacia do Leste Araripe-Cariri

Os resultados obtidos para o escoamento total pelo método de Thornthwaite, no período de 1961 a 1990, nos postos de Sítio Lapinha e Podimirim, são ilustrados na **figura A1.7**, em anexo.

### Sítio Lapinha

Como pode ser visto na **tabela 1.11**, admite-se que o escoamento total é igual à soma das lâminas escoadas e restituídas ( $Q = I+R$ ).

**Tabela 1.11** – Coeficientes de fluxo deduzidos usando as lâminas escoadas e as lâminas restituídas no rio Salgado em **Sítio Lapinha** nos períodos de 1965 a 1975 e de 1985 a 1990.

Ano	Fluxo superficial R (mm)	Infiltração I (mm)	Fluxo Total Q (mm)	f1=I/Q	f2 = 1-f1
1965	33,3	5,6	38,9	0,14	0,86
1966	53,7	32,5	86,2	0,38	0,62
1967	121,7	3,7	125,4	0,03	0,97
1968	74,2	11,1	85,3	0,13	0,87
1969	79,4	15,4	94,8	0,16	0,84
1970	25,9	1,1	27,0	0,04	0,96
1971	116,6	10,1	126,7	0,08	0,92
1972	38,3	1,1	39,4	0,03	0,97
1973	72,9	41,2	114,1	0,36	0,64
1974	237,0	3,5	240,5	0,01	0,99
1975	88,8	17,7	106,5	0,17	0,83
<b>Média</b>	<b>85,6</b>	<b>13,0</b>	<b>98,6</b>	<b>0,14</b>	<b>0,86</b>

1985	257,6	7,9	265,5	0,03	0,97
1986	125,8	15,2	141,0	0,11	0,89
1987	49,1	7,7	56,8	0,14	0,86
1988	66,6	7,1	73,7	0,10	0,90
1989	109,8	24,4	134,2	0,18	0,82
1990	39,5	6,8	46,3	0,15	0,85
<b>Média</b>	<b>108,1</b>	<b>11,5</b>	<b>119,6</b>	<b>0,12</b>	<b>0,88</b>

Logo os coeficientes de fluxo são dados, respectivamente, por:

$$f_1 = I/Q \quad \text{para fluxo subterrâneo}$$

$$f_2 = 1 - f_1 \quad \text{para fluxo superficial}$$

Outra estimativa dos coeficientes de fluxo foi obtida comparando o escoamento total, avaliado pelo balanço hídrico de Thornthwaite, com as lâminas restituídas nos mesmos períodos conforme indicado na **tabela 1.12**. Pode-se verificar que os valores médios dos coeficientes de fluxo  $f_1$  (subterrâneo) e  $f_2$  (superficial) são bastante próximos dos que foram avaliados na **tabela 1.11**, comparando as lâminas médias escoadas com as lâminas restituídas.

**Tabela 1.12** - Coeficientes de fluxo deduzidos do escoamento total Q obtido pelo método de Thornthwaite e das lâminas restituídas no rio Salgado em Sítio Lapinha nos períodos de 1965 a 1975 e de 1985 a 1990.

Ano	Infiltração I (mm)	Fluxo Total Q (mm)	$f_1=I/Q$	$f_2$
1965	5,6	111,0	0,05	0,95
1966	32,5	106,1	0,31	0,69
1967	3,7	139,3	0,03	0,97
1968	11,1	69,4	0,16	0,84
1969	15,4	128,3	0,12	0,88
1970	1,1	9,2	0,12	0,88
1971	10,1	193,8	0,05	0,95
1972	1,1	9,2	0,12	0,88
1973	41,2	262,3	0,16	0,84
1974	3,5	528,1	0,01	0,99
1975	17,7	100,4	0,18	0,82
<b>Média</b>	<b>13,0</b>	<b>150,6</b>	<b>0,12</b>	<b>0,88</b>

1985	7,9	547,7	0,01	0,99
1986	15,2	188,3	0,08	0,92
1987	7,7	97,5	0,08	0,92
1988	7,1	51,9	0,14	0,86
1989	24,4	127,2	0,19	0,81
1990	6,8	68,0	0,10	0,90
<b>Média</b>	<b>12,5</b>	<b>160,5</b>	<b>0,11</b>	<b>0,89</b>

O exame dos valores médios dos coeficientes de fluxo apresentados na **tabela 1.11** e na **tabela 1.12** sugere que em Sítio Lapinha, a **infiltração** ou **recarga natural** de longo período pode ser estimada em 12% do excesso de água do balanço de Thornthwaite. Os restantes 88% representam o fluxo superficial direto, R.

### Podimirim

Para o riacho dos Porcos em Podimirim, a série temporal de dados disponíveis contendo informações comuns de escoamento superficial e subterrâneo fica restrita a um período de apenas 6 (seis) anos descontínuos, como mostrado na **tabela 1.13**. A partir desses dados estimou-se para o período do balanço hídrico, um coeficiente de fluxo subterrâneo igual a 6% do escoamento total e, portanto, um coeficiente de escoamento superficial direto equivalente a 94% do excedente hídrico do balanço de Thornthwaite.

**Tabela 1.13** – Coeficientes de fluxo deduzidos usando as lâminas escoadas e as lâminas restituídas no riacho dos Porcos em Podimirim, nos anos de 1973, 1974, 1977, 1985, 1986 e 1988.

Ano	R mm	I mm	Q mm	f1	f2=1-f1
1973	42,5	1,3	43,8	0,03	0,97
1974	95,3	2,4	97,7	0,02	0,98
1977	20,1	0,5	20,6	0,02	0,98
1985	154,1	13,5	167,6	0,08	0,92
1986	37,8	0,7	38,5	0,02	0,98
1988	64,7	12,3	77,0	0,16	0,84
<b>Média</b>	<b>69,1</b>	<b>5,1</b>	<b>74,2</b>	<b>0,06</b>	<b>0,94</b>

#### 1.2.4.1 – Precipitações médias

As chuvas médias mensais sobre a bacia sedimentar do Leste Araripe-Cariri foram calculadas pelo método de Thiessen (**figura 1.4**). Dos 14 postos pluviométricos existentes na região com séries de chuvas no período de 1961-1990, apenas 13 (treze) exercem influência sobre a área sedimentar considerada de 3.495 km<sup>2</sup>, conforme **tabela 1.14**.

As chuvas médias mensais e os totais, ano a ano, são apresentados no anexo **A1.1**. As médias mensais variam entre um mínimo de 4,2 mm em agosto até um máximo de 202,1 mm em março, sendo a média anual para o período de 30 anos, igual a 861,1 mm.

#### 1.2.4.2 – Excesso de Água

Os eventos de excesso de água, apresentados na **tabela A1.2**, ocorrem apenas no quadrimestre de janeiro a abril, havendo déficit no restante do ano. Os totais anuais variam de um mínimo de zero a um máximo de 503,1 mm, enquanto que a média anual no período de 30 anos é de 98,7 mm.

#### 1.2.4.3 – Escoamento total

O escoamento total é apresentado na **tabela A1.3**. A sua distribuição temporal ao longo dos meses, varia de um máximo 34,7 mm em abril até um mínimo de 0,1 mm em dezembro.

**Tabela 1.14** – Pesos dos polígonos de Thiessen para cálculo da chuva média sobre a bacia sedimentar do Cariri no período 1961-1990.

Código Nacional	UTM_E	UTM_N	Posto	Área Km <sup>2</sup>	Influência
738004	505520	9191240	Milagres	383,71	0,1098
738005	525760	9198600	Mararupá	199,59	0,0571
738008	496940	9150710	Jati	68,75	0,0197
738049	501840	9172820	Brejo_Santo	369,85	0,1058
738056	456450	9201050	Crato	439,92	0,1259
739000	445390	9221310	Dom_Quintino	34,16	0,0098
739003	540480	9198600	Anauá	201,56	0,0577
739007	483440	9198610	Missão_Velha	382,82	0,1095
739009	515320	9167290	Poço	251,09	0,0718
739010	468750	9160520	Jardim	41,52	0,0119
739016	463820	9191230	Barbalha	356,98	0,1021
739038	530040	9177110	Açude_Quixabinha	318,39	0,0911
739039	484060	9182030	Jamacaru	446,79	0,1278

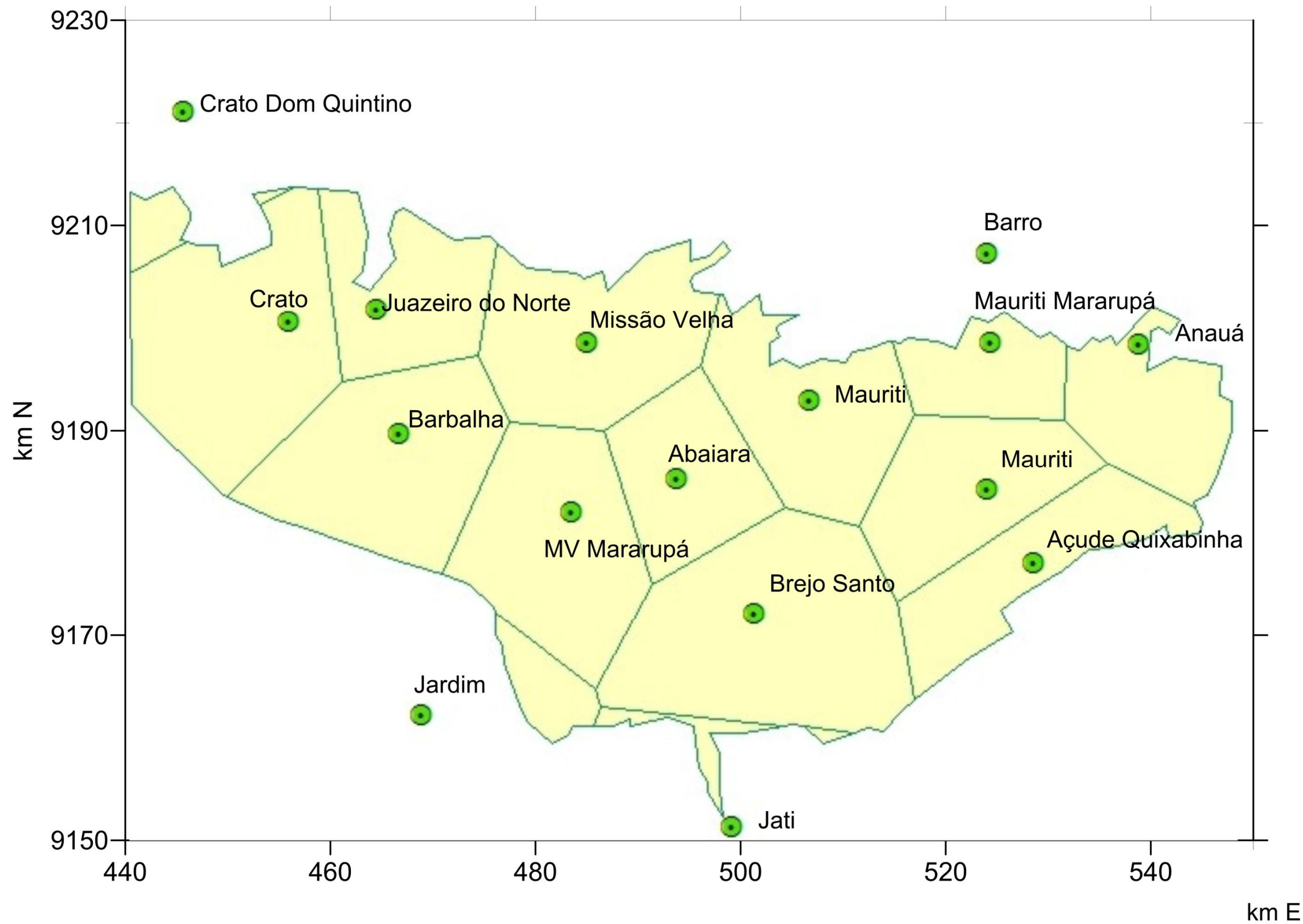
#### 1.2.4.4 – Infiltração

A lâmina média infiltrada na área de estudo considerada na bacia LAC (3.495 km<sup>2</sup>) é estimada em 22,8 mm/ano (**tabela 2.21**). Todavia, há uma diferença significativa de magnitude das restituições nos setores oeste (13,5 mm/ano) e leste (5,8 mm/ano) da bacia. O escoamento subterrâneo na porção sedimentar a oeste da Serra da Mãozinha, que inclui a região de Crato, Juazeiro, Barbalha é caracterizado por um coeficiente de restituição mensal 12% do escoamento total (**tabela A1.3**). Usando esse valor foi obtida a matriz de escoamento subterrâneo em Sítio Lapinha (**tabela A1.4**).

No setor leste do Cariri, o escoamento subterrâneo é caracterizado pelas restituições do riacho dos Porcos em Podimirim, onde o coeficiente de escoamento subterrâneo foi estimado em 6% do escoamento total. O resultado, mostrado na **tabela A1.5**, indica uma lâmina média anual de 5,8 mm.

#### 1.2.4.5 – Escoamento superficial

As lâminas mensais correspondentes, do deflúvio superficial R, no período 1961 – 1990 são as indicadas, respectivamente, na **tabela A1.6** para Sítio Lapinha e **tabela A1.7** para Podimirim.



**Figura 1.6** – Polígonos de Thiessen representativos dos pesos usados no cálculo da chuva média na bacia do Cariri.

## 1.2.5 – Resultados do Balanço

### 1.2.5.1 – Síntese do Balanço Hídrico de 1961 a 1990

Os resultados gerais do balanço hídrico no período de 1961-1990 na bacia do Cariri, sobre uma superfície de 3495 km<sup>2</sup>, são mostrados na **tabela 1.15**. Os valores médios de chuva e recarga nos setores leste e oeste e em toda a bacia, são mostrados respectivamente, na **tabela 1.16** e na **tabela 17**. Em relação à média pluviométrica na bacia, a recarga média é de apenas 1%, variando de 0,6% na bacia do riacho dos Porcos, onde predominam terrenos do sistema aquífero inferior, a 2% nas bacias dos rios Batateiras e Salamanca, sobre terrenos do sistema aquífero médio e do sistema superior. O escoamento superficial médio é de 10%. O coeficiente de variação das chuvas é de 24%.

**Tabela 1.15** - Resumo do balanço hídrico 1961-1990 na bacia do Cariri (mm/ano).

Parâmetro	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Chuva	130,0	176,1	202,1	159,1	37,6	20,8	11,0	4,2	6,3	17,1	34,3	62,5	861,1
I+R	0,4	8,1	20,6	34,4	17,2	8,6	4,3	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	97,6
I	0,0	0,7	1,9	3,1	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	8,8
R	0,3	7,4	18,7	31,3	15,6	7,8	3,9	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	88,8

**Tabela 1.16** - Distribuição da chuva média espacial (mm/ano) na bacia do Cariri no período 1961-1990.

Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Zona leste	113,3	162,1	184,0	150,2	35,6	22,3	11,9	4,0	6,7	14,7	27,3	56,0	<b>788,1</b>
Zona oeste	147,6	190,8	221,2	168,4	39,7	19,4	10,2	4,3	5,8	19,6	41,7	69,3	<b>938,0</b>
Bacia	130,0	176,1	202,1	159,1	37,6	20,8	11,0	4,2	6,3	17,1	34,3	62,5	<b>861,1</b>

**Tabela 1.17** - Distribuição da recarga e/ou descarga (mm/ano) de água subterrânea na bacia do Cariri no período 1961-1990.

Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Zona leste	0,0	0,4	0,9	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	<b>5,2</b>
Zona oeste	0,4	1,7	4,0	5,6	2,8	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	<b>17,2</b>
Bacia	0,0	0,7	1,9	3,1	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	<b>8,8</b>

### 1.2.5.2 – Síntese do Balanço Hídrico de 1981 a 2010

Os resultados gerais do balanço hídrico no período de 1981-2010 estão indicados na **tabela 1.18**. Em média, as chuvas foram 8% maiores do que no período de 1961-1990 e a recarga 72% maior. Os valores médios nos setores leste e oeste e em toda a bacia, são mostrados respectivamente, na **tabela 1.19** para as chuvas e na **tabela 1.20** para a recarga. Em relação à média pluviométrica na bacia, a recarga média é de apenas 1,7%, variando de 0,9%

na bacia do riacho dos Porcos, onde predominam terrenos do sistema aquífero inferior, a 3% nas bacias dos rios Batateiras e Salamanca, sobre terrenos do sistema aquífero médio e do sistema superior.

A comparação entre chuva e infiltração nos períodos de 30 anos (1961-1990) e (1981-2010) e também para o período total de 50 anos de dados disponíveis (1961-2010), pode ser vista na **tabela 1.21**.

**Tabela 1.18** - Resumo do balanço hídrico 1981-2010 na bacia do Cariri (mm/ano)

Parâmetro	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
<b>Chuva</b>	156,8	170,2	222,0	170,0	55,3	14,2	10,6	3,2	5,9	14,4	28,5	80,7	<b>931,9</b>
<b>I+R</b>	5,1	13,7	33,6	42,7	22,4	11,2	5,6	2,8	1,4	0,7	0,4	0,2	<b>139,8</b>
<b>I</b>	2,7	2,9	3,8	2,9	1,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	1,4	<b>16,0</b>

**Tabela 1.19** - Distribuição da chuva média espacial (mm/ano) na bacia do Cariri no período 1981-2010.

Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
<b>Zona leste</b>	136,9	152,3	204,1	155,7	50,9	13,3	9,8	3,3	5,0	14,7	26,9	69,4	<b>842,3</b>
<b>Zona oeste</b>	177,7	188,9	240,8	185,0	60,0	15,2	11,5	3,1	6,8	14,1	30,1	92,5	<b>1025,7</b>
<b>Bacia</b>	156,8	170,2	222,0	170,0	55,3	14,2	10,6	3,2	5,9	14,4	28,5	80,7	<b>931,9</b>

**Tabela 1.20** - Distribuição da infiltração (mm/ano) de água subterrânea na bacia do Cariri no período 1981-2010.

Região	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
<b>Zona leste</b>	1,3	1,4	1,9	1,5	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	<b>8,0</b>
<b>Zona oeste</b>	5,4	5,7	7,3	5,6	1,8	0,5	0,3	0,1	0,2	0,4	0,9	2,8	<b>30,9</b>
<b>Bacia</b>	2,7	2,9	3,8	2,9	1,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	1,4	<b>16,0</b>

**Tabela 1.21** – Comparação entre chuva e infiltração média de longo período (mm/ano) na bacia sedimentar do Cariri nos períodos de (1961-1990), (1981-2010) e (1961-2010).

Período	1961-1990			1981-2010			1961-2010		
	Chuva	Infiltração	% da chuva	Chuva	Infiltração	% da chuva	Chuva	Infiltração	% da chuva
<b>Zona leste</b>	788,1	5,2	<b>0,7</b>	842,3	8	<b>0,9</b>	832,7	6,5	<b>0,8</b>
<b>Zona oeste</b>	938	17,2	<b>1,8</b>	1025,7	30,9	<b>3,0</b>	999,7	25,4	<b>2,5</b>
<b>Bacia</b>	861,1	8,8	<b>1,0</b>	931,9	16	<b>1,7</b>	914,2	13,1	<b>1,4</b>

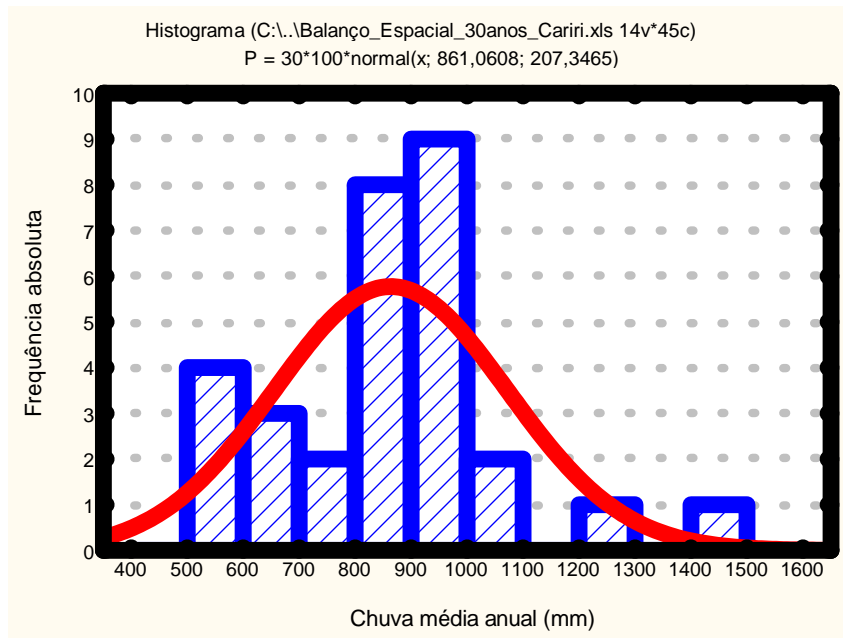
### 1.2.5.3 – Estatística Descritiva de Chuva e Recarga na Bacia do Cariri

Na **tabela 1.22** encontra-se a estatística descritiva da chuva média e da recarga na bacia do Cariri na qual se pode notar que:

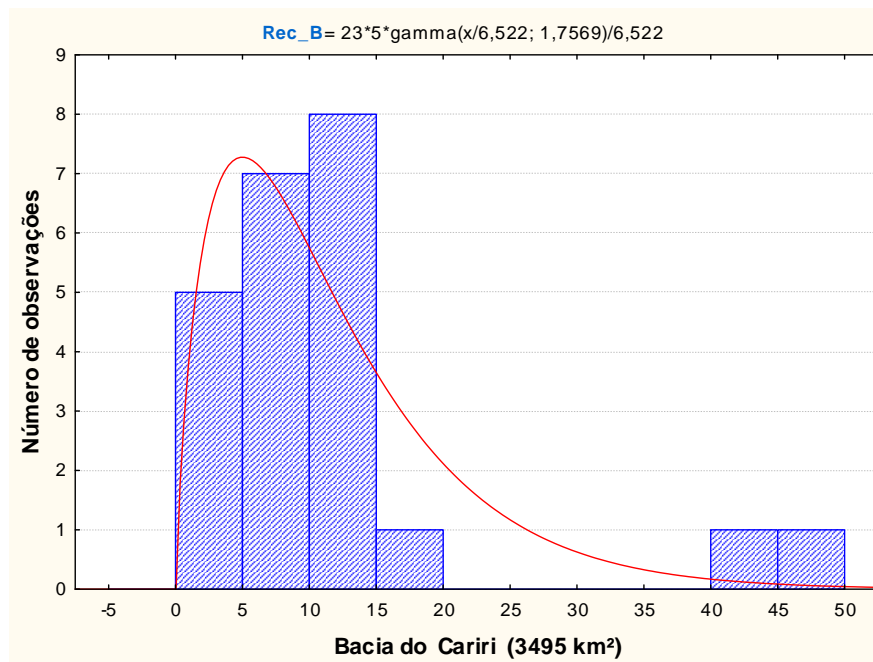
- **Para o conjunto da bacia**
  - A precipitação média com 95% de confiança é de 861,1 ± 77,4 mm/ano. A mediana de 866 mm/ano, muito próxima da média, associada à pequena assimetria de 0,7 indica uma distribuição bem próxima da normal (**figura 1.7**);
  - A recarga média de longo período, igual a 11,4 mm/ano, com 95% de probabilidade fica no intervalo de [6,8 a 16,1] mm/ano. A mediana é de 9,8 mm/ano. A assimetria de 2,4 é significativa. Essa assimetria, associada à presença de 7/30 anos sem recarga, configura a tendência da distribuição para uma lei gama truncada (**figura 1.8**).

**Tabela 1.22** - Estatística descritiva das chuvas e da recarga médias anuais na Bacia do Cariri no período de 1961-1990.

Posto	N Validos anos	Média	Confiança da média		Mediana	Mín	Máx	Erro Padrão	Assimetria
			-95%	95%					
<b>Bacia do Cariri (3.495 km<sup>2</sup>)</b>									
Chuva	30	861,1	783,6	938,4	866,0	500,6	1488,9	207,3	0,7
Recarga	23	11,4	6,8	16,1	9,8	1,5	445,2	2,2	2,4
<b>Zona Leste da Bacia do Cariri (1.975 km<sup>2</sup>)</b>									
Chuva	30	788,1	705,2	871,0	816,3	400,1	1430,2	40,5	0,5
Recarga	20	7,8	4,1	11,4	5,4	0,6	27,5	1,7	1,6
<b>Zona Oeste da Bacia do Cariri (1.520 km<sup>2</sup>)</b>									
Chuva	30	938,0	862,6	1013,4	936,4	596,8	1550,9	36,9	0,8
Recarga	29	17,8	12,0	23,5	15,4	0,4	65,7	2,8	2,0



**Figura 1.7** – Histogramas de frequência e curva ajustada de densidade de probabilidade para a chuva anual na bacia do Cariri.



**Figura 1.8** – Histogramas de frequência e curva ajustada de densidade de probabilidade da recarga anual na bacia do Cariri (lei gama truncada, com 7/30 anos sem recarga).

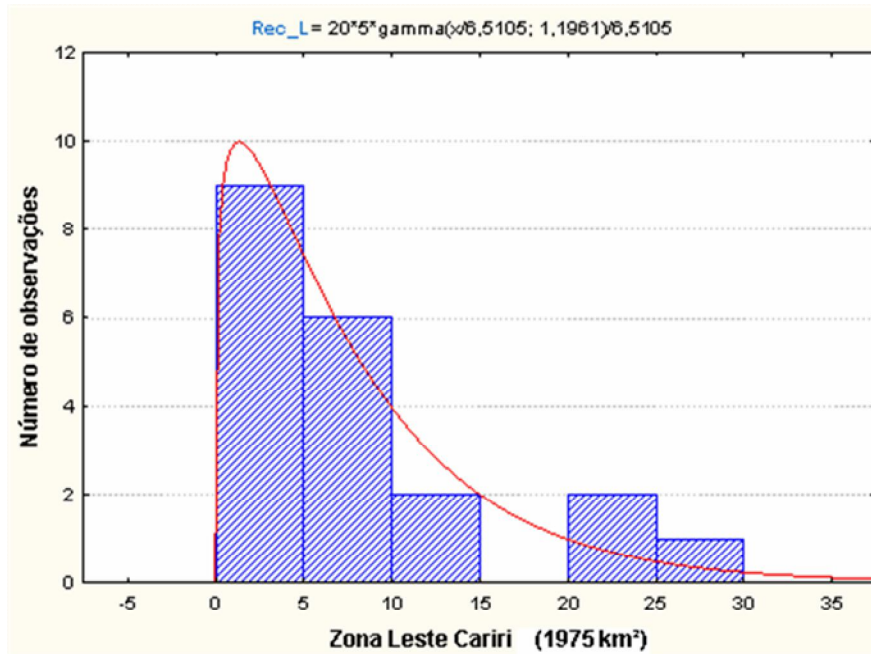
- **Para a zona leste da bacia:**
  - a chuva média é de 788,1 mm/ano, com um nível de confiança de 95% igual a  $\pm 82,9$  mm/ano. A média e a mediana (816,3

mm/ano), embora não muito próximas, associadas à pequena assimetria de apenas 0,5, marcam a tendência para uma distribuição normal das precipitações, como já se configurou para o conjunto da bacia.

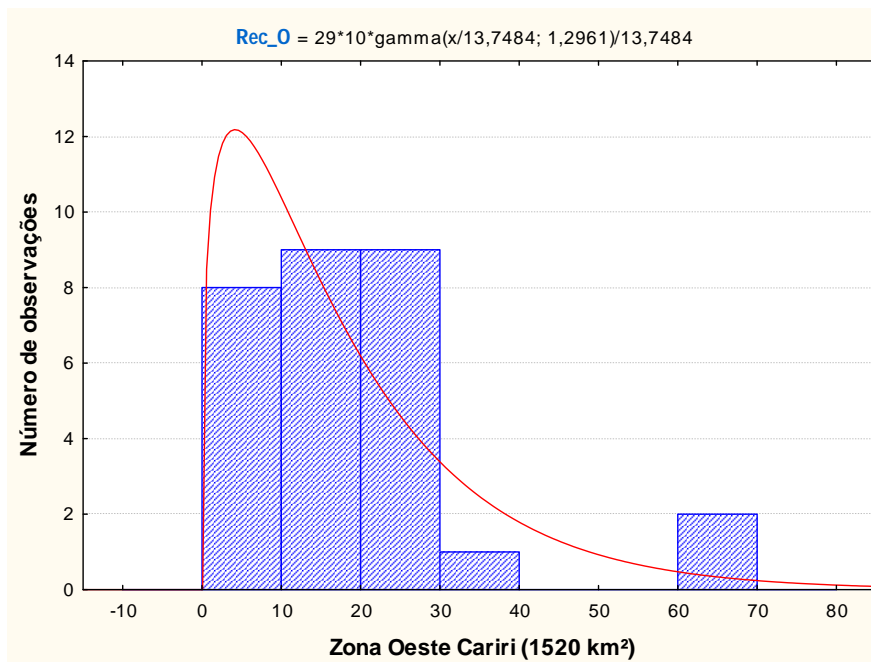
- a recarga média de longo período é igual a 7,8 mm/ano, com um nível de confiança de 95% de  $\pm 3,7$  mm/ano. A assimetria de 1,6 ao lado de uma frequência de 10/30 anos sem recarga permite ajustar uma distribuição de probabilidade do tipo gama truncada (**Figura 1.9**).

- **Para a zona oeste da bacia:**

- nesta zona a média pluviométrica é de 938 mm/ano com um nível de confiança de 95% igual a  $\pm 75,4$  mm/ano.
- a recarga de longo período é de 17,8 mm/ano com intervalo de confiança de 95% variando de 12 mm/ano a 23,5 mm/ano. Com uma assimetria igual a 2,0 e uma frequência de apenas 1/30 anos sem recarga, a distribuição ajustada foi do tipo gama truncada e se acha ilustrada na **figura 1.10**.



**Figura 1.9** – Histograma de frequência e curva ajustada de densidade de probabilidade da recarga anual na zona leste da bacia do Cariri (lei gama truncada, com 10/30 anos sem recarga).



**Figura 1.10** – Histograma de frequência e curva ajustada de densidade de probabilidade da recarga anual na zona oeste da bacia do Cariri (lei gama truncada, com apenas 1/30 anos sem recarga).

#### 1.2.5.4 - Probabilidade de chuva e de recarga no Cariri

A **tabela 1.23** mostra a distribuição de probabilidade da chuva anual na bacia do Cariri, estimada usando a lei normal e a probabilidade de recarga usando a lei gama truncada em 7/30 anos. Em termos percentuais a relação recarga/chuva vai de 1,1%, com 50% de risco, a 0,2%, com 1% de risco.

**Tabela 1.23** – Probabilidade de ocorrências anuais de chuva e de recarga (mm) na Bacia do Cariri (3.495 km<sup>2</sup>) no período de 1961-1990.

Prob(x>=a)	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Chuva na bacia	861,1	686,5	593,3	520,0	435,2	378,7
Recarga na bacia	9,4	4,3	2,7	1,7	1,0	0,6
Recarga/chuva	1,1%	0,6%	0,5%	0,3%	0,2%	0,2%

#### 1.2.5.5 - Probabilidade de recarga nas zonas Leste e Oeste do Cariri

A probabilidade de recarga nos setores Leste e Oeste da Bacia sedimentar do Cariri, estimada com base na lei gama truncada ilustrada nas **figuras 1.8 e 1.9**, é vista na **tabela 1.24**.

Para o setor leste, a recarga de longo prazo com 50% de probabilidade é da ordem de 6 mm/ano, ficando restrita a 1 mm/ano com 90% de probabilidade ou 10% de risco. Isto, provavelmente, se explica pelo fato de que a frequência de anos sem recarga (10/30) é bastante significativa.

No setor oeste, onde as chuvas são mais abundantes, as condições de recarga são bem mais favoráveis. A recarga média de longo período, estimada com 50% de probabilidade, é da ordem de 14 mm/ano. Ela se reduz, todavia, a uma lâmina da ordem de apenas 2 mm/ano, com 90% de probabilidade. Isso é uma consequência do clima da região, marcado por um regime de chuvas irregulares, coexistentes com um regime de evapotranspiração potencial elevada e regular, cuja média ultrapassa os 1800 mm/ano.

**Tabela 1.24** – Probabilidade de ocorrências de recarga (mm) na zona Leste (1.975 km<sup>2</sup>) e na zona Oeste (1.520 km<sup>2</sup>) da Bacia do Cariri no período de 1961-1990.

Prob(x>=a)	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Recarga Zona Leste	5,8	2,1	1,1	0,6	1,0	0,6
Recarga Zona Oeste	13,5	5,2	2,9	1,6	0,8	0,2

## **2 – AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA BACIA DO CARIRI**

## 2.1 – Atualização do Cadastro de Pontos de Água da Área

Nas 4 (quatro) folhas topográficas da SUDENE, na escala 1:100.000 (Crato, Jardim, Milagres e São José do Belmonte), que cobrem a área de estudo, levando em conta os cadastros da SOHIDRA, Cogerh e do SIAGAS, foram identificados 1897 pontos de água, sendo 1658 poços tubulares, 6 poços amazonas e 233 fontes. Esses pontos de água correspondem ao cadastro atualizado até 2010 dos poços e fontes da área.

Desse total de pontos de água verificou-se que apenas 1593/1897 (84%) se encontram dentro da bacia LAC - Leste Araripe Cariri objeto da modelagem matemática hidrogeológica.

A distribuição dos tipos de pontos de água cadastrados na área da modelagem por município e o percentual de pontos com vazão informada estão indicados na **tabela 2.1**.

**Tabela 2.1** – Tipos de pontos d'água cadastrados na bacia LAC com indicação do número e do percentual de unidades com vazão informada por município.

Município	Total de Pontos d'Água	Poços Tubulares	Nº de Fontes	Poços Amazonas	Poços com Vazão Informada	%
Abaiara	47	47			14	29,8
Barbalha	202	169	33		139	68,8
Brejo Santo	226	210	13	3	119	52,7
Crato	198	141	57		94	47,5
Jardim	5		5			0,0
Juazeiro do Norte	308	308			261	84,7
Mauriti	241	241			158	65,6
Milagres	134	134			26	19,4
Missão Velha	146	95	51		53	36,3
Porteiras	86	47	39		31	36,0
<b>TOTAL</b>	<b>1593</b>	<b>1392</b>	<b>198</b>	<b>3</b>	<b>895</b>	<b>56,2</b>

## 2.2 – Produção de água

### 2.2.1 – Município de Juazeiro do Norte (CT-HIDRO 2007)

Dados de produção informada no município de Juazeiro do Norte para 164 poços, estendidos para 466 poços existentes em operação em 2007, através da média ponderada pela frequência dos valores informados, indicam uma produção global de 0,977 m<sup>3</sup>/s em 2006 para o referido município, como pode ser observado na **tabela 2.2**. Para 2010 a produção de água subterrânea nesse município é estimada em 1,28 m<sup>3</sup>/s, o que representa um aumento de 31% em relação a 2006 (**tabela 2.3**).

**Tabela 2.2** – Produção de água estimada através da média ponderada pela frequência para 466 poços operantes com base em vazões informadas em 164 poços no município de Juazeiro do Norte.

Produção estimada no município de Juazeiro do Norte para 466 poços operantes (CT-HIDRO 2007)							
a<Q<=b	Média m³/h	FA	FR	np07	Regime (h/dia)	Q m³/d	Q m³/s
0<Q<=5	3,30	40	0,244	245	12	1.584	0,018
5<Q<=10	8,36	43	0,262	336	12	4.314	0,050
10<Q<=20	15,92	39	0,238	347	12	7.451	0,086
20<Q<=50	34,58	15	0,091	847	12	6.224	0,072
50<Q<=100	72,83	10	0,061	578	20	14.566	0,169
100<Q<=150	128,43	12	0,073	256	20	30.823	0,357
150<Q<=200	178,80	3	0,018	147	20	10.728	0,124
200<Q<=250	219,00	2	0,012	126	20	8.760	0,101
		<b>164</b>		<b>466</b>		<b>84.450</b>	<b>0,977</b>

a<Q<=b intervalo de classe da vazão em metros cúbicos por hora.

FA – frequência absoluta (número de poços com vazão menor ou igual à indicada no intervalo de classe).

FR – frequência relativa (FA/164).

Np07 = 466\*FR = número de poços em uso estimado para 2007, com vazão no intervalo de classe correspondente ao dos dados informados.

Q (m³/d) = produção em metros cúbicos por dia.

Q (m³/s) = vazão contínua equivalente em metros cúbicos por segundo.

### 2.2.2 – Produção das Fontes da Chapada do Araripe

Na área da bacia LAC foram identificadas 198 fontes das quais 173 com vazão informada totalizando 83.942 m³/dia (**tabela 2.3**). Usando a média ponderada pela frequência das vazões conhecidas, a vazão disponível das 198 fontes foi estimada em 100.747 m³/dia, conforme **tabela 2.4**.

**Tabela 2.3** – Vazão das fontes da Chapada do Araripe para a bacia LAC, por município.

Município	Fontes Identificadas	Fontes com vazão informada	Q (m³/dia)	% da Vazão
Barbalha	33	33	37.330	44,5
Brejo Santo	13	11	248	0,3
Crato	57	54	21.382	25,5
Jardim	5	0	0	0,0
M. Velha	51	50	22.265	26,5
Porteiras	39	25	2.720	3,2
<b>TOTAL</b>	<b>198</b>	<b>173</b>	<b>83.945</b>	<b>100,0</b>

Os municípios mais beneficiados pelas fontes são os de Barbalha, Crato e Missão Velha, que recebem nada menos que 96,5% da descarga, ficando apenas 3,5% para os municípios de Brejo Santo e Porteiras.

A tabela de frequência das descargas revela que quase a metade das fontes (48,6%) apresenta vazão menor ou igual a 3 m<sup>3</sup>/h. As fontes com descargas superiores a 100 m<sup>3</sup>/h representam apenas 5,2% do total (**tabela 2.4**).

**Tabela 2.4** – Frequência da vazão de 198 fontes no sistema aquífero LAC.

Produção das Fontes do Sistema Aquífero LAC estimada para 2010 (Fontes: SOHIDRA, Cogerh, SIAGAS-CE)							
a<Q<=b	Média m <sup>3</sup> /h	FA	FR	nf	Regime h/dia	Q m <sup>3</sup> /d	Q m <sup>3</sup> /s
0<Q<=3	1,072	84	0,486	95	24	2.444	0,028
3<Q<=5	4,031	20	0,116	23	24	2.225	0,026
5<Q<=10	7,337	23	0,133	26	24	4.578	0,053
10<Q<=20	14,786	13	0,075	15	24	5.323	0,062
20<Q<=50	32,83	18	0,104	21	24	16.546	0,192
50<Q<=100	63,08	6	0,035	7	24	10.597	0,123
100<Q<=200	143,8	5	0,029	6	24	20.707	0,240
200<Q<=400	319,38	4	0,023	5	24	38.326	0,444
		<b>173</b>		<b>198</b>		<b>100.747</b>	<b>1,166</b>

a<Q<=b intervalo de classe da vazão em metros cúbicos por hora.

FA - frequência absoluta (número de fontes com vazão menor ou igual à indicada no intervalo de classe).

FR - frequência relativa (FA/173).

nf = 198\*FR = número de fontes com vazão no intervalo de classe correspondente ao dos dados informados.

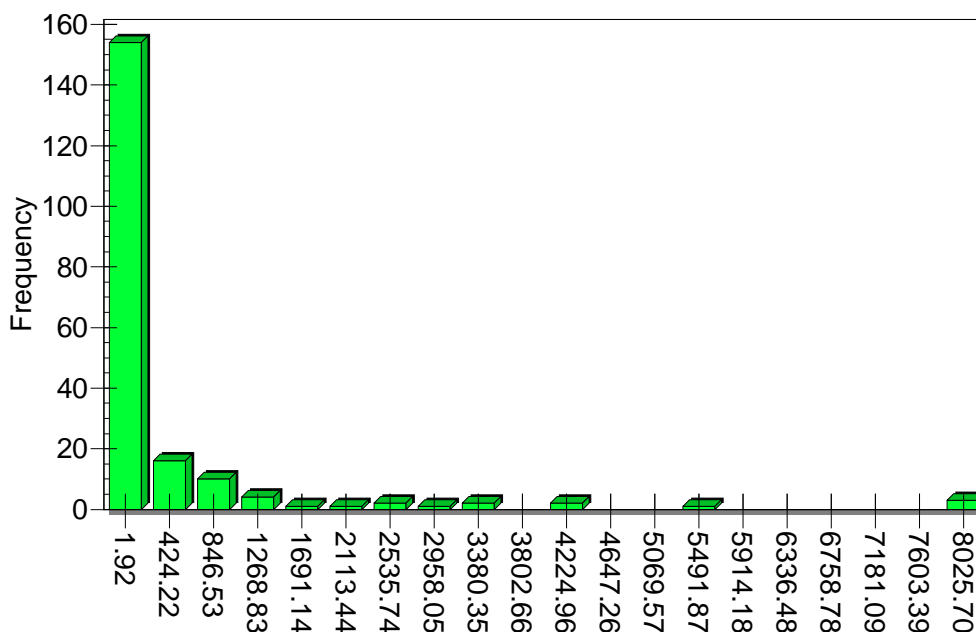
Q (m<sup>3</sup>/d) = produção em metros cúbicos por dia.

Q (m<sup>3</sup>/s) = vazão equivalente em metros cúbicos por segundo.

**Tabela 2.5** - Estatística descritiva da vazão de 198 fontes existentes na área do modelo regional em m<sup>3</sup>/dia.

Sistema LAC	Número de Fontes	Média	Intervalo de confiança		Mediana	Min	Máx	Desvio. Padrão	Assimetria
			+95%	-95%					
Vazão	173	509,5	329	689	85	1,92	8848	311	4,5

A distribuição de frequência da vazão das fontes é bastante assimétrica com média de 509,5 m<sup>3</sup>/dia e mediana de apenas 85 m<sup>3</sup>/dia. Essa distribuição é ilustrada no histograma da **figura 2.1**.



**Figura 2.1** – Histograma de vazão das fontes LAC (m³/dia).

### 2.2.3 – Produção global dos poços em 2010

No tocante à distribuição da produção global água subterrânea proveniente de poços na bacia do Cariri atualizada para 2010, a situação é caracterizada na **tabela 2.6**. Em um total de 1395 poços existentes, foram identificados 977 poços (70%) em operação e 30% de poços não operantes (15% não instalados, 6% paralisados e 9% abandonados).

**Tabela 2.6** – Distribuição da produção global dos poços do sistema aquífero LAC, em 2010 segundo dados da Cogerh e SIAGAS-CE.

Distribuição da produção dos poços do Sistema LAC					
Poços	Existentes	Operando	Não Instalados	Paralisados	Abandonados
Número	1395	977	209	84	125
Percentual	100	70	15	6	9
<b>Vazão m³/s</b>	<b>6,19</b>	<b>4,33</b>	<b>0,93</b>	<b>0,37</b>	<b>0,56</b>

De acordo com a tabela de frequência (**tabela 2.7**), o percentual de poços com vazão superior a 50 m³/h é de 11,6% (113 poços). Aproximadamente a metade dos poços, ou seja, 464 unidades produtoras (47,5%) apresentam vazão superior 10 m³/h e inferior ou igual a 50 m³/h. Os restantes 400 poços (40,9%) funcionam com vazão menor ou igual a 10 m³/h.

**Tabela 2.7** – Frequência da produção global dos poços do sistema aquífero LAC, em 2010 segundo dados da Cogeh e SIAGAS-CE.

Produção dos poços do Sistema Aquífero LAC estimada para 2010 (Fontes: Cogeh, SIAGAS-CE)							
a<Q<=b	Média m <sup>3</sup> /h	FA	FR	np10	Regime h/dia	Q m <sup>3</sup> /d	Q m <sup>3</sup> /s
0<Q<=3	1,443	109	0,122	170	8	1.962	0,023
3<Q<=5	4,31	85	0,095	133	8	4.586	0,053
5<Q<=10	7,665	172	0,192	269	12	24.743	0,286
10<Q<=20	15,281	230	0,257	358	12	65.647	0,760
20<Q<=50	33,981	195	0,218	304	12	123.963	1,435
50<Q<=100	72,771	76	0,085	118	20	171.740	1,988
100<Q<=150	123,587	15	0,017	23	20	56.850	0,658
150<Q<=200	174	6	0,007	9	20	31.320	0,363
200<Q<=250	230,842	5	0,006	8	20	36.935	0,427
250<Q<=300	281	2	0,002	3	20	16.860	0,195
		<b>895</b>		<b>1395</b>		<b>534.605</b>	<b>6,188</b>

a<Q<=b intervalo de classe da vazão em metros cúbicos por hora.

FA - frequência absoluta (número de poços com vazão menor ou igual à indicada no intervalo de classe).

FR - frequência relativa (FA/895).

np10 = 1395\*FR = número de poços estimado para 2010, com vazão no intervalo de classe correspondente ao dos dados informados.

Q (m<sup>3</sup>/d) = produção em metros cúbicos por dia.

Q (m<sup>3</sup>/s) = vazão contínua equivalente em metros cúbicos por segundo.

#### 2.2.4 – Produção dos poços por região e município (2010)

Por região e por município os dados da **tabela 2.6** revelam que 71% das retiradas de água subterrânea do sistema aquífero LAC (localmente representado pelo aquífero Missão Velha ou “aquífero médio”) se realiza na região do Cariri Ocidental, nos municípios de Juazeiro do Norte, Barbalha e Crato.

Na região do Cariri Oriental as retiradas de água subterrânea do sistema LAC (localmente representado pelo aquífero Mauriti ou “aquífero inferior”) correspondem a 29% do total bombeado na bacia sedimentar do Leste Araripe-Cariri (LAC).

**Tabela 2.8** – Produção de estimada para 977 poços em operação no Cariri (Dados SOHIDRA, Cogerh, SIAGAS-CE).

Produção Cariri Ocidental			Produção Cariri Oriental			Produção Total	
Município	Produção m³/dia	m³/s	Município	Produção m³/dia	m³/s	m³/dia	m³/s
Abaiara	915	0,01	Brejo Santo	41.163	0,48		
Barbalha	91.807	1,06	Mauriti	54.200	0,63		
Crato	43.390	0,50	Milagres	5.832	0,07		
Juazeiro do Norte	110.954	1,28	Porteiras	9.129	0,11		
Missão Velha	16.834	0,19			0,00		
<b>REGIÃO</b>	<b>263.900</b>	<b>3,05</b>		<b>110.324</b>	<b>1,28</b>	<b>374.224</b>	<b>4,33</b>
Pocentagem	0,71			0,29		100%	

## 2.3 – Parâmetros Hidráulicos

### 2.3.1 – Testes de Aquífero

Na **tabela 2.9** são vistos os valores dos parâmetros hidráulicos avaliados pela CPRM/FINEP, (2008), a partir de testes de aquífero realizados nos municípios de Barbalha e Abaiara, no aquífero Missão Velha.

Em Barbalha a condutividade hidráulica média foi de 1,1 E-4 m/s (9,5 m/d) para um coeficiente de armazenamento médio de 8,0 E-3, indicando tratar-se de um aquífero praticamente livre. A porosidade efetiva apresenta valor médio de 0,53, considerado excessivamente alto e pouco confiável.

Em Abaiara o valor médio encontrado para a condutividade hidráulica foi de 3,89E-6 m/s (0,34 m/dia). Isso configura uma variabilidade muito grande em relação ao valor encontrado em Barbalha. O coeficiente de armazenamento não foi determinado.

Os parâmetros apresentados na **tabela 2.10** foram obtidos por Manoel Filho (1976a) por três métodos diferentes na Usina Salamanca a leste de Barbalha. A condutividade hidráulica média foi de 4,6 E-5 m/s (4,0 m/dia) e o coeficiente de armazenamento 6,7 E-3.

Em Juazeiro do Norte (**tabela 2.11**), testes de aquífero realizados pela CAGECE (Manoel Filho, 1976b), indicaram para o aquífero Missão Velha, no riacho dos Macacos, uma condutividade hidráulica de 2,4 E-4 m/s (4 m/dia); coeficiente de armazenamento de 5 E-4 e porosidade efetiva de 7,5 E-3. De 1976 a 2011 o aquífero Missão Velha teve as suas condições de confinamento bastante reduzidas e o coeficiente de armazenamento certamente aumentado, como sugerem os resultados obtidos em testes mais recentes.

Na **tabela 2.12** se encontram os valores dos parâmetros avaliados pela Cogerh/GOLDER PIVOT 2004, nos municípios de Juazeiro do Norte e

**Tabela 2.9** – Parâmetros hidráulicos do aquífero Missão Velha nos municípios de Barbalha e Abaiara (CPRM/FINEP, 2008).

Poço	x	y	z (m)	Profundidade (m)	Diâmetro Perfuração (pol)	Diâmetro Revestimento (pol)	Topo	Base	Nível Estático (m)	Espessura saturada (m)	Vazão m³/h	Distância (m)	T m²/s	K m/s	S	Sy	Método
Santana 03 Barbalha	471560	9190940	403,5	82			13,67	82	13,67	68,33	5,3	27,2	7,63E-03	1,12E-04	3,00E-03		Theis/Dupuit
	471560	9190940	403,5	82			13,67	82	13,67	68,33	5,3	27,2	7,67E-03	1,12E-04	2,00E-03		Hantush
	471560	9190940	403,5	82			13,67	82	13,67	68,33	5,3	27,2	7,51E-03	1,23E-04	2,00E-03	0,44	Boulton
Santana 03 Barbalha AQT	471560	9190940	403,5	82			13,67	82	13,67	68,33	5,3	27,2	7,61E-03	1,12E-04	2,00E-03		
Média												27,2	7,61E-03	1,15E-04	2,00E-03	0,44	
PT-03 CAGECE Barbalha	467146	9192932	397,1	161,4	14,75	8	6,88	90	6,88	83,12	56	10,1	7,67E-03	9,22E-05	1,40E-02		Theis/Dupuit
	467146	9129932	397,1	161,4	14,75	8	6,88	90	6,88	83,12	56	10,1	7,06E-03	8,50E-05	1,30E-02		Hantush
	467146	9129932	397,1	161,4	14,75	8	6,88	90	6,88	83,12	56	10,1	6,81E-03	1,40E-04	1,40E-02	0,62	Boulton
PT-03 CAGECE Barbalha AQT	467146	9192932	397,1	161,4	14,75	8	6,88	90	6,88	83,12	56	10,1	7,17E-03	1,06E-04	1,60E-02		Hantush
Média												10,1	7,18E-03	1,06E-04	1,40E-02	0,62	
PT-01 CAGECE Abaiara	495038	9186904	394,1	129	12,25	6	65	149	9,27	84	13	9,2	4,14E-04	4,72E-06	4,00E-03		Theis
	495038	9186904	394,1	129	12,25	6	65	149	9,27	84	13	9,2	4,11E-04	4,72E-06	4,00E-03		Hantush
	495038	9186904	394,1	129	12,25	6	65	149	9,27	84	13	9,2	4,11E-04	1,11E-06	7,10E-02		Boulton
PT-01 CAGECE Abaiara AQT	495038	9186904	394,1	129	12,25	6	65	149	9,27	84	13	9,2	3,72E-04	4,44E-06	4,00E-03		Dupla porosidade
Média												9,2	4,02E-04	3,89E-06	2,10E-02		

**Tabela 2.10** – Parâmetros hidráulicos do aquífero Missão Velha no município de Barbalha – Usina Salamanca (Manoel Filho, 1976a).

Poço Observ.	Data	Vazão (m³/h)	Distância (m)	Método de Theis			Método de Jacob			Método de Hantush		
				T (m²/s)	K (m/s)	S	T (m²/s)	K (m/s)	S	T (m²/s)	K(m/s)	S
PE-01	17.01.76	66	0,125									
	17.01.77		250	4,00E-03	6,40E-05	8,70E-04	3,90E-03	6,20E-05	9,30E-04			
PE-02	24.01.76	44	0,125									
	24.01.76		305	4,30E-03	4,30E-05	1,40E-03				1,70E-03	1,70E-05	9,70E-04
PE-03	27.01.76	80	0,125									
	27.01.76		240	3,00E-03	3,80E-05	2,80E-04				1,30E-03	5,70E-04	1,60E-05
PE-05	11.01.76	100	0,125									
	11.01.76		245	2,20E-03	3,70E-05	6,70E-04	3,80E-03	6,30E-05	5,20E-04			
Média				3,38E-03	4,55E-05	8,05E-04	3,85E-03	6,25E-05	7,25E-04	1,50E-03	2,94E-04	4,93E-04

**Tabela 2.11** – Parâmetros do aquífero Missão Velha em Juazeiro do Norte (Manoel Filho, 1976b).

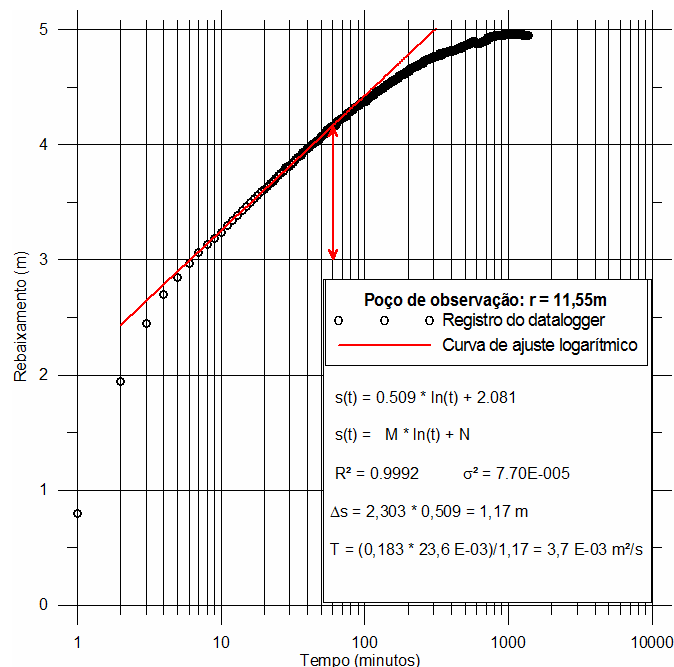
Proprietário	Poço Observado	Espessura saturada (m)	T m²/s	K m/s	S	Sy	Método
CAGECE	Jz-04/76	130	3,10E-03	2,38E-04	2,50E-04	5,00E-04	Boulton
CAGECE	Jz-06-76	200	4,80E-02	2,40E-04	1,00E-03	6,00E-03	Boulton
CAGECE	Jz-05/76	110	3,20E-03	2,40E-04	2,50E-04	1,60E-02	Boulton
Média		147	1,81E-02	2,39E-04	5,00E-04	7,50E-03	

Barbalha. Não foram feitas avaliações do coeficiente de armazenamento, mas apenas de parâmetros de transporte (transmissividade e condutividade hidráulica, essa última igual a  $1,55 \text{ E-}4 \text{ m/s}$  ( $13,4 \text{ m/dia}$ ). Todavia, usando os dados obtidos nos testes da Golder-Pivot em Barbalha (**figuras 2.2 a 2.4**) foi possível avaliar o coeficiente de difusividade hidráulica  $D= 1 \text{ m}^2/\text{s}$ , do se deduz um coeficiente de armazenamento igual a  $3,7\text{E-}3$ .

**Tabela 2.12** – Parâmetros hidráulicos do aquífero Missão Velha nos municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte (Cogerh/GOLDER-PIVOT 2004).

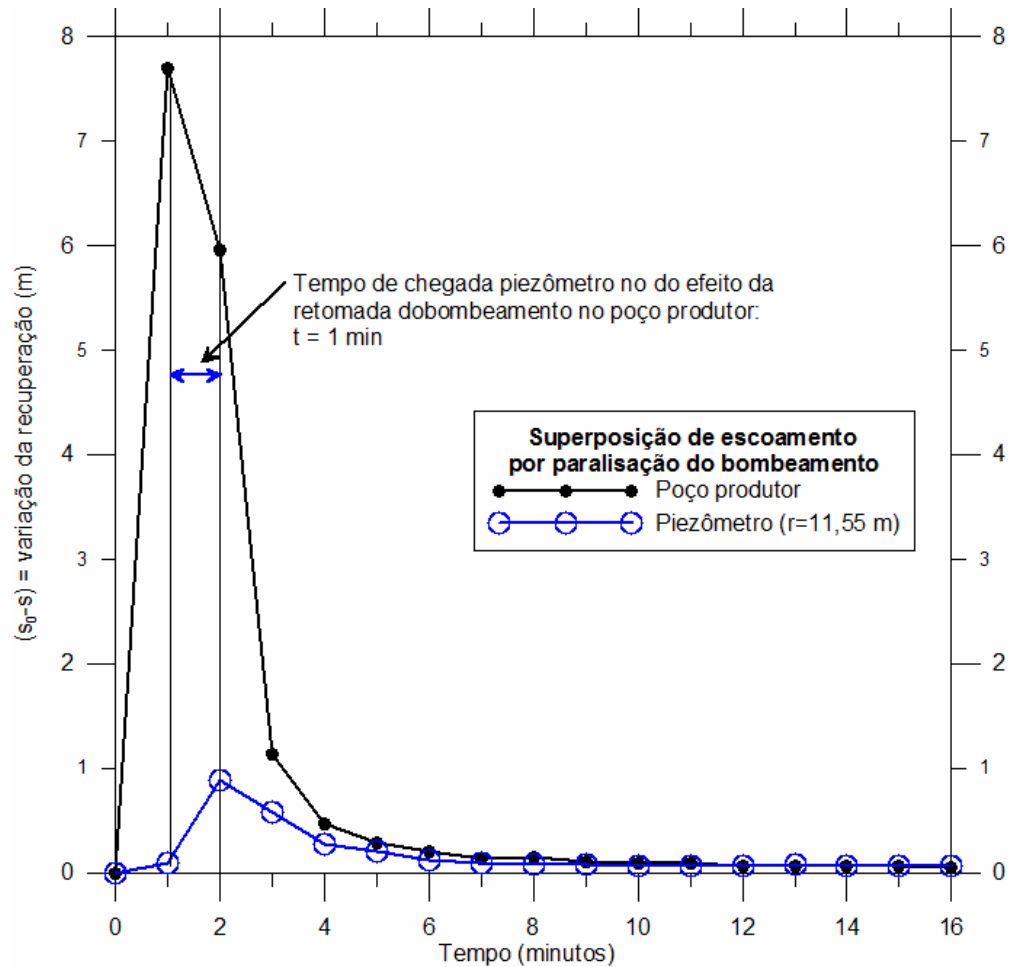
Nome do Poço	UTM_E	UTM_N	Condutividade Hidráulica			Transmissividade		b (m)
			(cm/s)	m/s	m/dia	(cm <sup>2</sup> /s)	m <sup>2</sup> /s	
Batateira	452429	9201565	6,13E-02	6,13E-04	52,96	460	4,6E-02	75
Cajueiro	454181	9199430	1,06E-02	1,06E-04	9,16	101	1,0E-02	95
Timbaúba	466029	9201044	1,39E-03	1,39E-05	1,2	18,7	1,9E-03	135
Horto	464180	9204200	7,84E-04	7,84E-06	0,68	11,3	1,1E-03	144
Barbalha	466081	9191963	3,23E-03	3,23E-05	2,79	41,9	4,2E-03	130
<b>Média</b>			<b>1,55E-02</b>	<b>1,55E-04</b>	<b>13,4</b>	<b>1,27E+02</b>	<b>1,8E-02</b>	<b>116</b>

### 2.3.1.1 - Transmissividade na retomada do bombeamento Barbalha

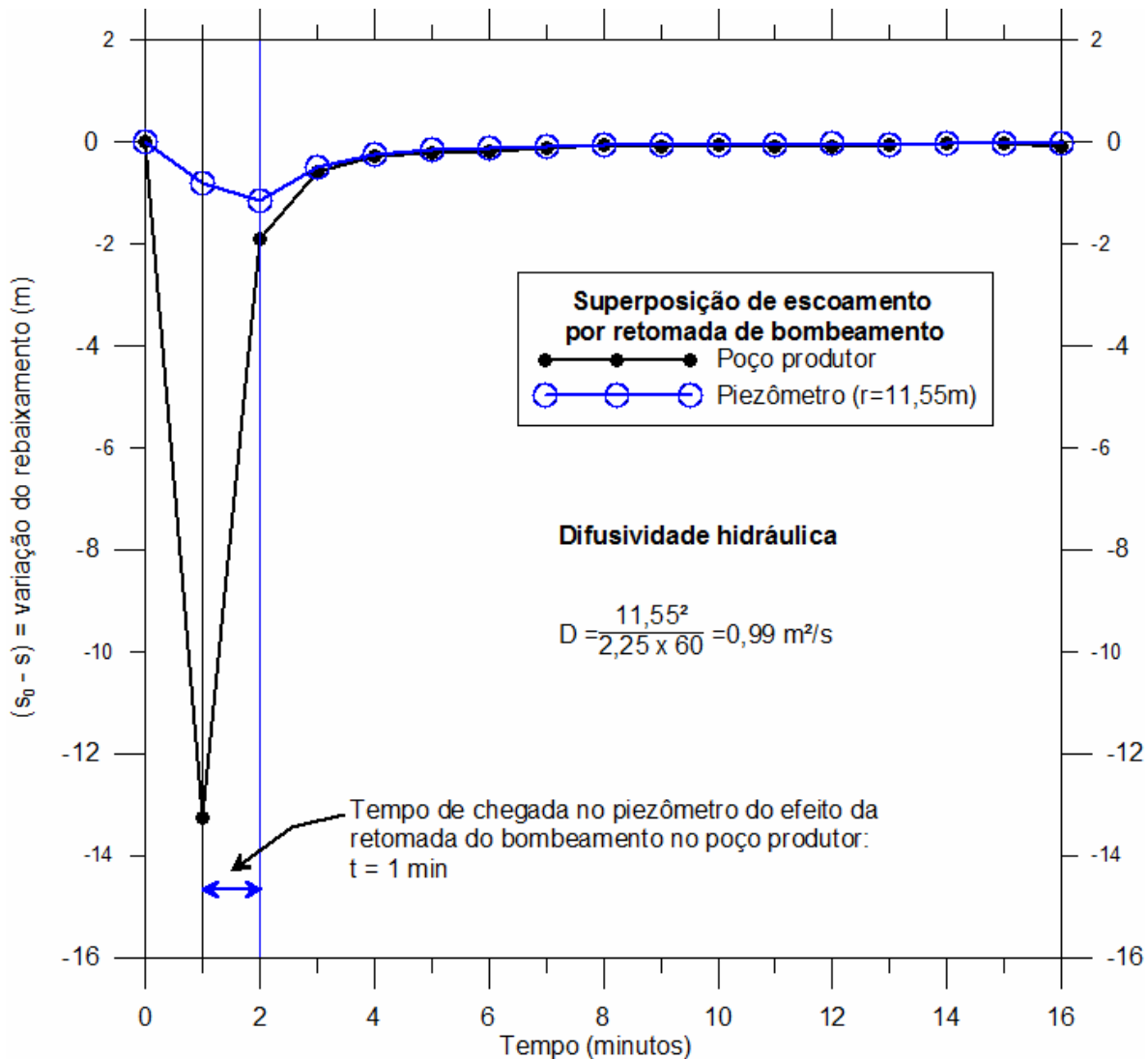


**Figura 2.2** – Gráfico de rebaixamento x tempo com avaliação da transmissividade do aquífero médio na retomada do bombeamento do teste de superposição de escoamento realizado pela Cogerh/GOLDER PIVOT 2004 no poço Barbalha.

### 2.3.1.2 - Difusividade hidráulica Barbalha



**Figura 2.3** – Avaliação da difusividade hidráulica do aquífero médio usando dados do teste realizado através de superposição de escoamento por paralisação do bombeamento do poço Barbalha (466081, 9191963). Fonte: Cogerh/ Golder-Pivot, 2004).



**Figura 2.4** – Avaliação da difusividade hidráulica superpondo escoamento por reinício do bombeamento do poço Barbalha (466081, 9191963). Fonte: Cogerh/ Golder-Pivot, 2004.

### 2.3.2 – Testes de produção

#### 2.3.2.1 – Teste Sítio Venha Ver – Barbalha-CE

##### **Execução:**

O teste foi executado em 5 (cinco) etapas de bombeamento no período de 7 a 8 de fevereiro de 2007, no poço cuja ficha de características técnicas e perfil litológico-constutivo, são apresentados nas **figuras 2.5 e 2.6**, respectivamente.

**Tabela 2.13** – Vazões e rebaixamentos das 5 (cinco) etapas do teste de produção do poço localizado no Sítio Venha Ver, município de Barbalha – CE

Etapa	Q m <sup>3</sup> /h	tempo (horas)	Rebaixamento (m)	Rebaixamento específico (h/m <sup>2</sup> )
1 <sup>a</sup>	15	3	9,9	0,660
2 <sup>a</sup>	25	3	17,3	0,692
3 <sup>a</sup>	30	3	21	0,700
4 <sup>a</sup>	35	3	26,6	0,760
5 <sup>a</sup>	37	3	28	0,757

**Interpretação:**

Por se tratar de um teste de produção, no qual só existem informações coletadas no próprio poço bombeado (sem poços de observação), o método de análise empregado é o do *rebaixamento específico* (Manoel Filho *et al.* 2008) baseado em uma *equação característica do poço* (Jacob, 1947), segundo a qual as perdas não lineares no poço são proporcionais ao quadrado da vazão (**equação 2.1**).

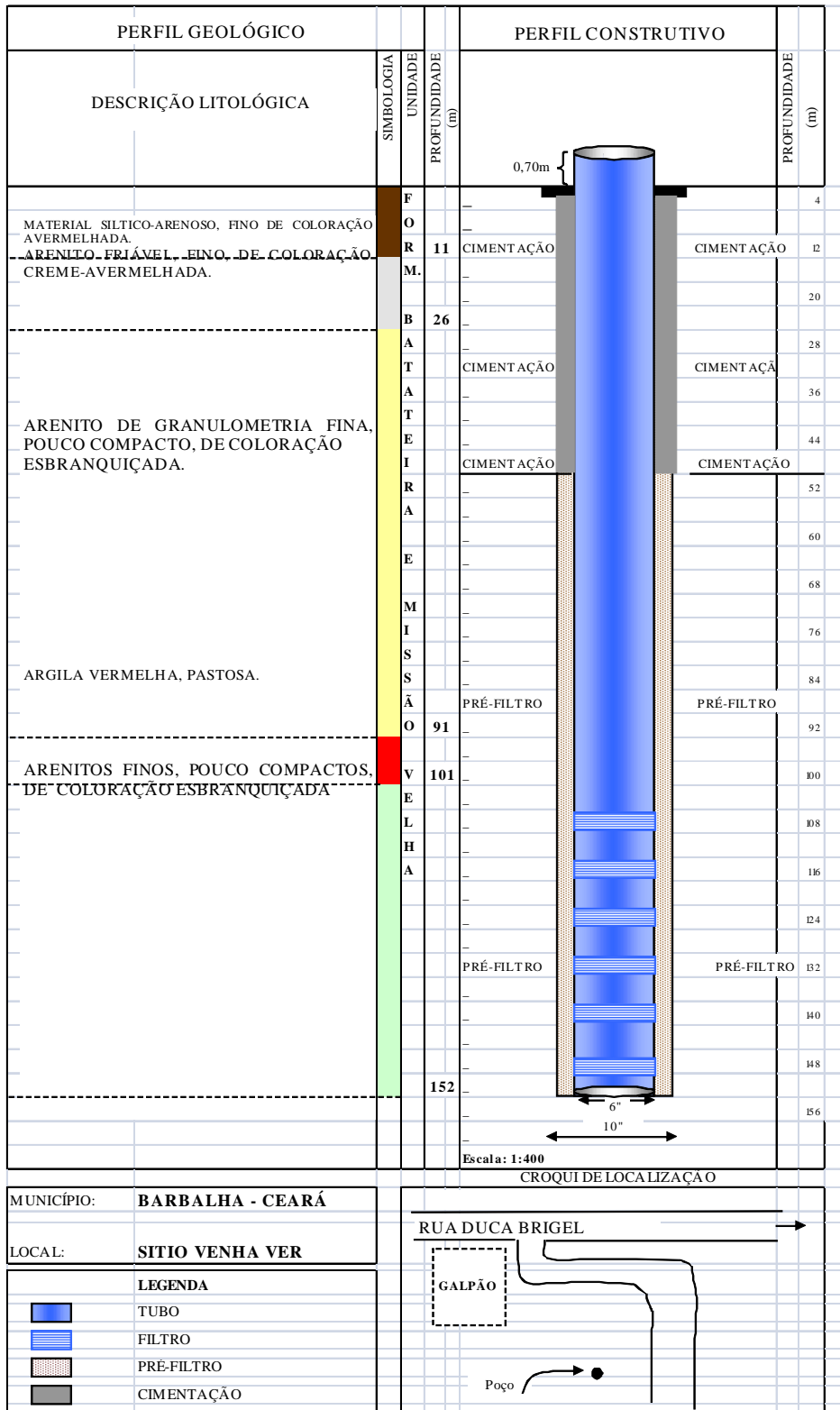
$$s_p = B(t)Q + CQ^2 \quad (2.1)$$

Daí resulta que a equação do rebaixamento específico (**equação 2.2**) é linear, e tem como parâmetros típicos a ordenada na origem B (coeficiente de perda da formação [h/m<sup>2</sup>]) e o coeficiente angular C (coeficiente da perda não linear [h<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>]) da **equação 2.1**).

$$\frac{s_p}{Q} = B(t) + CQ \quad (2.2)$$

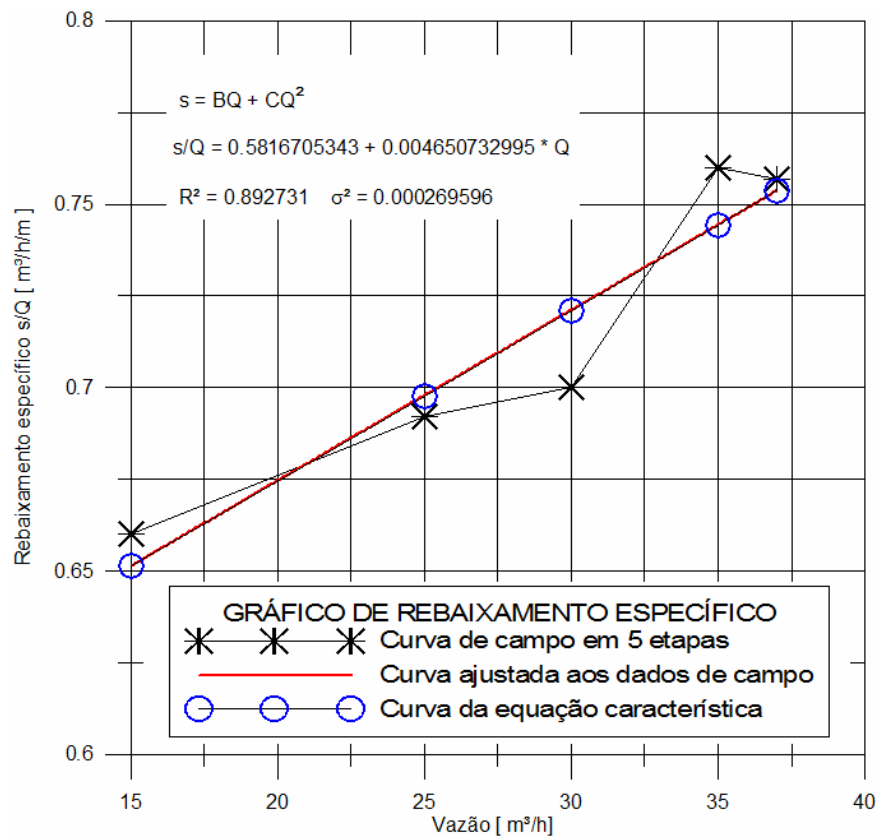
CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS POÇOS						CODIGO DO POÇO	
PROPRIETÁRIO: BRINGEL E CARVALHO IND. DE BEBIDAS LTDA						CÓDIGO DE CAMPO	
MUNICÍPIO	DISTRITO	LOCAL:	ENERGIA:	<input checked="" type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	INÍCIO	CONCLUSÃO
BARBALHA	ZONA RURAL-St. VENHA VER		TIPO: TRIFÁSICA	DIST:		19/12/2006	27/12/2006
DADOS TÉCNICOS							
BASE CARTOGRAFICA		ALTITUDE	COORDENADAS UTM			ESCALA	
FOLHA CRATO - SB-24-Y-D-III			N: 9.197.290 E: 464.946			1:100.000	
MÉTODO LOCAÇÃO		AEROFOTO	RESPONSÁVEL PELA LOCAÇÃO		CREA	REGIÃO	
ELETORRESISTIVIDADE - SEV		NÃO	RAIMUNDO RONCY DE OLIVEIRA		CE-5521-D	9ª	
BACIA HIDROGRÁFICA		SUB.BACIA		USO PREVISTO			
JAGUARIBE		SALGADO		ENVASE (ÁGUA MINERAL)			
AQUÍFEROS:				TIPO:	TOPO:	BASE:	
BATATEIRA E MISSÃO VELHA				Sedimentar	BATATEIRA	M. VELHA	
DADOS CONSTRUTIVOS							
EXECUTOR:		TIPO DE SONDA: PERCUSSORA JUPER 300		PROPRIETÁRIO:		ANTONIO LEITE (88) 99617409	
				REGIÃO: SUL DO CEARÁ			
PERFURAÇÃO				REVESTIMENTO: Geomecânico Standart			
Ø (Pol.)	INTERVALO (m)	MÉTODO DE PERFURAÇÃO		Ø (Pol.)	INTERVALO (m)	EXTENSÃO (m)	
12"	0,00 A 152,0	PERCUSSIVO		6"	(+) 0,70 A 107,30	108,00	
				6"	112,0 A 116,00	4,00	
				6"	120,0 A 124,0	4,00	
				6"	128,0 A 132,0	4,00	
				6"	136,0 A 140,0	4,00	
				6"	144,0 A 148,0	4,00	
FILTROS: Geomecânico Standart				INTERVALOS DE SATURAÇÃO (SEDIMENTO)			
Ø (Pol.)	INTERVALO (m)	EXTENSÃO (m)	ABERTURA (mm)	INTERVALO (m)	EXTENSÃO (m)		
6"	108,0 A 112,0	4,00	0,75	26,0 A 152,0	126,00		
6"	116,0 A 120,0	4,00	0,75				
6"	124,0 A 128,0	4,00	0,75				
6"	132,0 A 136,0	4,00	0,75				
6"	140,0 A 144,0	4,00	0,75				
6"	148,0 A 152,0	4,00	0,75				
				PROFUNDIDADE FINAL DO POÇO: 152,0m			
PRÉ-FILTRO: Cascalho		DESENVOLVIMENTO:			CIMENTAÇÃO		
GRANULOMETRIA	VOLUME (m³)	MÉTODO	DURAÇÃO	INTERVALO (m)	VOLUME (m³)		
1,0 A 2,0mm	5,0	AIR LIFT	06:00 hs	0,0 A 50,0			
TESTE DE PRODUÇÃO							
DATA	CRIVO	DURAÇÃO	VAZAO	Q.ESPECÍFICA	REB.	N.E.	N.D
	BOMBA (m)	(hora)	(m³/h)	(m³/h/m)	(m)	(m)	(m)
27/12/2006	90,00	24	37,0	1,32	28,080	26,0	54,080
PERFILAGEM:		ANÁLISE QUÍMICA:		SITUAÇÃO DO POÇO			
SIM ( ) NÃO ( )		SIM (X) NÃO ( )		CONCLUÍDO, TESTADO E INSTALADO			
TIPO:							
INSTALAÇÃO							
RESPONSÁVEL PELA INSTALAÇÃO: ALIANÇA DE OURO S/A - (88) 3511.1470 - GENILSON							
MOTOR: ADÁLIO - ELETRICISTA (88) 99657446				MARCA	MODELO	POTÊNCIA	
FONTE ENERGÉTICA: ENERGIA ELÉTRICA TRIFÁSICA				C.R.I	W6A1504	15,00	
BOMBA:							
TIPO:	MARCA:	MODELO	DIAM. NOMINAL	PROFUNDIDADE CRIVO	DIAM. DESCARGA		
SUBMERSA	C.R.I	W6A1504		90,0m	2 1/2"		
OBSERVAÇÕES							
REQUERIMENTO DE PESQUISA - PROCESSO DNPM N° 800.054/2005							

Figura 2.5 – Ficha técnica do poço testado no Sítio Venha Ver, município de Barbalha - CE.



**Figura 2.6** - Perfil litológico e construtivo do poço testado no Sítio Venha Ver, município de Barbalha –CE.

A equação característica do poço é então avaliada através de um ajuste linear aos dados de rebaixamento específico obtidos em campo, em função da vazão, para um mesmo tempo de bombeamento. No caso, para cada etapa de 3 horas de bombeamento, conforme **tabela 2.1**. O procedimento usado e os resultados obtidos são ilustrados no gráfico da **figura 2.7**.



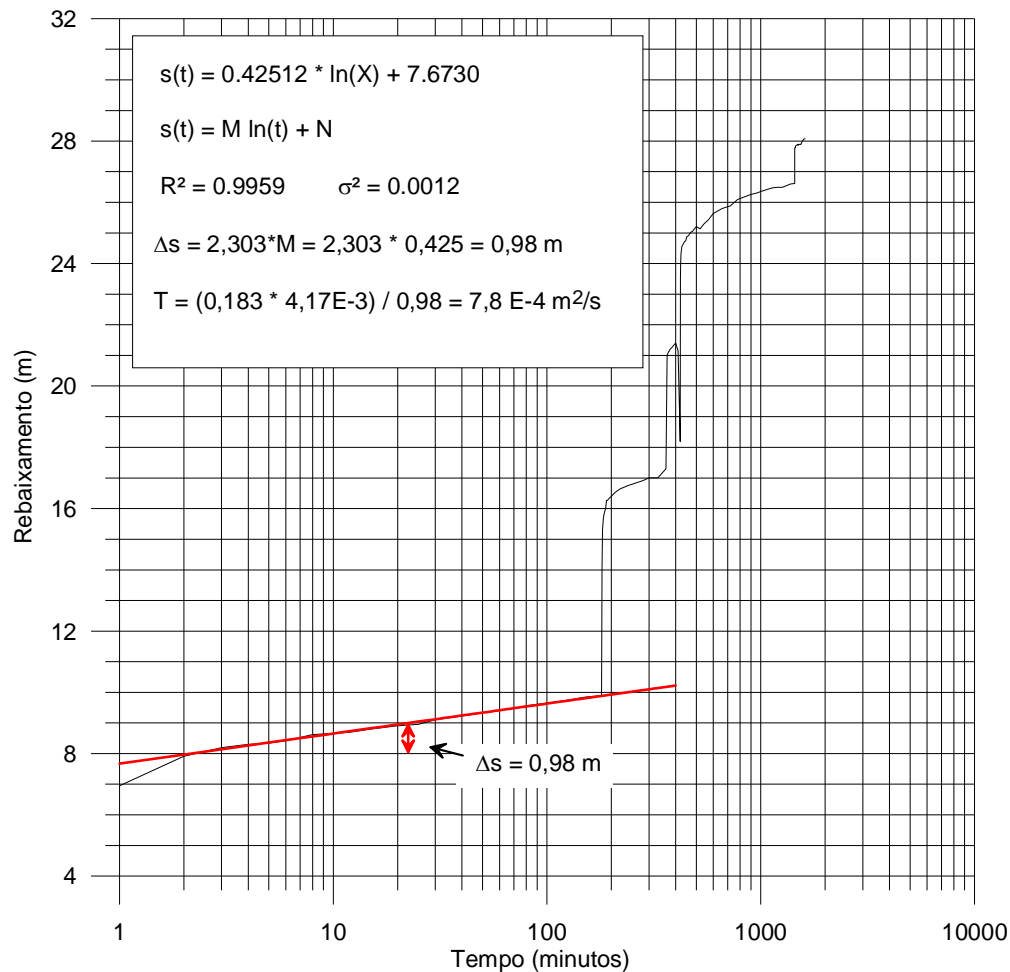
**Figura 2.7** – Gráfico de rebaixamento específico em função da vazão para o tempo de 3 horas, ilustrando a avaliação dos parâmetros B e C indicativos das perdas laminares e não laminares, respectivamente, na equação característica do poço.

**Tabela 2.14** – Parâmetros da equação linear característica do poço para o tempo de bombeamento de 3 horas com diferentes vazões.

B(3h) [h/m <sup>2</sup> ]	C [h <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> ]	n	Equação característica do poços
0,5816	0,00465	2	$\frac{s}{Q} = B(3h) + CQ$

### Cálculo da transmissividade do aquífero

A transmissividade do aquífero foi estimada no próprio poço bombeado utilizando os dados de evolução do rebaixamento com o tempo relativo apenas à primeira etapa, por ser esta a de menor vazão e a que apresenta as menores perdas singulares. Foi usado o método aproximativo de Cooper & Jacob (1946) conforme **figura 2.8**. O valor obtido foi de  $7,8E-04 \text{ m}^2/\text{s}$ .



**Figura 2.8** – Gráfico de rebaixamento versus tempo com avaliação da transmissividade do aquífero pelo método da aproximação logarítmica (Cooper & Jacob, 1946).

### Correção de penetração parcial

A **equação (2.2)** é válida para poços totalmente penetrantes e o coeficiente  $B(t)$  representa somente as perdas laminares da formação aquífera. No caso de haver

penetração parcial a perda por esse efeito pode ser estimada escrevendo a equação (2.1) na forma:

$$s_p = s_0 + \Delta s_0 + CQ^2 = B_1(t)Q + B_2Q + CQ^2 \quad (2.3)$$

Portanto:

$$\frac{s_p}{Q} = B_1(t) + B_2 + CQ \quad (2.4)$$

O perfil litológico e construtivo do poço (figura 2.5) revela que ao longo da espessura saturada de 126 m foram instalados 24 m de filtros, distribuídos no intervalo de 108 m a 152 m. A razão de penetração é de 19% e o coeficiente de perda por esse efeito é dado pela equação:

$$B_2 = \frac{1}{2\pi T} \left( \frac{1-p}{\rho} \right) \ln \left( \frac{(1-p) * h_s}{r_p} \right) \quad (2.5)$$

**Tabela 2.15** – Significado dos símbolos usados nas equações do modelo de interpretação adotado no teste escalonado Sávio Barbalha.

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Valor
Coefficiente de perda laminar transiente da formação aquífera	$B_1(3horas)$	[h/m <sup>2</sup> ]	0,5563
Coefficiente de perda causada por penetração parcial	$B_2$	[h/m <sup>2</sup> ]	0,0253
Raio do poço (raio da perfuração)	$r_p$	m	0,152
Vazão do poço	$Q$	m <sup>3</sup> /h	15 a 37
Razão de penetração parcial	$\rho = \frac{h_s}{h_0}$		0,19
Extensão do filtro do poço	$h_s$	m	24
Espessura do aquífero	$h_0$	m	126
Transmissividade do aquífero	$T$	m <sup>2</sup> /q	7,8E-4

Na tabela 2.16 se encontram os coeficientes da equação característica do poço levando em conta o efeito da penetração parcial.

**Tabela 2.16** – Parâmetros da equação característica do poço (figura 2.7).

$B_1(3h)$ [h/m <sup>2</sup> ]	$B_2$ [h/m <sup>2</sup> ]	$C$ [h <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> ]	$n$	Equação característica
0,5563	0,0253	0,00465	2	$s_p = B(3h)Q + B_2Q + CQ^2$

### **Eficiência hidráulica do poço Sítio Venha Ver**

A eficiência hidráulica bem como a comparação entre os rebaixamentos finais observados e calculados, com erro variável de 1% a 3% é mostrada na **tabela 2.17**.

**Tabela 2.17** – Eficiência hidráulica do poço e comparação entre os resultados observados e calculados indicando erro de 1 a 3%;

$Q$ m <sup>3</sup> /h	tempo horas	$B_1Q$	$B_2Q$	$CQ^2$	$s_p$ calc	Eficiência	$s_{obs}$	$s_{obs}/s_{calc}$
15	3	8,34	0,38	1,05	9,8	0,85	9,9	1,01
25	3	13,91	0,63	2,91	17,4	0,80	17,3	0,99
30	3	16,69	0,76	4,19	21,6	0,77	21	0,97
35	3	19,47	0,89	5,70	26,1	0,75	26,6	1,02
37	3	20,58	0,94	6,37	27,9	0,74	28	1,00

### **2.3.2.2 – Teste FARMACE –Barbalha - CE**

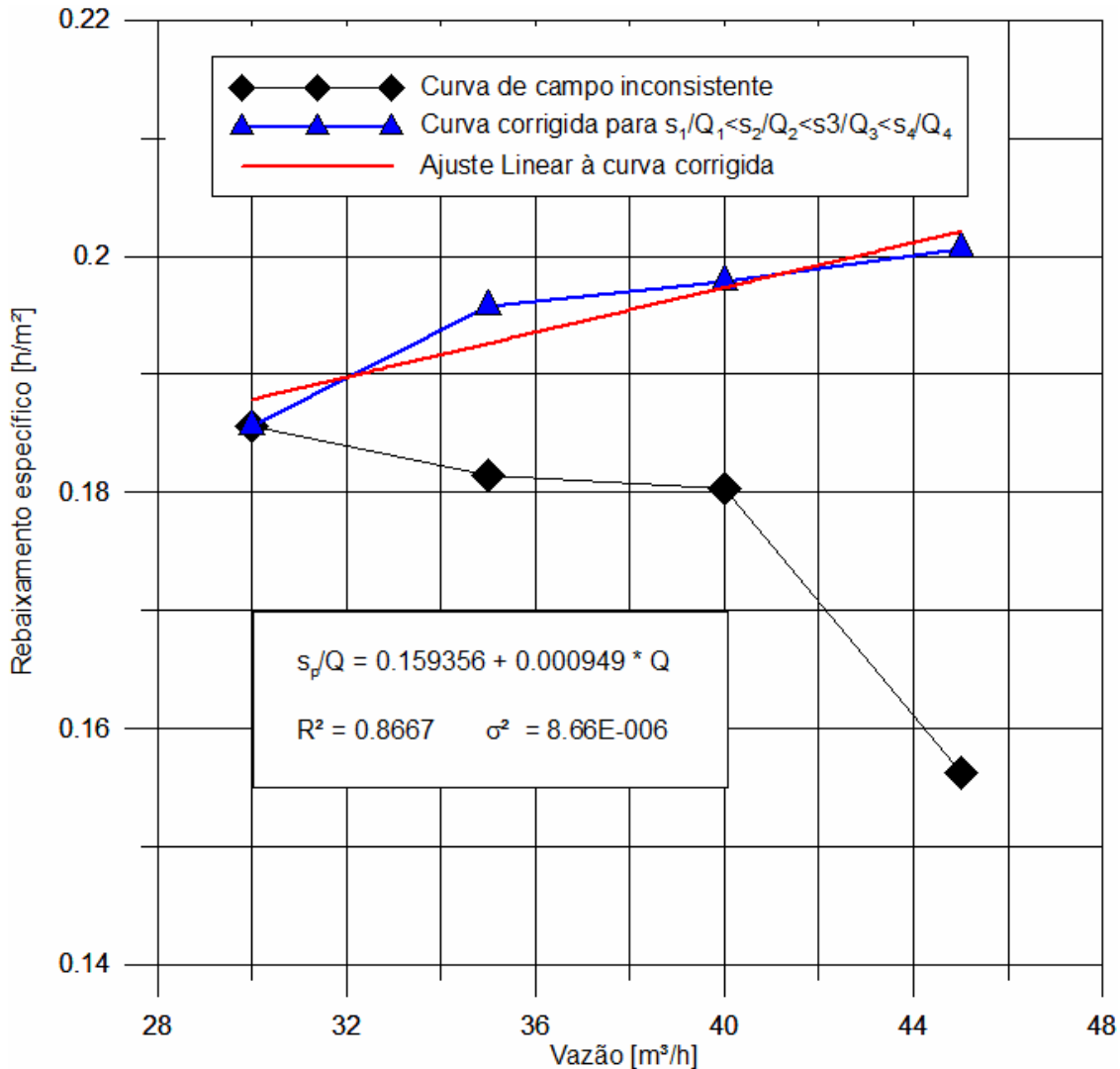
Esse teste de bombeamento foi realizado em 4 (quatro) etapas conforme mostrado na **tabela 2.18**.

**Tabela 2.18** – Dados de rebaixamento específico do teste FARMACE escalonado em 4 (quatro) etapas de 3 horas, com dados inconsistentes.

$Q$ m <sup>3</sup> /h	$s_p$ (m)	$s_p/Q$ [h/m <sup>2</sup> ] dado de campo	$s_p/Q$ [h/m <sup>2</sup> ] dado consistido
30	5,567	0,185	0,185
35	6,351	0,181	0,195
40	7,214	0,180	0,198
45	7,031	0,156	0,200

De fato, a consistência dos dados implica em:

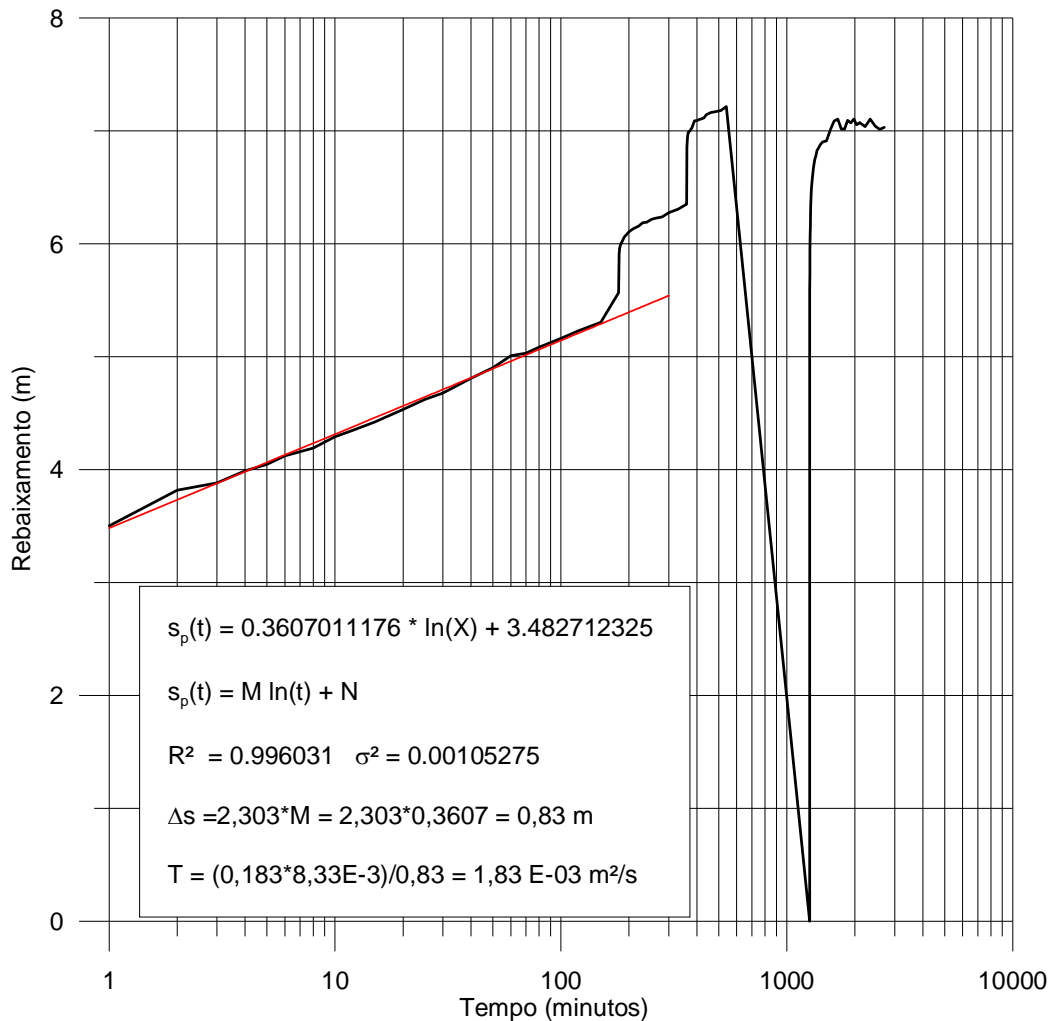
$$\frac{s_1}{Q_1} < \frac{s_2}{Q_2} < \frac{s_3}{Q_3} < \frac{s_4}{Q_4}$$



**Figura 2.9** – Gráfico de rebaixamento específico para o tempo de 3 horas, em função da vazão no teste escalonado de 4 etapas no poço FARMACE- Barbalha-CE.

### **Cálculo dos parâmetros hidráulicos**

Dos parâmetros hidráulicos envolvidos apenas a transmissividade foi avaliada em  $1,8E-3 \text{ m}^2/\text{s}$  conforme mostrado no gráfico da **figura 2.10**. A condutividade hidráulica é de  $1,45 E-5 \text{ m/s}$  ( $1,25 \text{ m/dia}$ ).



**Figura 2.10** – Gráfico de rebaixamento x tempo do teste escalonado Farmace, com avaliação da transmissividade do aquífero pelo método da aproximação logarítmica (Cooper & Jacob, 1946).

### 2.3.3 – Parâmetros Hidráulicos Adotados na Modelagem

Os parâmetros hidráulicos descritos no **item 2.3.2**, foram obtidos em testes realizados apenas no Sistema Médio, que engloba os aquíferos Rio Batateira e Missão Velha, já que não foram realizados testes no aquífero Exu (aquífero superior) e no aquífero Mauriti (aquífero inferior). Para o Sistema Médio, os valores de condutividade hidráulica variam de 0,3 a 21 m/dia, enquanto que o coeficiente de armazenamento assume valores na faixa de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$ . Através da modelagem numérica (**capítulo 3**), os parâmetros que melhor reproduziram os gradientes hidráulicos e as condições esperadas para o fluxo regional estão indicados na **tabela 2.19**.

**Tabela 2.19** – Propriedades hidráulicas adotadas na modelagem numérica de fluxo no Sistema Aquífero LAC.

Zona-Aquífero	K m/s	K m/dia	b	S	Ss	Sy
Oeste- Superior	1,50E-05	1,30	220	5,50E-05	2,50E-07	5,00E-02
Oeste-Médio	1,50E-05	1,30	279	1,40E-04	5,00E-07	8,00E-02
Leste - Inferior	3,00E-08	2,59E-03	79	7,90E-05	1,00E-06	2,00E-02

### 2.3.4 – Espessuras dos Aquíferos

#### *Aquífero Superior*

A espessura saturada do aquífero superior varia de 189 m 252 m, apresentando uma média aproximada de 220 m com desvio padrão de 20 m, de acordo com o sumário estatístico e histograma de frequência mostrado na **figura 2.11**.



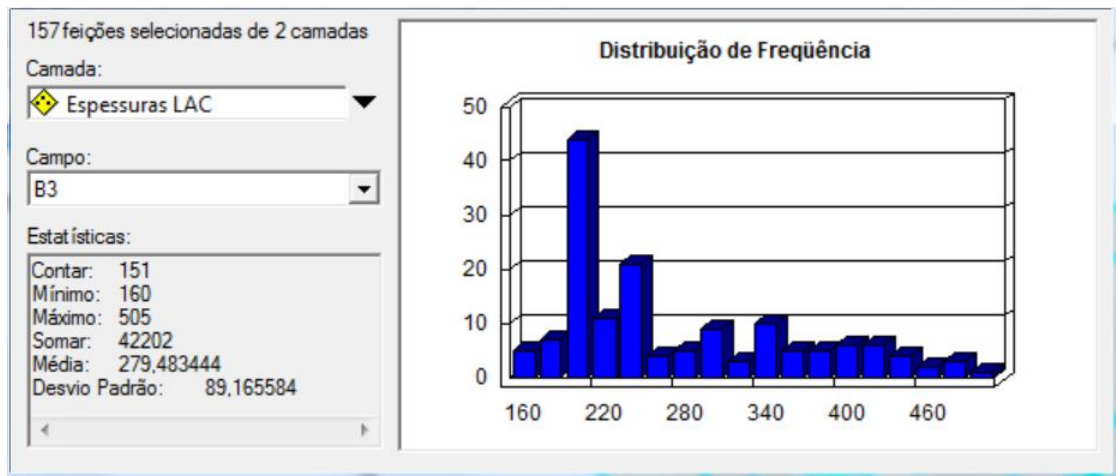
**Figura 2.11** – Sumário estatístico e histograma de frequência das espessuras saturadas do Aquífero Superior ou Aquífero Exu.

#### *Aquífero Médio*

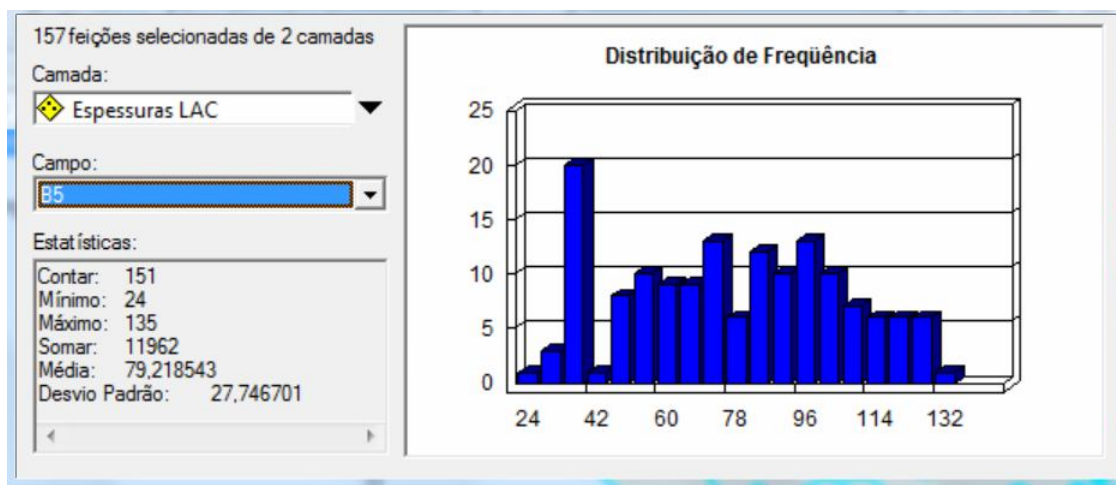
Para o aquífero Médio ou (Rio Batateira e Missão Velha), o sumário estatístico apresentado na **figura 2.12** revela que os valores de espessura saturada variam de 160 a 505 m, com uma média de 279 m.

#### *Aquífero Inferior*

O sumário estatístico e o histograma de frequência das espessuras saturadas do aquífero inferior ou aquífero Mauriti, apresentados na **figura 2.13** mostram que as espessuras saturadas variam de 24 a 135 m, com uma média de 79 m.



**Figura 2.12** – Sumário estatístico e histograma de frequência das espessuras saturadas do Sistema Aquífero Médio.

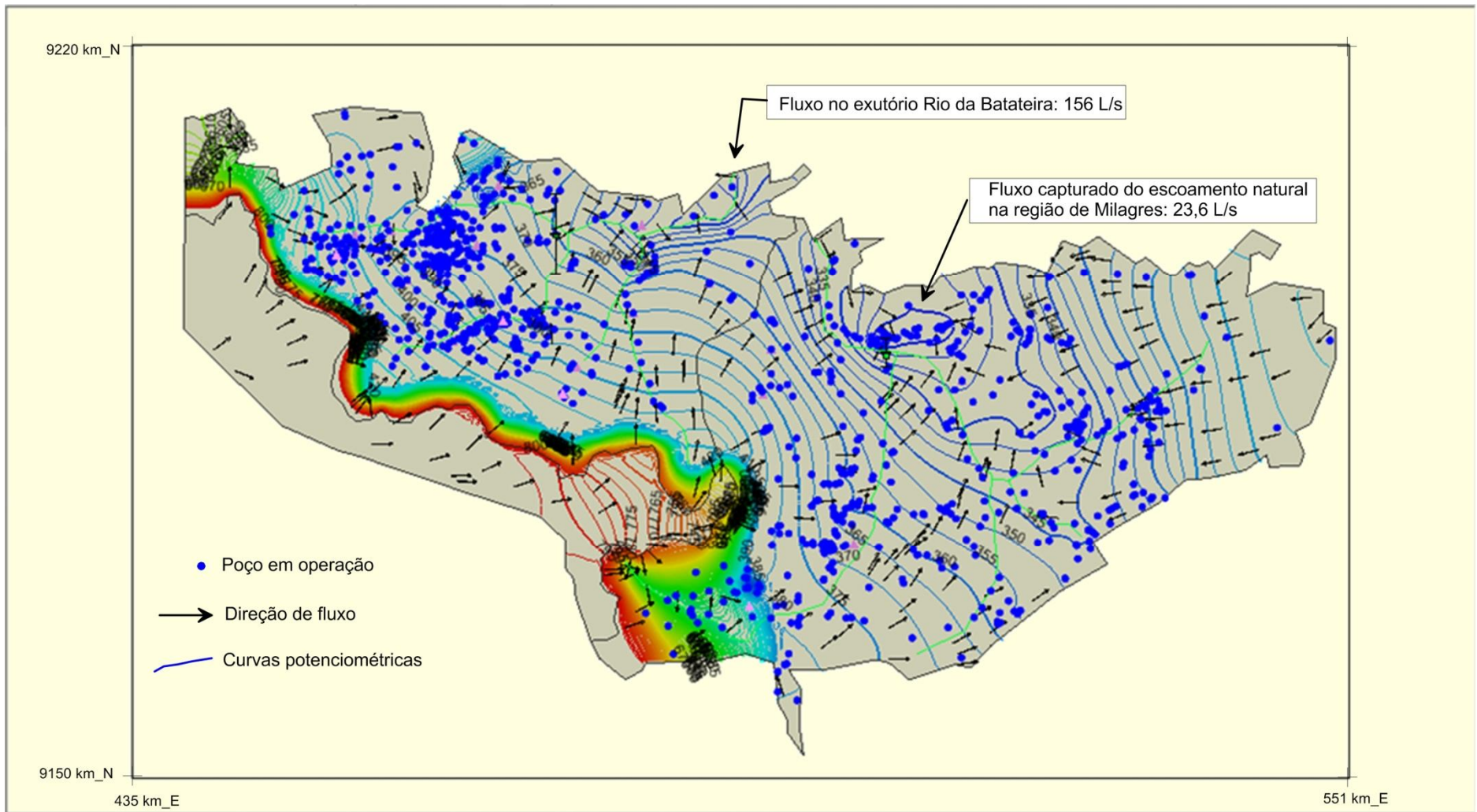


**Figura 2.13** – Sumário estatístico e histograma de frequência das espessuras saturadas do Aquífero Inferior, ou Aquífero Mauriti.

## 2.4 – Mapa potenciométrico

O mapa potenciométrico de equilíbrio do *Sistema Aquífero LAC*, gerado pelo modelo matemático hidrogeológico dos Sistemas Aquíferos Médio e Inferior, é apresentado na **figura 2.14**.

No setor Leste da área, são observadas duas frentes principais de fluxo que se deslocam, respectivamente, de oeste para leste, com gradiente hidráulico de 5 m/km e de leste para oeste, com gradiente hidráulico de 2 m/km em direção ao seu exutório natural, representado pelo riacho dos Porcos, em cujo vale o gradiente hidráulico diminui para cerca de 0,6 m/km. A descarga de saída da bacia nesse exutório é de 29 L/s de água que se acha contaminada pelos efluentes domésticos.



**Figura 2.14** – Mapa potenciométrico de equilíbrio do *Sistema Aquífero LAC* gerado pelo modelo matemático hidrogeológico após a calibração usando PEST (Doherty, 2004)

No setor oeste, o fluxo subterrâneo se move principalmente de oeste para leste e de sudoeste para nordeste, com gradientes hidráulicos variáveis de 2 a 5 m/km, em direção ao rio Batateiras, seu exutório natural, que apresenta na saída uma descarga de 193 L/s, de água contaminada por efluentes de esgotos oriundos das zonas urbanas. As estimativas das descargas nos exutórios, feitas a partir do mapa da **figura 2.13**, são indicadas na **tabela 2.20**.

**Tabela 2.20** – Estimativa do escoamento natural remanescente nos exutórios da bacia do Cariri, segundo o mapa potenciométrico gerado pelo modelo matemático hidrogeológico.

Zona	Aquífero	Trecho	L (m)	dL (m)	dh (m)	dh/dL	K m/s	b (m)	KbiL m <sup>3</sup> /s	L/s
Leste	Mauriti	1	3954	16456	10	6,08E-04	1,20E-05	79	2,28E-03	2,28
		2	7914	2795	10	3,58E-03	1,20E-05	79	2,68E-02	26,84
<b>Fluxo de saída pelo exutório do Riacho dos Porcos no setor Leste</b>										<b>29,12</b>
Oeste	Missão Velha	1	3896	1350	10	7,41E-03	1,50E-05	279	1,21E-01	120,78
		2	8266	4780	10	2,09E-03	1,50E-05	279	7,24E-02	72,37
<b>Fluxo de saída pelo exutório do Rio Batateiras no setor Oeste</b>										<b>193,15</b>

## 2.5 – Reservas

### 2.5.1 – Reservas Reguladoras

As reservas reguladoras são dadas pela recarga média de longo período (30 anos), estimada através do balanço hídrico.

Tomando como referência o balanço hídrico realizado com os dados mais recentes de chuvas na bacia sedimentar do Cariri (1981-2010), chegou-se à conclusão de que a reserva reguladora média de longo período para o Sistema LAC, de água subterrânea Leste Araripe Cariri, é de 79,8 Hm<sup>3</sup>/ano. As estimativas deduzidas por aquífero estão na **tabela 2.21** e indicam: para o aquífero inferior ou Mauriti 24,3 Hm<sup>3</sup>/ano; para o Sistema Médio, 24,2 Hm<sup>3</sup>/ano e para o aquífero superior, no setor Leste da Chapada do Araripe, 31,3 Hm<sup>3</sup>/ano.

**Tabela 2.21** – Reservas reguladoras dos aquíferos estimadas a partir do balanço hídrico de Thornthwaite usando os dados do balanço mais recente (1981-2010).

Aquífero	Setor	Infiltração mm/ano	m/ano	Área Km <sup>2</sup>	Hm <sup>3</sup> /ano	Peso	Infiltração média mm/ano
Mauriti	Oeste	30,9	0,0309	<b>275,4</b>	8,5	0,0788	2,4
Mauriti	Leste	8	0,008	1975	15,8	0,5651	4,5
<b>Total Mauriti</b>					<b>24,3</b>		
Médio	Oeste	30,9	0,0309	784,6	<b>24,2</b>	0,2245	6,9
Superior	Chapada	68	0,068	459,7	<b>31,3</b>	0,1315	8,9
<b>Sistema LAC</b>				<b>3494,7</b>	<b>79,8</b>	1	<b>22,8</b>

## 2.5.2 – Reservas Permanentes

Em consonância com as idéias adotadas na concepção do modelo matemático hidrogeológico da Bacia LAC, as reservas permanentes do Sistema LAC foram estimadas considerando todo o sistema como livre, admitindo que todas as camadas são afetadas por falhas e fraturas que proporcionam *curtos circuitos* de fluxo entre os diferentes níveis aquíferos e regionalmente dão lugar a uma única superfície potenciométrica média de equilíbrio. Trata-se, portanto, das reservas de saturação.

Usando para cada uma das 3 (três) unidades hidrogeológicas de fluxo que compõem o Sistema LAC os valores de espessuras saturadas e porosidade efetiva constantes da **tabela 2.18**, considerados como os mais representativos no modelo hidrogeológico conceitual descrito no **capítulo 3**, as reservas permanentes foram estimadas conforme se indica na **tabela 2.22**.

**Tabela 2.22** – Reservas permanentes dos aquíferos do *Sistema LAC*.

Parâmetro	Simbolo	Unidade	Valor
<b>Aquífero Superior</b>			
Área	A	km <sup>2</sup>	460
Espessura média	b	m	220
Porosidade Efetiva	Sy	adimensional	0,05
Reserva permanente	A.b.Sy	Hm <sup>3</sup>	<b>5.060,0</b>
<b>Aquífero Médio</b>			
Área	A	km <sup>2</sup>	1.380
Espessura média	b	m	279
Porosidade Efetiva	Sy	adimensional	0,08
Reserva permanente	A.b.Sy	Hm <sup>3</sup>	<b>30.801,6</b>
<b>Aquífero Inferior</b>			
Área	A	km <sup>2</sup>	3.495
Espessura média	b	m	79
Porosidade Efetiva	Sy	adimensional	0,02
Reserva permanente	A.b.Sy	Hm <sup>3</sup>	<b>5.522,1</b>

## 2.5.3 – Reservas Explotáveis Inclusive as Estratégicas

Considerando que a Cogerh necessita praticar uma exploração sustentável dos recursos hídricos subterrâneos da bacia LAC, recomenda-se como reserva explotável, a reserva reguladora de longo período, estimada em cerca de **80 hm<sup>3</sup>/ano**.

Nessas condições a reserva permanente se caracteriza como reserva estratégica para ser usada de acordo com as necessidades em épocas críticas de estiagem muito prolongada.

## 2.6 – Zoneamento da Exploração em 2010

A partir da aplicação de modelos computacionais para a gestão de aquíferos em exploração, a orientação geral aqui proposta é que a decisão do órgão gestor seja tomada com base no conceito de **ZEA – Zoneamento da Exploração do Aquífero**. Dois caminhos podem ser seguidos, para a concessão de outorgas:

- ✓ No caso de ser a reserva reguladora insuficiente para o atendimento das demandas atuais e futuras, num horizonte de 50 anos, é possível retirar das reservas permanentes (*Vrp*) uma parcela equivalente a 1/3 do seu volume, de modo a obter uma descarga adicional de ( $Vrp/150$ ) m<sup>3</sup>/ano. Essa **decisão de longo alcance** admite que a preservação de 2/3 do volume *Vrp* é bastante para a geração futura e suficiente para manter 2/3 da espessura saturada como zona de admissão de água para os poços de exploração, por hipótese, totalmente penetrantes. Em termos de gestão, o objetivo dessa ideia é obter um **rebaixamento máximo permissível (RMP)** igual a 1/3 da espessura saturada, que possa servir de guia para o licenciamento e outorga de poços em células deficitárias do ZEA, de modo a permitir que as concessões de uso da água sejam feitas **por zonas** e não **por poço**. Os resultados obtidos na modelagem realizada (**capítulo 3**) indicam que a metodologia baseada no *RMP* tem grande chance de ser exitosa em aquíferos como o Rio Batateira, o Missão Velha e Mauriti, pertencentes ao *Sistema Aquífero LAC*.
- ✓ Uma outra alternativa, que não implica em retiradas das reservas permanentes, é a chamada **VMP (vazão máxima permissível)** avaliada através de um balanço de entrada-saída em cada célula do ZEA. Na prática esse critério pode ser muito restritivo e difícil de aplicar, sobretudo quando existem demandas locais não atendidas.

No caso em estudo, o ponto de partida para o **zoneamento da exploração** na bacia do Cariri, foi a inserção da área de estudo no interior de um retângulo de 110 km x 70 km, no qual foi feita uma partição em 50 células regulares de 100 km<sup>2</sup> (10 km x 10 km) das quais 37 tiveram em seu interior porções significativas da área de estudo no domínio do sistema aquífero LAC.

Foi então realizado um balanço tendo como vazão de entrada em cada célula, a recarga média de longo período e como descarga de saída, a vazão de bombeamento dos poços, estimada para 2010 na área do projeto. Isto permitiu obter o **mapa de zoneamento da exploração do sistema aquífero LAC em 2010**, indicativo dos excedentes e/ou dos déficits existentes em relação à recarga natural (**figura 2.15**). Como se vê na **tabela 2.23** o número de poços existentes em operação em cada célula varia de zero a 148, estando concentrados principalmente nas células dos municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha.

Ali se encontram, nas células 5, 6, 15 e 16 do referido mapa, nada menos que 39% dos poços em operação (382/977).

De maneira geral o mapa de ZEA Cariri, com células numeradas (**figura 2.16**) revela que existe (na ausência de retorno de águas usadas) um déficit significativo em relação à recarga natural de longo período nas células de números 5, 6, 7, 14, 15, 16 e 26 no setor ocidental e nas células 32, 33 e 39 no setor oriental.

Como será visto adiante (**item 3.8**) o modelo matemático hidrogeológico calibrado com PEST (Doherty, 2004) usando as cargas registradas na rede de 24 sensores instalados pela Cogerh mostra que os fluxos de retorno de águas usadas são bastante significativos e chegam a 0,967 m<sup>3</sup>/s (**tabela 3.11**).

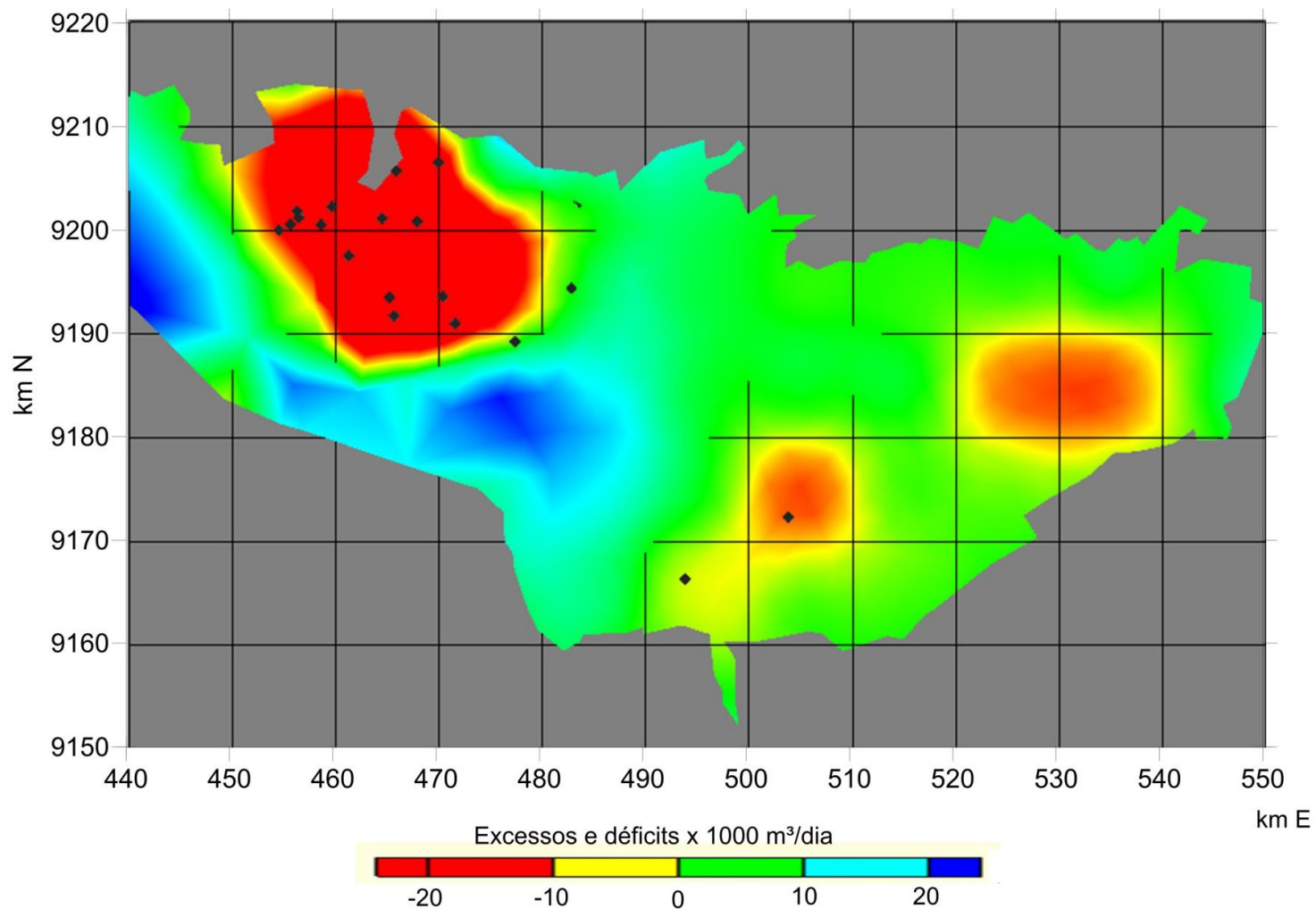
Sabe-se, porém, que nas décadas de 1960 e 1970, as cargas potenciométricas do aquífero Missão Velha na região de Juazeiro do Norte até Missão Velha no vale do Rio Batateiras, se encontravam acima da superfície do terreno (Gaspary *et al.*, 1967). Mesmo anos depois, em 1976, quando a antiga captação de Juazeiro do Norte operada pela CAENE foi ampliada pela CAGECE, dos 7 (sete) novos poços então construídos ao longo do riacho dos Macacos, 4 (quatro) apresentaram níveis estáticos acima da superfície do terreno (Manoel Filho, 1976b).

O mapa de distribuição final de cargas do modelo calibrado como foi visto (**figura 2.14**) mostra que existe uma incipiente tendência de exaustão na região de Milagres com captura de 23,6 l/s do fluxo natural não havendo mais fluxo pelo exutório do riacho dos Porcos. Na região do Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte, onde se concentra a maior exploração, não há evidência de exaustão porque ainda existe um fluxo remanescente de 156 l/s no exutório do rio da Batateira. A tendência de equilíbrio ali observada é atribuída à influência de fluxos de retorno, que são estimados em 0,967 m<sup>3</sup>/s. Portanto, praticamente não foi encontrada diferença significativa entre o mapa potenciométrico de equilíbrio e o mapa potenciométrico de fluxo transiente após 50 anos de exploração (1961-2010). As cargas iniciais foram obtidas das medições de níveis estáticos realizadas no âmbito dos estudos do GEVJ – Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe (Gaspary *et al.*, 1967).

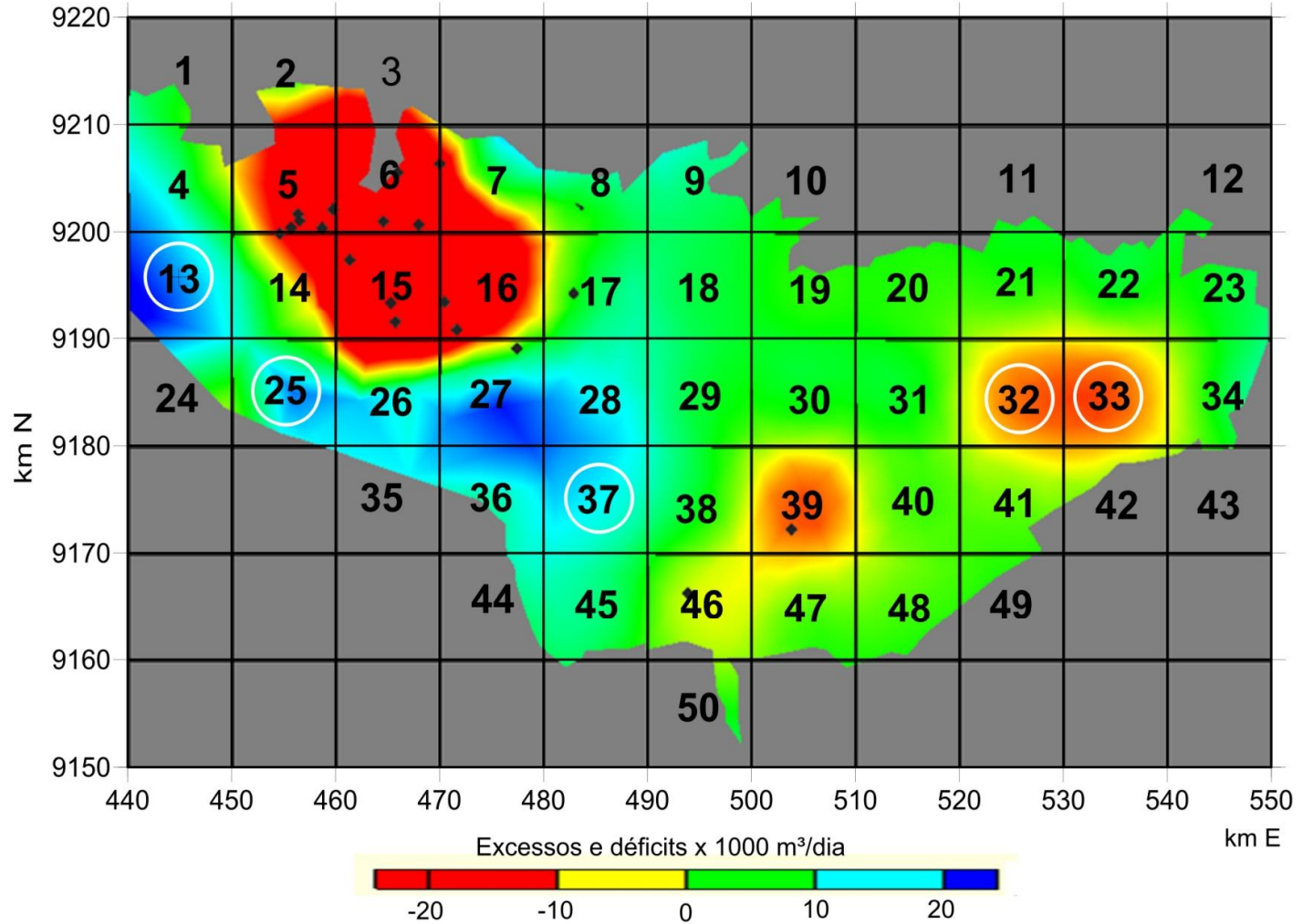
Esse contexto sugere uma influência significativa dos efluentes de esgotos domésticos lançados na rede hidrográfica, que foi comprovada pelo resultado final do modelo devidamente calibrado com PEST.

**Tabela 2.23** – Balanço da zona de exploração ZEA Cariri, com indicação dos datalogers (sensores de nível) existentes e a serem instalados (em vermelho) para fins de monitoramento.

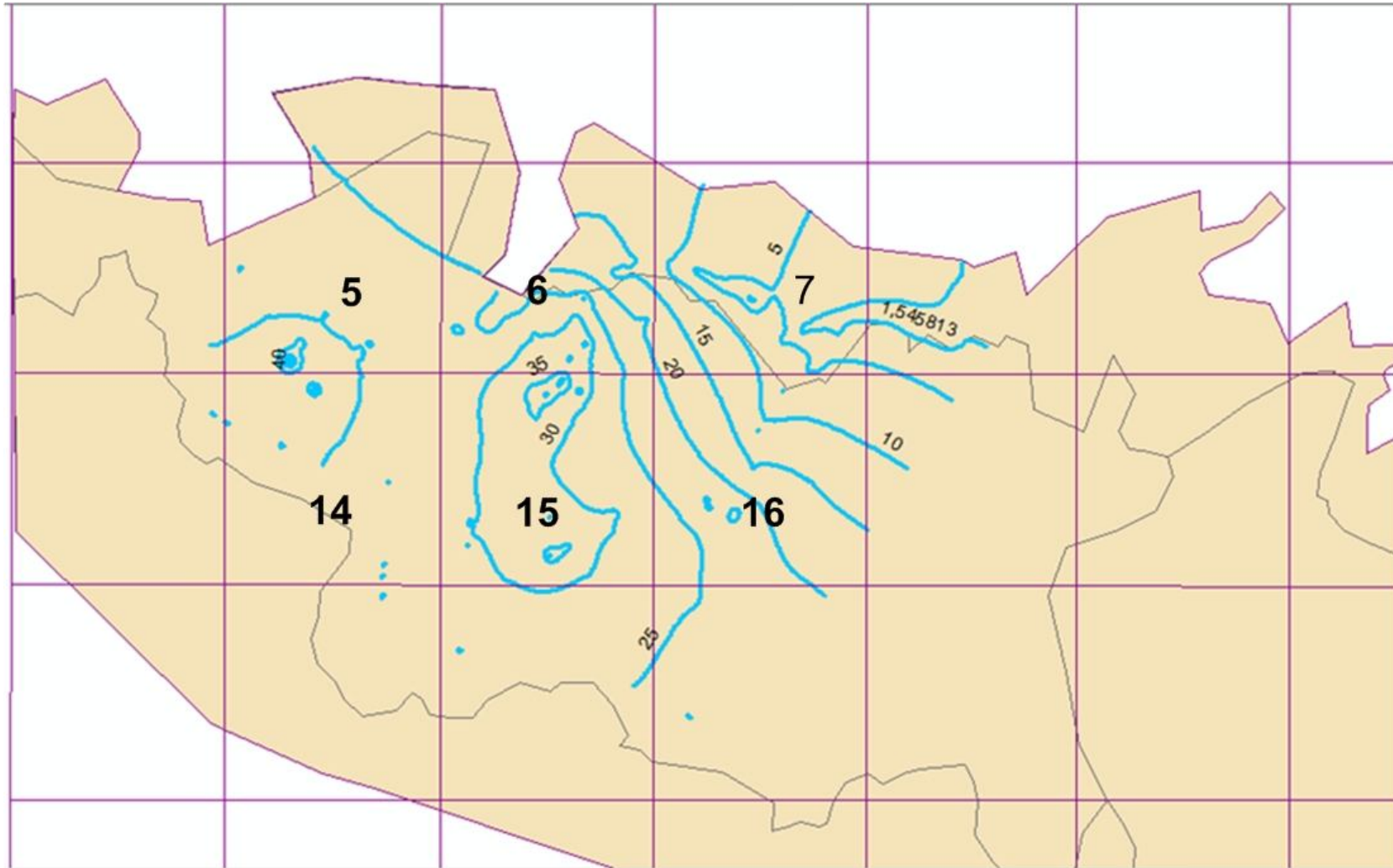
Célula	x	y	Área (km <sup>2</sup> )	Número de Poços	Número de Fontes	Entrada (m <sup>3</sup> /dia)	Saída (m <sup>3</sup> /dia)	Entrada-Saída (m <sup>3</sup> /dia)	sensores
1	445000	9215000	18,63	0		1.577	0	1.577	
2	455000	9215000	26,57	2		2.249	-304	1.945	
3	465000	9215000	15,76	5		1.334	-495	839	
4	445000	9205000	62,58	2	12	6.407	-104	6.303	
5	455000	9205000	91,07	51	3	7.974	-31.595	-23.621	6
6	465000	9205000	84,58	124		7.160	-58.096	-50.936	4
7	475000	9205000	85,29	22		7.220	-5.356	1.864	
8	485000	9205000	55,16	6		4.670	-249	4.421	1
9	495000	9205000	65,02	3		4.966	-194	4.772	
10	505000	9205000	10,96	1		240	-19	221	
11	525000	9205000	6,19	0		136	0	136	
12	545000	9205000	6,64	0		146	0	146	
13	445000	9195000	97,35	0	17	16.318	0	16.318	1
14	455000	9195000	100,00	35	26	16.026	-12.803	3.222	
15	465000	9195000	100,00	148		8.466	-99.162	-90.696	3
16	475000	9195000	100,00	59		8.466	-41.352	-32.886	2
17	485000	9195000	100,00	19		8.466	-5.201	3.265	1
18	495000	9195000	100,00	13		4.363	-1.949	2.414	2
19	505000	9195000	80,97	43		1.775	-3.264	-1.490	
20	515000	9195000	84,91	30		1.861	-3.250	-1.389	
21	525000	9195000	97,48	18		2.137	-3.276	-1.139	
22	535000	9195000	91,53	5		2.006	-411	1.595	
23	545000	9195000	67,62	1		1.482	-16	1.466	
24	445000	9185000	25,64	0		2.170	0	2.170	
25	455000	9185000	87,56	3	11	15.814	-206	15.608	1
26	465000	9185000	100,00	7	18	12.801	-840	11.961	
27	475000	9185000	100,00	14	24	21.737	-4.783	16.954	2
28	485000	9185000	100,00	6	11	10.578	-635	9.944	
29	495000	9185000	100,00	15		2.336	-395	1.942	1
30	505000	9185000	100,00	18		2.192	-1.027	1.164	
31	515000	9185000	100,00	13		2.192	-844	1.348	1
32	525000	9185000	100,00	54		2.192	-17.780	-15.588	1
33	535000	9185000	100,00	26		2.192	-19.204	-17.012	1
34	545000	9185000	78,08	1		1.711	-133	1.578	
35	465000	9175000	21,55	0		1.824	0	1.824	
36	475000	9175000	69,60	0		5.892	0	5.892	
37	485000	9175000	100,00	0	40	9.954	0	9.954	1
38	495000	9175000	100,00	16	16	3.689	-2.382	1.307	
39	505000	9175000	100,00	77		2.192	-19.844	-17.652	1
40	515000	9175000	100,00	25		2.192	-4.336	-2.144	
41	525000	9175000	90,64	27		1.987	-5.910	-3.923	
42	535000	9175000	25,61	8		561	-2.970	-2.409	
43	545000	9175000	1,58	0		35	0	35	
44	475000	9165000	21,28	0	5	2.881	0	2.881	
45	485000	9165000	94,10	12	15	9.498	-4.498	5.001	
46	495000	9165000	91,28	37		2.001	-10.805	-8.805	
47	505000	9165000	95,35	12		2.090	-5.406	-3.316	
48	515000	9165000	83,78	15		1.836	-4.473	-2.636	
49	525000	9165000	16,36	2		359	-266	93	
50	495000	9155000	11,29	2		247	-108	139	
				<b>977</b>	<b>198</b>	<b>238.596</b>	<b>-373.939</b>	<b>-135.343</b>	29



**Figura 2.15** – Zonas de exploração do Sistema Aquífero LAC (aquíferos Rio Batateira, Missão Velha e Mauriti) em 2010, definidas em função do balanço de entrada-saída (m<sup>3</sup>/dia), na ausência de águas de retorno, com localização dos *datalogers* Cogerh de monitoramento automático existentes.



**Figura 2.16** – Mapa de distribuição da ampliação proposta para a rede de monitoramento automático, com sugestão de 5 (cinco) novos sensores, nas células indicadas.



**Figura 2.17** – Rebaixamentos produzidos após 50 anos (1961-2010) na região de Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte, pelo modelo numérico local, na ausência de retorno de águas usadas.

## 2.7 – Delineamento das Zonas de Recarga Potencial Natural

As zonas de recarga potencial natural da bacia LAC são representadas pela Chapada do Araripe (460 km<sup>2</sup>) onde se estima uma infiltração de 68 mm/ano da qual resulta uma descarga permanente de fontes da ordem de 1 m<sup>3</sup>/s.

Secundariamente destacam-se as porções em relevo da Formação Mauriti, que ocorrem no setor norte da zona oeste e também nas faixas aflorantes dessa mesma Formação nas bordas sul e norte no setor leste da bacia. Nessas áreas, embora o balanço hídrico tenha indicado uma recarga média de longo período da ordem de apenas 8 mm/ano, a calibração das cargas potenciométricas sugere que nas partes altas, a recarga potencial pode ser bem superior, chegando à faixa dos 30 mm/ano.

## 2.8 – Programa de Monitoramento das Reservas Reguladoras e Permanentes

O monitoramento dos níveis de água subterrânea já vem sendo praticado pela Cogerh por métodos manuais e principalmente através de uma rede de 24 datalogers que também medem as descargas bombeadas.

Como mostram os mapas das **figuras 2.15 e 2.16**, 19 dos 24 sensores estão localizados na zona onde se encontram as células com maior déficit hídrico (5, 6, 7, 14, 15, 16). Considera-se que essa rede é plenamente satisfatória para o controle da exploração na referida zona.

Julga-se, todavia, conveniente a ampliação dessa rede com a implantação de 3 (três) novos datalogers sobre a Chapada do Araripe, principal zona de recarga, nas células 13, 25 e 37 e também de 2 (dois) datalogers nas células 32 e 33 que são deficitárias na zona leste da bacia, como indicado no mapa da **figura 2.16**.

Ao lado do monitoramento de níveis e descargas, a Cogerh deve prosseguir com o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas para caracterizar a evolução do processo de contaminação já iniciado. De fato, como órgão gestor dos recursos hídricos, deve dispor de elementos técnicos contundentes para a obtenção de recursos financeiros e apoio da sociedade e dos órgãos ambientais e responsáveis pelo saneamento, para reverter o quadro vigente de degradação da qualidade das águas subterrâneas da região.

Com utilização dos dados coletados, são recomendadas avaliações anuais através da modelagem numérica das zonas de exploração monitoradas, incluindo análise dos registros coletados, calibração de modelos de fluxo, e implementação de modelos de otimização de vazões, em escala de ZEA, compondo um **Relatório Anual de Controle da Exploração**, circunstanciado.

## 2.9 - Avaliação dos registros de nível e vazão da rede de monitoramento automático

### 2.9.1 - Registros de nível

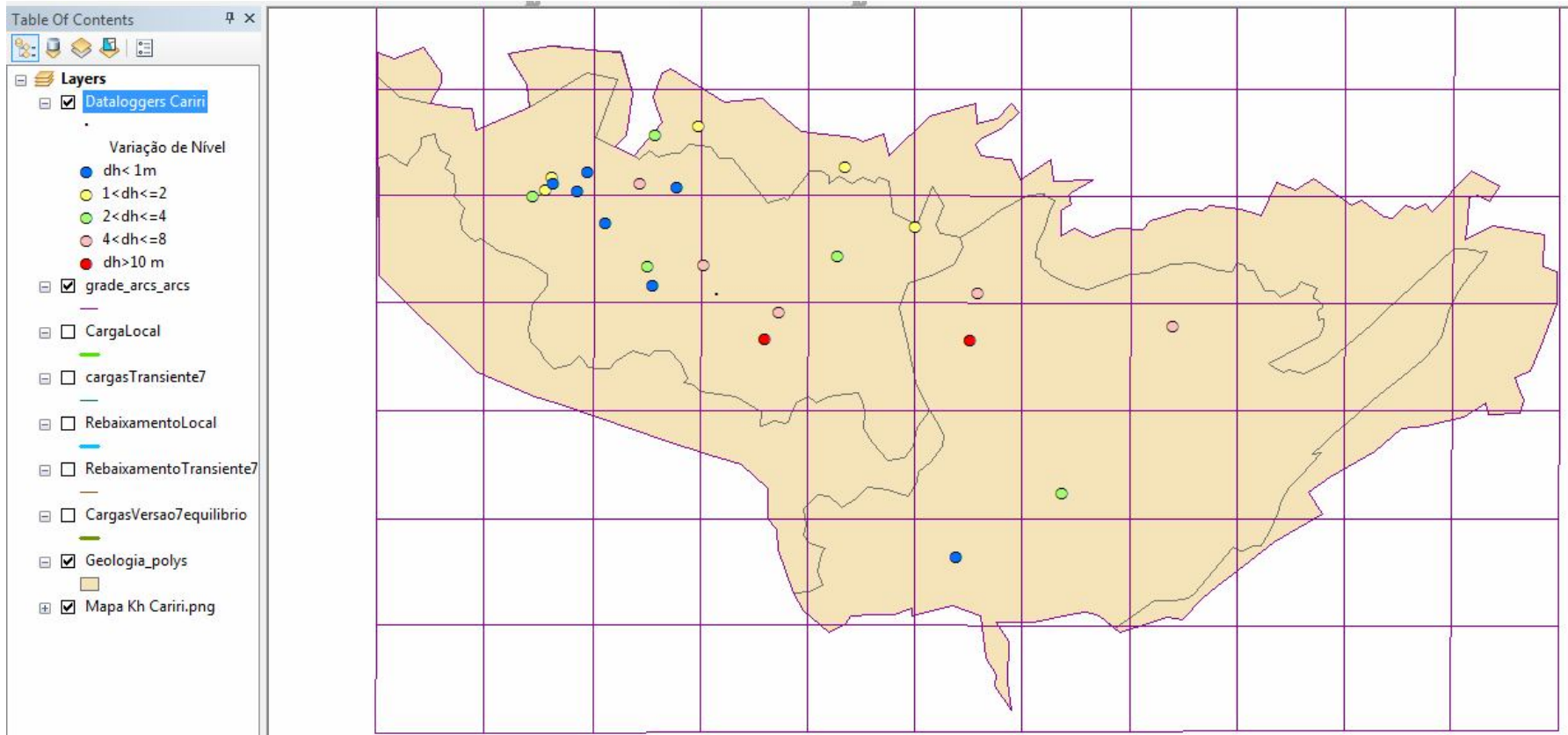
Os dados de níveis dos poços da rede de monitoramento automático foram analisados com o objetivo de caracterizar a evolução real dos níveis potenciométricos e a situação atual da exploração de água subterrânea no Cariri, no período de 17 meses compreendido entre agosto de 2009 e dezembro de 2010.

As variações de nível de acordo com a posição dos datalogers são ilustradas no mapa da **figura 2.18**. Quanto à magnitude das variações, do nível médio mensal, esta é ilustrada nos gráficos das seguintes figuras:

- **Figuras 2.19a a 2.19g:** 7 datalogers com variação de nível de menos de 1 m, indicando quase um regime de equilíbrio, em células bastante congestionadas por poços existentes em operação;
- **Figuras 2.20a a 2.20e:** 5 datalogers com variação de nível maior do que 1 m e menor do que 2 m;
- **Figuras 2.21a a 2.21e:** 5 datalogers com variação de nível superior a 2 m e inferior a 4 m;
- **Figuras 2.22a a 2.22e:** 5 datalogers com variação de nível superior a 4 m e inferior a 8 m, já sugestiva de influências de bombeamentos;
- **Figuras 2.23a a 2.23b:** 2 datalogers com variação de nível superior a 10 m, revelando uma influência significativa de bombeamentos existentes;

### 2.9.2 - Registros de vazão

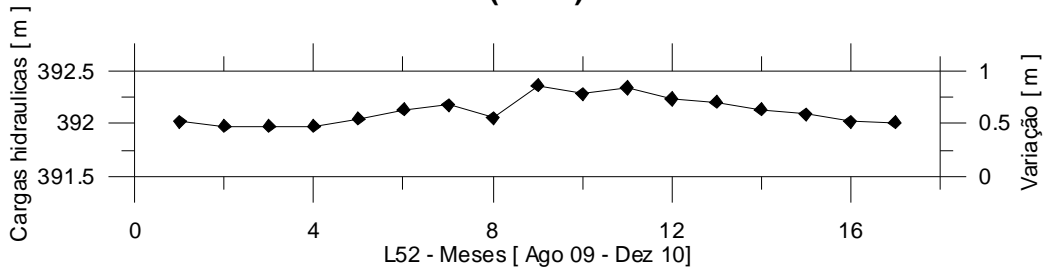
Os registros de vazão obtidos em 24 poços equipados com datalogers entre agosto de 2009 e dezembro de 2010, são apresentados na **tabela 2.24** e indicam bombeamentos mensais variáveis de 33.978 m<sup>3</sup> a 64.028 m<sup>3</sup> com média de 48.053 m<sup>3</sup>/mês e uma retirada total de 806.907 m<sup>3</sup> nos 17 meses de registros.



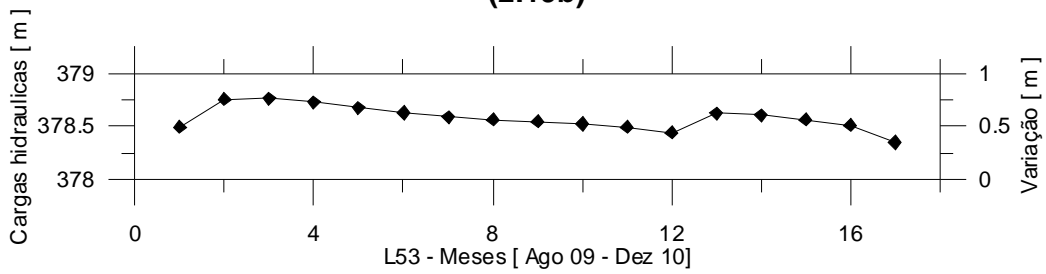
**Figura 2.18** – Localização dos dataloggers com indicação das faixas de variação do nível d’água no período de 17 meses compreendido entre agosto de 2009 e dezembro de 2010.



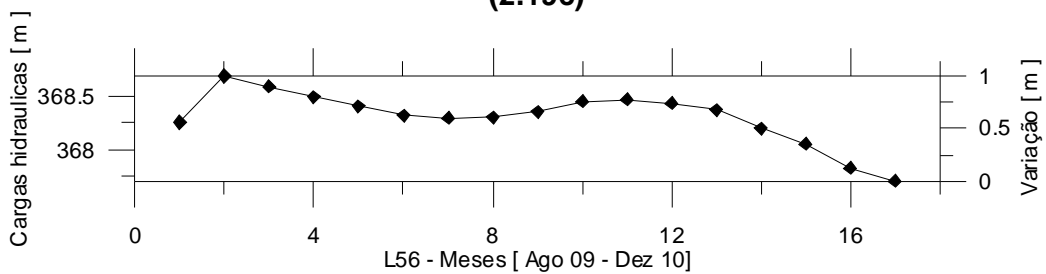
(2.19a)



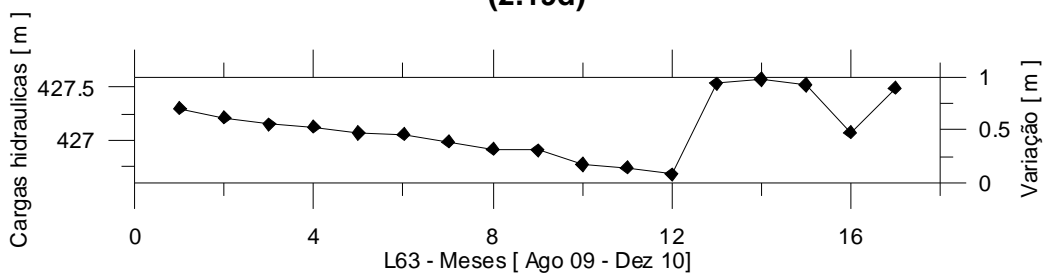
(2.19b)



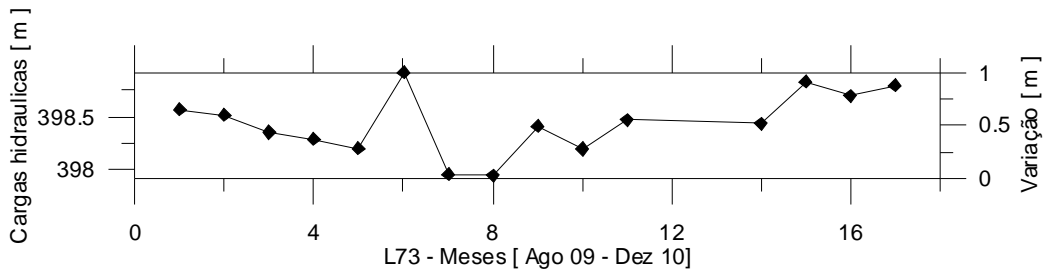
(2.19c)



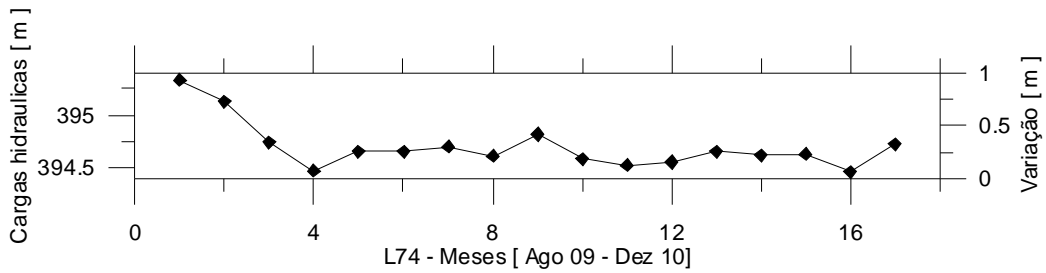
(2.19d)



(2.19e)

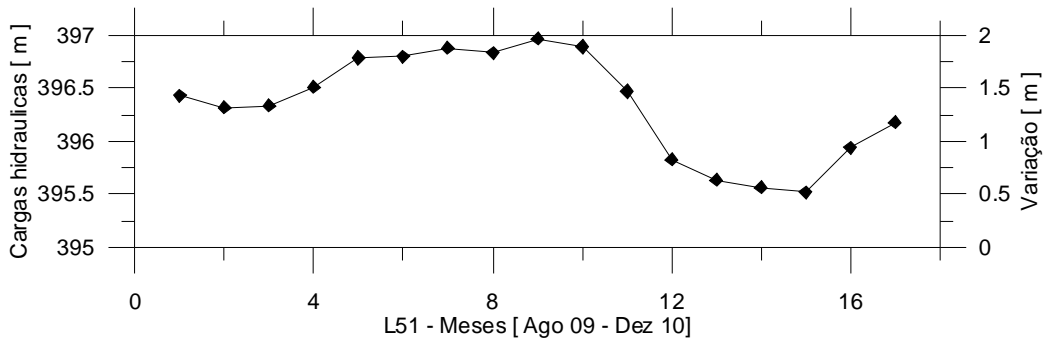


(2.19 f)

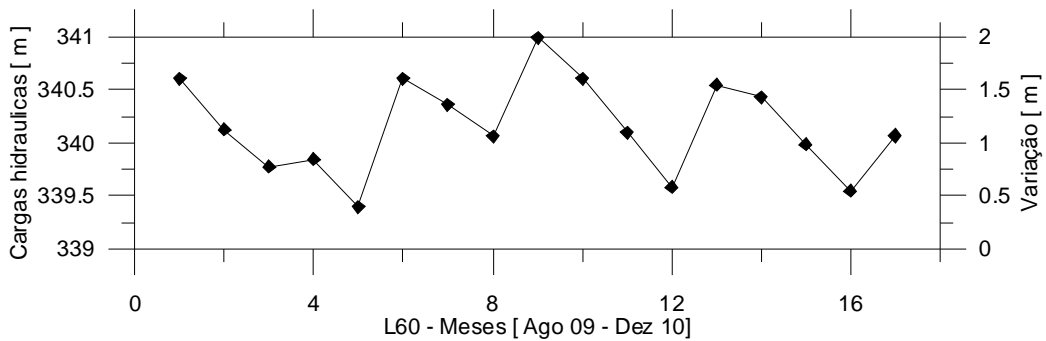


(2.19 g)

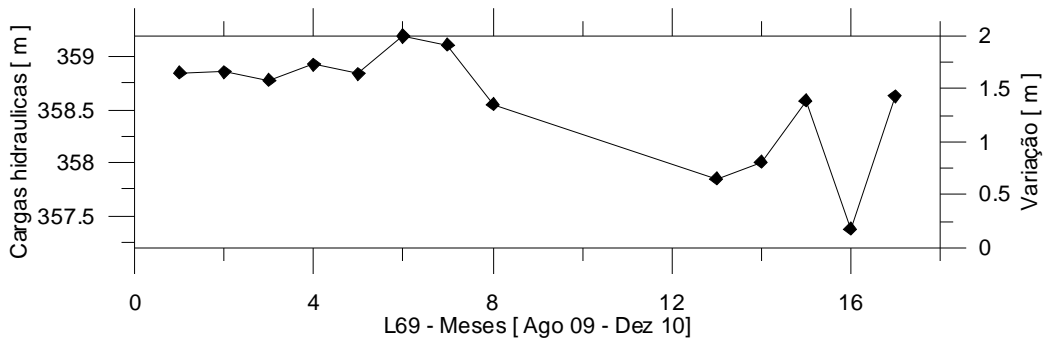
**Figura 2.19** – Dataloggers Cogerh com variação de carga inferior a 1 m na zona mais intensamente explorada por poços, revelando um cenário de equilíbrio.



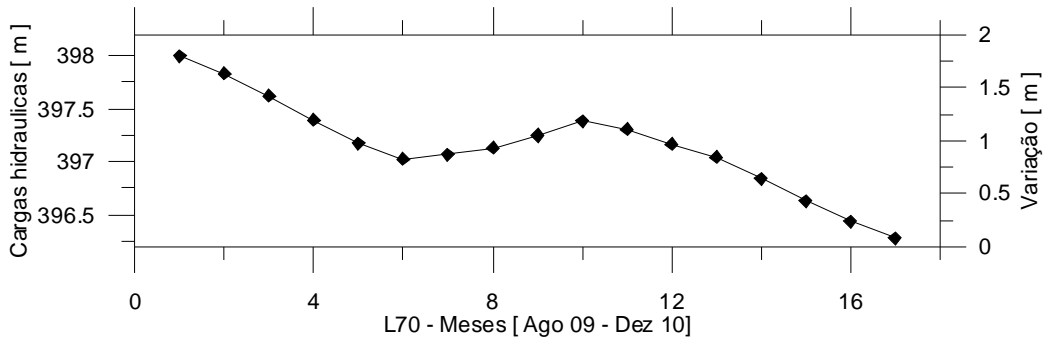
(2.20a)



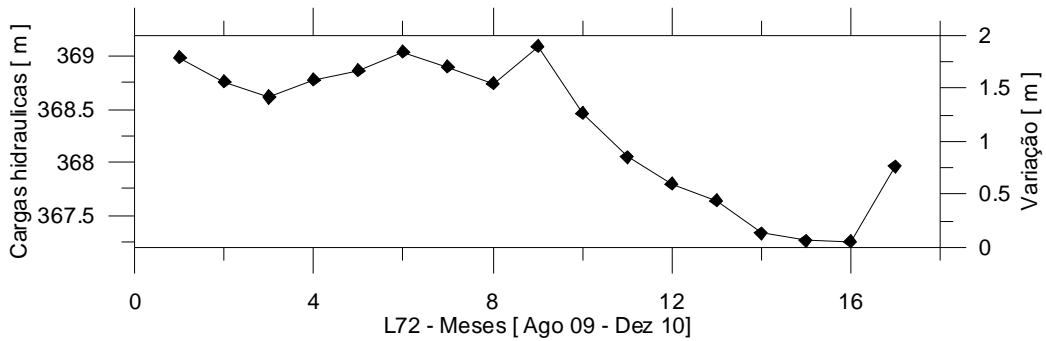
(2.20b)



(2.20c)

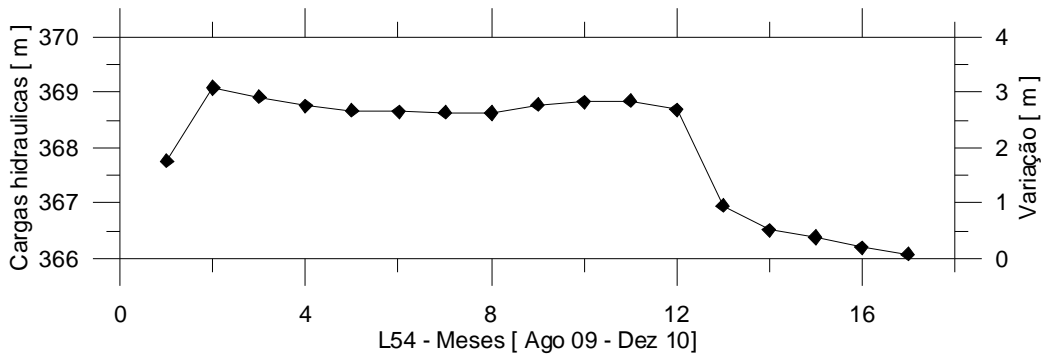


(2.20d)

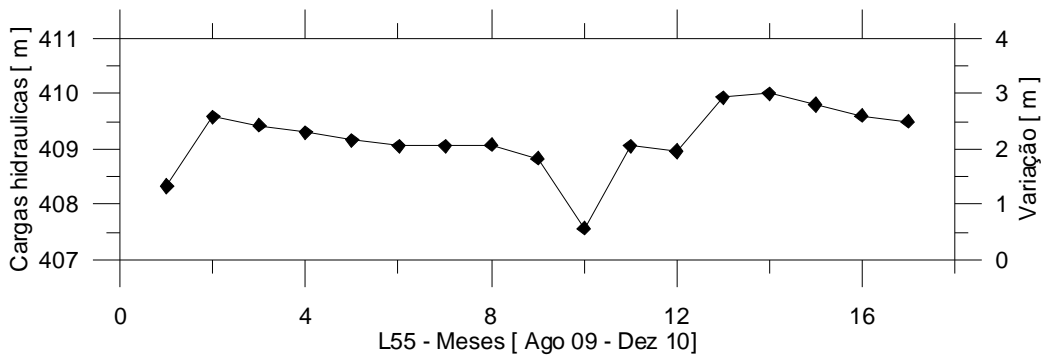


(2.20e)

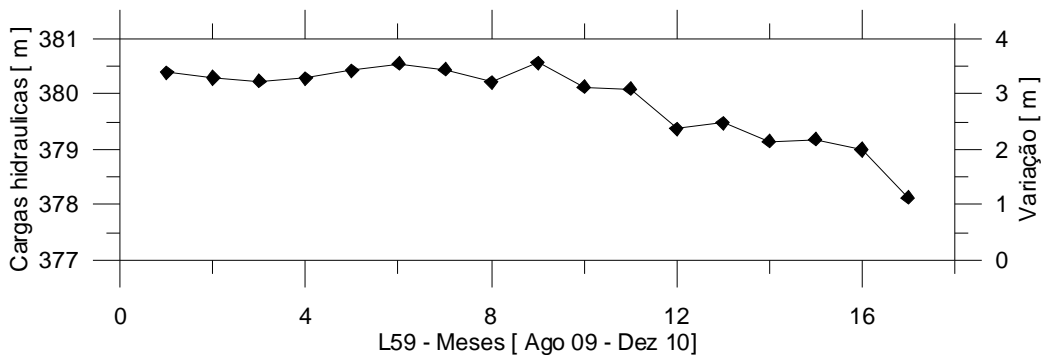
**Figura 2.20** – Datalogers Cogerh com variação de carga superior a 1 m e inferior a 2 m, aparentemente exibindo influência sazonal.



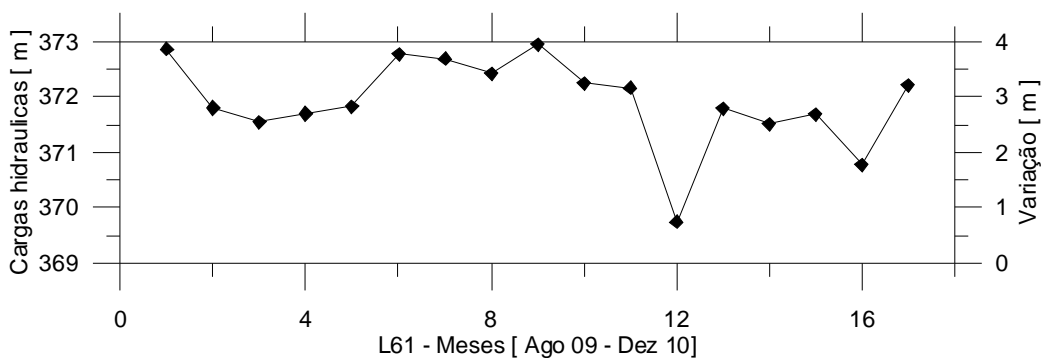
(2.21a)

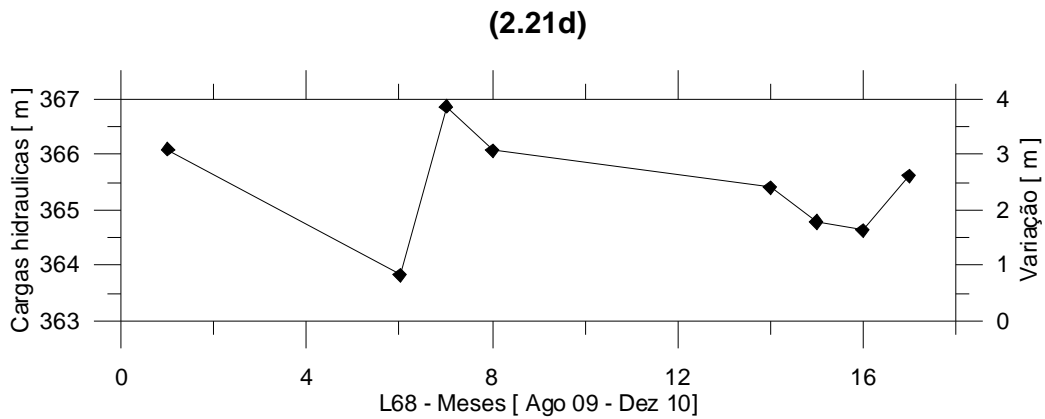


(2.21b)



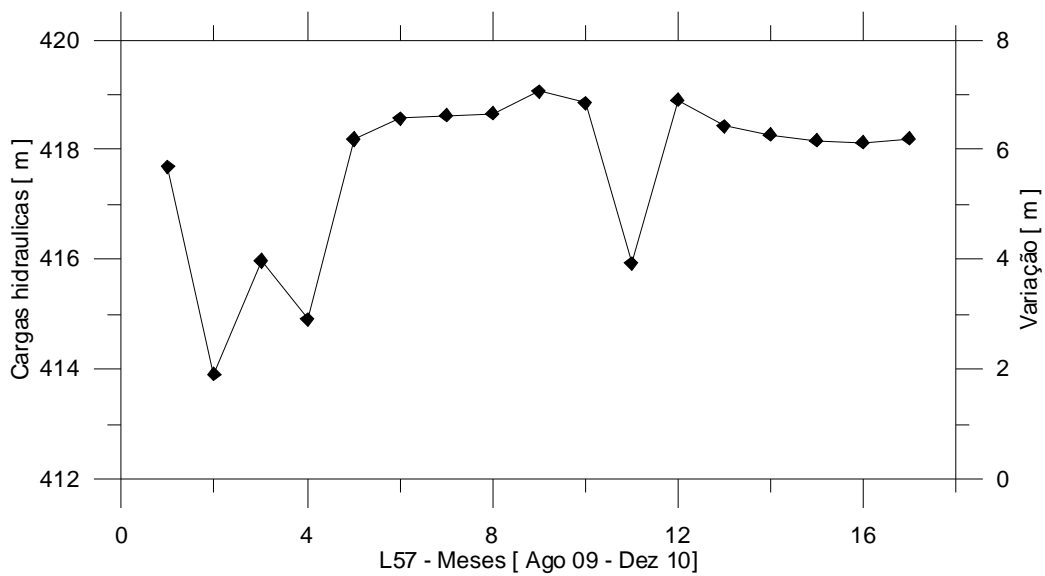
(2.21c)



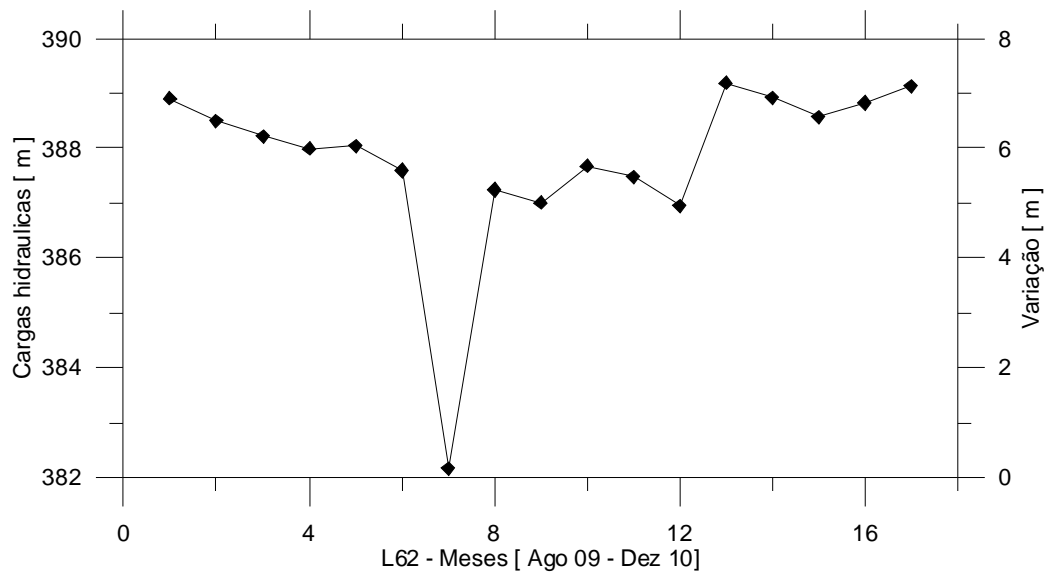


**(2.21e)**

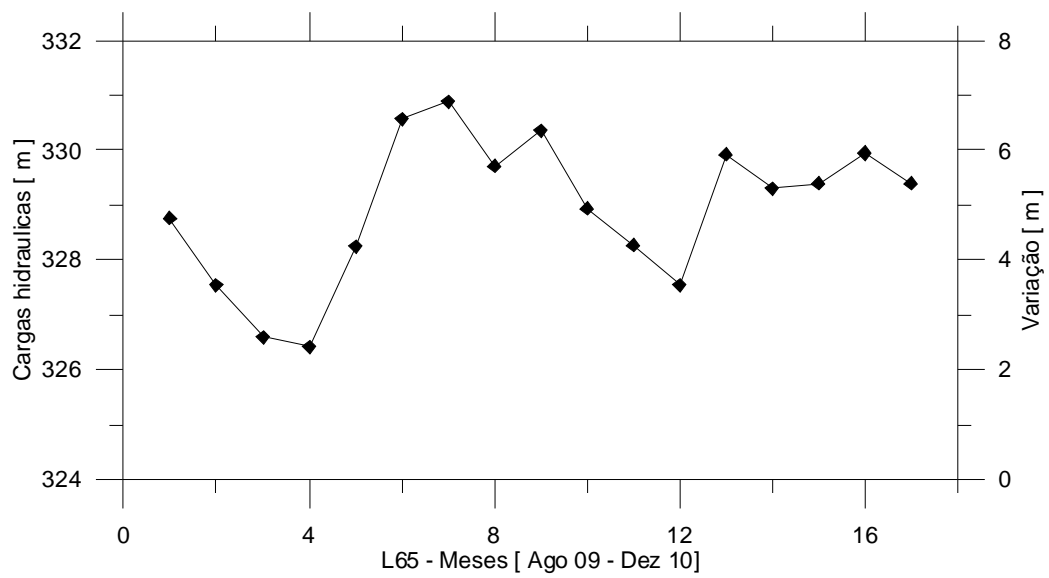
**Figura 2.21** – Datalogers com variação de nível superior a 2 m e inferior a 4 m, provavelmente acumulando influências de bombeamentos e influências sazonais difíceis de separar.



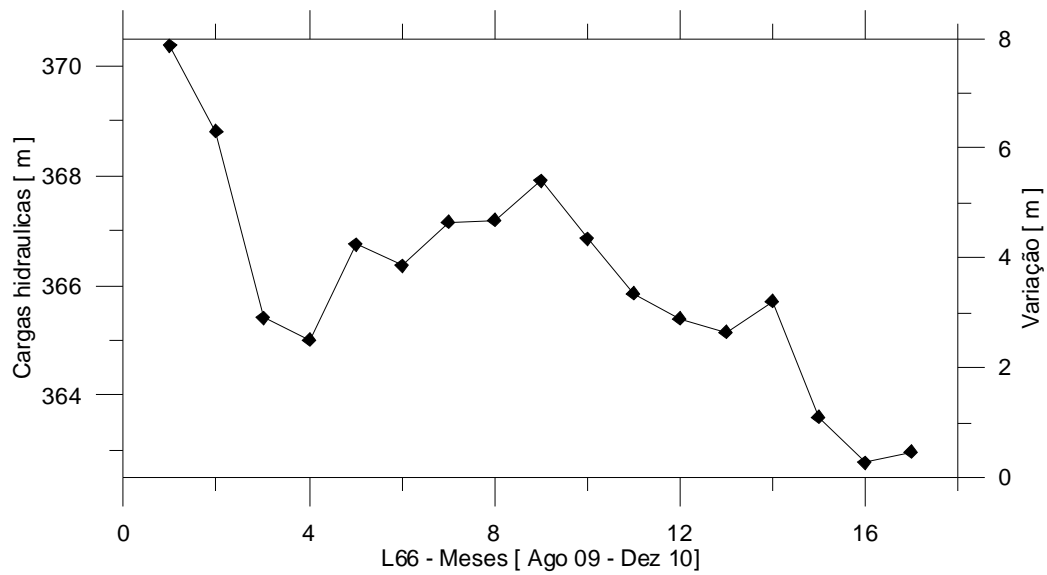
**(2.22a)**



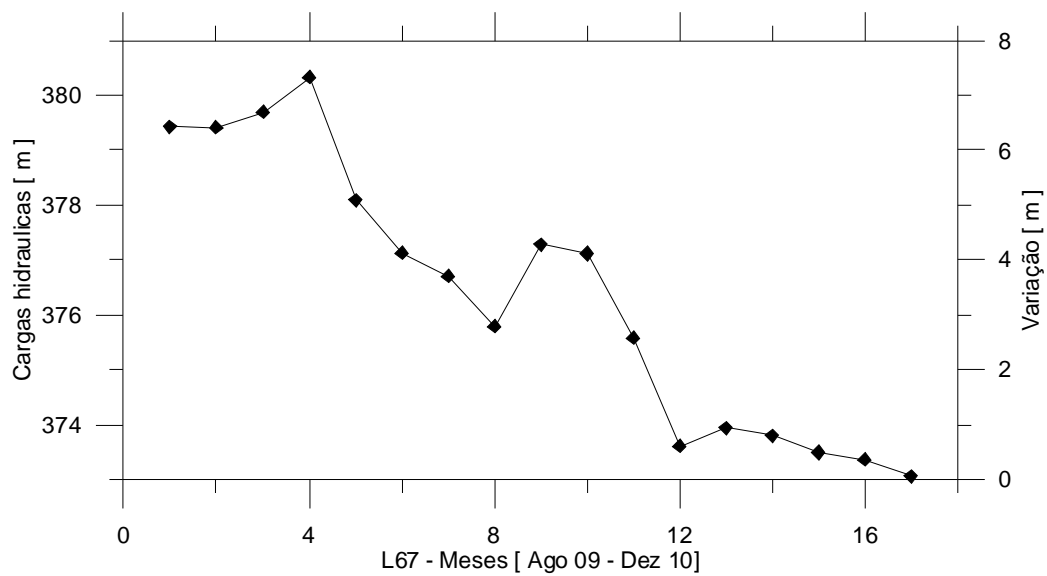
**(2.22b)**



**(2.22c)**

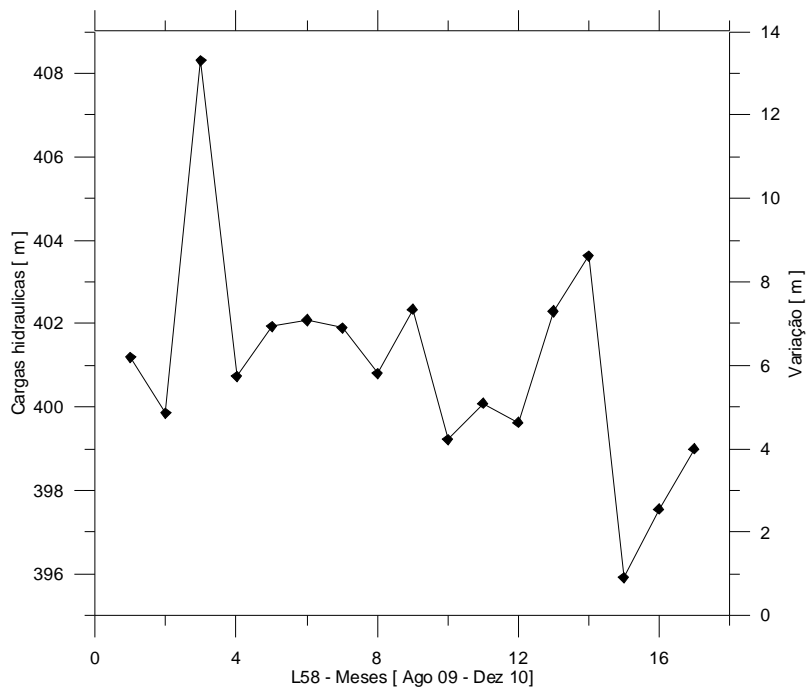


**(2.22d)**

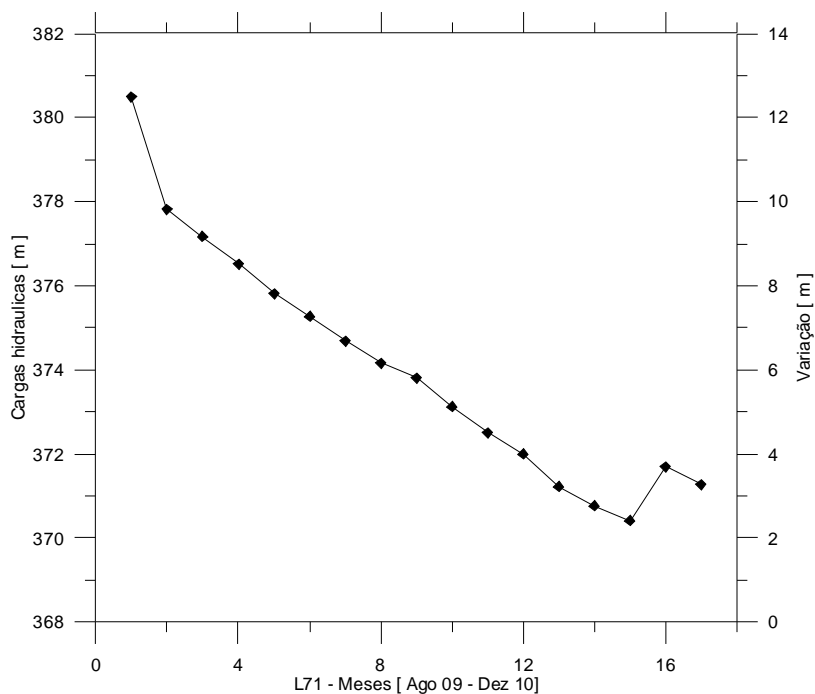


**(2.22e)**

**Figura 2.22** – Datalogers com variação de nível superior a 2 m e inferior a 4 m, provavelmente acumulando influências de bombeamentos e influências sazonais difíceis de separar.



(2.23a)



(2.23b)

**Figura 2.23** – Dataloggers com variação de nível na faixa de 10 m a 12 m, provavelmente acumulando influências de bombeamentos e influências sazonais difíceis de separar.

**Tabela 2.24 – Descargas mensais monitoradas em 24 poços equipados com dataloggers instalados pela Cogehb na bacia do Cariri.**

		Q(m <sup>3</sup> /mês)																
Logger	x	y	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	ago/10	set/10	out/10	nov/10
L51	456231	9201837	118,73	128,89	108,31	60,16	9,17	6,96	6,29	8,29	4,33	10,96	51,04	130,67	136,58	133,96	126,63	39,70
L52	461212	9197545	2400	2746	2855	2783	2660	2474	2113	2543	1852	2042	1801	1940	1918	1834	1893	1843
L53	458560	9200515	431	887	928	1100	669	474	655	1095	815	849	294	194	223	292	256	386
L54	465175	9193548	480	827	607	502	394	179	234	312	178	453	370	519	586	636	556	624
L55	454458	9199989	93	104	152	115	102	108	84	141	93	106	204	302	247	141	154	243
L56	467855	9200852	40	69	27	36	27	24	21	19	18	26	22	3	0	0	0	0
L57	470345	9193631	2488	12899	7127	11633	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L58	476020	9186739	8302	12626	9659	8908	5943	5757	5504	8146	3756	10866	8369	9038	11899	12275	12362	8239
L59	482790	9194422	1414	1579	1577	1422	1216	1084	1248	1467	1235	1736	1548	2176	2095	2263	2273	2337
L60	483565	9202774	2553	3083	2677	2852	2737	2387	2808	2186	1864	1967	2257	2920	3083	2925	3037	
L61	503763	9172385	3687	5206	5465	4984	4848	4158	4291	4970	4221	4962	4601	3426	4908	4934	4850	5431
L62	477381	9189222	2037	2542	2186	2371	2030	2026	2145	2504	2500	2571	2311	2626	2936	3205	3252	3255
L63	493809	9166424	1528	2054	2139	2022	2126	2036	2005	2331	2148	2387	2280	2330	2339	2260	2416	2275
L64	459613	9202250	8711,53	10355,3	11816,4	11632,12	12510,76	11910,88	10354,3	10533,5	10373,02	11658,5	11448,2	13314,8	11618,3	13152,2	14503,81	11839,23
L65	514056	9187918	695	910	939	824	855	706	642	778	725	821	845	927	994	1033	940	782
L66	495916	9190957	708	1171	1077	994	1000	706	727	770	698	842	835	953	1072	965	1250	1274
L67	464453	9201152	257	299	218	68	163	161	145	156	264	313	623	1201	1262	1321	1465	1419
L68	465821	9205713	56					71	428	296						228	456	623
L69	469922	9206529	1493	2275	2607	1627	1577	1367	1365	1083					1725	1872	1729	2163
L70	455582	9200566	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L71	495145	9186612	925	1331	1383	1468	1534	1440	1319	1435	1252	1595	1596	1767	1461	1427	1552	1457
L72	490024	9197206	1634	2140	2203	1827	1663	1419	1414	1631	1260	2169	2608	2959	3262	3309	3280	3186
L73	465623	9191711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0
L74	456359	9201195	678	796	972	769	439	365	322	432	400	698	649	569	770	694	571	693
Totais			40729,3	64028,2	56722,7	57997,3	43062,9	38859,8	37399,5	43458,8	33978,4	45969,5	42422,2	46632,4	52371,9	55058,2	56810,4	51145,9

### **3 –MODELO HIDROGEOLÓGICO**

### **MATEMÁTICO**

### 3.1- A Área Modelada

A área modelada é um retângulo de 116.000 m x 70.000 m, cujo lado maior está alinhado na direção leste-oeste. A cidade de Abaiara fica aproximadamente no centro desse retângulo. O limite oeste da área é a coordenada UTM 435.000 mE, o limite leste 551.000 mE, o limite norte 9.220.000 mN e o limite sul 9.150.000 mE. Esses limites abrangem a parte leste e central da Bacia Sedimentar do Araripe e mais uma porção do embasamento cristalino pré-cambriano (**figura 3.1**).

### 3.2- Discretização do Modelo

Ao contrário das soluções analíticas da equação diferencial do fluxo subterrâneo, que são soluções contínuas, as soluções numéricas só são resolvidas em pontos previamente determinados, nos chamados nós, ou seja, são modelos discretos. A discretização dos modelos numéricos em diferenças finitas é feita reticulando a área modelada em linhas e colunas, formando células quadradas ou retangulares. A área modelada foi dividida em 117 linhas e 131 colunas (**figura 3.2**). O espaçamento entre as linhas e colunas é variado. A menor distância entre linhas é de 350 m e a maior de 700 m, enquanto para as colunas a menor distância é de 580 m e a maior 1.160 m. Foi feito um refinamento da malha, que além de necessário para levar em conta a rede de poços existentes, também permitiu simular ao longo da estreita faixa compreendida entre a escarpa da Chapada e o topo da formação Santana, o gradiente hidráulico requerido para incluir as fontes no meio poroso do *Sistema LAC de Águas Subterrâneas Livres* objeto do modelo matemático. Na vertical o modelo foi discretizado em cinco camadas, como ilustrado no bloco 3D da **figura 3.3**. Em cada camada o total de células totaliza 15.327 das quais 7.557 são células ativas e 7.770 são inativas. As células inativas correspondem, na maior parte, ao embasamento cristalino.

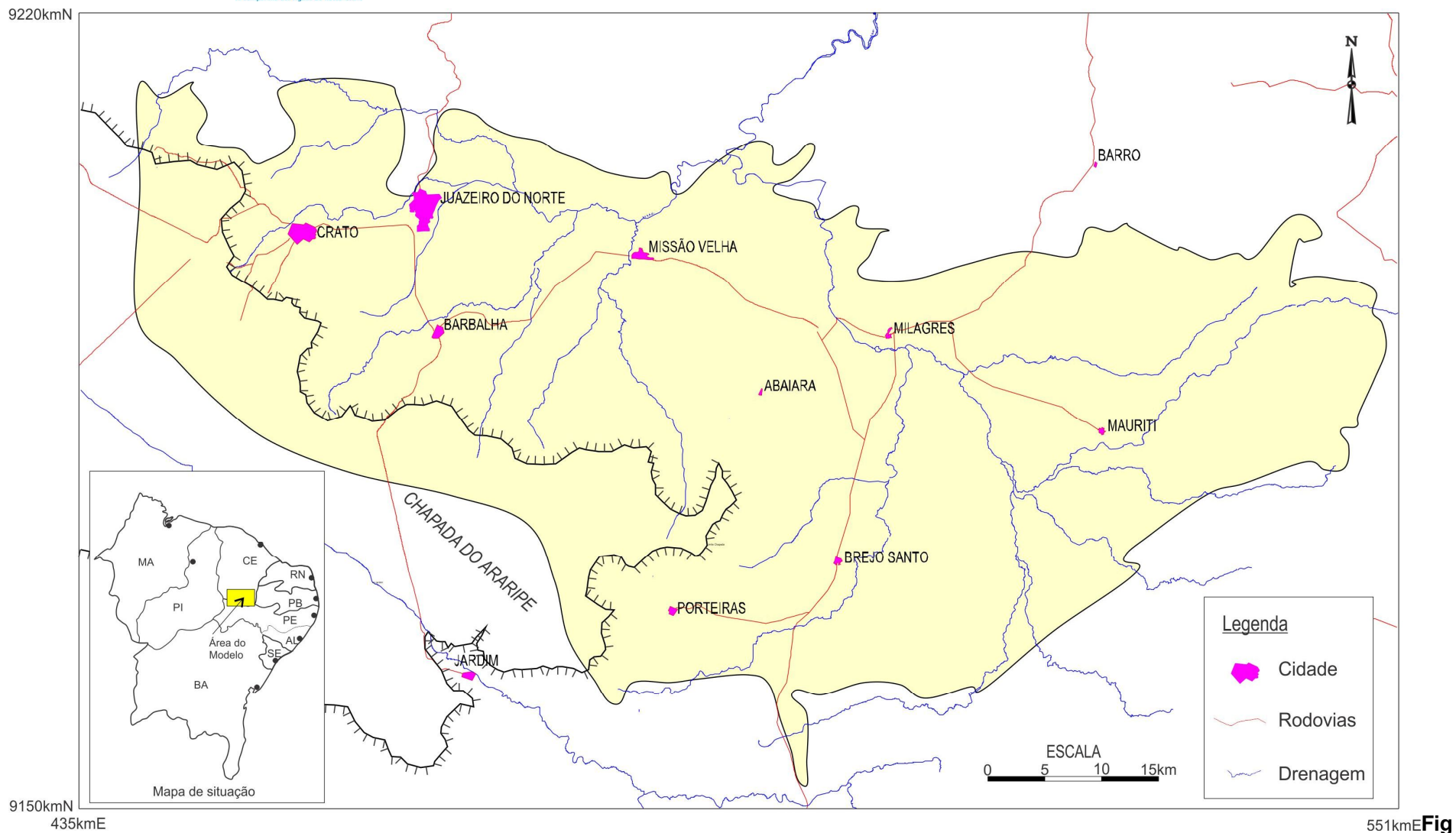
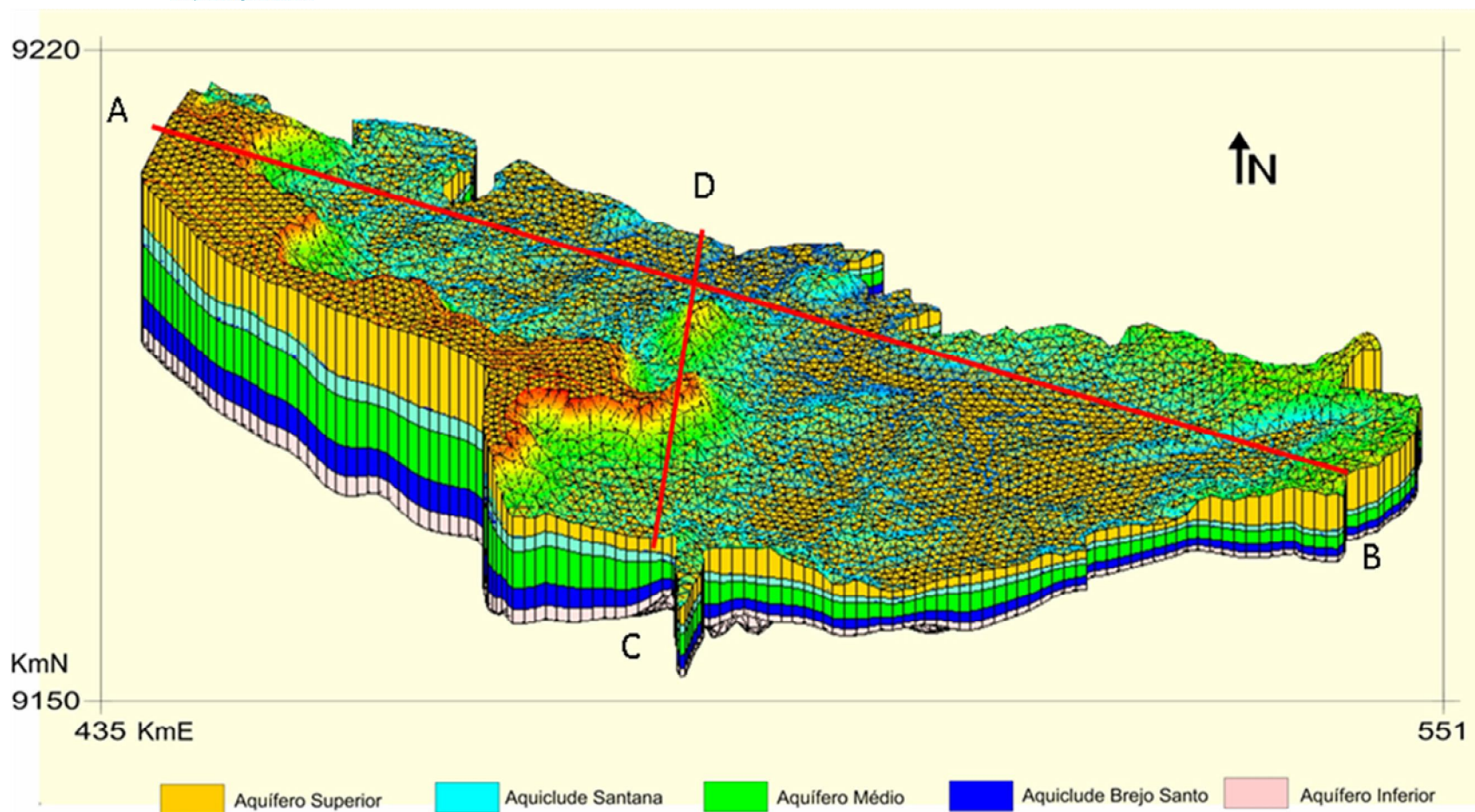


Figura 3.1 – Mapa de situação e localização da área modelada, na bacia Leste Araripe- Cariri (LAC).

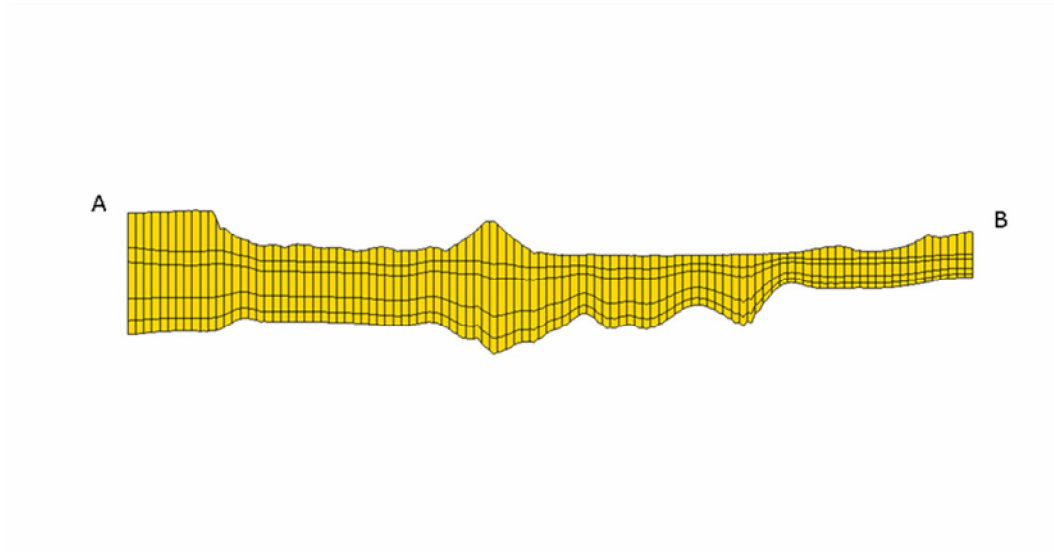


**Figura 3.2 – Discretização da área modelada**

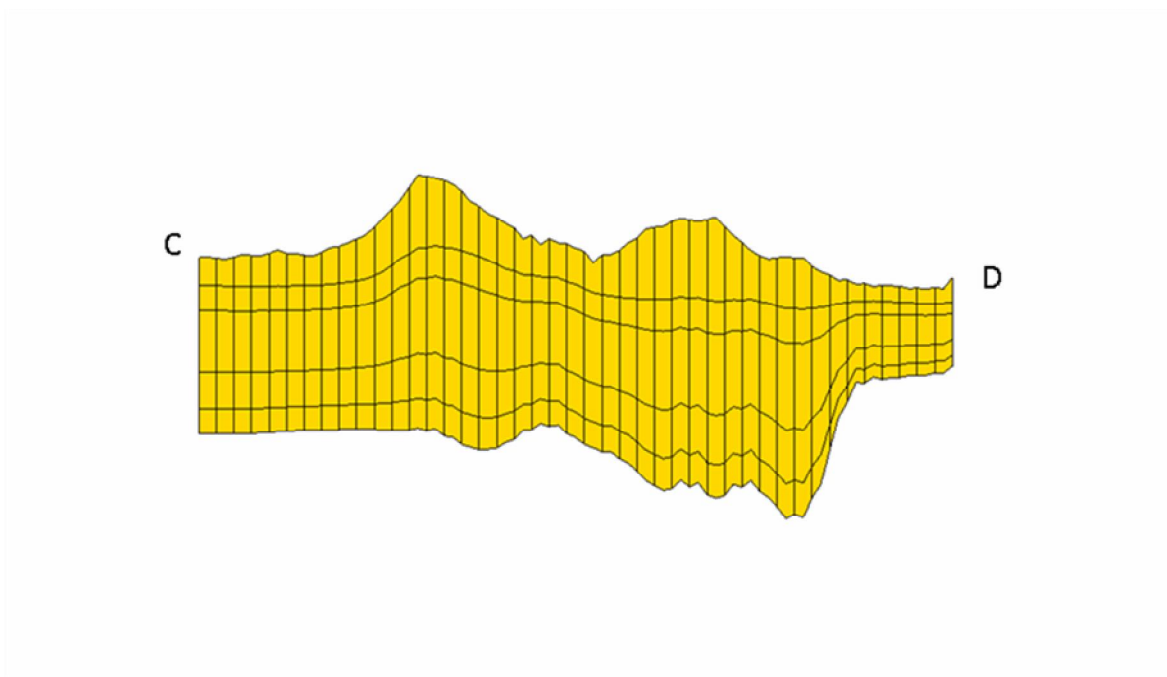


**Figura 3.3** – Bloco 3D de 5 camadas componentes do *Sistema Aquifero LAC* de águas subterrâneas livres.

As seções transversais localizadas na **figura 3.3**, com as 5 (cinco) camadas, são ilustradas nas **figuras 3.4** e **3.5**.



**Figura 3.4** – Seção Leste-Oeste (A – B) do modelo estratigráfico concebido para o Sistema LAC.



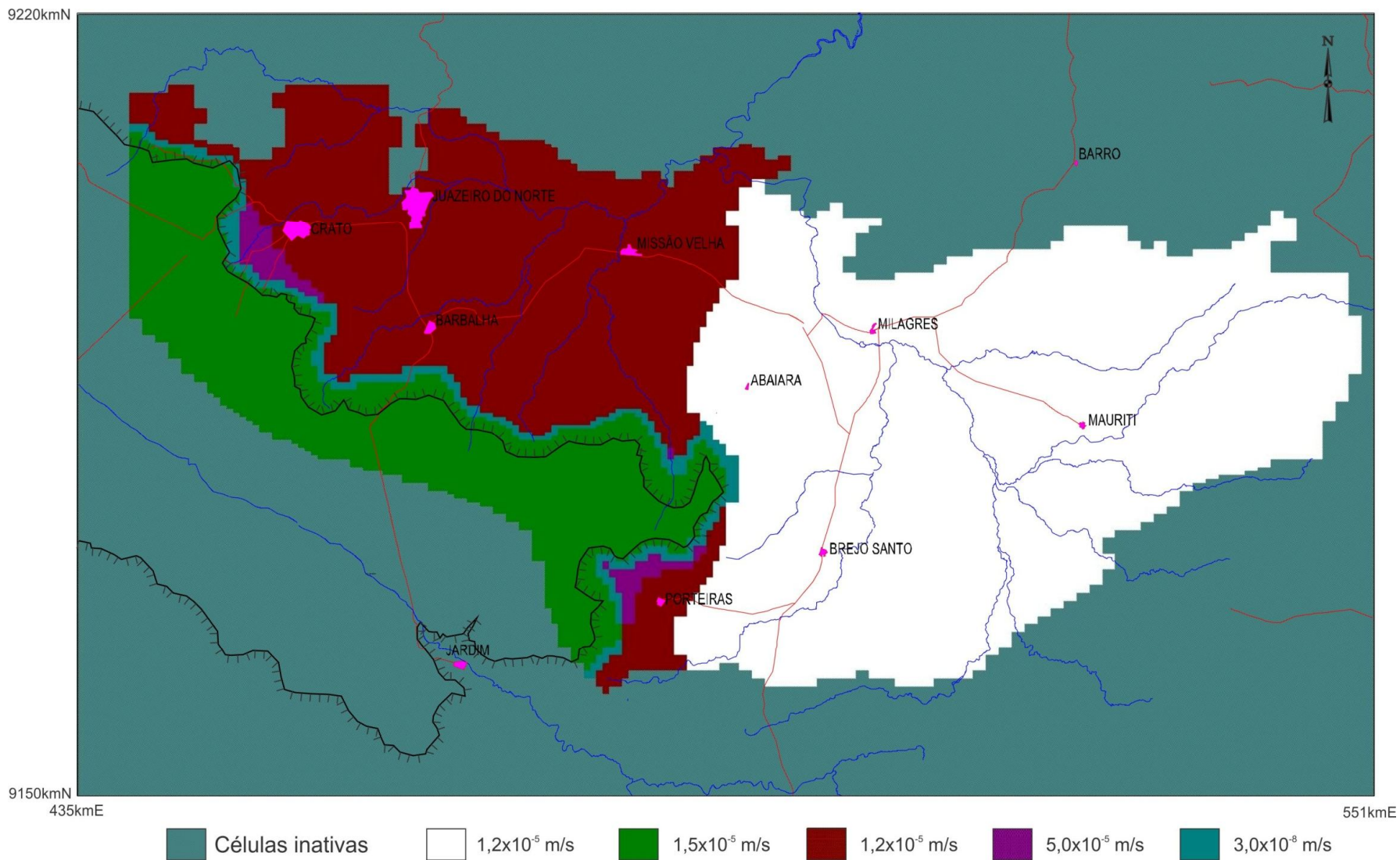
**Figura 3.5** – Seção Sul-Norte (C – D) do modelo estratigráfico concebido para o Sistema LAC.

### 3.3- Parâmetros Hidrogeológicos

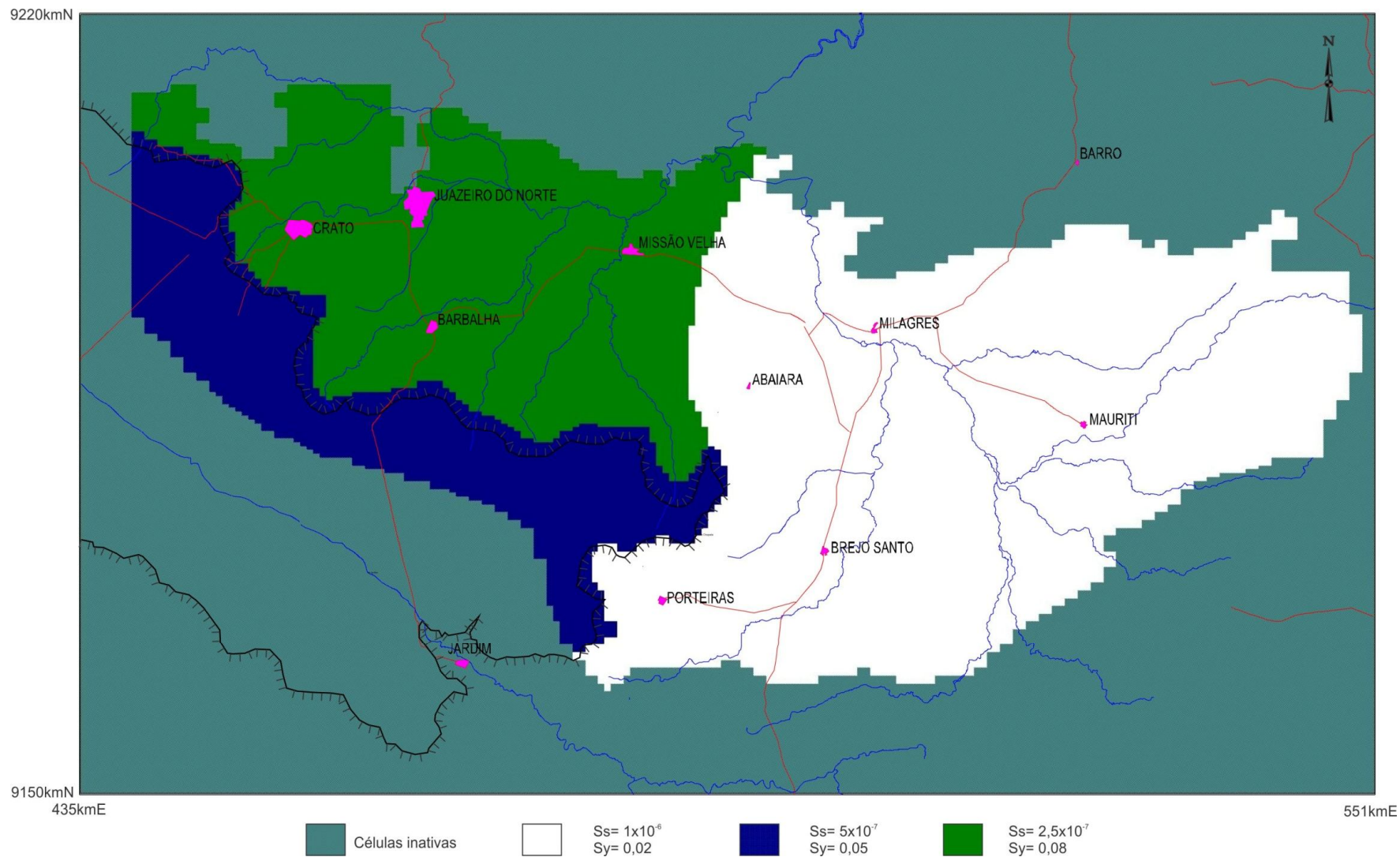
As condutividades hidráulicas foram distribuídas em quatro zonas diferentes, tal como mostrado na **figura 3.6**. Na bacia do Cariri foram adotados valores de  $1,2 \times 10^{-5}$  m/s, para os aquíferos médio e inferior. Para o aquífero Exu, na região da Chapada do Araripe o valor foi de  $1,5 \times 10^{-5}$  m/s. Para o aquífero Santana na zona da escarpa da Chapada foi adotado o valor de  $3,0 \times 10^{-8}$  m/s, com o qual o modelo reproduz o gradiente hidráulico necessário para simular uma superfície potenciométrica única para o *Sistema LAC de Água Subterrânea*, o qual inclui a Chapada do Leste Araripe e a bacia do Cariri. Foram ainda atribuídos a duas pequenas áreas, na região de Porteiras, onde o modelo apresentou instabilidade, valores de  $5,0 \times 10^{-5}$  m/s, apenas por necessidade de ajuste do modelo. Inicialmente foram adotadas condutividades hidráulicas diferentes nas zonas leste e oeste na bacia do Cariri, nos domínios dos aquíferos Rio Batateira - Missão Velha e Mauriti, respectivamente, com base no consenso de que esses aquíferos possuem porosidades primárias diferentes. Durante o processo de calibragem verificou-se que o melhor ajuste entre a potenciometria observada e a calculada ocorre quando se adota o mesmo parâmetro de transporte (condutividade hidráulica) nos aquíferos médio e inferior, porém com parâmetros de armazenamento diferentes. Essa resposta favorável do modelo nessa condição pode ser interpretada como um reflexo da intensa rede de fraturas que atua no aquífero Mauriti e acaba produzindo um movimento de fluxo equivalente ao que ocorre no aquífero médio, cuja porosidade primária é maior do que a do Mauriti. Isto sugere que a dupla porosidade do aquífero Mauriti (no mundo real) entra na equação diferencial do fluxo, usada pelo modelo, como se fosse uma porosidade primária. Daí a equivalência detectada entre as condutividades hidráulicas desses dois aquíferos. Na **figura 3.6**, todavia, permaneceram as cores iniciais das duas zonas, pois os parâmetros de armazenamento são diferentes e, portanto, as difusividades hidráulicas são diferentes.

Para as simulações em regime transitório foram usadas três zonas de armazenamento específico e porosidade efetiva:

- ✓ Na porção leste da área modelada foram atribuídos valores de  $1,0 \times 10^{-6}$  [1/m] para o coeficiente de armazenamento específico e de 0,02 para a porosidade efetiva.
- ✓ Para o setor oeste foram adotados valores de  $5 \times 10^{-7}$  [1/m] e 0,08 para o armazenamento específico e porosidade efetiva, respectivamente.
- ✓ Na área da Chapada do Araripe foram usados valores de  $2,5 \times 10^{-7}$  e 0,05. Essa distribuição das zonas é mostrada no mapa da **figura 3.7**.



**Figura 3.6** – Distribuição das condutividades hidráulicas.



**Figura 3.7** – Distribuição dos coeficientes de armazenamentos específicos e porosidades efetivas, para a simulação transiente.

### 3.4 - Condições de Contorno

Além da necessidade do conhecimento dos valores dos parâmetros hidrodinâmicos em cada nó, também é necessário que sejam definidos os tipos de limites do modelo, ou seja, as condições de contorno. Definir as condições de contorno significa estabelecer as relações dos aquíferos modelados com o meio contíguo. Por exemplo, se o limite de um aquífero se dá com rochas impermeáveis, não haverá fluxo entre o aquífero modelado e a formação limítrofe. Esse tipo de contorno é definido como limite de fluxo nulo. Se o aquífero modelado limita-se, por outro lado, com um grande corpo de água, cuja carga hidráulica não varia no tempo, esse limite é definido como limite de carga constante. Basicamente, definem-se em modelagem os dois tipos de limite a seguir indicados:

- ✓ Limite de fluxo conhecido - pode ser fluxo nulo ou diferente de zero. Neste último caso, o fluxo é dito positivo quando é um aporte para o aquífero, sendo dito negativo em caso contrário.
- ✓ Limite de carga conhecida - pode ser de carga constante ou de carga variada.

Ainda são consideradas como parte da definição das condições de contorno, as influências causadas pelos rios (influyente ou efluente), os efeitos da recarga por infiltração e evapotranspiração.

No mapa da **figura 3.8** são apresentadas as condições de contorno usadas para os drenos (DRN). Todo o limite do modelo foi considerado como sendo de fluxo nulo, representado pelo contato entre o embasamento cristalino e a bacia sedimentar. Na porção sudoeste da área o limite de fluxo nulo, no domínio da Chapada do Araripe, foi estabelecido sobre uma suposta linha divisória de fluxo subterrâneo na região entre o rio Jardim e a borda da Chapada onde aparecem as centenas de fontes existentes.

### 3.5 – Calibração de Equilíbrio

Definida a geometria do modelo, os parâmetros hidrodinâmicos e as condições de contorno, o passo seguinte é verificar a validade do modelo, ou seja, se o mesmo reproduz, com aproximação satisfatória, solicitações reais dos aquíferos modelados. Esse passo na modelagem é chamado de calibração.

Para a calibração, podem ser seguidos dois caminhos: O primeiro é quando se conhece a potenciometria inicial dos aquíferos, a qual é condicionada apenas pelo escoamento natural, não havendo, portanto, ações externas (bombeamentos ou injeções). Neste caso a calibração é feita em regime de fluxo permanente, variando-se os parâmetros hidrogeológicos e infiltrações, a fim de reproduzir a potenciometria inicial conhecida. Quando esta reprodução é satisfatória, diz-se que o modelo está calibrado.

No caso, já está comprovado por observações de campo que o fluxo superficial de um grande número de riachos perenes (drenos naturais do sistema de águas subterrâneas) se encontra hoje influenciado por expressiva superposição de escoamentos alimentados por efluentes de esgotos domésticos oriundos das principais cidades da bacia LAC. Apesar de já terem sido evidenciados na modelagem do CT-HIDRO. Talvez por terem sido

julgados de pouca importância, esses lançamentos feitos a falta de dados sobre a magnitude das descargas desses efluentes, desencorajou a sua inclusão no balanço hidrogeológico do *Sistema Aquífero LAC*. Todavia, as tentativas de calibração do modelo sem levar em conta esses lançamentos, não foram bem sucedidas. Por falta de dados sobre a magnitude desses lançamentos, processo de calibração variando-se a infiltração, obteve-se um ajuste julgado satisfatório com a inclusão das águas usadas a entrada de água no *Sistema LAC* passou de 8,0 mm/ano para 16 mm/ano na zona leste; de 68 mm/ano para 156 mm/ano sobre a Chapada e de 30 mm/ano para 60 mm/ano na zona oeste. Esses valores foram baseados nos cálculos do balanço hídrico. A infiltração representa a entrada de água do sistema, enquanto as saídas foram representadas pelos drenos (**figura 3.8**). No mapa da **figura 3.9** é representada a distribuição da recarga efetiva somando à infiltração natural o retorno de águas usadas como recarga distribuída no *Sistema LAC*.

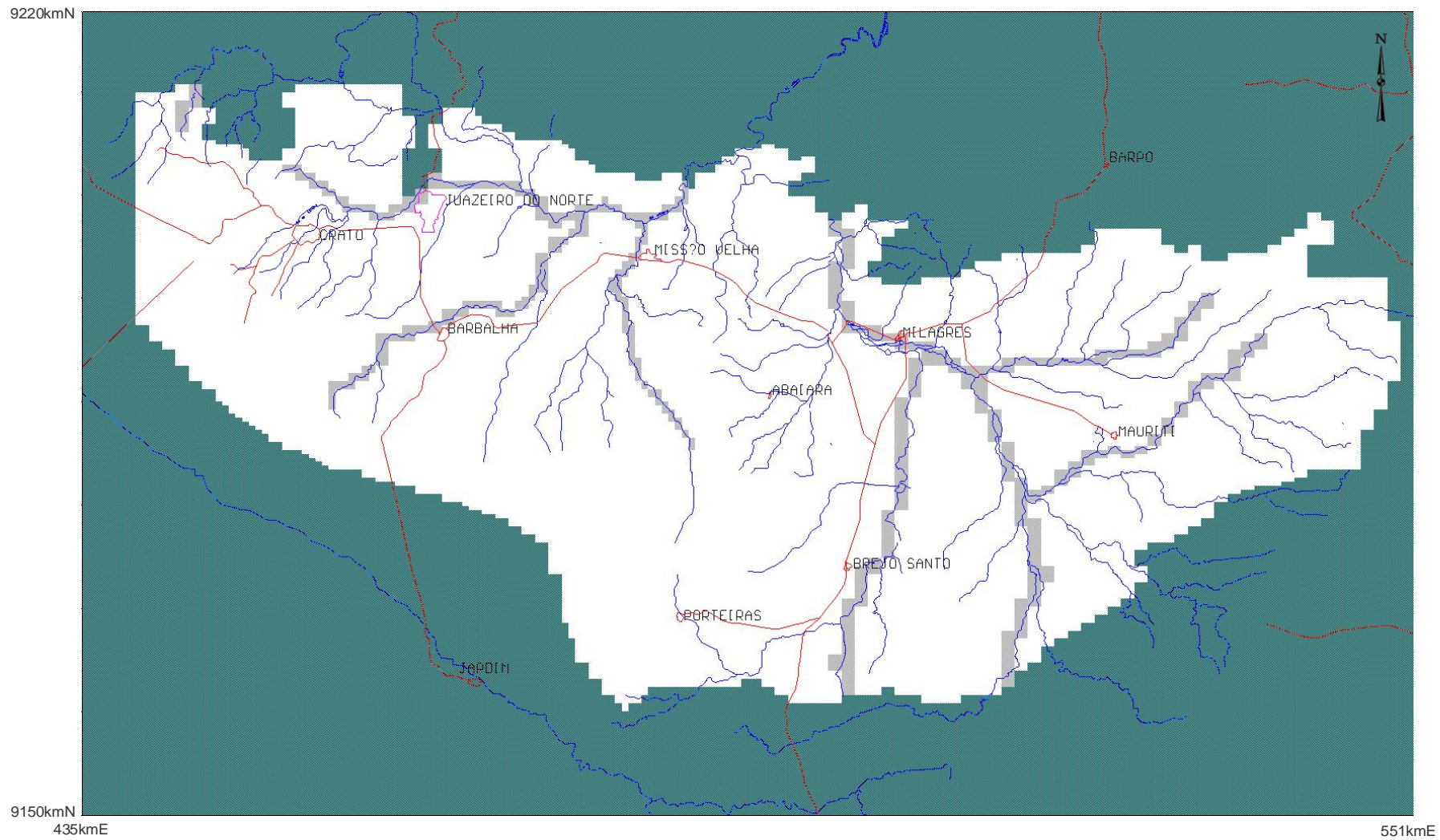
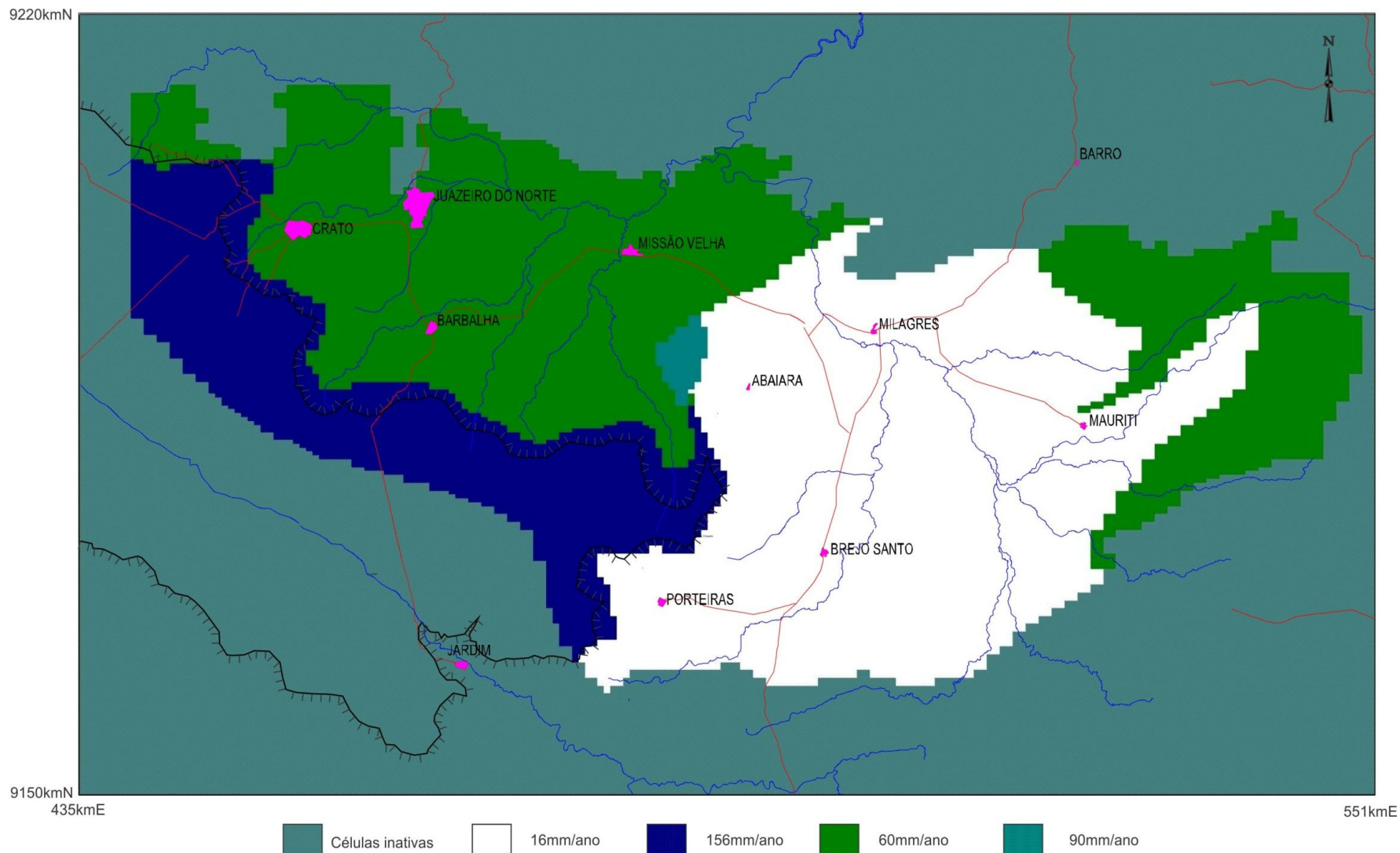


Figura 3.8 – Condições de contorno – Drenos (DRN).



**Figura 3.9** – Distribuição da recarga efetiva (infiltrações + retorno de águas usadas) na área modelada.

O segundo caminho para a calibração é quando se dispõe de uma série histórica de descargas e níveis de água, além da potenciometria observada no início do registro da série histórica. Nesta situação, a calibração é feita em regime transitório, de modo que, partindo-se da potenciometria inicial observada e utilizando as descargas da série histórica, se possa reproduzir a evolução da potenciometria observada.

Em ambos os casos, são apenas passíveis de manipulação os parâmetros hidrodinâmicos e os valores de infiltração. A manipulação desses parâmetros, embora possa ser de forma livre, será limitada pelo grau de conhecimento hidrodinâmico dos aquíferos modelados. Quanto menor o conhecimento, mais liberdade se terá na manipulação e, conseqüentemente, menos representativo será o modelo. Quando o aquífero é bem conhecido, a liberdade de manipulação das variáveis é menor, o que resulta em um modelo mais confiável.

Para calibração do modelo da bacia sedimentar do Leste Araripe seguiu-se o primeiro caminho, ou seja, tentar reproduzir a potenciometria original, inferida de Gasparly *et al.* (1967), aqui considerada válida para o ano de 1961, com o objetivo de compor uma série de 50 anos de exploração. De fato, nessa época a exploração de água subterrânea na região era incipiente, o que permite supor que as cargas hidráulicas de 1967 não eram muito diferentes das de 1961.

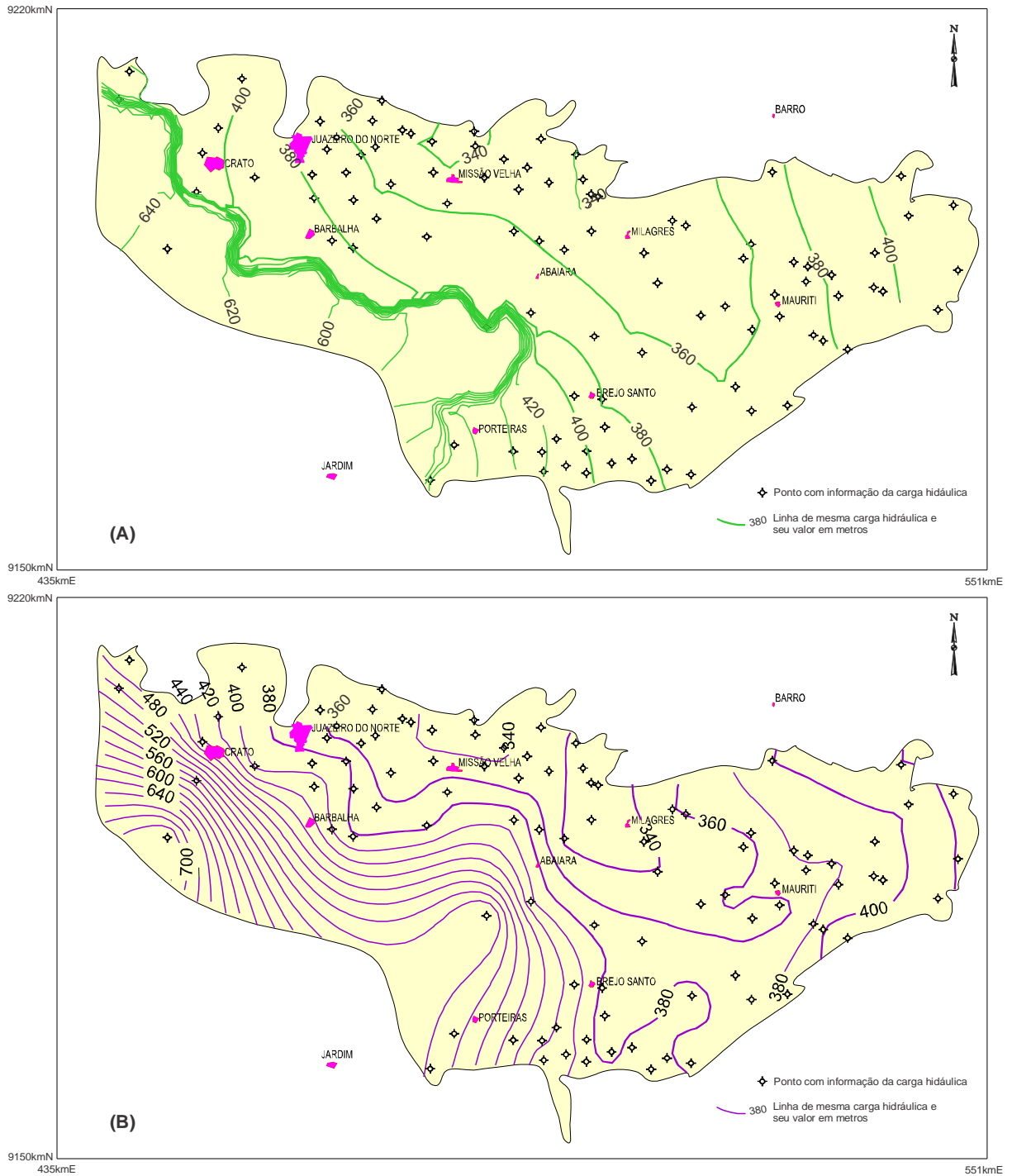
O gráfico da **figura 3.10** mostra a relação entre as cargas observadas (potenciometria original) e as cargas calculadas pelo modelo. A diferença máxima encontrada foi de -34,939m e a diferença média de 2,655m. A raiz média quadrática (RMS)<sup>1</sup> normalizada (NRMS) foi de 7,2% e o coeficiente de correlação de 0,929. Esses valores mostram que o modelo reproduz com erro inferior a 10% a potenciometria original.

Uma vez considerado o modelo calibrado, com erro inferior a 10%, foram usadas as cargas geradas pelo mesmo como potenciometria inicial para as simulações transientes. O objetivo dessas simulações foi tentar reproduzir as cargas observadas em 2010, obtidas em 24 poços instalados com registradores automáticos do nível da água. Essa etapa da modelagem foi chamada de calibração transiente, que na verdade é uma tentativa de validação do modelo.

No mapa da **figura 3.10** é mostrada a potenciometria primitiva de 1967, inferida para 1961 e potenciometria gerada pelo modelo, de forma a permitir um comparativo entre elas. A análise visual mostra que o modelo reproduz de forma satisfatória a potenciometria no *Sistema LAC*. Isto porque a condição de fluxo nulo, imposta ao limite sudoeste no modelo não foi considerada na potenciometria original. Para poder quantificar a semelhança entre as duas potenciometrias foram colocados no modelo 97 pontos com informação da carga original, que funcionaram como poços de observação.

---

<sup>1</sup>  $RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i^2}$      $NRMS = \frac{RMS}{(X_{obs\_max}) - (X_{obs\_min})}$ ; onde:  $R_i$  = Resíduo;  $n$  = num. de poços de observação;  $X_{obs\_max}$  = Maior carga hidráulica observada;  $X_{obs\_min}$  = Menor carga hidráulica observada



**Figura 3.10** – Comparativo entre as potenciometrias da calibração (A) e a potenciometria original estimada para 1961 (B).

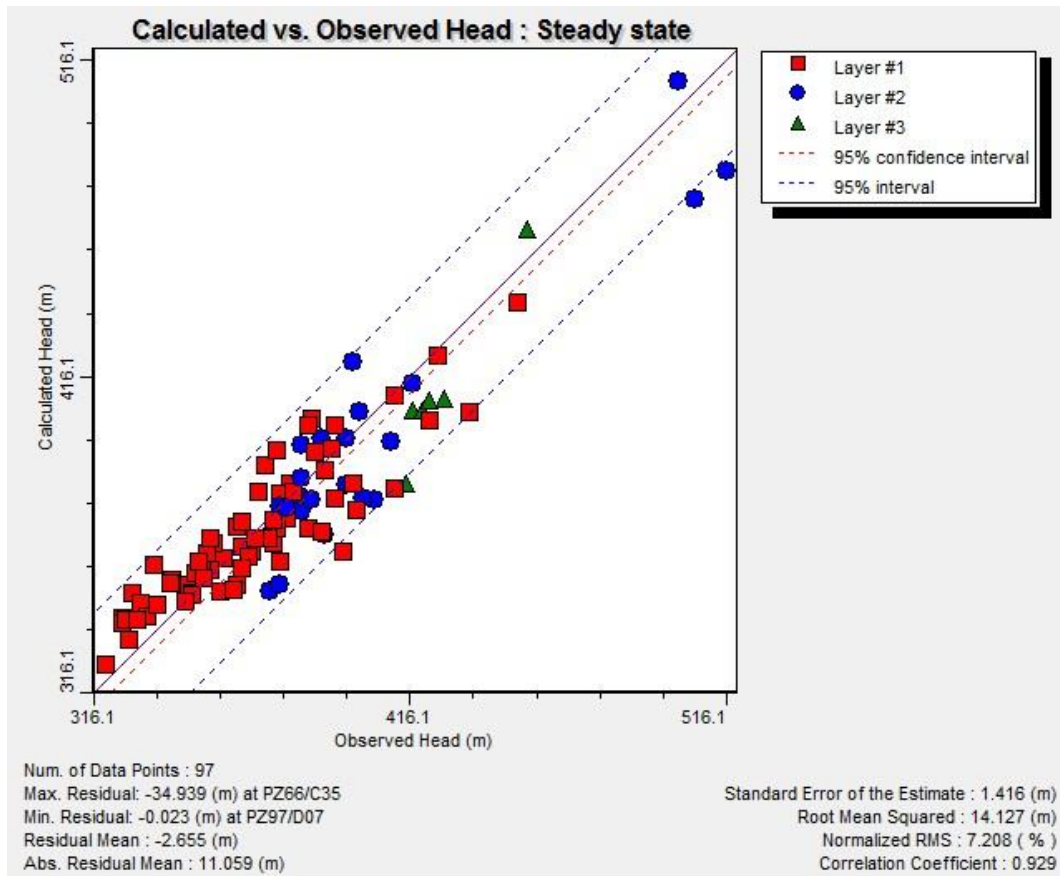


Figura 3.11 – Relação entre as cargas calculadas x cargas observadas.

### 3.6 - Calibração Transiente

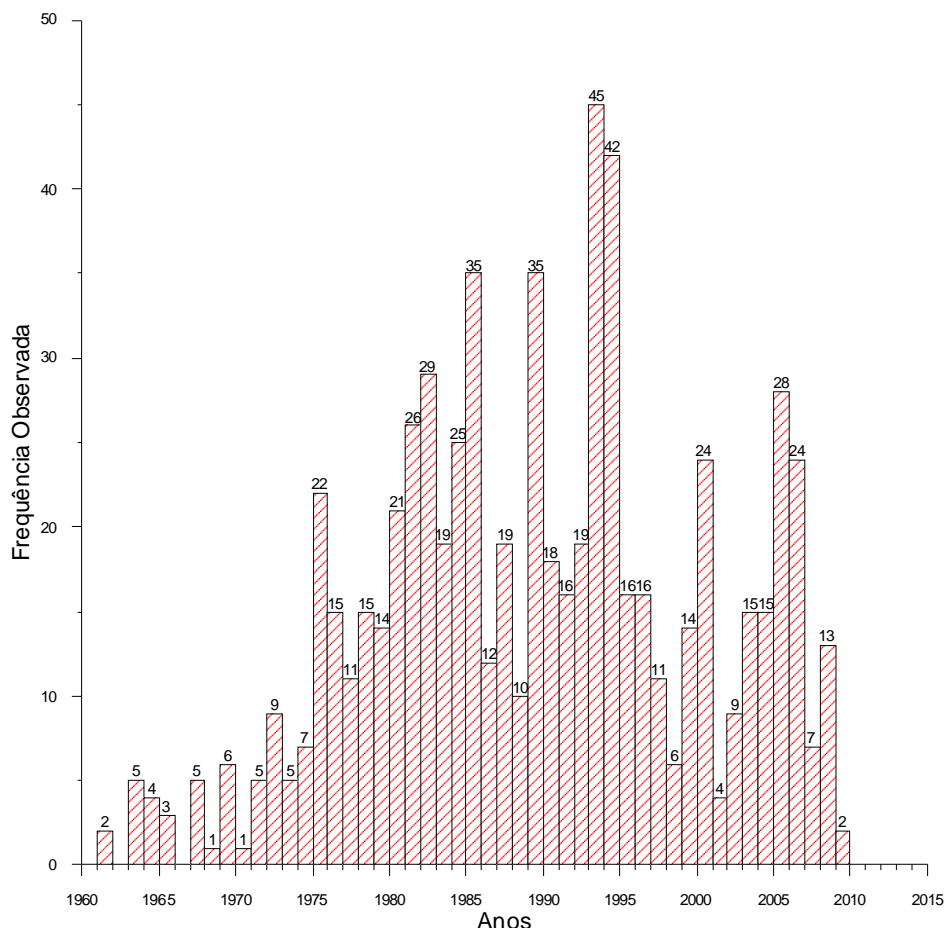
Uma forma encontrada para verificar se a calibração era aceitável seria reproduzir a potenciometria no início de janeiro de 2010, com base nos dados obtidos no cadastro de poços e concebendo um cenário de exploração a partir do ano de 1961. Essa verificação em modelagem é chamada de validação.

Do cadastro de poços foram selecionados 977 em operação, cujas datas de construção foram obtidas com auxílio do banco de dados da CPRM, o SIAGAS. Desse total 272 poços não tinham informação da data de perfuração.

Para completar as datas faltantes de construção de poços, empregou-se uma análise de frequência das datas conhecidas como mostra o histograma da **figura 3.12**.

A frequência relativa do número de poços perfurados por ano na amostra de 705 poços com ano de perfuração conhecido, foi aplicada sobre a amostra de 272 poços sem data de construção, determinado-se desse modo qual deveria ser a frequência observada para cada ano.

A escolha de qual poço deveria ficar em um determinado ano, foi feita por meio de sorteio, uma vez que não se dispõe de nenhum indicativo do provável ano de construção dos poços. Por exemplo, no ano de 1993 foram construídos 45 poços (maior frequência observada) ou 6,38% dos poços com data. Essa mesma percentagem de poços atribuída ao ano de 1993, na amostra de 272 poços, indica que o total de poços sem data de construção deve ser igual a 17,36 poços que por sua vez devem ser adicionados ao ano de 1993. Como só pode ser usado número inteiro, foram sorteados 17 poços aleatoriamente dos 272 poços para serem considerados como se tivessem sido construídos no ano de 1993.



**Figura 3.12** – Histograma de frequência das datas de perfuração de poços na região.

No programa utilizado (VISUAL MODFLOW 4.0.2) a introdução das informações temporais dos 977 poços usando, por exemplo, uma função degrau de bombeamento para cada poço no período de 50 anos é bastante trabalhoso e os dados precisam ser reintroduzidos a cada modificação nas condições de simulação.

Por questões de simplificação no processo de entrada dos dados temporais utilizou-se um procedimento que em nada compromete o resultado final e funciona perfeitamente como se todos os poços tivessem entrado em

funcionamento a partir de janeiro de 1961. Isto devido ao princípio da superposição dos escoamentos.

O procedimento consiste na estimativa de uma *vazão ajustada*, conforme se indica na **tabela 3.1** onde se mostra um exemplo hipotético de como foi feita a reorganização das descargas, usando apenas 23 poços e um período de 43 anos.

A partir da informação da vazão (coluna 03) de cada poço foi calculada a descarga anual do poço, coluna 04 (Qdia x 365). A partir da data de perfuração foi calculada a idade do poço (coluna 05), usada para calcular o volume de água retirado do aquífero por aquele poço durante toda a sua existência (coluna 06). A soma da coluna 06 representa todo o volume de água extraído do aquífero por todos os poços, no período de tempo considerado, 43 anos – poço P19.

**Tabela 3.1** – Exemplo de cálculo da vazão diária ajustada em cada poço.

(01) Poço	(02) Ano	(03) Qdia (m³/dia)	(04) Qano (m³/ano)	(05) Tempo (anos)e	(06) Vglobal (m³)	(07) Vglobal (%)	(08) Qdiaajustada (m³/dia)
P1	2007	-21,97	-8.019,1	3	-24.057,2	0,38	-1,53
P2	2006	-35,96	-13.125,4	4	-52.501,6	0,82	-3,35
P3	2007	-27,97	-10.209,1	3	-30.627,2	0,48	-1,95
P4	2008	-17,12	-6.248,8	2	-12.497,6	0,20	-0,80
P5	1999	-27,31	-9.968,2	11	-109.649,6	1,72	-6,99
P6	2007	-20,55	-7.500,8	3	-22.502,3	0,35	-1,43
P7	1970	-68,27	-24.918,6	40	-996.742,0	15,59	-63,51
P8	1989	-287,65	-104.992,3	21	-2.204.837,3	34,50	-140,48
P9	2004	-25,11	-9.165,2	6	-54.990,9	0,86	-3,50
P10	2008	-35,96	-13.125,4	2	-26.250,8	0,41	-1,67
P11	1975	-31,86	-11.628,9	35	-407.012,0	6,37	-25,93
P12	2000	-18,21	-6.646,7	10	-66.466,5	1,04	-4,23
P13	2008	-45,52	-16.614,8	2	-33.229,6	0,52	-2,12
P14	2007	-3,42	-1.248,3	3	-3.744,9	0,06	-0,24
P15	2006	-815,02	-297.482,3	4	-1.189.929,0	18,62	-75,82
P16	2008	-95,88	-34.996,2	2	-69.992,4	1,10	-4,46
P17	1997	-114,15	-41.664,8	13	-541.642,0	8,47	-34,51
P18	2002	-6,66	-2.430,9	8	-19.447,2	0,30	-1,24
P19	1967	-19,98	-7.292,7	43	-313.586,1	4,91	-19,98
P20	2003	-22,76	-8.307,4	7	-58.151,8	0,91	-3,71
P21	2008	-71,91	-26.247,2	2	-52.494,3	0,82	-3,34
P22	2007	-31,86	-11.628,9	3	-34.886,7	0,55	-2,22
P23	2005	-36,41	-13.289,7	5	-66.448,3	1,04	-4,23
Totais			-686.751,2		-6.391.686,6		
Qglobaldiária(m³/dia)						-407,243	

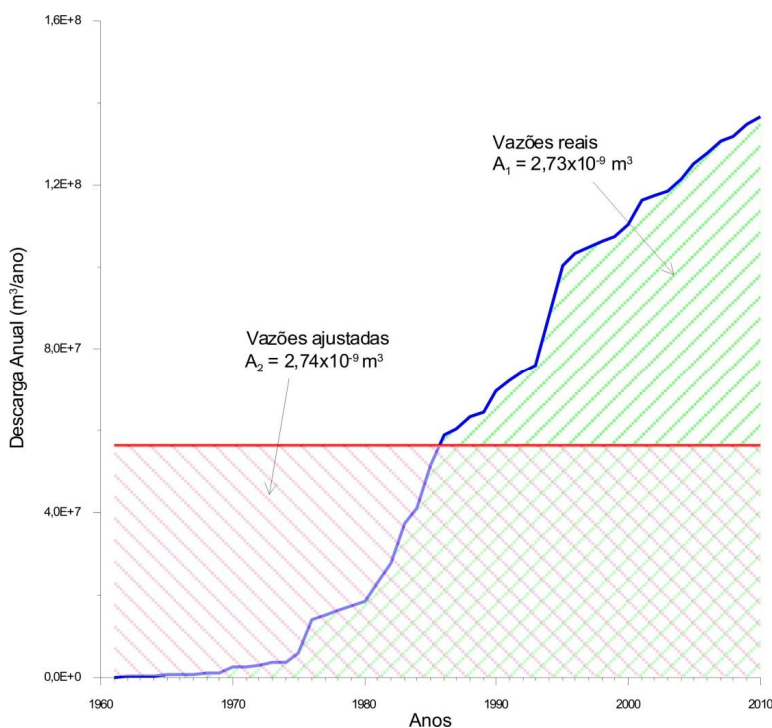
Obs.: Coluna 02 = ano de construção do poço; Q= vazão; Vglobal = Volume retirado do aquífero durante o período considerado; Qdiaajustado = Vazão diária informada ao modelo; O sinal negativo é porque no modelo as retiradas são negativas.

A vazão  $Q_{global}$  diária ( $m^3/dia$ ) é obtida dividindo-se o volume global retirado do aquífero ( $-6391686,6 m^3$ ) pelo número de dias do período considerado (43 anos x 365 dias = 15695 dias). A coluna 07 é apenas quanto representa o volume retirado por cada poço em relação ao volume global retirado do aquífero, expresso em percentagem, que será usada para calcular a  $Q_{dia}$  ajustada.

A vazão diária ajustada ( $Q_{dia}$  ajustada – coluna 08) é calculada distribuindo a  $Q_{global}$  diária entre os poços de acordo com a participação percentual de cada um no  $V_{global}$ .

Com essa simplificação é possível considerar que todos os poços, no exemplo considerado, tenham iniciado o seu bombeamento em 1967, usando, todavia, como vazão de bombeamento as calculadas na coluna 08.

É possível também demonstrar, pelo método gráfico, que o volume de água retirado do aquífero considerando as vazões reais dos poços, respeitando sua data de construção, é igual ao volume retirado do aquífero considerando como se todos os poços fossem construídos no início do período considerado, porém, usando as vazões corrigidas para regime contínuo. Para demonstrar essa hipótese serão usadas as vazões reais dos poços e as vazões corrigidas (**anexo A1.3**). No gráfico da **figura 3.13** são apresentadas as duas áreas para as duas situações consideradas. As áreas representam o volume retirado do aquífero nos 50 anos de bombeamento. O volume acumulado usando uma planilha de dados foi de  $2,8 \times 10^9 m^3$ . Consideramos que a diferença para  $2,74 \times 10^9 m^3$  (ou  $2,73 \times 10^9 m^3$ ) se deve à metodologia de cálculo entre a planilha e o programa gráfico.



**Figura 3.13** – Comparação entre os regimes de bombeamento de vazões ajustadas e reais, com base no princípio de superposição de escoamentos.

A hipótese considerada para usar a correção do regime da vazão é que ao final de bombeamento as cargas no reservatório subterrâneo – *Sistema Aquífero LAC* - serão as mesmas, pois, o que conta é o volume de água retirado do aquífero no período de bombeamento.

Com este procedimento a exploração do *Sistema LAC* é simulada como se todos os poços tivessem entrado em funcionamento em 1961, ou seja, tivessem bombeado durante 50 anos. Isso explica porque as vazões reais dos poços individuais são progressivamente reduzidas de acordo com o tempo de participação efetiva de cada poço na exploração. Por exemplo, um poço que entrou em funcionamento em 2006 e operou apenas durante 5 anos (10% do tempo) com vazão de 10 m<sup>3</sup>/dia é simulado como um poço que operou continuamente com vazão de 1 m<sup>3</sup>/dia durante os 50 anos (1961 – 2010). Isso é garantido pelo princípio da superposição dos escoamentos. Não está em jogo a evolução temporal dos rebaixamentos. Notar (**figura 3.14**) que as curvas de evolução desse parâmetro (com as vazões reais e com as vazões ajustadas) se tocam no final da simulação.

Para demonstrar a viabilidade dessa reorganização da vazão foi elaborado um modelo simplificado, para um alcance de cinco anos, com cinco poços, cada um deles bombeando 50 m<sup>3</sup>/h (1.200 m<sup>3</sup>/dia), mas que foram construídos em épocas diferentes. O primeiro poço entrou em funcionamento no início da simulação, ou seja, tempo 1. O segundo um ano depois, o terceiro dois anos, e assim sucessivamente a cada ano um novo poço. Foi admitido o regime de bombeamento contínuo e para cada poço de bombeamento foi adicionado um poço de observação para registrar as variações das cargas hidráulicas.

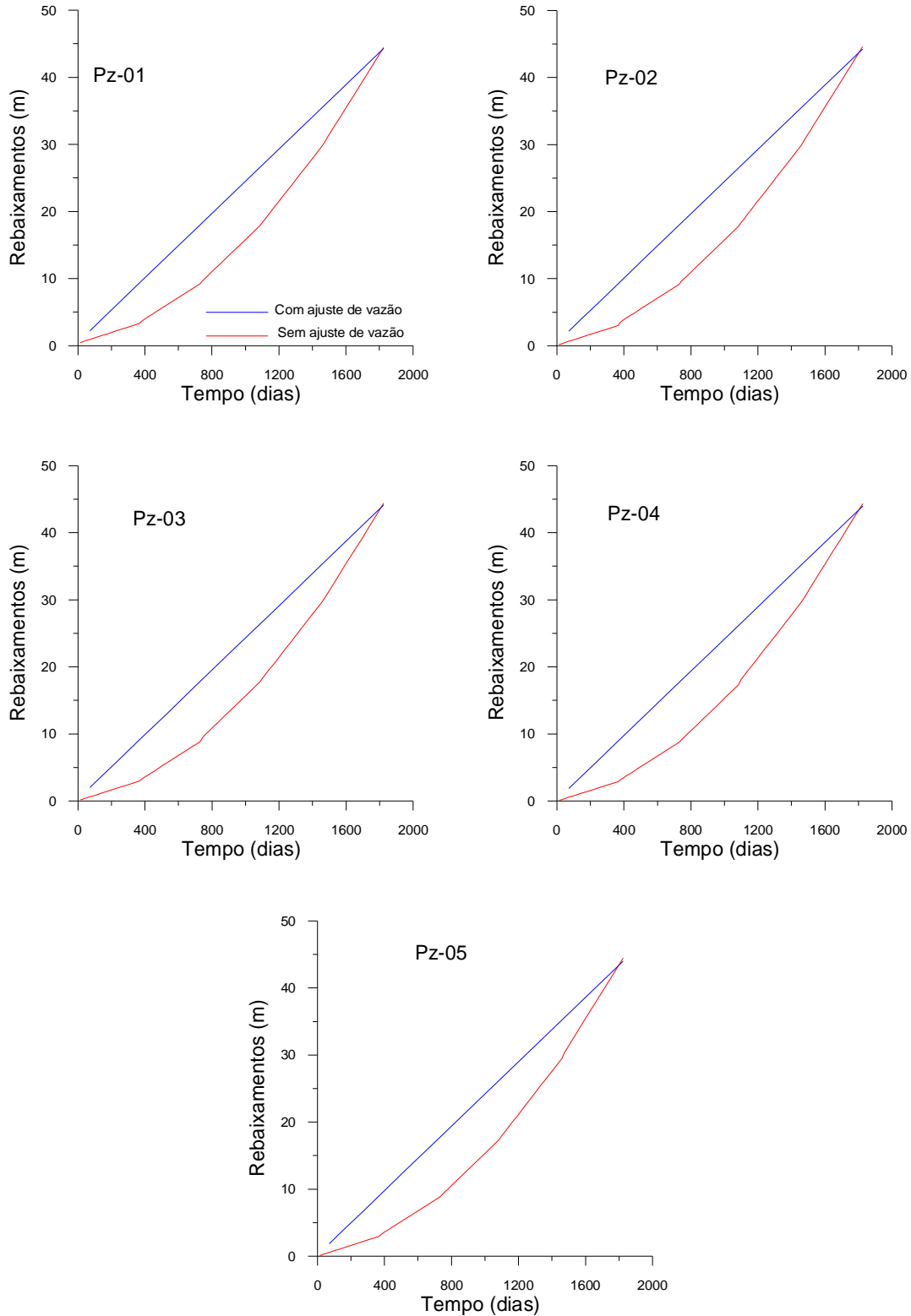
A primeira simulação foi feita com os poços entrando em funcionamento nos seus respectivos tempos e ao final de cinco anos de bombeamento foi registrada a evolução dos rebaixamentos em cada poço de observação.

Para a segunda simulação adotou-se a reorganização, ou ajuste de vazão, conforme descrito nos parágrafos anteriores, de forma que todos os poços foram introduzidos no modelo no tempo  $t = 1$ , com as vazões modificadas de acordo com o percentual de cada um no volume retirado do aquífero durante cinco anos de bombeamento.

Da mesma forma que na simulação anterior foi registrada a evolução dos rebaixamentos nos mesmos poços de observação. Os gráficos da **figura 3.14** mostram a evolução dos rebaixamentos nos cinco poços de observação para as duas condições de vazão. Embora a evolução dos rebaixamentos seja diferente para as duas condições de vazões, com ajuste e sem ajuste, os rebaixamentos ao final do período considerado são semelhantes, confirmando a nossa hipótese.

Portanto, voltando ao caso em estudo, uma vez adicionados os 977 poços no modelo, utilizando as vazões ajustadas para regime contínuo, foi feita a simulação transiente introduzindo os efluentes de esgotos domésticos lançados na rede hidrográfica, como uma recarga distribuída de 1,57 m<sup>3</sup>/s.

A resposta do modelo, comparada foi verificada utilizando as cargas hidráulicas em 24 poços, nos quais foram instalados registrados de nível automáticos (datalogger). O gráfico da **figura 3.15** mostra a relação entre as cargas hidráulicas observadas e calculadas.



**Figura 3.14** – Evolução dos rebaixamentos nos cinco poços de observação apresentados como exemplo.

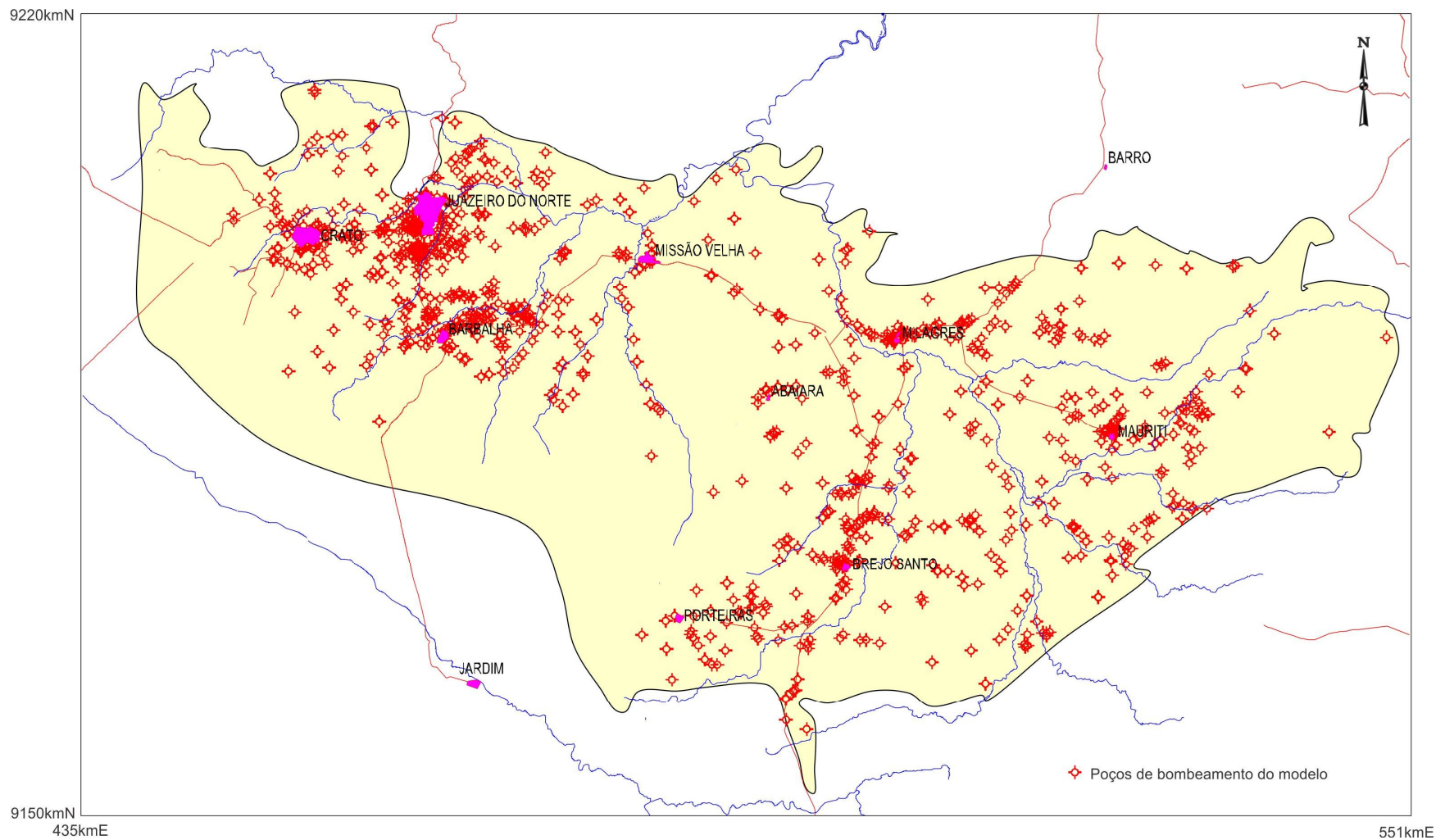
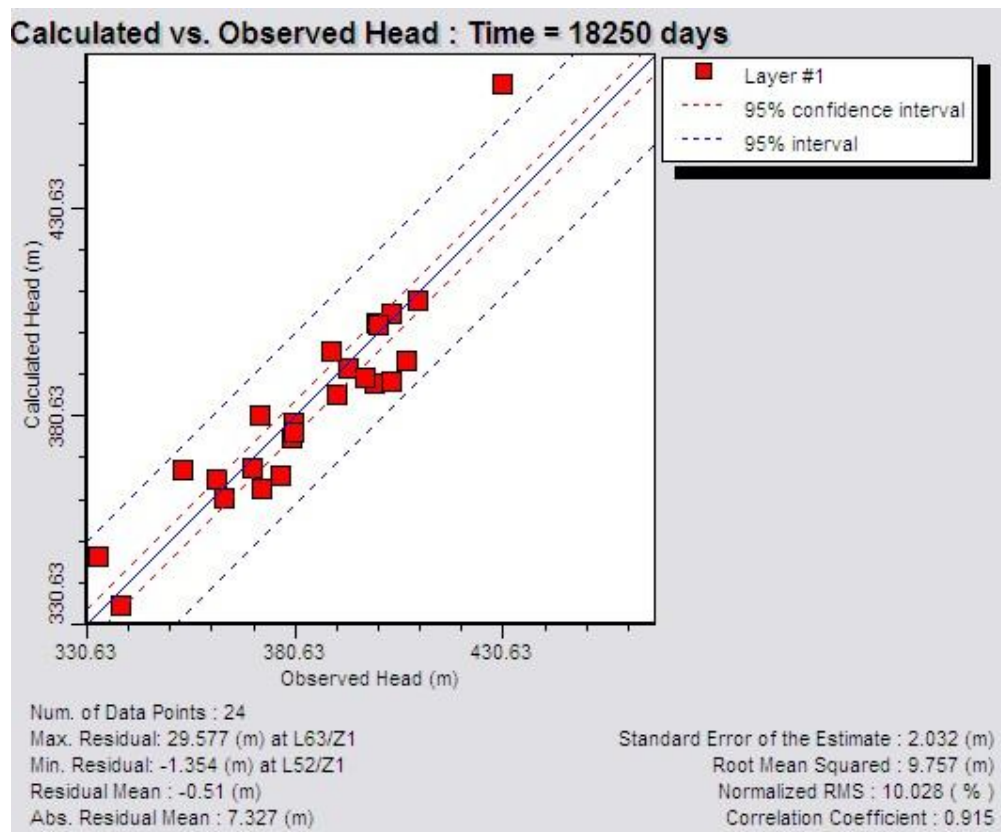


Figura 3.15 – Distribuição dos poços de bombeamento na área modelada.



**Figura 3.16** – Cargas calculadas x cargas observadas para a validação do modelo.

A resposta em regime transiente foi obtida com um erro bastante próximo daquele conseguido em regime de equilíbrio. No transiente o erro médio quadrático foi de 10%, com coeficiente de correlação de 91,5%. A diferença mais significativa entre cargas calculadas e observadas chegou a -27,57 m, e a diferença média atingiu apenas -0,51 m.

Diante da complexidade do sistema aquífero e do grau de incerteza hidrogeológica que envolve a tentativa de reprodução dos dados de exploração deste sistema de água subterrânea nos últimos 50 anos, considera-se que o erro de 10% verificado na calibração entre rebaixamentos observados e calculados é aceitável para o *Sistema LAC* como um todo. A série histórica disponível de poços de observação com *datalogers* é de apenas 2 anos em poços influenciados por bombeamentos, muitos dos quais bastante próximos uns dos outros. Sem esses dados, no entanto, jamais teria sido possível efetuar uma calibração com esse grau de 90% de certeza hidrogeológica. Exemplo disso é o modelo apresentado por Manoel Filho, (2008) cujos resultados indicaram que o *Sistema LAC* em 2007 se encontrava praticamente em equilíbrio com um déficit de 1,08 m<sup>3</sup>/s, que não ficou bem explicado mas levou à suspeita de que esse déficit poderia estar sendo compensado por retorno de águas usadas. Na ocasião não foi possível calibrar o modelo por falta dos registros de níveis agora disponíveis. A calibração do modelo realizada no presente estudo revela que o déficit compensado por retorno de águas usadas foi de 1,57 m<sup>3</sup>/s. Ou seja, cresceu 45% de 2007 a 2010.



**BALANÇO HÍDRICO DO MODELO EM REGIME TRANSITÓRIO - VALIDAÇÃO**  
 VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 50 IN STRESS PERIOD 1

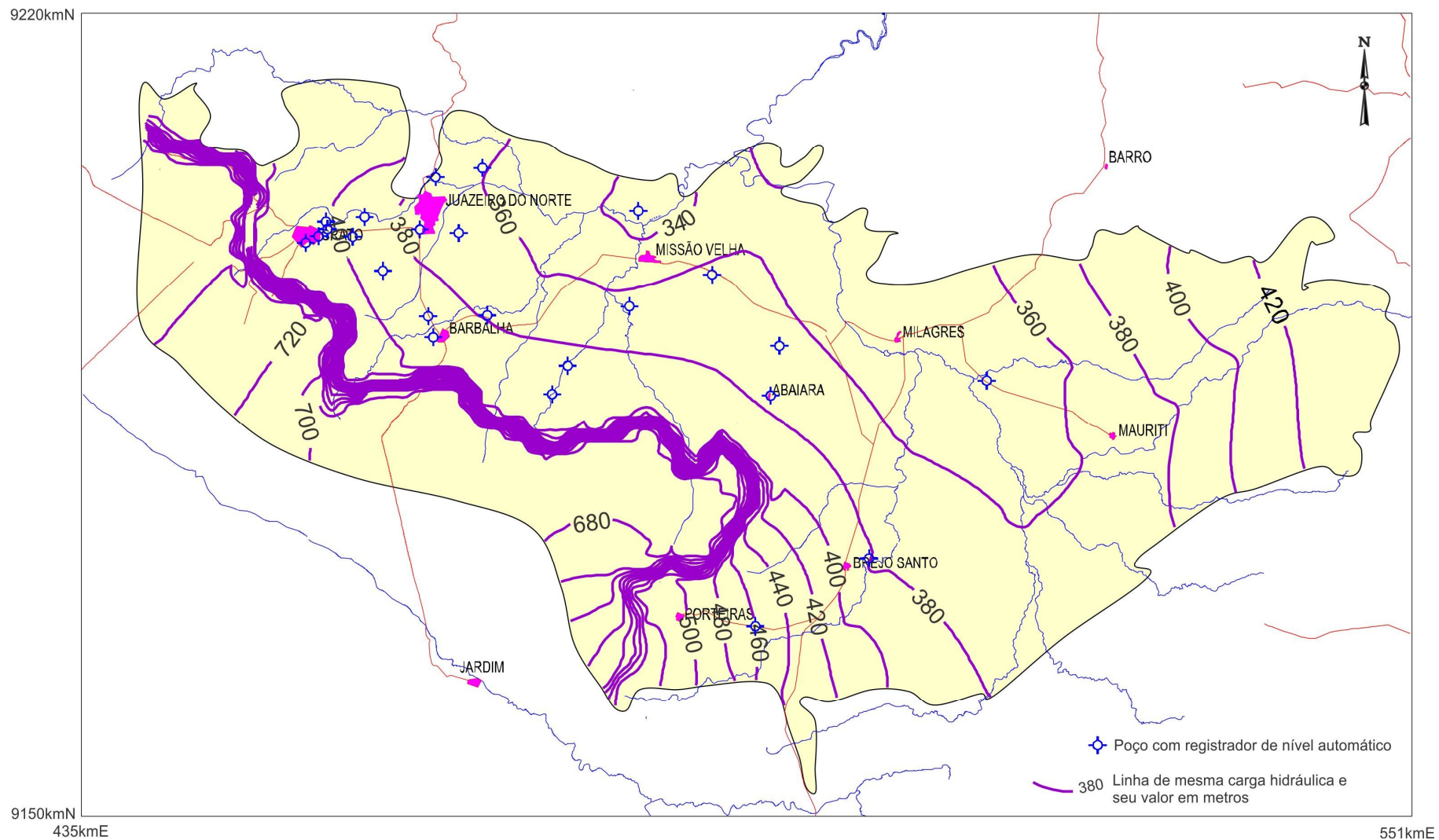
CUMULATIVE VOLUMES	L**3	RATES FOR THIS TIME STEP	L**3/T
-----		-----	
IN:		IN:	
---		---	
STORAGE =	624954368.0000	STORAGE =	18703.2129
CONSTANT HEAD =	0.0000	CONSTANT HEAD =	0.0000
WELLS =	0.0000	WELLS =	0.0000
DRAINS =	0.0000	DRAINS =	0.0000
RECHARGE =	5377923584.0000	RECHARGE =	294680.7500
TOTAL IN =	6002877952.0000	TOTAL IN =	313383.9688
OUT:		OUT:	
----		----	
STORAGE =	1935105.1250	STORAGE =	0.0000
CONSTANT HEAD =	0.0000	CONSTANT HEAD =	0.0000
WELLS =	1793049600.0000	WELLS =	98249.2969
DRAINS =	4208440064.0000	DRAINS =	215139.4375
RECHARGE =	0.0000	RECHARGE =	0.0000
TOTAL OUT =	6003424768.0000	TOTAL OUT =	313388.7500
IN - OUT =	-546816.0000	IN - OUT =	-4.7812
PERCENT DISCREPANCY =	-0.01	PERCENT DISCREPANCY =	0.00

TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 50 IN STRESS PERIOD 1					
	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
-----					
TIME STEP LENGTH	2.62829E+08	4.38048E+06	73008.	3042.0	8.3285
STRESS PERIOD TIME	1.57680E+09	2.62800E+07	4.38000E+05	18250.	49.966
TOTAL TIME	1.57680E+09	2.62800E+07	4.38000E+05	18250.	49.966

O mapa da **figura 3.17** produzido pelo modelo e representativo da potenciometria final em 2010, mostra que essa superfície mantém o padrão de fluxo das cargas iniciais, exibindo gradientes hidráulicos fracos variáveis de 0,8 m/km a 3 m/km. A curva potenciométrica de 380 m passa na altura de Juazeiro do Norte e a potenciométrica de 400 m pelas imediações da zona urbana do Crato. Por ter sido usada uma equidistância de 20 m entre as curvas esse mapa não chega a evidenciar as zonas fechadas (cones residuais de depressão) nas zonas urbanas de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha.

Já o mapa da **figura 3.18** que ilustra com curvas equidistantes de apenas 2 m, os rebaixamentos produzidos após 50 anos de bombeamentos, põe em evidência a presença de uma ampla zona fechada que se estende pelo Crato, Barbalha até Juazeiro do Norte, em cujo interior se encontram cones próprios de cada uma dessas cidades, com isolinhas de rebaixamentos máximos variáveis 2 m no Crato, 5 m em Barbalha a 7 m em Juazeiro do Norte.

Essa região corresponde ao chamado *Sistema Aquífero Médio*, definido no domínio conjunto das Formações Rio Batateira e Missão Velha. Trata-se do setor mais intensamente explorado dentro do *Sistema LAC* e no qual foi elaborado o modelo local a seguir descrito.



**Figura 3.17** – Potenciometria calculada pelo modelo para 2010, exibindo um padrão de fluxo semelhante ao das cargas iniciais.

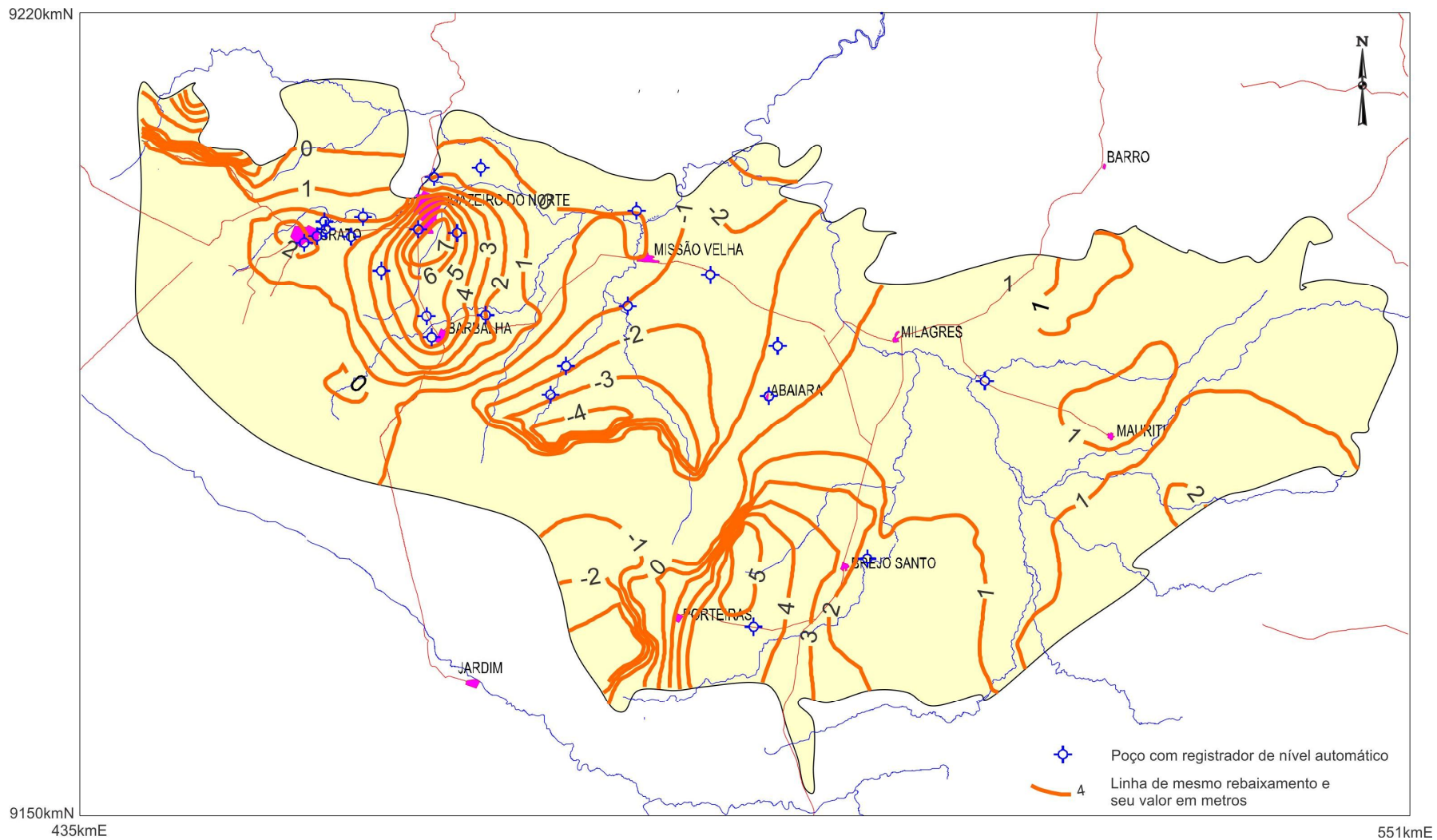


Figura 3.18 – Rebaixamentos calculados pelo modelo para 2010.

### 3.7- Modelo Local

Tendo em vista que na área entre Crato, Juazeiro e Barbalha encontra-se a maior quantidade dos poços, e os poços de maior vazão, foi elaborado um modelo local para avaliar os efeitos dos bombeamentos nessa área específica do *Sistema Aquífero Médio*, contido no *Sistema LAC*.

Para tanto foi delimitado um quadrado de 34 km de lado orientado segundo a direção NE-SW (ou NW-SE). Essa orientação foi escolhida de modo a manter os limites do modelo local o mais possível, paralelos ou perpendiculares às linhas de fluxo do modelo regional, condição mais recomendada para os modelos numéricos em diferenças finitas. Na **figura 3.19** é apresentada a localização da área do modelo local e sua relação com o fluxo do modelo regional.

O modelo local foi dividido em 136 linhas, 136 colunas e 5 camadas, ficando cada célula com 250 m de lado. As células foram todas iguais de forma que não foi necessário fazer nenhum adensamento da malha. No mapa da **figura 3.18** é mostrada a distribuição das células inativas e ativas do modelo local. Há uma diferença entre o modelo local e o modelo regional no tocante as condições de contorno.

No modelo regional o divisor de água entre o rio Jardim e a escarpa da Chapada foi fixado como limite de fluxo nulo. No modelo local toda a Chapada foi considerada de fluxo nulo. A descarga total das fontes que entra no modelo local pelo lado SW foi simulada como uma recarga distribuída. O cálculo dessa descarga foi feito no modelo regional através de uma Zona de Balanço (*Budget Zone*). O volume dessa descarga dividida pela área do sopé da escarpa forneceu a lâmina de infiltração equivalente (153 mm/ano). Na **figura 3.21** é apresentada a distribuição da infiltração (recarga efetiva) usada no modelo local.

A condutividade hidráulica foi a mesma em toda a área e igual à usada no modelo regional para a porção oeste, ou seja,  $1,5 \times 10^{-5}$  m/s. Para o coeficiente de armazenamento específico e a porosidade efetiva foram utilizados, tal como para a condutividade hidráulica, os mesmos valores adotados no modelo regional para a zona oeste. Coeficiente de armazenamento específico de  $2,5 \times 10^{-7}$  [1/m] e porosidade efetiva de 0,08.

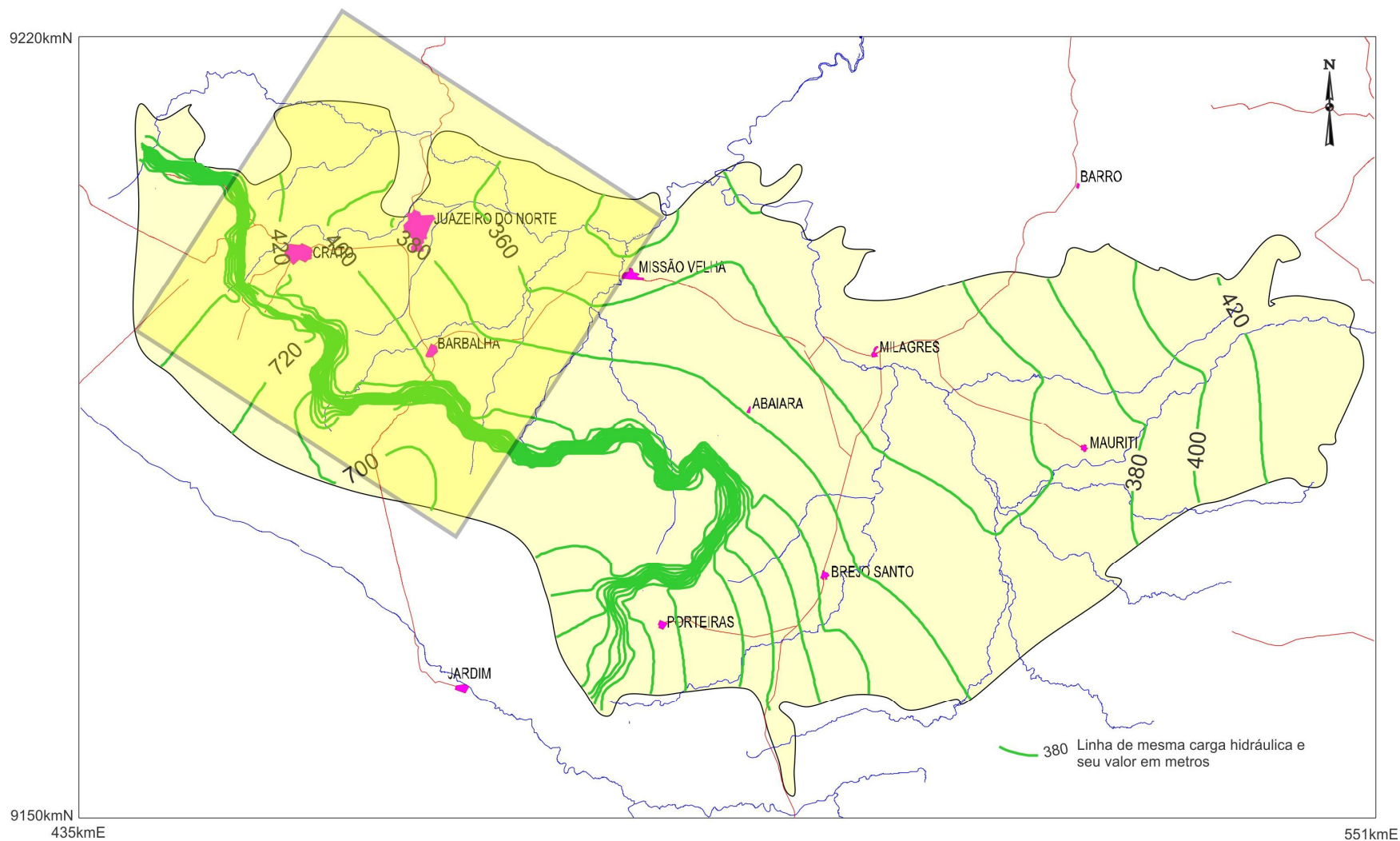
Dos 977 poços usados no modelo regional 466 estão contidos na área do modelo local, o que representa 47,7% dos poços, porém, do ponto de vista das descargas os 466 poços representam 73,4%.

Tal como no modelo regional os exutórios naturais são os drenos, representados pelos rios principais da área. Na **figura 3.22** é apresentada a disposição dos drenos usados no modelo.

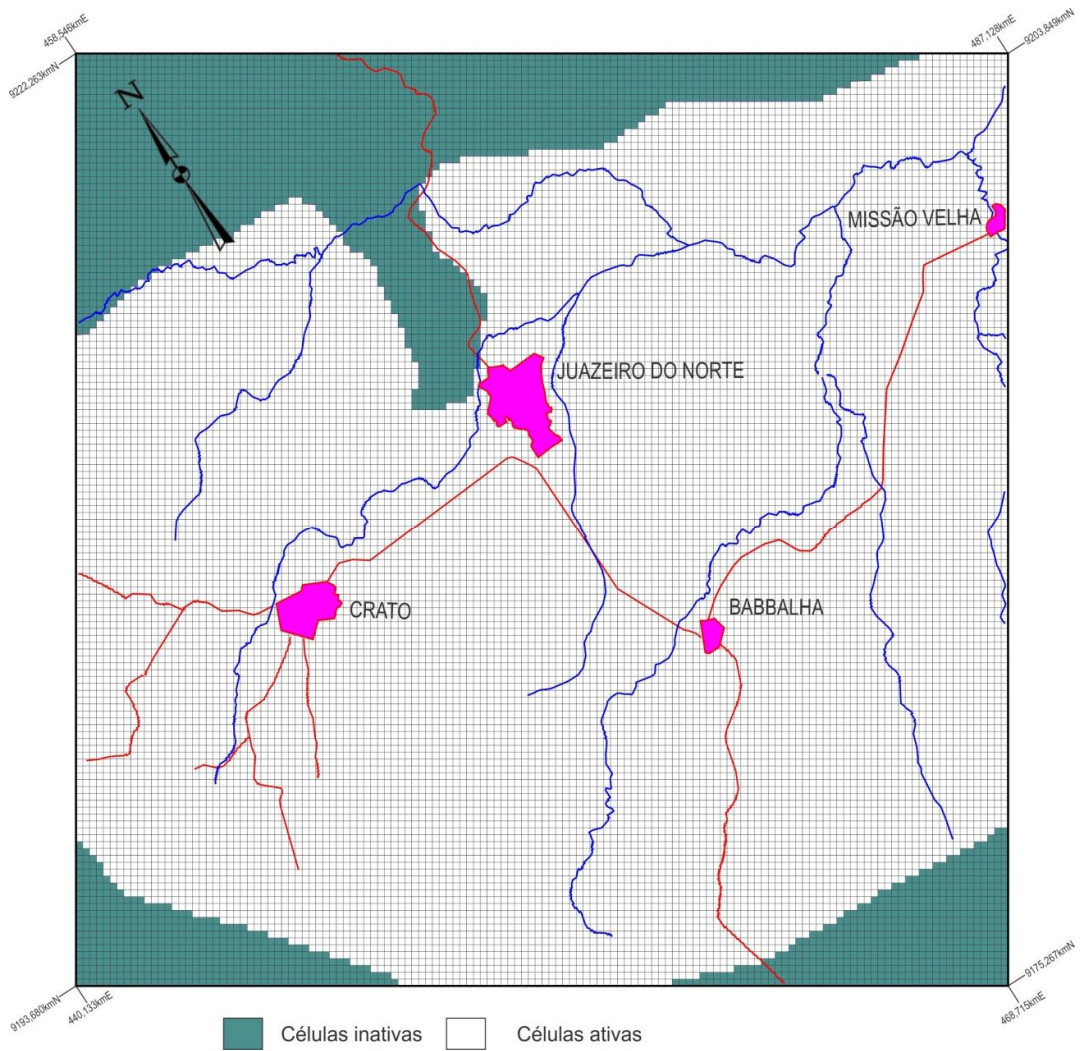
Estabelecidas as condições de contorno e inseridos os poços de bombeamento foi feita uma simulação para verificar os efeitos nas cargas hidráulicas, bem como os rebaixamentos após 50 anos de bombeamento.

Nos mapas das **figuras 3.23 e 3.24** são apresentadas a distribuição de carga hidráulica e os rebaixamentos, respectivamente, após 50 anos de bombeamento. Esses mapas comprovam o que já havia sido antecipado em

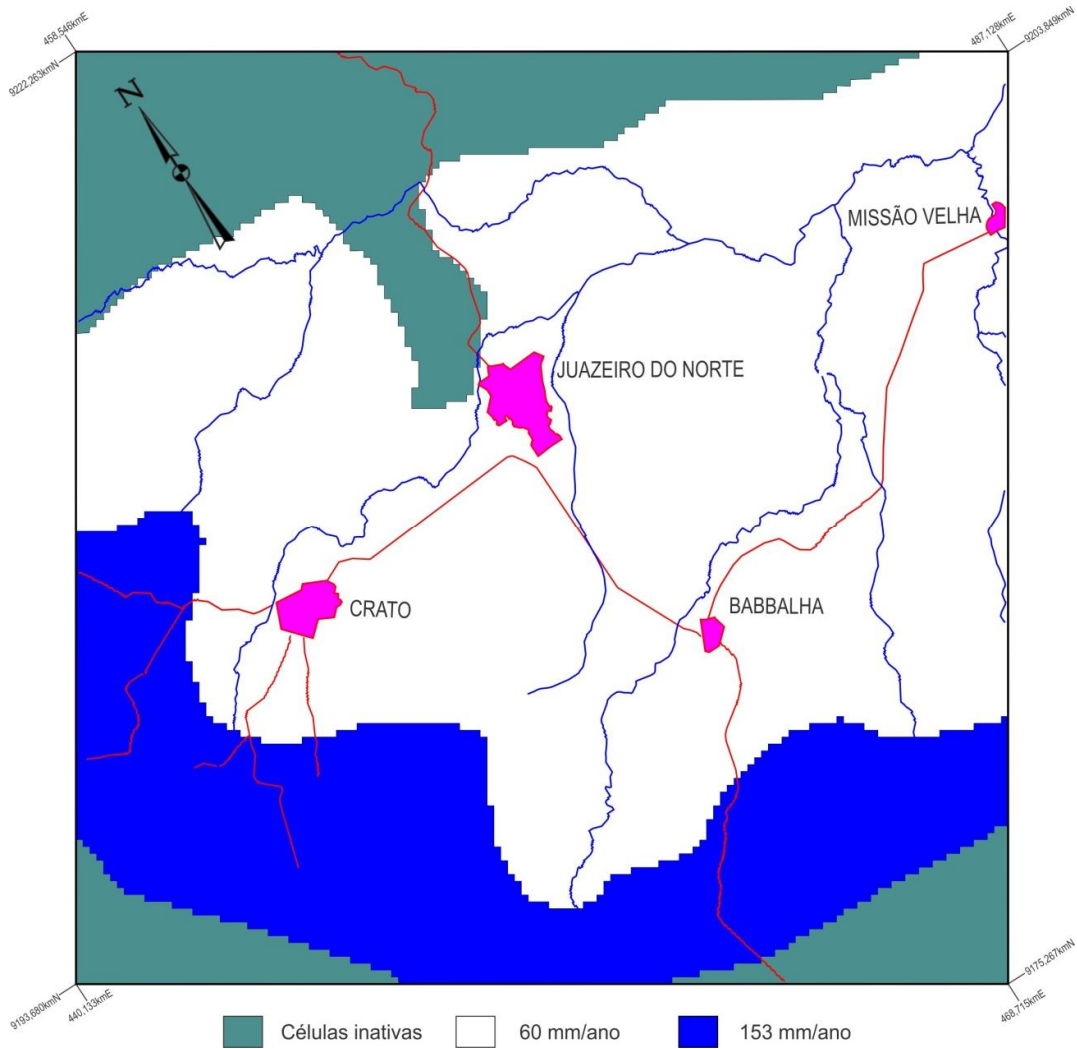
termos de rebaixamentos do aquífero Missão Velha nos domínios das zonas urbanas do Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte. A visão mais detalhada proporcionada particularmente pelo mapa da **figura 3.24**, permite evidenciar zonas fechadas com rebaixamentos da ordem de 2 m em Barbalha, 5 m no Crato e 8 m em Juazeiro do Norte.



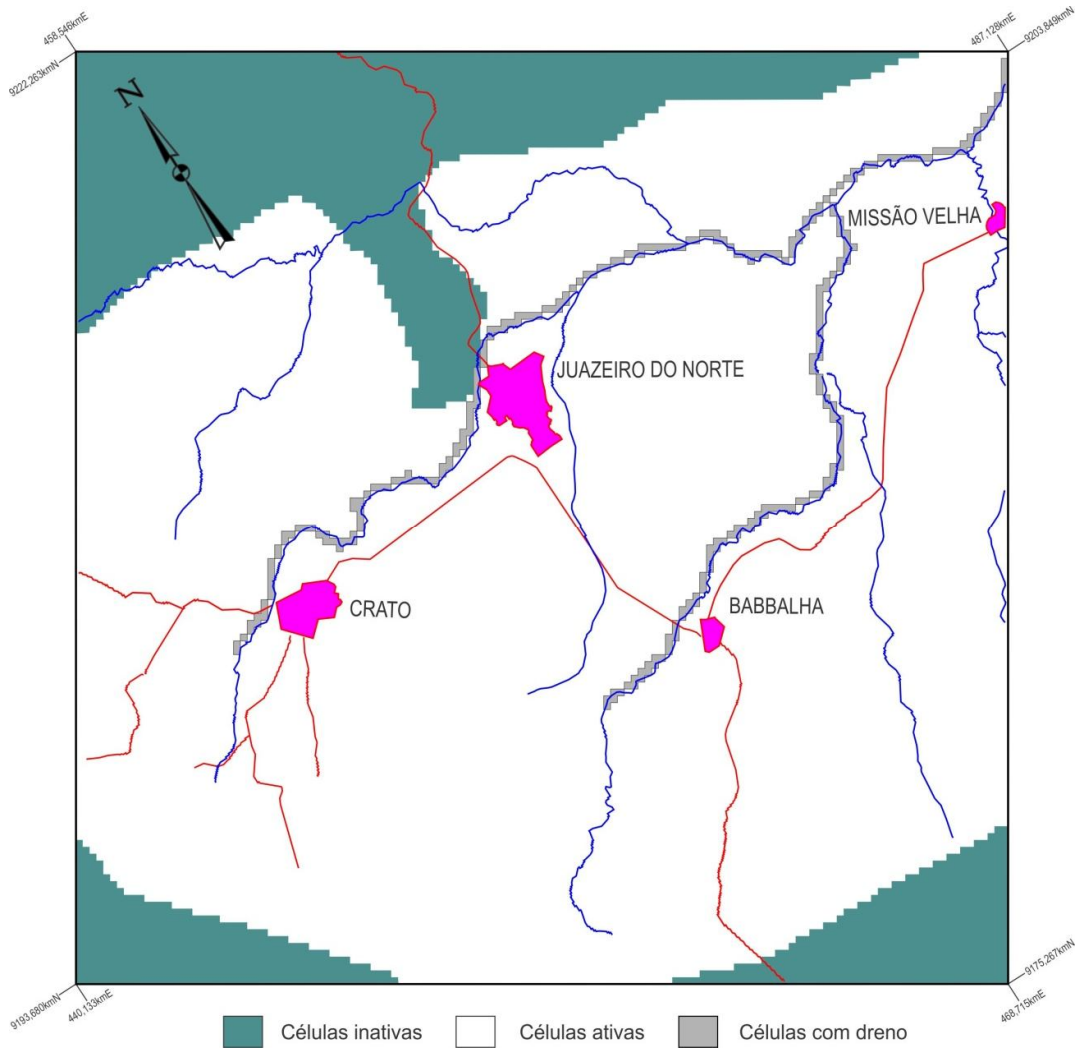
**Figura 3.19** – Localização do modelo local e sua relação com a potenciometria regional.



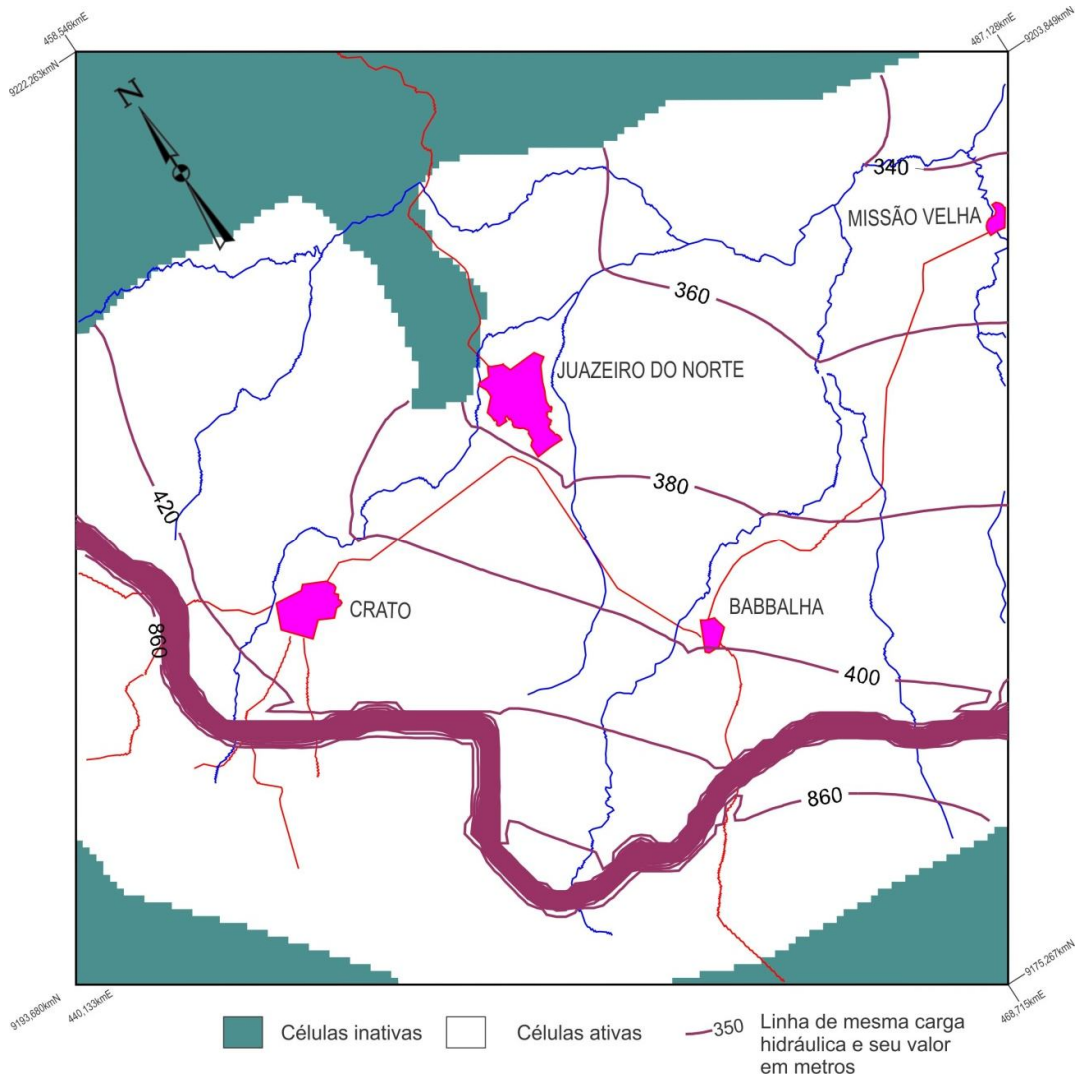
**Figura 3.20** – Discretização do modelo local.



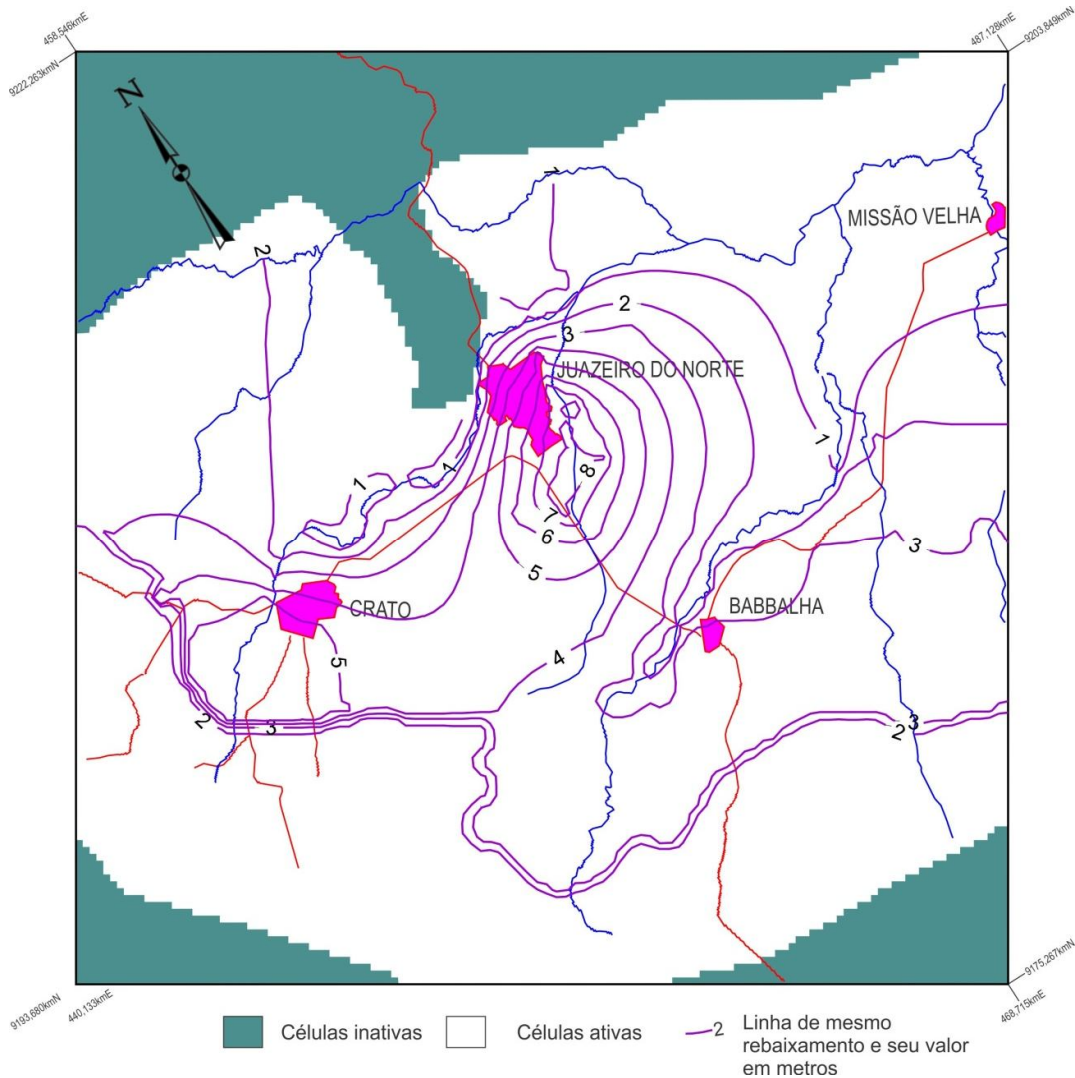
**Figura 3.21** – Distribuição da recarga efetiva (infiltração proveniente da Chapada no contorno SW) e (infiltração + retorno de águas usadas) na região do *Sistema Aquífero Médio* ou modelo local, dentro do *Sistema LAC*.



**Figura 3.22**– Distribuição dos drenos na área do modelo local.



**Figura 3.23** – Distribuição das cargas hidráulicas após 50 anos de bombeamento.



**Figura 3.24** – Rebaixamentos calculados após 50 anos de bombeamento.

### 3.8 – Calibração PEST

Uma calibração mais precisa foi realizada utilizando o programa PEST (Doherty, 2004). Nessa calibração, a exemplo da anterior, cujo erro foi da ordem de 10%, foram usados como referência os dados observados no período de 17 meses (agosto 2009 – dezembro 2010) nos 24 *dataloggers* de monitoramento instalados pela Cogeh. Como já descrito no **item 2.9.1**, as oscilações de nível observadas chegaram a assumir valores bastante significativos em alguns desses registradores automáticos, certamente devido a influências de bombeamentos. De fato, como se pode ver na **tabela 3.2**, as influências de bombeamentos produziram em 5 (cinco) desses equipamentos variações superiores a 4 m e inferiores a 8 m, havendo ainda 2 (dois) casos de variação superior a 10 m. Esta circunstância revelada na **tabela 3.2** tornou bastante difícil o processo de calibração do modelo.

**Tabela 3.2** – Variações de carga hidráulica registradas entre agosto 2009 e dezembro 2010, nos *dataloggers* instalados pela Cogerh na bacia do Cariri.

Variação de carga hidráulica (m)	Número de sensores
0 < dh < 1	7
1 < dh < 2	5
2 < dh < 4	5
4 < dh < 8	5
dh > 10	2
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>

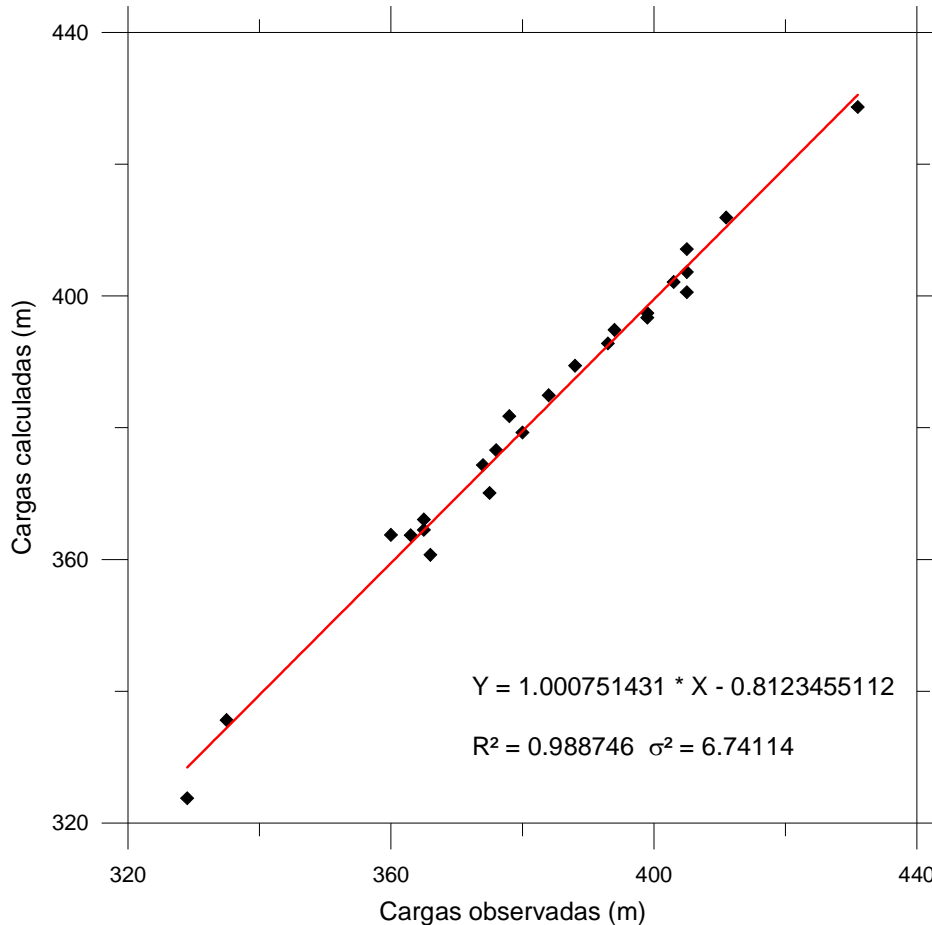
Todavia, usando o programa PEST, foi possível efetuar uma calibração com resíduo máximo de 5,3 m e erro residual bastante pequeno como mostra a **tabela 3.3**.

**Tabela 3.3** – Comparação entre os valores observados e computados pelo modelo na rede de monitoramento automático da Cogerh no Cariri.

Logger	Carga hidráulica (m)		Resíduo (m)	Erro Residual %
	Observada	Calculada		
L57	378	381,8	-3,8	-1,0
L66	360	363,7	-3,7	-1,0
L70	405	407,1	-2,1	-0,5
L62	388	389,4	-1,4	-0,4
L61	365	366,1	-1,1	-0,3
L64	384	384,9	-0,9	-0,2
L55	411	411,9	-0,9	-0,2
L52	394	394,9	-0,9	-0,2
L69	363	363,7	-0,7	-0,2
L60	335	335,6	-0,6	-0,2
L71	376	376,6	-0,6	-0,2
L56	374	374,3	-0,3	-0,1
L53	393	392,8	0,2	0,1
L68	365	364,5	0,5	0,1
L67	380	379,3	0,7	0,2
L74	403	402,1	0,9	0,2
L51	405	403,6	1,4	0,3
L58	399	397,4	1,6	0,4
L54	399	396,7	2,3	0,6
L63	431	428,7	2,3	0,5
L73	405	400,6	4,4	1,1
L59	375	370,1	4,9	1,3
L65	329	323,8	5,2	1,6
L72	366	360,7	5,3	1,4

Notar que em 75% dos registradores automáticos o erro residual é inferior a 1% e que nos 25% restantes o erro varia de 1% a 1,6%. Trata-se, portanto, de uma calibração que pode ser considerada como excelente para todos os fins práticos.

A correlação entre os valores das cargas observadas e das cargas calculadas pelo modelo é ilustrada na **figura 3.25**.

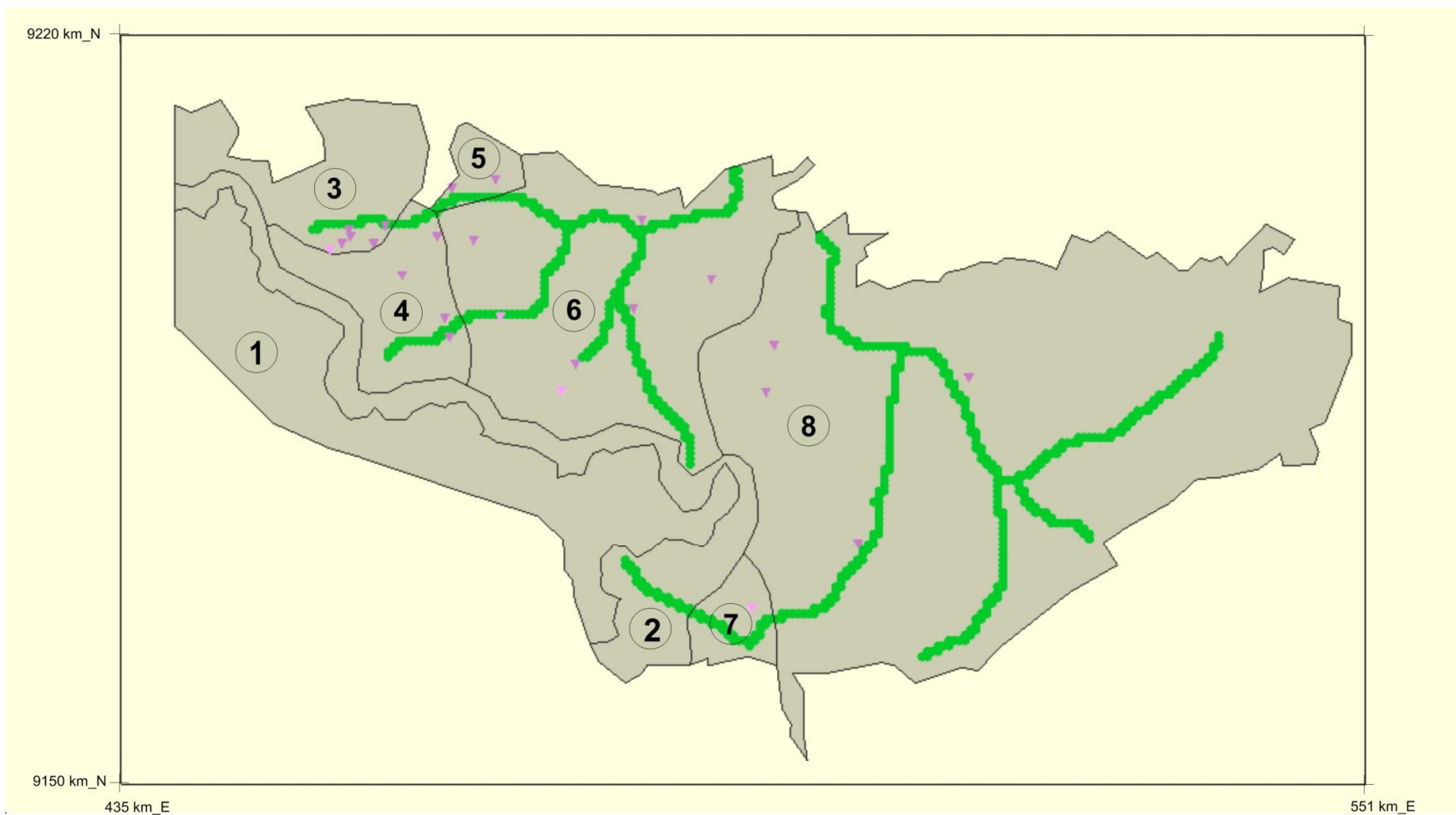


**Figura 3.25** – Correlação linear entre as cargas observadas e calculadas pelo modelo, com coeficiente angular praticamente igual a 1 (reta  $y=x$  de 45°).

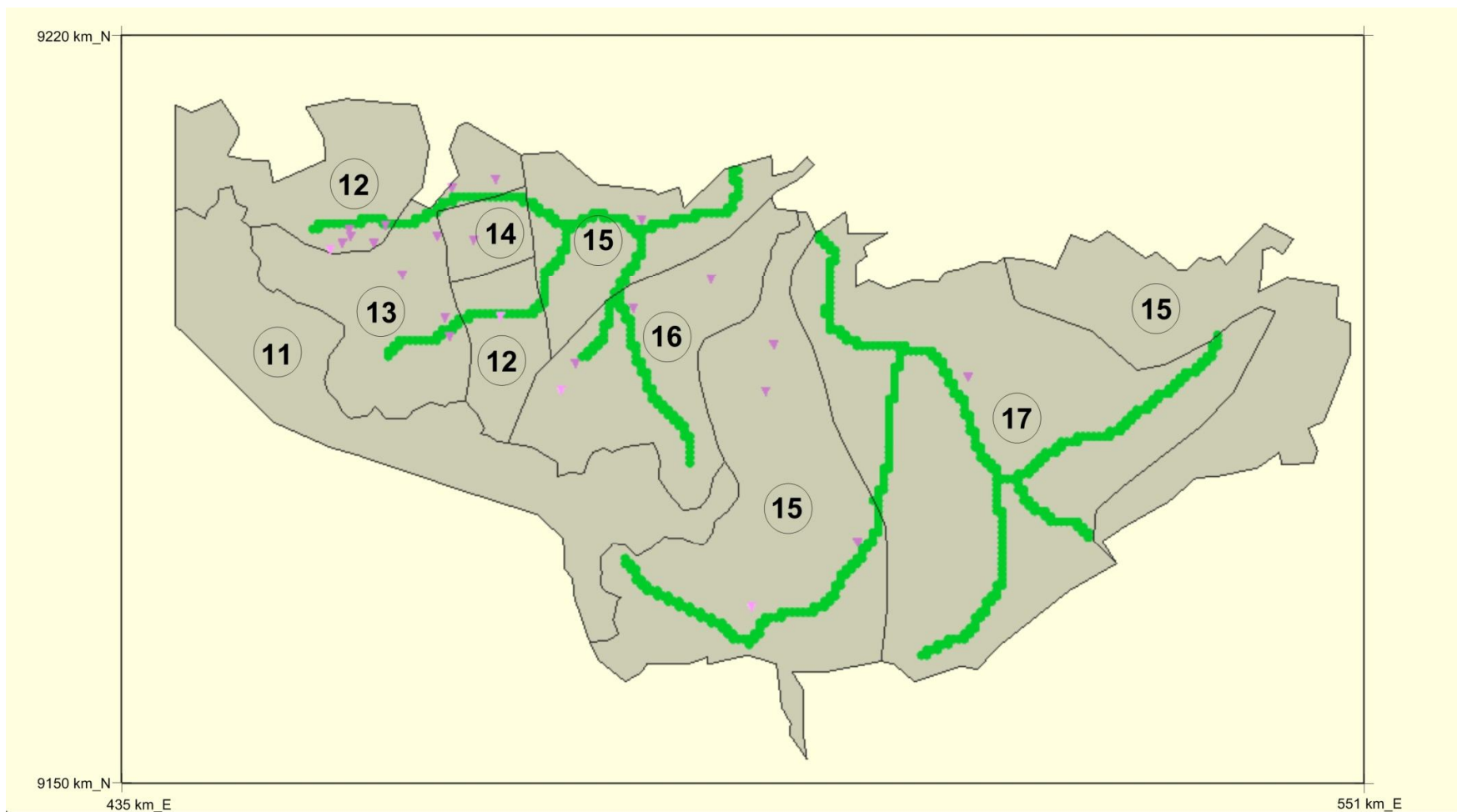
### 3.9 – Zoneamento dos parâmetros ótimos

A distribuição espacial das zonas de parâmetros utilizadas na calibração do modelo é ilustrada na **figura 3.26** para a condutividade hidráulica e na **figura 3.27** para a recarga.

Os chamados valores ótimos obtidos pelo programa PEST usando o método de pontos piloto com regularização (Doherty, 2004), são mostrados na **tabela 3.4** para a condutividade hidráulica e na **tabela 3.5** para a recarga.



**Figura 3.26** – Distribuição espacial das zonas de condutividade hidráulica utilizadas no processo de calibração usando o programa PEST (Doherty, 2004).



**Figura 3.27** – Distribuição espacial das zonas de recarga utilizadas no processo de calibração usando o programa PEST (Doherty, 2004).

**Tabela 3.4** – Valores ótimos da condutividade hidráulica obtidos para o modelo calibrado usando PEST (Doherty, 2004).

Parâmetro	Zona	Condutividade hidráulica	
		m/dia	m/s
KH_1	1	0,39	4,51E-06
KH_2	2	0,01	1,16E-07
KH_3	3	0,94	1,08E-05
KH_4	4	1,52	1,77E-05
KH_5	5	0,04	5,06E-07
KH_6	6	1,58	1,83E-05
KH_7	7	0,01	1,16E-07
KH_8	8	0,58	6,68E-06

**Tabela 3.5** – Valores ótimos da recarga obtidos para o modelo calibrado usando PEST (Doherty, 2004).

Parâmetro	Zona	Recarga	
		m/dia	mm/ano
RCH_11	11	2,38E-04	87
RCH_12	12	1,25E-07	0
RCH_13	13	9,92E-05	36
RCH_14	14	1,00E-04	37
RCH_15	15	6,46E-05	24
RCH_16	16	1,10E-04	40
RCH_17	17	5,06E-05	18

### 3.10 – Fluxo de Saída da Bacia do Cariri

Conforme mostrado na **tabela 2.20**, o fluxo de saída da bacia, considerando a calibração inicial com erro de 10%, foi estimado em 29 l/s no riacho dos Porcos e 193 l/s no rio da Batateira. Após a calibração do modelo usando PEST o erro foi consideravelmente reduzido e o mapa potenciométrico gerado (**figura 3.28**), mostra que a vazão de saída pelo exutório rio da Batateira, no setor oeste fica restrita a 155,6 l/s (**tabela 3.6**).

No setor leste da bacia, por outro lado, não mais se registra a saída de fluxo pelo exutório do riacho dos Porcos, mas sim a captura de uma descarga de 23,6 l/s do fluxo natural por 46 poços existentes em operação na região de Milagres (**tabela 3.7**). Essa captura está indicada no mapa da **figura 3.28**.

**Tabela 3.6** – Vazão de escoamento natural remanescente no exutório Rio da Batateira, segundo o mapa potenciométrico gerado pelo modelo matemático hidrogeológico, após a calibração usando PEST (Doherty, 2004).

Zona	Aquífero	Trecho	L (m)	dL (m)	dh (m)	dh/dL	K m/s	b (m)	KbiL m <sup>3</sup> /s	L/s
Oeste	Sistema Médio	1	1390	2694	5	1,86E-03	1,83E-05	279	1,32E-02	13,2
		2	2472	2649	5	1,89E-03	1,83E-05	279	2,38E-02	23,8
		3	3216	692	5	7,23E-03	1,83E-05	279	1,19E-01	118,6
<b>Fluxo de saída pelo exutório do Rio da Batateira no setor oeste</b>										<b>155,6</b>

**Tabela 3.7** – Vazão de captura do fluxo natural por 46 poços produtores na região de Milagres, segundo o mapa potenciométrico gerado pelo modelo matemático hidrogeológico, após a calibração usando PEST (Doherty, 2004).

Zona	Aquífero	Trecho	L (m)	dL (m)	dh (m)	dh/dL	K m/s	b (m)	KbiL m <sup>3</sup> /s	L/s
Leste	Mauriti	1	7403	2687	5	1,86E-03	6,68E-06	79	7,27E-03	7,3
		2	10449	1686	5	2,97E-03	6,68E-06	79	1,64E-02	16,4
<b>Fluxo capturado do escoamento natural na região de Milagres</b>										<b>23,6</b>

### 3.11 – Recarga Induzida de Esgotos

De acordo com os resultados apresentados pelo modelo calibrado usando PEST, como será visto adiante (**tabela 3.9**) a recarga efetiva no sistema LAC é de 3,507 m<sup>3</sup>/s. A recarga natural no referido sistema (reserva reguladora) de acordo com o balanço hídrico é de 2,540 m<sup>3</sup>/s (**tabela 2.21**). Sabendo que a perenidade dos riachos da área se deve ao lançamento de efluentes domésticos, conclui-se que a diferença de 0,967 m<sup>3</sup>/s corresponde a fluxo de retorno induzido dos riachos para o sistema LAC.

### 3.12 – Conclusões

#### **Concepção do Modelo Conceitual**

A bacia sedimentar Leste Araripe – Cariri, ou simplesmente Bacia LAC se apresenta do ponto de vista geológico-estrutural como um ambiente geológico de extrema complexidade e, portanto, de difícil caracterização hidrogeológica, em termos de individualização de aquíferos independentes, com distintos parâmetros de armazenamento e de circulação de água subterrânea, da forma como é hoje conhecida na literatura. Essa dificuldade emana, sobretudo, quando se pretende estabelecer um modelo matemático conceitual como o aqui apresentado.

No contexto do mundo real, a hidrogeologia de uma região sedimentar costuma ser caracterizada associando unidades litoestratigráficas (ULs), com unidades hidrogeológicas de fluxo (UHF). Essas últimas, porém, são unidades nas quais o movimento da água subterrânea é governado por uma superfície de cargas potenciométricas própria. Portanto, não se pode simplesmente definir os aquíferos como formações ou ULs, sem levar em conta que cada um deles precisa ter uma superfície potenciométrica própria. Ademais, esse procedimento pressupõe que as formações geológicas devem ser lateralmente contínuas e distribuídas em pacotes com o mesmo número de camadas na direção vertical. A natureza litológica de cada formação determina a sua capacidade de armazenar e transmitir a água subterrânea. Ou seja, determina sua condição de porosidade (granular, de fraturas ou de dissolução) e sua condição de permeabilidade. O empilhamento de camadas de diferentes litologias na direção vertical determina a condição de carga hidráulica de cada uma (livre ou confinada) e, portanto, a condição de variação do volume de armazenamento com a variação da carga de pressão. Associando, sobretudo, a natureza litológica das ULs, Mont'Alverne, *et al.* (1996) estabeleceram, na falta de maiores informações sobre as superfícies de carga potenciométrica, a divisão hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe, em 5 (cinco) unidades hidrogeológicas de fluxo (UHF), conforme abaixo transcrito:

1. **Sistema Aquífero Superior** (Formações Exu e Arajara):  $\pm$  320 m de espessura e condição hidráulica livre;
2. **Aquiclude Santana** (Formação Santana):  $\pm$  180 m de espessura e condição hidráulica confinante;
3. **Sistema Aquífero Médio** (Formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha):  $\pm$  500 m de espessura e condição hidráulica confinada;
4. **Aquiclude Brejo Santo** (Formação Brejo Santo):  $\pm$  400 m de espessura e condição hidráulica confinada;
5. **Sistema Aquífero Inferior** (Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo) com 60 a 100 m de espessura e condição hidráulica confinada.

Na bacia LAC objeto do estudo, a distribuição espacial dos domínios das unidades litoestratigráficas englobadas como *Sistemas Aquíferos* ou (teoricamente) como *Unidades Hidrogeológicas de Fluxo (UHF)*, se caracteriza conforme é indicado na **tabela 3.8** e ilustrado nos mapas das **figuras 3.28 a 3.32**.

**Tabela 3.8** – Distribuição espacial lateralmente descontínua dos Sistemas Aquíferos da bacia LAC.

Setor	Área km <sup>2</sup>	Sistema Aquífero	Tipo	Figura
Leste Araripe (SW da bacia LAC)	460	Superior	Livre	<b>3.28</b>
	670	Médio	Confinado	<b>3.29</b>
Central do Cariri	1583	Médio	Livre	<b>3.30</b>
Central do Cairi e Leste Araripe	2752	Inferior	Confinado	<b>3.31</b>
Bordas da Bacia do Cariri	810	Inferior	Livre	<b>3.32</b>

Como hipótese de trabalho para a concepção do modelo admitiu-se que cada unidade hidrogeológica de fluxo (UHF) é governada por uma superfície potenciométrica independente. Assim, um modelo de 5 (cinco) camadas, com 3 (três) UHFs e 2 (duas) camadas confinantes (tipo aquíclode), teria necessariamente 3 (três) superfícies potenciométricas distintas.

Nos poços estratigráficos perfurados pela PETROBRAS e DNPM na bacia do Araripe, atravessando toda a sequência sedimentar, essas superfícies não foram reveladas nem a geologia apresenta zonas de recarga passíveis de criar diferenças significativas de carga entre as 3 (três) grandes UHFs, a ponto de formar 3 (três) superfícies potenciométricas distintas.

Ressalta-se que superfícies potenciométricas distintas na bacia LAC ocorrem apenas em escala de blocos estruturais, como se observa, por exemplo, na região de Milagres e Mauriti onde localmente a presença de poços jorrantes revela cargas potenciométricas de uma segunda superfície além da freática.

No modelo matemático hidrogeológico de 5 (cinco) camadas contínuas como exige o MODFLOW e como se encontra ilustrado no bloco 3D da **figura 3.2** e nas seções das **figuras 3.4** e **3.5**, cada camada possui uma superfície potenciométrica. No caso, por uma questão de consistência com a realidade, o modelo considera a mesma superfície potenciométrica para todas as camadas. Essa hipótese implica que todas as camadas se acham interligadas por *curtos circuitos de fluxo* através de fraturas que as integram em um só meio poroso e formam um grande **sistema de águas subterrâneas livres**, definido como **Sistema LAC**, no qual o fluxo subterrâneo é governado por uma única superfície potenciométrica, que representa a carga média do sistema.

### **Calibração do modelo**

A calibração feita inicialmente pelo método de tentativa e erro, apresentou em regime transiente erro médio quadrático de 10,0% com coeficiente de correlação de 0,915. Em regime de equilíbrio o erro médio quadrático foi de 7,2% para um coeficiente de correlação de 0,929. Na calibração através do programa PEST, verificou-se que o sistema se encontra praticamente em equilíbrio devido a fluxos de retorno. Em 75% dos 24 registradores automáticos o erro residual é inferior a 1% e nos 25% restantes o erro varia de 1% a 1,6%.

### **Balanço hidrogeológico**

O balanço hidrogeológico global avaliado pelo modelo calibrado usando PEST é apresentado na **tabela 3.9**.

**Tabela 3.9** – Balanço hidrogeológico calculado pelo modelo calibrado usando PEST.

<b>BALANÇO DE FLUXO</b>		
<b>ENTRADA (m³/s)</b>	<b>Fluxo m³/dia</b>	<b>Fluxo m³/s</b>
Recarga	302.968,31119	
<b>Total ENTRADA</b>	<b>302.968,31119</b>	<b>3,507</b>
<b>SAÍDA:</b>		
Drenos	94.254,92639	1,091
Poços (bombeamento de vazões ajustadas)	208.713,66698	2,416
<b>Total SAÍDA</b>	<b>302.968,59337</b>	<b>3,507</b>
ENTRADA - SAÍDA	-0,28218	
Porcentagem de Erro	-0,00009	

O balanço hidrogeológico da **tabela 3.9** fornecido pelo modelo calibrado indica:

- Entrada= recarga efetiva de 3,507 m³/s;
- Saída = restituição à rede hidrográfica, através dos drenos, de uma descarga de 1,091 m³/s (31%) e produção de 2,416 m³/s (69%) através dos poços bombeados.
- Entretanto, o mapa potenciométrico produzido pelo modelo (**figura 2.14**) indica que a descarga dos drenos, em face dos bombeamentos, é hoje de apenas 0,156 m³/s no exutório do rio da Batateira.
- Por outro lado, a recarga de longo período avaliada através do balanço hídrico de Thornthwaite na bacia do Cariri é de 2,540 m³/s. Isso leva a concluir que deve existir um fluxo de retorno de 0,967 m³/s para o sistema aquífero.

Essa conclusão é totalmente plausível em face da deterioração da qualidade da água subterrânea evidenciada por teores crescentes de nitrato em muitos poços da região e pela presença de riachos perenizados por esgotos em todo o Cariri. Isto significa que as atividades antrópicas estão impactando o balanço hídrico natural, tanto em termos de quantidade, quanto, notadamente, em termos de qualidade das águas subterrâneas.

Quanto às saídas do sistema, a descarga natural restituída pelos drenos é de 1,091 m<sup>3</sup>/s, dos quais 0,911 m<sup>3</sup>/s (84%) são capturados do fluxo natural pelos poços de bombeamento na zona oeste (**tabela 3.10**), restando ainda uma descarga de longo período, de 0,156 m<sup>3</sup>/s (14%) da restituição natural no exutório do rio da Batateira. Na bacia do riacho dos Porcos, o fluxo no exutório desapareceu e já se nota uma tendência de exaustão na região de Milagres, com a captura de 0,024 m<sup>3</sup>/s (2%) pelos poços de bombeamento. A retirada total através dos poços na bacia LAC é de 3,351 m<sup>3</sup>/s, sendo 2,416 m<sup>3</sup>/s do fluxo natural e 0,935 de vazões capturadas das restituições naturais dos drenos.

**Tabela 3.10** – Balanço hidrogeológico interpretado à luz dos impactos produzidos sobre o sistema aquífero LAC pela atividade antrópica.

<b>BALANÇO DE FLUXO</b>		
<b>ENTRADA (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Fluxo m<sup>3</sup>/dia</b>	<b>Fluxo m<sup>3</sup>/s</b>
Recarga		
Natural	219.456,0	2,540
Fluxo de retorno	83.512,3	0,967
<b>Total ENTRADA</b>	<b>302.968.3</b>	<b>3,507</b>
<b>SAÍDA:</b>		
Descarga dos Drenos		
Natural (exutório do rio Batateira)	13397,07	0,156
Captura por poços no Oeste	78740,25	0,911
Captura por poços no Leste	2117,61	0,024
	<b>94.254.93</b>	<b>1,091</b>
Poços (bombeamento de vazões ajustadas)	208.713.66698	2,416
<b>Total SAÍDA</b>	<b>302.968.59337</b>	<b>3,507</b>
ENTRADA - SAÍDA	-0.28218	
Porcentagem de Erro	-0.00009	

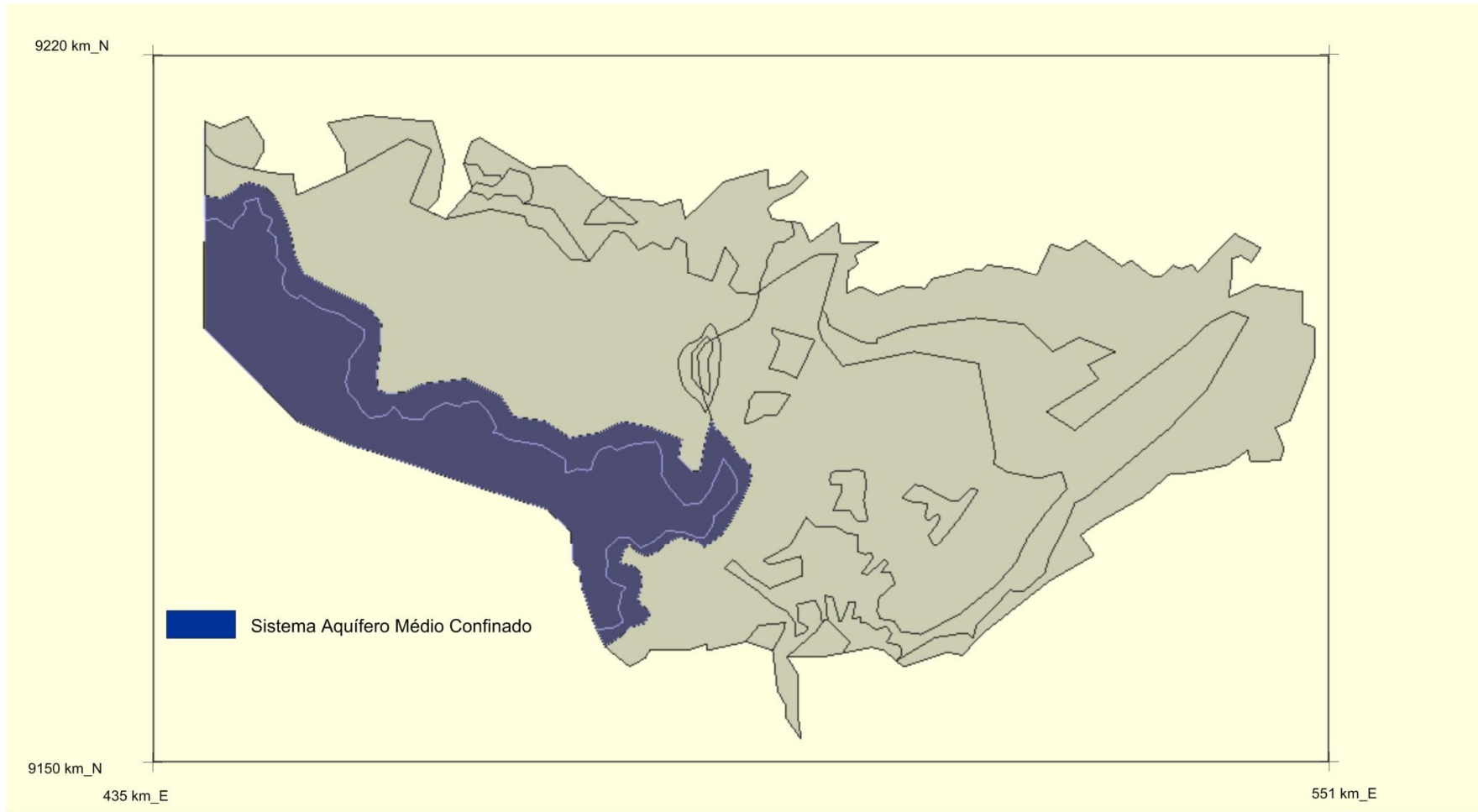
### **Zoneamento da Exploração**

De maneira geral o mapa de ZEA Cariri, com células numeradas (**figura 2.16**) revela que existe (na ausência de retorno de águas usadas) um déficit significativo em relação à recarga natural de longo período nas células de números 5, 6, 7, 14, 15, 16 e 26 no setor ocidental e nas células 32, 33 e 39 no setor oriental.

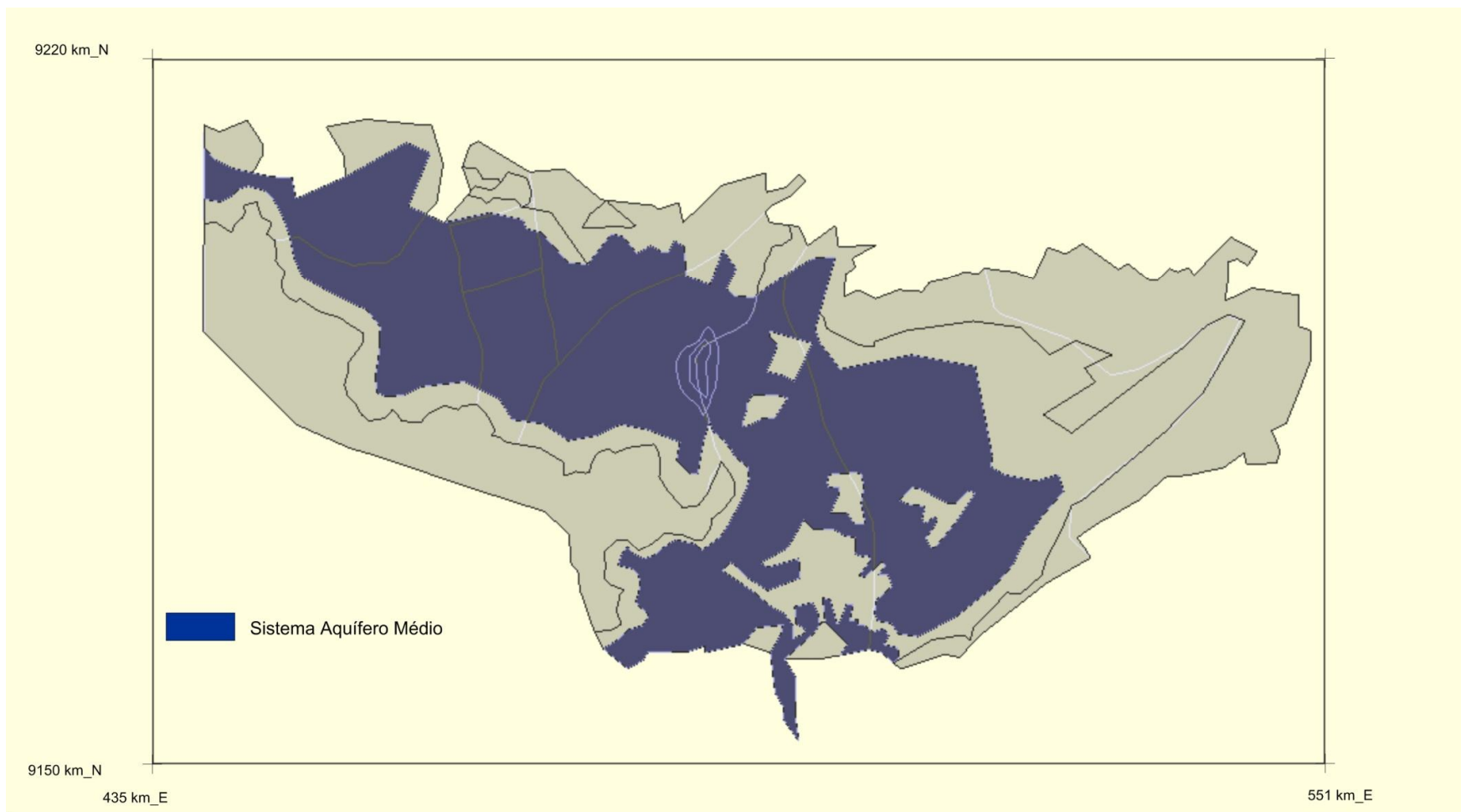
O modelo matemático hidrogeológico calibrado com PEST (Doherty, 2004) usando as cargas registradas na rede de 24 sensores instalados pela Cogeh mostra que os fluxos de retorno de águas usadas são bastante significativos e chegam a 0,967 m<sup>3</sup>/s (**tabela 3.11**). Esses fluxos de retorno águas usadas precisam ser eliminados ou reduzidos de forma significativa para a devida preservação da qualidade e da sustentabilidade da exploração.



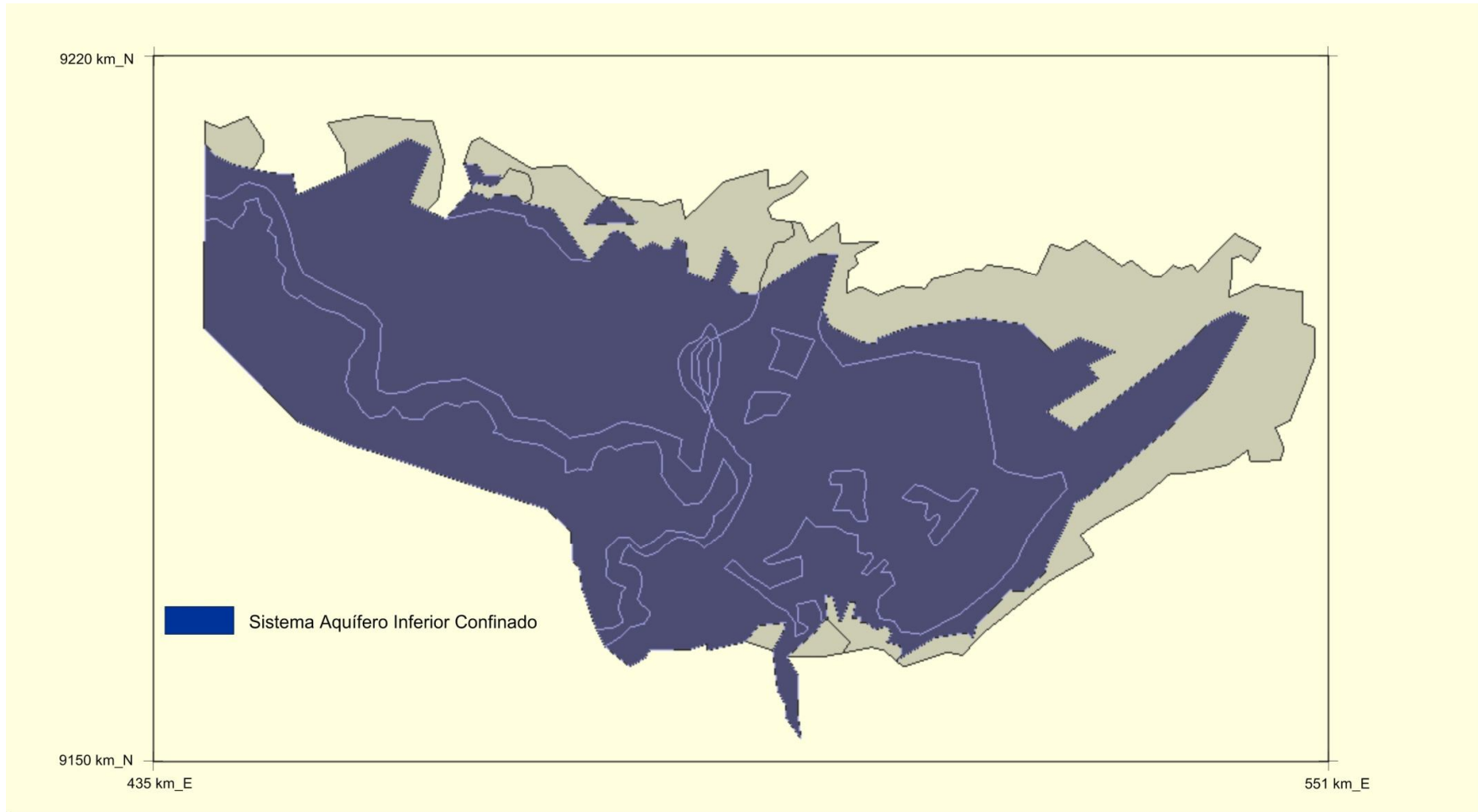
**Figura 3.28** – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Livre Superior na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC).



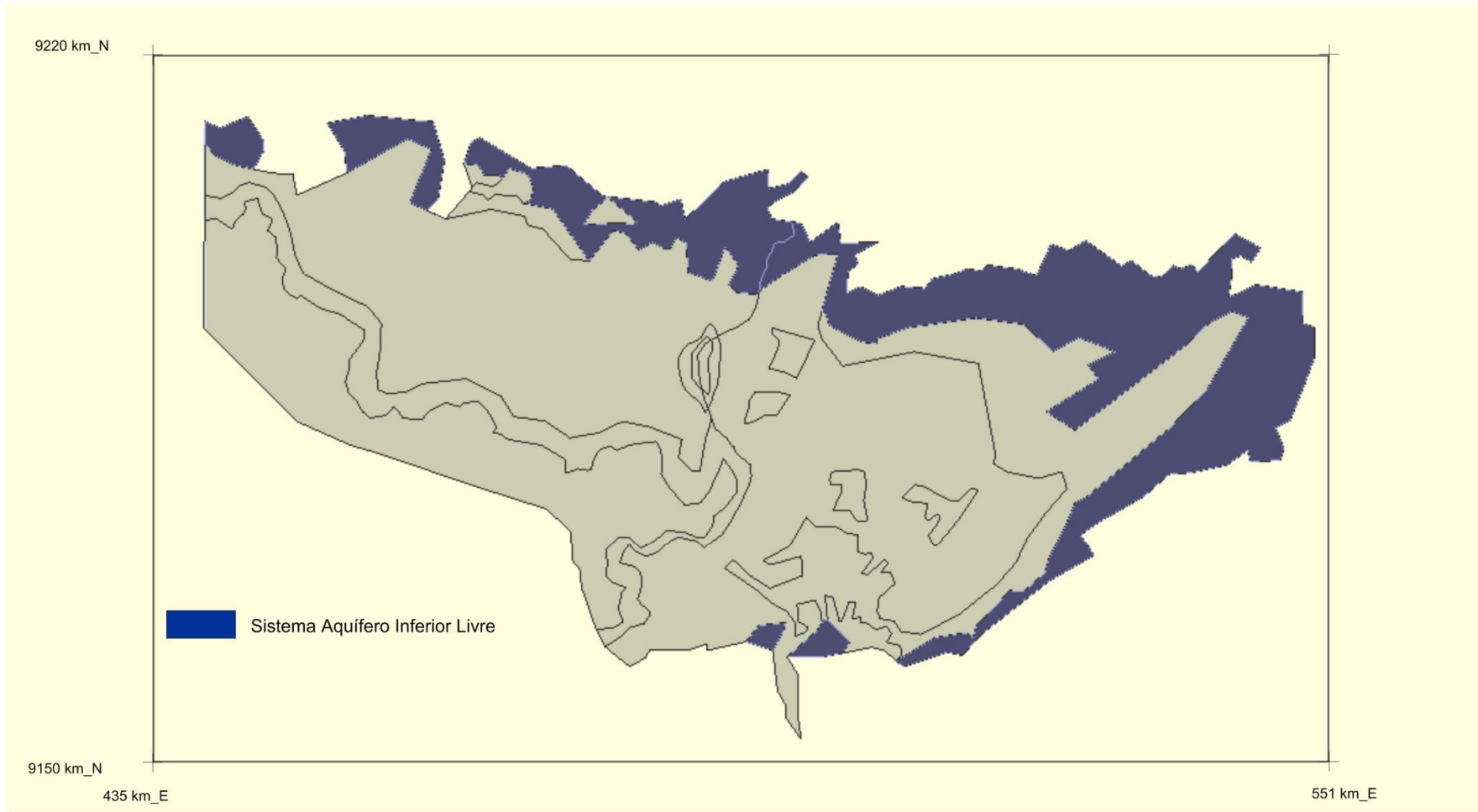
**Figura 3.29** – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Médio Confinado na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC).



**Figura 3.30** – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Médio Livre na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC).



**Figura 3.31** – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Inferior confinado na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC).



**Figura 3.32** – Mapa do domínio do Sistema Aquífero Inferior Livre na bacia Leste Araripe-Cariri (Bacia LAC).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

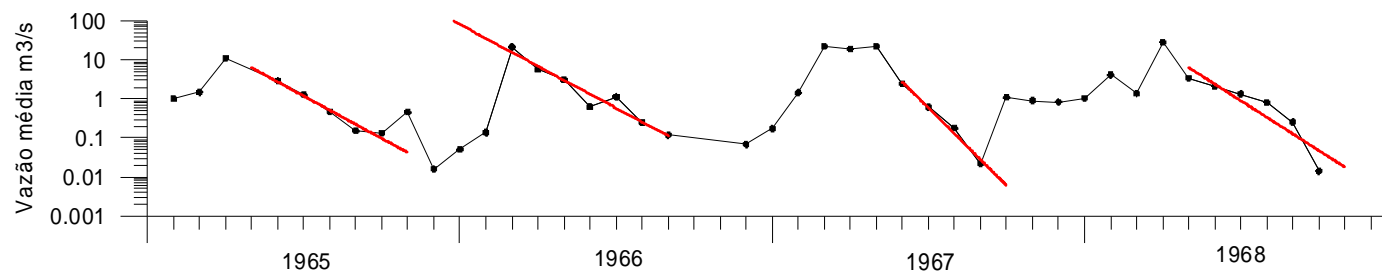
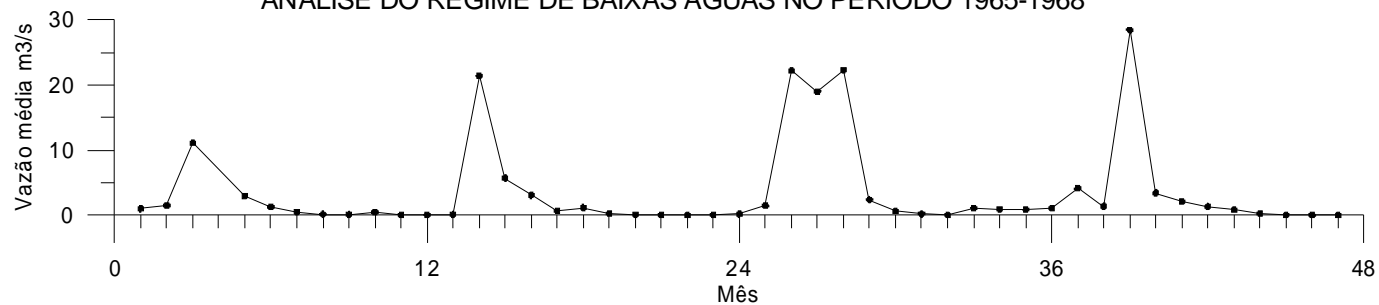
- Cooper, H. H. & Jacob, C. E. 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well-field history. *Transactions American Geophysical Union*, v.27, p. 526 – 634.
- Cunha, J. B. & Milo, J. L. 1984. Dados climatológicos básicos do Nordeste. Programa Trópico Semi-Árido. CNpq, BID, SUDENE.
- Doherty, J. 2004. PEST – Model-independent parameter estimation. User manual 5<sup>th</sup> Edition. *Watermark Numerical Computing*.
- Gaspary, J.; Anjos, N. F. R; Rebouças, A. C. & Manoel Filho, J. 1967. Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe. Vol. VII – Hidrogeologia. SUDENE. ASMIC.
- Jacob, C. E. 1947. Drawdown test to determine the effective radius of artesian wells. *Transactions American Society of Civil Engineers*. V. 112. P. 1047-1070.
- Manoel Filho, J. 1976a. COMPANHIA AÇUCAREIRA VALE DO SALAMANCA. Dimensionamento das Condições de Exploração dos Poços Tubulares. PLANAT. AÇUSA. Relatório Técnico. Inédito.
- Manoel Filho, J. 1976b. COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. Captação de Juazeiro do Norte. Dimensionamento das Condições de Exploração dos Poços Tubulares. PLANAT. CAGECE. Relatório Técnico. Inédito.
- Manoel Filho, J.; Feitosa, F. A.; Feitosa, E. C & Demetrio, J. G. A. D. 2008. Capacidade de produção de poços. IN: *Hidrogeologia, conceitos e aplicações*. 3 ed. Fernando S. C. Feitosa, João Manoel Filho, Edilton Carneiro Feitosa, J. Geilson A. Demetrio (Coords). CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 812p.
- MARA 1992. Normais Climatológicas 1961-1990 – Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia.
- Mont’Alverne, 1996 (Coord.). Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe. DNPM.
- Feitosa, E. C. 1984. Estudo geofísico por eletrorresistividade na região de Milagres-CE. PLANAT-CAGECE (relatório técnico inédito).
- Thornthwaite, C. W.; Mather, J.R. 1955. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

## ANEXOS

## A1.1 - Hidrogramas de Recessões

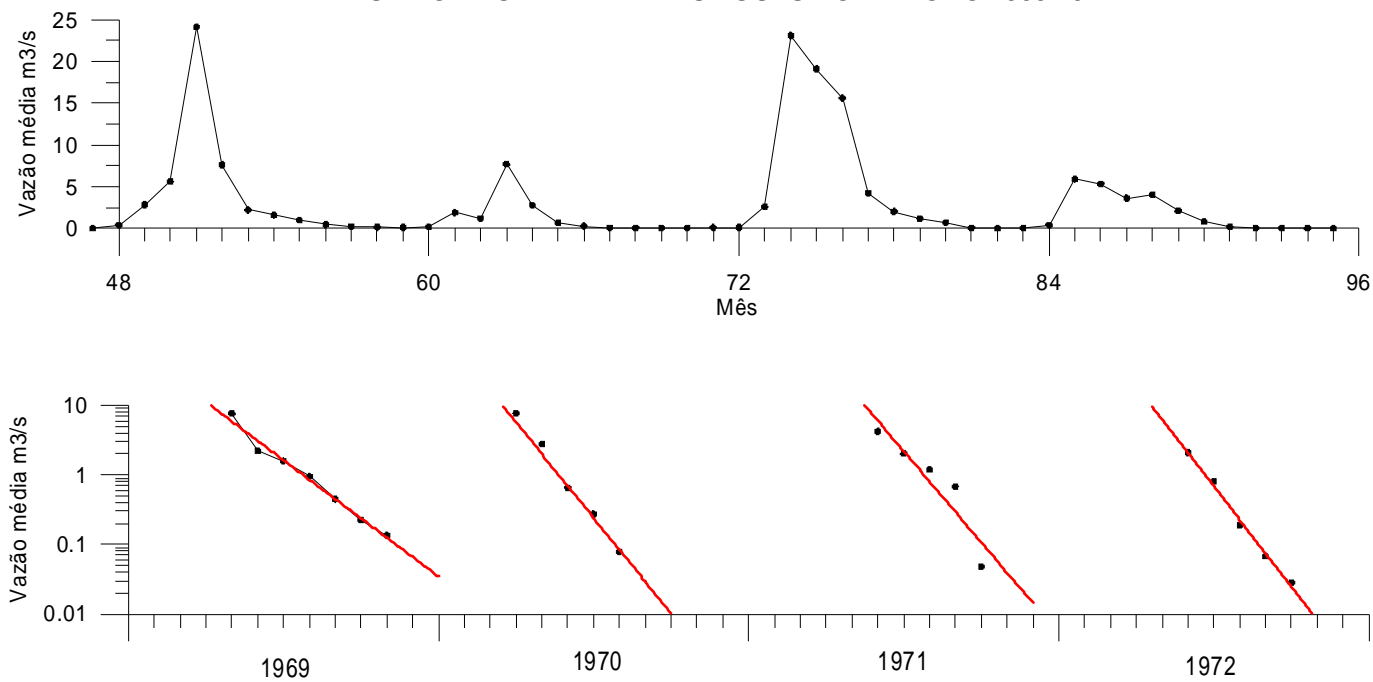
POSTO 36210000 - RIO SALGADO EM SITIO LAPINHA - 1520 Km<sup>2</sup>

ANÁLISE DO REGIME DE BAIXAS ÁGUAS NO PERÍODO 1965-1968



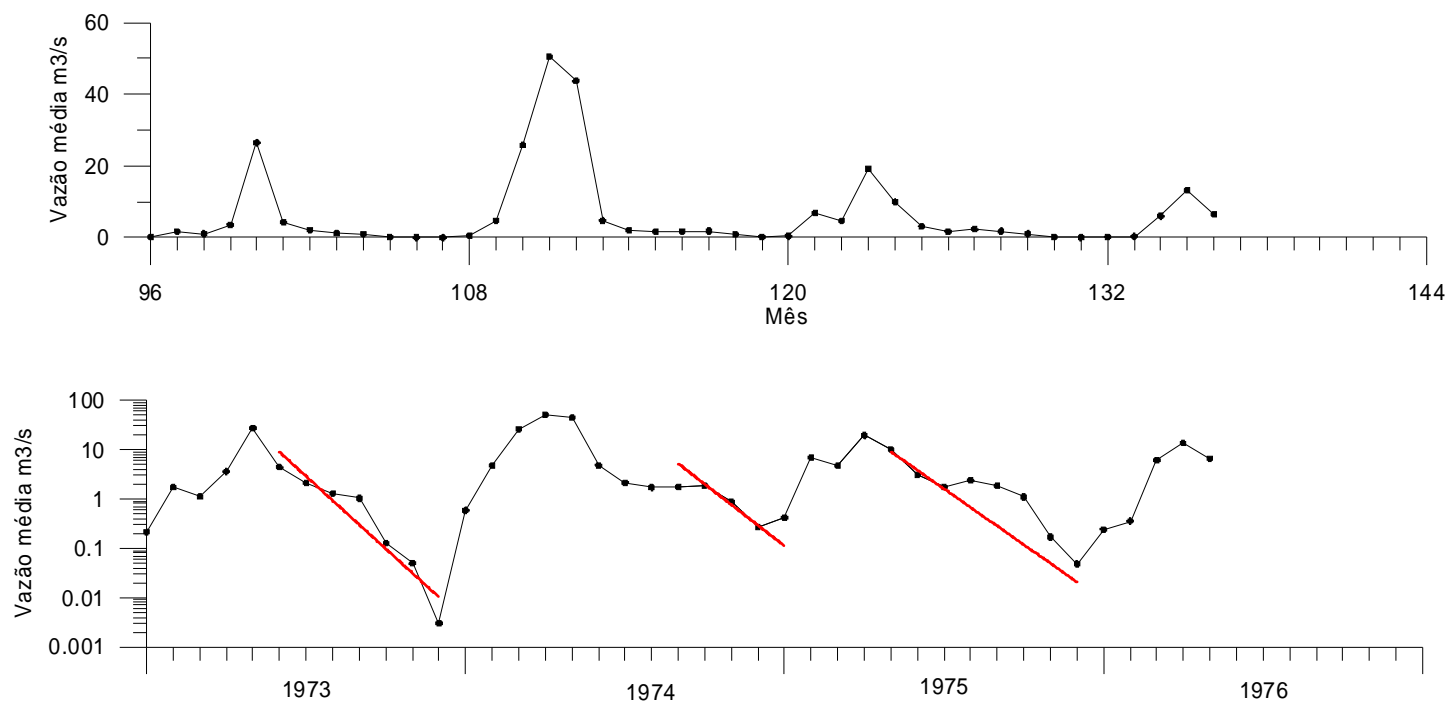
**A1.1.1** – Gráficos de recessões do Rio Salgado, em Sítio Lapinha, no período de 1965 a 1968.

POSTO 36210000 - RIO SALGADO EM SITIO LAPINHA - 1520 Km<sup>2</sup>  
ANÁLISE DO REGIME DE BAIXAS ÁGUAS NO PERÍODO 1969-1972



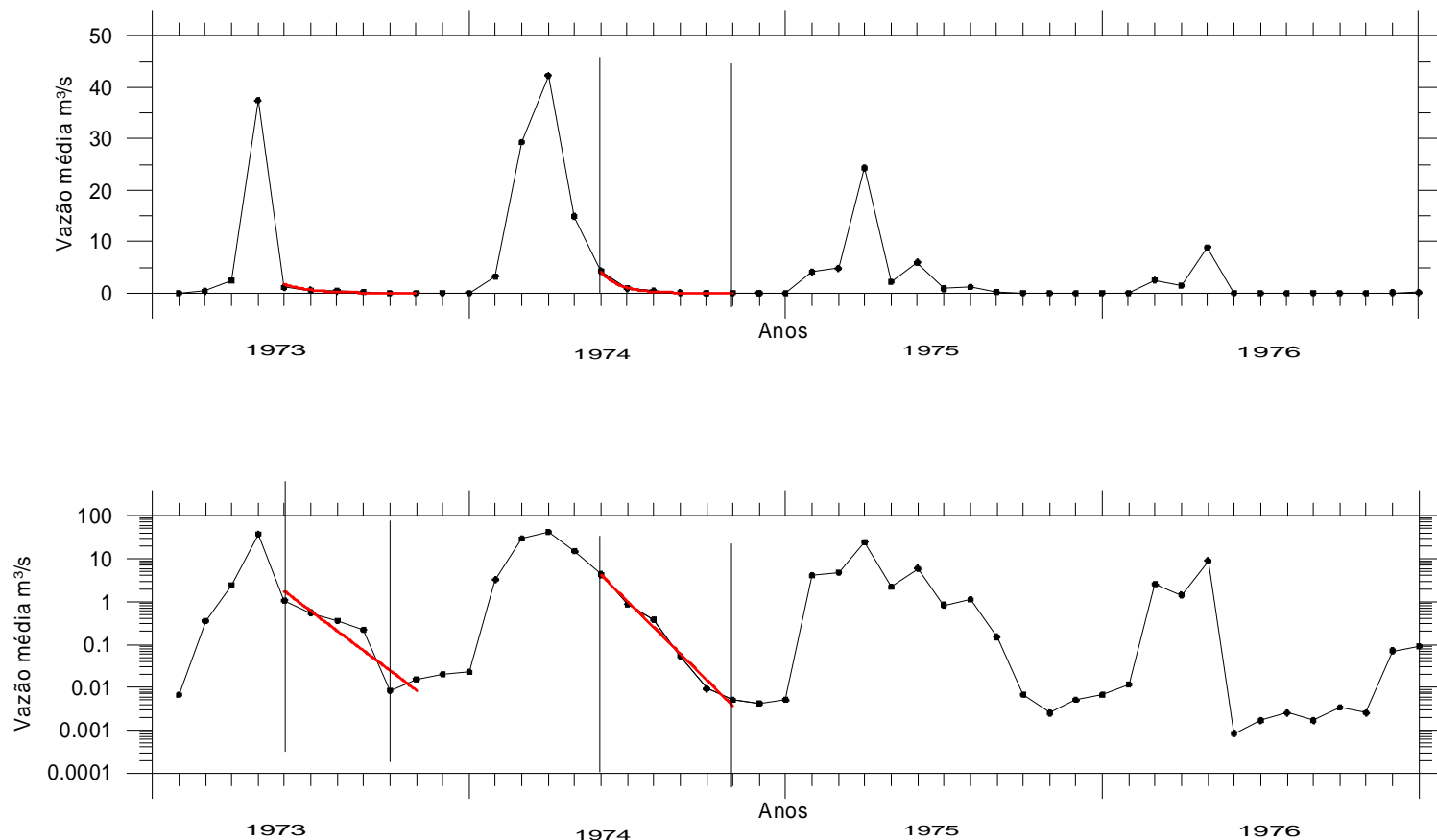
**A1.1.2** – Recessões do Rio Salgado, em Sítio Lapinha, no período de 1969 a 1972.

POSTO 36210000 - RIO SALGADO EM SITIO LAPINHA - 1520 Km<sup>2</sup>  
ANÁLISE DO REGIME DE BAIXAS ÁGUAS NO PERÍODO 1973-1976



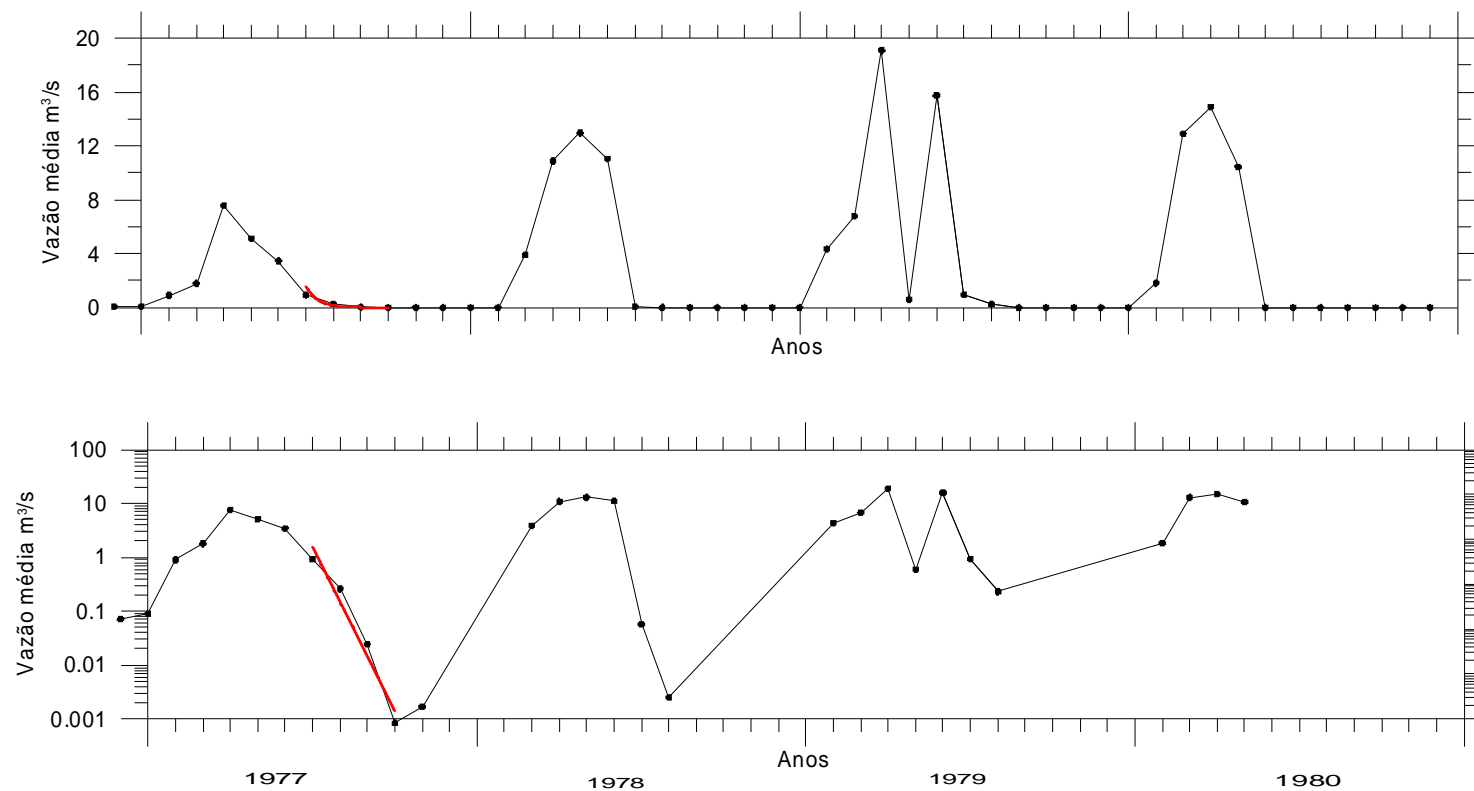
**A1.1.3 – Recessões do Rio Salgado, em Sítio Lapinha, no período de 1973 a 1976.**

ESTAÇÃO 36250000 - RIACHO DOS PORCOS EM PODIMIRIM - 3200 Km<sup>2</sup>



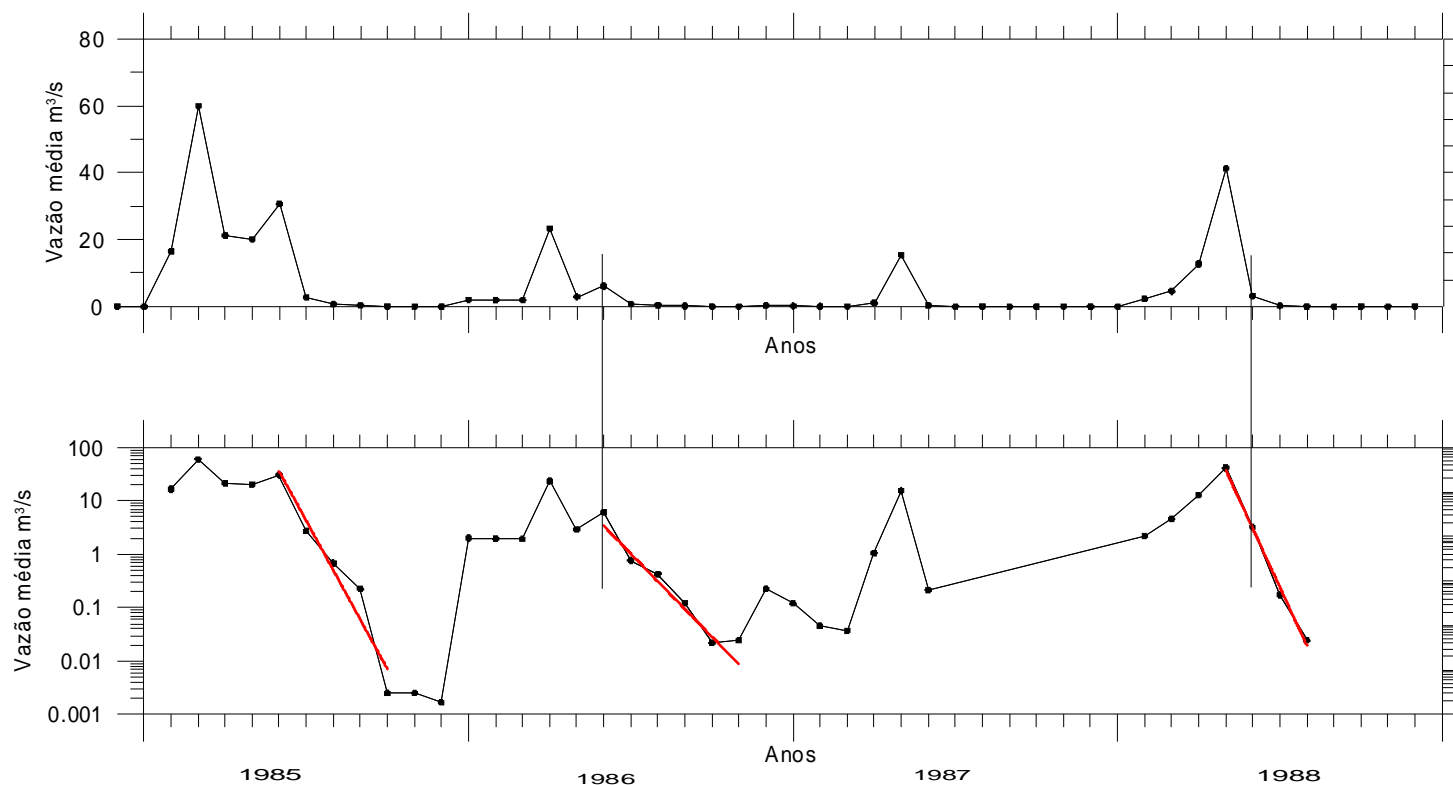
A1.1.4 – Recessões do Riacho dos Porcos, em Podimirim, no período de 1973 a 1976.

ESTAÇÃO 36250000 - RIACHO DOS PORCOS EM PODIMIRIM - 3200 Km<sup>2</sup>

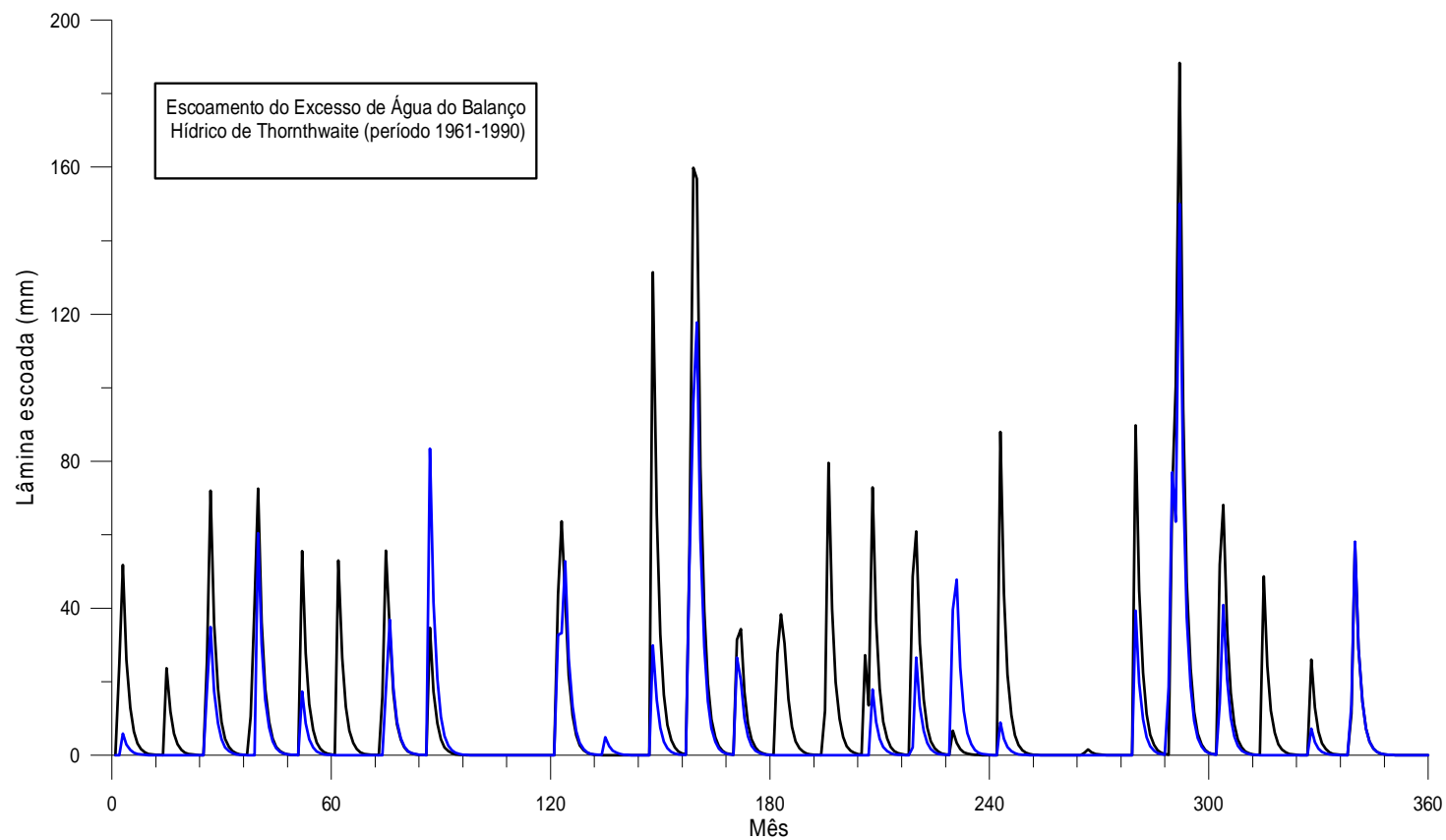


A1.1.5 – Recessões do Riacho dos Porcos, em Podimirim, no período de 1977 a 1980.

ESTAÇÃO 36250000 - RIACHO DOS PORCOS EM PODIMIRIM - 3200 Km<sup>2</sup>



**A1.1.6 – Recessões do Riacho dos Porcos, em Podimirim, no período de 1985 a 1988.**



**A1.1.7** – Escoamento do excesso de água do balanço hídrico de Thornthwaite, em Sítio Lapinha e Podimirim, no período de 1961 a 1990.

## A1.2 – Balanço Hídrico

## **A1.2.1 –Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1961-1990)**

**A1.2.1.1 – Chuva média de 1961 a 1990 na bacia sedimentar (3.495 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1961	116,4	217,2	197,0	92,9	20,1	27,5	18,6	1,3	1,6	6,5	14,6	53,5	767,2
1962	105,2	210,1	183,1	114,0	20,9	15,8	25,2	0,3	0,1	9,5	115,8	64,5	864,5
1963	93,3	283,0	220,9	97,4	17,1	9,5	1,2	0,4	1,8	21,1	73,0	138,9	957,7
1964	205,4	178,9	185,4	254,9	42,9	27,4	18,9	10,9	15,8	11,2	21,2	17,8	990,7
1965	121,2	77,0	212,2	213,2	22,3	40,9	1,8	10,9	2,3	65,9	10,3	35,2	813,3
1966	98,0	284,0	99,2	87,3	12,9	49,8	12,4	0,3	2,5	6,9	65,3	90,6	809,3
1967	160,3	223,8	232,7	151,4	67,3	4,0	2,8	4,3	4,5	5,2	9,1	45,2	910,6
1968	156,9	101,2	356,3	81,9	60,9	12,4	3,9	0,6	0,8	7,3	33,5	51,7	867,5
1969	124,3	107,6	187,4	82,8	45,7	21,8	15,5	6,9	6,7	2,1	4,1	47,2	652,3
1970	133,9	89,1	152,2	101,5	0,6	4,2	0,8	0,8	2,8	37,8	27,1	9,3	560,1
1971	173,5	311,7	195,0	164,9	40,2	24,8	14,4	1,9	2,1	12,9	19,6	31,5	992,6
1972	182,9	179,6	138,3	84,5	83,5	19,7	3,6	20,8	1,5	17,7	7,5	124,1	863,7
1973	68,8	84,3	194,9	317,5	39,4	96,3	31,2	26,7	5,3	40,4	5,7	90,4	1000,8
1974	176,9	345,7	337,2	263,3	27,9	11,5	11,5	0,1	9,1	29,1	21,5	38,9	1272,8
1975	191,3	148,9	251,7	142,0	32,1	36,2	29,2	2,0	4,0	13,5	27,5	46,0	924,5
1976	47,9	234,9	167,4	124,2	12,1	7,3	2,8	1,7	37,7	47,3	90,7	56,8	830,9
1977	133,4	145,3	188,2	224,7	93,0	18,8	18,5	1,1	4,7	10,0	10,7	82,2	930,6
1978	75,5	257,4	132,5	212,2	95,0	9,0	27,0	0,2	16,8	6,3	45,3	29,5	906,8
1979	209,0	166,0	232,2	178,5	69,0	4,4	1,5	7,1	13,3	12,0	56,1	42,8	991,8
1980	144,5	286,3	161,9	14,4	5,3	12,3	2,6	0,3	5,5	16,2	120,2	76,4	845,9
1981	48,2	49,6	331,8	63,2	1,0	18,1	2,6	0,8	0,5	2,8	12,0	45,1	575,7
1982	103,7	66,9	117,9	125,2	15,1	11,7	3,4	1,5	2,9	9,9	19,3	70,3	547,9
1983	86,0	197,7	107,2	47,8	5,2	5,7	6,5	0,8	1,2	1,7	15,0	25,9	500,7
1984	64,1	96,2	167,2	314,3	42,9	7,5	4,8	2,0	5,4	23,7	18,3	37,0	783,3
1985	304,4	278,4	225,6	372,7	75,4	44,0	12,4	3,7	7,0	4,7	9,9	150,7	1489,0
1986	104,8	145,9	286,4	192,4	22,9	16,9	19,2	6,9	2,7	23,5	70,7	27,1	919,6
1987	92,0	111,9	233,2	93,4	19,6	26,6	8,4	0,5	9,9	2,6	5,0	18,7	622,0
1988	155,0	156,2	168,5	193,2	22,8	13,3	6,5	1,8	3,5	20,7	25,5	125,2	892,2
1989	138,1	125,0	255,9	220,2	68,1	11,5	13,2	3,6	9,7	26,3	40,9	139,0	1051,5
1990	84,8	122,5	145,1	145,6	46,7	16,4	11,0	4,2	6,3	17,1	34,3	62,5	696,3
<b>Média</b>	<b>130,0</b>	<b>176,1</b>	<b>202,1</b>	<b>159,1</b>	<b>37,6</b>	<b>20,8</b>	<b>11,0</b>	<b>4,2</b>	<b>6,3</b>	<b>17,1</b>	<b>34,3</b>	<b>62,5</b>	<b>861,1</b>

**A1.2.1.2 – Escoamento total (I+R) de 1961 a 1990 do excesso médio de água na bacia sedimentar (3.495 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Q_Ano
1961	0,0	0,0	19,1	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	38,3
1962	0,0	0,0	8,7	4,3	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	17,4
1963	0,0	22,0	53,0	26,5	13,3	6,6	3,3	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	128,0
1964	0,1	0,0	4,0	71,3	35,6	17,8	8,9	4,5	2,2	1,1	0,6	0,3	146,4
1965	0,1	0,1	0,0	36,1	18,1	9,0	4,5	2,3	1,1	0,6	0,3	0,1	72,4
1966	0,1	22,5	11,3	5,6	2,8	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	45,1
1967	0,0	0,0	40,3	37,7	18,8	9,4	4,7	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	115,5
1968	0,1	0,0	59,8	29,9	14,9	7,5	3,7	1,9	0,9	0,5	0,2	0,1	119,5
1969	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	36,4	47,3	47,9	24,0	12,0	6,0	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	179,3
1972	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1973	0,0	0,0	0,0	79,6	39,8	19,9	9,9	5,0	2,5	1,2	0,6	0,3	158,9
1974	0,2	53,4	126,9	136,9	68,5	34,2	17,1	8,6	4,3	2,1	1,1	0,5	453,8
1975	0,3	0,1	15,2	20,4	10,2	5,1	2,6	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	56,4
1976	0,0	0,0	13,2	10,5	5,3	2,6	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	34,3
1977	0,0	0,0	0,0	33,0	16,5	8,3	4,1	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	65,9
1978	0,1	9,2	4,6	48,0	24,0	12,0	6,0	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	109,8
1979	0,1	0,0	22,8	42,5	21,2	10,6	5,3	2,7	1,3	0,7	0,3	0,2	107,7
1980	0,1	23,7	24,4	12,2	6,1	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	72,5
1981	0,0	0,0	47,5	23,7	11,9	5,9	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	94,9
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	64,1	32,1	16,0	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	128,0
1985	9,4	74,4	81,6	169,0	84,5	42,2	21,1	10,6	5,3	2,6	1,3	0,7	502,7
1986	0,3	0,2	28,4	52,2	26,1	13,1	6,5	3,3	1,6	0,8	0,4	0,2	133,1
1987	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1988	0,0	0,0	0,0	12,8	6,4	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	25,6
1989	0,0	0,0	9,5	56,7	28,4	14,2	7,1	3,5	1,8	0,9	0,4	0,2	122,8
1990	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
<b>Média</b>	<b>0,4</b>	<b>8,1</b>	<b>20,6</b>	<b>34,4</b>	<b>17,2</b>	<b>8,6</b>	<b>4,3</b>	<b>2,1</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>97,6</b>

**A1.2.1.3 – Infiltração (recarga) de 1961 a 1990 do excesso médio de água na bacia sedimentar (3.495 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	L_Ano
1961	0,0	0,0	1,7	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
1962	0,0	0,0	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
1963	0,0	2,0	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	11,5
1964	0,0	0,0	0,4	6,4	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	13,2
1965	0,0	0,0	0,0	3,3	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	6,5
1966	0,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
1967	0,0	0,0	3,6	3,4	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	10,4
1968	0,0	0,0	5,4	2,7	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	10,8
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	3,3	4,3	4,3	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	16,1
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	7,2	3,6	1,8	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	14,3
1974	0,0	4,8	11,4	12,3	6,2	3,1	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	40,8
1975	0,0	0,0	1,4	1,8	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	5,1
1976	0,0	0,0	1,2	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
1977	0,0	0,0	0,0	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	5,9
1978	0,0	0,8	0,4	4,3	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	9,9
1979	0,0	0,0	2,1	3,8	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	9,7
1980	0,0	2,1	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5
1981	0,0	0,0	4,3	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	8,5
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	5,8	2,9	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	11,5
1985	0,8	6,7	7,3	15,2	7,6	3,8	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	45,2
1986	0,0	0,0	2,6	4,7	2,3	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	12,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
1989	0,0	0,0	0,9	5,1	2,6	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	11,1
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Média</b>	<b>0,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>3,1</b>	<b>1,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>8,8</b>

**A1.2.1.4 – Escoamento superficial** de 1961 a 1990 do excesso médio de água na bacia sedimentar (3.495 km<sup>2</sup>).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	R_Ano
1961	0,0	0,0	17,4	8,7	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	34,8
1962	0,0	0,0	7,9	3,9	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	15,8
1963	0,0	20,0	48,3	24,1	12,1	6,0	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	116,5
1964	0,0	0,0	3,7	64,9	32,4	16,2	8,1	4,1	2,0	1,0	0,5	0,3	133,2
1965	0,1	0,1	0,0	32,9	16,4	8,2	4,1	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	65,9
1966	0,1	20,5	10,3	5,1	2,6	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	41,1
1967	0,0	0,0	36,7	34,3	17,1	8,6	4,3	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	105,1
1968	0,1	0,0	54,4	27,2	13,6	6,8	3,4	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	108,7
1969	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	33,1	43,0	43,6	21,8	10,9	5,5	2,7	1,4	0,7	0,3	0,2	163,1
1972	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1973	0,0	0,0	0,0	72,4	36,2	18,1	9,1	4,5	2,3	1,1	0,6	0,3	144,6
1974	0,1	48,6	115,5	124,6	62,3	31,2	15,6	7,8	3,9	1,9	1,0	0,5	413,0
1975	0,2	0,1	13,8	18,6	9,3	4,7	2,3	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	51,3
1976	0,0	0,0	12,0	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	31,3
1977	0,0	0,0	0,0	30,0	15,0	7,5	3,8	1,9	0,9	0,5	0,2	0,1	60,0
1978	0,1	8,4	4,2	43,7	21,9	10,9	5,5	2,7	1,4	0,7	0,3	0,2	99,9
1979	0,1	0,0	20,8	38,7	19,3	9,7	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	98,1
1980	0,1	21,6	22,2	11,1	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	65,9
1981	0,0	0,0	43,2	21,6	10,8	5,4	2,7	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	86,4
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	58,4	29,2	14,6	7,3	3,6	1,8	0,9	0,5	0,2	116,5
1985	8,6	67,7	74,3	153,8	76,9	38,4	19,2	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	457,5
1986	0,3	0,2	25,8	47,5	23,8	11,9	5,9	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	121,1
1987	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1988	0,0	0,0	0,0	11,7	5,8	2,9	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	23,3
1989	0,0	0,0	8,7	51,6	25,8	12,9	6,5	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	111,7
1990	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
<b>Média</b>	<b>0,3</b>	<b>7,4</b>	<b>18,7</b>	<b>31,3</b>	<b>15,6</b>	<b>7,8</b>	<b>3,9</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>88,8</b>

### **A1.2.2 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1961-1990) Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>)**

**A1.2.2.1 – Chuva média de 1961 a 1990, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado em Sítio Lapinha (1520 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	P_Ano
1961	143,7	232,8	217,2	80,7	26,1	46,9	14,3	1,5	0,4	4,8	20,9	48,8	838,0
1962	70,5	239,5	187,6	103,3	19,3	16,0	25,2	0,6	0,1	12,6	150,4	75,2	900,4
1963	98,6	293,6	256,2	94,2	15,0	8,8	0,0	0,0	2,0	18,3	109,4	188,7	1084,8
1964	250,3	197,6	210,3	223,3	43,7	37,9	6,5	14,3	7,3	13,5	16,7	13,6	1035,0
1965	130,4	108,2	235,7	233,2	28,5	28,2	1,3	15,7	2,3	75,9	7,5	42,2	909,2
1966	87,8	347,3	94,9	95,1	15,5	49,6	13,2	0,0	1,3	8,9	49,9	90,2	853,8
1967	176,4	273,2	233,8	131,7	58,6	5,8	3,7	0,7	6,9	1,9	16,3	61,5	970,5
1968	192,0	133,2	307,8	81,6	80,1	7,0	2,5	0,4	0,4	9,4	54,5	56,8	925,7
1969	170,7	143,3	200,0	80,2	46,1	18,7	19,8	1,6	7,2	3,0	3,7	40,3	734,7
1970	176,6	118,7	174,5	146,1	0,1	2,6	0,4	1,4	3,4	55,2	26,6	16,2	722,0
1971	193,1	321,2	222,1	142,4	34,1	24,0	10,8	3,1	0,9	20,6	24,1	52,2	1048,6
1972	235,7	142,1	107,6	88,8	84,2	14,6	1,5	25,7	0,1	30,1	3,5	119,8	853,6
1973	74,0	60,5	214,9	405,9	41,7	83,4	42,8	28,3	6,1	38,3	6,6	115,4	1117,8
1974	166,4	351,1	403,1	273,3	28,7	3,9	12,5	0,2	6,4	32,7	15,1	59,9	1353,2
1975	254,0	115,9	258,1	156,7	36,8	30,4	25,9	1,9	6,0	19,0	42,3	54,5	1001,5
1976	49,8	296,7	187,5	142,1	18,6	7,8	2,7	1,6	34,5	45,5	110,9	67,9	965,6
1977	141,1	157,2	247,0	266,4	100,8	20,4	15,9	0,0	3,1	8,3	4,6	86,8	1051,7
1978	82,2	295,6	131,6	258,5	122,1	2,8	20,9	0,0	8,1	1,7	39,1	38,8	1001,4
1979	242,3	179,9	240,4	192,7	61,4	3,6	0,7	8,1	8,9	7,0	59,6	37,1	1041,8
1980	134,7	254,6	130,5	13,4	4,4	8,1	2,6	0,4	6,5	21,2	146,9	83,0	806,5
1981	45,4	38,9	414,4	55,6	1,7	10,8	0,3	0,9	0,0	2,2	14,5	40,7	625,4
1982	153,0	75,0	112,0	130,9	13,5	14,2	0,9	1,0	0,1	2,9	23,6	69,7	596,8
1983	115,4	242,7	140,9	40,6	2,5	5,8	4,8	0,2	0,1	0,3	18,6	34,7	606,6
1984	80,9	110,1	174,0	363,4	55,8	5,4	3,3	1,5	6,1	39,7	20,6	60,8	921,7
1985	284,8	284,6	267,6	395,9	83,3	46,7	13,3	1,9	13,3	4,8	3,0	151,7	1550,9
1986	116,9	123,5	342,0	203,8	15,7	16,9	18,6	9,9	4,8	35,6	111,2	30,4	1029,3
1987	120,3	161,4	315,8	99,0	19,5	22,2	13,5	1,1	13,1	2,4	8,8	18,1	795,3
1988	156,4	192,2	171,2	187,9	21,4	14,3	3,3	0,9	2,9	28,9	32,4	135,4	947,0
1989	172,1	99,4	261,1	224,2	58,0	9,7	13,0	1,9	14,8	23,8	67,8	119,1	1064,9
1990	113,2	134,3	176,6	141,2	54,7	14,3	10,2	4,3	5,8	19,6	41,7	69,3	785,1
<b>Média</b>	<b>147,6</b>	<b>190,8</b>	<b>221,2</b>	<b>168,4</b>	<b>39,7</b>	<b>19,4</b>	<b>10,2</b>	<b>4,3</b>	<b>5,8</b>	<b>19,6</b>	<b>41,7</b>	<b>69,3</b>	<b>938,0</b>

**A1.2.2.2 – Escoamento total (I+R) de 1961 a 1990, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Q_Ano
1961	0,0	24,8	51,8	25,9	12,9	6,5	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	128,3
1962	0,1	0,0	23,6	11,8	5,9	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	47,3
1963	0,0	26,1	71,9	36,0	18,0	9,0	4,5	2,2	1,1	0,6	0,3	0,1	169,8
1964	0,1	10,5	41,2	72,5	36,3	18,1	9,1	4,5	2,3	1,1	0,6	0,3	196,5
1965	0,1	0,1	0,0	55,5	27,7	13,9	6,9	3,5	1,7	0,9	0,4	0,2	111,0
1966	0,1	53,0	26,5	13,3	6,6	3,3	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	106,1
1967	0,0	15,9	55,6	33,9	17,0	8,5	4,2	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	139,3
1968	0,1	0,0	34,7	17,3	8,7	4,3	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	69,4
1969	64,2	32,1	16,0	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	128,3
1970	4,6	2,3	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2
1971	0,0	43,7	63,7	43,3	21,6	10,8	5,4	2,7	1,4	0,7	0,3	0,2	193,8
1972	4,6	2,3	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2
1973	0,0	0,0	0,0	131,4	65,7	32,9	16,4	8,2	4,1	2,1	1,0	0,5	262,3
1974	0,3	55,0	159,8	156,8	78,4	39,2	19,6	9,8	4,9	2,5	1,2	0,6	528,1
1975	0,3	0,2	31,4	34,3	17,2	8,6	4,3	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	100,4
1976	0,1	27,7	38,3	30,5	15,2	7,6	3,8	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	126,9
1977	0,1	0,0	12,2	79,5	39,8	19,9	9,9	5,0	2,5	1,2	0,6	0,3	171,1
1978	0,2	27,2	13,6	72,8	36,4	18,2	9,1	4,6	2,3	1,1	0,6	0,3	186,3
1979	0,1	0,1	48,6	60,9	30,5	15,2	7,6	3,8	1,9	1,0	0,5	0,2	170,5
1980	0,1	6,7	3,3	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	13,5
1981	0,0	0,0	88,0	44,0	22,0	11,0	5,5	2,7	1,4	0,7	0,3	0,2	175,8
1982	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1983	0,0	0,7	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8
1984	0,0	0,0	0,0	89,7	44,9	22,4	11,2	5,6	2,8	1,4	0,7	0,4	179,1
1985	0,2	71,3	100,3	188,3	94,2	47,1	23,5	11,8	5,9	2,9	1,5	0,7	547,7
1986	0,4	0,2	51,9	68,1	34,0	17,0	8,5	4,3	2,1	1,1	0,5	0,3	188,3
1987	0,1	0,1	48,7	24,3	12,2	6,1	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	97,5
1988	0,0	0,0	0,0	26,0	13,0	6,5	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	51,9
1989	0,1	0,0	11,3	58,0	29,0	14,5	7,3	3,6	1,8	0,9	0,5	0,2	127,2
1990	34,0	17,0	8,5	4,3	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	68,0
<b>Média</b>	<b>3,7</b>	<b>13,9</b>	<b>33,5</b>	<b>46,3</b>	<b>23,2</b>	<b>11,6</b>	<b>5,8</b>	<b>2,9</b>	<b>1,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>143,6</b>

**A1.2.2.3 – Infiltração (recarga) de 1961 a 1990, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	L_Ano
1961	0,0	3,0	6,2	3,1	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	15,4
1962	0,0	0,0	2,8	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7
1963	0,0	3,1	8,6	4,3	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	20,4
1964	0,0	1,3	4,9	8,7	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	23,6
1965	0,0	0,0	0,0	6,7	3,3	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	13,3
1966	0,0	6,4	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7
1967	0,0	1,9	6,7	4,1	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	16,7
1968	0,0	0,0	4,2	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	8,3
1969	7,7	3,8	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4
1970	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
1971	0,0	5,2	7,6	5,2	2,6	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	23,3
1972	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
1973	0,0	0,0	0,0	15,8	7,9	3,9	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	31,5
1974	0,0	6,6	19,2	18,8	9,4	4,7	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	63,4
1975	0,0	0,0	3,8	4,1	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	12,0
1976	0,0	3,3	4,6	3,7	1,8	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	15,2
1977	0,0	0,0	1,5	9,5	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	20,5
1978	0,0	3,3	1,6	8,7	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	22,4
1979	0,0	0,0	5,8	7,3	3,7	1,8	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	20,5
1980	0,0	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
1981	0,0	0,0	10,6	5,3	2,6	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	21,1
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
1984	0,0	0,0	0,0	10,8	5,4	2,7	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	21,5
1985	0,0	8,6	12,0	22,6	11,3	5,7	2,8	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	65,7
1986	0,0	0,0	6,2	8,2	4,1	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	22,6
1987	0,0	0,0	5,8	2,9	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	11,7
1988	0,0	0,0	0,0	3,1	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	6,2
1989	0,0	0,0	1,4	7,0	3,5	1,7	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	15,3
1990	4,1	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2
<b>Média</b>	<b>0,4</b>	<b>1,7</b>	<b>4,0</b>	<b>5,6</b>	<b>2,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>17,2</b>

**A1.2.2.4 – Escoamento superficial de 1961 a 1990, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1520 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	R_Ano
1961	0,0	21,9	45,6	22,8	11,4	5,7	2,8	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	112,9
1962	0,0	0,0	20,8	10,4	5,2	2,6	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	41,6
1963	0,0	23,0	63,3	31,6	15,8	7,9	4,0	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	149,5
1964	0,1	9,3	36,2	63,8	31,9	16,0	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,2	173,0
1965	0,1	0,1	0,0	48,8	24,4	12,2	6,1	3,1	1,5	0,8	0,4	0,2	97,7
1966	0,1	46,6	23,3	11,7	5,8	2,9	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	93,3
1967	0,0	14,0	49,0	29,8	14,9	7,5	3,7	1,9	0,9	0,5	0,2	0,1	122,6
1968	0,1	0,0	30,5	15,3	7,6	3,8	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	61,1
1969	56,5	28,2	14,1	7,1	3,5	1,8	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	112,9
1970	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1
1971	0,0	38,4	56,0	38,1	19,0	9,5	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	170,5
1972	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1
1973	0,0	0,0	0,0	115,6	57,8	28,9	14,5	7,2	3,6	1,8	0,9	0,5	230,8
1974	0,2	48,4	140,6	138,0	69,0	34,5	17,2	8,6	4,3	2,2	1,1	0,5	464,7
1975	0,3	0,1	27,6	30,2	15,1	7,5	3,8	1,9	0,9	0,5	0,2	0,1	88,3
1976	0,1	24,4	33,7	26,8	13,4	6,7	3,4	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	111,7
1977	0,1	0,0	10,7	70,0	35,0	17,5	8,8	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	150,5
1978	0,1	23,9	12,0	64,1	32,0	16,0	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	163,9
1979	0,1	0,1	42,8	53,6	26,8	13,4	6,7	3,4	1,7	0,8	0,4	0,2	150,0
1980	0,1	5,9	2,9	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8
1981	0,0	0,0	77,4	38,7	19,4	9,7	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	154,7
1982	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1983	0,0	0,6	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
1984	0,0	0,0	0,0	79,0	39,5	19,7	9,9	4,9	2,5	1,2	0,6	0,3	157,6
1985	0,2	62,8	88,2	165,7	82,9	41,4	20,7	10,4	5,2	2,6	1,3	0,6	482,0
1986	0,3	0,2	45,6	59,9	30,0	15,0	7,5	3,7	1,9	0,9	0,5	0,2	165,7
1987	0,1	0,1	42,8	21,4	10,7	5,4	2,7	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	85,8
1988	0,0	0,0	0,0	22,9	11,4	5,7	2,9	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	45,7
1989	0,0	0,0	10,0	51,1	25,5	12,8	6,4	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	112,0
1990	29,9	15,0	7,5	3,7	1,9	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	59,8
<b>Média</b>	<b>3,2</b>	<b>12,2</b>	<b>29,5</b>	<b>40,8</b>	<b>20,4</b>	<b>10,2</b>	<b>5,1</b>	<b>2,5</b>	<b>1,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>126,3</b>

### **A1.2.3 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1961-1990), Riacho dos Porcos, em Podimirim (1.975 km<sup>2</sup>)**

**A1.2.3.1 – Chuva média de 1961 a 1990, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km<sup>2</sup>), Riacho dos Porcos em Podimirim.**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	P_Ano
1961	90,5	202,3	177,8	104,5	14,5	9,2	22,7	1,2	2,6	8,1	8,7	58,0	700,1
1962	138,2	182,2	178,8	124,2	22,4	15,5	25,2	0,0	0,0	6,6	83,1	54,3	830,5
1963	88,2	272,9	187,4	100,4	19,1	10,2	2,3	0,8	1,7	23,8	38,4	91,7	837,0
1964	162,8	161,1	161,7	284,8	42,2	17,5	30,7	7,6	23,9	9,0	25,6	21,8	948,6
1965	112,4	47,4	189,9	194,3	16,4	53,0	2,3	6,4	2,3	56,3	13,0	28,5	722,3
1966	107,8	223,9	103,3	79,9	10,5	49,9	11,6	0,5	3,6	5,0	79,9	91,0	767,0
1967	145,1	176,8	231,6	170,1	75,6	2,4	1,9	7,7	2,2	8,4	2,2	29,8	853,7
1968	123,6	70,9	402,4	82,1	42,7	17,6	5,3	0,8	1,1	5,4	13,5	46,9	812,3
1969	80,3	73,7	175,5	85,4	45,4	24,7	11,3	11,9	6,3	1,3	4,5	53,8	574,1
1970	93,3	61,0	131,0	59,2	1,0	5,8	1,1	0,2	2,3	21,3	27,6	2,6	406,4
1971	154,8	302,8	169,3	186,3	46,1	25,6	17,8	0,7	3,3	5,6	15,3	11,9	939,4
1972	132,8	215,3	167,4	80,4	82,8	24,5	5,5	16,2	2,8	6,1	11,4	128,2	873,4
1973	63,9	106,8	175,8	233,6	37,2	108,6	20,0	25,2	4,5	42,4	4,9	66,6	889,8
1974	186,8	340,6	274,7	253,8	27,1	18,8	10,6	0,1	11,8	25,7	27,5	19,0	1196,5
1975	131,7	180,3	245,6	128,1	27,7	41,7	32,4	2,1	2,1	8,3	13,5	37,9	851,4
1976	46,1	176,1	148,4	107,2	5,9	6,8	3,0	1,9	40,8	49,0	71,6	46,2	703,0
1977	126,0	134,1	132,4	185,1	85,7	17,2	21,0	2,2	6,1	11,7	16,5	77,8	815,7
1978	69,1	221,1	133,3	168,3	69,2	14,9	32,9	0,4	25,0	10,7	51,2	20,7	816,9
1979	177,5	152,7	224,4	165,0	76,2	5,1	2,2	6,2	17,4	16,7	52,7	48,2	944,3
1980	153,8	316,4	191,6	15,2	6,1	16,3	2,5	0,3	4,5	11,5	94,9	70,1	883,3
1981	50,8	59,9	253,3	70,4	0,3	24,9	4,9	0,8	1,0	3,3	9,6	49,3	528,5
1982	57,0	59,2	123,4	119,8	16,6	9,3	5,9	2,1	5,6	16,5	15,2	71,0	501,4
1983	58,0	155,0	75,1	54,7	7,8	5,7	8,1	1,3	2,3	3,0	11,7	17,5	400,1
1984	48,2	82,9	160,7	267,7	30,7	9,4	6,1	2,5	4,8	8,4	16,0	14,4	651,9
1985	323,0	272,5	185,7	350,6	68,0	41,5	11,6	5,5	1,1	4,6	16,4	149,7	1430,2
1986	93,3	167,2	233,7	181,6	29,8	16,9	19,8	4,0	0,8	12,1	32,3	23,9	815,5
1987	65,2	64,9	154,9	88,1	19,6	30,8	3,6	0,1	6,9	2,8	1,4	19,3	457,4
1988	153,6	122,1	165,9	198,2	24,1	12,4	9,6	2,7	4,1	12,9	18,9	115,6	840,1
1989	105,8	149,4	251,0	216,5	77,7	13,1	13,4	5,3	4,9	28,7	15,3	157,8	1038,8
1990	57,8	111,3	115,2	149,7	39,1	18,4	11,9	4,0	6,7	14,7	27,3	56,0	612,0
<b>Média</b>	<b>113,3</b>	<b>162,1</b>	<b>184,0</b>	<b>150,2</b>	<b>35,6</b>	<b>22,3</b>	<b>11,9</b>	<b>4,0</b>	<b>6,7</b>	<b>14,7</b>	<b>27,3</b>	<b>56,0</b>	<b>788,1</b>

**A1.2.3.2 – Escoamento total (I+R) de 1961 a 1990, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km<sup>2</sup>), Riacho dos Porcos em Podimirim**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Q_Ano
1961	0,0	0,0	5,9	2,9	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	11,7
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1963	0,0	17,9	34,8	17,4	8,7	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	87,4
1964	0,0	0,0	0,0	60,4	30,2	15,1	7,6	3,8	1,9	0,9	0,5	0,2	120,7
1965	0,1	0,1	0,0	17,3	8,6	4,3	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	34,7
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1967	0,0	0,0	17,8	36,9	18,5	9,2	4,6	2,3	1,2	0,6	0,3	0,1	91,5
1968	0,1	0,0	83,4	41,7	20,8	10,4	5,2	2,6	1,3	0,7	0,3	0,2	166,7
1969	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	32,8	33,2	52,8	26,4	13,2	6,6	3,3	1,6	0,8	0,4	0,2	171,3
1972	0,1	0,1	4,9	2,5	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	10,0
1973	0,0	0,0	0,0	29,9	15,0	7,5	3,7	1,9	0,9	0,5	0,2	0,1	59,7
1974	0,1	52,1	95,6	117,7	58,9	29,4	14,7	7,4	3,7	1,8	0,9	0,5	382,7
1975	0,2	0,1	26,6	20,4	10,2	5,1	2,5	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	67,6
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	17,9	9,0	4,5	2,2	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	35,8
1979	0,0	0,0	2,2	26,6	13,3	6,6	3,3	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	55,3
1980	0,1	39,6	47,8	23,9	12,0	6,0	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	135,2
1981	0,0	0,0	8,9	4,4	2,2	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	17,8
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	39,4	19,7	9,8	4,9	2,5	1,2	0,6	0,3	0,2	78,6
1985	18,6	76,9	63,5	150,1	75,0	37,5	18,8	9,4	4,7	2,3	1,2	0,6	458,6
1986	0,3	0,1	14,1	40,9	20,4	10,2	5,1	2,6	1,3	0,6	0,3	0,2	96,1
1987	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1988	0,0	0,0	0,0	192,5	96,3	48,1	24,1	12,0	6,0	3,0	1,5	0,8	384,3
1989	0,0	0,0	13,8	58,1	29,1	14,5	7,3	3,6	1,8	0,9	0,5	0,2	129,8
1990	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
<b>Média</b>	<b>0,7</b>	<b>7,3</b>	<b>15,1</b>	<b>31,8</b>	<b>15,9</b>	<b>7,9</b>	<b>4,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>86,5</b>

**A1.2.3.3 – Infiltração (recarga) de 1961 a 1990, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km<sup>2</sup>), Riacho dos Porcos em Podimirim.**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	L_Ano
1961	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1963	0,0	1,1	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2
1964	0,0	0,0	0,0	3,6	1,8	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	7,2
1965	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1967	0,0	0,0	1,1	2,2	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	5,5
1968	0,0	0,0	5,0	2,5	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	10,0
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	2,0	2,0	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	10,3
1972	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
1973	0,0	0,0	0,0	1,8	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	3,6
1974	0,0	3,1	5,7	7,1	3,5	1,8	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	23,0
1975	0,0	0,0	1,6	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
1979	0,0	0,0	0,1	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
1980	0,0	2,4	2,9	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1
1981	0,0	0,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	4,7
1985	1,1	4,6	3,8	9,0	4,5	2,3	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	27,5
1986	0,0	0,0	0,8	2,5	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	5,8
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	11,6	5,8	2,9	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	23,1
1989	0,0	0,0	0,8	3,5	1,7	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	7,8
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Média</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,2</b>

**A1.2.3.4 – Escoamento superficial de 1961 a 1990, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km<sup>2</sup>, Riacho dos Porcos em Podimirim.**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	R_Ano
1961	0,0	0,0	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	11,0
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1963	0,0	16,8	32,7	16,4	8,2	4,1	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	82,2
1964	0,0	0,0	0,0	56,8	28,4	14,2	7,1	3,6	1,8	0,9	0,4	0,2	113,4
1965	0,1	0,1	0,0	16,3	8,1	4,1	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	32,6
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1967	0,0	0,0	16,7	34,7	17,4	8,7	4,3	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	86,0
1968	0,1	0,0	78,4	39,2	19,6	9,8	4,9	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	156,7
1969	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	0,0	30,8	31,2	49,6	24,8	12,4	6,2	3,1	1,5	0,8	0,4	0,2	161,0
1972	0,1	0,0	4,6	2,3	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	9,4
1973	0,0	0,0	0,0	28,1	14,1	7,0	3,5	1,8	0,9	0,4	0,2	0,1	56,1
1974	0,1	49,0	89,8	110,6	55,3	27,7	13,8	6,9	3,5	1,7	0,9	0,4	359,8
1975	0,2	0,1	25,0	19,1	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	63,5
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	16,9	8,4	4,2	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	33,7
1979	0,0	0,0	2,0	25,0	12,5	6,3	3,1	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	52,0
1980	0,0	37,2	44,9	22,5	11,2	5,6	2,8	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	127,1
1981	0,0	0,0	8,3	4,2	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	16,7
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	37,0	18,5	9,3	4,6	2,3	1,2	0,6	0,3	0,1	73,9
1985	17,5	72,3	59,7	141,1	70,5	35,3	17,6	8,8	4,4	2,2	1,1	0,6	431,1
1986	0,3	0,1	13,3	38,4	19,2	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	90,4
1987	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1988	0,0	0,0	0,0	181,0	90,5	45,2	22,6	11,3	5,7	2,8	1,4	0,7	361,2
1989	0,0	0,0	13,0	54,6	27,3	13,7	6,8	3,4	1,7	0,9	0,4	0,2	122,1
1990	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
<b>Média</b>	<b>0,6</b>	<b>6,9</b>	<b>14,2</b>	<b>29,9</b>	<b>14,9</b>	<b>7,5</b>	<b>3,7</b>	<b>1,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>81,4</b>

## **A1.2.4 –Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1981-2010) (3.495 km<sup>2</sup>)**

#### A1.2.4.1 – Chuva média de 1981 a 2010 na bacia sedimentar (3.495 km<sup>2</sup>).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	P_Ano
1981	74,7	52,0	333,2	73,6	0,5	22,0	1,0	0,5	0,0	1,8	3,1	67,7	629,9
1982	121,9	81,4	124,0	140,4	12,5	3,3	0,7	0,0	5,2	4,8	27,0	63,1	584,3
1983	86,5	249,5	115,2	60,7	5,5	12,4	6,5	0,6	0,3	0,8	9,7	50,1	597,7
1984	88,3	117,0	178,5	393,5	50,5	3,2	2,2	0,4	3,9	25,0	17,3	50,9	930,8
1985	342,2	339,9	290,4	415,9	104,4	51,5	9,5	4,8	6,8	4,2	11,7	230,4	1811,7
1986	139,4	191,3	347,4	220,2	28,6	20,9	21,0	9,3	3,7	12,7	89,6	12,1	1096,0
1987	87,6	145,6	255,2	120,9	32,8	44,9	14,3	0,1	13,5	0,7	6,2	7,0	728,6
1988	187,8	165,2	189,8	253,3	19,0	11,9	3,1	0,0	1,2	23,6	18,3	154,9	1028,0
1989	193,5	107,7	298,3	305,2	108,7	12,6	16,3	3,9	5,8	55,6	35,9	243,5	1387,0
1990	41,5	115,6	137,7	219,0	93,9	8,8	8,5	10,8	8,1	15,1	29,2	10,4	698,5
1991	118,4	164,1	285,3	162,3	63,6	6,8	0,2	0,0	0,0	0,0	49,9	2,7	853,5
1992	200,1	259,2	198,6	90,3	3,0	8,2	13,6	0,0	38,0	0,2	16,7	13,8	841,7
1993	60,8	143,0	114,7	86,3	28,0	1,3	23,1	2,1	25,9	5,3	61,9	19,2	571,6
1994	236,4	195,8	118,7	149,8	76,7	62,4	4,9	0,0	0,9	5,7	15,1	96,7	963,3
1995	109,3	197,3	283,5	212,5	114,7	10,8	24,6	1,0	0,0	16,3	53,3	34,2	1057,7
1996	209,8	211,1	247,8	190,9	97,0	14,2	14,2	4,2	10,2	22,1	156,0	67,1	1244,7
1997	131,7	125,0	232,7	93,0	80,4	19,5	14,2	14,1	0,0	41,1	42,7	68,4	862,9
1998	208,0	154,6	111,7	138,0	3,4	1,3	2,0	0,4	0,4	0,1	13,9	76,8	710,7
1999	248,3	81,2	306,9	92,8	104,5	1,3	3,3	0,6	1,4	30,5	33,5	104,9	1009,1
2000	124,2	204,3	119,9	245,2	31,1	9,9	5,2	11,1	27,4	1,6	7,5	97,5	885,0
2001	53,8	135,0	285,9	54,5	32,2	14,1	14,6	1,1	7,2	45,8	10,2	217,3	871,8
2002	328,4	59,9	202,1	68,4	29,9	4,0	53,1	1,1	9,1	1,1	28,4	39,6	825,0
2003	184,1	120,0	283,4	99,5	45,7	3,7	1,8	5,6	0,0	0,0	8,2	54,2	806,2
2004	464,7	391,4	162,3	104,5	92,7	11,2	5,7	0,9	4,4	0,0	21,9	18,8	1278,4
2005	102,5	68,5	322,4	59,4	61,0	14,5	3,2	1,5	0,7	0,0	0,6	139,5	773,7
2006	16,5	295,2	280,1	270,1	34,4	11,1	4,6	0,0	0,0	10,0	17,8	74,8	1014,6
2007	51,1	315,6	105,8	119,8	50,7	0,5	0,7	0,0	0,4	0,8	21,7	74,2	741,3
2008	220,3	236,8	463,8	146,7	47,2	2,5	10,6	8,6	1,6	0,0	0,3	97,3	1235,8
2009	98,4	128,7	162,9	315,4	189,3	6,0	31,1	0,0	0,3	26,0	17,6	63,5	1039,1
2010	174,8	54,4	102,8	198,4	18,2	31,6	5,2	14,1	0,0	81,1	29,0	169,4	879,1
<b>Média</b>	<b>156,8</b>	<b>170,2</b>	<b>222,0</b>	<b>170,0</b>	<b>55,3</b>	<b>14,2</b>	<b>10,6</b>	<b>3,2</b>	<b>5,9</b>	<b>14,4</b>	<b>28,5</b>	<b>80,7</b>	<b>931,9</b>

Infiltração média de 30 anos (mm/ano)

$$I_m = \exp[6,8597 \ln(931,9) - 44,1294]$$

16,0

**A1.2.4.2 – Infiltração (I) de 1981 a 2010 na bacia sedimentar. (3.495 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	L_Ano
1981	1,3	0,9	5,7	1,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	10,8
1982	2,1	1,4	2,1	2,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,5	1,1	10,0
1983	1,5	4,3	2,0	1,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	10,3
1984	1,5	2,0	3,1	6,8	0,9	0,1	0,0	0,0	0,1	0,4	0,3	0,9	16,0
1985	5,9	5,8	5,0	7,1	1,8	0,9	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	4,0	31,1
1986	2,4	3,3	6,0	3,8	0,5	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2	1,5	0,2	18,8
1987	1,5	2,5	4,4	2,1	0,6	0,8	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	12,5
1988	3,2	2,8	3,3	4,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3	2,7	17,7
1989	3,3	1,8	5,1	5,2	1,9	0,2	0,3	0,1	0,1	1,0	0,6	4,2	23,8
1990	0,7	2,0	2,4	3,8	1,6	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,5	0,2	12,0
1991	2,0	2,8	4,9	2,8	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	14,7
1992	3,4	4,5	3,4	1,6	0,1	0,1	0,2	0,0	0,7	0,0	0,3	0,2	14,5
1993	1,0	2,5	2,0	1,5	0,5	0,0	0,4	0,0	0,4	0,1	1,1	0,3	9,8
1994	4,1	3,4	2,0	2,6	1,3	1,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	1,7	16,5
1995	1,9	3,4	4,9	3,6	2,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,3	0,9	0,6	18,2
1996	3,6	3,6	4,3	3,3	1,7	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	2,7	1,2	21,4
1997	2,3	2,1	4,0	1,6	1,4	0,3	0,2	0,2	0,0	0,7	0,7	1,2	14,8
1998	3,6	2,7	1,9	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	12,2
1999	4,3	1,4	5,3	1,6	1,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	0,6	1,8	17,3
2000	2,1	3,5	2,1	4,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,5	0,0	0,1	1,7	15,2
2001	0,9	2,3	4,9	0,9	0,6	0,2	0,3	0,0	0,1	0,8	0,2	3,7	15,0
2002	5,6	1,0	3,5	1,2	0,5	0,1	0,9	0,0	0,2	0,0	0,5	0,7	14,2
2003	3,2	2,1	4,9	1,7	0,8	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,9	13,8
2004	8,0	6,7	2,8	1,8	1,6	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,3	21,9
2005	1,8	1,2	5,5	1,0	1,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	13,3
2006	0,3	5,1	4,8	4,6	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3	1,3	17,4
2007	0,9	5,4	1,8	2,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,3	12,7
2008	3,8	4,1	8,0	2,5	0,8	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	1,7	21,2
2009	1,7	2,2	2,8	5,4	3,3	0,1	0,5	0,0	0,0	0,4	0,3	1,1	17,8
2010	3,0	0,9	1,8	3,4	0,3	0,5	0,1	0,2	0,0	1,4	0,5	2,9	15,1
<b>Média</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,8</b>	<b>2,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>16,0</b>

**A1.2.4.3 – Escoamento Total (I+R) de 1981 a 2010 na bacia sedimentar. (3.495 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Q_Ano
1981	0,0	0,0	48,3	24,2	12,1	6,0	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	96,5
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1983	0,0	5,5	2,7	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0
1984	0,0	0,0	0,0	108,9	54,5	27,2	13,6	6,8	3,4	1,7	0,9	0,4	217,4
1985	28,7	115,0	134,3	216,5	108,2	54,1	27,1	13,5	6,8	3,4	1,7	0,8	710,1
1986	0,4	0,2	81,4	92,6	46,3	23,2	11,6	5,8	2,9	1,4	0,7	0,4	267,0
1987	0,2	0,1	11,9	7,9	4,0	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	28,0
1988	0,0	0,0	0,0	60,2	30,1	15,0	7,5	3,8	1,9	0,9	0,5	0,2	120,1
1989	0,1	0,1	31,0	109,6	54,8	27,4	13,7	6,8	3,4	1,7	0,9	0,4	249,9
1990	0,2	0,1	0,1	1,8	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	4,0
1991	0,0	0,0	36,9	41,4	20,7	10,3	5,2	2,6	1,3	0,6	0,3	0,2	119,5
1992	0,1	17,3	39,9	19,9	10,0	5,0	2,5	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1	97,1
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1994	0,0	3,6	1,8	8,4	4,2	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	22,2
1995	0,0	0,0	53,0	74,9	37,4	18,7	9,4	4,7	2,3	1,2	0,6	0,3	202,5
1996	0,1	0,1	53,8	64,3	32,1	16,1	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	182,4
1997	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	37,9	18,9	9,5	4,7	2,4	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	75,7
2000	0,0	0,0	0,0	39,0	19,5	9,8	4,9	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	78,0
2001	0,1	0,0	24,7	12,3	6,2	3,1	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	49,4
2002	31,7	15,8	7,9	4,0	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	63,3
2003	0,0	0,0	23,7	11,8	5,9	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	47,3
2004	89,6	170,8	98,8	49,4	24,7	12,4	6,2	3,1	1,5	0,8	0,4	0,2	457,8
2005	0,1	0,0	42,6	21,3	10,7	5,3	2,7	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	85,3
2006	0,0	27,9	85,6	119,9	60,0	30,0	15,0	7,5	3,7	1,9	0,9	0,5	353,0
2007	0,2	39,0	19,5	9,8	4,9	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	78,2
2008	0,0	15,4	171,2	100,6	50,3	25,1	12,6	6,3	3,1	1,6	0,8	0,4	387,3
2009	0,2	0,1	0,0	62,6	63,8	31,9	16,0	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	190,1
2010	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
<b>Média</b>	<b>5,1</b>	<b>13,7</b>	<b>33,6</b>	<b>42,7</b>	<b>22,4</b>	<b>11,2</b>	<b>5,6</b>	<b>2,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>139,8</b>

### **A1.2.5 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1981-2010), Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>)**

**A1.2.5.1 – Chuva média de 1981 a 2010, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	P_Ano
1981	76,9	43,0	391,9	62,9	0,7	14,8	0,0	0,5	0,0	1,8	5,0	75,1	672,7
1982	178,6	89,5	124,5	149,3	13,9	6,3	0,3	0,0	1,4	4,0	51,2	51,5	670,7
1983	92,6	275,3	135,5	53,0	7,9	13,0	4,3	0,6	0,6	1,6	4,1	73,4	661,7
1984	98,4	131,4	181,3	482,9	50,4	1,9	2,7	0,7	5,2	41,8	19,4	84,6	1100,6
1985	329,3	344,0	331,7	433,5	112,7	46,8	11,3	2,5	12,3	5,9	2,9	261,7	1894,7
1986	171,8	194,4	423,5	231,3	31,3	25,6	16,1	11,8	5,9	12,0	82,8	16,9	1223,3
1987	101,0	189,5	290,1	118,1	39,5	33,4	16,3	0,1	17,5	0,9	11,7	6,3	824,5
1988	185,2	212,7	189,0	281,9	16,4	5,2	1,6	0,0	2,3	38,4	31,8	151,7	1116,3
1989	254,2	68,5	298,8	299,4	91,2	9,6	9,6	1,8	4,8	53,6	39,5	232,9	1363,9
1990	55,1	139,4	165,7	214,7	114,0	9,1	4,1	5,1	12,2	20,9	27,5	16,5	784,3
1991	111,2	193,3	336,4	182,5	59,7	10,8	0,5	0,1	0,0	0,0	51,3	0,6	946,4
1992	232,9	301,0	260,8	117,5	3,5	6,6	18,6	0,0	49,0	0,0	14,4	14,6	1018,8
1993	57,1	176,5	138,5	108,3	26,0	2,3	15,5	2,0	6,6	9,6	82,5	15,5	640,5
1994	194,3	188,9	130,3	175,9	87,3	86,7	4,2	0,0	1,2	11,4	14,2	137,2	1031,6
1995	149,2	234,3	291,4	250,9	112,7	10,3	30,9	2,0	0,0	19,7	50,7	37,2	1189,2
1996	265,6	242,2	214,9	215,7	70,7	21,6	1,7	3,4	20,9	36,0	145,8	75,0	1313,7
1997	120,8	131,7	251,3	88,9	74,5	24,7	14,3	24,0	0,0	34,8	24,0	69,8	858,8
1998	214,1	183,6	131,3	170,0	3,3	2,7	3,2	0,5	0,7	0,2	10,5	130,7	850,9
1999	320,2	81,3	311,6	117,2	107,8	2,1	2,3	1,1	1,7	22,1	32,8	94,1	1094,2
2000	151,4	223,2	112,3	226,3	41,7	6,3	1,8	11,7	32,3	3,0	12,8	115,5	938,4
2001	65,4	130,3	253,4	46,0	46,2	12,9	20,2	2,1	12,6	24,1	15,6	233,7	862,7
2002	389,2	88,9	209,6	74,2	25,5	2,6	85,6	2,1	15,7	1,2	37,8	62,0	994,3
2003	270,6	170,5	355,9	128,4	57,1	4,6	3,7	11,4	0,0	0,0	12,9	70,4	1085,5
2004	518,9	449,5	183,7	131,3	118,0	9,4	4,2	1,4	0,0	0,0	30,6	16,8	1463,9
2005	137,0	92,8	353,5	71,0	84,9	14,2	5,0	1,6	0,0	0,0	0,4	139,6	900,1
2006	24,5	300,2	261,7	266,4	37,6	15,4	7,3	0,0	0,0	6,7	19,1	78,6	1017,5
2007	70,0	329,3	97,6	174,5	55,0	0,6	1,2	0,0	0,8	1,5	35,4	132,1	898,1
2008	224,3	256,5	492,9	134,4	58,3	3,3	7,5	6,7	0,0	0,0	0,6	145,6	1330,1
2009	75,8	123,2	166,9	343,5	226,7	7,8	42,6	0,0	0,6	25,5	31,0	71,9	1115,4
2010	195,7	83,8	138,4	198,6	24,4	44,0	8,6	0,0	0,0	47,0	4,3	163,4	908,3
<b>Média</b>	<b>177,7</b>	<b>188,9</b>	<b>240,8</b>	<b>185,0</b>	<b>60,0</b>	<b>15,2</b>	<b>11,5</b>	<b>3,1</b>	<b>6,8</b>	<b>14,1</b>	<b>30,1</b>	<b>92,5</b>	<b>1025,7</b>

Infiltração média anual de 30 anos	$I_m = \exp[6,8597 \ln(1025,7) - 44.1294]$	30,9
------------------------------------	--	------

**A1.2.5.2 – Infiltração (I) de 1981 a 2010, na zona oeste da bacia. Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	I_Ano
1981	2,3	1,3	11,8	1,9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,3	20,3
1982	5,4	2,7	3,7	4,5	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	1,6	20,2
1983	2,8	8,3	4,1	1,6	0,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,2	19,9
1984	3,0	4,0	5,5	14,5	1,5	0,1	0,1	0,0	0,2	1,3	0,6	2,5	33,2
1985	9,9	10,4	10,0	13,1	3,4	1,4	0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	7,9	57,1
1986	5,2	5,9	12,8	7,0	0,9	0,8	0,5	0,4	0,2	0,4	2,5	0,5	36,9
1987	3,0	5,7	8,7	3,6	1,2	1,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,4	0,2	24,8
1988	5,6	6,4	5,7	8,5	0,5	0,2	0,0	0,0	0,1	1,2	1,0	4,6	33,6
1989	7,7	2,1	9,0	9,0	2,7	0,3	0,3	0,1	0,1	1,6	1,2	7,0	41,1
1990	1,7	4,2	5,0	6,5	3,4	0,3	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,5	23,6
1991	3,3	5,8	10,1	5,5	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	28,5
1992	7,0	9,1	7,9	3,5	0,1	0,2	0,6	0,0	1,5	0,0	0,4	0,4	30,7
1993	1,7	5,3	4,2	3,3	0,8	0,1	0,5	0,1	0,2	0,3	2,5	0,5	19,3
1994	5,9	5,7	3,9	5,3	2,6	2,6	0,1	0,0	0,0	0,3	0,4	4,1	31,1
1995	4,5	7,1	8,8	7,6	3,4	0,3	0,9	0,1	0,0	0,6	1,5	1,1	35,8
1996	8,0	7,3	6,5	6,5	2,1	0,7	0,1	0,1	0,6	1,1	4,4	2,3	39,6
1997	3,6	4,0	7,6	2,7	2,2	0,7	0,4	0,7	0,0	1,0	0,7	2,1	25,9
1998	6,5	5,5	4,0	5,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	3,9	25,6
1999	9,6	2,4	9,4	3,5	3,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,7	1,0	2,8	33,0
2000	4,6	6,7	3,4	6,8	1,3	0,2	0,1	0,4	1,0	0,1	0,4	3,5	28,3
2001	2,0	3,9	7,6	1,4	1,4	0,4	0,6	0,1	0,4	0,7	0,5	7,0	26,0
2002	11,7	2,7	6,3	2,2	0,8	0,1	2,6	0,1	0,5	0,0	1,1	1,9	30,0
2003	8,2	5,1	10,7	3,9	1,7	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,4	2,1	32,7
2004	15,6	13,5	5,5	4,0	3,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,9	0,5	44,1
2005	4,1	2,8	10,6	2,1	2,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	27,1
2006	0,7	9,0	7,9	8,0	1,1	0,5	0,2	0,0	0,0	0,2	0,6	2,4	30,7
2007	2,1	9,9	2,9	5,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,0	27,1
2008	6,8	7,7	14,8	4,0	1,8	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	4,4	40,1
2009	2,3	3,7	5,0	10,3	6,8	0,2	1,3	0,0	0,0	0,8	0,9	2,2	33,6
2010	5,9	2,5	4,2	6,0	0,7	1,3	0,3	0,0	0,0	1,4	0,1	4,9	27,4
<b>Média</b>	<b>5,4</b>	<b>5,7</b>	<b>7,3</b>	<b>5,6</b>	<b>1,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>2,8</b>	<b>30,9</b>

**A1.2.5.3 – Escoamento total (I+R) de 1981 a 2010, na zona oeste da bacia sedimentar. Rio Salgado, em Sítio Lapinha (1.520 km<sup>2</sup>).**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Q_Ano
1981	0,0	0,0	77,3	38,6	19,3	9,7	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,2	154,4
1982	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1983	0,0	17,5	8,8	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	35,1
1984	0,0	0,0	0,0	154,5	77,2	38,6	19,3	9,7	4,8	2,4	1,2	0,6	308,3
1985	22,2	113,0	153,6	234,6	117,3	58,7	29,3	14,7	7,3	3,7	1,8	0,9	757,1
1986	0,5	2,5	144,3	128,9	64,4	32,2	16,1	8,1	4,0	2,0	1,0	0,5	404,5
1987	0,3	0,1	51,1	25,7	12,8	6,4	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	102,7
1988	0,1	0,0	12,0	88,0	44,0	22,0	11,0	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	187,8
1989	0,2	0,1	30,7	106,1	53,1	26,5	13,3	6,6	3,3	1,7	0,8	0,4	242,8
1990	0,2	0,1	0,1	12,6	6,3	3,1	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	25,5
1991	0,0	0,0	76,1	70,4	35,2	17,6	8,8	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	216,5
1992	0,1	54,1	88,7	44,4	22,2	11,1	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	0,2	231,5
1993	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1994	0,0	0,0	0,0	4,2	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	8,3
1995	0,0	0,0	74,1	103,5	51,8	25,9	12,9	6,5	3,2	1,6	0,8	0,4	280,8
1996	0,2	41,1	59,3	78,6	39,3	19,6	9,8	4,9	2,5	1,2	0,6	0,3	257,4
1997	0,2	0,1	7,0	3,5	1,7	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	14,2
1998	0,0	0,0	0,0	9,0	4,5	2,2	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	17,9
1999	17,3	8,6	62,0	31,0	15,5	7,7	3,9	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	149,7
2000	0,1	0,0	0,0	33,2	16,6	8,3	4,1	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	66,3
2001	0,1	0,0	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	16,2
2002	69,8	34,9	27,9	14,0	7,0	3,5	1,7	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	160,5
2003	0,0	7,6	113,1	61,8	30,9	15,4	7,7	3,9	1,9	1,0	0,5	0,2	244,0
2004	116,8	213,0	129,7	71,5	35,8	17,9	8,9	4,5	2,2	1,1	0,6	0,3	602,3
2005	0,1	0,1	58,1	29,0	14,5	7,3	3,6	1,8	0,9	0,5	0,2	0,1	116,3
2006	0,1	30,0	77,2	112,8	56,4	28,2	14,1	7,1	3,5	1,8	0,9	0,4	332,5
2007	0,2	44,7	22,3	19,6	9,8	4,9	2,5	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1	106,4
2008	0,0	27,5	191,5	104,0	52,0	26,0	13,0	6,5	3,3	1,6	0,8	0,4	426,7
2009	0,2	0,1	0,1	77,6	89,9	45,0	22,5	11,2	5,6	2,8	1,4	0,7	257,1
2010	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
<b>Média</b>	<b>7,6</b>	<b>19,9</b>	<b>49,1</b>	<b>55,5</b>	<b>29,5</b>	<b>14,7</b>	<b>7,4</b>	<b>3,7</b>	<b>1,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>190,8</b>

### **A1.2.6 – Balanço Hídrico Leste Araripe - Cariri (1981-2010), Riacho dos Porcos em Podimirim (1.975 km<sup>2</sup>)**

**A1.2.6.1 – Chuva média de 1981 a 2010, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km<sup>2</sup>). Riacho dos Porcos, em Podimirim.**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	P_Ano
1981	72,6	60,7	277,0	83,8	0,3	28,8	2,0	0,4	0,0	1,7	1,3	60,6	589,1
1982	67,7	73,7	123,5	131,9	11,1	0,4	1,1	0,0	8,8	5,5	4,0	74,1	501,7
1983	80,6	224,8	95,8	68,1	3,3	11,8	8,5	0,5	0,0	0,0	15,1	27,9	536,5
1984	78,6	103,3	175,9	308,0	50,6	4,4	1,7	0,2	2,7	9,0	15,3	18,7	768,4
1985	354,5	336,1	251,0	399,0	96,4	55,9	7,8	7,0	1,5	2,5	20,2	200,5	1732,3
1986	108,3	188,3	274,7	209,5	26,0	16,4	25,7	6,9	1,5	13,4	96,1	7,6	974,3
1987	74,7	103,6	221,8	123,5	26,4	55,8	12,4	0,0	9,7	0,5	0,9	7,8	636,9
1988	190,3	119,8	190,6	225,8	21,5	18,3	4,5	0,1	0,0	9,4	5,3	158,1	943,7
1989	135,4	145,2	297,8	310,7	125,4	15,5	22,8	6,0	6,8	57,5	32,5	253,7	1409,2
1990	28,4	92,9	110,9	223,1	74,6	8,4	12,7	16,3	4,2	9,6	30,8	4,7	616,6
1991	125,4	136,2	236,5	143,0	67,4	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,5	4,7	764,6
1992	168,7	219,3	139,2	64,3	2,5	9,7	8,8	0,0	27,6	0,4	18,9	13,1	672,5
1993	64,3	111,0	91,9	65,3	29,9	0,3	30,5	2,1	44,4	1,1	42,2	22,6	505,7
1994	276,6	202,4	107,7	124,8	66,7	39,2	5,5	0,0	0,7	0,3	16,0	58,0	897,9
1995	71,3	162,0	276,0	175,8	116,7	11,2	18,5	0,0	0,0	13,1	55,9	31,4	931,9
1996	156,4	181,4	279,2	167,2	122,1	7,1	26,2	5,0	0,0	8,8	165,7	59,6	1178,7
1997	142,2	118,6	215,0	97,0	86,1	14,5	14,2	4,6	0,0	47,1	60,5	67,0	866,8
1998	202,1	126,9	92,9	107,5	3,6	0,0	0,8	0,3	0,0	0,0	17,2	25,3	576,7
1999	179,6	81,0	302,5	69,4	101,3	0,5	4,3	0,0	1,1	38,5	34,3	115,3	927,7
2000	98,3	186,3	127,1	263,3	20,9	13,3	8,4	10,6	22,8	0,2	2,4	80,3	833,9
2001	42,8	139,5	316,9	62,6	18,8	15,3	9,3	0,1	1,9	66,6	5,0	201,6	880,4
2002	270,4	32,2	194,9	62,9	34,1	5,3	21,9	0,2	2,8	1,0	19,5	18,1	663,1
2003	101,4	71,7	214,1	71,9	34,9	2,8	0,0	0,1	0,0	0,0	3,8	38,6	539,2
2004	412,8	335,9	141,8	78,9	68,5	12,9	7,1	0,4	8,7	0,0	13,5	20,7	1101,1
2005	69,5	45,2	292,7	48,4	38,1	14,7	1,5	1,4	1,3	0,0	0,7	139,3	652,8
2006	8,9	290,3	297,6	273,7	31,4	7,1	2,0	0,0	0,0	13,2	16,5	71,0	1011,8
2007	33,0	302,5	113,6	67,6	46,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,2	8,6	18,8	591,4
2008	216,6	218,0	435,9	158,5	36,7	1,8	13,5	10,3	3,2	0,0	0,0	51,2	1145,7
2009	119,9	134,1	159,1	288,6	153,6	4,2	20,1	0,0	0,0	26,4	4,8	55,4	966,2
2010	154,7	26,4	68,7	198,2	12,3	19,7	1,9	27,6	0,0	113,8	52,5	175,2	851,1
<b>Média</b>	<b>136,9</b>	<b>152,3</b>	<b>204,1</b>	<b>155,7</b>	<b>50,9</b>	<b>13,3</b>	<b>9,8</b>	<b>3,3</b>	<b>5,0</b>	<b>14,7</b>	<b>26,9</b>	<b>69,4</b>	<b>842,3</b>

Infiltração média anual de 30 anos	$I_m = \exp[6,8597 \ln(842,3) - 44,1294]$	8,0
------------------------------------	---	-----

**A1.2.6.2 – Infiltração (I)** de 1981 a 2010, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km<sup>2</sup>). Riacho dos Porcos, em Podimirim.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	P_Ano
1981	0,7	0,6	2,6	0,8	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	5,6
1982	0,6	0,7	1,2	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,7	4,8
1983	0,8	2,1	0,9	0,6	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	5,1
1984	0,7	1,0	1,7	2,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	7,3
1985	3,4	3,2	2,4	3,8	0,9	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	1,9	16,5
1986	1,0	1,8	2,6	2,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,9	0,1	9,3
1987	0,7	1,0	2,1	1,2	0,3	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	6,0
1988	1,8	1,1	1,8	2,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,5	9,0
1989	1,3	1,4	2,8	3,0	1,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5	0,3	2,4	13,4
1990	0,3	0,9	1,1	2,1	0,7	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,3	0,0	5,9
1991	1,2	1,3	2,2	1,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	7,3
1992	1,6	2,1	1,3	0,6	0,0	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,1	6,4
1993	0,6	1,1	0,9	0,6	0,3	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,4	0,2	4,8
1994	2,6	1,9	1,0	1,2	0,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	8,5
1995	0,7	1,5	2,6	1,7	1,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,3	8,9
1996	1,5	1,7	2,7	1,6	1,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	1,6	0,6	11,2
1997	1,4	1,1	2,0	0,9	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	0,6	0,6	8,2
1998	1,9	1,2	0,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	5,5
1999	1,7	0,8	2,9	0,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	1,1	8,8
2000	0,9	1,8	1,2	2,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,8	7,9
2001	0,4	1,3	3,0	0,6	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,6	0,0	1,9	8,4
2002	2,6	0,3	1,9	0,6	0,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	6,3
2003	1,0	0,7	2,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	5,1
2004	3,9	3,2	1,3	0,7	0,7	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	10,5
2005	0,7	0,4	2,8	0,5	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	6,2
2006	0,1	2,8	2,8	2,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	9,6
2007	0,3	2,9	1,1	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	5,6
2008	2,1	2,1	4,1	1,5	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	10,9
2009	1,1	1,3	1,5	2,7	1,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	9,2
2010	1,5	0,3	0,7	1,9	0,1	0,2	0,0	0,3	0,0	1,1	0,5	1,7	8,1
<b>Média</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>8,0</b>

**A1.2.6.3 – Escoamento total (I+R) de 1981 a 2010, na zona leste da bacia sedimentar (1.975 km<sup>2</sup>). Riacho dos Porcos, em Podimirim.**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Q_Ano
1981	0,0	0,0	20,7	10,4	5,2	2,6	1,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	41,4
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	67,1	33,6	16,8	8,4	4,2	2,1	1,0	0,5	0,3	134,0
1985	34,4	116,6	116,0	200,5	100,2	50,1	25,1	12,5	6,3	3,1	1,6	0,8	667,2
1986	0,4	0,2	45,2	70,3	35,2	17,6	8,8	4,4	2,2	1,1	0,5	0,3	186,1
1987	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
1988	0,0	0,0	0,0	33,4	16,7	8,4	4,2	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	66,7
1989	0,1	0,0	35,1	115,9	58,6	29,3	14,7	7,3	3,7	1,8	0,9	0,5	267,9
1990	0,2	0,1	0,1	4,6	2,3	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	9,6
1991	0,0	0,0	0,4	14,7	7,4	3,7	1,8	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	29,8
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	27,9	13,9	7,0	3,5	1,7	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	55,8
1995	0,0	0,0	32,6	47,2	23,6	11,8	5,9	2,9	1,5	0,7	0,4	0,2	126,8
1996	0,1	0,0	43,9	48,6	24,3	12,1	6,1	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	141,0
1997	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	33,4	16,7	8,4	4,2	2,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	66,8
2000	0,0	0,0	0,0	44,9	22,5	11,2	5,6	2,8	1,4	0,7	0,4	0,2	89,8
2001	0,1	0,0	41,8	20,9	10,4	5,2	2,6	1,3	0,7	0,3	0,2	0,1	83,6
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2004	63,4	131,0	68,6	34,3	17,2	8,6	4,3	2,1	1,1	0,5	0,3	0,1	331,5
2005	0,1	0,0	28,6	14,3	7,1	3,6	1,8	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	57,2
2006	0,0	26,6	94,3	127,0	63,5	31,7	15,9	7,9	4,0	2,0	1,0	0,5	374,3
2007	0,2	32,8	16,4	8,2	4,1	2,0	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	65,7
2008	0,0	5,7	153,0	98,7	49,4	24,7	12,3	6,2	3,1	1,5	0,8	0,4	355,8
2009	0,2	0,1	0,0	49,1	39,3	19,7	9,8	4,9	2,5	1,2	0,6	0,3	127,7
2010	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
<b>Média</b>	<b>3,3</b>	<b>11,4</b>	<b>24,8</b>	<b>34,5</b>	<b>17,7</b>	<b>8,9</b>	<b>4,4</b>	<b>2,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>109,3</b>

## **A1.3 –Cálculo da Vazão de Poços para Simulação em Regime Contínuo**

ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
P001	-26.3	1961	-26.30	P528	-81.3	1990	-34.15
P710	-219.7	1962	-215.31	P711	-87.9	1990	-36.92
P368	-29.3	1962	-28.71	P540	-146.4	1990	-61.49
P003	-26.3	1962	-25.77	P544	-128.6	1990	-54.01
P005	-26.3	1963	-25.25	P546	-128.6	1990	-54.01
P096	-39	1964	-36.66	P547	-128.6	1990	-54.01
P373	-117.1	1964	-110.07	P554	-128.6	1990	-54.01
P354	-51.9	1964	-48.79	P555	-123	1990	-51.66
P371	-149.4	1964	-140.44	P556	-1464.4	1990	-615.05
P048	-48.8	1964	-45.87	P559	-128.6	1990	-54.01
P006	-26.3	1964	-24.72	P567	-4393.1	1990	-1845.10
P007	-26.3	1964	-24.72	P574	-128.6	1990	-54.01
P112	-175.7	1965	-161.64	P578	-48.8	1990	-20.50
P330	-51.9	1965	-47.75	P581	-87.9	1990	-36.92
P229	-263.6	1965	-242.51	P591	-128.6	1990	-54.01
P719	-39	1965	-35.88	P603	-146.4	1990	-61.49
P008	-26.3	1965	-24.20	P076	-439.3	1991	-175.72
P009	-26.3	1965	-24.20	P293	-175.7	1991	-70.28
P094	-86.4	1966	-77.76	P650	-219.7	1991	-87.88
P043	-74.1	1966	-66.69	P663	-732.2	1991	-292.88
P044	-87.9	1966	-79.11	P694	-48.8	1991	-19.52
P013	-26.3	1967	-23.14	P741	-35.1	1991	-14.04
P205	-103.7	1968	-89.18	P751	-133	1991	-53.20
P073	-87.9	1968	-75.59	P770	-133	1991	-53.20
P282	-117.1	1968	-100.71	P411	-512.5	1991	-205.00
P328	-429.1	1968	-369.03	P193	-103.7	1991	-41.48
P105	-330.9	1968	-284.57	P298	-263.6	1991	-105.44
P016	-26.3	1968	-22.62	P292	-210.9	1991	-84.36
P018	-26.3	1968	-22.62	P757	-133	1991	-53.20
P032	-117.1	1969	-98.36	P372	-51.9	1991	-20.76
P019	-26.3	1969	-22.09	P474	-402.7	1991	-161.08
P708	-439.3	1970	-360.23	P548	-402.7	1991	-161.08
P766	-19.5	1970	-15.99	P582	-128.6	1991	-51.44
P970	-41	1970	-33.62	P530	-260.7	1991	-104.28
P938	1288.6	1970	-1056.65	P604	-1586.4	1991	-634.56
P701	1383.8	1970	-1134.72	P606	-48.8	1991	-19.52
P357	-128.9	1970	-105.70	P607	-702.9	1991	-281.16
P020	-26.3	1970	-21.57	P608	-128.6	1991	-51.44

ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
P024	-26.3	1970	-21.57	P613	-80.5	1991	-32.20
P968	-527.2	1971	-421.76	P614	-439.3	1991	-175.72
P025	-26.3	1971	-21.04	P619	-39	1991	-15.60
P389	-148.8	1972	-116.06	P023	-26.3	1992	-9.99
P471	-512.5	1972	-399.75	P049	-732.2	1992	-278.24
P392	-51.9	1972	-40.48	P098	-109.8	1992	-41.72
P508	-146.4	1972	-114.19	P120	-74.1	1992	-28.16
P945	-37.6	1972	-29.33	P209	-103.7	1992	-39.41
P026	-103.7	1972	-80.89	P274	-103.7	1992	-39.41
P031	-74.1	1972	-57.80	P323	-103.7	1992	-39.41
P364	-146.4	1973	-111.26	P592	-292.9	1992	-111.30
P641	-133	1973	-101.08	P717	-117.1	1992	-44.50
P754	-133	1973	-101.08	P746	-133	1992	-50.54
P458	-48.8	1973	-37.09	P802	-19	1992	-7.22
P839	-219.7	1973	-166.97	P634	-128.6	1992	-48.87
P583	-39	1973	-29.64	P422	-7.8	1992	-2.96
P549	-43.9	1973	-33.36	P122	-263.6	1992	-100.17
P932	-289.9	1973	-220.32	P167	-210.9	1992	-80.14
P934	-153.8	1973	-116.89	P171	-2147.7	1992	-816.13
P034	-74.1	1973	-56.32	P621	-128.6	1992	-48.87
P050	-74.1	1973	-56.32	P642	-133	1992	-50.54
P069	-161.1	1973	-122.44	P643	-81.9	1992	-31.12
P077	-74.1	1973	-56.32	P649	-103.7	1992	-39.41
P453	-146.4	1974	-108.34	P655	-133	1992	-50.54
P216	-103.7	1974	-76.74	P656	-133	1992	-50.54
P712	-231.4	1974	-171.24	P092	-146.4	1993	-52.70
P356	-51.9	1974	-38.41	P206	-103.7	1993	-37.33
P454	-40	1974	-29.60	P431	-43.9	1993	-15.80
P078	-74.1	1974	-54.83	P690	-133	1993	-47.88
P080	-48.8	1974	-36.11	P804	-19	1993	-6.84
P261	-103.7	1975	-74.66	P811	-19	1993	-6.84
P091	-322.2	1975	-231.98	P816	-19	1993	-6.84
P097	-330.9	1975	-238.25	P887	-19	1993	-6.84
P586	-39	1975	-28.08	P917	-659	1993	-237.24
P376	-257.7	1975	-185.54	P115	-322.2	1993	-115.99
P158	-	1975	-1405.80	P038	-74.1	1993	-26.68
P628	-	1975	-1581.48	P827	-19	1993	-6.84
P087	-219.7	1975	-158.18	P235	-105.4	1993	-37.94
P088	-74.1	1975	-53.35	P497	-234.3	1993	-84.35

ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
P099	-74.1	1975	-53.35	P848	-43	1993	-15.48
P014	-26.3	1976	-18.41	P939	-210.9	1993	-75.92
P381	-29.3	1976	-20.51	P538	-128.6	1993	-46.30
P452	-99.6	1976	-69.72	P037	-234.3	1993	-84.35
P501	-269.4	1976	-188.58	P242	-257.7	1993	-92.77
P529	-128.6	1976	-90.02	P657	-439.3	1993	-158.15
P716	-48.8	1976	-34.16	P659	-336.8	1993	-121.25
P792	-96.6	1976	-67.62	P662	-133	1993	-47.88
P150	-313.4	1976	-219.38	P664	-131.8	1993	-47.45
P913	-32.2	1976	-22.54	P675	-140.6	1993	-50.62
P927	-87.9	1976	-61.53	P685	-102.5	1993	-36.90
P459	-121.5	1976	-85.05	P689	-133	1993	-47.88
P483	-210.9	1976	-147.63	P057	-1757.2	1994	-597.45
P573	-						
P573	3243.1	1976	-2270.17	P124	-146.4	1994	-49.78
P575	-						
P575	3514.5	1976	-2460.15	P138	-74.1	1994	-25.19
P557	-						
P557	2440.6	1976	-1708.42	P219	-103.7	1994	-35.26
P566	-						
P566	2600.7	1976	-1820.49	P248	-103.7	1994	-35.26
P682	-210.9	1976	-147.63	P302	-292.9	1994	-99.59
P365	-219.7	1976	-153.79	P316	-103.7	1994	-35.26
P255	-289.9	1976	-202.93	P638	-48.8	1994	-16.59
P563	-						
P563	2928.7	1976	-2050.09	P669	-512.5	1994	-174.25
P232	-165.5	1976	-115.85	P670	-512.5	1994	-174.25
P579	-221.1	1976	-154.77	P671	-512.5	1994	-174.25
P110	-74.1	1976	-51.87	P672	-512.5	1994	-174.25
P118	-263.6	1976	-184.52	P683	-512.5	1994	-174.25
P125	-74.1	1976	-51.87	P684	-512.5	1994	-174.25
P136	-						
P136	1952.5	1976	-1366.75	P704	-133	1994	-45.22
P148	-644.3	1976	-451.01	P705	-133	1994	-45.22
P154	-74.1	1976	-51.87	P707	-48.8	1994	-16.59
P159	-74.1	1976	-51.87	P744	-133	1994	-45.22
P161	-74.1	1976	-51.87	P755	-1952.5	1994	-663.85
P162	-						
P162	1586.4	1976	-1110.48	P758	-585.7	1994	-199.14
P542	-95.2	1977	-64.74	P772	-133	1994	-45.22
P588	-210.9	1977	-143.41	P774	-133	1994	-45.22
P590	-227	1977	-154.36	P787	-133	1994	-45.22

P921	-9.9	1977	-6.73	P834	-19	1994	-6.46
P595	-14.6	1977	-9.93	P856	-19	1994	-6.46
P337	-108.8	1977	-73.98	P879	-19	1994	-6.46
P622	-291.4	1977	-198.15	P907	-9.9	1994	-3.37
<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>	<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>
P382	-87.9	1977	-59.77	P609	-2349.8	1994	-798.93
P442	-128.9	1977	-87.65	P818	-234.3	1994	-79.66
P140	-330.9	1977	-225.01	P870	-178.4	1994	-60.66
P142	-330.9	1977	-225.01	P170	-1952.5	1994	-663.85
P304	-231.4	1977	-157.35	P901	-2172.1	1994	-738.51
P600	-136.2	1977	-92.62	P047	-1464.4	1994	-497.90
P517	-5.5	1977	-3.74	P886	-116	1994	-39.44
P433	-124.5	1977	-84.66	P109	-702.9	1994	-238.99
P164	-74.1	1977	-50.39	P054	-1830.5	1994	-622.37
P165	-74.1	1977	-50.39	P558	-48.8	1994	-16.59
P187	-103.7	1977	-70.52	P954	-105.4	1994	-35.84
P189	-439.3	1977	-298.72	P460	-190.4	1994	-64.74
P197	-103.7	1977	-70.52	P352	-6396.8	1994	-2174.91
P200	-103.7	1977	-70.52	P143	-1366.7	1994	-464.68
P301	-585.7	1978	-386.56	P147	-1342.3	1994	-456.38
P637	-131.8	1978	-86.99	P056	-292.9	1994	-99.59
P541	-140.6	1978	-92.80	P035	-439.3	1994	-149.36
P439	-17.6	1978	-11.62	P051	-732.2	1994	-248.95
P072	-257.7	1978	-170.08	P698	-133	1994	-45.22
P493	-218.2	1978	-144.01	P699	-133	1994	-45.22
P570	-196.2	1978	-129.49	P726	-133	1994	-45.22
P930	-121.5	1978	-80.19	P730	-133	1994	-45.22
P113	-32.2	1978	-21.25	P731	-133	1994	-45.22
P366	-117.1	1978	-77.29	P733	-133	1994	-45.22
P928	-585.7	1978	-386.56	P735	-133	1994	-45.22
P211	-103.7	1978	-68.44	P736	-133	1994	-45.22
P212	-103.7	1978	-68.44	P737	-133	1994	-45.22
P214	-238.7	1978	-157.54	P738	-439.3	1994	-149.36
P218	-238.7	1978	-157.54	P739	-133	1994	-45.22
P249	-103.7	1979	-66.37	P740	-133	1994	-45.22
P464	-17.2	1979	-11.01	P742	-133	1994	-45.22
P505	-210.9	1979	-134.98	P743	-133	1994	-45.22
P598	-80.5	1979	-51.52	P748	-146.4	1994	-49.78
P691	-219.7	1979	-140.61	P030	-29.3	1995	-9.38
P692	-292.9	1979	-187.46	P046	-307.5	1995	-98.40
P819	-19	1979	-12.16	P055	-527.2	1995	-168.70
P916	-9.9	1979	-6.34	P086	-609.2	1995	-194.94
P451	-234.3	1979	-149.95	P090	-1464.4	1995	-468.61

ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
P266	-103.7	1979	-66.37	P145	-74.1	1995	-23.71
P339	-361.7	1979	-231.49	P247	-103.7	1995	-33.18
P238	-290.1	1979	-185.66	P426	-146.4	1995	-46.85
P233	-203.5	1979	-130.24	P444	-325.4	1995	-104.13
P234	-193.3	1979	-123.71	P587	-39	1995	-12.48
P404	-51.9	1979	-33.22	P647	-175.7	1995	-56.22
P220	-103.7	1979	-66.37	P722	-732.2	1995	-234.30
P222	-103.7	1979	-66.37	P812	-19	1995	-6.08
P223	-103.7	1979	-66.37	P858	-19	1995	-6.08
P224	-43.9	1979	-28.10	P880	-19	1995	-6.08
P226	-203.5	1979	-130.24	P894	-9.9	1995	-3.17
P228	-175.7	1979	-112.45	P897	-9.9	1995	-3.17
P457	-219.7	1980	-136.21	P940	-9.9	1995	-3.17
P611	-512.5	1980	-317.75	P068	-1757.2	1995	-562.30
P961	-78.6	1980	-48.73	P194	-103.7	1995	-33.18
P479	-210.9	1980	-130.76	P052	-527.2	1995	-168.70
P910	-313.4	1980	-194.31	P128	-512.5	1995	-164.00
P470	-14.7	1980	-9.11	P082	-175.7	1995	-56.22
P380	-48.8	1980	-30.26	P100	-351.4	1995	-112.45
P408	-159.6	1980	-98.95	P166	-343.5	1995	-109.92
P409	-51.9	1980	-32.18	P083	-366.1	1995	-117.15
P258	-210.9	1980	-130.76	P204	-103.7	1995	-33.18
P391	-39	1980	-24.18	P108	-219.7	1995	-70.30
P482	-17.6	1980	-10.91	P551	-219.7	1995	-70.30
P494	-253.3	1980	-157.05	P610	-251.9	1995	-80.61
P461	-131.8	1980	-81.72	P594	-2886.7	1995	-923.74
P236	-26.3	1980	-16.31	P596	-146.4	1995	-46.85
P244	-103.7	1980	-64.29	P525	-269.4	1995	-86.21
P246	-103.7	1980	-64.29	P168	-2074.5	1995	-663.84
P250	-103.7	1980	-64.29	P155	-74.1	1995	-23.71
P251	-103.7	1980	-64.29	P160	-732.2	1995	-234.30
P363	-732.2	1981	-439.32	P132	-682.4	1995	-218.37
P472	-98.1	1981	-58.86	P516	-219.7	1995	-70.30
P484	-253.3	1981	-151.98	P053	-232	1995	-74.24
P506	-128.9	1981	-77.34	P552	-585.7	1995	-187.42
P625	-140.6	1981	-84.36	P029	-2318.6	1995	-741.95
P749	-133	1981	-79.80	P089	-1464.4	1995	-468.61
P333	-48.8	1981	-29.28	P752	-146.4	1995	-46.85
P341	-29.3	1981	-17.58	P759	-585.7	1995	-187.42
P469	-150.8	1981	-90.48	P760	-512.5	1995	-164.00

ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
P067	3514.5	1981	-2108.70	P761	-133	1995	-42.56
P345	-51.9	1981	-31.14	P762	-366.1	1995	-117.15
P071	-2465	1981	-1479.00	P764	-133	1995	-42.56
P344	-37.1	1981	-22.26	P765	-133	1995	-42.56
P495	-118.6	1981	-71.16	P767	-292.9	1995	-93.73
P338	-254.8	1981	-152.88	P768	-133	1995	-42.56
P061	-585.7	1981	-351.42	P769	-1952.5	1995	-624.80
P045	-585.7	1981	-351.42	P771	-133	1995	-42.56
P062	1586.4	1981	-951.84	P773	-2684.7	1995	-859.10
P481	-234.3	1981	-140.58	P775	-2196.5	1995	-702.88
P379	-351.4	1981	-210.84	P777	-328	1995	-104.96
P414	-164	1981	-98.40	P778	-2169.7	1995	-694.30
P257	-7.8	1981	-4.68	P779	-439.3	1995	-140.58
P259	-9.8	1981	-5.88	P028	-102.5	1996	-30.75
P260	-103.7	1981	-62.22	P157	-128.6	1996	-38.58
P262	-103.7	1981	-62.22	P195	-103.7	1996	-31.11
P263	-48.8	1981	-29.28	P210	-103.7	1996	-31.11
P268	-497.9	1981	-298.74	P702	-292.9	1996	-87.87
P269	-103.7	1981	-62.22	P714	-133	1996	-39.90
P271	-103.7	1981	-62.22	P728	-219.7	1996	-65.91
P465	-146.4	1982	-84.91	P814	-19	1996	-5.70
P490	-131.8	1982	-76.44	P868	-19	1996	-5.70
P629	-39	1982	-22.62	P891	-19	1996	-5.70
P652	-109.8	1982	-63.68	P896	-9.9	1996	-2.97
P658	-133	1982	-77.14	P935	-35.1	1996	-10.53
P660	-125.9	1982	-73.02	P873	-205	1996	-61.50
P665	-190.4	1982	-110.43	P803	-19	1996	-5.70
P674	-175.7	1982	-101.91	P201	-117.1	1996	-35.13
P677	-95.2	1982	-55.22	P485	-3221.6	1996	-966.48
P695	-439.3	1982	-254.79	P780	-87.9	1996	-26.37
P703	-146.4	1982	-84.91	P781	-1464.4	1996	-439.32
P805	-19	1982	-11.02	P784	-1366.7	1996	-410.01
P846	-19	1982	-11.02	P785	-133	1996	-39.90
P463	-234.3	1982	-135.89	P789	-175.7	1996	-52.71
P580	-362.4	1982	-210.19	P790	-659	1996	-197.70
P589	-143.5	1982	-83.23	P178	-439.3	1997	-123.00
P571	4246.2	1982	-2462.80	P264	-585.7	1997	-164.00
P507	-210.9	1982	-122.32	P627	-219.7	1997	-61.52
P446	-	1982	-1245.67	P700	-117.1	1997	-32.79

	2147.7						
	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
P398	-372.5	1982	-216.05	P895	-9.9	1997	-2.77
P042	-234.3	1982	-135.89	P915	-22.5	1997	-6.30
P489	-109.8	1982	-63.68	P929	-9.9	1997	-2.77
P336	-109.2	1982	-63.34	P948	-35.1	1997	-9.83
P355	-43.9	1982	-25.46	P971	-78.6	1997	-22.01
P417	-51.9	1982	-30.10	P278	-103.7	1997	-29.04
P666	-159.6	1982	-92.57	P272	-252	1997	-70.56
P273	-629.7	1982	-365.23	P709	-146.4	1997	-40.99
P275	-103.7	1982	-60.15	P387	-281.3	1997	-78.76
P277	-615	1982	-356.70	P826	-19	1997	-5.32
P280	-131.8	1982	-76.44	P343	-732.2	1997	-205.02
P285	-322.2	1982	-186.88	P941	-161.1	1997	-45.11
P288	-103.7	1982	-60.15	P791	-133	1997	-37.24
P289	-103.7	1982	-60.15	P793	-133	1997	-37.24
P290	-103.7	1982	-60.15	P794	-15.6	1997	-4.37
P294	-109.8	1982	-63.68	P795	-19	1997	-5.32
P305	-103.7	1982	-60.15	P796	-19	1997	-5.32
P270	-146.4	1983	-81.98	P799	-19	1997	-5.32
P428	-366.1	1983	-205.02	P964	-380.7	1998	-98.98
P438	-117.1	1983	-65.58	P972	-231.4	1998	-60.16
P645	-39	1983	-21.84	P116	-193.3	1998	-50.26
P653	-234.3	1983	-131.21	P966	-14.6	1998	-3.80
P723	-117.1	1983	-65.58	P215	-103.7	1998	-26.96
P756	-48.8	1983	-27.33	P720	-585.7	1998	-152.28
P040	-117.1	1983	-65.58	P810	-19	1998	-4.94
P911	-9.9	1983	-5.54	P504	-128.6	1998	-33.44
P477	-43	1983	-24.08	P107	-74.1	1998	-19.27
P064	4393.1	1983	-2460.14	P059	-1589.6	1998	-413.30
P348	-99.6	1983	-55.78	P443	-602.3	1998	-156.60
P111	-175.7	1983	-98.39	P800	-19	1998	-4.94
P332	-51.9	1983	-29.06	P806	-19	1998	-4.94
P602	-9.8	1983	-5.49	P813	-19	1998	-4.94
P074	1952.5	1983	-1093.40	P817	-19	1998	-4.94
P342	-51.9	1983	-29.06	P117	-74.1	1999	-17.78
P543	-732.2	1983	-410.03	P973	-162.8	1999	-39.07
P041	1708.4	1983	-956.70	P445	-709.8	1999	-170.35
P487	-263.6	1983	-147.62	P135	-2510.2	1999	-602.45
P473	-10.3	1983	-5.77	P952	-78.6	1999	-18.86

ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
P141	-330.9	1983	-185.30	P977	-161.7	1999	-38.81
P039	-165.5	1983	-92.68	P823	-19	1999	-4.56
P102	-193.3	1983	-108.25	P824	-19	1999	-4.56
P036	-257.7	1983	-144.31	P139	-74.1	2000	-16.30
P838	-410	1983	-229.60	P203	-274.6	2000	-60.41
P085	-159.6	1983	-89.38	P101	-585.7	2000	-128.85
P241	-87.9	1983	-49.22	P967	-78.6	2000	-17.29
P821	-512.5	1983	-287.00	P976	-1640.1	2000	-360.82
P311	-103.7	1983	-58.07	P174	-585.7	2000	-128.85
P319	-190.4	1983	-106.62	P175	-732.2	2000	-161.08
P322	-103.7	1983	-58.07	P176	-439.3	2000	-96.65
P325	-103.7	1983	-58.07	P179	-439.3	2000	-96.65
P327	-103.7	1983	-58.07	P177	-366.1	2000	-80.54
P340	-51.9	1983	-29.06	P320	-1708.4	2000	-375.85
P346	-51.9	1983	-29.06	P329	-146.4	2000	-32.21
P347	-	1983	-4100.21	P180	-512.5	2000	-112.75
P350	6101.5	1983	-3416.84	P384	-210.9	2000	-46.40
P351	-87.9	1983	-49.22	P825	-19	2000	-4.18
P075	-74.1	1984	-40.01	P828	-19	2000	-4.18
P252	-117.1	1984	-63.23	P835	-19	2000	-4.18
P395	-87.9	1984	-47.47	P836	-19	2000	-4.18
P486	-219.7	1984	-118.64	P837	-19	2000	-4.18
P488	-117.1	1984	-63.23	P066	-74.1	2001	-14.82
P576	-292.9	1984	-158.17	P119	-266.5	2001	-53.30
P636	-219.7	1984	-118.64	P169	-87.9	2001	-17.58
P678	-120.1	1984	-64.85	P317	-84.9	2001	-16.98
P686	-439.3	1984	-237.22	P335	-51.9	2001	-10.38
P693	-732.2	1984	-395.39	P618	-2416.2	2001	-483.24
P243	-87.9	1984	-47.47	P321	-527.2	2001	-105.44
P539	-14.4	1984	-7.78	P436	-1464.4	2001	-292.88
P230	-213.8	1984	-115.45	P673	-732.2	2001	-146.44
P063	-351.4	1984	-189.76	P651	-1708.4	2001	-341.68
P533	-117.1	1984	-63.23	P776	-439.3	2001	-87.86
P955	-90.8	1984	-49.03	P788	-439.3	2001	-87.86
P476	-9.8	1984	-5.29	P950	-439.3	2001	-87.86
P432	-269.4	1984	-145.48	P326	-263.6	2001	-52.72
P254	-103.7	1984	-56.00	P747	-732.2	2001	-146.44
P358	-51.9	1984	-28.03	P750	-483.2	2001	-96.64
P359	-2	1984	-1.08	P407	-175.7	2001	-35.14
P360	-	1984	-3031.24	P729	-585.7	2001	-117.14

ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)	ID	Q (m³/d)	Ano	Q ajustado (m³/dia)
	5613.4						
P370	-51.9	1984	-28.03	P962	-263.6	2001	-52.72
P374	-51.9	1984	-28.03	P058	-2440.6	2001	-488.12
P375	-51.9	1984	-28.03	P753	-1757.2	2001	-351.44
P385	-205	1984	-110.70	P378	-252.2	2001	-50.44
P377	-51.9	1985	-26.99	P225	-103.7	2001	-20.74
P509	-128.6	1985	-66.87	P190	-14.6	2001	-2.92
P680	-133	1985	-69.16	P844	-19	2001	-3.80
P845	-19	1985	-9.88	P847	-19	2001	-3.80
P946	-9.9	1985	-5.15	P849	-19	2001	-3.80
P831	-175.7	1985	-91.36	P850	-19	2001	-3.80
P830	-29.3	1985	-15.24	P851	-19	2001	-3.80
P334	-47.8	1985	-24.86	P852	-19	2001	-3.80
P491	-702.9	1985	-365.51	P853	-19	2001	-3.80
P173	-103.7	1985	-53.92	P857	-19	2001	-3.80
	-						
P498	1380.6	1985	-717.91	P859	-19	2001	-3.80
P500	-1416	1985	-736.32	P084	-1440	2002	-259.20
	-						
P492	1610.8	1985	-837.62	P324	-336.8	2002	-60.62
	-						
P496	2666.1	1985	-1386.37	P951	-615	2002	-110.70
	-						
P522	5763.7	1985	-2997.12	P597	-725	2002	-130.50
	-						
P524	2147.7	1985	-1116.80	P861	-19	2002	-3.42
P163	-231.4	1985	-120.33	P944	-1269.1	2003	-203.06
P912	-9.9	1985	-5.15	P213	-585.7	2003	-93.71
P295	-183	1985	-95.16	P958	-146.4	2003	-23.42
P623	-219.7	1985	-114.24	P027	-149.4	2003	-23.90
	-						
P545	4832.4	1985	-2512.85	P256	-439.3	2003	-70.29
	-						
P550	5224.1	1985	-2716.53	P188	-322.2	2003	-51.55
P283	-146.4	1985	-76.13	P221	-103.7	2003	-16.59
P697	-133	1985	-69.16	P245	-80.5	2003	-12.88
P923	-246.7	1985	-128.28	P183	-395.4	2003	-63.26
P388	-51.9	1985	-26.99	P862	-19	2003	-3.04
P390	-51.9	1985	-26.99	P865	-19	2003	-3.04
P394	-51.9	1985	-26.99	P866	-19	2003	-3.04
P396	-51.9	1985	-26.99	P291	-585.7	2004	-82.00
P397	-51.9	1985	-26.99	P960	-366.1	2004	-51.25

P399	-51.9	1985	-26.99	P202	-439.3	2004	-61.50
P401	-48.8	1985	-25.38	P560	-527.2	2004	-73.81
P402	-51.9	1985	-26.99	P267	-3794.9	2004	-531.29
P403	-219.7	1985	-114.24	P974	-380.7	2004	-53.30
P410	-512.5	1985	-266.50	P130	-225.5	2004	-31.57
<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>	<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>
P010	-26.3	1986	-13.15	P632	-121.5	2004	-17.01
P239	-103.7	1986	-51.85	P633	-128.6	2004	-18.00
P281	-103.7	1986	-51.85	P297	-131.8	2004	-18.45
P286	-103.7	1986	-51.85	P536	-234.3	2004	-32.80
P331	-51.9	1986	-25.95	P217	-238.7	2004	-33.42
	-						
P393	1269.1	1986	-634.55	P605	-128.6	2004	-18.00
P468	-128.6	1986	-64.30	P412	-84.6	2004	-11.84
	-						
P572	5466.9	1986	-2733.45	P822	-39	2004	-5.46
P679	-133	1986	-66.50	P867	-19	2004	-2.66
P681	-133	1986	-66.50	P872	-19	2004	-2.66
P745	-292.9	1986	-146.45	P875	-19	2004	-2.66
P798	-19	1986	-9.50	P877	-19	2004	-2.66
P807	-19	1986	-9.50	P881	-19	2004	-2.66
P841	-19	1986	-9.50	P882	-19	2004	-2.66
P843	-19	1986	-9.50	P227	-1708.4	2005	-205.01
P869	-19	1986	-9.50	P815	-19	2005	-2.28
P883	-19	1986	-9.50	P893	-146.4	2005	-17.57
P908	-292.9	1986	-146.45	P829	-612.1	2005	-73.45
P153	-297.3	1986	-148.65	P499	-552.1	2005	-66.25
P093	-289.9	1986	-144.95	P959	-48.8	2005	-5.86
	-						
P279	1757.2	1986	-878.60	P963	-292.9	2005	-35.15
P287	-322.2	1986	-161.10	P513	-571.1	2005	-68.53
P763	-219.7	1986	-109.85	P732	-219.7	2005	-26.36
P801	-19	1986	-9.50	P668	-263.6	2005	-31.63
P172	-276	1986	-138.00	P299	-103.7	2005	-12.44
P864	-26.4	1986	-13.20	P512	-252.2	2005	-30.26
P151	-439.3	1986	-219.65	P808	-525.7	2005	-63.08
P561	-140.6	1986	-70.30	P065	-322.2	2005	-38.66
	-						
P144	1464.4	1986	-732.20	P303	-103.7	2005	-12.44
P725	-145	1986	-72.50	P888	-19	2005	-2.28
P114	-102.5	1986	-51.25	P889	-19	2005	-2.28
P146	-585.7	1986	-292.85	P898	-1610.8	2005	-193.30
P081	-	1986	-1049.45	P899	-2440.6	2005	-292.87

	2098.9						
	-						
P134	1952.5	1986	-976.25	P900	-9.9	2005	-1.19
P383	-87.9	1986	-43.95	P902	-102.5	2005	-12.30
P413	-256.3	1986	-128.15	P947	-149.4	2006	-14.94
P416	-51.9	1986	-25.95	P253	-732.2	2006	-73.22
P418	-146.4	1986	-73.20	P562	-446	2006	-44.60
P423	-128.6	1986	-64.30	P309	-103.7	2006	-10.37
<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>	<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>
P424	-27.3	1986	-13.65	P070	-732.2	2006	-73.22
P425	-128.6	1986	-64.30	P635	-219.7	2006	-21.97
P427	-128.6	1986	-64.30	P918	-732.2	2006	-73.22
P429	-102.5	1986	-51.25	P520	-183	2006	-18.30
P430	-128.6	1986	-64.30	P310	-103.7	2006	-10.37
P434	-128.6	1986	-64.30	P296	-263.6	2006	-26.36
P435	-128.6	1986	-64.30	P696	-439.3	2006	-43.93
P437	-128.6	1986	-64.30	P033	-263.6	2006	-26.36
P440	-48.8	1986	-24.40	P182	-103.7	2006	-10.37
P156	-717.5	1987	-344.40	P786	-29.3	2006	-2.93
P240	-175.7	1987	-84.34	P832	-161.1	2006	-16.11
P532	-464.2	1987	-222.82	P878	-84.9	2006	-8.49
P620	-161.1	1987	-77.33	P884	-187.4	2006	-18.74
P885	-19	1987	-9.12	P475	-227	2006	-22.70
	-						
P957	1708.4	1987	-820.03	P599	-117.1	2006	-11.71
P349	-7.5	1987	-3.60	P612	-106.5	2006	-10.65
P015	-29.3	1987	-14.06	P565	-87.9	2006	-8.79
P626	-48.8	1987	-23.42	P624	-87.9	2006	-8.79
P353	-266.5	1987	-127.92	P617	-175.7	2006	-17.57
P149	-74.1	1987	-35.57	P307	-103.7	2006	-10.37
P523	-128.6	1987	-61.73	P630	-146.4	2006	-14.64
P448	-292.9	1987	-140.59	P667	-117.1	2006	-11.71
P449	-128.6	1987	-61.73	P553	-292.9	2006	-29.29
P450	-105.4	1987	-50.59	P601	-219.7	2006	-21.97
P455	-128.6	1987	-61.73	P903	-102.5	2006	-10.25
P462	-292.9	1987	-140.59	P904	-9.9	2006	-0.99
	-						
P137	2196.5	1988	-1010.39	P906	-9.9	2006	-0.99
P191	-103.7	1988	-47.70	P909	-9.9	2006	-0.99
P441	-128.6	1988	-59.16	P914	-9.9	2006	-0.99
P456	-219.7	1988	-101.06	P919	-9.9	2006	-0.99
P639	-292.9	1988	-134.73	P920	-9.9	2006	-0.99
P646	-133	1988	-61.18	P922	-292.9	2006	-29.29

P727	-23.4	1988	-10.76	P924	-9.9	2006	-0.99
P820	-19	1988	-8.74	P925	-22.5	2006	-2.25
P874	-19	1988	-8.74	P926	-632.6	2006	-63.26
P975	-184.5	1988	-84.87	P004	-26.3	2007	-2.10
P688	-133	1988	-61.18	P718	-1380.6	2007	-110.45
P104	-175.7	1988	-80.82	P706	-117.1	2007	-9.37
P152	-439.3	1988	-202.08	P724	-297.4	2007	-23.79
<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>	<b>ID</b>	<b>Q (m³/d)</b>	<b>Ano</b>	<b>Q ajustado (m³/dia)</b>
P011	-26.3	1988	-12.10	P577	-263.6	2007	-21.09
P510	-289.9	1988	-133.35	P584	-263.6	2007	-21.09
P502	1269.1	1988	-583.79	P447	-446	2007	-35.68
P106	-136.5	1988	-62.79	P535	-682.2	2007	-54.58
P585	-125.9	1988	-57.91	P527	-150.7	2007	-12.06
P121	-193.3	1988	-88.92	P593	-732.2	2007	-58.58
P467	-366.1	1988	-168.41	P615	-146.4	2007	-11.71
P480	-289.9	1988	-133.35	P631	-146.4	2007	-11.71
P503	-128.6	1988	-59.16	P361	-366.1	2007	-29.29
P511	-128.6	1988	-59.16	P369	-51.9	2007	-4.15
P514	-659	1988	-303.14	P797	-337.5	2007	-27.00
P515	-39	1988	-17.94	P002	-26.3	2007	-2.10
P518	-219.7	1988	-101.06	P017	-26.3	2007	-2.10
P022	-26.3	1989	-11.57	P126	-292.9	2007	-23.43
P300	-103.7	1989	-45.63	P131	-102.5	2007	-8.20
P466	-439.3	1989	-193.29	P133	-292.9	2007	-23.43
P616	-330.9	1989	-145.60	P419	-402.7	2007	-32.22
P854	-19	1989	-8.36	P654	-19.5	2007	-1.56
P871	-19	1989	-8.36	P648	-5.9	2007	-0.47
P537	-682.1	1989	-300.12	P644	-219.7	2007	-17.58
P526	-295.9	1989	-130.20	P931	-380.7	2007	-30.46
P386	-541.8	1989	-238.39	P933	-9.9	2007	-0.79
P564	-193.3	1989	-85.05	P936	-9.9	2007	-0.79
P519	-83.6	1989	-36.78	P942	-9.9	2007	-0.79
P521	-128.6	1989	-56.58	P943	-9.9	2007	-0.79
P531	-143.1	1989	-62.96	P956	-78.6	2007	-6.29
P534	-6.6	1989	-2.90	P965	-78.6	2007	-6.29
P196	-103.7	1990	-43.55	P184	-84.9	2007	-6.79
P313	-103.7	1990	-43.55	P185	-324.5	2007	-25.96
P314	-215.3	1990	-90.43	P833	-38.1	2008	-2.29
P661	-117.1	1990	-49.18	P640	-219.7	2008	-13.18
P676	-512.5	1990	-215.25	P284	-175.7	2008	-10.54
P687	-34.2	1990	-14.36	P129	-1586.4	2008	-95.18
P713	-48.8	1990	-20.50	P569	-162.8	2008	-9.77

