



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DA SALINIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS
COSTEIROS DA PLANÍCIE DO RECIFE LEVANDO EM CONTA OS
EFEITOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR**

ANTONIO FREIRE COSTA SOBRINHO

RECIFE / 2014

ANTONIO FREIRE COSTA SOBRINHO



**ANÁLISE DE CENÁRIOS DA SALINIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS
COSTEIROS DA PLANÍCIE DO RECIFE LEVANDO EM CONTA OS
EFEITOS DA ELEVÇÃO DO NÍVEL DO MAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo professor Doutor Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, área de concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

RECIFE / 2014

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

- C837a Costa Sobrinho, Antônio Freire.
Análise de cenários da salinização dos aquíferos costeiros da planície do Recife levando em conta os efeitos da elevação do nível do mar / Antônio Freire Costa Sobrinho . - Recife: O Autor, 2014.
229folhas, Il. e Tabs.
- Orientadora: Prof^o. Dr^o. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral.
- Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2014.
- Inclui Referências e Apêndices.
1. Engenharia Civil. 2. Salinização de aquíferos. 3. Intrusão marinha. 4. Aquíferos costeiros. 5. Elevação do nível do mar. I. Cabral, Jaime Joaquim da Silva Pereira. (Orientadora). II. Título.
- UFPE
- 624 CDD (22. ed.) BCTG/2014-341



**ANÁLISE DE CENÁRIOS DA SALINIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS COSTEIROS DA PLANÍCIE DO
RECIFE LEVANDO EM CONTA OS EFEITOS DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo professor Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, área de concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

BANCA EXAMINADORA:

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

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva (UFPE)

Prof^{fa}. Dr^a. Suzana Maria Gico Montenegro (UFPE)

Prof. Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro (UFRPE)

Prof. Dr. Waldir Duarte Costa (UFPE)

Prof. Dr. Sérgio Koide (UNB)

RECIFE / 22 de setembro de 2014

Agradecimentos

- *A Deus, por tudo, pois sempre tive muito mais do que mereci;*
- *A meus pais, pela minha formação moral;*
- *Aos meus irmãos, pela eterna solidariedade;*
- *Aos meus professores, pela minha formação cultural e intelectual;*
- *Ao meu Orientador Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral, pela orientação competente, as importantes sugestões e, principalmente, pela confiança que depositou em mim;*
- *A Prof^a Dr^a. Cleuda Custódio Freire e ao Prof. Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza, professores da UFAL, por todo o apoio recebido desde o início deste trabalho;*
- *A CAPES, pelo auxílio financeiro à pesquisa, através do fornecimento de bolsa de doutorado, sem o qual este não seria viável;*
- *Ao programa CAPES-FCT, pelo total apoio recebido (por meio de bolsa e auxílios financeiros fornecidos) para estágio sanduiche de 12 meses realizado na Universidade de Évora-Portugal, feito através deste programa.*
- *A Universidade de Évora - Portugal, pela acolhida e disponibilização dos seus cursos e espaços;*
- *A prof^a Dr^a. Emanuela Morais, pelo convite e acolhimento no Laboratório de Águas da Universidade de Évora;*
- *Aos Componentes da banca: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral (Orientador), Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva, Prof. Dr. Abelardo António de Assunção Montenegro, Prof^a. Dr^a. Suzana Maria Gico Montengro, Prof. Dr. Waldir Duarte Costa e ao Prof. Dr. Sérgio Koide pela disponibilidade em participar da Banca Examinadora e pelas importantes contribuições e comentários;*
- *A todos os que acreditaram e contribuíram com este trabalho.*

Dedicatória

Dedico esse trabalho às pessoas fundamentais nessa trajetória:

A Minha Mãe,

A Cleuda,

A Ana Luza,

A Juliana,

A Milena e

A Leonardo...

Vocês sempre estiveram ao meu lado, em todos os momentos.

RESUMO

A população mundial está cada vez mais se concentrando nas regiões litorâneas, aproximadamente 70% da população reside nas regiões costeiras em todos os continentes. Conforme o censo IBGE-2010, a região metropolitana do Recife é uma área onde está assentada uma população de cerca de 3.688.428 habitantes, que equivale a 41,93% da população do Estado de Pernambuco. Sendo que, uma população de 1.536.934 habitantes, está na cidade do Recife. Tal tendência de ocupação do solo acaba gerando pressões sobre os aquíferos costeiros da planície do Recife, e o aumento do bombeamento em seus aquíferos costeiros – dado à proximidade e qualidade da água desses mananciais, e isso levou a um excesso de retirada dos recursos hídricos subterrâneos. Essa exploração excessiva desses recursos, sem um gerenciamento adequado, poderá levar a situações que ocasionem a perda de alguns lençóis costeiros por salinização. Pois um bombeamento acima da capacidade de reposição, em aquíferos próximos a costa, proporciona uma diminuição no gradiente hidráulico do continente em direção ao mar, gerando um desequilíbrio de forças na interface água doce / água salina levando-a a avançar na direção do aquífero no continente, além do que a retirada em excesso aumenta os efeitos das outras causas de salinização encontradas, tais como poços mal construídos e a presença dos paleocanais. Portanto, todas as causas serão intensificadas com a elevação no nível do mar de 844 mm, até o ano 2095, previsto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Assim, é necessário um entendimento mais preciso sobre a complexidade do comportamento dos aquíferos na linha costeira da planície do Recife a fim de melhor gerir os recursos hídricos disponíveis. Visto que, um melhor conhecimento do processo possibilita simular cenários que incluam os efeitos das elevações no nível do mar, buscando o uso sustentável, que é de fundamental importância para a preservação dos mananciais dessa região. Sendo assim, este estudo analisou cenários e simulou o comportamento dos aquíferos costeiros da planície do Recife para que se possa planejar uma gestão sustentável dos mesmos. Para tanto podem ser usados os mapas da vulnerabilidade gerados pelo método GALDIT, os mapas indicativos das áreas críticas de salinização das águas subterrâneas – que foram mapeadas através das assinaturas químicas das águas, e com as simulações de cenários produzidas em Visual ModFlow que incluíram a elevação do nível do mar e mudança no regime de bombeamento. A elevação do nível do mar aumenta o risco de salinização mas o bombeamento excessivo é muito mais prejudicial à sustentabilidade dos aquíferos.

Palavras-Chave: Salinização de aquíferos. Intrusão marinha. Aquíferos costeiros. Elevação do nível do mar.

ABSTRACT

The world population is increasingly concentrated in the coastal regions, approximately 70% of the population lives in coastal regions on all continents. As the sense IBGE-2010, the metropolitan area of Recife is one area where sits a population of about 3,688,428 inhabitants, equivalent to 41.93% of the population of the state of Pernambuco. Being that a population of 1,536,934 inhabitants, is in the city of Recife. This trend of land use ends up generating pressures on the coastal plain aquifers of Recife, and increased pumping in their coastal aquifers - given the proximity and quality of water from these sources, and this led to excessive withdrawal of groundwater resources. This excessive exploitation of these resources, without proper management, can lead to situations that cause the loss of some coastal sheets by salinization. For one pumping up the spare capacity in aquifers near the coast, provides a decrease in the hydraulic gradient of the continent towards the sea, creating an imbalance of forces at the interface freshwater / saline water causing it to move toward the aquifer in continent, in addition to removing excess increases the effects of other causes of salinization found, such as poorly constructed wells and the presence of palaeochannels. Therefore, all causes will be intensified with the rise in sea level of 844 mm by the year 2095, by the Intergovernmental Panel on Climate Change. Thus, a more accurate understanding of the complex behavior of aquifers in the coastal plain of the line of Recife is necessary in order to better manage water resources. Since a better knowledge of the process allows simulate scenarios that include the effects of rises in sea level, seeking sustainable use, which is of fundamental importance for the preservation of water sources in this region. Therefore, this study analyzed scenarios and simulated the behavior of coastal plain aquifers of Recife so you can plan a sustainable resource management. For both the vulnerability maps generated by GALDIT method can be used, indicative of the critical areas of salinisation of groundwater maps - which were mapped through the chemical signatures of the waters, and simulations of scenarios produced in Visual MODFLOW which included the elevation sea level and change in the pumping regime. The rising sea level increases the risk of salinization but excessive pumping is much more damaging to the sustainability of aquifers.

Key words: Aquifer salinization. Saltwater intrusion. Coastal aquifers. Rise of sea level.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. A Salinização dos Aquíferos	12
1.2. Objetivo Geral	20
1.3. Objetivos Específicos	20
1.4. Organização dos Capítulos	21

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGIA.....	22
2.1. Abordagem Científica e Metodológica	23
2.1.1. Roteiro Metodológico	23
2.2. Modelo Conceitual e Numérico	25
2.1.4. Desenho do Modelo Numérico	30
2.3. As Assinaturas Hidroquímicas do Solute	35
2.4. O Método GALDIT de Vulnerabilidade	35

CAPÍTULO 3

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE SALINIZAÇÃO DE AQUÍFEROS	37
3.1. Evolução Histórica.....	40
3.2. Soluções Analíticas.....	43
3.2.1. Solução Ghyben-Herzberg	44
3.2.2. Solução upconing de Bear & Dagan	46
3.2.3. Soluções Estocásticas	48
3.3. Investigações Geofísicas	49
3.3.1. Métodos Geofísicos de Superfície	50
3.4. Investigações Geoquímicas	51
3.4.1. Modificações Químicas.....	55
3.4.1.1. Processos de Mistura.....	55
3.4.1.2. Diagênese de Carbonato.....	56
3.4.1.3. Adsorção	56
3.4.1.4. Reações REDOX	56
3.4.2. Distinção Química de Intrusões de Água Salgada.....	57
3.4.2.1. Intrusão de Água de Mar Fóssil.....	58
3.5. Investigações Biológicas	59
3.6. Modelagem Conceitual e Matemática	59
3.6.1. Formulação Matemática	61
3.7. Soluções Numéricas	64
3.8. Conclusões do Capítulo	65

CAPÍTULO 4

4. CONFIGURAÇÃO REGIONAL E GEOLÓGICA DA P. DO RECIFE	67
4.1. Estrutura Geológica	68
4.1.1. Evolução Estrutural e Geológica da Região	70
4.1.2. Litoestratigrafia da Área do Estudo.....	77
4.1.3. Litoestratigrafia das Formações.....	79
4.1.3.1. Sequencias Depositionais da Bacia de Pernambuco	81
4.1.3.2. Sequencias Depositionais da Bacia de Paraíba	83

4.2. Conclusões do Capítulo	84
CAPÍTULO 5	
5. FORMAÇÃO HIDROGEOLÓGICAS DA PLANÍCIE DO RECIFE.....	86
5.1. Definição dos Aquíferos	86
5.2. Descrição das Unidades Hidrogeológicas.....	90
5.2.1. Principais Aquíferos	91
5.2.1.1. Aquífero Beberibe	92
5.2.1.2. Aquífero Cabo	94
5.2.1.3. Aquífero Boa Viagem	95
5.2.2. Formações Hidrogeológicas	98
5.2.3. A Relação Vertical das Camadas dos Principais Aquíferos.....	99
5.3. Propriedades Hidráulicas	100
5.3.1. Os Níveis de Água e a Superfície Potenciométrica	101
5.4. A Utilização de Águas Subterrâneas.....	102
5.5. Descarga de Águas Subterrâneas	102
5.6. A Vulnerabilidade dos Aquíferos Costeiros	103
5.7. Recarga das Águas Subterrâneas	104
5.7.1. Clima.....	105
5.7.2. Chuvas.....	106
5.7.2.2. Composição Isotópica de Águas Pluviais.....	106
5.7.3. Métodos de Estimação da Recarga das Águas Subterrâneas.....	107
5.7.3.1. Métodos de Penman-Grindley.....	107
5.7.3.2. Métodos Geoquímicos	108
5.7.3.3. Métodos Traçadores Históricos (Datação)	108
5.8. Investigações Hidrogeológicas Anteriores na Planície do Recife.....	109
5.9. Conclusões do Capítulo	113
CAPÍTULO 6	
6. O AQUECIMENTO GLOBAL E AS MUDANÇAS NO NÍVEL DO MAR	115
6.1. Definição de Marés	115
6.2. Elevação do nível médio do mar	116
6.3. Os Aquíferos da P. do Recife e a Elevação do Nível Médio do Mar	124
6.4. Conclusões do Capítulo	125
CAPÍTULO 7	
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	128
7.1. A Utilização da Água Subterrânea na Planície do Recife	128
7.2. A Vulnerabilidade dos Aquíferos da Planície do Recife	129
7.2.1. O Índice GALDIT.....	132
7.3. Resultados do Modelo VMF Desenvolvido para Planície do Recife.....	144
7.3.1. Resultados para o Cenário 1	147
7.3.2. Resultados para o Cenário 2	150
7.3.3. Resultados para o Cenário 3	151
7.4. Compatibilidade dos Resultados.....	153
7.5. Discussão.....	155
CAPÍTULO 8	
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	166
8.1. Conclusões	166

8.2. Recomendações	168
REFERÊNCIAS	170
APÊNDICE	184



CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Segundo Bear *et al.* (1999), de toda a água na Terra, estima-se que 99,4% ($1,4 \times 10^9 \text{ km}^3$) é água de superfície. A maior parte desta é na forma de água salina nos oceanos e mares interiores (97%). A água doce de superfície representa apenas 2% do volume total de água e esta nem sempre se encontra próxima da região onde a demanda está presente. Assim, as águas subterrâneas ocorrem apenas como 0,6% ($9 \times 10^6 \text{ km}^3$) do total da água da Terra e pela exclusão de água salina da contabilização acima, a proporção de água doce entre superficial e subterrânea é alterada para 78% e 22% respectivamente.

De há muito tempo o homem tem lançado mão das águas subterrâneas para atender aos seus consumos, quer seja doméstico quer seja na agricultura. E, até algum tempo atrás, esta exploração era feita de forma manual e a pouca profundidade devido aos recursos tecnológicos existentes nestes períodos pretéritos. No entanto, dado ao aumento na demanda e ao aparecimento de novas

tecnologias, tanto de prospecção quanto de bombeamento, levou a uma retirada cada vez maior desses recursos hídricos subterrâneos, motivados pela proximidade da demanda e pela, normalmente, melhor qualidade da água destes mananciais.

1.1. Salinização de Aquíferos

Em geral, para os aquíferos costeiros, uma das causas mais presentes de salinização encontra-se na exploração destes, principalmente quando esta retirada é feita a descoberto, ou seja, com valores maiores do que a reposição natural (e até mesmo artificial – em dias atuais) há uma redução nas cargas hidráulicas de água doce, o que pode por em risco a reserva de água do aquífero. O conhecimento desenvolvido sobre o problema mostra que há várias maneiras de um aquífero vir a sofrer intrusão salina e, de uma maneira generalista esta pode ocorrer: (a) devido ao excesso de exploração em regiões de irrigação de pastagens que sejam abundantemente adubadas ou pulverizadas com defensivos químicos (neste caso pode ocorrer a salinização e poluição); (b) pelo *upconing* devido ao bombeamento muito forte em regiões que possuem águas salgadas antigas, jurássicas, que foram depositadas em épocas muito antigas quando o mar invadiu algumas partes continentais, fato este de ocorrência geologicamente já comprovada; (c) devido ao bombeamento acima da capacidade de reposição nos aquíferos próximos a costa, que leva a uma diminuição no gradiente da terra em direção ao mar, gerando um desequilíbrio de forças na interface água doce / água salina, levando esta a avançar na direção do aquífero na terra; (d) pelo *upconing* por bombeamento excessivo em região do aquífero que fica sobre a cunha de água do mar, e para Custódio (2010), dependendo da taxa de recarga, da extensão da bacia de contribuição, e do alcance da maré, pode existir uma fina camada de água doce, que pode já ser salobra ou mesmo salinas no topo do aquífero. Para ele, as águas subterrâneas explotadas próximo ao litoral são facilmente afetadas por *upconing* de água salina; (e) devido a *tsunamis*, que levam grandes massas de água salina a invadir solos próximos ao litoral, e por vezes regiões bastante interiores, ocupando locais de recarga dos aquíferos. A situação se torna mais grave quando estes aquíferos são livres e o solo possui alta condutividade hidráulica vertical; (f) pode ocorrer ainda em regiões áridas e semiáridas, onde os solos possuem uma tendência à salinização muito forte

devido à desagregação das rochas que são lavadas pelas águas das precipitações, carreando os sais da decomposição que se acumulam no subsolo em terrenos de aluvião, principalmente nos mais rasos que têm altos índices de evapotranspiração. Se a exploração destes aquíferos for muito forte, pode levar a um aumento na salinização destes.

No entanto, a forma mais recorrente entre estas é a que ocorre pela intrusão da água do mar, e exemplos de situações como estas são encontradas em praticamente todas as regiões costeiras pelo mundo, em sua grande maioria pelo excesso de exploração e, conseqüentemente, a redução no gradiente hidráulico em direção ao mar. Tal redução, permite que a interface entre água doce / água do mar, avance em direção ao aquífero terrestre. Segundo Tucci & Cabral (2003), o gradiente do continente deve ser suficiente para evitar a penetração da água salina. Quando sua carga hidráulica é reduzida, ocorre penetração da água salina tornando impróprio o seu uso. Para os autores *op.cit.* esta carga pode ser reduzida pela retirada excessiva de água por poços urbanos, isto comumente acontece em cidades litorâneas. Por outro lado, tem-se a diminuição das áreas de recarga ocasionadas por diversos fatores, principalmente a ocupação urbana. Para Monteiro *et al.* (2002), a ausência de recarga no aquífero, acarreta uma depleção nas reservas permanentes, caracterizando o regime de sobre-exploração que se desenvolve na área.

A partir do conhecimento de que para os aquíferos costeiros existe uma relação entre fluxo subterrâneo de água doce para o oceano e a extensão da zona de intrusão salina para o interior dos aquíferos terrestres, daí a percepção de que tal problema de intrusão, segundo Manoel Filho (2003), deveria passar a ser encarado como uma questão de gerenciamento. Sob este prisma, estudos relativos ao gerenciamento de aquíferos costeiros estão sendo desenvolvidos, como por exemplo, quanto às quantidades seguras de exploração em relação ao afastamento da costa, como o trabalho desenvolvido por Ferreira da Silva (2003), visando estimar qual, pode vir a ser, a extração e a distância de segurança ótima para implantação de poços em áreas próximas à costa, onde o autor verificou a existência de uma relação entre distância da costa e quantidade segura de exploração.

Outros trabalhos científicos já comprovaram que o comportamento dos aquíferos é influenciado por uma série de variáveis, algumas das quais, como no exemplo supracitado, já foram bastante discutidas e outras ainda necessitam de maior investigação, que venham possibilitar um entendimento mais preciso sobre a complexidade do comportamento dos aquíferos na linha costeira. E para atender a esta demanda por informações, e ainda devido à procura cada vez maior por fontes de abastecimento de água, principalmente nas regiões costeiras, inúmeros trabalhos teóricos e experimentais sobre intrusão marinha surgiram desde os anos 1960.

Porém, segundo Bear *et al.* (1999), apesar de grandes avanços nos estudos, a intrusão salina nos aquíferos costeiros é um problema que ainda demanda um maior aprofundamento, para aumentar o conhecimento do processo e acurácia dos modelos de simulação, tendo como fundamento básico, dados reais obtidos através de monitoramento dos prováveis agentes interferentes. Pois, conforme Tucci & Cordeiro (2004), é fundamental um maior conhecimento sobre esses recursos naturais e do uso dos espaços costeiros para subsidiar e aperfeiçoar a aplicação dos instrumentos de controle e de gestão. E essa questão é ampliada quando se considera que há grande adensamento populacional nas regiões costeiras. Visto que, além da concentração cada vez maior da população nesta área, tem-se ainda grande concentração de hotéis e *resorts* que, naturalmente, são ávidos consumidores de água potável.

Uma vez que aproximadamente 70% da população mundial residem nas regiões costeiras, é imperativo compreender a interação entre água doce subterrânea e a intrusão de água do mar, a fim de melhor gerir os recursos disponíveis (Bear *et al.* 1999). Pois, tal concentração populacional no litoral, poderá ocasionar uma corrida desenfreada a estes recursos e levar a situações que ocasionem a perda de alguns lençóis costeiros devido à intrusão marinha. Conforme foi relatado por Werner & Simmons (2009), devido ao adensamento populacional na zona costeira australiana, houve um incremento na busca por recursos hídricos no litoral, e, isto levou alguns aquíferos desta área a serem deteriorados por intrusão salina. Tal problema que, também é experimentado em outras partes do mundo, como relatado por Liu & Song (2010), onde, os autores observaram que a exploração excessiva nos anos oitenta trouxeram danos às águas subterrâneas, devido à intrusão salina na baía de *Bohai* e no mar de *Huanghai*, nas cidades e

províncias de *Liaoning, Hebei, Shandong, Jiangxi, Tianjin Shanghai, Guangxi*, na China. E isto levou a uma intrusão salina que alcançou 970 km² em 1995, e o dano potencial na área alcançaram 2.400 km² levado pelo nível de água subterrânea ao longo do continente estar mais baixo do que o nível do mar. Casos como este na China, levam a grandes perdas, no sentido econômico e social, pois, relataram-se que 400 mil pessoas enfrentam a crise da água potável, 8 mil poços foram abandonados, 40 mil hectares de terra perderam a capacidade da irrigação.

Enquanto na Europa, que tem uma longa costa, sobre a qual muitas atividades humanas estão concentradas e, devido a isto, é nestas zonas costeiras dos aquíferos que o problema de salinidade muitas vezes é intensificado. Sujeitando-os a intrusão salina como resultado do *upconing* de água salina profunda, e da salinidade residual em aquíferos. Nesse continente, segundo Custódio (2010), alguns aquíferos são cuidadosamente estudados, controlados e gerenciados; como os encontrados nos Países Baixos, Bélgica, Itália meridional e nordeste da Espanha. Para as outras áreas onde esta realidade não se faz presente, providências deverão ser adotadas para interrupção e, se possível, reversão do processo. Naturalmente variáveis como vazão, recarga, marés entre outros deverão ser bem observadas.

Já nos Estados Unidos, faz bastante tempo que há grande investimento nos estudos e monitoramento dos aquíferos costeiros, desde os trabalhos de Du Comum em 1828, até os dias atuais, que estes estão sendo desenvolvidos principalmente pela US-EPA (órgão de meio ambiente dos Estados Unidos) e pela academia. Entretanto, tal investimento, não é observado no continente sul americano. Bocanegra *et al.* (2009) relatam a falta de estudos de caracterização em apoio ao planejamento de recursos e programas de gestão, além da falta de redes de monitorização e planos (em todos os aquíferos que os mesmos levantaram, com algumas poucas exceções, como *Mar del Plata* - Argentina e Recife - Brasil); e mostram a necessidade de aumentar a sensibilização e envolvimento da sociedade na gestão, planejamento e programas de ação destes recursos. Como exemplo disto, Nobre & Nobre (2000) relatam que, em Maceió (cidade costeira, capital do estado de Alagoas), os sistemas Barreiras e Barreiras / Marituba, que na época respondiam por 81% do abastecimento de água da população da região metropolitana da cidade, havia a ocorrência de elevadas concentrações de cloreto

em vários poços da faixa costeira, o que sugeriu o avanço da intrusão marinha na região.

No caso de Recife, que será visto em detalhes mais a frente, por exemplo, Costa *et al.* (1998, 2003), Costa Filho (1997), Monteiro (2000), Farias (2003), Santos *et al.* (2010), Silva *et al.* (2008), Oliveira (1994), Cabral *et al.* (2004, 2007), Montenegro *et al.* (2005, 2008), Paiva *et al.* (2003, 2009) e outros autores, verificaram que, a zona litorânea da Planície de Recife também apresentou salinização dos seus aquíferos devido à super exploração que se verifica nessa porção da área. E relata que a ausência de camadas confinantes, em alguns pontos dessa área, deixa o aquífero vulnerável à contaminação de superfície, principalmente onde ocorre intenso bombeamento de poços.

Para a questão de gerenciamento dos aquíferos costeiros, tem-se uma gama de estudos envolvendo as variáveis hidrogeológicas e as atividades antrópicas. O que agora precisa ser posto em conta, em relação ao gerenciamento destes, é uma possível alteração do nível médio do mar, que poderá ocorrer por conta de alterações climáticas ocasionadas pelos Gases do Efeito Estufa (GEE), conforme previsões feitas no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), onde foram postas projeções para o aumento do nível do mar, que ocorrerão durante o século 21. Assim sendo, uma vez que, o nível do aquífero costeiro pode ser influenciado pela maré, como mostra artigo de King *et al.* (2010), no qual definiram as águas subterrâneas do prisma de maré como sendo o volume de água salina que inunda um meio poroso, forçado por uma oscilação das marés. De forma que o gradiente de pressão gera o prisma que atua no estuário subterrâneo. Havendo assim uma maior tendência de salinização deste, por meio da intrusão marinha, quando em maré alta. Mas isto depende, em muito, de fatores geológicos da formação do solo que faz a interface com o mar.

Foi verificado por Poulsen *et al.* (2010), a existência de correlação dos perfis de condutividade elétrica com as estações chuvosas e nível do mar onde, em condições de inverno, estando o nível do mar alto, e a recarga ativa pela pluviosidade, que elevam a carga hidráulica, e ainda com ondas intensas devido aos ventos, uma lente espessa de água salobra cobre a de água doce próximo ao mar. Quando em períodos de ventos predominantes do continente e de pouca

precipitação, diminuem as recargas com a conseqüente diminuição da lente de água doce, levam a uma condição de densidade estável e uma delgada transição entre a água doce e a salobra.

Outro estudo sobre os efeitos maré em relação ao comportamento dos aquíferos costeiros foi realizado por Ferreira da Silva (2003), com uso de um modelo densidade variável da água subterrânea, para analisar os efeitos de oscilações da maré na intrusão marinha, em uma área aquífera ilimitada. Verificando que a atividade de maré força a cunha salina para penetrar o interior mais fortemente e igualmente cria uma interface mais delgada do que ocorreria sem os efeitos maré.

Considerando as variações do nível médio do mar, os efeitos de flutuação das marés, bem como as interferências de cada processo na intrusão marinha, se os níveis médios de água observados nas áreas costeiras são usados para estimar a recarga do aquífero, Hailong (2003) concluiu que, o processo de variação da maré afetará os níveis médios das águas subterrâneas e devem ser levados em consideração. Em tais situações de interação entre maré e salinização de aquíferos, Choudhury (2001) verificou que, os efeitos de flutuações maré na intrusão marinha são mais pronunciados do que em casos onde a condição de limite, em direção à terra, é um fluxo específico. Igualmente mostrou-se que, os efeitos de flutuações da maré são mais significativos para uma praia de inclinação (como ocorrem nas praias do litoral da RMM), que para uma linha costeira vertical e, a água de sal penetra o interior mais fortemente para o caso de inclinação. Além de tudo isto, a intrusão de água do mar no aquífero é sensível à batimetria e o mais importante, conforme mostraram Knudby & Carrera (2006), é a conexão hidráulica que controla o quão rápido a intrusão marinha irá contaminar o aquífero.

Diante do que foi posto, e tendo em conta a informação da Science News (2007), mostrando que, no mundo aproximadamente 60% (sessenta por cento) das áreas aquíferas litorâneas são contaminadas pela intrusão da cunha marinha, e isto chega a ser um fenômeno generalizado em 20% (vinte por cento) dos casos. Assim sendo, o conhecimento do comportamento da cunha salina em aquíferos costeiros é de grande importância para a gestão de aquíferos localizados nesses ambientes. O gerenciamento desses recursos de maneira adequada, com conhecimento profundo

do aquífero, poderá determinar qual o nível crítico das captações, de forma que seja evitada a intrusão da cunha marinha.

Neste sentido, para Ferreira da Silva (2003), o adequado planejamento de um sistema de captação e de abastecimento de água a partir de aquíferos costeiros exige a utilização conjunta de técnicas de otimização e de modelos de simulação dos sistemas físicos envolvidos. Segundo o autor, interessa, também, estudar o fenômeno de propagação da intrusão marinha em função dos locais de extração, dos pontos de recarga e das respectivas quantidades de forma a minimizar o risco de invasão das captações pela água salobra.

São os principais desafios de ciência e tecnologia relacionados, segundo Tucci & Cordeiro (2004), à busca de soluções sustentáveis para problemas de: (i) escassez ou excesso de água, (ii) deterioração da qualidade da água, (iii) percepção inadequada de gestores e do público em geral sobre a gravidade da questão da água. Isto vem enfatizar a importância de estudos que qualifiquem e quantifiquem a hidráulica dos aquíferos e a sua evolução diante das previsões de alterações do clima, visando um melhor entendimento para a sua gestão.

Desta forma sabe-se que a retirada de água dos aquíferos litorâneos, sem nenhum tipo de estudo que venha trazer à luz o comportamento destes em relação à sua recarga, pode provocar contaminações, especialmente nos lençóis costeiros, nos quais a intrusão salina é um fator muito importante e pode vir a por em risco esta fonte de abastecimento.

Além dos fatores supracitados, tem-se ainda, como bem observaram Bocanegra *et al.* (2009), a falta de planejamento na exploração destes aquíferos no continente sul americano, fato este que é agravado nesta região costeira, visto que, para Monteiro *et al.* (2002), havendo poços já instalados, como no caso da planície do Recife, o gerenciamento torna-se imprescindível especialmente nos casos em que for verificado que a intrusão já existe. Percebe-se, portanto, a necessidade da gestão de aquíferos costeiros, considerando as variações, os efeitos de flutuação das marés, que será agravada pelo incremento no nível médio do mar, devido ao efeito estufa, bem como as interferências de cada processo na intrusão marinha.

Portanto, este estudo visa a análise do comportamento dos aquíferos costeiros da Planície do Recife para diferentes cenários, e esses foram propostos pelo fato de haver indícios de vulnerabilidade à intrusão salina nos aquíferos da planície do Recife, principalmente pelos motivos que seguem: (i) Por ser previsto uma elevação do nível médio do mar, pois, segundo Langevin & Zygnerski (2013), estudos recentes têm mostrado que o nível do mar pode subir de 0,8 a 2,0 m até 2100. É razoável supor que, sendo o aumento das taxas de aumento do nível do mar muito maior do que aqueles aqui considerados 844 mm, até 2095, teriam sérios impactos sobre as novas fontes de águas subterrâneas costeiras; (ii) Pela intensa retirada que os aquíferos estão submetidos e; (iii) Por tratar de uma área costeira de baixa elevação topográfica, em média 2 m – segundo Costa Filho (1997).

Tal preocupação com a vulnerabilidade das áreas costeiras de baixa altitude ao aumento do nível do mar tem sido verificada ao redor do mundo. Segundo Langevin & Zygnerski (2012), foi abordada por Lebbe et al. (2008) para a planície costeira belga, por Oude Essink (1999) e van der Meij & Minnema (1999) para a Holanda, por Feseker (2007) para o noroeste da Alemanha, e por Giambastiani et al. (2007) para um aquífero costeiro não confinado perto Ravenna, na Itália. E, para (Luyun Jr., et al., 2010, p.1), "Com o aumento do nível do mar resultante do esperado aquecimento global, água do mar vai invadir mais para o interior e ameaçar o abastecimento de águas doces subterrâneas disponíveis".

Já em relação ao excesso de exploração dos aquíferos da planície do Recife, foi verificado por Costa *et al.* (1998), que essa retirada a descoberto, ou seja, acima da capacidade de reposição natural dos aquíferos, provocou a depleção do nível freático da planície do Recife e, segundo Van Dam (1999), a diminuição artificial do lençol freático em uma área, induz a infiltração ou o aumento da infiltração na mesma. A Infiltração da água pode ser ou tornar-se salobra ou salina.

Por isto, o foco principal deste trabalho centra-se na preocupação em relação ao aumento do nível médio do mar, pois, caso ocorra, certamente, trará um incremento na carga hidráulica do lado do oceano e, se mantidas as demais condições, faria com que houvesse um ligeiro deslocamento da interface salina para o interior do aquífero.

Além disso, existe outra preocupação, em relação ao aumento do nível médio do mar, que reside na maior penetração de águas salinas para o interior pelas vias dos rios, córregos e mangues estuarinos, que densamente permeiam a planície do Recife, e ainda, pela sobreposição de áreas com baixas cotas, nas marés altas de sizígia. Assim estas águas atingiriam o aquífero livre, Boa Viagem, de forma direta e, os aquíferos semiconfinados, Cabo e Beberibe, por meio de percolação vertical, ou até mesmo por verticalização de fluxo através de poços abandonados ou mal construídos, Figura 1.1, conforme Santos *et al.* (2010).

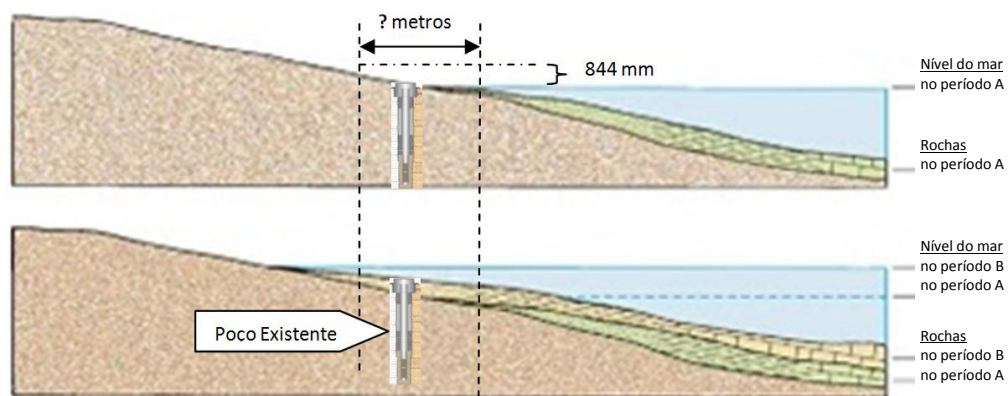


Figura 1.1: Risco inerente ao avanço horizontal do mar sobre o continente, atingindo posição de poços já instalados. Fonte: Levin (2005), adaptado.

Segundo Alberti *et al.* (2009), a diferença da densidade entre o estuário e os sistemas de água subterrânea doces é suficiente para causar um movimento convectivo misto, que dê a origem à difusão rio-água na área aquífera. Enquanto os estudos feitos por Alberti *et al.* (2009) mostram que as marés assumem um papel importante em causar variações hidráulicas e em criar alterações na zona hiporreica, por causa da infiltração da água salina em sedimentos litorâneos superficiais.

1.2 Objetivo Geral

- Analisar o risco de aumento da salinização dos aquíferos costeiros da planície do Recife dados os efeitos da elevação do nível do mar.

1.3. Objetivos Específicos

- Indicar áreas críticas de salinidade elevada, analisando as assinaturas químicas dos solutos;
- Analisar a posição relativa da interface água doce / água salina inicial e para cenários futuros, sob diferentes condições de exploração;
- Propor ações de gestão de água subterrânea para estes aquíferos, considerando a possibilidade da intrusão salina.

1.4 - Organização dos Capítulos

Este trabalho é composto de sete capítulos. Em seu primeiro Capítulo por uma breve introdução ao tema proposto, onde se encontram justificativas para o desenvolvimento, bem como os Objetivos Geral e Específico e a Organização dos Capítulos; No segundo Capítulo é descrita a Metodologia. Uma revisão bibliográfica sobre intrusão marinha está posta no terceiro Capítulo. O quarto Capítulo, traz uma descrição pormenorizada da área do estudo, através da configuração regional e geológica da planície do Recife. No quinto Capítulo, são descritas as formações hidrogeológicas da planície do Recife e uma breve linha do tempo que mostra alguns relevantes trabalhos desenvolvidos, para Região Metropolitana Recife (RMR), relativo ao tema. O sexto Capítulo trata do aquecimento global e a consequente elevação do nível do mar, dada a importância deste fator em relação ao tema desenvolvido, relativo às alterações que isto poderá produzir nos aquíferos costeiros da planície do Recife. O sétimo Capítulo mostra e discute os resultados alcançados no presente estudo, de forma que se possa associar aos objetivos geral e específico. As conclusões são postas no oitavo e último Capítulo, bem como o significado aplicado aos resultados além de sugestões para pesquisas futuras. Espera-se que, com os resultados deste trabalho, possam ser utilizados para auxiliar na gestão adequada dos aquíferos costeiros da planície do Recife.



CAPÍTULO 2

2. METODOLOGIA

Este trabalho investigativo foi desenvolvido a partir de questão levantada "dados os efeitos da elevação do nível do mar seria possível a salinização dos aquíferos costeiros da planície do Recife?" e, tal questionamento, levou ao objetivo principal e específicos. O procedimento utilizado para a execução do trabalho consistiu nas seguintes etapas:

- Pesquisa:
 - ✓ Bibliográfica
 - ✓ Cartográfica
 - ✓ Computacional
- Levantamento de poços da planície do Recife já monitorados;
- Levantamento da caracterização hidrogeológica da planície do Recife
- Setorização da Área Modelada conforme:
 - ✓ suas formações hidrogeológicas;
 - ✓ as assinaturas hidroquímicas das suas águas;
 - ✓ a vulnerabilidade do aquífero livre Boa Viagem, pelo método GALDIT.
- Levantamento dos valores das recargas por infiltração
- Definição de:

- ✓ Parâmetros hidrodinâmicos e
- ✓ Condições de contorno
- Elaboração do modelo conceitual
- Implantação no modelo numérico (Visual ModFlow)
- Calibração automática do modelo elaborado
- Simulações do modelo para previsão de cenários.

2.1. Abordagem Científica e Metodológica

Para verificar os indícios de salinização, foi feito o levantamento bibliográfico de trabalhos relacionados ao assunto em duas frentes, uma em busca por publicações inerentes à área a ser estudada e outra busca de trabalhos internacionais recentes com indicação das novas tecnologias investigativas e ainda, visando trabalhos sobre o tema recentemente desenvolvidos para áreas costeiras em outras regiões do mundo. Desta forma pode-se verificar que tipo de levantamento seria necessário para o estudo e ainda, quais os equipamentos e análises laboratoriais necessários. Para dar sequência foi produzido um roteiro metodológico que consta no item a seguir.

2.1.1. Roteiro Metodológico

- A PROPOSTA
 - ✓ Identificação do problema a ser estudado: a possível salinização dos aquíferos costeiros da planície do Recife, dados os efeitos elevação do nível do mar.
- O MODELO CONCEITUAL
 - ✓ Coleta de dados bibliográficos sobre a área de estudo
 - ✓ Definição das unidades hidrogeológicas
 - ✓ Definição do sistema de fluxo
 - ✓ Levantamento dos valores de recarga
- A SELEÇÃO DO SOFTWARE (Visual ModFlow)
 - ✓ Transferência dos dados do Modelo Conceitual para o Computacional.
 - ✓ Plano de informação da camada
 - ✓ Plano de informação aéreo
 - ✓ Definição da malha.

- A CALIBRAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO
 - ✓ Transferência dos dados do SIG para o Visual ModFlow
 - ✓ Reprodução das condições hidrogeológicas observadas em campo.
- A VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO
 - ✓ Utilização dos parâmetros calibrados para reproduzir um segundo conjunto de dados de campo (que já foram monitorados em estudos anteriores para comparação)
- SIMULAÇÃO DO PRIMEIRO CENÁRIO
 - ✓ Colocação das condições de bombeamento de 1998 e nível do mar zero para o Visual ModFlow
 - ✓ Compilação dos resultados
- SIMULAÇÃO DO SEGUNDO CENÁRIO
 - ✓ Colocação das condições de bombeamento reduzido de acordo com a resolução e nível do mar zero para o Visual ModFlow
 - ✓ Compilação dos resultados
- SIMULAÇÃO DO TERCEIRO CENÁRIO
 - ✓ Colocação das condições de bombeamento reduzido de acordo com a resolução e nível do mar 2 m acima do nível atual, correspondente ao aumento mais os efeitos das ondas na maré de sizigia, para o Visual ModFlow
 - ✓ Compilação dos resultados
- GERAÇÃO DE MAPAS DOS RESULTADOS
 - ✓ Elaboração do mapa previsional de influência
- ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE ASSINATURAS HIDROQUÍMICAS
 - ✓ Utilização dos dados do projeto Coqueiral (1ª campanha - setembro 2012) para fazer o mapeamento das assinaturas hidroquímicas.
- ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO LIVRE PELO MÉTODO GALDIT
 - ✓ cenário 1: sem aumento no nível do mar.
 - ✓ cenário 2: com aumento de 2 m no nível do mar.
 - ✓ comparação entre as áreas de vulnerabilidade máxima para os cenários verificados.

Após a elaboração da proposta de estudo e seguindo o roteiro metodológico, o primeiro passo foi a coleta de dados, por meio de levantamento bibliográfico, em artigos que versassem sobre a intrusão marinha, em estudos feitos em várias partes do mundo e principalmente os feitos para a planície do Recife.

Nos trabalhos locais foram os dados sobre as formações existentes na área, hidrogeológicos dos aquíferos, dados históricos de nível da água em relação ao oceano, dados climáticos e meteorológicos, dados de vazão de retirada dos poços em funcionamento, dados dos rios, córregos e lagos que permeiam a área de estudo, dados do relevo do continente e de batimetria do oceano na região, e ainda, informações como possivelmente seria o sistema de fluxo destes, balanço hidrológico entre outros tantos.

2.2. Modelo Conceitual e Numérico

Uma das etapas necessárias para a elaboração do modelo conceitual e Numérico de um aquífero é a definição de parâmetros, tais como: condutividade hidráulica, coeficiente de armazenamento, recarga, limites extremos, fluxos, porosidade e a geometria do aquífero. Tal processo de expressar todas as propriedades do aquífero em termos de parâmetros, segundo Carrera *et al.* (2010) é denominado parametrização.

Para obtenção de dados dos parâmetros, existem alguns métodos que podem ser aplicados. Os processos tradicionais de perfurações com retirada de amostras do solo e dos líquidos para análise, bem como processos de sondagens eletromagnéticas que são processos normalmente muito caros e que por este motivo devem ter sua quantidade bastante reduzida para que o estudo não torne-se proibitivo.

No presente trabalho, os dados foram obtidos através da busca e compilação destes em trabalhos, sobre a planície do Recife, como os da Tabela 2.1, levantados por outros autores, por exemplo, Costa *et al.* (1998, 2003), Costa Filho (1997), Monteiro (2000), Farias (2003), Santos *et al.* (2010), Silva *et al.* (2008), Oliveira (1994), Cabral *et al.* (2004, 2007), Montenegro *et al.* (2005, 2008), Paiva *et al.* (2003, 2009) e outros, bem como informações disponíveis em sites de empresas como COMPESA, CPRH, CPRM e INMET.

Tabela 2.1: Parâmetros representativos do Modelo.

Aquífero↓	Ss	Sy	Eff.Por.	Tot.Por.	Kx (m/s)	Ky (m/s)	Kz (m/s)
Boa Viagem	2e-4	1e-1	1e-1	3e-1	1.7e-4	1.7e-4	1.7e-5
Aquitarde	1e-5	1e-2	9e-3	2e-2	1.0e-10	1.0e-10	1.0e-11
Cabo	7e-2	3e-1	7e-2	3e-1	1.0e-5	1.0e-5	1.0e-6
Beberibe	2e-4	1e-2	1e-2	4e-2	2.2e-5	2.2e-5	2.2e-6
Parâmetros representativos das camadas obtidos em Costa <i>et al.</i> (2003).							

Fonte: Fonte Costa *et al.* (2003).

Alguns modelos foram desenvolvidos para planície do Recife, no entanto esses modelos pretéritos foram gerados em 2D, sem acoplagem dos fluxos e transportes de solutos. Além disso foram calibrados para um período de tempo curto, de 1998 até 2010, por exemplo, Monteiro (2000), e não houve nenhuma previsão sobre o aumento no nível médio do mar em relação ao atual, conforme previsto pelo *Terceiro Relatório de Avaliação (TAR)*, do *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)* onde são relatados possíveis elevações para o século 21 numa faixa entre 0,24 - 0,844 m. Um valor médio de cerca de 0,48 m é previsto por Church *et al.* (2001), enquanto Pfeffer *et al.* (2008) sugerem que um aumento de 2,0 m do nível do mar até o final do século. Para Langevin & Zygnerski (2013) isso é possível se as variáveis forem rapidamente aceleradas, mas que um aumento de 0,8 m é mais plausível.

Assim sendo, certamente ocasionará um avanço para o continente da linha da costa, além de aumento na carga hidráulica do oceano que, certamente, levará a intrusão salina nos aquíferos costeiros da planície do Recife.

Após a definição de todas as propriedades da área a ser estudada, vem à tona a necessidade da elaboração do modelo conceitual, que segundo Bear *et al.* (1999), descreve o domínio considerado e o comportamento de fluidos. Portanto, uma das primeiras atividades que cabe ao modelador é decisão sobre que tipo de controle terá o modelo, se controlado pela carga hidráulica ou pelo fluxo. Visto que Werner & Simmons (2009) diferenciaram os sistemas entre controlado por fluxo ou controlado por carga hidráulica, e mostraram que o nível do mar é mais problemático para sistemas controlado por carga hidráulica, porque os níveis de água do interior (longe da costa), não sobem com o aumento do nível do mar.

Desta forma, por ser o presente modelo referente a um aquífero costeiro do litoral Pernambucano, Figura 2.1, sujeito a intrusão marinha, onde foi selecionado o controlado por fluxo, principalmente porque um evento que será investigado será o aumento da nível médio do mar e, conforme trabalho de Chang *et al.* (2011),

constatou-se que para aquíferos confinados controlados por fluxo, o nível do mar pode não tem um impacto sobre os volumes de água.

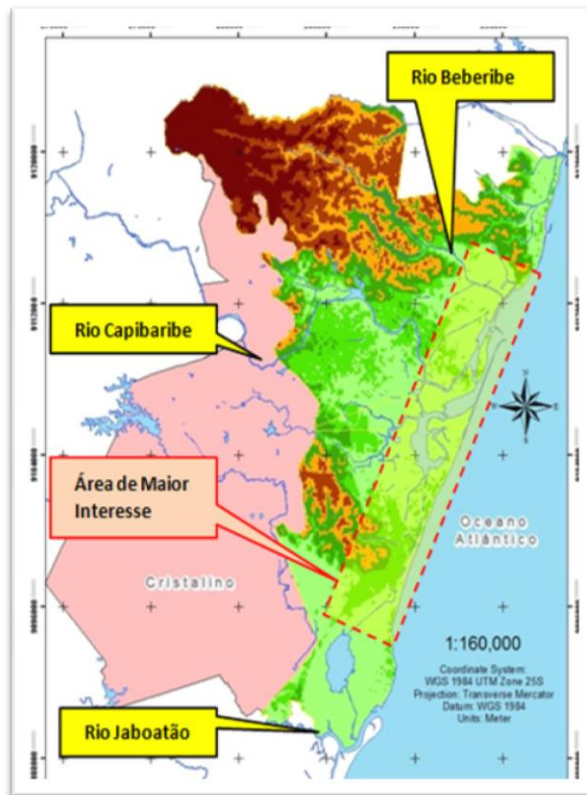


Figura 2.1: Limites e Topografia da Grande Recife, composta por Camaragibe, Jaboatão, Olinda e Recife, que têm o maior adensamento populacional da planície do Recife.

Este modelo conceitual descreve o domínio e o comportamento dos fluidos considerados, em que: a seção transversal perpendicular à costa e frontal típica do domínio aquífero considerado tridimensional é representada na Figura 2.2, onde se considerou três camadas no domínio: Na Camada 1, tem-se um aquífero livre – o Boa Viagem, que se encontra sobre a Camada 2, semi-impermeável, um aquitarde, e este, repousa sobre a Camada 3, que é dividida por uma falha geológica – o Lineamento Pernambuco, formando assim dois aquíferos semiconfinados distintos – o Cabo e o Beberibe;

Quando na determinação da interface, a água doce e a água do mar foram assumidas como líquidos "imiscíveis", separados por uma interface delgada, esta, possivelmente se movendo, divide a massa de água do aquífero em duas porções uma ocupada apenas pela água do mar, a outra ocupada apenas por água doce. A forma e a posição destas interfaces é a princípio, desconhecida. A determinação destas faz parte deste esforço de modelagem.

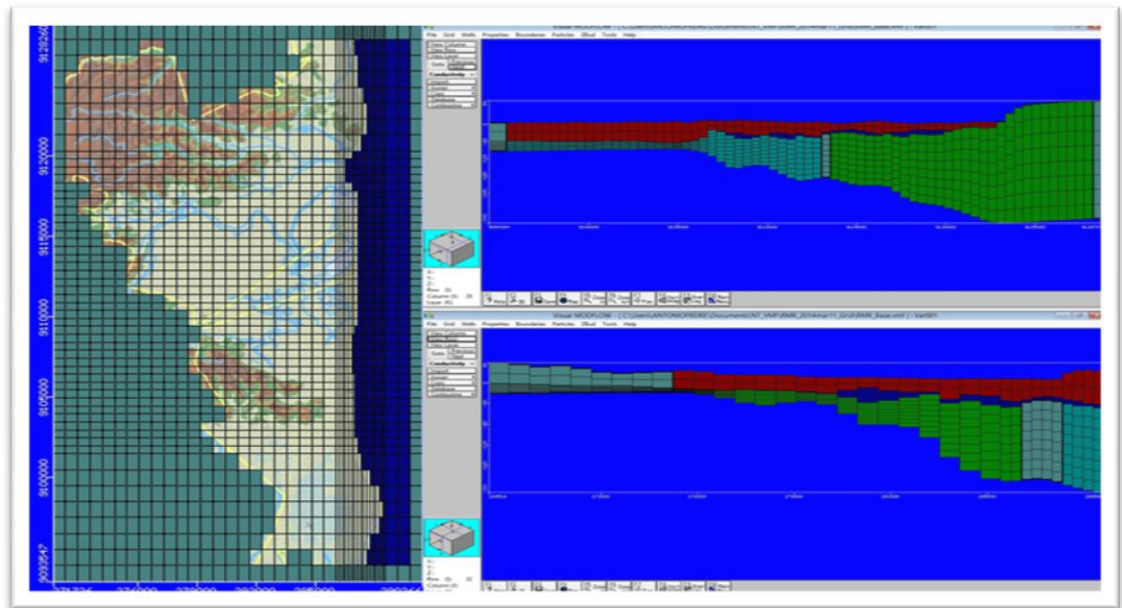


Figura 2.2: Vista superior e cortes do modelo, grade e discretização.

Assumiu-se que a zona saturada dentro do aquífero livre é delimitada na parte superior por uma superfície freática. A infiltração pode ocorrer ao longo da superfície freática e que a densidade de cada líquido é considerada constante, quando na determinação da interface. Ambos os líquidos são assumidos serem incompressíveis, exceto para a contribuição compressibilidade de líquido ao armazenamento específico (quando o último conceito é empregado). São ainda assumidas como prevaletentes as condições isotérmicas. Sendo ainda o meio poroso dentro do domínio considerado homogêneo e anisotrópico. Com sua matriz sólida é indeformável, exceto para o efeito de sua compressibilidade no armazenamento específico. A *Lei de Darcy* descreve os fluxos de água no aquífero.

A principal forma de recarga dos aquíferos se dá por meio de precipitação. Os registros de precipitação e evapotranspiração de longo prazo, da estação localizada em Recife, estão disponíveis no site do INMET, que disponibiliza os dados desde 1931 a 1990, e com base nestes dados chegou-se a uma precipitação média de 2640,7 mm/ano e evapotranspiração média de 990 mm/ano.

Segundo Montenegro *et al.* (2004), Costa Filho (2007) e Paiva *et al.* (2009), cerca de 10% da precipitação se infiltra e alimenta os aquíferos freáticos que por drenança vertical chega aos aquíferos mais profundos, que vem a ser a recarga aplicada ao topo da porção ativa da camada superficial do modelo de maneira uniforme, pois, ao produzir mapa do *polígono de Thiessen* para as estações meteorológicas que são próximas a área de estudo, resultou que a planície do

Recife ficava apenas sob uma seção deste, portanto cabe o valor unificado para o todo.

As condições de recarga do sistema aquífero superficial são especificadas e utilizadas para simular o fluxo. A camada superficial foi incorporada à primeira camada como sendo um aquífero livre, o Boa Viagem, Figura 2.3.

Já na segunda camada predomina uma formação argilosa compactada, com algumas poucas falhas que funciona como um aquitarde separando as Camadas 1 e 3, onde se encontram os aquíferos Cabo e Beberibe que tem limites entre si delineados pelo Lineamento Pernambuco, assim esses são tratados como aquíferos semiconfinados.

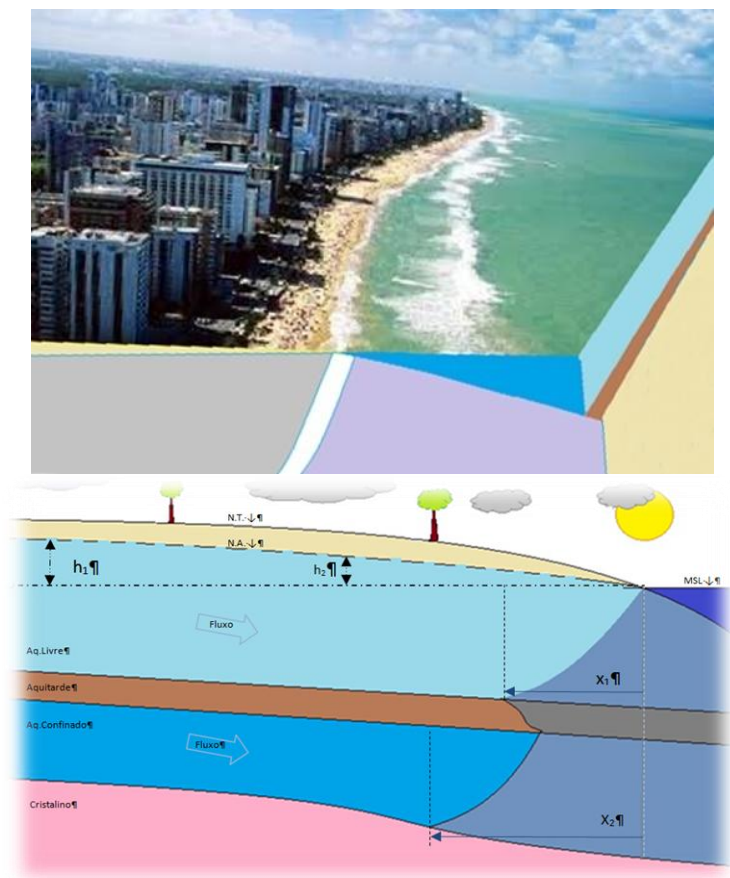


Figura 2.3: Típica seção transversal simplificada mostrando abordagem de fluxo densidade-dependente para aquíferos semelhantes aos da planície do Recife.

Para determinar o zoneamento hidrogeológico, os parâmetros hidráulicos, geometria das zonas de condutividade hidráulica, foi utilizado um método de interpolação, que faz parte do pacote do aplicativo VMF, a partir de informações obtidas pela compilação de informações de vários conjuntos de dados,

principalmente dos projetos HIDROREC I (Costa *et al.* 1998), HIDROREC II (Costa *et al.* 2003) e Monteiro (2000).

Da mesma forma como os conjuntos de dados de condutividade hidráulica, coeficientes de armazenamento, foram derivados de dados obtidos a partir de estudos anteriores em Costa Filho (1997), Costa *et al.* (1998), Monteiro (2000), Costa *et al.* (2003) que foram atribuídos por esses com base no zoneamento da condutividade hidráulica e ensaios de bombeamento conduzidos na área do estudo. Com uso de interpolação do próprio aplicativo VMF os dados de Monteiro (2000) foram interpolados para cada uma das camadas. Em geral os valores da razão de anisotropia horizontal e vertical foi 1:10.

Para definir a superfície do sistema aquífero, bem como as calhas dos rios, córregos e lagos, foi usado um modelo de elevação digital SRTM, preparado com uso do aplicativo SIG. As espessuras das camadas do modelo variam de acordo com mudanças das topografias de topo e fundo dos aquíferos, que foram obtidas através da compilação de dados de poços do trabalho de Monteiro (2000).

2.2.1. Desenho do Modelo Numérico

O aplicativo de modelo numérico por diferenças finitas tridimensional (3D) para este estudo foi rodado com a utilização do SEAWAT_v4 (Langevin *et al.* 2008) que faz parte do aplicativo Visual ModFlow 2009_1[©] - Versão 4 (da *Schlumberger Water Services*).

O domínio modelado é de 30 km × 35 km e com elevação máxima de 150 m e profundidade de -250 m relativas ao nível médio do mar atual, estas elevações são derivados de mapas topográficos SRTM, trabalhados com aplicativo SIG na escala 1:155.000 com intervalos de contorno de 10 m. Como resultado, muitas observações de nível pode ter erro associado de até 2,5 m que corresponde à metade do valor do intervalo de contorno de 5 m.

A condição de contorno, de não fluxo, foi aplicada em todas as camadas nos limites laterais, para coincidir com as divisões subterrâneas presumidas das formações que predominam na área de interesse. Condições de fluxo carga hidráulica dependentes foi utilizada para caracterizar a interação entre as águas subterrâneas dos aquíferos com os rios Capibaribe, Beberibe, Jaboatão e Tejipió, córregos e lagos estuarinos presentes na camada superficial e camada 1, e ainda uma divisão “não fluxo” referente ao lineamento Pernambuco, na camada 3, que vem a ser a fronteira entre o aquífero Cabo e aquífero Beberibe.

Por ser o SEAWAT um código utilizado nos principais trabalhos deste tipo, para simulação do transporte de soluto, percebeu-se que seria o mais adequado a ser utilizado. Este código encontra-se disponível no site da USGS, de forma gratuita, no pacote do aplicativo Visual ModFlow (VMF). A versão referida já possui no pacote os códigos que fazem simulação em 3D de forma acoplada para fluxo de massa e transporte de solutos, de forma que veio a facilitar as simulações que se faziam necessárias na montagem do modelo.

O processo de Fluxo Densidade Variável (FDV) resolve o seguinte formulário da equação de fluxo de água subterrânea densidade variável (tensores e vetores mostradas em negrito):

$$\nabla \cdot \left[\rho \frac{\mu_0}{\mu} \mathbf{K}_0 \left(\nabla h_o + \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \nabla_z \right) \right] = \rho S_{s,0} \frac{\partial h_o}{\partial t} + \theta \frac{\partial p}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} - \rho_s q'_s \quad (2.1)$$

onde

ρ_0 = densidade do fluido [ML^{-3}] em relação a concentração e temperatura;

μ = viscosidade dinâmica [$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$];

$\mathbf{K}_0$ = Tensor condutividade hidráulica do material saturado em relação ao fluido [LT^{-1}];

h_o = carga hidráulica [L] medida em termos de fluido em relação da concentração e temperatura especificados (como o líquido de referência é geralmente de água doce). Note-se que foi referido como em publicações SEAWAT anteriores.

$S_{s,0}$ = armazenamento específico [L^{-1}], definido como o volume de água libertado a partir do armazenamento por unidade de volume por unidade de declínio h_o .

t = período [T];

θ = porosidade [-];

C = concentração de sal [ML^{-3}]; e

q'_s = é uma fonte ou sumidouro de fluido com densidade ρ_s .

Enquanto o Processo de Transporte Integrado MT3DMS (TIM), resolve a equação de transporte de solutos:

$$\left(1 + \frac{\rho_b K_d^k}{\theta} \right) \frac{\partial (\theta C^k)}{\partial t} = \nabla \cdot (\theta \mathbf{D} \cdot \nabla C^k) - \nabla \cdot (\mathbf{q} C^k) - q'_s C_s^k \quad (2.2)$$

onde

ρ_b = é a densidade específica (massa dos sólidos, dividido pelo volume total do fluido [ML^{-3}];

K_d^k = é o coeficiente específico de condutividade k [L^3M^{-1}];

C^k = concentração específica k [ML^{-3}];

$\mathbf{D}$ = é o tensor do coeficiente de dispersividade hidráulica [L^2T^{-1}];

$\mathbf{q}$ = é a descarga específica [LT^{-1}], e

C_s^k = é a fonte ou dissipador de concentração [ML^{-3}] de k específico.

Formas análogas das equações de transporte de solutos e calor destacam as semelhanças entre os dois processos. Estas semelhanças são usados para calcular os valores corretos de entrada exigidos por MT3DMS ao representar o transporte de calor. A seguir está uma forma geral da equação de transporte de solutos resolvido pelo MT3DMS:

$$\left(1 + \frac{\rho_b K_d^k}{\theta}\right) \frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \nabla \cdot \left[\theta \left(D_m^k + \alpha \frac{\mathbf{q}}{\theta} \right) \right] - \nabla \cdot (\mathbf{q} C^k) - q'_s C_s^k \quad (2.3)$$

Onde D_m^k é o coeficiente de difusão molecular [L^2T^{-1}] para espécies k , e α é o tensor dispersividade [L]. O que se segue é uma forma da equação de transporte de calor, a qual foi manipulada por Thorne *et al.* (2006) para destacar a semelhança com a equação de transporte de soluto:

$$\left(1 + \frac{1-\theta}{\theta} \frac{\rho_s}{\rho} \frac{c_{P\text{solida}}}{c_{P\text{fluida}}}\right) \frac{\partial(\theta T)}{\partial t} = \nabla \cdot \left[\theta \left(\frac{k_{T\text{soluta}}}{\theta \rho c_{P\text{fluida}}} + \alpha \frac{\mathbf{q}}{\theta} \right) \cdot \nabla T \right] - \nabla \cdot (\mathbf{q} T) - q'_s T_s \quad (2.4)$$

onde

ρ_s = densidade do sólido (massa do sólido dividido pelo seu volume) [ML^{-3}];

$c_{P\text{solida}}$ = é o calor específico do sólido [$\text{L}^2\text{T}^{-2}\text{K}^{-1}$],

$c_{P\text{fluida}}$ = é o calor específico do fluido [$\text{L}^2\text{T}^{-2}\text{K}^{-1}$],

$k_{T\text{soluta}}$ = é a condutividade térmica específica do meio aquífero [$\text{L}^2\text{T}^{-2}\text{K}^{-1}$], e

T_s é a temperatura fonte [$^\circ\text{K}$].

Nota: os ρ_s , ρ_s e θ são relacionados por: $\rho_b = \rho_s(1 - \theta)$.

Para o transporte de múltiplas espécies de soluto, onde a concentração de cada espécie pode afetar a densidade do fluido, Hughes & Sanford (2004)

implementaram a seguinte equação de estado (com exceção do termo de pressão) no SUTRA-MS:

$$\rho = \rho_0 + \sum_{k=1}^{NS} \frac{\partial \rho}{\partial C^k} (C^k - C_0^k) + \frac{\partial \rho}{\partial T} (T - T_0) + \frac{\partial \rho}{\partial P} (P - P_0) \quad (2.5)$$

Em que NS é o número de espécies de soluto que afetam a densidade do fluido. A diferença entre SEAWAT e SUTRA-MS é que SEAWAT é formulado em termos de uma carga hidráulica de referência, enquanto SUTRA-MS é formulado em termos de pressão. A forma de densidade variável da *Lei de Darcy* usada nas versões anteriores do SEAWAT que foi modificada para incluir os efeitos das variações de viscosidade.

Após trabalho de pesquisa e levantamento, foram selecionados poços distribuídos na área de estudo que já possuíam informações históricas de pelo menos quatro períodos. Assim, com os parâmetros obtidos, em estudos anteriores feitos por outros autores (por exemplo, Oliveira (1994), Costa Filho (1997), Costa Filho *et al.* (1998), Costa *et al.* (1998, 2003), Monteiro (2000), Farias (2003), Paiva *et al.* (2003, 2004), Cabral *et al.* (2004, 2007), Montenegro *et al.* (2005, 2008), Silva *et al.* (2008), Santos *et al.* (2010) entre outros, passou-se à próxima fase que foi a entrada destes dados e parâmetros em aplicativos computacionais para trabalhar os dados.

Primeiramente, com uso de um aplicativo SIG (Sistema de Informações Geográficas), para produzir um mapeamento da superfície da área de estudo. Os dados obtidos com uso do SIG, juntamente com os parâmetros hidrogeoquímicos alimentaram o VMF, utilizado para produzir o modelo com a finalidade de simular três diferentes cenários, cada um deles com diferentes hipóteses sobre o bombeamento futuro e elevação do nível médio do mar, como segue:

Cenário 1: Neste cenário é feita uma simulação até o ano 2098, mantendo-se o atual bombeamento (considerando valores de 1998), e sem mudança no nível médio do mar, da previsão de elevação do nível médio do mar feita por Church *et al.* (2001);

Cenário 2: Neste cenário é feita uma simulação até o ano 2098, reduzindo-se o atual bombeamento (considerando valores de 1998), já de acordo com a Resolução CRH Nº 04/2003 e sem mudança no nível médio do mar, da previsão de elevação do nível médio do mar feita por Church *et al.* (2001);

Cenário 3: Neste cenário, novamente é feita uma simulação para o ano 2098, mantendo-se o bombeamento do Cenário 2 e com uma mudança de

0,844 m no nível médio do mar, de acordo com a previsão mais desfavorável feita por Church *et al.* (2001), adicionando-se ainda os efeitos de maré podem alcançar uma elevação total de até 2 m, conforme Pfeffer (2008).

Durante a preparação do modelo, no VMF, foi feita a introdução gradativa dos parâmetros e, a cada parâmetro introduzido, era feita uma rodada, estas tinham duração média de quatro horas, onde era aproveitado para verificar a sensibilidade do modelo. Após a entrada de todos eles. Primeiramente com os dados referentes ao ano de 1998, que foi escolhido para ser o período inicial por ter a disposição dados históricos deste ano e dos anos 1999, 2000, 2001 e 2012, que viriam servir, estes três primeiros para verificação da calibração do modelo, enquanto o último, serviu para validação.

Depois de feitas as devidas adequações do modelo às condições hidrogeoquímicas dos aquíferos da planície do Recife, passou-se a introduzir cada um dos cenários propostos, observando e anotando, todos os aspectos das respostas obtidas. Ao mesmo tempo, buscando na literatura artigos científicos que guardassem similaridade com o presente estudo, como fonte de comparação dos resultados obtidos.

Após dar entrada em todos os parâmetros, passou-se a refinar a malha de forma que a região de maior interesse, a faixa próxima ao litoral onde há maior densidade de poços instalados, tivesse uma boa discretização, tanto horizontal como vertical, de maneira que não tornassem a execução das rodadas excessivamente lentas.

Após a inserção de todos eles, com os dados referentes ao ano de 1998, tomado como início da simulação, foram utilizados os dados dos anos 1999, 2000 e 2001, para fazer a calibração do modelo. Este respondeu bem, com valores de desvios aceitáveis, com valores de STD e carga hidráulica inferiores a 10%, em média, para os poços disponíveis.

É importante salientar que, a concentração de solutos, simulada pelo modelo, neste estudo, vem do Sólido Total Dissolvido (STD) da concentração de sais da água do mar. É assumido uma concentração zero, de STD, para a água doce pura, enquanto para a água do mar, assumiu-se uma concentração de STD de 35.000 mg/L. Segundo Langevin & Zygnerski (2013, p.787), "a densidade do fluido (ρ) é calculada pelo SEAWAT usando uma relação linear sujeito às limitações que a água doce é um fluido com densidade de 1.000 kg/m^3 enquanto a água do mar tem um

valor de densidade de 1.025 kg/m^3 . A equação de estado resultante utilizada para todas as simulações aqui relatado é: $\rho = \rho_f + 0,714 C$.

Entretanto Langevin & Zygnerski (2013), salientam que em alguns casos, as medições da concentração de cloreto estavam disponíveis. E estas concentrações podem ser convertidas em mapas de concentrações utilizando uma relação linear simples entre a água do mar, que tem uma concentração de cloreto de cerca 19.800 mg/L, e a de água doce, que é assumida para ter uma concentração de cloreto de zero. A concentração de cloreto de 250 mg/L é comumente utilizada como uma concentração máxima para água potável (limite máximo de 250 mg/L - Resolução CONAMA 20/86). Em termos de STD, isto equivale a uma concentração de 440 mg/L.

Posteriormente, com o modelo já calibrado, a verificação se deu com a utilização dos dados de três anos posteriores aos que haviam sido utilizados na confecção do modelo. Com o índice médio de erro inferior a 10%, verificou-se que o modelo respondia bem, com valores calculados bastante próximos dos valores reais observados.

2.3. As Assinaturas Hidroquímicas

Para a análise dos locais onde encontram-se as áreas críticas, em relação a salinização dos aquíferos da planície do Recife, foram utilizados os dados da recente pesquisa realizada pelo Projeto Coqueiral, realizada em setembro de 2012.

Tendo em mãos os dados de alguns parâmetros hidroquímicos, foi utilizada uma planilha eletrônica para gerar as relações conhecidas da literatura que indiquem a possibilidade de salinização de um soluto. Feitas as relações e estas estando associadas aos poços dos aquíferos da área do estudo, foi então utilizado o aplicativo SIG para gerar mapas interpolando e extrapolando os dados dentro da área do estudo.

Por meio das escalas de cores apresentadas nas legendas, para cada relação mapeada e fazendo análise comparativa entre os resultados obtidos, é possível distinguir as áreas onde há indícios da presença da salinização.

2.4. O Método GALDIT de Vulnerabilidade

Para aplicação do método GALDIT é necessário a obtenção de alguns parâmetros hidrogeofísicos e hidroquímicos dos aquíferos. O acrônimo GALDIT é formado por letras iniciais destes. Assim, a letra G refere-se a *Groundwater* (água

subterrânea), a letra A refere-se a *Aquifer* (aquífero), L - *Level* (nível), D - *Distance* (distância), I - *Impact* e finalmente T - *Thickness* (espessura).

Os dados para estes parâmetros foram obtidos de várias fontes. Desta forma o parâmetro G veio de informações em trabalho de Costa *et al.*(2011), que relata ser livre o aquífero Boa Viagem; o parâmetro A, também foi informação obtida do Costa *et al.*(2011) visto que, não se dispunha de informações distribuídas de poços suficientes para que fosse feita uma interpolação, assim adotou-se valor único para toda a área. Naturalmente se for utilizadas informações de condutividade hidráulica de furos bem distribuídos na área os mapas obtidos terão melhor precisão na resposta; O parâmetro L, veio das informações dos dados do trabalho de Monteiro (2000), que citava o topo e fundo do aquífero estudo, usando uma planilha obteve-se os valores de espessura para cada ponto, e posteriormente introduziu-se no aplicativo SIG para obter um mapa, por inter e extrapolação dos valores; O parâmetro D foi obtido diretamente no aplicativo SIG através de mapas SRTM e utilizando-se informações sobre a salinização dos rios e canais da área; O parâmetro I foi obtido dos dados do Projeto Coqueiral e inter e extrapolado para área e finalmente o parâmetro T, foi obtido de dados de nível de água de cerca de 1300 poços retirados no site da CPRH.

De posse de cada um dos mapas é feito uma soma ponderada dos *raster* por meio de uma ferramenta aplicativo SIG, que gera um mapa com o índice GALDIT que pode ser verificado pela variação das cores da escala da legenda.



CAPÍTULO 3

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE SALINIZAÇÃO DE AQUÍFEROS

Segundo Jones *et al.* (1999) a intrusão salina é um fenômeno que está relacionado aos aquíferos costeiros em todo o mundo. Trata-se de um deslocamento, da costa para o interior do continente, da interface existente entre a água doce e a água mar. Ou, conforme Post & Abarca (2010), o deslocamento de água doce subterrânea pelas águas subterrâneas com maior salinidade. Enquanto para Van Dam (1999, p.73), “é a intrusão de água salina nas águas subterrâneas em um sistema aquífero. Esta intrusão pode estar em um estado constante, mas a maioria é um processo transitório”. Conforme o autor *op.cit.*, o influxo água salina substitui o de água doce subterrânea, que estava originalmente presente no sistema.

Nos aquíferos costeiros, sob condições naturais, não perturbadas, segundo Essaid (1999), existe um equilíbrio com um gradiente hidráulico do continente em direção ao mar, descarregando para o mar um excesso de água doce. Para Post & Abarca (2010) este tipo de aquífero é tipicamente caracterizado por variações de salinidade da água subterrânea no espaço e no tempo. Tal oscilação pode ser

explicada, em parte, pelos movimentos de maré que fazem o fluxo gerado pelo gradiente variar entre maior escoamento nas marés baixas e maior represamento nas marés altas. E tal movimento sofre ainda o efeito relativo à incidência das ondas, o que justifica as oscilações de salinidade.

Tal comportamento dos aquíferos costeiros, cria algum grau a mais de dificuldade em seu estudo, em relação aos aquíferos interiores que, em vias de regra, têm comportamentos mais previsíveis, pois os aquíferos costeiros apresentam algumas complexidades que os diferem dos aquíferos interiores. E uma destas é a existência de uma região de contato de águas com valores de densidades diferentes, visto que a água salina difere da água doce pelo alto teor de sais dissolvidos, e isto obriga, segundo Post & Abarca (2010), que o estudo do fluxo das águas subterrâneas, em zonas costeiras, não possa ser considerado separadamente do transporte de sais dissolvidos.

Em se tratando de aquíferos costeiros, um dos principais itens a ser estudado é a posição da interface em relação à linha da costa, pois a intrusão ocorre quando esta se desloca para o interior. Para Jones *et al.* (1999) o que mantém a interface de água doce/água do mar em uma determinada posição em relação ao litoral é a descarga de águas doces subterrâneas submarinas [*Fresh Submarine Groundwater Discharge - FSGD*]. Que, segundo Henderson *et al.* (2010), é acionada pela diferença entre a carga hidráulica do aquífero costeiro fresco e o nível da água do mar e pela flutuação da água doce. Embora sejam esses dois mecanismos os de acionamento da FSGD, segundo Jones *et al.* (1999), pelo menos quatro processos hidrológicos agem para modular a FSGD e controlar a interface de água doce/água salina: (i) As ondas e marés que ocorrem, introduzem água salina pelo lado da praia; (ii) Ação da maré em diversas escalas de tempo, incluindo alta diária e as marés baixas e variação mensal das marés de sizígia e quadratura, que agem para deslocar a área de interface e FSGD; (iii) Padrão sazonal de recarga no interior, que controlam o fluxo de água doce águas subterrâneas para a costa, e (iv) Tempestades, que podem tanto aumentar a carga hidráulica do aquífero de água doce pela precipitação como pelo aumento das marés e impactos de ondas na praia.

A razão mais comumente observada para o aumento da salinidade dos aquíferos costeiros, segundo Jones *et al.* (1999) é a invasão da água do mar no

interior, entretanto outras fontes ou processos podem causar uma intrusão salina e por este motivo tem recebido mais atenção dos pesquisadores devido às graves consequências que a salinização dos aquíferos podem causar.

Uma lista das várias fontes salinas que podem afetar a qualidade das águas em aquíferos costeiros foi elaborada por Custódio *et al.* (1971), mas que não estão diretamente relacionadas com a invasão da água do mar. Estas incluem: (i) Água do mar aprisionada em partes fósseis não lavadas do aquífero após invasão da água do mar durante os níveis do mar relativamente altos, (ii) Acumulação de spray marinho, (iii) Dissolução da rocha de evaporitos, (iv) Deslocamento da água subterrânea salina velha de aquíferos subjacentes ou adjacentes ou aquitardes através de advecção natural ou convecção térmica, (v) Vazamento aquitardes através de sistemas de falhas, (vi) Poluição de várias fontes, incluindo efluentes de esgoto, efluentes industriais, água de minas, sais de degelo em estrada, e efluentes de dessalinização de água ou de plantas de ionização e (vii) Fluxos de retorno da agricultura e vazamento de esgoto urbano podem contribuir com sais para aquíferos freáticos costeiros.

Em todo o mundo, segundo Jones *et al.* (1999), para muitos aquíferos costeiros a intrusão de água moderna geralmente ocorre devido ao controle de fluxos naturais ou por fluxos induzidos por extensas retiradas de água doce. Neste mesmo sentido, para Van Dam (1999), é óbvio que qualquer aumento na abstração das águas subterrâneas, sob outras condições inalteradas (sem recarga artificial, e mesmo sem a elevação do nível relativo do mar), leva a uma diminuição do volume de água doce do aquífero, em simultâneo com um igual aumento do volume de água salina pelo influxo da beira-mar. Para Jones *et al.* (1999), este problema é intensificado, devido ao crescimento populacional, e o fato de que cerca de 70% da população mundial ocupa planícies costeiras. Tal fato já foi constatado por vários trabalhos feitos em algumas regiões do planeta.

Em Israel, por exemplo, a intrusão de água salina levou à deterioração da qualidade da água, e muitos poços concluídos no aquífero costeiro do Mediterrâneo foram fechados (Jones *et al.* 1999). Outro exemplo é o que ocorreu na China, onde Liu & Song (2010) relatam que a exploração excessiva nos anos oitenta trouxeram danos as águas subterrâneas, devido à intrusão salina na baía de *Bohai* onde a

intrusão salina que alcançou 970 km² em 1995, e o dano potencial na área alcançou 2.400 km² devido ao nível da água subterrânea doce estar mais baixo do que o nível médio do mar, ao longo da costa. Barlow & Reichard (2010) relatam que águas salinas tem se intrudido em muitos dos aquíferos costeiros dos Estados Unidos, México e Canadá, mas a extensão da intrusão de água salina varia muito entre localidades e configurações hidrogeológicas.

O problema de intrusão salina não é um fato que esteja ocorrendo apenas recentemente. A partir de a evolução histórica posta a seguir, item 2.1, vê-se que existem relatos ainda mais antigos.

3.1. Evolução Histórica

A primeira publicação científica tratando das relações água doce/água salina, em regiões costeiras, segundo Manoel Filho (2003), foi feita por Braithwaite em 1855, porém, a primeira lei quantitativa sobre o fenômeno se deve ao holandês Ghyben em 1889 e ao alemão Herzberg em 1901. Segundo Manoel Filho, daí em diante, somente merece destaque o trabalho de Hubbert em 1940, considerado como uma das principais contribuições relativas à compreensão dos sistemas dinâmicos em meios porosos.

Por outro lado, Konikow & Reilly (1999), relatam que o problema potencial de intrusão salina foi reconhecido nos Estados Unidos da América (EUA), assim que primeiro poço foi perfurado em 1824 em *Nova Jersey*. Ao rever a ocorrência e a importância geoquímica da água salina, Back & Freeze relataram também que o problema já havia sido verificado em 1854, em *Long Island, Nova York*.

Konikow & Reilly (1999), citam que em 1963 Carlston descreveu uma declaração americana do princípio de equilíbrio estático entre água doce e água salina. Para Konikow & Reilly (1999), Du Common ofereceu uma explicação com base em um equilíbrio de fluidos com densidade estática em colunas de água doce e água salina que estão conectados em uma explicação aprofundada que é equivalente ao *princípio Ghyben-Herzberg* desenvolveu cerca de meio século mais tarde. “Estes primeiros trabalhos e publicação [Du Commun, 1828], na verdade

antecede a comumente citada obra de Badon Ghyben & Herzberg, mas não é amplamente citado ou reconhecido” (Konikow & Reilly, 1999, p.464).

Essa informação também foi encontrada em trabalho de Liu & Song (2010), onde citam que o primeiro estudo sobre a intrusão salina foi relatado em 1828 por um professor francês Joesph Ducommun. No final do século 19 e começo do século 20, Badon Ghyben na Holanda e em Herzberg na Alemanha puseram respectivamente o G - H (Figura 3.1) no balanço da equação sobre a área aquífera litorânea. Bear *et al.* (1999) relataram que, desde as famosas obras de Badon-Ghyben em 1888 e Herzberg em 1901, uma extensa pesquisa foi realizada e muito progresso tem sido alcançado em muitas partes do mundo, na compreensão dos diversos mecanismos que governam a intrusão salina.

A natureza do contato entre as águas subterrâneas doces e salinas, como uma zona de transição ao longo da costa, foi corretamente caracterizada por Brown em 1925, conforme Konikow & Reilly (1999, p.465), ao citar que, "Há uma difusão contínua de sais marinhos da água do mar na de água doce subterrânea do terreno e um movimento real do mar e de águas doces subterrâneas da terra". Segundo Konikow & Reilly (1999, p.465), ele também descreveu corretamente o processo de *upconing*, "[...] quando Brown em 1925 afirmou que, todas as evidências sobre o efeito de bombeamento de poços perto o mar tende a uma conclusão, que se a quantidade de água doce removida é maior do que a fornecida pela área de contribuição dos poços que se tornou salgado".

Uma relação entre quantidade explotada e salinização do aquífero foi encontrada por Konikow & Reilly (1999), em um trabalho de Brown [1925], onde ele comparou bombeamento e salinidade em um campo de poços perto do *Brooklyn*, NY, durante o período 1897 a 1905. Konikow & Reilly (1999, p.466) destacam que, Brown já havia notificado que “As taxas de bombeamento foram reduzidas, mais ou menos constante, ao longo dos próximos anos. O teor de cloreto diminuiu gradualmente, no entanto, não diminuiu em relação direta à diminuição do bombeamento”. O referido campo também foi abandonado em 1905.

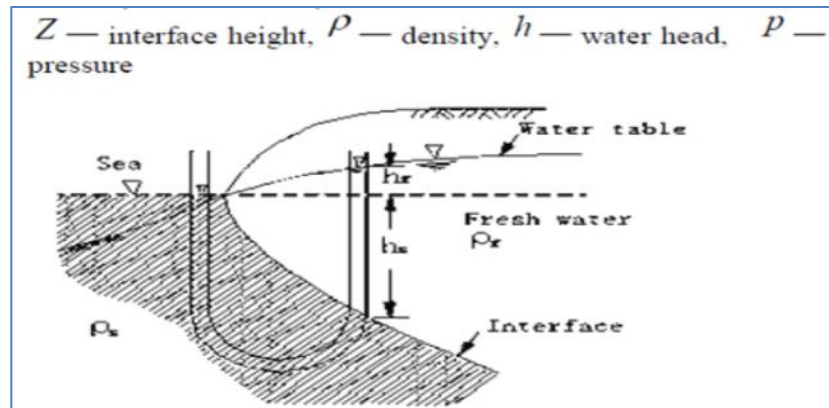


Figura 3.1: Modelo da Interface Ghyben-Herzberg (Liu & Song, 2010).

Evidente que esta observação feita na época não poderia levar a nenhuma generalização, pois sabiam que este comportamento verificado poderia ser característico do aquífero observado. E, na época, ainda existiam poucos estudos semelhantes em outros aquíferos. Konikow & Reilly (1999) relatam que Back & Freeze notificaram, em 1983, que 100 anos após perfuração do primeiro poço americano, a intrusão de água tornou-se generalizada e uma questão de interesse público.

Segundo Bear *et al.* (1999), Um grande número de investigações de campo também foi realizado em muitos aquíferos costeiros, durante os anos 50 e 60, o que proporcionou uma base para a compreensão dos complicados mecanismos que causam a intrusão de água salina e afetam a forma da zona de transição da água do mar para a água do aquífero doce. Esta afirmativa foi corroborada por Liu & Song (2010) quando relataram que, nos vinte e cinco anos entre 1940 e 1965, uma grande quantidade de investigações de campo foi feita, e as pesquisas centradas principalmente sobre a teoria da dispersão hidráulica, igualmente incluía comparação, análise das partes dos resultados.

Por outro lado, Liu & Song (2010), destacam o trabalho de Henry em 1959, no qual este percebeu a solução de conexão sob os tipos da mudança repentina, e definiu o efeito quantitativo da intrusão salina devido à difusão da advecção e à mudança de densidade. Tais estudos desenvolvidos pelos pesquisadores trouxeram diversas soluções e contributos para o estudo da intrusão salina. E as mais significativas estão relacionadas nos tópicos que seguem.

3.2. Soluções Analíticas

As soluções de análise, conforme Bear *et al.* (1999), são simples o suficiente para serem usadas como instrumentos de instrução para ilustrar os conceitos físicos que estão incluídos. Devido às suas hipóteses físicas e geométricas simplificadas, soluções analíticas normalmente não resolvem diretamente os problemas no mundo real. Entretanto, apesar das suas hipóteses simplificadoras, as soluções de análise podem também ser usadas como uma ferramenta para corte da primeira análise de engenharia em um estudo de viabilidade. Segundo os autores *op.cit.*, os modelos mais sofisticados normalmente requerem informações hidrológicas e hidrogeológicas que, nem sempre está disponível ou, não se sabe a resolução necessária no momento da investigação inicial. No entanto, os problemas mais complicados podem sempre ser tratados com o uso de solução numérica.

Tal simplificação está posta no momento em que as soluções analíticas foram derivadas da suposição de fluxo constante em um aquífero que consiste de um único meio poroso homogêneo recobre um fundo impermeável horizontal, e ainda, assumindo que uma interface delgada separa os subdomínios da água doce / água salina. Outro pressuposto muitas vezes utilizado, segundo Bear *et al.* (1999), foi que, o fluxo no aquífero era essencialmente horizontal, uma afirmação de que é equivalente à *suposição de Dupuit*. E, na verdade, essa suposição leva à famosa *relação Ghyben-Herzberg*. Strack (1995 apud Bear *et al.* 1999) utilizou o *pressuposto de Dupuit-Forchheimer* para derivar uma solução para a intrusão de água do mar em um domínio bidimensional horizontal.

A utilização da *analogia Hele-Shaw* para investigar o balanço hídrico específico de todos locais em um aquífero costeiro, segundo Bear *et al.* (1999), foi utilizada por alguns pesquisadores que chegaram às mesmas conclusões através de uma seção transversal, perpendicular ao litoral, tendo em conta o fluxo vertical de entrada na seção bidimensional cruzada. Assim como geologia detalhada (camadas, sub aquíferos, heterogeneidade e anisotropia), com reposição natural e horário de bombeamento.

3.2.1. Solução Ghyben-Herzberg

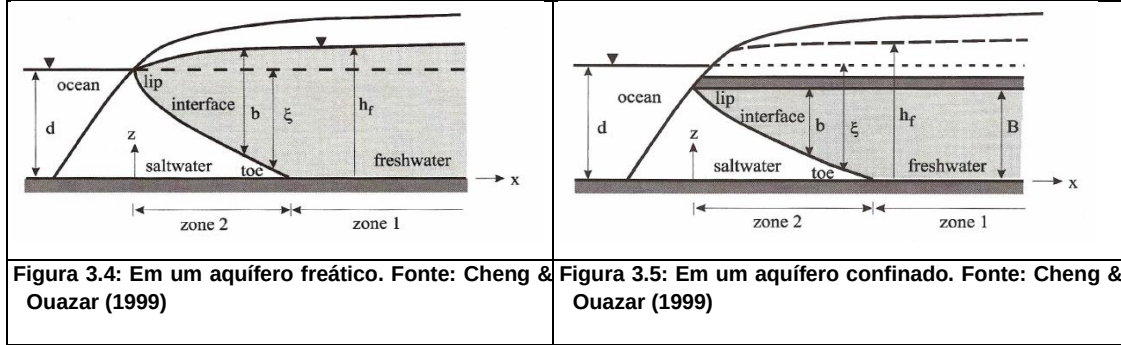
Segundo Cheng & Ouazar (1999), primeiro Badon-Ghyben em 1888 e, mais tarde Herzberg em 1901, independentemente descobriram que ocorreu água subterrânea salgada, não ao nível do mar como o esperado para as massas de água estáticas, mas a uma profundidade abaixo do nível do mar de cerca de 40 vezes a *carga hidráulica* de água doce acima nível do mar.

Alguns novos entendimentos foram alcançados, na seqüência das pesquisas, segundo Cheng & Ouazar (1999), como o verificado por Muskat em 1937, sob a forma da interface óleo/água e mais tarde, em 1940, demonstrando por Hubbert que o equilíbrio dinâmico requer que a pressão seja contínua em toda a interface de água doce / água salina. Enquanto para os aquíferos que são relativamente pouco profundos, de tal modo que linhas de fluxo são quase horizontais, é habitual para invocar o *pressuposto Dupuit* (Bear, 1979 apud Cheng & Ouazar, 1999), o que pressupõe que as cargas hidráulicas de água doce / água salina não mudam no sentido vertical.

Para contornar as dificuldades matemáticas ainda existentes na solução da física dos problemas Ghyben & Herzberg fizeram ainda a suposição que a água salina estaria estagnada. A pressão na região de água salina se torna hidrostática. Assim, pela *Relação Ghyben-Herzberg* a previsão de localização da interface exige apenas o nível de água em poços de água doce.

Outro avanço em relação à interface da água doce / água do mar foi o *Problema Glover* (Glover, 1964 apud Cheng & Ouazar, 1999) mostrado que esta tem uma geometria como nas Figuras 3.2 e 3.3. Quando o aquífero é homogêneo, confinado no topo, e ilimitado em a parte inferior. A água salina está estagnada. A carga hidráulica de água doce em estado estacionário satisfaz a *Equação de Laplace*, de duas dimensões em relação à vertical plana. A *Solução Glover* pode ser ainda mais simplificada, utilizando a *Suposição Dupuit*. Em tal caso, a equação do fluxo de água doce se torna unidimensional. Uma solução deste tipo foi dada por Todd (Todd, 1953 apud Cheng & Ouazar, 1999) com interface a dada profundidade. Observou-se que a diferença entre as duas soluções são pequenas após cerca de 5 a 10 distâncias da face de saída. Isto proporciona a justificação da utilização do *Pressuposto Dupuit*.

equação geral regente que é válida tanto para a zona 1 e a zona 2, Figuras 3.4 e 3.5.



Para aquífero livre:

$$\phi = \frac{1}{2} [h_f^2 - (1 - \Delta_s) \cdot d^2] \quad \text{zona 1} \quad (3.1)$$

$$\phi = \frac{(1 - \Delta_s)}{2 \Delta_s} (h_f - d)^2 \quad \text{zona 2} \quad (3.2)$$

$$\phi_{\text{ponta}} = \frac{\Delta_s (1 - \Delta_s)}{2} d^2 \quad \text{ponta da cunha} \quad (3.3)$$

E para aquífero confinado:

$$\phi = B \cdot h_f + \frac{\Delta_s B^2}{2} - (1 - \Delta_s) \cdot B \cdot d \quad \text{zona 1} \quad (3.4)$$

$$\phi = \frac{1}{2 \Delta_s} [h_f + \Delta_s \cdot B - (1 + \Delta_s) \cdot d]^2 \quad \text{zona 2} \quad (3.5)$$

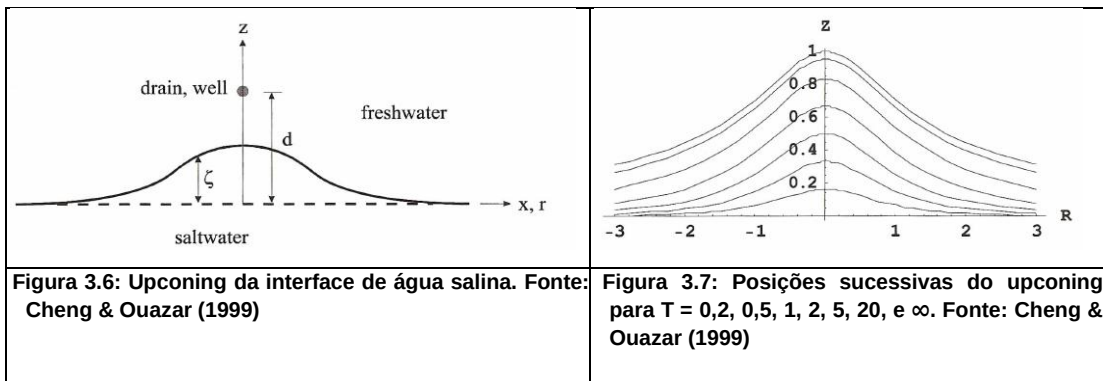
$$\phi_{\text{ponta}} = \frac{\Delta_s}{2} B^2 \quad \text{ponta da cunha} \quad (3.6)$$

3.2.2. Solução *Upconing* de Bear & Dagan

O bombeamento de água doce faz com que haja um cone de depressão na carga hidráulica da água doce em torno do poço. Como mostrado pela *relação Ghyben-Herzberg*, sob tal depressão há um *upconing* muito maior de água salina. Embora a *relação Ghyben-Herzberg* possa ser usada para calcular a extensão do

upconing, o seu resultado é geralmente incerto devido à inerente *Suposição de Dupuit* (fluxo horizontal), que é incongruente com a geometria do *upconing*. Por isso, o problema de *upconing* deveria ser examinado em maior dimensão espacial. Em apenas duas fórmulas simples, descritas por Bear & Dagan (1968, apud Cheng & Ouazar, 1999) usando perturbação técnica, para solucionar o *upconing*.

Esta solução baseia-se na perturbação, e linearização da condição de fronteira, colocando-a na posição de interface inicial. Ela não deve ser aplicada no limite. Experiências conduzidas por Bear & Dagan (1964a, apud Cheng & Ouazar, 1999) mostraram que a interface torna-se instável quando o aumento máximo $\zeta_{\max}$ atinge até cerca de $d/2$, Figuras 3.6 e 3.7. Por questões de segurança, $\zeta_{\max} = 0.3 d$ é freqüentemente utilizado.



$$Q_{\max} < \frac{0,6\pi.K.d^2}{\Delta_s} \quad (3.7)$$

Para o caso de uma linha de retirada, a altura do *upconing* é

$$Z = \ln \frac{X^2 + (1+T)^2}{1+X^2} \quad (3.8)$$

$$Z = \frac{2\pi.\Delta_s.K.\zeta}{q_\omega} \quad (3.9)$$

$$X = \frac{x}{d} \quad (3.10)$$

$$T = \frac{\Delta_s.K.t}{n.d(2+\Delta_s)} \quad (3.11)$$

Neste caso, Cheng & Ouazar (1999) notaram que uma posição de equilíbrio da interface não pode ser atingida.

3.2.3. Soluções Estocásticas

Todas as soluções apresentadas até então são de natureza determinística que assume que, os parâmetros necessários para as soluções, podem ser obtidos com alto grau de precisão. Assumindo assim que qualquer desvio na previsão resultado, devido à incerteza da informação de entrada, é provável que seja pequena e possa ser negligenciada. Entretanto, as incertezas de entrada devem ser estimadas e expressas em termos de quantidades estatísticas como a média e o desvio padrão. Desta maneira a solução estocástica pode então quantificar as incertezas dos resultados em termos das mesmas medidas estatísticas, de quando se assume que as propriedades do aquífero são homogêneas. Além disso, a taxa de recarga, a extração e saída de água doce subterrânea, e o nível do mar são variáveis aleatórias e, uma vez que a usamos para a localização da interface delgada seja então, prevista como uma média e um, conseqüente, desvio padrão.

A localização da interface é mostrada como a posição média e mais/menos um desvio padrão. Com a presença de uma parte inferior do aquífero a determinação do local do T_{oe} (extremidade inferior da cunha salina intrudida no aquífero terrestre) pode ter uma incerteza relativamente grande quando ele está a uma distância grande para o interior. É de interesse de observar que o desvio padrão da localização da interface é muito pequeno perto da face de saída, mas aumenta enormemente mais para o interior (Cheng & Ouazar, 1999).

Ao assumir que alguns dos parâmetros de entrada são incertos, tais como a taxa de escoamento da água doce q , a recarga w , o nível do mar d , e a condutividade hidráulica K , Cheng & Ouazar (1999) partiram com seus valores médios dados, o que significa que a localização do T_{oe} não é simplesmente usar as médias de q , w , d e K . Assim, ao supor que q e K são variáveis aleatórias, a média de interface local é dada por:

$$\bar{x} = \frac{\Delta_s \bar{K}}{2\bar{q}} \xi^2 - \frac{\bar{q}}{2\Delta_s \bar{K}} + \frac{1}{2} \frac{\bar{q}}{2\Delta_s \bar{K}} \left[\frac{\Delta_s^2 \bar{K}^2 \xi^2}{\bar{q}^2} \frac{\sigma_q^2}{\bar{q}^2} - \frac{\sigma_K^2}{\bar{K}^2} \right] \quad (3.12)$$

E a variância é

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta_s \bar{K}}{\bar{q}} \xi^2 + \frac{\bar{q}}{\Delta_s \bar{K}} \right)^2 \left(\frac{\sigma_q^2}{\bar{q}^2} + \frac{\sigma_K^2}{\bar{K}^2} \right) \quad (3.13)$$

De consideração física, os autores assumiram; $\sigma_{qK}^2 = 0$.

3.3. Investigações Geofísicas

O papel das técnicas de superfície geofísicas para avaliar recursos de água subterrânea é bem conhecido na literatura, segundo Al-Bassam & Hussein (2007), isto já foi relatado por Reilly & Goodman em 1985; Mazac *et al.* em 1987; Ayers em 1989; Hoekstra em 1990. Atualmente, segundo Post & Abarca (2010), a caracterização do subsolo utilizando técnicas geofísicas está em constante evolução e nos permite mapear a distribuição de salinidade das águas subterrâneas em detalhes cada vez maiores.

Para elaborar o mapeamento de uma região, segundo Al-Bassam & Hussein (2007), um bom geólogo sabe qual a resposta geofísica prevista para as condições geológicas e hidrológicas que devem ser esperadas e encontradas em um determinado campo de estudo. Esta modelagem preditiva avançada irá ajudar o investigador a determinar se um método geofísico em particular que pode atender ou contribuir para os objetivos da pesquisa e isto, geralmente, requer o uso conjunto de dois ou mais métodos complementares entre geológicos, geofísicos e geoquímicos.

Uma vez que intrusão da água salina é distinguida pelo movimento das águas com alto teor de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para a água doce, ou seja, a intrusão da água salina é o transporte de massa de água salina em zonas anteriormente ocupadas por água doce. As taxas de transporte de massas e as vias são determinadas por gradientes hidráulicos e pela distribuição da condutividade

hidráulica. Por quanto, a configuração da interface de água salina / água doce e seus movimentos são determinados pela configuração do lençol freático e variação espacial da condutividade hidráulica.

Os métodos geofísicos podem ser usados para estimar a condutividade elétrica do solo, ou seu inverso, a resistividade elétrica do solo, que pode ser muito útil em delinear a variações de qualidade da água em ambientes costeiros e insulares. A medida de condutividade de massa é uma propriedade macroscópica do sistema fluido / matriz. A condutividade elétrica e resistividade do solo são determinadas principalmente pela condutividade de fluidos e porosidade da matriz. É a utilização da *Lei de Archie* que permite que a condutividade do fluido da formação seja determinada a partir da condutividade da massa na formação (por exemplo, Jackson *et al.* (1978, apud Stewart, 1999).

No princípio os levantamentos geofísicos se limitavam aos dados obtidos em furos feitos nos locais onde se pretendia obter informações da matriz do solo. Através do material retirado destes e das análises físico-químicas feitas, era possível fazer inferências sobre as camadas do solo na posição do furo. Entretanto, esta informação tornava-se vaga e sem significado, pois representava apenas um ponto em uma área que, em se tratando de um aquífero, normalmente é bastante vasta. E, devido a esta limitação, se tornou necessário a utilização de outros métodos para obter um levantamento complementar mais representativo da área em estudo. São estes métodos que estarão a seguir nos subitens.

3.3.1. Métodos Geofísicos de Superfície

Existe uma gama de métodos geofísicos, estes podem distinguir unidades geológicas com base em suas propriedades físicas, como, por exemplo, os métodos sísmicos – um dos primeiros utilizados, e pode ser muito útil, embora não consiga detectar diretamente as águas salinas. Pois os métodos geofísicos não determinam diretamente características como salinidade e litologia. Essas características devem ser interpretadas por meio da distribuição e magnitude das propriedades físicas determinadas por levantamentos geofísicos.

Segundo Al-Bassam & Hussein (2007), os Métodos de Geo-elétricos podem ser utilizados para detectar variações na resistividade elétrica do aquífero e esta por sua vez, inferir sobre as mudanças na salinidade das águas subterrâneas. Entretanto, os autores salientam que, a aplicação combinada de métodos geo-elétricos e os hidroquímicos são mais baratas, executável em tempo razoável, e aplicado com sucesso no mapeamento da interface entre água salina e água doce subterrâneas. Neste mesmo sentido, Henderson *et al.* (2010) sugerem que, além dos dados de resistividade, devem ser coletados dados hidrológicos e meteorológicos para fornecer o contexto para interpretação dos dados.

A Resistividade **DC** foi, segundo Swartz (1939, apud Stewart, 1999), o primeiro método geofísico de superfície utilizado para a determinação da qualidade da água em ilhas e ambientes costeiros e, ainda é um dos métodos mais comumente utilizados, e aponta os trabalhos que o utilizaram em tempos recentes (por exemplo, (Chidley & Lloyd, 1972 apud Stewart, 1999).

Um sistema geo-elétricos de multi-eletrodos foi usado por Poulsen *et al.* (2010) em um furo, para investigar a forma de uma lente de água doce sob uma duna costeira. Segundo Post & Abarca (2010), tais pesquisas multi-eletrodos proporcionam uma melhor visão dos detalhes da distribuição da salinidade da sub superfície.

3.4. Investigações Geoquímicas

Uma vez que as águas guardam verdadeiras assinaturas químicas, a caracterização de aquíferos utilizando técnicas geoquímicas é uma das que mais evoluem e, nos permite mapear a distribuição de origem das águas subterrâneas em detalhes cada vez maiores, permitindo assim verificar se, por exemplo, a salinização de um aquífero é de origem marinha. E isto torna tal processo um dos mais abrangente e importante neste tipo de investigação.

A Intrusão de Água Salgada (intrusão marinha), que consiste do aumentando da salinidade a níveis superiores aos padrões aceitáveis da água de consumo e/ou de irrigação, é um dos mais importantes processos de degradação da qualidade da água que ocorrem em aquíferos costeiros, e para que se faça ideia, a contribuição de **1%** de água do mar quase triplicaria a salinidade da água subterrânea típica (com

um teor de **cloreto** inicial de **100 mg/l**). Já com uma contribuição de **5%** de água do mar que resultaria em água com uma salinidade acima de **1.000 mg/l**. Conseqüentemente, a concentração de íon **cloreto (Cl⁻)** é um indicador muito sensível, particularmente se os níveis de base de salinidade da água subterrânea regionais são baixos.

Em relação ao aumento da salinidade das suas águas, quando se investiga um aquífero costeiro, segundo Jones *et al.* (1999), uma das verificações que deverá receber atenção de imediato é a origem de tal incremento. É comum atribuir de imediato este incremento a uma intrusão marinha, mas, nem sempre isto é o que de fato está a ocorrer. Uma das análises que podem revelar tal origem são os **isótopos** estáveis de **O** e **H** que podem também ser usados para descrever o processo de mistura entre solução salina e de água doce. Os autores descrevem que a água subterrânea doce é geralmente empobrecida em ambos ¹⁸**O** e ²**H** (Deutério), em relação à água do mar. Tais relações têm sido utilizadas (por exemplo, Izbicki, 1996 apud Jones *et al.* 1999), para distinguir diferentes fontes de água em zonas costeiras de mistura, e para sinalizar variação possível de comportamento verdadeiramente conservadora.

Como o Deutério substitui quimicamente o **H** é facilmente detectado através do espectrógrafo de massas, sendo empregado como traçador ou átomo marcado devido a relação de 2:1 (semelhante à relação binária dos computadores), entre o **H** e o ²**H** é maior do que para qualquer outro elemento e constitui a base de muitas das aplicações do Deutério.

Assim, uma das formas de saber a origem de tal salinização é a “assinatura geoquímica” da mistura na zona de transição. A composição química das águas provenientes de uma mistura simples parece ser uma questão de média das composições das águas que se misturam em proporção com as suas contribuições para o volume de mistura, assim as técnicas isotópicas podem permitir uma determinação precisa da área afetada pela intrusão de água do mar e sua taxa de invasão.

Em muitos locais de aquíferos costeiros, segundo Jones *et al.* (1999) a composição química das águas subterrâneas salinas desvia de simples mistura conservadora de água do mar e de água doce. Esses desvios são atribuídos,

conforme Jones *et al.*(1999), quer as interações água / rocha, quer por contaminação por salmoura sub superficiais. Onde, as Principais interações água-rocha incluem troca iônica com material argiloso e de dissolução e precipitação de processos de carbonato.

A água nesta zona de transição, em escala mundial, tem um caráter geoquímico típico que permite identificar o seu impacto durante os estados iniciais de salinização da água subterrânea. Para Jones *et al.*(1999), a água do mar, em geral, tem uma composição química uniforme, devido ao longo tempo de residência dos principais componentes, com as seguintes características: predominância de Cl^- e Na^+ , com uma razão molar de **0,86**, um excesso de Cl^- nos íons de metais alcalinos (**Na** e **K**) e **Mg**, grandemente em excesso de Ca^{2+} (**Mg/Ca**) = **4,5** a **5,2**. Uma representação bastante didática dessas razões químicas foi apresentada pelo cientista Ricardo Hirata, professor da USP – Universidade de São Paulo, em sua apresentação para o projeto Coqueiral, conforme Figura 3.9.

Em contraste, as águas subterrâneas continentais doces são caracterizadas, segundo Jones *et al.* (1999), por composições químicas altamente variáveis, embora os ânions predominantes são HCO_3^- , SO_4^{2-} e Cl^- . Se não antropogenicamente poluída, os cátions são fundamentais Ca^{2+} e Mg^{2+} e, em menor grau, os íons alcalinos, Na^+ e K^+ . Em maioria dos casos Ca^{2+} predomina sobre Mg^{2+} .

Solutos de água do mar, segundo Jones *et al.* (1999), são especificamente caracterizadas por **Mg>[SO₄+HCO₃]**, ao passo que as águas meteóricas (diluída ou solução salina), mesmo se dominado por re-solução de sal marinho, refletem **Na>Cl**. Em contraste, os fluidos de bacias sedimentares podem transportar significativa **Ca** e talvez excesso de **K** sobre **[SO₄+HCO₃]** devido à diagenética de carbonato ou reações de silicato. Enquanto as águas subterrâneas salobras têm uma composição rica em Ca^{2+} (isto é, a proporção de **Ca/[SO₄+HCO₃]>1**), com baixos índices de Na^+ , SO_4^{2-} , K^+ e B^+ para o cloreto mais elevados razões **Ca/Mg** relativos a água do oceano moderno.

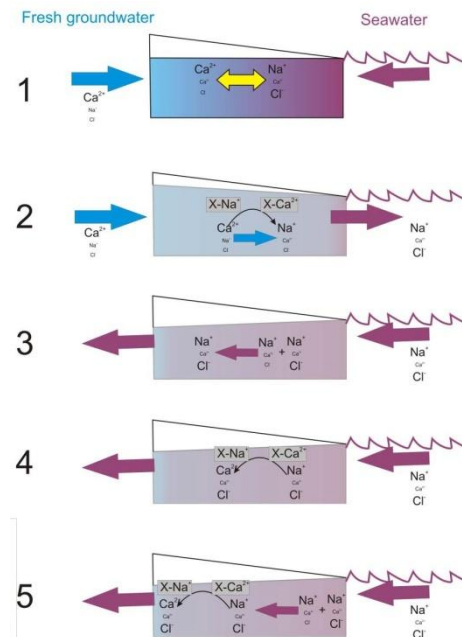


Figura 3.9: relações químicas e equilíbrio da interface. Hirata (2013).

O melhor indicador de rastreamento para a água do mar, segundo Morell *et al.* (1986, apud Jones *et al.* 1999), é o Bromo (**Br**). Na seqüência Yechieli *et al.* (1996 apud Jones *et al.* 1999), demonstraram que a relação entre os componentes conservadores (**Cl**, **Br** e $\delta^{18}\text{O}$), indicam que o principal processo é a mistura entre a água do mar e água doce.

O processo de salinização, na zona de interface, segundo mostraram Vengosh *et al.* (1991b, apud Jones *et al.* 1999), envolveu duas fases evolutivas: (i) A salinização precoce (**Cl** < 5.000 mg/l) na qual a água salina desenvolve uma assinatura **Cálcio-cloreto** e (ii) Uma fase posterior das salinidades mais elevadas em que a composição de soluto é representativa da mistura entre a água do mar e um fluido de **Cálcio-cloreto**.

Cuidados especiais nas análises devem ser observados, pois muitas vezes elas mostram resultados que podem induzir a inferências errôneas devido às alterações ocorridas por conta das interações entre a água doce, a matriz do solo e águas de outras origens (marinha, agricultura, saneamento etc.), ou seja, devido ao processo de modificação química.

Segundo Al-Bassam & Hussein (2007), as medições de campo inclui amostragem de água e medição de **temperatura**, **Condutividade Elétrica** e **pH**, estas podem ser feitas com instrumentos portáteis no local da coleta. As amostras

devem ser coletadas em recipientes plásticos para análise laboratorial posterior. A análise a ser realizada usando métodos padrão (APH / AWWA / WPCF, 1989). E os elementos a serem analisados são Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{-2} , Cl , e o **Boro**.

3.4.1. Modificações Químicas

Quatro categorias básicas de reação, segundo Jones *et al.* (1999), estão associadas com as características do ambiente hidrológico intrusão de água do mar: (i) Mistura das águas subterrâneas (incluindo fluidos associados aos evaporitos) e água do mar; (ii) A precipitação e/ou diagênese de carbonato (por exemplo, dolomitização); (iii) Permuta iônica e de silicato (largamente argilosos) diagênese, e (iv) Reações REDOX. Tais processos serão bem detalhados nos sub itens que seguem.

3.4.1.1. Processos de Mistura

Tais modificações podem ser avaliadas, segundo Jones *et al.* (1999), pelas alterações da composição de soluto a partir de **NaCl** na água tipo **CaCl₂**. Pois, segundo o autor *op.cit.*, na medida em que a concentração de íons de **cloreto** não é afetada por esta reação, ela pode ser considerada como um parâmetro de referência. A qualidade da água pode, assim, indicar flutuações de mistura de água do mar/água doce, e a dinâmica de troca iônica se reflete na mudança de relações iônicas. Para Hanor (1980 apud Jones *et al.* 1999), rolamentos marinhos costeiros de sedimentos argilosos podem ser os agentes de amolecimento maior do recarregamento água doce, por exemplo. O valor para o coeficiente do equilíbrio de troca do **Na/Ca** é de cerca de **0,4**.

Quando a intrusão de água do mar em águas subterrâneas é primariamente por difusão em vez de advecção e a capacidade de permuta catiônica do sedimento é baixa, Appelo & Postma (1993, apud Jones *et al.* 1999, p.55), destacam que, “os efeitos de troca de íons tendem a ser consideravelmente reduzida e as composições de água resultante irá assemelhar a um simples mistura de água doce e salina”.

3.4.1.2. Diagênese de Carbonato

A zona não saturada de águas mistas pode afetar a condutividade hidráulica dos aquíferos costeiros. Assim, depois da mistura com a água do mar, as águas subterrâneas saturadas de **calcita** (mesmo sem uma fonte externa de CO_2) se tornam agressivas, facilitando ainda mais a dissolução de **carbonato** e, assim, aumentam o teor de Ca^{2+} e de HCO_3 dissolvidos.

Os processos em que as águas salinas são afetadas, segundo Jones *et al.* (1999), por processos dolomitização seriam caracterizados por um conteúdo de **Cálcio** elevado e por uma assinatura **Cálcio-cloreto** (isto é, $\text{Ca}/[\text{HCO}_3 + \text{SO}_4] > 1$). No entanto, os dados a partir de misturas naturais de água do mar e água subterrânea variam consideravelmente, indicando condições de não-equilíbrio, ou de controle não-estequiométrico por **dolomita**, assim a formação de **dolomita** em sedimentos marinhos modernos e enterro de sedimentos em profundidades rasas são fortemente controlados pela cinética de reação que são lentos, mesmo com uma alta supersaturação (Morse & Mackenzie, 1990 apud Jones *et al.* 1999). No entanto, Ingebritsen & Sanford, (1999), indicaram que apenas sob determinadas circunstâncias os fluxos são suficiente grande e o mecanismo de acionamento no local tem tempo suficiente para entregar a quantidade de **magnésio** necessária para uma dolomitização extensa.

3.4.1.3. Adsorção

Um dos processos que modifica a química da intrusão da água do mar é adsorção de minerais da argila no aquífero receptor. Os elementos que são sensíveis ao processo de adsorção são **potássio**, **lítio** e **Boro** (Vengosh *et al.* 1997, apud Jones *et al.* 1999). O processo de adsorção resulta em baixas proporções de **K/Cl**, **B/Cl**, e **Li/Cl** na água subterrânea salina residual em relação às razões marinhas.

3.4.1.4. Reações REDOX

Segundo Jones *et al.* (1999), a intrusão da água do mar e da formação de uma zona de interface relativamente estática entre sobrejacente fresco e água salina

subjacente, pode produzir condições **REDOX** localizadas, devido à decomposição de matéria orgânica dissolvida, partículas orgânicas em suspensão, ou ricas em sedimentos orgânicos. De acordo com Custodio *et al.* (1987 apud Jones *et al.* 1999), este processo vai fazer com que o aumento **Pco₂** e variações de **pH**, bem como a redução de **sulfato** dissolvido para **H₂S**, resultando em baixas proporções **SO₄/Cl**.

3.4.2. Distinção Química de Intrusões de Água Salgada

Como um dos critérios para identificar a extensão da intrusão de água salina nos aquíferos costeiros, Revelle (1941, apud Chachadi, 2005) recomendou a razão **Cl/[HCO₃ + NO₃]**. Na água do mar o **Cloreto (Cl)** é o íon dominante e que está disponível apenas em pequenas quantidades na água subterrânea, enquanto **bicarbonato (HCO₃)**, que está disponível em grandes quantidades nas águas subterrâneas, ocorre apenas em quantidades muito pequenas na água do mar, dessa forma, esta quantificação fornece pistas sobre origem da salinidade.

Tal avaliação da origem da salinização, conforme descrito por Jones *et al.* (1999), a distinção dos diferentes mecanismos de salinização é fundamental, para melhor percepção das vias, taxas e salinização dos aquíferos costeiros no futuro. A interpretação do processo de salinização deve basear-se em critérios geológicos e hidroquímicos. A indicação mais clara de possível intrusão de água marinha é o aumento da concentração de **Cl⁻**.

Para aquíferos costeiros, caso haja uma sobre-exploração contínua, poderá dar causa a uma redução dos níveis piezométricos, resultando em intrusão de água do mar e o conseqüente aumento da salinidade. Assim, uma série temporal das concentrações de **Cloreto** pode registrar a evolução inicial deste processo. Para tanto deverá ser feito um acompanhamento regular das taxas que seguem, conforme recomendação de Jones *et al.* (1999):

Razões **Cl/Br**: as razões **Cl/Br** podem ser usadas como um marcador fiável e tanto **Cl** como **Br** geralmente se comportam de forma conservadora (isto é, que não reagem com a matriz aquífera), exceto na presença de quantidades muito elevadas de matéria orgânica. Água do mar (relação peso **Cl/Br = 297**) se distingue de relíquias de água do mar (salmouras hipersalinas **Cl/Br < 297**, Mar Morto = 40).

As proporções **Na/Cl**: Como mostrado acima, proporções **Na/Cl** de intrusão de água salina são geralmente mais baixos do que os valores marinhos (isto é, **< 0,86**, razão molar). Assim baixas proporções de **Na/Cl**, em combinação com outros parâmetros geoquímicos, pode ser um indicador da chegada de intrusão de água salina

Razões **Ca/Mg - Ca/[HCO₃ + SO₄]**: Uma das características mais notáveis de intrusão de água salina é comumente o enriquecimento de **Cálcio** sobre sua concentração na água do mar. Altos índices **Ca/Mg** e **Ca/[HCO₃ + SO₄]** (**> 1**) são outros indicadores da chegada de intrusão de água salina.

Isótopos **O** e **H**: são esperadas correlações lineares a partir de mistura de água do mar com ¹⁸O águas subterrâneas esgotado na correlação de **δD** contra **δ¹⁸O** ou **Cl** contra **δ¹⁸O**.

Isótopos de **Boro**: A composição isotópica de **Boro** de águas subterrâneas pode ser uma ferramenta poderosa para a discriminação das fontes de salinização, em particular distintivas da água do mar de fluido antropogênicas.

3.4.2.1. Intrusão de Água de Mar Fóssil

Uma das possíveis causas da salinização de aquíferos são as águas de mares fósseis que poderiam ter se originado a partir de invasões passadas de aquíferos costeiros, ou até mesmo interiores, a depender do relevo, devido a aumentos no nível do mar ocorridos no pretérito. Esta detecção requer uma análise mais exaustiva, que avalie a transferência de massa de **Carbono** e **Enxofre** em fases de soluto e sólido e os seus efeitos sobre a datação **C-14** (Carbono 14) foi recomendada por Izbicki (1996, apud Jones *et al.* 1999).

Outra análise que poderá detectar o mar fóssil é o teor de **trítio** que, é o terceiro isótopo do hidrogênio (representado por ³H), uma vez que, na água do mar moderno este é menor do que o da precipitação atual. Sinais altos de **trítio** foram produzidos durante o período de 1957 a 1963, período de alta entrada termonuclear. Para Jones *et al.* (1999), o conteúdo de **trítio = zero** indica um tempo de residência relativamente longo (**> 40 anos**) e baixas taxas de fluxo da invasão de água salina interior.

Métodos de datação, além de indicarem a idade da intrusão da água salina, que pode ser indiretamente avaliada através de uma comparação da composição química da água salina investigada com a do fluido aquífero hospedeiro. Normalmente, baixa de sinais de **δ¹⁸O** estão relacionados com a água de idade glacial, que foi aprisionada no aquífero (Siegel & Mandle, 1984 apud Jones *et al.* 1999). Nas zonas costeiras este processo pode ir para o outro lado (ou seja, o ¹⁸O

mais pesado), dependendo de mudanças sazonais e fonte sob diferentes regimes climáticos (Plummer, 1993 apud Jones *et al.* 1999).

3.5. Investigações Biológicas

Segundo Post & Abarca (2010), este é um território científico ainda inexplorado, a microbiologia destes sistemas de fluxo, especialmente perto da zona subterrâneas de transição da água doce e salina. Neste sentido, Santoro (2010) fez uma revisão nos aspectos de transformações microbianas de nitrogênio perto da interface de água doce/água salina e trouxe à discussão o efeito potencial de intrusão de água salina sobre as comunidades microbianas na sub superfície. Este tipo de investigação já era utilizado para a detecção de hidrocarbonetos (petróleo), mas, a investigação de Santoro (2010) a introduziu na intrusão marinha.

3.6. Modelagem Conceitual e Matemática

A modelagem de aquíferos em si, já é uma tarefa bastante complexa e que envolve algumas incertezas, dada a complexidade do meio aquífero e que, em grande parte dos casos, são contornadas pela utilização de dados com algum tratamento estatístico (Dagan & Zeitoun, 1999). Tal complexidade é amplificada quando se trata da modelagem de fluxo em aquíferos costeiros, por ser um trabalho que envolve solutos com diferentes densidades e ainda, com uma zona de transição entre estes que se encontra repleta de incertezas e/ou aproximações. Para Carrera *et al.* (2010), modelar o fluxo de um aquífero não é uma tarefa simples, principalmente quando estes aquíferos se encontram em zonas costeiras, pois os modelos intrusão marinha dependem de muitos fatores que, em aquíferos de água doce convencionais, podem ser negligenciados.

Assim, para Van Dam (1999), ao estudar o fluxo de água subterrânea é necessário saber: (i) O sistema em que o fluxo das águas subterrâneas ocorre, isto é, a presença e extensão de camadas aquíferos e de semipermeável, caracterizados pela sua espessura, permeabilidade hidráulica (ou resistência), porosidade, rendimento específico e coeficiente de armazenamento elástico; (ii) O conteúdo do sistema aquífero, tendo em vista: (a) elevação do lençol freático; (b) A distribuição da densidade das águas subterrâneas, que é uma função de sua temperatura e sua

composição química e isotópica, em particular, a sua distribuição de salinidade; (iii) As condições de contorno do sistema, como recarga natural e artificial e conexões com as águas de superfície.

Este último item pode ser obtido numericamente se um estado estacionário for escolhido como estado inicial, no entanto, a solução pode ser difícil porque requer uma boa suposição inicial. E esta deverá ser feita com base nos dados existentes na área de estudo de perfurações, batimetria, análise de solutos do aquífero, sondagens eletromagnéticas, entre outras. Uma vez que a intrusão marinha no aquífero é sensível a batimetria e condições as iniciais admitidas no modelo.

Os modelos de fluxo de águas salinas e doces em aquíferos costeiros, segundo Dagan & Zeitoun (1999), servem como importante ferramenta para avaliar a extensão da intrusão de água salina e para planejamento da exploração racional dos recursos hídricos. O objetivo da modelagem é a de determinar a forma e posição da interface além do campo de fluxo nos dois corpos d'água. O sistema de equações que rege o processo é a *Lei de Darcy*, a conservação de massa e da equação de transporte de sal considerado como um soluto.

Para os autores *op.cit.*, relatam exemplos de tal sistema de soluções numéricas utilizam uma aproximação de interface delgada e as equações básicas são a *Lei de Darcy*, a conservação de massa nos dois fluidos e de continuidade de pressão através da interface, que é a adoção adicional da *Suposição Dupuit*, de distribuição de pressão hidrostática ao longo da vertical, em cada fluido, aplicando-se o caso de uma interface de rasa. Que, segundo Dagan & Zeitoun (1999), conduz à conhecida consequência que é a *Relação Ghyben-Herzberg* entre a carga hidráulica de água doce e a profundidade da interface de fluxo constante.

A taxa de fluxo de água doce para o mar acima da interface, que é o gradiente hidráulico, determina o comprimento da cunha de água do mar que se intromete no aquífero. Para Bear *et al.* (1999), quando esta descarga é reduzida, por exemplo, através do bombeamento de uma proporção maior que a da reposição natural, o comprimento da cunha de água salina vai aumentar.

No entanto a forma é de uma zona de transição, ao invés de uma interface delgada. Tal zona de transição que é resultado, principalmente, da dispersão hidrodinâmica da matéria dissolvida, pode ser bastante ampla. Em outras condições,

pode ser estreita, em relação à espessura do aquífero e, neste caso, pode ser aproximada como uma interface delgada. Obviamente, a natureza dos modelos matemáticos de intrusão salina aproxima como sendo uma interface delgada, ou como uma modelo de zona transição, chamados de soluções numéricas. Tais modelos foram desenvolvidos e aplicados no início dos anos 70. Para Bear *et al.* (1999), de especial interesse eram os modelos que permitiam as investigações mais realistas dos domínios aquíferos costeiros, tendo em conta regime de fluxo em três dimensões, heterogeneidade e anisotropia, Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Anisotropia de alguns materiais.

Materiais	Condutividade Horizontal (m/s)	Condutividade Vertical (m/s)	Relação H-V
Anidrita	10^{-14} a 10^{-12}	10^{-15} a 10^{-13}	10
Calcáreo Gredoso	10^{-10} a 10^{-8}	5×10^{-11} a 5×10^{-9}	2
Dolomita	10^{-9} a 10^{-7}	$2,5 \times 10^{-13}$ a 5×10^{-11}	2
Arenito	5×10^{-13} a 10^{-10}	$2,5 \times 10^{-13}$ a 5×10^{-11}	2
Siltito e Folhelho	10^{-14} a 10^{-12}	10^{-15} a 10^{-13}	10

Fonte: Adaptado de Domenico & Schwartz (1997 apud Cabral, 2003).

Assim, equações de fluxo e de transporte de soluto devem ser resolvidas simultaneamente. Segundo Post & Abarca (2010), o desenvolvimento de modelos que simulação de fluxo e transporte de solutos com condições de densidade variável tem sido uma enorme conquista. E esses modelos se tornaram viáveis devido ao avanço nos equipamentos informáticos, acompanhado pela melhoria nos códigos computacionais.

3.6.1. Formulação Matemática

Sendo o objetivo da modelagem, segundo Dagan & Zeitoun (1999), a determinação da forma da interface e do campo de fluxo nos dois corpos de água, ao longo do tempo, algumas abordagens matemáticas foram desenvolvidas a fim de resolver as equações de fluxo e transporte:

A primeira, e mais geral, diz respeito à totalidade do fluido como de uma densidade variável que depende da concentração de sal. O sistema de equações que governa o processo é a *Lei de Darcy*;

A segunda categoria de soluções, uma aproximação de interface delgada é adotada por Glover [1959] e Henry [1959] quando usaram soluções para uma interface parabólica delgada em um aquífero confinado de espessura infinita,

A terceira abordagem e mais simples é a adoção adicional da *Suposição Dupuit*, de distribuição de pressão hidrostática ao longo da vertical, que Strack [1995] utilizou modelagem de Dupuit-Forchheimer em intrusão de água salina, com o efeito da densidade variável (Dagan & Zeitoun, 1999).

Para chegar a uma formulação matemática para a localização da interface água doce / água salina em um aquífero confinado, Dagan & Zeitoun (1999) desenvolveram estudos que, começando com o problema plano, consideraram um aquífero de espessura D , Figura 3.10, delimitada por um fundo impermeável horizontal em $z = 0$ e uma camada impermeável ao topo $z = D$, enquanto que x é uma coordenada horizontal interior. Por uma questão de generalidade, podem ser obtidas as equações de fluxo instável. Com $z = \xi(x, t)$ na equação da interface, a *Lei de Darcy* para as componentes horizontais da descarga específica tem:

$$q_f = -K_f(z) \frac{d\Phi_f}{dx} ; (\xi < z \leq D) \quad (3.14)$$

$$q_s = -K_s(z) \frac{d\Phi_s}{dx} ; (0 < z \leq \xi) \quad (3.15)$$

Onde $\Phi_f = p_f/\rho_f g + z$ e $\Phi_s = p_s/\rho_s g + z$ são as Cargas Hidráulicas de pressão, p é a pressão, ρ é a densidade e K é a condutividade hidráulica. Aqui e na seqüência os índices f e s representam água doce e salgada, respectivamente.

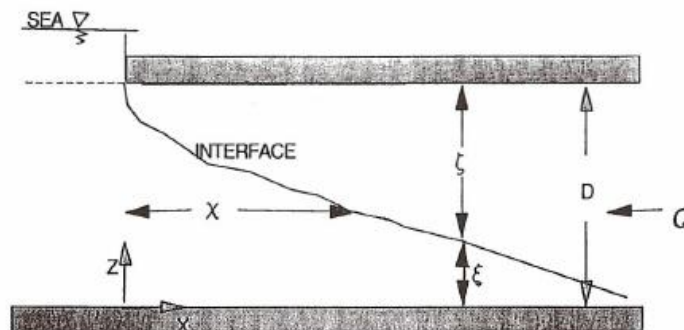


Figura 3.10. Esboço definição de uma interface de fluxo constante. Dagan & Zeitoun (1999).

As condutividades podem ser escritas em termos de permeabilidade k , a viscosidade dinâmica μ e a densidade do fluido ρ , como se segue

$$K_f(z) = \frac{k(z) \cdot \rho_f \cdot g}{\pi_f} \quad (3.16)$$

$$K_s(z) = \frac{k(z) \cdot \rho_s \cdot g}{\pi_s} \quad (3.17)$$

Com k modelado como uma função aleatória estacionária de z expressou como $k(z) = k_A [1 + K(z)]$ onde $k_A = \langle k \rangle$ representa a constante média aritmética e $K(z) = [k(z) - k_A] / k_A$ é a flutuação normalizada.

Assim, a segunda ordem K é caracterizada por:

$$\langle k(z) \rangle = 0; \quad \langle k(z_1) \cdot k(z_2) \rangle = \sigma^2 \rho(z_1 - z_2); \quad I = \int_0^\infty \rho(z) dz \quad (3.18)$$

Onde os colchetes $\langle \rangle$ indicam o conjunto médio, $\sigma^2 = \sigma_k^2 / k_A^2$ é a variância e $\rho(z)$ é a alta correlação de K , ao passo que I é a sua escala integral.

Em uma aplicação de campo real, as informações sobre o estrutura de k pode ser obtida, por exemplo, por estatística a partir de medições da permeabilidade ao longo da vertical em um poço exploratório.

Segundo Dagan & Zeitoun (1999), em um aquífero estratificado de distribuição aleatória da permeabilidade não se pode prever a interface visto que esta desvia do seu valor médio e da sua forma, de maneira determinista da concretização dada, mas apenas em termos de probabilidade. É, portanto, importante, para estabelecer um intervalo de confiança para a localização da interface (Figura 3.11). Que é precisamente a *Aproximação Dupuit* obtida previamente para um meio homogêneo, desde que a condutividade hidráulica constante seja tomada da igualdade com K_{Af} . Isto é consistente com o bem conhecido resultado em que o fluxo paralelo à camada a permeabilidade efetiva é a média aritmética.

3.7. Soluções Numéricas

Para Bear *et al.* (1999), a disponibilidade de ferramentas matemáticas promoveu um crescente interesse no estudo e previsão de riscos de intrusão de água salina. Segundo Sanford & Pope (2010), a grande utilidade das Soluções Numéricas foi a de simular intrusão de água salina para geometrias especificadas pelo usuário e características do aquífero em duas dimensões em um perfil transversal. Para Alberti *et al.* (2009), a simulação do fluxo e do transporte maciço densidade acoplados exige a solução numérica de um sistema acoplado de equações diferenciais parciais não-lineares e, os mais comuns são, segundo Cabral (2003), o método das diferenças finitas e o método dos elementos finitos.

Entretanto desde os primeiros aplicativos computacionais até a atualidade os equipamentos evoluíram muito e houve significativa queda nos custos de processamento em relação às primeiras tentativas. Além da evolução das máquinas, houve também evolução nos códigos numéricos de forma que se tornaram viáveis simulações 3D. Assim, para Sanford & Pope (2010), a simulação tridimensional é uma exigência inevitável quando se utiliza um modelo matemático para tentar prever os aumentos na salinidade que possam ocorrer em um determinado poço de extração sob algumas circunstâncias. Estas simulações tridimensionais de intrusão de água salina podem ser conseguidas com tempos de computação razoáveis, proporcionadas pelos estes códigos mais recentes de simulação e evolução dos computadores pessoais (Langevin *et al.* 2003, apud Sanford & Pope, 2010).

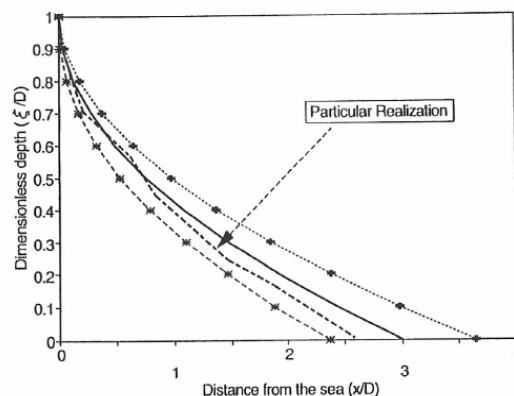


Figura 3.11. O perfil de interface de média (X') e os intervalos de confiança $\pm 2\sigma_x$ para $\sigma_y = 1$, $l' = 1/D = 0,01$, $Q/K''D = 1/6$. Dagan & Zeitoun (1999).

Teoricamente, os códigos tridimensionais que estão disponíveis hoje podem simular ambas as escalas simultaneamente, mas como uma simulação de previsão exata ainda precisa ser demonstrada para condições de campo com os tipos e a quantidade de dados que estão disponíveis (Sands, 2005 apud Sanford & Pope, 2010). Tais como códigos numéricos MOCDENS3D, SEAWAT e SUTRA que descrevem a zona de transição entre a água doce e água salina, como a causada pela dispersão e de difusão, o que representa o fluxo de densidade afetada, além de simular o comportamento do aquífero e de estimar o posicionamento da interface entre a água doce e água salina.

O SEAWAT é um programa de computador genérico com base nos códigos MODFLOW / MT3DMS, que combina um código de fluxo (MODFLOW) com um código de transporte de soluto (MT3DMS) para formar um único programa que resolve o fluxo acoplado e equações de transporte de solutos. Ele formula as equações de fluxo usando conservação de massa, em vez de conservação volume (MODFLOW-2000), e que foi projetada para simular fluxo de água subterrânea 3D densidade variável juntamente com multi espécies de soluto e transporte de calor. O programa foi utilizado para uma grande variedade de estudos de águas subterrâneas, incluindo os destinados à migração salmoura em aquíferos continentais, bem como os destinados à intrusão de água salina nos aquíferos costeiros. O SEAWAT usa a estrutura já conhecida do MODFLOW e MT3DMS. Este é um programa de computador de domínio público. O código fonte e software são distribuídos gratuitamente pelo órgão responsável pelo Serviço Geológico dos EUA (USGS) - (em <http://water.usgs.gov/ogw/seawat/>).

3.8. Conclusões do Capítulo

Percebe-se que, a intensificação das investigações sobre a intrusão marinha é relativamente recente. Entretanto, tais investigações têm seus primeiros registros feitos há quase dois séculos atrás por Braithwaite em 1855, através de relatos de observações que teve a sua primeira lei quantitativa dada ao trabalho do holandês Ghyben em 1889 e ao alemão Herzberg em 1901. Outra contribuição para simplificação dos estudos foi dada por Dupuit em 1857, que, ao considerar o estado

estacionário do fluxo radial de um poço de bombeamento, tornou possível um avanço nos estudos com as ferramentas disponíveis na época.

Daí em diante, destaca-se o trabalho de Hubbert em 1940, que trouxe contribuições relativas à compreensão dos sistemas dinâmicos em meios porosos. Não obstante, é citado por alguns autores que os trabalhos e publicação de Du Commun antecedem a obra de Badon Ghyben & Herzberg, entretanto Du Commun fez a observação sem, no entanto, aprofundar estudos que levassem à quantificação ou definição de equações regentes.

Jones *et al.* (1999) afirmam que intrusão marinha, tem sido mais frequente em aquíferos costeiros e Post & Abarca (2010) afirmam que este tipo de aquífero é tipicamente caracterizado por variações de salinidade da água subterrânea no espaço e no tempo.

A forma de obtenção de dados para investigação da intrusão marinha, vem evoluindo com o desenvolvimento de novas técnicas, geofísicas, geoquímicas e até mesmo sendo introduzidas técnicas biológicas. No entanto, a abrangência de áreas estudadas ainda é pobre, e um dos fatores que influenciou isto, em passado recente, foi o alto custo de prospecção de dados e a quantidade de furos necessários à obtenção dos dados necessários à caracterização de um aquífero além do alto custo de ferramentas informáticas.

Em tempos atuais, além do surgimento de novos equipamentos, bem como, a melhoria nas tecnologias de prospecção dos dados físico-químicos, que trouxeram uma melhor qualidade nas observações com menor custo em obtê-las. E isso associado aos novos códigos simuladores de comportamento dos aquíferos, poderá desta forma, caracterizar um aquífero com uma menor quantidade de furos que em tempos pretéritos e ainda por cima, com uma maior precisão de informações. Naturalmente, o que está aqui sendo posto não é que os softwares venham ser mais eficazes que os furos, o que está sendo posto é que através da tecnologia poderá ser feita uma melhor distribuição destes e através de simulações verificarem o comportamento do aquífero como um todo, tomando estes furos como observação para coleta de amostras.



CAPÍTULO 4

4. CONFIGURAÇÃO REGIONAL E GEOLÓGICA DA PLANÍCIE DO RECIFE

A área de estudo é a Planície do Recife, área mais populosa da Região Metropolitana do Recife - RMR que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, é formada por 14 municípios, Figura 4.1, que inclui as cidades de *Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, São Lourenço da Mata e a capital do estado, Recife*. Segundo o censo 2010 do IBGE, nesta área está assentada uma população de cerca de 3.688.428 habitantes, sendo que uma população de 1.536.934 habitantes, o equivalente a 41,67% da população da RMR, está na capital do estado. O foco principal do estudo foi a zona litorânea da planície do Recife, onde se encontra o maior adensamento populacional, principalmente os municípios de Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes e Camaragibe e mais especificamente, os seus aquíferos costeiros: Boa Viagem, Beberibe e Cabo.

Segundo Costa Filho (1997), a planície do Recife encontra-se em uma base construída de depósitos de sedimentos quaternários em uma planície de formação geológica fluvio-marinha, que coincidem com as planícies de inundação dos vales de antigos rios e riachos. Situada nos limites geográficos de ocorrência sedimentares da bacia do Cabo e da bacia Pernambuco-Paraíba com cotas inferiores a 10 m, e elevação média de aproximadamente 2 m acima do nível médio do mar atual, sendo emoldurada por elevações topográficas que, conforme o autor *op.cit.*, encontra-se um segundo tipo morfológico que são áreas elevadas com cotas variando entre 10 e 100 m, moldadas sobre o embasamento cristalino e sedimentos da Formação Barreiras, que formam morros isolados ou áreas dissecadas por vales profundos.

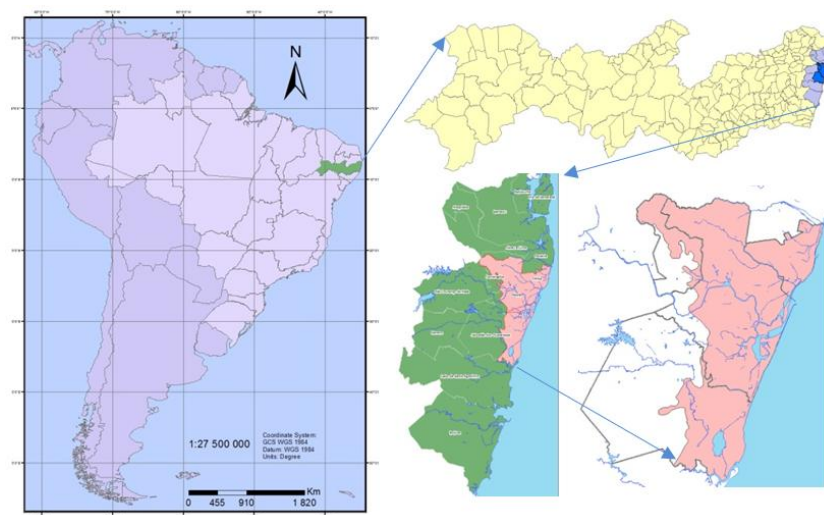


Figura 4.1: Localização do Estado de Pernambuco e Grande Recife. Fonte própria.

4.1. Estrutura Geológica

A estrutura geológica, segundo Manoel Filho (2003), diz respeito às características geométricas produzidas no sistema geológico por deformação, após deposição ou cristalização, como é o caso das juntas, fraturas, falhas e dobras. Para ele, o conhecimento da geologia de uma região, isto é, da sua litoestratigrafia e estrutura, é o ponto de partida para a compreensão da distribuição espacial dos aquíferos e aquitardes. Assim, buscou-se na literatura informações geológicas de toda a região e, mais especificamente, da área onde então assentados os aquíferos objeto do presente estudo, conforme pode ser visto no mapa de localização da Bacia de Pernambuco no contexto das bacias sedimentares brasileiras, Figura 4.2.

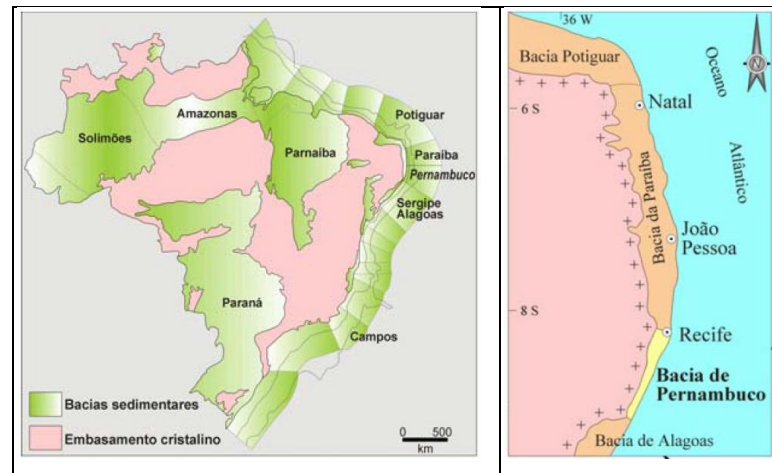


Figura 4.2. Mapa de localização da Bacia de Pernambuco no contexto das bacias sedimentares brasileiras. Fonte: Nascimento *et al.* (2003).

Em uma primeira visão da região, é mostrado um mapa das formações brasileiras e as regiões onde predominam as diversas bacias sedimentares como Paraíba, Potiguar, Pernambuco etc. e o embasamento cristalino, em relação ao restante do território brasileiro. No detalhamento, do lado direito, pode se percebido o imenso domínio do cristalino em relação a apenas uma pequena faixa de depósitos sedimentares e, a situação em relação a algumas das capitais do nordeste brasileiros entre as quais, a cidade do Recife. Em uma segunda visão, tem-se a Figura 4.3, que mostra o arcabouço estrutural, fácies e batimetria da planície do Recife e ainda, as linhas dos falhamentos que ocorrem na área, provocados pelas mais diversas atividades geológicas da crosta terrestre.

Em detalhamento feito por BORBA *et al.*(2010) com base no projeto HIDROREC II, este relata que a geologia da planície do Recife é constituída por rochas do embasamento cristalino e pelas rochas sedimentares sobrepostas, pertencentes às bacias sedimentares costeiras Cabo e Pernambuco-Paraíba, subdividindo-a em três domínios geológicos principais:

- Norte: a Bacia Sedimentar Pernambuco - Paraíba.
- Sul: a Bacia Vulcano - Sedimentar do Cabo;
- Oeste: o Embasamento Cristalino do Maciço Pernambuco - Alagoas;

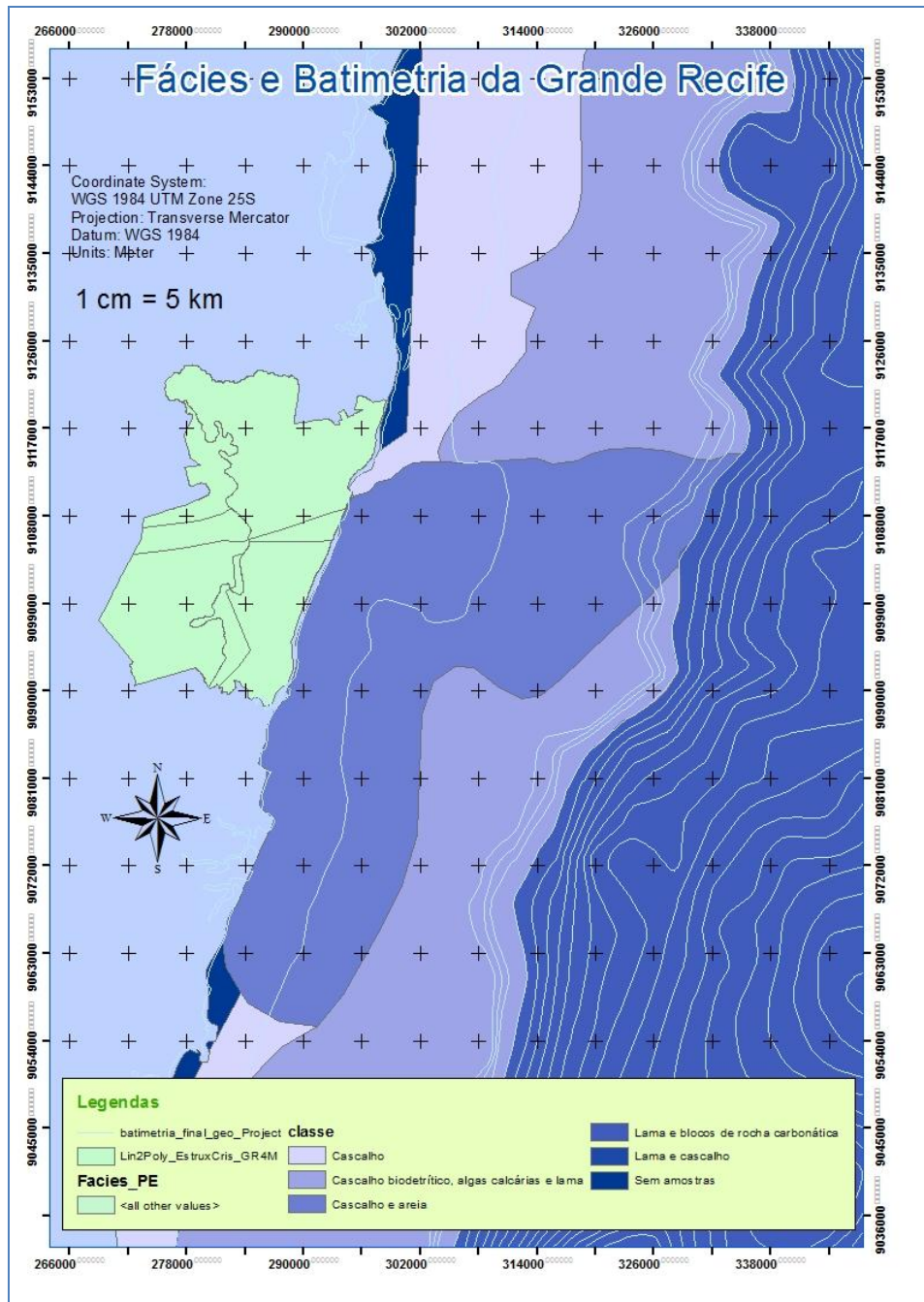


Figura 4.3: Mapa do Arcabouço Estrutural, Fácies e Batimetria da RMR.

4.1.1. Evolução Estrutural e Geológica da Região

No nordeste brasileiro, em descrição feita por Mohriak (2003), destaca-se o alinhamento leste–oeste de Pernambuco–Paraíba, que exerce papel fundamental no controle tectônico das bacias formadas no Mesozóico. Enquanto na margem norte brasileira, segundo Cordani *et al.* (2000 apud Mohriak, 2003) destaca-se o lineamento Transbrasiliiano, de direção NE–SO, que atravessa a Bacia do Parnaíba

e separa o segmento extensional da bacia do Ceará (Bacia de Mundaú, a leste) dos segmentos transpressionais da bacia de Piauí–Camocim.

Misuzaki *et al.* (2002 apud Mohriak, 2003) descreveram que no Mesozóico essas bacias foram afetadas pela ruptura continental (quebra do Gondwana), Figura 4.4, resultando em feições extensionais de riftes superpostos aos sedimentos anteriormente depositados (por exemplo, Bacia de São Luís e Bacia Sergipe–Alagoas), e também cobertas por derrames basálticos associados à abertura do Atlântico Sul. Para os autores *op.cit.*, os riftes ao longo da margem continental, que evoluíram até formar as bacias sedimentares da margem passiva, formam um conjunto de bacias sedimentares que se estende desde o limite com a Guiana até o limite com as águas territoriais do Uruguai. Assim o sistema de riftes da margem continental brasileira (principalmente no segmento entre Sergipe–Alagoas e Santos) formou-se como consequência de processos extensionais datados de Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior (Chang *et al.* 1992 apud Mohriak, 2003).

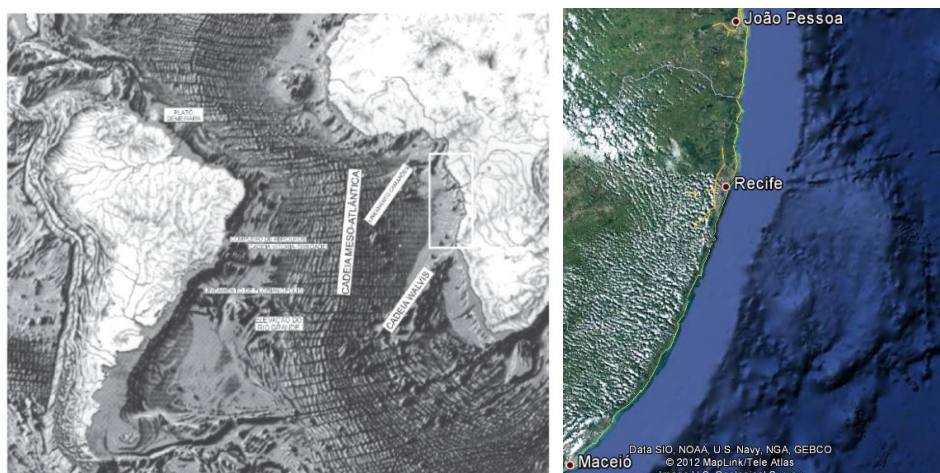
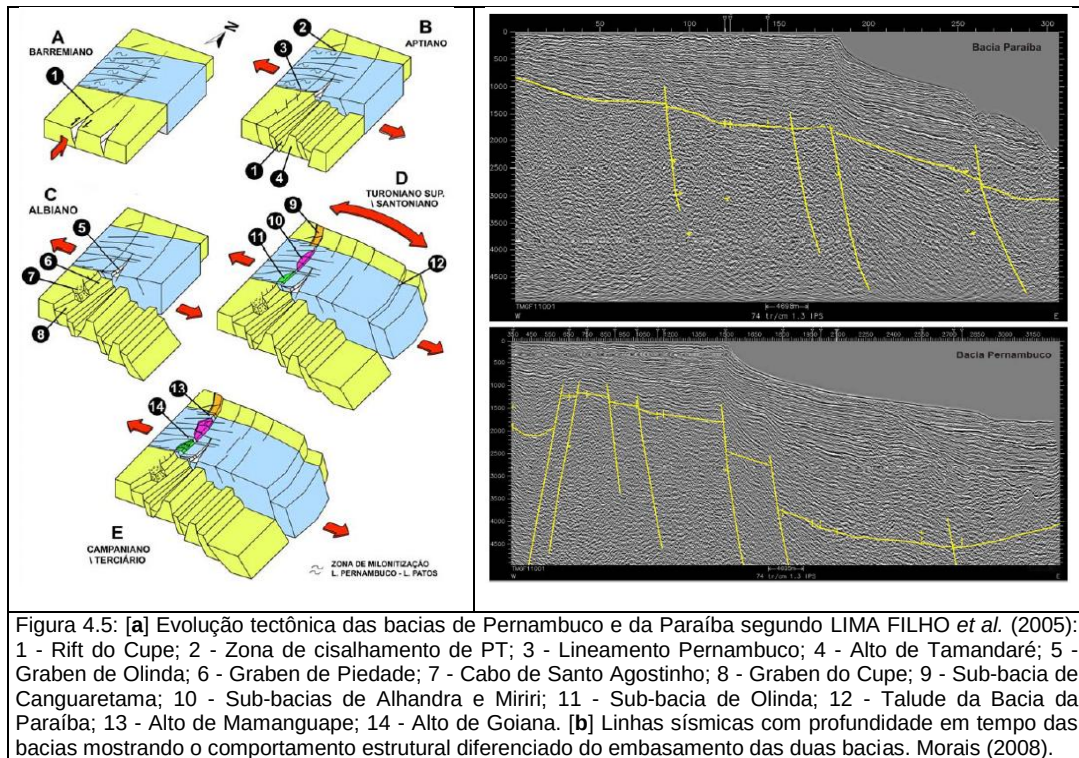


Figura 4.4: [a] Mapa de localização do Atlântico Sul. Mapa geomorfológico do Atlântico, ilustrando principais feições tectônicas. Fonte: Mohriak (2003); [b] Vista da Região. Google.Earth (2012).

Há evidências de esforços extensionais polifásicos nas regiões extremas da placa sul-americana, com idades de sedimentos preenchendo grábens que atingem até o Triássico, Figura 4.5, corroboradas por datação geocronológica de rochas intrusivas e extrusivas precedendo a fase principal de rifteamento (Mizusaki *et al.* 2002 apud Mohriak, 2003).

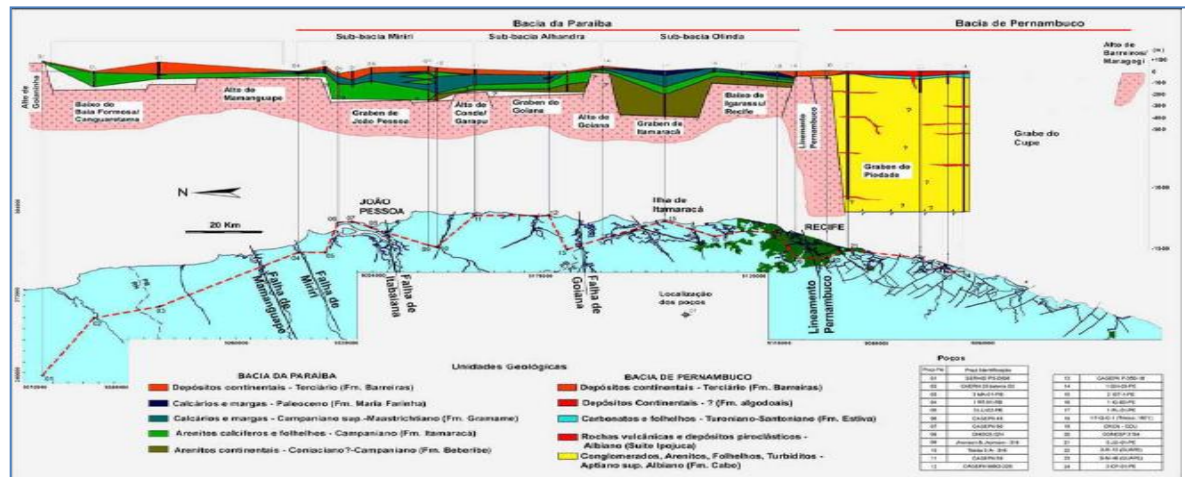


Conforme descrição feita por Silva Filho *et al.* (2002 apud Mohriak, 2003), duas unidades geológico / geotectônicas distintas ocorrem na planície do Recife: (i) as rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano, integrantes do Alto Pernambuco / Alagoas e (ii) as rochas sedimentares de idade cenozoica / mesozóica que compõem a bacia costeira Pernambuco / Paraíba, Figura 4.6.

O embasamento cristalino, que aflora na porção oeste da planície do Recife e que serve de substrato aos sedimentos da bacia, é composto de granitos e granodioritos, ao sul do Lineamento Pernambuco, e de gnaisses e migmatitos diversos, ao norte desta estrutura.

A Bacia Sedimentar Pernambuco / Paraíba, ocorre ao longo do litoral, com largura média de 20 km, na porção norte, estreitando-se abruptamente nas proximidades do Lineamento Pernambuco, quando passa a uma largura variável de 6 a 10 km; é composta de duas sub-bacias: (i) A Sub-Bacia Sul, a sul do Lineamento Pernambuco que passa em Recife, mais antiga, testemunha da abertura do Atlântico, sendo também conhecida como Rift do Cabo. As Formações Cabo, Estiva e Ipojuca são unidades lito-estratigráficas pertencentes ao Rift do Cabo e (ii) A Sub-Bacia Norte registra a época em que já existiria pelo menos um proto-oceano, sendo constituída por unidades transgressivas; As formações Beberibe, Gramame e Maria

Farinha pertencem à Sub-Bacia Norte. Destaca-se a Formação Beberibe por ser o principal aquífero da planície do Recife, conforme levantamento radiométrico da Figura 4.7.



Quadro 4.1: Bacias da planície do Recife e suas Respectivas Formações e Constituição.

Bacias da planície do Recife e suas Respectivas Formações e Constituição.				
Bacia	Idade	Apresentação	Formação	Constituída de
Embasamento Cristalino	Pré-Cambriana	Mergulha para leste com inclinação da ordem de 28m/km; Com uma suave inclinação para sudeste oscilando entre os valores de 8 e 14m/km	Maciço Pernambuco-Alagoas	Granitos, gnaisses e migmatitos
Bacia Sedimentar do Cabo	tipo <i>Rift</i> (Cretácea)	Ocupa toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, largura média de 10 km na parte emersa e com um espesso pacote sedimentar atingindo mais de 3.000m.	Formação Cabo (Cretáceo Inferior)	Conglomerados polimíticos de matriz arcoseana, arcósios, siltitos, argilitos e arenitos grosseiros.
			Formação Estiva (Cretáceo Superior)	Arcósios carbonáticos, crescendo verticalmente a participação carbonática até caracterizar, no topo, margas e calcários dolomíticos fossilíferos.
			Formação Ipojuca (Cretáceo Inferior a Superior)	Um conjunto de rochas vulcânicas de composição extremamente variável, desde basáltica até riolítica.
Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba	Terciária	Apresenta-se, estruturalmente, como uma homoclinal, com o embasamento cristalino mergulhando suavemente para leste, constituindo uma faixa continental de largura média em torno de 20 km ao longo de todo o litoral norte da planície do Recife, estreitando-se quase que abruptamente nas proximidades do Lineamento Pernambuco, para assumir uma largura média de 8.000m.	Formação Beberibe (Cretáceo Superior)	Arenitos aquíferos quartzosos continentais de granulação variável contendo intercalações de silte e argilas na seção inferior (Beberibe Inferior) e arenitos aquíferos calcíferos de caráter marinho na seção superior (Beberibe Superior).
			Formação Gramame (Cretáceo Superior)	Da base para o topo, de arenitos calcíferos que gradam para calcários arenosos e culminam com calcário dolomítico e margoso muito fossilífero.
			Formação Maria Farinha (Terciário)	Ocorrências idênticas às da Formação Gramame que lhe é subjacente e concordante.
Planície do Recife	Sedimentos (Tércio-Quaternários)	Definidas por três terraços marinhos (praias pleistocênicas, pleistocênicas modificadas e holocênicas), depósitos flúvio-lagunares e mangues. As praias pleistocênicas constituídas de areia de praias com cimentação por ácido húmico e Fe ₂ O ₃	Formação Barreiras	Areias argilosas e argilas variegadas, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos mais grosseiros, apresentando-se com espessuras muito variáveis.
	Sedimentos (recentes Quaternários)		Formação Boa Viagem	Seqüência alternada de psamitos e pelitos, ou seja, areias variegadas, argilas, limos e vasas, de origem continental ou marinha.
	Outros sedimentos de origem praial, paludial, lagunar e fluvial (Quaternários)		Sedimentos (recentes)	<u>Praias pleistocênicas</u> modificadas constituídas de areias de praia com intercalações de argilas orgânicas; <u>Praias holocênicas</u> constituídas de areias de praia com fragmentos de conchas; <u>Depósitos flúvio-lagunares</u> constituídos de areias, siltes e argilas orgânicas; <u>Mangues</u> constituídos por areias finas, siltes e argilas orgânicas com vegetação típica.

Fonte: Costa Filho (1997), adaptado.

Segundo Dominguez *et al.* (1990), foram claramente identificadas, duas transgressões marinhas durante o Quaternário, devido as quais, diferentes tipos de

rochas foram atacadas pelo mar, em cada uma delas, e, segundo os autores *op.cit.*, isto vem a ser a principal fonte dos sedimentos Quaternários que ocorrem nesta área, uma vez que os rios que nela deságuam e, que podem ter feito o transporte dos sedimentos de outras rochas localizadas mais para o interior do continente, são todos de pequeno porte. Para esses autores, os Terraços marinhos ao longo da costa de Pernambuco aparecem claramente marcados por dois conjuntos de terraços arenosos com características tipicamente marinhas, cujas ocorrências apresentam-se descontinuamente ao longo da costa em forma de pequenas manchas.

Dominguez *et al.* (1990), descreveram que o primeiro conjunto de terraços é mais alto, com altitudes de 7 a 11 metros acima do atual preamar e, apresentam alguns afloramentos que são vestígios de antigas cristas de cordões litorâneos. Enquanto o segundo conjunto de terraços, mais baixo, com altitudes variando de 1 a 5 m acima da atual preamar, aparece quase que continuamente ao longo da costa, formando faixas alongadas de larguras variáveis, quase sempre apresentando cristas de cordões litorâneos na superfície e sempre mais externos em relação aos terraços mais altos.

Quanto à idade desses dois níveis de terraços, Carvalho & Coutinho (1979, apud Dominguez *et al.* 1990), os associam à transgressão Flandriana, atribuindo-lhes, portanto, uma idade Holocênica. Já em relação à idade dos terraços mais altos, até então só se conseguiram indicações na costa do Estado da Bahia, onde Martin *et al.* (1982, apud Dominguez *et al.* 1990), mencionam uma idade Pleistocênica, em torno de 120.000 anos A.P., baseados em datações pelo método do $^{10}Be/U$.

Conforme Dominguez *et al.* (1990), o primeiro, holocênico, está relacionado à transgressão denominada de “Última Transgressão”, que alcançou um máximo em torno de 5 m acima do nível médio atual do mar por volta de 5.100 anos A.P. O segundo, pleistocênico, está associado à transgressão denominada de “Penúltima Transgressão”, cujo máximo de 8 a 10 m acima do nível médio do mar, foi alcançado há cerca de 120.000 anos A.P.

A Tabela 4.1 juntamente com a Figura 4.8, mostram o posicionamento no tempo e no espaço dos diferentes testemunhos de níveis marinho, em relação ao nível médio do mar atual, na região costeira do estado de Pernambuco e o gráfico

correspondente. Segundo Dominguez *et al.* (1990), apontam os bancos de arenito como testemunhos de um nível do mar mais alto que o atual durante o Quaternário. E ainda, mencionam como evidências de níveis de mar holocênicos mais elevados através de observações em superfícies de abrasão em recifes de corais. Corroborando com isto, (Kegel, 1955 apud Dominguez *et al.* 1990) também sugerem níveis de mar quaternários mais elevados a partir de observações de perfurações de ouriços-do-mar situadas acima da zona ecológica atual desses organismos.

Tabela 4.1: Localização de testemunhos de transgressões marinhas.

Localização	Número da amostra	Referência	Natureza	Idade (anos A.P.)	Antigo nível marinho em relação ao nível médio atual (m)
E-01 (Fig. 3)	PE-1	Bah-1228	Vermetídeo	200 ± 160	+1,36 (± 0,5)
E-04 (Fig. 3)	PE-8	Bah-1226	Alga calcária	360 ± 160	> 0,56
E-04 (Fig. 3)	PE-7	Bah-1225	Vermetídeo	570 ± 160	+1,91 (± 0,5)
E-21 (Fig. 4)	PE-34	Bah-1230	Vermetídeo	650 ± 150	+1,36 (± 0,5)
E-16 (Fig. 2)	PE-26	Bah-1223	Vermetídeo	980 ± 160	+1,36 (± 0,5)
Gaibu (Fig. 3)	A17	Shell-A17*	Conchas (banco de arenito)	1190 ± 130	+1,60 (± 0,5)
E-17 (Fig. 4)	PE-27	Bah-1234	de arenito	1560 ± 160	> 0,00
Gaibu (Fig. 3)	A21	Shell-A21*	Vermetídeo	1750 ± 170	+1,40 (± 0,5)
Recife (Fig. 3)	-	Gf-1066**	Coral	1830 ± 110	± 1,0
E-04 (Fig. 3)	PE-9	Bah-1236	Vermetídeo	2010 ± 160	+4,83 (± 0,5)
E-06 (Fig. 3)	PE-13	Bah-1237	Vermetídeo	2570 ± 160	+2,56 (± 0,5)
E-06 (Fig. 3)	PE-12	Bah-1222	Vermetídeo	2670 ± 170	+1,16 (± 0,5)
Gaibu (Fig. 3)	A16	Shell-A16*	Vermetídeo	2790 ± 150	+2,2 (± 0,5)
Recife (Fig. 3)	-	Gf-1062**	Coral	3100 ± 120	+2,0
E-18 (Fig. 4)	PE-30	Bah-1238	Alga calcária	3620 ± 180	> 0,20
Gaibu (Fig. 3)	A22	Shell-A22*	Vermetídeo	3660 ± 170	+2,6 (± 0,5)
E-06 (Fig. 3)	PE-14	Bah-1221	Vermetídeo	3870 ± 170	+4,36 (± 0,5)
E-18 (Fig. 4)	PE-29A	Bah-1218	Alga calcária	4750 ± 200	> 0,20
E-10 (Fig. 3)	PE-19	Bah-1232	Conchas (banco de arenito)	4830 ± 210	> 0,60
E-07 (Fig. 3)	PE-15A	Bah-1215	Conchas (lagunar)	5140 ± 230	> 2,50
E-18 (Fig. 4)	PE-29B	Bah-1219	Coral	5170 ± 220	> 0,20
E-07 (Fig. 3)	PE-15B	Bah-1216	Conchas (lagunar)	5830 ± 230	> 2,50
Recife (Fig. 3)	-	LJ1367**	Conchas (banco de arenito)	5900 ± 300	+1,0 (± 1,0)
E-11 (Fig. 3)	PE-20	Bah-1217	Conchas (lagunar)	6030 ± 20	> 2,50
E-09 (Fig. 3)	PE-17	Bah-1231	Conchas (banco de arenito)	6200 ± 250	> 0,50

* Van Andel & Laborel (1964)

** Delibrias & Laborel (1971)

Fonte: Domingues *et al.* (1990).

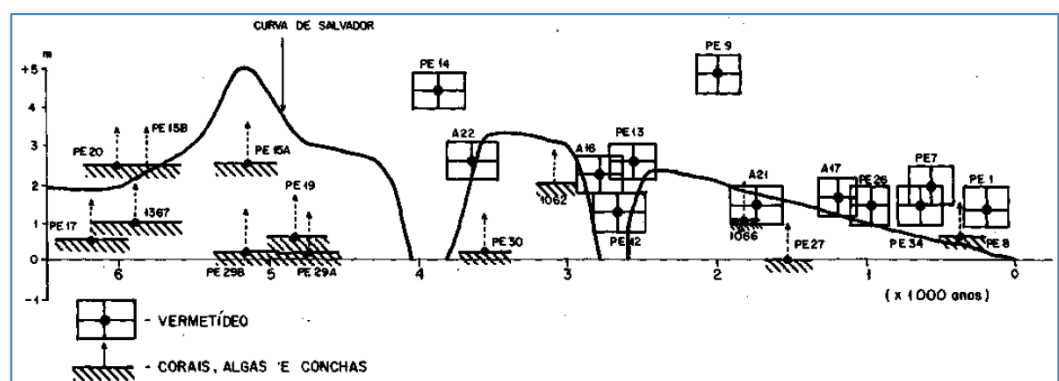


Figura 4.8: Posicionamento no tempo e no espaço dos diferentes testemunhos de níveis marinhos elevados na região costeira do estado de Pernambuco que foram datados pelo método do carbono 14. Fonte Domingues *et al.* (1990).

Segundo Chang *et al.* (1990, apud Moraes, 2008) as bacias marginais brasileiras foram profundamente afetadas por um rápido rebaixamento eustático,

com importantes efeitos erosivos e o desenvolvimento de discordâncias, as quais separam a seção transgressiva da seção regressiva.

4.1.2. Litoestratigrafia da Área do Estudo

A litologia, segundo Manoel Filho (2003), trata da composição mineral, da distribuição de tamanho dos grãos e do grau de compactação dos sedimentos ou rochas constituintes do arcabouço geológico e estratigrafia descreve as relações geométricas e cronológicas entre os vários elementos constituintes do sistema geológico, tais como lentes, camadas e formações de origem sedimentar. A Figura 4.9, mostra sequências de deposições sedimentares no platô de Pernambuco e bacia oceânica.

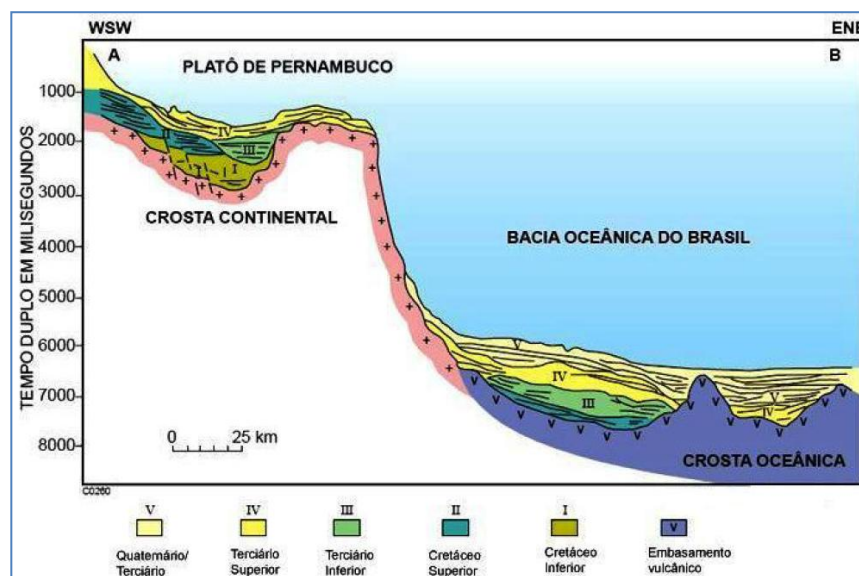


Figura 4.9: Sequências sedimentares no Platô de Pernambuco e Bacia Oceânica (adaptada de Costa *et al.* 1991 apud Moraes, 2008)

A região costeira do Estado de Pernambuco apresenta, segundo Dominguez *et al.* (1990), um esquema evolutivo Quaternário que se enquadra no modelo anteriormente definido para as regiões costeiras dos Estados de Alagoas, Sergipe, Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo. Assim, são aí encontrados testemunhos de dois grandes episódios transgressivos quaternários: (i) O primeiro, pleistocênico, com um máximo atingido há 120.000 anos A.P., é representado por terraços marinhos com alturas de 7 a 11 m acima da preamar atual e, (ii) O segundo, holocênico, com um

máximo há 5.000 anos A.P. A costa do Estado de Pernambuco, de uma maneira geral, uma gradativa descida do nível do mar, de 5.000 anos A.P. até o presente. Durante esse período, o nível do mar experimentou, provavelmente, um abaixamento de cerca de 5 m.

Conforme a descrição feita por Dominguez *et al.* (1990) foram ainda identificados terraços marinhos elevados ao nível de 2 a 3 m de altura, tendo também mencionado a existência de um segundo nível entre 7 e 8 m. Segundo Moraes (2008), um modelo de evolução estratigráfica do Neocomiano ao Recente, foi elaborado com base em estudos sísmicos, para a até então chamada Bacia PE/PB, para a área do platô de Pernambuco e a bacia Oceânica, conforme mostra as cartas estratigráficas, Figura 4.10.

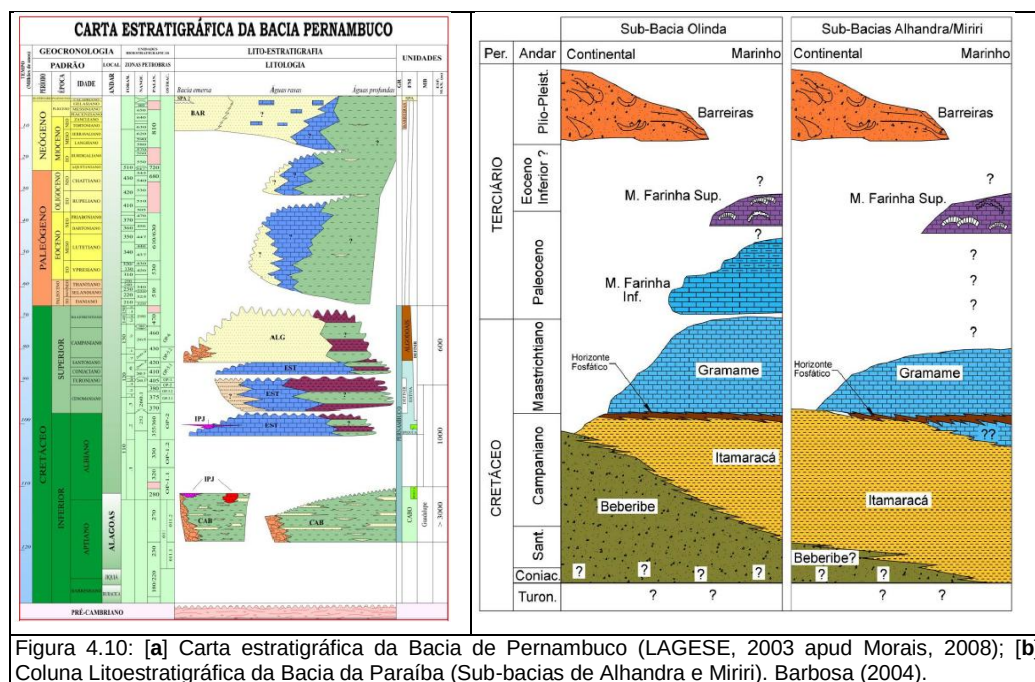


Figura 4.10: [a] Carta estratigráfica da Bacia de Pernambuco (LAGESE, 2003 apud Moraes, 2008); [b] Coluna Litoestratigráfica da Bacia da Paraíba (Sub-bacias de Alhandra e Miriri). Barbosa (2004).

Em seu trabalho Dominguez *et al.* (1990), relatam datações radiométricas efetuadas em amostras de vermetídeos, corais e bancos de arenito que também confirmam a existência de níveis marinhos holocênicos elevados na costa de Pernambuco. Para os autores *op.cit.*, já havia sugerido anteriormente, a construção de pelo menos alguns destes bancos de arenito devem estar ligados a níveis marinhos mais elevados que o atual.

Para Dominguez *et al.* (1990), essa afirmativa seria verdadeira para aqueles bancos de arenito que se formaram na região de ante-praia (com cruzadas acanaladas) e hoje se encontram acima do nível da maré baixa atual, nível este que delimita no perfil da zona costeira o limite entre a face da praia e a antipraia.

Segundo Morais (2008), as sequências constituem o registro estratigráfico de ciclos geológicos, esses ciclos podem ser de caráter tectônico (de subsidência e/ou soerguimento) ou de caráter eustáticos com subida e queda do nível do mar, esses ciclos podem ocorrer sob diferentes períodos de tempo. Assim a evolução de uma bacia sedimentar é interpretada, segundo Vail *et al.* (1991, apud Morais, 2008) como sendo um ciclo de primeira a quinta ordem como segue: (i) Primeira Ordem - são ciclos eustáticos associados a fenômenos globais; (ii) Segunda Ordem - Os eventos tectônicos (3 – 50 milhões de anos) são controlados por mudanças na taxa de subsidência tectônica na bacia ou por mudanças na taxa de soerguimento na área-fonte dos sedimentos. Como, por exemplo, as definições de sequência de Sloss (1963, apud Morais, 2008); (iii) Terceira Ordem - são de uma escala bem determinada nos dados sísmicos de 0,5 – 3 milhões de anos. São os alicerces da estratigrafia de seqüências. Estes ciclos são identificados pelo reconhecimento de ciclos individuais de criação e destruição do espaço de acomodação; (iv) Quarta e Quinta Ordem - são ciclos de 0,08 – 0,5 milhões de anos e de 0,03 – 0,08 milhões de anos, respectivamente e são caracterizados pelas perturbações cíclicas da órbita e da inclinação da Terra, conhecidos como sendo os *Ciclos de Milankovitch*. Os quais estão relacionados com as mudanças na excentricidade da órbita da Terra ao redor do sol. Estes ciclos representariam as pequenas oscilações do nível do mar, cuja causa está relacionada a variações climáticas e eles são registrados na forma de para-sequências (Plint *et al.* 1992, apud Morais, 2008).

4.1.3. Litoestratigrafia das Formações

As discordâncias são características estratigráficas especialmente importantes em hidrogeologia (Freeze & Cherry, 1979 apud Manoel Filho, 2003). O mapeamento de seqüências deposicionais em uma bacia sedimentar pode ser desenvolvido a partir do reconhecimento das discordâncias e suas conformidades

correlatas. Para Moraes (2008) as bacias riftes marginais geralmente contêm duas discordâncias bem documentadas que são: a pré-rifte e a discordância pós-rifte.

Costa *et al.* (1991, apud Moraes, 2008), individualizaram a seqüência sedimentar do Platô em quatro unidades separadas por três discordâncias regionais da bacia: (i) O primeiro pacote marcaria a presença de estratos da fase rifte; (ii) Um segundo conjunto de estratos ocorreria do Albiano ao Paleoceno; (iii) Em seguida ocorreriam estratos associados a uma fase regressiva que preencheram um grande canal na porção sul do Platô, e estes são limitados por uma discordância possivelmente do Oligoceno e (iv) Uma quarta unidade, caracterizada por depósitos pelágicos do Paleógeno Superior, ocorreria recobrindo toda a bacia, Figura 4.11.

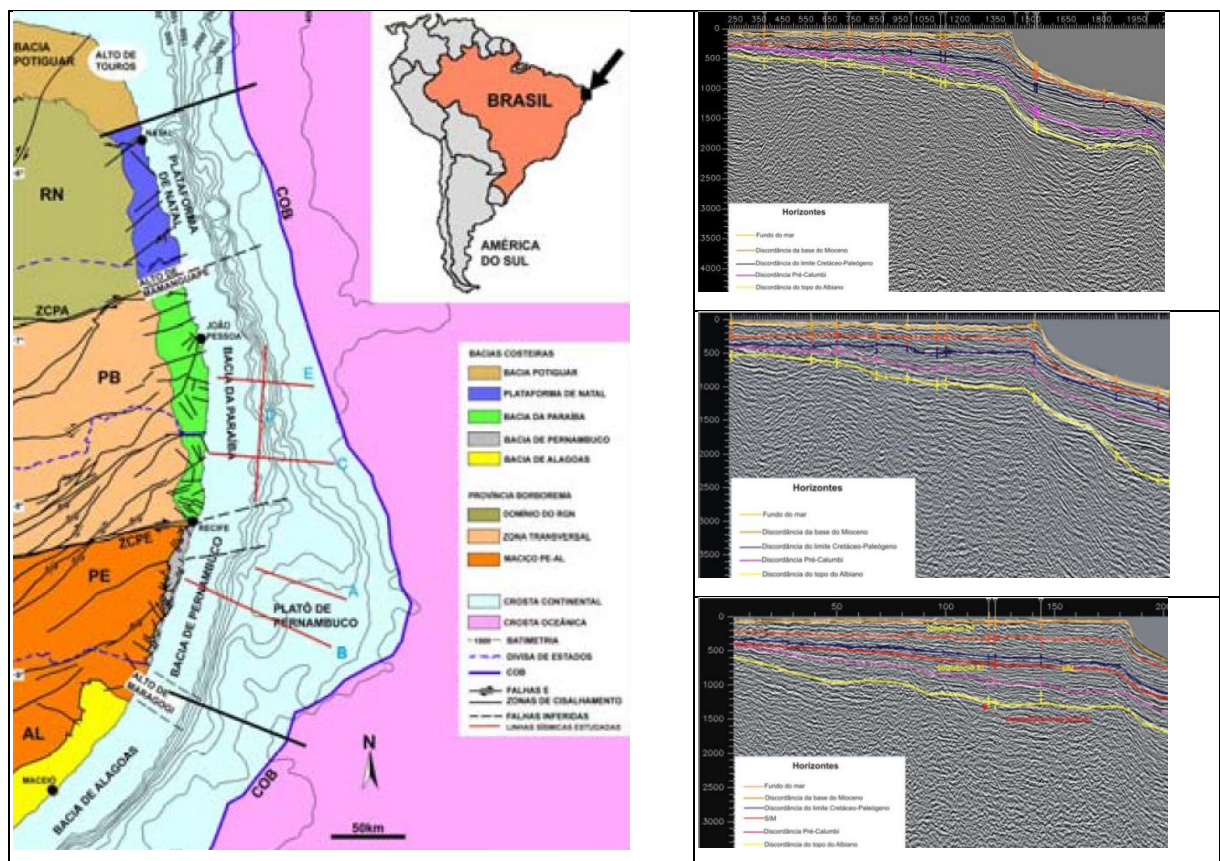


Figura 4.11: À esquerda: Mapa de localização baseado em Barbosa, 2008; à direita [a] Linha Sísmica A da Bacia de Pernambuco, com as seqüências individualizadas.; [b] Linha sísmica B na Bacia de Pernambuco, com a discordância da base do Mioceno truncando a discordância do limite Cretáceo-Paleógeno.; [c] Linha sísmica C em frente à ilha de Itamaracá, Bacia da Paraíba, com a discordância do topo do Albiano (Moraes, 2008)

Segundo Morais (2008), algumas linhas sísmicas, posicionadas na porção submersa da bacia de Pernambuco e observaram a presença de uma seção evaporítica que ocorre intercalada à porção superior da sequência rifte e a presença de corpos de sal na região do platô de Pernambuco.

Segundo Alves & Costa (1986, apud Morais, 2008) a sedimentação na área submersa das bacias de Pernambuco e da Paraíba parece ter acontecido de forma contínua ou contrário do que ocorre na porção emersa. Morais (2008) relata que, através dessa análise foi admitido na região *off-shore*, das bacias em epígrafe, uma sedimentação ininterrupta do Albiano-Cenomaniano (Formação Estiva) ao Paleógeno (Formação Maria Farinha).

4.1.3.1. Sequências Depositionais da Bacia de Pernambuco

Sequência A: Esta sequência deposicional, segundo Morais (2008), é limitada na base pela discordância do topo do Albiano (S1) e no topo pela discordância interpretada como Coniaciano (S2). A discordância S2 afetou a sequência **A** com mais intensidade na região norte da bacia de Pernambuco, pois a porção superior desta sequência foi removida por efeito de uma erosão, Figura 4.12.

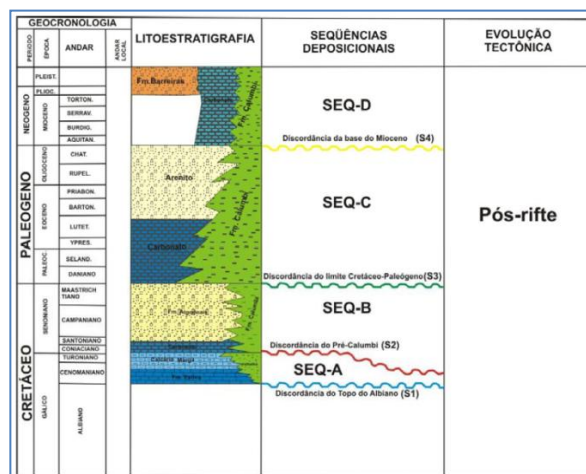


Figura 4.12: Quadro Cronoestratigráfico da Bacia de Pernambuco para as sequências do topo do Albiano ao Recente (Morais, 2008).

A sequência A apresenta um comportamento de *onlap*, em relação à sequência adjacente, os depósitos plataformais desta sequência podem

ser correlacionados com os depósitos carbonatos de idade cenomaniana-turoniana da formação Estiva que afloram na região costeira.

Seqüência B - Esta seqüência é limitada, segundo Moraes (2008), na base pela discordância interpretada como Coniaciano, aqui correlacionada com a discordância Pré-Calumbi (S2) da bacia Alagoas e no topo pela discordância interpretada como limite Crétaceo-Paleogeno (S3). Abrange desde o Coniaciano?-Santoniano até o Maastrichtiano. Esta seqüência foi depositada sobre os carbonatos de alta energia e os pelitos da seqüência **A**. essa região pode ser caracterizada por arenitos plataformais correlatos com formação Algodoads, cujos depósitos afloram na faixa costeira. Na interface plataformatalude provavelmente foram depositados carbonatos e folhelhos na bacia profunda ambos da formação Calumbi. Na bacia de Alagoas a formação Calumbi é datada como Neoconiaciano ao Holoceno, sendo caracterizada por pacotes de argilitos e folhelhos cinza a esverdeado, de ambiente de talude e bacia oceânica, intercalados com arenitos finos a grosso depositado sob ação de correntes de turbidez (Feijó, 1994 apud Moraes, 2008).

A Calha Erosiva do Platô de Pernambuco - A discordância (S2) correlacionada com a discordância Pré-Calumbi da Bacia de Alagoas pode estar relacionada com o evento ocorrido durante o Coniaciano nos continentes africano e sul-americano, resultado de um descolamento distensional entre as placas sulamericana e africana (Jardim de Sá et. al. 2004 apud Moraes, 2008). Este evento ocorrido durante o Coniaciano, segundo Lima Filho *et al.* (2005 apud Moraes, 2008) fez com que ocorresse um soerguimento na bacia de Pernambuco com levantamentos epirogenéticos e erosão da formação Cabo e na Suíte Ipojuca. Já na bacia da Paraíba este evento foi responsável por um processo de subsidência moderado e conseqüentemente com o início da deposição sedimentar na região proximal pelos clásticos da formação Beberibe.

Seqüência C – Conforme descrito por Moraes (2008), esta seqüência abrange os estratos depositados no intervalo do Paleoceno ao Oligoceno. Na

região da plataforma, a passagem do Cretáceo para o Paleógeno é bem documentada devido à existência de terminações com ângulo de mergulho relativamente alto, com padrão mergulho acima em toplap e mergulho abaixo em downlap, caracterizando uma sismofácies do tipo progradante oblíqua tangencial. Segundo Ribeiro (2001, apud Moraes, 2008) o padrão progradante está relacionado a condições de alto suprimento sedimentar com pouca subsidência e nível do mar estacionário, indicando assim águas rasas com alta energia de deposição. O padrão progradante relacionado com o intervalo do Paleógeno observado nas seções sísmicas indica que esta fase regressiva na bacia de Pernambuco iniciou-se neste intervalo de tempo.

Sequência D – Esta seqüência é composta, conforme Moraes (2008), por estratos do Neógeno ao recente, ela é limitada na base pela discordância da base do Mioceno e no topo pelo horizonte do fundo do mar. Esta seqüência é caracterizada pela presença de vales incisos na região plataformar. Segundo Sangree & Widmier (1977, apud Moraes, 2008), estas feições montiformes são formadas por depósitos pelágicos depositados por correntes oceânicas de fundo. Gomes (2005, apud Moraes, 2008) afirmou que os contornitos sejam formados por sedimentos remobilizados pelas correntes de contorno vinculadas à circulação termohalina dos oceanos, cujas dimensões são diretamente comparáveis aos dos leques submarinos construídos por correntes turbidíticas e processos relacionados.

4.1.3.2 Sequências Sísmicas da Bacia da Paraíba

Segundo Moraes (2008) as superfícies e as discordâncias reconhecidas na porção *on-shore* da bacia foram utilizados como base para a interpretação nas linhas sísmicas de uma Superfície de Inundação Máxima que seria correspondente a superfície que marca o topo do pulso transgressivo que recobriu a bacia e teria idade Neo-Campaniano / Eo-Maastrichtiano. Assim sendo a Bacia da Paraíba, possui as seqüências, B, C e D, correlatas a Bacia de Pernambuco que serão aqui denominadas de B1, C1 e D1 (Figura 4.13).

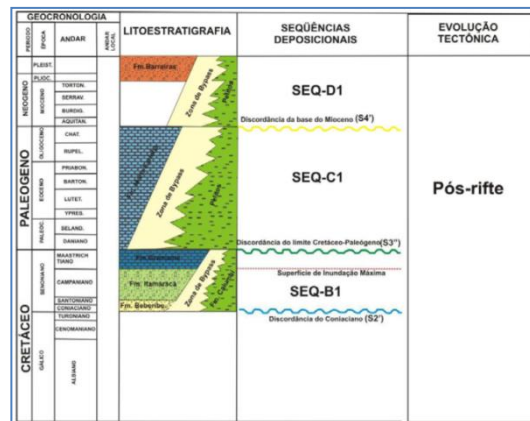


Figura 4.13: Quadro Cronoestratigráfico da Bacia da Paraíba das seqüências do Cretáceo Superior ao Recente (Morais, 2008).

O resultado da interpretação de sismo seqüências foi comparado ao conhecimento das seqüências deposicionais existentes em *on-shore*, inclusive com dados de poços na faixa costeira incluindo o poço 2-IST-1-PE localizado na Ilha de Itamaracá. A bacia de Pernambuco tem uma espessura sedimentar bem mais significativa que a espessura da bacia da Paraíba, pois a plataforma da bacia Paraíba é caracterizada pela presença de um alto estrutural.

4.2. Conclusões do Capítulo

Na área leste do Nordeste brasileiro, o cristalino serve de substrato às diversas bacias sedimentares como Paraíba, Potiguar e Pernambuco. Incrustada nesta área está a planície deltaica do Recife que passou por alguns ciclos, que podem ser de caráter tectônico (de subsidência e/ou soerguimento) ou de caráter eustáticos com subida e descida do nível do mar e, esses ciclos ocorreram sob diferentes períodos de tempo. A evolução desta bacia sedimentar passou por ciclos de primeira a quinta ordem, que definiram o seu arcabouço geológico.

Eventos tais como a ruptura continental (quebra do *Gondwana* - antigo supercontinente que incorporou atual América do Sul, África, Arábia, Madagascar, Índia, Austrália e Antártida. Ele foi totalmente montado no período pré-cambriano tarde, cerca de 600 milhões de anos atrás), que resultaram em feições extensionais de riftes superpostos aos sedimentos anteriormente depositados e também

coberturas por derrames basálticos associados à abertura do Atlântico Sul em que, os riftes ao longo da margem continental, evoluíram até formarem as bacias sedimentares da margem passiva. Assim o sistema de riftes da margem continental brasileira foi formado, como consequência de processos extensionais datados de Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior, principalmente no segmento entre Sergipe–Alagoas e Santos.

Na planície do Recife, destaca-se o alinhamento leste–oeste de Pernambuco–Paraíba, que exerce papel fundamental no controle tectônico das bacias formadas no Mesozóico, que teve seu preenchimento através de deposições feitas pelos avanços e recuos das águas do mar registradas em pretérito distante. Além das deposições naturais ocorridas pelos desmoronamentos e carreamento motivadas pelas águas pluviais através dos rios e córregos que densamente permeiam esta planície.



CAPÍTULO 5

5. FORMAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA PLANÍCIE DO RECIFE.

O sistema aquífero da Planície do Recife, planície do Recife, é composto por dois aquíferos profundos, Cabo e Beberibe, de características semiconfinadas, recobertos por um aquífero freático, o Boa Viagem, que estão dispostos, segundo Cabral (1995), Costa Filho (1997), Monteiro (2000), Costa *et al.* (1998, 2003), Montenegro *et al.* (2005), Borba *et al.* (2010), em uma Planície deltaica, cujos sedimentos têm origens diversas, tais como: Fluvial, Marinha, Coluvial, Mangues, etc., que recobrem as bacias sedimentares costeiras separadas pelo divisor estrutural o Lineamento Pernambuco, denominadas bacia Paraíba (ao norte) e bacia Pernambuco (ao sul).

5.1. Definição dos Aquíferos.

Do ponto de vista dos recursos hídricos subterrâneos, segundo Custodio (2010), as áreas deltaicas são importantes formações costeiras, que são encontrados no curso inferior dos rios, quando a contribuição da taxa de sólidos do rio é superior à sua dispersão pelas marés e correntes. Além da deposição de

sedimentos feitos pelos rios que desembocam nesta região, há ainda a contribuição de sedimentos depositados pelos avanços e posteriores recuos feitos pelo mar em períodos pretéritos. Assim sendo, na planície do Recife se desenvolveram aquíferos com características hidrodinâmicas distintas, cujas características litológicas gerais estão postas na Quadro 5.1, que os apresenta através de suas Características Litológicas Gerais, conforme levantamento do HIDROREC II, Costa *et al.* (2003).

Quadro 5.1: Características Litológicas Gerais dos Aquíferos.

Apresentação ↓		Aquíferos		
		Boa Viagem	Beberibe	Cabo
Características		Formação deltaica, depósitos recentes aluviões, coluviões, terraços fluvio-marinhos, dunas antigas e paleomangues (arenosa, argilosa ou siltosa).	Fácies carbonáticas do topo da seqüência, como pela fácies continentais quartzosas, sem cimentação calcifera	Predomina fácies arenosas ora com menor permeabilidade, onde predomina as fácies siltico-argilosas
Formas de Ocorrência		Livre e semi-confinada	Livre, confinada e semi-confinada	Livre, confinada e semi-confinada
Onde Ocorre		Encobrimdo outros aquíferos mais antigos, ao norte o Aquífero Beberibe e ao sul o Aquífero Cabo, ou ocorrendo diretamente sobre o embasamento cristalino, na região mais oriental do Recife	Região centro-norte do Recife e em Olinda: no Recife ocorre predominantemente com características de confinado a semi-confinado, na forma de pacotes com sedimentos recentes do Aquífero Boa Viagem e no vale do Rio Beberibe chega a aflorar na superfície, ocorrendo como um aquífero livre; na área de Olinda o mesmo ocorre recoberto com alternância ora pela Formação Barreiras ora pelos calcários da Formação Gramame.	Se estende desde o município de Ipojuca ao sul até o lineamento Pernambuco, na altura do bairro do Pina, com direção aproximadamente E-W, com vigência para Nordeste nas proximidades da costa. Apenas uma pequena área de afloramento do aquífero Cabo ocorre na região do Barro, a oeste de Estância
Principais formas de Recarga		Segundo COSTA <i>et al.</i> (1994), sob o ponto de vista hidrogeológico, há dificuldade e impedimento na avaliação mais precisa do comportamento de fluxo descendente (drenança), bem como na avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos deste aquífero.	Drenança vertical descendente através de fraturas dos calcários da Formação Gramame sobrepostas. Existe a possibilidade de ocorrer "realimentação" do Aquífero Beberibe através de drenança do Aquífero Barreiras a ele sobreposto na área mais ocidental da bacia.	Drenança vertical descendente do aquífero Boa Viagem de maneira muito lenta, uma vez que as camadas siltico-argilosas que ocorrem no aquífero superior possuem condutividade hidráulica muito baixa. A outra forma de recarga ocorre na planície do Recife no bairro do Barro, porém em área de apenas 5,5 km ² .
Constituição granulométrica		Bastante variada, desde a fração argilosa até a fração de areia grosseira, com níveis de cascalho, sobretudo nos terraços fluviais.	Arenitos de granulação variável contendo intercalações de siltes e argilas na seção inferior (Beberibe Inferior) e arenito calcífero na parte superior (Beberibe Superior)	Conglomerados polimíticos de matriz arcoseana, arcósios, siltitos, argilitos e arenitos grosseiros
Vazões Médias Obtidas	Mín..	3 m ³ /h	50 m ³ /h	2 m ³ /h
	Max.	13 m ³ /h	70 m ³ /h	5 m ³ /h

Fonte: HIDROREC II, Costa *et al.* (2003), adaptado para este trabalho.

Estes aquíferos tiveram um grande incremento em suas taxas de exploração, principalmente a partir da década de 90, para contribuir com o fornecimento de água, que na época experimentou uma escassez devido a uma seca que assolou a região nordeste do Brasil. Porém, devido à ocorrência de vários poços que vieram a apresentar salinização, foi elaborado um estudo desenvolvido por Costa *et al.* (1998), denominado HIDROREC I, para levantamento do real estado em que se encontravam os aquíferos da planície do Recife, visando melhor conhecer os aquíferos para diminuir e, se possível, reverter tais efeitos.

Este primeiro grande levantamento veio a ser posteriormente atualizado pelo projeto HIDROREC II, Costa *et al.* (2003), e teve os resultados publicado por (Costa *et al.* 2003), no estudo foram estabelecidos limites a exploração dos aquíferos da planície do Recife, de acordo com as condições gerais dos aquíferos. Tal trabalho resultou em um zoneamento para utilização dos aquíferos, determinado pela Resolução CRH Nº 04/2003, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (do Estado de Pernambuco), levada a efeito em 20 de novembro de 2003, conforme mapa de localização das zonas, Figura 5.1 e quadro de restrições de uso, Figura 5.2.

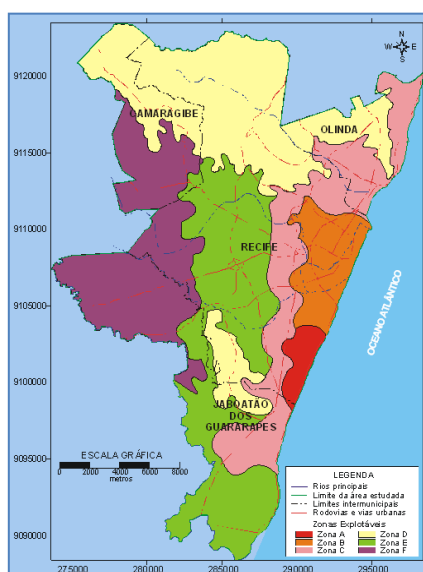


Figura 5.1: Zoneamento da planície do Recife, conforme Resolução CRH Nº 04/2003. Fonte: HIDROREC II (Costa *et al.* 2003).

LEGENDA EXPLICATIVA DO MAPA DO ANEXO I		
ZONA	AQUÍFERO	RESTRIÇÕES DE USO DO POÇO
A	Cabo	Poços novos: não deve ser perfurado nenhum Poços existentes: reduzir a vazão em 50%
B	Cabo e Beberibe	Poços novos: vazão outorgada limitada em 30 m ³ /dia Poços existentes: reduzir a vazão em 30%
C	Cabo e Beberibe	Poços novos: vazão outorgada limitada em 60 m ³ /dia Poços existentes: reduzir a vazão em 15%
D	Barreiras	Poços novos: vazão outorgada limitada em 70 m ³ /dia Poços existentes: sem restrições atualmente
E	Cabo e Beberibe	Poços novos: vazão outorgada limitada em 100 m ³ /dia Poços existentes: sem restrições atualmente
F	Fissural	Poços novos: vazão condicionada a capacidade do poço Poços existentes: sem restrições atualmente

Figura 5.2: Legenda explicativa do mapa do anexo I da Resolução CRH Nº 04/2003.

A distinção dos domínios aquíferos da planície do Recife, mostrada no mapa hidrogeológico simplificado do projeto HIDROREC II (2002, apud Borba *et al.* 2010),

Figura 5.3, onde são destacados alguns poços tubulares profundos, que retiram normalmente água do principal aquífero da planície do Recife, o Beberibe, que originariamente se encontrava protegido da contaminação da superfície por camadas semiconfinantes. Contudo, segundo Oliveira (1994), os aquíferos profundos e semiconfinados Beberibe e Cabo vêm sofrendo com problemas de contaminação devido a poços tubulares mal construídos, capazes de permitir a migração das águas do aquífero livre, Boa Viagem, nas porções norte e sul da planície do Recife, além da contaminação direta por drenança vertical nas áreas onde há falhas no aquitarde que recobre estes aquíferos.

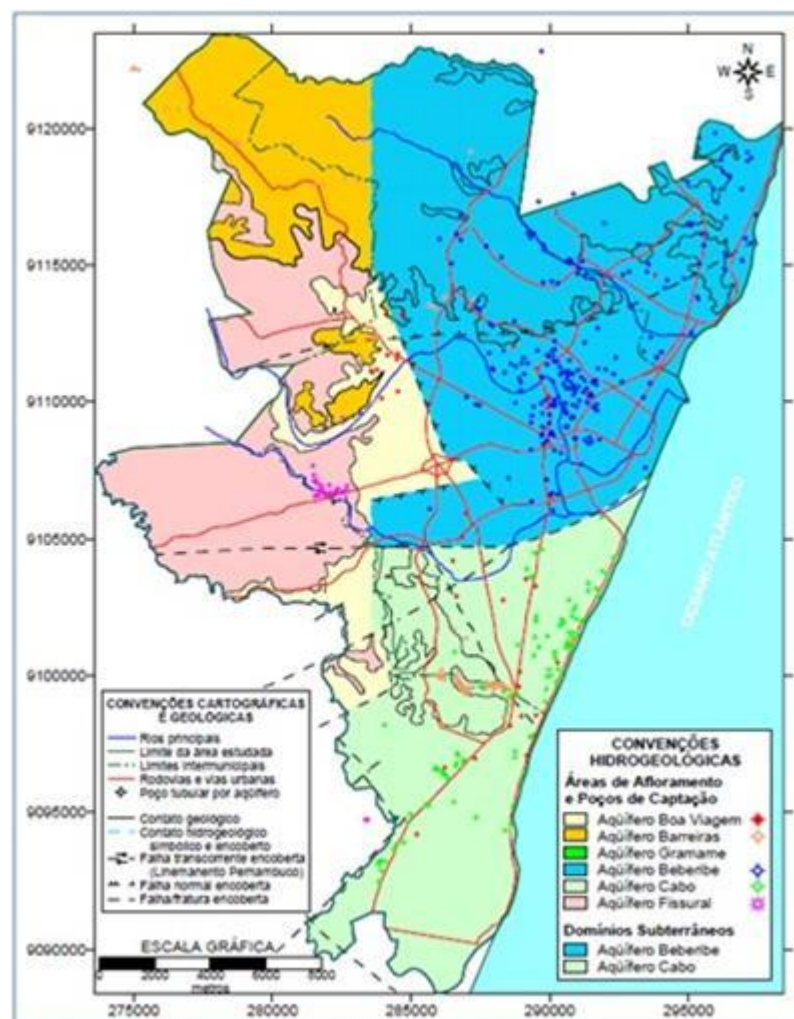


Figura 5.3: Mapa Hidrogeológico Simplificado com distinção dos Domínios Aquíferos. Fonte: HIDROREC II (2002, apud Borba *et al.* 2010).

Algumas áreas dos aquíferos livres da planície do Recife apresentam-se com alta salinização tanto pela infiltração das chuvas, em virtude dos *sprays* marinhos devido à proximidade com a costa atlântica, como também intrusão da cunha salina

devido à forma de rampa suave do seu leito marinho e, para tais situações de relação entre maré e salinização de aquíferos, Choudhury *et al.* (2001), verificaram que os efeitos de flutuações da maré são mais significativos para uma praia de inclinação do que para uma linha costeira vertical e a água salina penetra para o interior mais fortemente para o caso de inclinação. Além desta penetração ao longo da linha costeira tem-se ainda a penetração de águas marinhas, na preamar, por alguns quilômetros para o interior do continente, através de seus rios córregos e canais, devido à densa malha hidrográfica que entrecorta a planície do Recife.

Segundo Montenegro *et al.* (2005), no bairro de Boa Viagem, um dos mais populosos da região litorânea do Recife, onde os aquíferos presentes são o livre Boa Viagem e o semiconfinado Cabo, é a área em que se encontra um grande número de poços em operação e alguns até já desativados, devido ao excessivo rebaixamento potenciométrico.

Isto faz desta zona, uma das mais críticas, que é a chamada “zona A” no projeto HIDROREC II, sendo o aquífero mais explorado o Cabo, onde um estudo de Costa *et al.* (1998) sugeriu que nenhum novo poço deveria ser perfurado e; que os poços atualmente existentes deveriam ter sua vazão reduzida em 50% e, ainda, deveria ser exercido um monitoramento contínuo de níveis e vazões de exploração, como forma de evitar uma intrusão salina nestes aquíferos.

Conforme relatado por Borba *et al.* (2010), devido à super exploração verificada nessa região, houve um perigoso rebaixamento nos níveis freáticos e piezométricos, que pode vir a potencializar uma Intrusão. De forma que a salinidade, por vezes, consegue atingir os reservatórios confinados profundos em alguns trechos da área onde há ausência de camadas naturais confinantes ou, onde existem poços mal construídos ou danificados que acabam por criar um fluxo vertical direto, tornando assim esses aquíferos mais vulneráveis à contaminação de superfície, principalmente onde ocorre intenso bombeamento de poços (Oliveira, 1997).

5.2. Descrição das Unidades Hidrogeológicas

Em descrição no projeto HIDROREC II, Costa *et al.* (2003) indicam que nos aquíferos que ocorrem em diversos domínios hidrogeomórficos da planície do Recife apresentam formas diferentes, conforme se segue e com parâmetros dos sedimentos indicados na Quadro 5.2:

- ✓ Aquífero **Beberibe**, nas formas livre, confinada e semi-confinada;
- ✓ Aquífero **Cabo**, nas formas livre, confinada e semi-confinada;
- ✓ Aquífero **Boa Viagem**, nas formas livre e semi-confinada;

- ✓ Aquífero **Barreiras**, nas formas livre e semi-confinada;
- ✓ Aquífero **Fissural**, na forma livre.

Quadro 5.2: Parâmetros dos sedimentos dos aquíferos da planície do Recife.

Características Litológicas ↓	Aquíferos			
	Beberibe	Cabo	Boa Viagem	Barreiras
Granulometria	Predominância de Arenitos	Predominância de Arenitos Argilosos	Alternância de Areias e Argilas	Alternância de Areias e Argilas
Cimentação	Carbonática na parte superior	Argilosa	Argilosa ou ausente	Argilosa
Coloração	Acinzentada	Acinzentada a esverdeada	Amarelada	Cores variadas
Presença de estratificação (*)	Incipiente	Bem assinalada	Ausente ou incipiente	Bem assinalada
Diagênese Primária	Média	Fraca a Média	Incipiente a Nula	Fraca a Média
Material Orgânico na Matriz	Inexistentes ou restos de fosfatos	Inexistentes	Conchas recentes, restos de madeira paleo-mangues.	Inexistentes.
Angulosidade / arredondamento dos grãos.	Semi-arredondados	Arredondados e sub arredondados	Sub angulosos	Semi-arredondados
Composição Mineral Primária	Quartzo	Quartzo e argilo-minerais	Quartzo, feldspato e fragmentos de rochas cristalinas.	Quartzo e argilo-minerais.
Resistência à penetração Mecânica	Média a elevada	Regular a forte.	Baixa	Baixa a Média

(*) somente observada em afloramentos no campo. Fonte: HIDROREC II (2002). Adaptada para este trabalho.

Fonte: HIDROREC II (2002), adaptado para este trabalho.

Segundo Borba *et al.* (2010), foi verificada pela COMPESA a formação Barreira tem alguma contribuição por drenança para o aquífero Beberibe, mas esta ainda não foi bem quantificada. Da mesma forma a formação fissural, Gramame, contribui por drenança vertical para o aquífero Beberibe, mas que também ainda não existe nenhum estudo conhecido que quantifique tal contribuição.

5.2.1. Principais Aquíferos.

O principal sistema aquífero da planície do Recife é composto por dois aquíferos profundos, **Cabo** e **Beberibe**, de características semiconfinadas, recobertos por um aquífero freático, o **Boa Viagem**. Este sistema aquífero ainda se encontra, relativamente, pouco estudado, quando comparados a sistemas similares europeus e norte americanos. Tal escassez estudo e dados é devido ao alto custo que envolve os levantamentos dos mesmos. A grande maioria dos trabalhos está situada nas ultimas duas décadas, tanto que Batista (1984, p.5) relatava que, naquela época, “Na Planície de Recife a exploração do Aquífero Beberibe também era intensa e sem controle, pois, ainda não foram efetuados estudos em nível de detalhe”. Foi Batista (1984) quem realizou então um estudo mais detalhado que constatou sobre-exploração e indícios de salinização, a partir da superfície do

terreno, causada por poços abandonados, mal construídos ou pela super exploração. Ou seja, já havia nos anos 80 o problema de sobre exploração e indícios de salinização. A partir de constatações como esta houve um interesse maior em estudar estes aquíferos.

5.2.1.1 Aquífero Beberibe

O aquífero Beberibe, Figura 5.4, é o principal aquífero da planície do Recife, em termos de capacidade de vazão de exploração e características hidroquímicas da água conforme Batista (1984), Costa & Santos (1990), Costa Filho (1997), Oliveira (1994), França *et al.* (1998), Cabral (1995), Borba *et al.* (2010), Montenegro *et al.* (2005), tem os parâmetros químicos Figura 5.5 e estatísticos postos na Tabela 5.1.

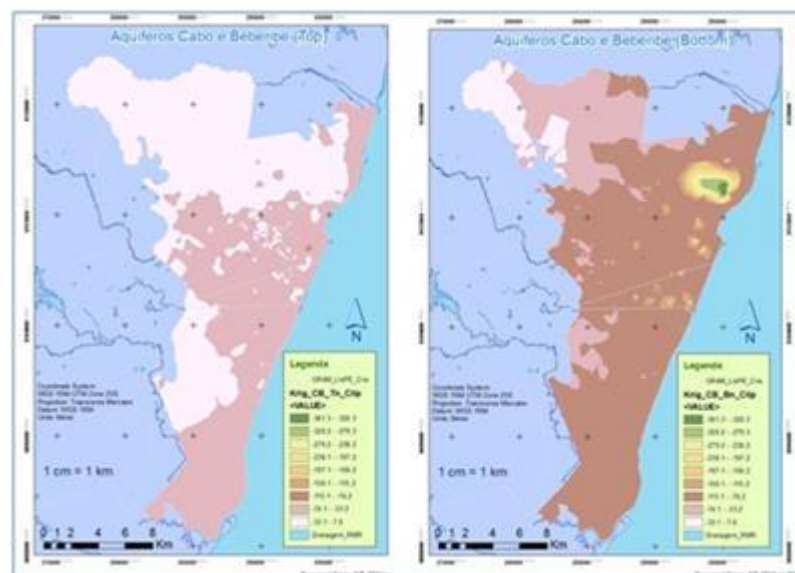


Figura 5.4: Aquíferos Beberibe e Cabo (topo e fundo). Dados Monteiro (2000).

Para Borba *et al.* (2010), o aquífero Beberibe tem como área de ocorrência a região centro-norte do Recife e em Olinda. Já na planície deltaica do Recife, o aquífero Beberibe ocorre limitado ao:

- ✓ NORTE - se estende por toda a faixa costeira, chegando a atravessar todo o Estado da Paraíba;
- ✓ SUL – faceia com o Aquífero Cabo, devido ao falhamento transcorrente do Lineamento de Pernambuco;
- ✓ LESTE - se estende na plataforma continental, por sob o Oceano Atlântico;
- ✓ OESTE - encontra com o falhamento normal que ocorre segundo a direção N-S, nas proximidades do bairro do Engenho do Meio.

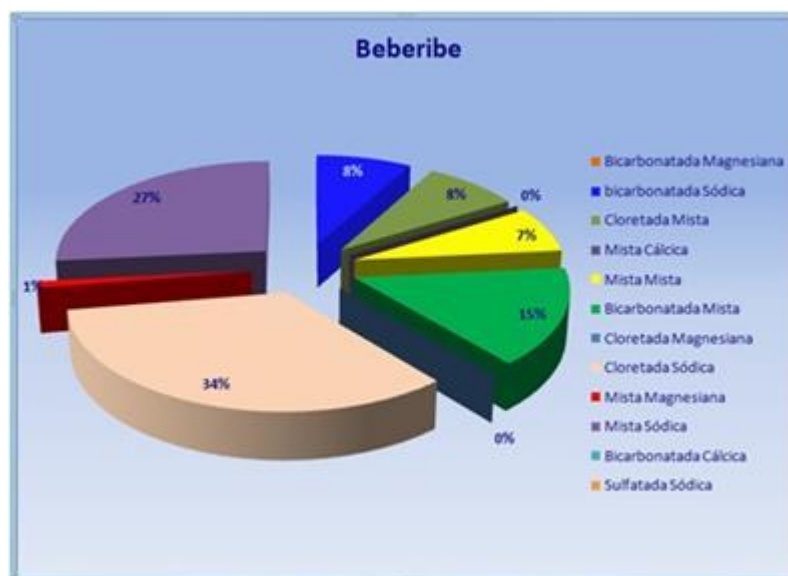


Figura 5.5: Química da água do Beberibe. Dados Costa *et al.* (2003).

Tabela 5.1 Parâmetros estatísticos das principais propriedades físico-químicas das águas subterrâneas do aquífero **Beberibe**.

Aquífero BEBERIBE					
Parâmetros Estatísticos ↓	pH	C.E (µS/cm)	STD (mg/L)	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Dureza Total (mg/L)
Média	6,35	322,56	221,96	51,28	70,07
Desv.Padrão	0,82	523,78	314,78	53,06	142,63
Mediana	6,3	180	141,5	37	30,4
Moda	6,5	140	138	20	40
Coef.Variação.	12,92	162,38	141,82	103,48	203,56
Máximo	8,35	3.910,00	2.258,00	400	1358,3
Mínimo	3,55	49	27,7	0	2,5
Nº de Dados	211	208	156	209	213

Fonte: Costa *et al.* (2003).

Parte da recarga do aquífero Beberibe, na porção norte da planície do Recife, vem se verificando através de drenança vertical descendente. Nesse caso, o conjunto de arenitos do Beberibe e os calcários da formação Gramame estariam formando um sistema aquífero. Para Borba *et al.* (2010) existe também a possibilidade de ocorrer “recarga” do aquífero Beberibe através de drenança do aquífero Barreiras a ele sobreposto na área mais ocidental da bacia.

5.2.1.2 Aquífero Cabo

Dentre as rochas sedimentares, aquela porção que compõe o Rift do Cabo (Aquífero Cabo) também tem comportamento diferenciado do restante. As rochas do embasamento cristalino que armazenam água nas fraturas em volume reduzido e, em geral, de má qualidade química. Estão quase sempre cobertas por um manto de alteração areno-argiloso, com três a quatro metros de espessura em média, mas que pode atingir mais de 10 metros. Segundo Costa Filho (1997), este manto de intemperismo permite a infiltração direta das águas meteóricas, que podem originar as fontes e/ou alimentarem as fraturas abertas do embasamento cristalino. Existe uma baixa permeabilidade do mesmo, devido à presença da argila e caulim na composição do cimento, bem como por intercalações de camadas ou lentes siltico-argilosas. Essa variação faciológica ocorre tanto na vertical como na horizontal, fazendo com que se apresente ora com maior permeabilidade, onde predomina as fácies arenosas ora com menor permeabilidade, onde predomina a fácies siltico-argilosa.

Os limites do aquífero Cabo podem ser considerados como:

- ✓ NORTE - o lineamento Pernambuco, na altura do bairro do Pina;
- ✓ SUL - Se estende até o município de Ipojuca;
- ✓ LESTE – Oceano Atlântico.
- ✓ OESTE – termina em uma pequena área de afloramento do aquífero Cabo ocorre na região do Barro, a oeste de Estância;

A maior parte do aquífero do Cabo ocorre sob o pacote de sedimentos recentes que constitui o aquífero Boa Viagem, com espessura média de 50m. Apenas uma pequena área de afloramento do aquífero Cabo ocorre na região do Barro, a oeste de Estância. Para Costa Filho (1997), a recarga do aquífero do Cabo é caracterizada pela passagem de água por drenança vertical descendente do aquífero Boa Viagem de maneira muito lenta, uma vez que as camadas siltico-argilosas que ocorrem no aquífero superior possuem condutividade hidráulica muito baixa. A outra forma de recarga ocorre na planície do Recife no bairro do Barro, porém em área de apenas 5,5 km².

Um dos problemas que vem afetando as águas do aquífero Cabo é a variação da composição hidroquímica, Figura 5.6, principalmente a partir da década 90, provocada pela exploração descontrolada e pela construção mal executada de poços tubulares. Os parâmetros estatísticos das principais propriedades físico-químicas das águas subterrâneas do aquífero Cabo estão dispostos na Tabela 5.2.



Figura 5.6: Química da água do Cabo. Dados Costa *et al.* (2003).

Tabela 5.2 Parâmetros estatísticos das principais propriedades físico-químicas das águas subterrâneas do aquífero **Cabo**.

Aquífero CABO					
Parâmetros Estatísticos ↓	pH	C.E (µS/cm)	STD (mg/L)	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Dureza Total (mg/L)
Média	6,76	480,40	324,62	96,60	49,49
Desvio Padrão	0,98	450,93	284,14	71,32	70,68
Mediana	6,80	345,00	244,00	79,60	33,00
Moda	6,80	240,00	258,00	90,00	40,00
Coefficiente de Variação	14,51	93,87	87,53	73,83	142,82
Máximo	8,60	3.350,00	2.371,00	318,00	538,90
Mínimo	3,90	67,80	38,00	0,00	2,00
Tamanho da amostra	106	106	104	107	107

Fonte: Costa *et al.* (2003).

5.2.1.3 Aquífero Boa Viagem

Para Costa *et al.* (2002) o Aquífero Boa Viagem é considerado como um aquífero intersticial, muito heterogêneo, apresentando natural vulnerabilidade, com sua potencialidade de risco de contaminação elevada. Em um estudo de 4.340 poços cadastrados pelo Projeto HIDROREC II, constatou-se que do total dos poços estudados 37,97% captam água do Aquífero Boa Viagem, que não se presta para consumo humano, pelas características hidroquímicas, Figura 5.7. O mapeamento topográfico de topo e fundo desse aquífero, Figura 5.8, foi feito com base nos dados de Monteiro (2000).

Descrito por Costa *et al.* (1994) como sendo litologicamente muito heterogêneo, este aquífero é constituído de areias siltes, e argilas alternadas com baixa a elevada permeabilidade e porosidade eficaz, com área estimada de 112,5 Km², de ocorrência situada nos limites geográficos:

- ✓ NORTE - Bacias Sedimentares Paraíba;
- ✓ SUL - Bacias Sedimentares Pernambuco;
- ✓ LESTE – oceano atlântico;
- ✓ OESTE – Formação Barreiras e Embasamento Cristalino.



Figura 5.7: Química da água do aquífero Boa Viagem. Dados Costa *et al.* (2003).

Segundo levantamento de Costa *et al.* (1998), o aquífero Boa Viagem geralmente se apresenta encobrindo os aquíferos Beberibe e Cabo, litologicamente mais antigos, ou ainda, diretamente sobre o Embasamento Cristalino na região mais ocidental do Recife, nos bairros da Cidade Universitária, Caxangá e Várzea. Possui espessura média de 50 metros na área de Boa Viagem e espessura máxima 80 metros. É bastante utilizado, através de poços amazonas (cacimbas) ou ainda poços de pouca profundidade (menos de 20 m).

Oliveira (1994) analisou o aquífero livre Boa Viagem, com nível freático próximo a superfície, explotado para abastecimento domiciliar, ocupando extensa área, e após mapeamento usando o método G.O.D. (Foster *et al.* 1987) chegou a conclusão de sua elevada vulnerabilidade à contaminação de suas águas, conforme mostram seus parâmetros estatísticos, Tabela 5.3.

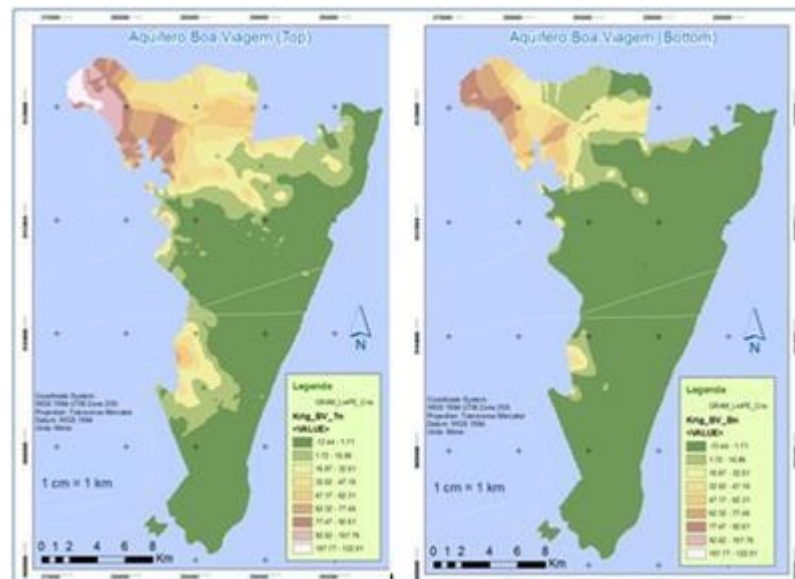


Figura 5.8: Aquífero Boa Viagem (topo e fundo). Dados Monteiro (2000).

Tabela 5.3 Parâmetros estatísticos das principais propriedades físico-químicas das águas subterrâneas do aquífero **Boa Viagem**.

Aquífero BOA VIAGEM					
Parâmetros Estatísticos ↓	pH	C.E (µS/cm)	STD (mg/L)	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Dureza Total (mg/L)
Média	6,12	449,85	311,97	92,57	91,86
Desvio Padrão	1,01	385,12	234,87	104,85	119,02
Mediana	6,3	390,5	274,25	40	32
Moda	4,7	#N/D	#N/D	40	22
Coefficiente de Variação	16,44	85,61	75,29	113,26	129,57
Máximo	7,6	1.747,00	1149	358,8	437,8
Mínimo	4,2	66	82,2	3,5	3,4
Tamanho da amostra	37	36	36	36	37

Fonte: Costa *et al.* (2003).

Costa *et al.* (1994) caracterizaram este aquífero como um conjunto de depósito recente, incluindo aluviões, coluviões, terraços fluviais, terraços marinhos, areia de praia, paleo-mangues e dunas antigas, todos localizados na região deltaica, do conjunto dos Rios Capibaribe, Beberibe, Tejiptó, formando a Planície do Recife. Sendo considerado por Costa *et al.* (1994) um depósito poligênico, devido a sua granulometria ser bastante variada, variando desde a fração argila até a fração areia grossa, com níveis de cascalho, sobre tudo nos terraços fluvial, não apresentando qualquer tipo de estratificação, com camadas irregulares lenticulares, interdigitadas

ou em forma de bolsões. Os sedimentos recentes que constituem esse aquífero, apresenta-se com alternância de camadas arenosas e argilosas, proporcionando níveis semiconfinados.

5.2.2. Formações Hidrogeológicas

Em trabalho elaborado para o projeto SINGRE desenvolvido por Oliveira (1994) foram descritas as unidades hidrogeológicas Terciárias, Quaternárias e Recentes da planície do Recife, como segue:

Formação Maria Farinha (Terciário) - Constitui uma unidade estratigráfica individualizada em termos do conteúdo fossilífero, porém, suas características litológicas e modo de ocorrência são idênticos aos da Formação Gramame que lhe é subjacente concordantemente.

Formação Barreiras (Terciário/Quaternário) - É composta de areias argilosas e argilas variegadas, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos mais grosseiros e apresentando-se com espessuras muito variáveis. Na parte sul ocorre em pequenos morros isolados, enquanto na parte norte, ocupa cerca de 50% da área total, ocorrendo na forma de tabuleiros arenosos ou morros isolados.

Sedimentos Recentes - Vários tipos de sedimentos são identificados: Aluviões, Sedimentos de Praia, Terraços Marinhos holocênicos, Terraços Marinhos pleistocênicos, Mangues, Depósitos Flúvio-lagunares e Quaternário Indiferenciado da Planície do Recife. Os quatro primeiros foram reunidos e denominados sedimentos diversos. São constituídos de areias variadas, argilas, limos e vasas de origem continental ou marinha, ocorrendo nos vales dos rios, ao longo das praias e em zonas de mangues, com espessuras que podem chegar a 75 metros.

As unidades hidrogeológicas do período Cretáceo da planície do Recife são descritas por Oliveira (1994) conforme segue:

Formação Cabo (Cretáceo Inferior) - Constituída de conglomerados polimíticos de matriz arcoseana, arcósios, siltitos, argilitos e arenitos grosseiros apresentando espessuras extremamente variáveis, desde algumas dezenas de metros até mais de 2.900 metros, conforme já detectado no poço perfurado pela Petrobrás na Praia de Cupe. Ocorre exclusivamente na porção sul da bacia, imediatamente ao sul do Lineamento Pernambuco.

Formação Estiva (Cretáceo Médio) - É composta de arcósios carbonáticos na base, sobrepostas por margas e calcários dolomíticos fossilíferos, com ocorrência restrita à porção sul da RMIR. Interdigita-se com a Formação Cabo.

Formação Ipojuca (Cretáceo Inferior a Superior) - Conjunto de rochas vulcânicas de composição extremamente variável, desde basáltica até riolítica, apresentando-se como derrames, si/is, plugs e diques. Ocorre na

porção sul da planície do Recife ocupando áreas restritas e atravessando as formações Cabo e Estiva.

Formação Beberibe (Cretáceo Superior) - A Formação Beberibe é constituída de arenitos de granulação variável contendo intercalações de silte e argilas na secção inferior (Beberibe Inferior) e arenito calcífero na parte superior (Beberibe Superior). Ocorre somente ao norte da região metropolitana, aflorando nos leitos dos rios, com espessura média de 180 m, aumentando de oeste para leste.

Formação Gramame (Cretáceo Superior) - É composta, da base para o topo, de arenitos calcíferos que gradam para calcários arenosos e culminam com calcário dolomítico e margoso muito fossilífero. Sua espessura máxima, detectada em perfuração de poços, é de 80 metros. Ocorre somente na porção norte da planície do Recife geralmente encobertos por sedimentos recentes ou da Formação Barreiras.

5.2.3. A Relação Vertical das Camadas dos Principais Aquíferos

Ao longo da faixa costeira, ocupada pelas rochas sedimentares, as condições hidrogeológicas são variáveis, ocorrendo aquíferos livres ou confinados, localizados ou com extensões regionais, com importância exploratória restrita ou destacada. A recarga desses aquíferos se faz através da infiltração direta das águas de chuva nas áreas aflorantes ou por infiltração através das camadas confinantes, devido ao abaixamento da pressão em função de bombeamento (França *et al.* 1988).

Nos aquíferos livres o fluxo subterrâneo é de curto percurso e dirigido para os cursos de água superficiais, enquanto que, nos aquíferos confinados o fluxo tem gradiente fraco no sentido do oceano. Assim como o comportamento tectono - sedimentar, o comportamento hidrogeológico da Bacia Pernambuco / Paraíba é distinto, a norte e a sul do Lineamento Pernambuco.

Segundo Oliveira (1994) o principal aquífero da planície do Recife, Beberibe Inferior, está protegido da contaminação da superfície por camadas impermeáveis confinantes. Contudo, poços mal construídos, abandonados ou danificados podem constituir pontos de vulnerabilidade à contaminação das águas desse aquífero. No entanto o autor alerta que, as áreas de aforamento e de recarga do aquífero principal, com elevada vulnerabilidade natural, estão expostas à ação de agentes poluentes.

Segundo Borba *et al.* (2010) em alguns locais já ocorre carga contaminante com potencial, de moderado a elevado. Mas, no geral, as características hidroquímicas, Figura 5.9, e hidrodinâmicas que vêm atendendo ao consumo humano da região norte da planície do Recife, mesmo que com variações significativas e alarmantes em casos como os encontrados no aquífero Cabo, os

conflitos existentes na exploração do aquífero Beberibe, pois deste também são exploradas as águas para o abastecimento público (Borba *et al.* 2010).

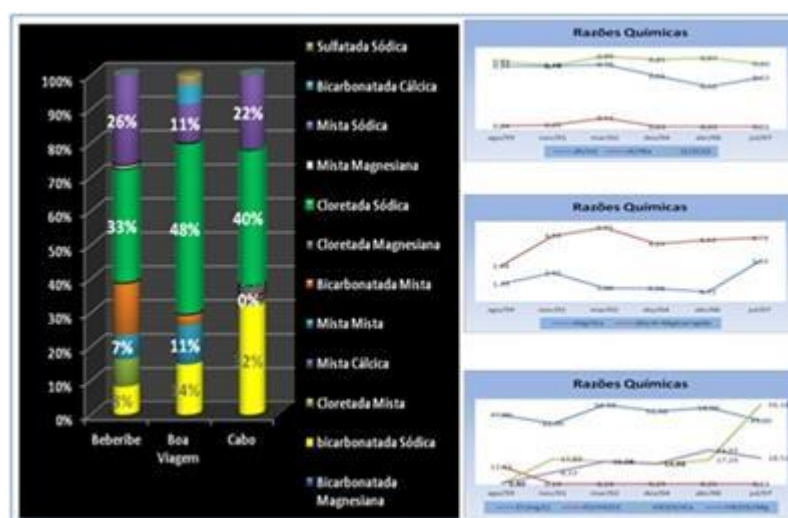


Figura 5.9: Razões químicas dos aquíferos da planície do Recife. Fonte Costa *et al.* (2003), adaptada para este trabalho.

Para Chachadi & Lobo-Ferreira (2001) a vulnerabilidade é distinta de risco de poluição. Pois o risco de poluição da água do mar devido à mistura depende não só da vulnerabilidade, mas também a existência de bombeamento de águas subterrâneas ou significativo aumento do nível do mar, ou ambos, na proximidade da costa, ou até mesmo em áreas distantes, se tais alterações implicarem em diminuição do gradiente hidráulico existente do continente em direção ao mar.

5.3. Propriedades Hidráulicas

A partir do estudo das relações entre os declínios de carga hidráulica e os volumes de água extraídos de aquíferos confinados, Meinzer & Hard (1925, apud Manoel Filho, 2003) mostraram que, os mesmos são elásticos e compressíveis. São também consideradas evidências da compressibilidade e elasticidade dos aquíferos, as variações de nível d'água de poços produzidas por fenômenos diversos, tais como variações de pressão atmosférica, variações das marés, efeitos de terremotos, subsidências de terras produzidas por explorações de água subterrânea. As principais propriedades dos aquíferos da planície do Recife foram levantada por Costa *et al.* (2003), e constam na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Lito-estratigrafia e Parâmetros Hidrodinâmicos e Geométricos dos Aquíferos da planície do Recife.

Aquíferos →		Boa Viagem	Beberibe	Cabo
Coluna Lito-estratigráfica	Idade	Quaternário	Cretáceo Superior	Cretáceo Inferior
	Espessura média	40 m	100 m	60 m
	Constituição Litológica	Areias, siltes e argilas	Arenitos	Conglomerados arcossianos, arenitos, siltitos e argilitos
Parâmetros Hidrodinâmicos	Transmissividade	$7,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$8,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
	Condutividade Hidráulica	$1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	$2,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	$1,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
	Porosidade eficaz	$1,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$7,0 \times 10^{-2}$
	Coefficiente de armazenamento	-	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$
Parâmetros Geométricos	Área	$112 \times 10^6 \text{ m}^2$	$56 \times 10^6 \text{ m}^2$	$35 \times 10^6 \text{ m}^2$
	Espessura saturada	40 m	80 m	60 m

Fonte: Costa *et al.* (2003).

5.3.1. Os Níveis de Água e a Superfície Potenciométrica.

O ultimo grade levantamento de dados de nível de água e superfície potenciométrica para os aquíferos objeto do presente estudo foi realizado no projeto HIDROREC II, estes dados estão sendo acompanhados em algum ou outro poço, esporadicamente. Mas, há necessidade de que se faça um novo projeto a semelhança do HIDROREC II, para que tais dados, Tabelas 5.5 e 5.6, sejam atualizados de forma mais abrangente.

Tabela 5.5: Dados dos níveis de água e outros para os aquíferos da planície do Recife.

Sistemas aquíferos	Área ($\times 10^6 \text{ m}^2$)	Espessura saturada (m)	Porosidade Eficaz	Reserva Permanente ($\times 10^6 \text{ m}^3$)
Beberibe / Boa Viagem	56	120	0,10	672,0
Cabo / Boa Viagem	35	110	0,07	269,5
Boa Viagem	21	40	0,10	84,0

Fonte: HIDROREC II (apud Borba *et al.* 2010)

Tabela 5.6: Dados médios de superfície potenciométrica e outros para os aquíferos da planície do Recife.

Aquíferos ↓	Profundidade da tela (m)	Diâmetro do Revestimento (pol.)	Profundidade de nível (m)		Vazão (m^3/h)	Vazão Específica ($\text{m}^3/\text{h/m}$)
			Estático	Dinâmico		
Boa Viagem	16,12	4,0	4,95	13,54	14,03	5,28
Barreiras	59,10	6,0	10,08	23,06	13,91	1,65
Beberibe	120,85	4,5	31,50	45,87	17,59	2,45
Cabo	134,20	4,5	46,70	67,25	7,71	0,49
Fissurais	30,28	4,5	10,46	19,38	10,48	4,50

Fonte: HIDROREC II (apud Borba *et al.* 2010).

5.4. A Utilização de Águas Subterrâneas

Segundo Bear *et al.* (1999) aproximadamente 70% da população mundial residem nas regiões costeiras e, para Werner (2010) tal concentração populacional no litoral poderá ocasionar uma corrida desenfreada aos aquíferos, essa busca segundo Nobre & Nobre (2000), tem-se verificado, nos últimos anos, como uma tendência crescente e cita que, na Região Metropolitana de Maceió (cidade que dista cerca de 250 km da planície do Recife), cerca de 80% de seu suprimento de água são retirados dos recursos hídricos subterrâneos, por serem fartos e de boa qualidade. Deve-se ainda acrescentar, por estar próximo ao local de consumo e por ter reduzido custo de tratamento.

Assim, segundo Al-Bassam & Hussein (2007), os aquíferos costeiros estão sempre sujeitos ao contínuo excesso de exploração, o que provoca uma redução dos níveis piezométricos e, assim, a intrusão de água salina. O fluxo da água subterrânea em aquíferos costeiros, segundo Hughes *et al.* (2009 apud Webb & Howard, 2010), é geralmente controlado por efeitos antropogênicos.

Efeitos esses que Langevin & Zygnerski (2013), alertam o perigo quando relata que, o sudeste da Flórida pode ser mais altamente suscetível a acelerada intrusão de água salina causada pelo aumento do nível do mar do que outras áreas costeiras pelo fato de ter uma população de cerca de 5,5 milhões. E afirmam que "as retiradas de água subterrânea do campo de *Pompano Beach*, Califórnia, também são provavelmente uma causa dominante do evento de intrusão de água salina". E enfatizam ao citar Loáiciga *et al.* (2012), que área à beira-mar sub-bacia em Monterey County, Califórnia, que a extração de águas subterrâneas teria um efeito maior sobre a intrusão de água do mar do que elevação do nível do mar.

5.5. Descarga de Águas Subterrâneas

Descarga de águas subterrâneas para o mar é uma figura inexata em medições diretas, porque raramente podem ser tomadas. Umas estimativas muitas vezes são obtidas a partir do termo residual na equação de equilíbrio de massa, que contém um acumulado de erros. O valor resultante é geralmente relativamente pequeno em comparação com os outros termos na equação e não é confiável, por exemplo, Custódio (1987 apud Webb & Howard, 2010).

5.6. A Vulnerabilidade dos Aquíferos Costeiros

Por ser a planície do Recife uma planície litorânea que possui grande adensamento populacional, cerca de 3 milhões de habitantes e tem em torno de 60% de abastecimento através de poços (IBGE, 2010), e possui média de cotas muito baixas, entre 2 e 10 m, segundo Costa Filho (1997), que por isto tem um agravante, pois para Langevin & Zygnerski (2013), áreas costeiras de baixa altitude, têm vulnerabilidade para o aumento nível do mar, e citam que foi verificado por LEBBE *et al.* (2008) para a planície costeira belga, por Oude Essink (1999) e Van Der Meij & Minnema (1999) para a Holanda, por Feseker (2007) para o noroeste da Alemanha, e por Giambastiani *et al.* (2007) para um aquífero costeiro não confinado perto Ravenna, na Itália.

Em trabalho realizado para o projeto SINGRE, Oliveira (1994) fez um mapeamento da vulnerabilidade dos aquíferos da planície do Recife, com base no Índice G.O.D. e pode ser observado, as áreas costeiras e estuarinas apresentavam uma alta vulnerabilidade para seus aquíferos.

Oliveira (1994) fez ainda o levantamento da distribuição da carga contaminante, em relação aos aquíferos da planície do Recife, e foi observado que estas áreas estavam, também, próximas as áreas costeiras e estuarinas o que leva os aquíferos que tenham áreas de reabastecimento nestes locais a um alto risco de contaminação. Esta carga contaminante foi considerada principalmente os combustíveis, esgotos domésticos e áreas industriais com informações atualizadas até 1993, não tendo a água salina sido considerada.

No entanto, para Werner *et al.* (2011), o método GALDIT (Lobo-Ferreira *et al.* 2007) parece ser o único exemplo de uma abordagem de indexação em grande escala para avaliar a vulnerabilidade para salinização do aquífero costeiro.

A planície do Recife já sofre com problemas de drenagem urbana, principalmente nas áreas de várzeas e mangues estuarinos, agravados pelas baixas cotas. O problema se agravará com a elevação do nível do mar, que serão potencializados quando adicionados os efeitos de maré que, segundo trabalho de Langevin & Zygnerski (2013), poderão alcançar valores próximos a 2 m. Nas regiões estuarinas, estas áreas de inundação terão teores de sais que serão crescentes de acordo com o alcance das marés.

No Recife já existem diversos poços salinizados, muitos destes, devido a erros de construção, quando não havia fiscalização adequada, e desta maneira o espaço anelar do poço não era devidamente isolado por cimentação e o que ocorria

era a construção de furos (assim caracterizados por não obedecer às técnicas mínimas de construção de poços), que podem proporcionar a verticalização rápida de fluxo, que poderão levar a alterações por processos de mistura entre as águas das diversas formações perpassadas pelos mesmos. Nos bairros centrais de Recife, uma causa provável é a infiltração de águas do rio Capibaribe que no trecho final, do baixo curso, apresenta suas águas misturadas com a água do mar. O bombeamento excessivo dos poços próximos ao rio induz uma recarga do aquífero com águas salinizadas do rio (Cabral *et al.* 2004).

5.7. Recarga das Águas Subterrâneas

O estudo dos aquíferos remete a um item muito importante que é a busca do conhecimento de como este é recarregado. A principal fonte de água subterrânea é, segundo Aller *et al.* (1987), a precipitação que se infiltra, de forma natural, através da superfície do solo e percola para o lençol freático, de maneira que a Recarga Líquida vem a ser a quantidade de água por unidade de área de terra, que penetra a superfície do solo e atinge o lençol freático. Entretanto, nem sempre esta recarga ocorre na área de impacto da mesma, pode ocorrer, por vezes, em locais distantes através de percolação, nos caminhos das enxurradas, dos leitos de rios e lagos. Segundo Van Dam (1999) a recarga das águas subterrâneas pode ser: (i) Natural por infiltração e percolação subsequentes de precipitação e do escoamento; (ii) Artificial para vários objetivos, através de vários métodos de propagação da água na superfície ou por meio de poços; (iii) Induzida a partir de águas superficiais.

Costa *et al.* (2011) estimaram o balanço anual de entradas e saídas dos aquíferos da planície do Recife, em trabalho encomendado para o projeto HIDROREC II da SRH-PE (Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco), cujos dados foram adaptados na Tabela 5.7.

Um dos fatores de grande importância para a recarga está relacionado tanto à quantidade como a qualidade e ainda, aos locais onde esta ocorre com maior intensidade, pois, para estes, maiores cuidados devem ser observados, em termos de preservação de forma a garantir que não haja obstáculos para que venha a ocorrer e nem contaminação antrópica, que sendo no local de recarga terá grande facilidade em atingir o aquífero. Portanto, o conhecimento da recarga das águas subterrâneas é fundamental para estimar o rendimento sustentável das lentes de água doce. Os locais onde a recarga ocorre com maior intensidade, devem ser bem estudados e preservados, tais estudos devem envolver dados hidrogeológicos,

físicos, químicos e até mesmo biológicos dos locais de maior importância para a recarga do aquífero. É importante salientar que a impermeabilização do solo pela ocupação urbana reduz as áreas de recarga. Na planície do Recife 30,17% do solo tem esta ocupação, conforme levantamento feito com aplicativo SIG, utilizando mapas CPRM (2012).

Tabela 5.7: Estimativa do Balanço Anual de Entradas e Saídas dos aquíferos da planície do Recife.

Aquíferos →		Boa Viagem	Beberibe	Cabo
Reservas Permanentes (R_p)		= 112. 106 x 40 x 0,1 448. 106 m ³	= 56.106 x 80 x 0,1 448.106 m ³	= 35. 106 x 60 x 0,07 = 147. 106 m ³
Reservas Reguladoras (R_r)		Por Infiltração Direta das Precipitações Pluviométricas		
		= 0,89 m ³ /s = 28,12 x 10 ⁶ m ³ /ano	Confinado sob o BV	Confinado sob o BV
		Por Vazamentos na Rede de Distribuição de Água		
		= 0,56 m ³ /s = 17,64 x 10 ⁶ m ³ /ano	Confinado sob o BV	Confinado sob o BV
		Recarga Total		
		= 1,45 m ³ /s = 45,76 x 10 ⁶ m ³ /ano	= 0,29 m ³ /s = 9,14 x 10 ⁶ m ³ /ano	= 0,17 m ³ /s = 5,35 x 10 ⁶ m ³ /ano
Potencialidades (p)		= (448x10 ⁶ x 0,006) + 45,76 x 10 ⁶ = 48,45 x 10 ⁶ m ³ /ano	= (448x10 ⁶ x 0,006) + 9,14 x 10 ⁶ = 11,83 x 10 ⁶ m ³ /ano	= (147x10 ⁶ x 0,006) + 5,35 x 10 ⁶ = 6,23 x 10 ⁶ m ³ /ano
Vazão de Escoamento Natural – VEN		= 7,0x10 ⁻³ x 0,0031 x 17.000 = 0,369 m ³ /s = 11,64 x 10 ⁶ m ³ /ano	= 2,2x10 ⁻³ x 0,012 x 9.000 = 0,238 m ³ /s = 7,49 x 10 ⁶ m ³ /ano	= 8,6x10 ⁻⁴ x 0,033 x 8.000 = 0,227 m ³ /s = 7,16 x 10 ⁶ m ³ /ano
Exutórios Artificiais		Poços Cadastrados no Projeto HIDROREC, multiplicados pelas respectivas vazões médias:		
		451 poços x 8,50 m ³ /h = 15,67 10 ⁶ m ³ /ano (0,49 m ³ /s)	437 poços x 9,23 m ³ /h = 16,49 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,52 m ³ /s)	465 poços x 3,91 m ³ /h = 7,43 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,24 m ³ /s).
		Poços foram perfurados depois do trabalho do HIDROREC, não constando assim do referido estudo.		
		80 poços x 8,50 m ³ /h = 5,96 10 ⁶ m ³ /ano (0,19 m ³ /s)	600 poços x 9,23 m ³ /h = 48,51 x 10 ⁶ m ³ /ano (1,54 m ³ /s)	530 poços x 3,91 m ³ /h = 18,11 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,57 m ³ /s).
Balanço Anual de Entradas x Saídas	Recarga	45,76 x 10 ⁶ m ³ /ano (1,45 m ³ /s)	9,14 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,89 m ³ /s)	5,35 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,17 m ³ /s)
	Exutório natural	11,64 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,369 m ³ /s)	7,49 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,238 m ³ /s)	7,16 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,227 m ³ /s)
	Exutório artificial	21,63 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,68 m ³ /s)	65,0 x 10 ⁶ m ³ /ano (2,06 m ³ /s)	25,54 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,81 m ³ /s)
	Balanço anual	a – (b+c) = 12,49 x 10 ⁶ m ³ /ano (0,40 m ³ /s)	a – (b+c) = -63,35 x 10 ⁶ m ³ /ano (-1,41 m ³ /s)	a – (b+c) -27,35 x 10 ⁶ m ³ /ano (-0,87 m ³ /s)
Fonte: A Sobre-Exploração dos Aquíferos Costeiros em Recife-PE- (SRH-PE), Costa <i>et al.</i> (2011), adaptado para este trabalho.				

5.7.1. Clima

Segundo Costa Filho (1997), clima da planície do Recife é do tipo Ams', quente e úmido, Figura 5.10, pela classificação de Köppen. A área está situada na zona fisiográfica do litoral com brisas refrescantes vindas do sudeste durante a maior parte do ano. A umidade relativa do ar atinge um valor médio mensal de 79,8%.

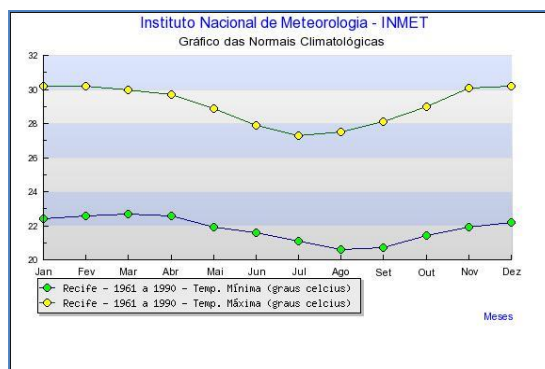


Figura 5.10: Temperatura Média Mensal Máxima e Mínima. Fonte: INMET (2014).

5.7.2. Chuvas

A precipitação pluviométrica mostra-se abundante em relação à região do Nordeste brasileiro, com média de 2.450,7 mm/ano, apresentando um período mais chuvoso que vai de março a agosto (sete meses), Figura 5.11, com valor máximo em julho (389,7 mm) e um período mais seco, de setembro a fevereiro (cinco meses) com o valor mínimo em novembro (45,2 mm) e o valor médio mensal de 204,2 mm (INMET/3º DISME, 2003).

Os valores da evapotranspiração real anual foram calculados por Batista (1984) e Costa *et al.* (2003), obtendo-se valores respectivos da ordem de 950,0 mm a 1.460,0 mm. Sendo, em ambos os casos, utilizado o método de Turc, no qual a evapotranspiração real anual é função da precipitação média e da temperatura média anual.

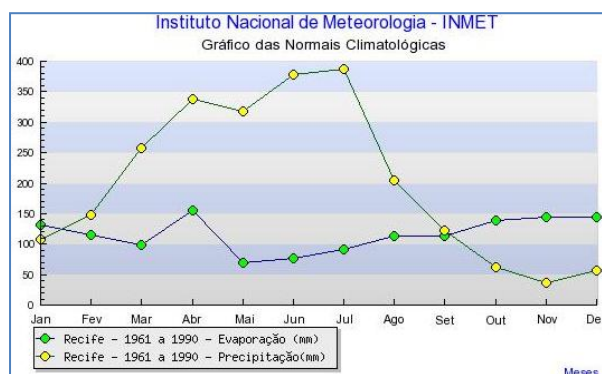


Figura 5.11: Evaporação vs. Precipitação. Fonte: INMET (2014).

5.7.2.1. Composição Isotópica de Águas Pluviais

Os isótopos de um elemento químico são caracterizados pelo mesmo número atômico e diferentes números de massa (*iso* = igual; *topos* = lugar, na tabela dos elementos químicos). São chamados isótopos estáveis àqueles que não se alteram por decaimento radioativo. Prestam-se como traçadores para acompanhar o ciclo

hidrológico. Chamam-se isótopos instáveis aqueles que se transformam em outro com o passar do tempo, por este motivo servem para fazer a datação da água. A utilização de isótopos ambientais em estudos hidrogeológicos remonta há vários anos, tendo-se iniciado com os trabalhos pioneiros de Urey *et al.* e Epstein & Mayeda na década de 50 (Clark & Fritz, 1997 apud Santos et al, 2010).

Em relação aos aquíferos da região nordeste, Salati *et al.* (1979), encontraram resultados de ^3H e ^{14}C com indicativos de tempos de residência entre 10 e 100 anos para os aquíferos cristalinos e de mais de 30.000 anos para os aquíferos sedimentares, pois nestes existem indícios (baixa composição isotópica em relação à chuva) de que estes aquíferos sofreram recarga por águas meteóricas antigas, um paleo clima.

5.7.3. Métodos de Estimação da Recarga das Águas Subterrâneas

O método habitual de obtenção de dados é por computação de padrão de dados meteorológicos com o Método de PENMAN. Pela maior simplicidade de obtenção de dados para sua aplicação. Com este é possível fazer estimativas de recarga a partir de dados pluviométricos e de evaporação. No entanto uma maior precisão poderá ser obtida com a utilização dos traçadores “Históricos” como os Clorofluorcarbonos (CFC), $^3\text{H}/^3\text{He}$ e ^{85}Kr , que são traçadores de origem atmosférica que pode ser usado para datar águas subterrâneas para períodos de 0 a 40 anos.

Por meio destes traçadores pode-se estimar as taxas de recarga de água subterrânea, com uma precisão de 20% ou menos, mais do que pode ser alcançado com os métodos tradicionais baseados na hidráulica (Cook & Solomon, 1996). E, além desta precisão bastante boa, visto que os movimentos naturais no subsolo são decanos, outra vantagem deste método é que as idades das águas subterrâneas medidas podem ser utilizadas para estimar os caminhos do fluxo subterrâneos, e as velocidades de fluxo vertical e horizontal destes.

5.7.3.1. Método de Penman-Grindley

Com o *Modelo de Recarga de Penman - Grindley* é possível fazer estimativas de recarga a partir de dados pluviométricos e de evaporação. A validade do modelo é verificada por comparação com hidrogramas de furos de sondagem. As estimativas da produção específica dos hidrogramas concordam em estreita aproximação com as determinadas pelos testes convencionais de bombeamento.

A base convencional de (Penman, 1949) é de que até o déficit de umidade do solo é feito, não há água é bem transferida para o lençol freático. Para Montenegro

et al. (2009) isto é contrário à observação de campo que muitos sugerem que a infiltração filamentosa dá origem a recarga antes do solo é saturado por toda parte.

5.7.3.2. Métodos Geoquímicos

Os Métodos Geoquímicos têm como base o conhecimento da química da água da chuva, não apenas aquela que está impactando o solo no presente, como também a que o fez em tempo pretérito. Claro que esta última é prevista por estimativa - por meio dos traçadores históricos. E a importância reside no fato de que tal conhecimento poderá levar a uma informação sobre a origem da água que recarrega o aquífero em estudo, servindo inclusive para que algumas inferências a respeito dos parâmetros hidráulicos do aquífero possam ser feitas. Montenegro *et al.* (2009) resumiu os resultados esperados que podem vir a ser alcançados pelas técnicas isotópicas: a) Determinar as origens e idades de diferentes mananciais; b) Produzir estimativas do grau de mistura e auxiliar na modelagem da intrusão salina; c) Determinar a localização e proporção da recarga; e d) Indicar a velocidade do fluxo subterrâneo da água.

5.7.3.3. Método de Traçadores Históricos (Datação)

Em definição dada por Cook & Solomon (1997), “um traçador histórico é aquele que está presente como um resultado da atividade humana, e cujas altas concentrações se referem a algum evento histórico ou particular”. Uma vez que estes traçadores estão ligados a uma ocorrência recente, em termos hidrogeológicos, estes Traçadores Históricos têm a vantagem sobre traçadores artificiais no que pode haver um tempo mais longo para o traçador para se mover. Desta forma a utilização dos Traçadores Históricos como os Clorofluorcarbonos (CFC), $^3\text{H}/^3\text{He}$ e ^{85}Kr sendo traçadores de origem atmosférica e podem ser usados para datação de águas subterrâneas jovens.

Estas concentrações são comparadas com a curva de concentração atmosférica (Figura 5.12) para obter uma idade CFC aparente.

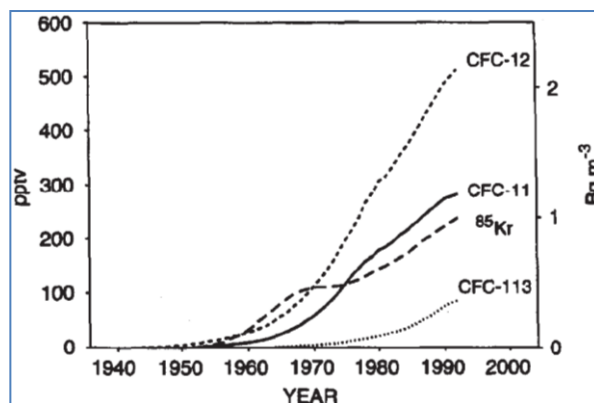


Figura 5.12: As concentrações atmosféricas de CFC-11, CFC-12 e CFC-113 (pptv), e atividade específica de ^{85}Kr (Bq/m^3) de 1940 para os dados atuais para CFC-11 e CFC-12 entre 1975 e 1985 são a partir de medições no Pacífico Noroeste estação (EUA). Entre 1985 e 1990, a uma taxa linear de aumento de 10 pptv/ano e 0 pptv/ano foi assumida para CFC 11 e CFC 12, respectivamente (Rasmussen & Khalil, 1986). Depois de 1990, um aumento linear de 4 pptv/ano e 14 pptv/ano, respectivamente, foi assumido. Concentrações antes de 1975 são derivados a partir dos dados de libertação de McCarthy *et al.* (1977), normalizado para concentrações moderadas a 1975. As concentrações atmosféricas de CFC-113 são de W.M. SMETHIE (comunicação pessoal, 1993). A atividade específica do ^{85}Kr é modificada a partir das observações atmosféricas Rath (1988) (de Smethie *et al.* (1992)). Fonte: Cook & Solomon (1997)

As concentrações de Clorofluorcarbonetos em águas subterrâneas são medidas pela retirada dos gases a partir das amostras de água, e então injeta o gás num cromatógrafo gasoso equipado com um detector de captura de elétrons (Bullislei & Weiss, 1988, apud Cook & Solomon, 1996).

5.8. Investigações Hidrogeológicas Anteriores na RMR

MONTEIRO (2000) relata que, os estudos geológicos sobre a Faixa Sedimentar Costeira PE/PB e Bacia do Cabo, têm sido efetuados desde o século passado por vários pesquisadores. Entretanto, até 1965 todos os trabalhos eram feitos em superfície buscando a identificação das unidades estratigráficas. Segundo o autor *op.cit.* só em 1966 Mont'Alverne & Silva, através dos seus relatórios de graduação pela Escola de Geologia de Pernambuco, bem como, pelo trabalho de Rebouças, intitulado "Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco – Paraíba - Rio Grande do Norte. Aspectos Hidrogeológicos", publicado no II Simpósio de Geologia do Nordeste, a hidrogeologia de Pernambuco começou a ser estudada, juntamente com a SUDENE (Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste). Os principais trabalhos sobre os aquíferos da RMR foram postos em ordem cronológica por MONTEIRO (2000), estes foram atualizados no presente trabalho e estão tabulados no Quadro 5.3.

Quadro 5.3: Relação dos principais trabalhos disponíveis sobre os aquíferos da RMR. Fonte MONTEIRO (2000), atualizada e adaptada.

Linha do tempo ↓	Autores	Trabalhos	Contribuição para a Hidrogeologia da RMR.
1968	Costa et al	Reconhecimento Geológico e Hidrogeológico do Recife e Municípios Adjacentes	Como parte integrante do Planejamento do Sistema de Abastecimento d'água da Área Metropolitana do Recife, realizada pelo antigo Departamento de Saneamento do Estado de Pernambuco (DSE/SUDENE), elaborou uma primeira avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos e das disponibilidades das reservas do aquífero Beberibe, com base num cadastro pioneiro de 192 poços tubulares, tornando-se um marco na hidrogeologia local.
1970	Bezerra & Almeida	Realizou uma nova avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas	No final da década de 60, o DSE, através do convênio com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), realizou uma nova avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas, visando as características hidrodinâmicas do aquífero Beberibe e suas reservas exploráveis, bem como as melhores áreas para captação de águas subterrâneas.
1970	SUDENE	Inventário Hidrogeológico	Executou o Inventário Hidrogeológico do Nordeste - folha Nº 16 - Paraíba, NE-Recife; abrangendo uma pequena parte da RMR.
1970	CONTEGE	Hidrogeológico do arenito Beberibe na área de Dois Unidos (Recife)	A Consultoria Técnica de Geologia e Engenharia Ltda. - CONTEGE, elaborou o estudo hidrogeológico do arenito Beberibe na área de Dois Unidos (Recife), com a finalidade de definir uma bateria de poços para captação de 21.600 m ³ /dia para a Companhia de Saneamento do Recife (SANER).
1972	COMPESA	Foram construídos poços experimentais e piezômetros para monitoramento.	A Companhia Pernambucana de Saneamento e Água - COMPESA contratou a empresa de consultoria PLANIDRO para elaboração de uma bateria de poços tubulares profundos e o projeto de captação de água subterrânea para o abastecimento do município de Olinda.
A intensa exploração de água subterrânea no aquífero Beberibe, a partir da década de 70 , gerou um processo de rebaixamento generalizado dos níveis potenciométricos na RMR norte (área de Olinda e Igarassu) que se mostrou muito superior às previsões iniciais estabelecidas pelos estudos da PLANIDRO, desencadeando vários trabalhos, na área, sobre as causas e consequências da evolução do cone de rebaixamento, realizados pela SUDENE-CONESP, através da DESA (Organização e Engenharia S.A.)			
1977	Custódio et al.	Intrusão Marinha no Aquífero Beberibe.	Estudo sobre as possibilidades de intrusão marinha no aquífero Beberibe, região costeira de Olinda-Goiana (PE). Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, 7(3), pp.239-255. São Paulo.
1977	Custódio, E. & Llamas, M.R...	Intrusão Marinha no Aquífero Beberibe.	Estudo Sobre as Possibilidades de Intrusão Marinha no Aquífero Beberibe, Região Costeira de Olinda-Goiana (PE). Rev. Bras. Geoc., São Paulo, vol.8, p.239-255.
1978	Custódio et al.	Idade das Águas Subterrâneas no Aquífero Beberibe	Idade das Águas Subterrâneas no Aquífero Beberibe na Região Costeira de Olinda - Goiana, Estado de Pernambuco. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, vol. 8, p.103-112.
1978	Cruz et al.	Simulação Analítica Exploração do Aquífero Beberibe.	Modelamento de Simulação Analítica de Exploração do Aquífero Beberibe na Área de Olinda-Igarassu- PE. Rervista Brasileira de Geociências, Vol. 8, p.32-54.
1978	França & Capucci	Exploração de água subterrânea no aquífero Beberibe.	Na sequência, foi realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Companhia Pernambucana de Saneamento e Água (COMPESA) um diagnóstico preliminar das condições de exploração de água subterrânea no aquífero Beberibe, na área de Olinda-Paulista-Itamaracá
1978	França & Capucci	Aprofundados os conhecimentos sobre o aquífero Beberibe na RMR norte	Nessa pesquisa foram aprofundados os conhecimentos sobre o aquífero Beberibe na RMR norte, apontando restrições à continuidade da exploração em nível de atendimento da demanda global da região metropolitana norte, mostrando a necessidade de captação suplementar de água superficial, o que motivou a construção da Barragem do rio Botafogo.
1978	Gimena, E.C. et al.	Idade das águas subterrâneas no aquífero Beberibe	Idade das águas subterrâneas no aquífero Beberibe na região costeira de Olinda-Goiana, Estado de Pernambuco, Revista Brasileira de Geociências, SP, 8(2):103- 112, jun.
No período 1980-1982 , foram implantados, a partir da exploração de água subterrânea, os sistemas de abastecimento dos conjuntos habitacionais de Caetés, Arthur Lundgren, Maranguape I e Maranguape II, tendo a COMPESA contratado a CPRM para elaboração dos estudos e dimensionamento das baterias de poços produtores. Como recomendação básica, a CPRM evidenciou a necessidade de implantação de um sistema de monitoramento operacional dos poços, de modo a se obter informações sistemáticas.			
1984	Batista	Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife-PE	Dissertação de mestrado na Universidade Federal de Pernambuco, intitulada "Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife-PE", concluindo que o aquífero Beberibe na área entre o bairro de Brasília Teimosa e o limite do município de Olinda encontra-se em regime de super-exploração, com riscos de salinização do manancial hídrico subterrâneo, recomendando que se procedesse a um estudo específico da situação da interface marinha.
1985	COMPESA	São retomados os estudos hidrogeológicos do aquífero Beberibe	Com o início dos trabalhos do Plano Diretor de Abastecimento d'água da RMR (PDAA), são retomados os estudos hidrogeológicos do aquífero Beberibe pela COMPESA, com assessoria da empresa consultora ACQUA-PLAN, dando início ao processo de medições sistemáticas de vazão e potencimetria em pontos de observação na região metropolitana norte (poços desativados), para permitir a aplicação de modelos matemáticos ao aquífero Beberibe.
1985	GRH/UFPE	Modelos de simulação numérica do aquífero Beberibe	O Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco (GRH/UFPE), elaborou dois modelos de simulação numérica do aquífero Beberibe, tendo como objetivo a avaliação do comportamento hidrodinâmico do aquífero na área continental, a análise da posição original da cunha salina e do seu avanço.
1987	França et al.	Comportamento hidrodinâmico e de intrusão marinha	Análise preliminar do comportamento hidrodinâmico e de intrusão marinha no aquífero Beberibe na Região Metropolitana do Recife. 1o Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Recife, PE, p.59-71.
1988	França et al.	Cunha salina e do seu avanço.	Os resultados desses estudos foram publicados nos anais do Simpósio de hidrogeologia do Nordeste, no Recife-PE.

1988	Teixeira, J.A.	Modelo conceitual para uso e proteção dos recursos hídricos da faixa costeira Recife-João Pessoa	Contribuiu para o estudo da interface marinha, com uma tese de doutorado na Universidade de São Paulo-USP sob o título "Modelo conceitual para uso e proteção dos recursos hídricos da faixa costeira Recife-João Pessoa" em que aborda com muita atenção os aspectos preventivos da intrusão de água do mar, bem como a preservação da qualidade da água.
1989	Costa & Santos	Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife	Realizaram o "Estudo Hidrogeológico da Planície do Recife" dentro do projeto "Carta Geotécnica da Cidade do Recife", executado pelo Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE em convênio com o FINEP.
1990	Costa & Santos	Zoneamento da Água Subterrânea de Recife	Zoneamento para Utilização de Água Subterrânea no Município de Recife. Anais do Seminário de Engenharia Civil do Nordeste. "Civil 90", Recife-PE., pp. 519-530.
1991	Costa, Santos & Costa Filho	Superexploração e a salinização Recife	A superexploração e a salinização da água subterrânea na Planície do Recife. In: XIV Simpósio de Geologia do Nordeste. Recife, SBG. 139-142.
1991	CPRH	Análise dos problemas de utilização de água subterrânea RMR	COMPANHIA PERNAMBUCO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E DE ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - Análise dos problemas de utilização de água subterrânea na Região Metropolitana do Recife. Recife, 46p.
1991	Mont'alverne et al.	Modelação da intrusão marinha na RMR.	Avaliação da intrusão marinha na Região Metropolitana Norte do Recife através de modelação matemática. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 14, Recife (PE). Atas... Recife (PE), p. 320-322. Nov.
1990	ATEPE-COMPESA	Novo modelo computacional para análise da intrusão marinha	Foi reativado o convênio ATEPE-COMPESA, envolvendo o GRH/UFPE, para implantação de um novo modelo computacional para análise da intrusão marinha, bem como para realização de novas simulações hidrodinâmicas na porção norte do aquífero Beberibe.
1993	Costa W. D.	Elaborar um Projeto de Lei objetivando a normatização da perfuração de poços tubulares	O governador do Estado de Pernambuco, através do Decreto Nº 17204 de 22/12/1993, criou uma comissão especial de assessoramento técnico coordenada pelo Prof., para elaborar um Projeto de Lei objetivando a normatização da perfuração de poços tubulares, com vistas à conservação e proteção dos recursos hídricos subterrâneos, dando assim o primeiro passo para a criação de uma legislação e leis específicas para as águas subterrâneas a nível estadual.
1994	Costa, W. D et al.	Formação dos Aquíferos	O Controle estrutural na Formação dos Aquíferos na Planície do Recife. In: 8º Cong. Bras. de Águas Subterrâneas. ABAS. Recife - PE. 38-43.
1994	Costa, W. D. & Santos, A. C.	Possibilidade de Poluição das Águas Subterrâneas	A Possibilidade de Poluição das Águas Subterrâneas pelo Lixão da Muribeca. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife - PE. p. 217-223.
1994	CPRM	Projeto SINGRE- Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da RMR.	CPRM/FIDEM-Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE, Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Fundação de desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. Recife-PE. 38p. (Série Cartografia Temática, 2).
1994	CPRM	Projeto SINGRE, Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da RMR.	CPRM/FIDEM. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE, Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Fundação de desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. Recife-PE. 27p. (Série Recursos Hídricos, 2).
1995	Alheiros, M.M., et al.	Mapa geológico do Recife.	Mapa geológico do Recife. Escala 1:25.000, com Sinopse Geológica. Convênio Carta Geotécnica da Cidade do Recife. FINEP/LSI-DEC-UFPE. Recife, PE.
1997	Costa Filho W.D.	Estudo Hidroquímico da Planície Sedimentar do Recife	Dissertação de mestrado relacionada ao programa que se iniciou em janeiro/95 através do convênio (UFPE/IDRC), intitulado "Estudo Hidroquímico da Planície Sedimentar do Recife". Apresentou em março no Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE. 225p
1997	Adson B. et al.	Projeto HIDROREC	Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife. Projeto HIDROREC, Recife. Convênio FADE/UFPE - IDRC Canadá, 228p. il.
1997	Costa et al	Relatório do Projeto HIDROREC	Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife. Projeto HIDROREC, Recife. Convênio FADE/UFPE - IDRC Canadá, 228p. il.
1998	Costa Filho, W.D.; et al.	Qualidade das Águas Subterrâneas RMR.	Isótopos Estáveis e a Qualidade das Águas Subterrâneas na Planície do Recife. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cd-rom. São Paulo, SP.
1999	Cabral, J.J.S.P., et al.	Ferramentas para o Gerenciamento Integrado RMR	Ferramentas para o Gerenciamento Integrado dos Aquíferos da Região Metropolitana de Recife. Em: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Brasil
2000	Santos, A. C.	Estratégias Águas Subterrâneas na RMR.	Estratégias de Uso e Proteção das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana do Recife - Estado de Pernambuco - Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo - São Paulo.
2000	Cabral, J.J.S.P. et al.	Groundwater Information System for Recife	A Groundwater Information System for Recife Metropolitan Region. In: International Conference on Management Information Systems Incorporating GIS & Remote Sensing, PRES WIT, Lisbon, Portugal
2000	Monteiro,A.B.	Modelagem do Fluxo Subterrâneo nos Aquíferos	Modelagem do Fluxo Subterrâneo nos Aquíferos da Planície do Recife e seus Encaixes. Dissertação de Mestrado apresentada no Centro de Tecnologia da UFPE.
2000	Costa Filho, W.D. & Costa, W.D.	Caracterização Hidrogeológica de PE	Caracterização Hidrogeológica do Estado de Pernambuco. Em: I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, Ceará, Brasil.
2000	Costa, W. D.	Riscos potenciais e reais decorrentes da super-exploração	Riscos potenciais e reais decorrentes da super-exploração das águas subterrâneas no Recife - PE. In: Anais do I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, ABAS/ALHSUD/IAH, Fortaleza, CE, 21p.
2001	Costa, W.D., et al.	Recarga Artificial dos Aquíferos RMR.	Recarga Artificial dos Aquíferos da Planície do Recife. Anais em CD do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste - ABAS - Núcleo Pernambuco - Recife - PE
2001	Monteiro,A.B; et al.	Aquífero Cabo	"Zona A": O Aquífero Cabo Pede Socorro. Anais em CD do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste - ABAS - Núcleo

			Pernambuco - Recife – PE
2001	Cabral, J.J.S.P., et al.	Possibilidade de ocorrência de subsidência devido à superexploração	Considerações sobre a possibilidade de ocorrência de subsidência devido à superexploração de água subterrânea. Em: Simpósio Regional de Hidrogeologia e XII Evento Nacional de Companhias de Perfuração de Poços, Pernambuco, Brasil.
2001	LEITE, B.T.	Evaluation of aquifer storage and recovery.	Preliminary evaluation of aquifer storage and recovery in the Recife Metropolitan Region, Pernambuco, Brazil. In: <i>Proceedings 1st Joint World Congress on Groundwater</i> , Ceará..
2001	Mente, A.& Cruz, W.B.	Proteção de fontes de águas minerais da região	Estudo de áreas de proteção de fontes de águas minerais da região norte do Recife. In: Anais do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços/ IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, ABAS, Olinda, PE, p. 327-336
2002	Costa, W. D. et al.	Estudo Hidrogeológico de Recife - Projeto HIDROREC II - Tomo I	Estudo Hidrogeológico de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes (Projeto HIDROREC II - Tomo I). Agência Nacional de Águas, PROÁGUA Semi Árido, Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco. Recife, ISOp. il..
2002	Oliveira, L.T. et al.	Geometria dos aquíferos costeiros da RMR	Análise da geometria dos aquíferos costeiros da porção norte da região metropolitana do Recife- (PE) a partir de perfis litológicos de poços tubulares. Anais do Cong. Brasileiro de Águas Subt., Florianópolis, (SC). 22p.
2003	Costa, W.D.; et al.	Monitoramento dos aquíferos costeiros da RMR.	Monitoramento dos aquíferos costeiros da região do Recife e adjacências - Pernambuco/Brasil. Anais do II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa. Recife, PE..
2003	Lima, E.S. de et al	Origin of groundwater in the Cabo	Environmental isotopes and the analysis of the origin of groundwater in the Cabo aquifer in Recife coastal plain, Pernambuco, Brazil. In: IV South American Symposium on Isotope Geology, Bahia / Salvador. Proceedings of the IV South American Symposium on Isotop Geology. V.I. p.445-448..
2003	Monteiro, A. B. et al.	Nitratos no Aquífero Barreiras RMR.	Vulnerabilidade e Distribuição Espacial dos Nitratos no Aquífero Barreiras nos Bairros de Iburá e Jordão - Recife - Pernambuco. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Curitiba, PR;
2003	Oliveira, L. T.	Aspectos Hidrogeológicos da RMR.	Aspectos Hidrogeológicos da Região Costeira Norte de Pernambuco –Paulista a Goiana. Dissertação de mestrado, Geociências - UFPE, 128p.
2003	Paiva, A. L. R. de et al.	Problemas de salinização nos aquíferos costeiros	Problemas de salinização nos aquíferos costeiros da região central do Recife. Anais do II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa. Recife, PE.
2004	Cabral, J. J. S. P., & Montenegro, S. M. G. L	Salinização em aquíferos costeiros	Salinização em aquíferos costeiros- Estudo de caso na Planície do Recife. In: CABRAL, J.J. S. P., LOBO FERREIRA, J.P., MONTENEGRO, S.M.G.L., COSTA, W.D. (organizadores) Água Subterrânea, Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento, Tópicos Especiais em Recursos Hídricos, Vol 4, Editora UFPE, Recife.
2004	Costa, W.D., et al.	Monitoramento dos Aquíferos Costeiros	Monitoramento dos Aquíferos Costeiros de Pernambuco na Região do Recife. Em: Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento. Capítulo 9, Editora Universitária da UFPE. Pernambuco, Brasil.
2004	Manoel Filho, J.	Exploração de água subterrânea em zona urbana.	Exploração de água subterrânea em zona urbana: caso da Grande Recife. Anais do XIII ConBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 14 n.3 Jul/Set 2009, 81-93 congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá, MT. CD- ROM.
2004	Monteiro, A. B.; et al.	Hidroquímica do Aquífero Barreiras RMR.	Hidroquímica do Aquífero Barreiras no Bairro de Jordão - Recife – PE, XIII. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, Cuiabá, MT.
2004	Manoel Filho, J.	Exploração de água subterrânea em zona urbana	Exploração de água subterrânea em zona urbana: caso da Grande Recife. Anais do XIII ConBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 14 n.3 Jul/Set, 81-93 congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá, MT. CD- rom.
2005	Gurgel, G. J. B.	Modelagem Numérica Aplicada a RMR.	Modelagem Numérica Aplicada À Análise Da Intrusão Marinha Na Região Sul Da Planície Do Recife (PE). Dissertação de mestrado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil-UFPE.
2005	Lima Filho, M. F. et al.	Estudo da Vulnerabilidade e Proteção	Estudo da Vulnerabilidade e Proposta de Proteção de Aquíferos da Faixa Costeira Norte de Pernambuco. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE;
2006	Silva, G.E.S. et al.	Modelagem da recarga artificial.	Aplicação e modelagem da recarga artificial com águas pluviais para recuperação potenciométrica de aquífero costeiro na Planície do Recife - PE. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.II, n.03, p.I-10.
2007	COSTA CONSULTORIA	Identificação de causas de salinização RMR.	(Costa Consultoria e Serviços Ambientais Ltda.) - Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento. Estudo de identificação de causas de salinização e indicação de processo de obstrução de poços salinizados. 190p..
2008	Montenegro, S. M. G. L.; et al.	Modelagem da Salinização dos Aquíferos RMR.	Modelagem da Salinização dos Aquíferos da Planície de Recife Com Modelo Seawater. <i>X Simpósio De Recursos Hídricos do Nordeste</i> , 2008, Salvador. Anais Do Ix Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste.
2008	Costa, M.B.S.F. et al.	Monitoramento da Linha de Preamar RMR	Monitoramento da Linha de Preamar das Praias de Olinda - PE (Brasil) como Ferramenta à Gestão Costeira. Revista da Gestão Costeira Integrada, 8(2): 101-112.
2010	Costa, M.B.S.F. et al.	Impacts related to the rising sea level in the MCR	Vulnerability and impacts related to the rising sea level in the Metropolitan Center of Recife, Northeast Brazil <i>Pan-American Journal of Aquatic Sciences</i> 5(2): 341-349.
2012	Paiva, A.L.R. de et al.	Risco de Salinização dos Aquíferos da RMR.	Considerações Sobre o Risco de Salinização da Água Subterrânea na Planície de Recife Devido às Incertezas das Mudanças Climáticas. In: II Congresso da Água, Porto – Portugal, 2012.

5.9. Conclusões do Capítulo

O sistema aquífero da planície do Recife é composto por dois aquíferos profundos, Cabo e Beberibe, separados por uma falha estrutural - o lineamento Pernambuco, de características semiconfinadas, recobertos por um aquífero freático, o Boa Viagem, que estão dispostos em uma planície deltaica, que são importantes formações costeiras.

Por essa razão se desenvolveram aquíferos com características hidrodinâmicas distintas, pois, além da deposição de sedimentos feitos pelos rios que desembocam nesta região, houve a contribuição de sedimentos depositados pelos avanços e posteriores recuos feitos pelo mar em períodos pretéritos. Assim apresenta vazões que podem variar entre 3 e 70 m³/h, bem como águas com significativas diferenças em suas composições químicas, de um aquífero para outro.

O abastecimento de água sempre na região sempre contou com os poços para o seu suprimento. Entretanto, na década de 90, houve um grande incremento na perfuração de poços profundos, por parte de empresas e condomínios, nesta época toda região nordeste do Brasil experimentou uma escassez de água, devido a uma seca, que obrigou a empresa fornecedora a fazer rodízio no fornecimento de água.

Com isto, logo surgiram os primeiros casos de esgotamento e salinização de poços que, suscitou a necessidade de um estudo que detalhasse as reais condições dos aquíferos da planície do Recife, este estudo foi realizado por Costa *et al.* (1998) sob o codinome "Projeto HIDROREC". Diante dos resultados deste levantamento e com os alertas fornecidos pelos pesquisadores da UFPE, o governo contratou um novo levantamento, desta vez buscando minimizar e, se possível, reverter a situação em que se encontrava os aquíferos. Este novo levantamento recebeu o codinome "Projeto HIDROREC II" e foi desenvolvido por (Costa *et al.* 2003), através da empresa Costa Consultoria.

Diante dos resultados o governo estabeleceu limites a exploração de acordo com as condições gerais dos aquíferos. Isto foi estabelecido através de um zoneamento para utilização dos aquíferos, Resolução CRH Nº 04/2003, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (do Estado de Pernambuco), levada a efeito em 20 de novembro de 2003, que em alguns setores estabeleceu cortes de até 50% da retirada. Caso semelhante de redução na literatura é relatado por Langevin *et al.* (2013), citando que, a redução de retiradas de águas subterrâneas no campo de

poços, na Flórida - USA, no início dos anos 1980 resultou em um aumento nos níveis de água subterrânea e um recuo da frente de água salina.

Entretanto, é importante que haja o monitoramento através de poços de observação, que sejam equipados com multi-sondas e que obtenham acompanhamento dos dados físico-químicos dos aquíferos de forma permanente, como existe em regiões similares nos EUA e na Europa, seria de extrema importância para obtenção de dados robustos sobre os aquíferos costeiros pernambucanos. Com tal abundância de informações as pesquisas hidrogeológicas da região, que ainda são escassas, principalmente quando comparamos com EUA e na Europa, teriam um grande impulso.

Em relação à recarga, quando lançamos mão de um modelo matemático que simule o aquífero a fim de desenvolver pesquisas que tragam informações do comportamento do mesmo para fins de administração, é necessário ter uma simulação quantitativa, qualitativa e, se possível, histórica do seu padrão de recarga. Em ambientes estuarinos vários fatores afetam a interação entre as águas de superfície e as águas subterrâneas, o que vem tornar complexo a descrição do fenômeno. E um fator que pode trazer luz ao estudo é a percepção da origem da água e sua idade. Dado que pode ser obtido por meio do uso de Métodos de Traçadores Históricos (Datação) utiliza os traçadores naturalmente encontrados na atmosfera, tais como: CFC, $^3\text{H}/^3\text{He}$ e ^{85}Kr e através da presença destes estimam as idades de água subterrânea com uma precisão superior a 20%. Sendo o mais usual entre estes o CFC é o mais simples e mais barato de usar, entretanto é exageradamente sensível a contaminação da amostra pelo ar atmosférico moderno.

As estimativas da idade das águas subterrâneas podem ser utilizadas para calcular as taxas de recarga e velocidades de fluxo das águas subterrâneas com uma precisão muito maior do que os métodos tradicionais.



CAPÍTULO 6

6. O AQUECIMENTO GLOBAL E AS MUDANÇAS NO NÍVEL DO MAR

Como forma de melhor entender a interação que existe entre o aquecimento global e as mudanças no nível do mar, primeiramente deve-se entender o comportamento dos mares e oceanos, de uma maneira geral. Após este conhecimento será mais fácil perceber estes efeitos e as suas consequências.

6.1. Definição de Marés

Marés são causadas pelos efeitos combinados da gravidade e da revolução do sistema Terra-Lua sobre seu centro de massa comum. Neste ponto (que fica dentro da Terra sólida) a atração gravitacional entre a Terra e a lua equilibra exatamente as forças necessárias para manter a órbita da lua. Em outra parte as duas forças não estão em equilíbrio e dá origem à força geradora chamada maré.

Estes movimentos das massas d'água dos oceanos são repetidos dentro de uma periodicidade gerando movimentos harmônicos compostos que, matematicamente podem ser decompostos em movimentos harmônicos simples, que faz com que as marés tenham para efeito de estudos um comportamento médio conforme mostrado na Figura 6.1.

Onde a maior altura (h_{PM}) alcançada pelas águas em uma oscilação é chamada Preamar (**PM**) que ocorre nos instantes t_c e t_i ; e a menor altura (h_{BM}) alcançada pelas águas em uma oscilação Baixa-Mar (**BM**) que ocorre no instante t_e ; enquanto o Nível Médio (**NM**) ou nível médio do mar (*Mean Sea Level*) como é mais difundido na literatura, corresponde à altura do nível médio (h_{NM}), que é um valor médio em torno do qual a maré oscila que é dado por $h_{NM} = (h_{PM} + h_{BM})/2$; caso a maré não oscilasse este nível seria o existente e, para estudos como o presente este é o nível que deverá ser observado; por fim, tem-se definição de Amplitude da Maré que é a distância vertical entre uma **PM** e uma **BM** consecutivas, igual a $h_{PM} - h_{BM}$.

As marés de Preamar (**PM**) e Baixa-Mar (**BM**) são determinadas, principalmente, pelo posicionamento da Lua em relação à Terra, pois a primeira exerce uma forte atração gravitacional sobre as massas de água do planeta (Miguens, 1998).

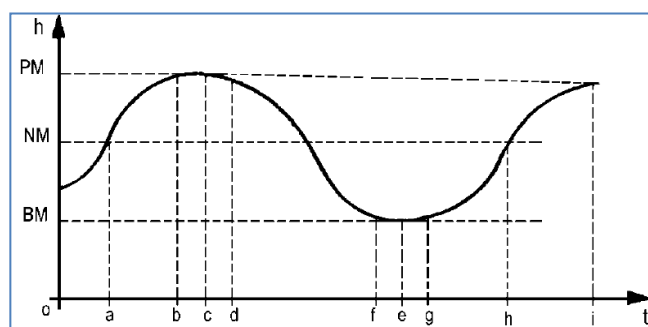


Figura 6.1: Elementos das Marés (Miguens, 1998).

Uma vez que a força gravitacional do Sol atua de forma semelhante, mas por estar muito mais longe a maré solar gera uma força que é apenas 0,46 que a da lua. A cada quinzena, quando a lua está cheia ou nova as marés solares e lunares combinadas dão maior que o normal as variações das marés. Estas são chamadas marés de sizígia. Em fases da lua, a cada, trimestre as forças lunares e solares se cancelam até certo ponto, dando marés menores chamadas marés mortas.

6.2. Elevação do nível médio do mar.

Segundo Brissos (2008), os grandes movimentos verticais que ocorrem ao nível médio dos oceanos são definidos como Ciclos Eustáticos. Tais ciclos provocam a alteração no volume de água e no tamanho das bacias oceânicas ao longo do tempo. O nível do mar não permanece constante ao longo do tempo, ele pode variar em consequência das seguintes causas:

Tectono - Eustáticas: Ocorre devido aos movimentos das placas tectônicas. Em locais de colisão de continentes, por exemplo, tende a haver uma diminuição ou aumento da capacidade das bacias oceânicas. Assim decorre uma descida do nível do mar. No entanto em zonas de Rift existe um aumento da massa terrestre, mas dado a diminuição da capacidade dos oceanos, o nível do mar irá aumentar;

Termo - Eustáticas: Ocorre em resposta ao aumento na temperatura da massa de água dos oceanos e mares, assim tem-se o efeito da dilatação térmica correspondente, que implica em aumento de volume, e ainda um aumento na agitação que ocasiona maiores amplitudes de marés. Há ainda uma mudança nas correntes termohalinas que ocasiona sérias anomalias aos sistemas terrestres. Em sumo, quando ocorre um aumento da temperatura da Terra. Assim há uma subida do nível da água;

Glácio - Eustáticas: Ocorre durante períodos glaciares, em que parte da água é contida sob a forma de gelo, irá provocar uma diminuição do volume de água e conseqüentemente uma descida do nível do mar. Acontece principalmente em regiões polares e nos glaciares (BRISSOS, 2008).

Segundo Van Dam (1999), transgressões e regressões têm ocorrido em toda a história geológica, todas elas em um ritmo muito lento (na ordem de centímetros por século e duraram muitos milhares de anos). Devido aos movimentos tectônicos e eustáticos da crosta terrestre ex-mares pode primeiramente ter sido transformado. Assim a partir do estudo de uma seqüência de corpos líticos é possível verificar períodos de avanço ou recuo, do nível do mar, ou seja, determinar movimentos Eustáticos passados e conseqüentemente pode-se relacionar estas variações com períodos glaciares ou inter-glaciares.

É, ainda, possível classificar estas seqüências em positivas ou negativas. Numa seqüência positiva observa-se uma diminuição de granulometria da base para o topo e a esta deposição caracteriza-se por transgressão marinha, Figura 6.2. Na prática, segundo Van Dam (1999), a distribuição das águas subterrâneas, doce salobra e salina no subsolo parece ser muito complexa, com grandes variações tanto nas direções vertical e lateral. E para o autor isto, parcialmente, ocorre devido às causas naturais, as mudanças climáticas e os movimentos tectônicos e eustáticos.

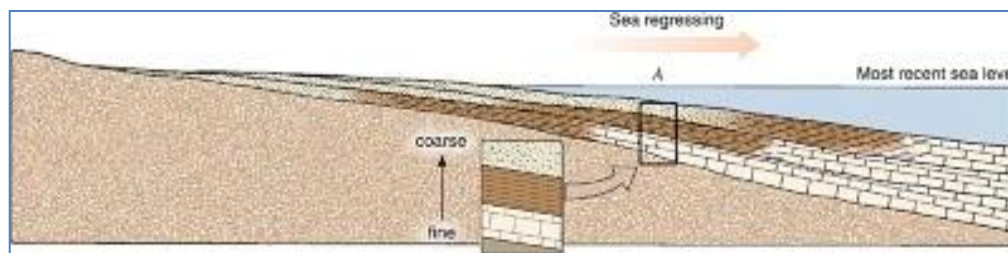


Figura 6.2: Representação de uma regressão marinha. Fonte: Levin (2005).

Segundo Van Dam (1999), estes movimentos eustáticos e tectônicos causaram mudanças na superfície da terra em relação ao nível do mar e fundo do mar, ou convulsão ou distorção para baixo. O autor define que quando o nível do mar sobe em relação ao o nível de água do mar invade a terra áreas de terra sem proteção, o que é chamado de transgressão. O oposto, um recuo do mar, é uma regressão.

Alterações Eustáticas do nível do mar tiveram um papel dominante nas condições hidrológicas dos deltas e os seus comportamentos hidrogeológicos em relação à intrusão salina. Segundo Van Dam (1999), é caprichosa a distribuição da salinidade de águas subterrâneas em zonas costeiras e áreas deltaicas, pelo desenvolvimento de processos naturais e das alterações climáticas do passado, dos processos geológicos e desmoronamento de terras, resultando nas mudanças do nível do mar relativo à superfície terrestre.

Essas mudanças do nível do mar aconteceram diversas vezes durante o período Quaternário. Segundo Custódio (2010), durante a última glaciação, que ocorreu a cerca de 10 mil anos atrás, com seu máximo cerca de 16 mil anos atrás, o nível do mar estava deprimido até cerca de 120 m abaixo do nível médio do mar atual. Essas mudanças do nível do mar aconteceram diversas vezes durante o período Quaternário, que corresponde às glaciações do Hemisfério Norte. As formações mais relevantes são as correspondentes à posição do nível do mar última baixa (abaixo de 100 a 120 m do nível do mar antes da presente), que terminou cerca de 10 mil anos atrás.

Ainda segundo o autor *op.cit.* o nível do mar recuperou rapidamente após o final da última glaciação, embora com pulsos. Cerca de 6.000 anos atrás, o atual nível do mar, ou um pouco maior, foi alcançado, na época, transportes fluviais de sedimentos continentais para o litoral foi aumentado devido ao derretimento do gelo e mudanças da cobertura vegetal, e também pelos efeitos antrópicos, como

incêndios florestais intensificação no período neolítico e à criação de agricultura primitiva.

A recuperação no nível do mar pode produzir uma importante transgressão marinha nas planícies costeiras, deltas mais antigos e os vales mais baixos, com duração até que muitos deles estavam cheios por sedimentos. Do ponto de vista dos recursos hídricos subterrâneos, áreas deltaicas são importantes formações costeiras, que são encontrados no curso inferior dos rios, quando a contribuição da taxa sólidos do rio é superior à sua dispersão pelas marés e correntes. Isto acontece especialmente, mas não exclusivamente, na maré baixa (Custódio, 2010).

Tais alterações dos níveis marinhos ocorriam devido às mudanças climáticas naturais que tinham causas ainda pouco estudadas. No entanto, na atualidade, por ações antrópicas, importantes alterações climáticas estão sendo produzidas de forma bastante acelerada, principalmente nas últimas décadas. Tal afirmativa pode ser corroborada através de levantamentos feitos nas temperaturas dos oceanos e mares, que os pesquisadores afirmam ser consequência do "efeito estufa", causados pela concentração, principalmente, de CO₂ na atmosfera, devido à queima de combustíveis fósseis.

Em uma comparação das emissões apresentada por Houghton *et al.* (1997), apontaram que houve um crescimento em torno de 78% na concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) desde a era pré-industrial (280 ppmv) até a era atual (360 ppmv) e, como as fontes de emissão dificilmente serão cessadas, mesmo que não houvesse adição de novas fontes emissoras os efeitos advindos dos lançamentos, que são cumulativos, isto manteria o crescimento dos seus efeitos até que houvesse uma estabilização futura em concentrações com valores de 350 a 750 ppmv.

Para Van Dam (1999), as alterações climáticas têm causado mudanças no nível do mar ao longo a história geológica. Na atualidade o nível do mar sobe, porque os aumentos das temperaturas tornam a água do mar em expansão levando ainda ao derretimento das calotas polares e das geleiras. Segundo o autor, as mudanças climáticas também podem trazer mudanças na taxa de recarga natural das águas subterrâneas doces.

Para Meehl *et al.* (2005), o aumento conjunto médio percentual da temperatura média global do ar na superfície e a conseqüente subida do nível do mar a partir dos dois modelos, calculado em relação aos valores para o período de base 1980 a 1999, para a experiência em que as concentrações de GEE e todos os outros constituintes atmosféricos fossem estabilizados no final do século 20, estão representados na Figura 6.3.

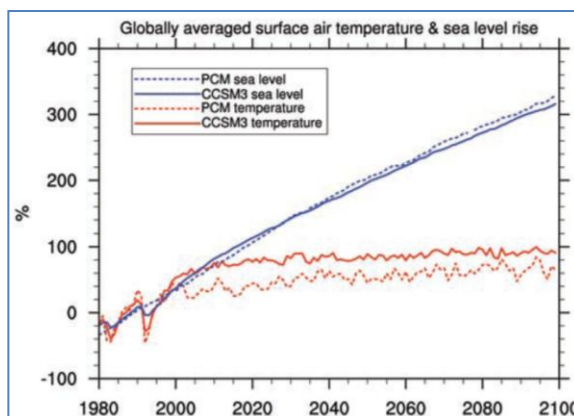


Figura 6.3: Estimativa de elevação de temperatura do ar e nível médio do mar, entre 1980-1999. Fonte Meehl (2005).

No *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas* (IPCC) foram postas projeções para o aumento do nível do mar que ocorrerão durante o século 21, devido ao aquecimento global, impulsionadas por alterações climatológicas do passado o nível do mar continuará a subir, mesmo que os lançamentos de GEE estabilizem (Church *et al.* 2001).

Tal aumento é possível devido a alguns fatores que o aquecimento global ocasiona como: (i) O derretimento excessivo das calotas polares; (ii) O derretimento excessivo das grandes geleiras nas regiões onde ocorre precipitação intensa, como as montanhas costeiras em redor do Golfo do Alaska, ou Patagônias e Terra do Fogo e (iii) O derretimento excessivo gelos acumulados nos cumes de montanhas; (iv) Alterações [*redução*] nas correntes termoalinas e, com a diminuição desta circulação, os mares aquecem e conseqüentemente aumentam seu volume, o que leva a mais um incremento no nível médio da maré e, ainda, (v) Pelo efeito termostérico nos oceanos.

Para Chen *et al.* (2006) os principais fatores que produzem o efeito termostérico são, principalmente, a variação na densidade da água do mar ocasionado pelo maior incremento de água doce na mistura, devido ao maior afluxo de água pelo derretimento das diversas formas de geleiras.

Dados de anomalia da temperatura do oceano para o período 1955 a 2003, a partir do *Banco de Dados Mundo Oceano 2001* (WOD01), mostram que o efeito termostérico sobre a mudança média global do nível do mar (nível médio do mar), equivale a cerca de 0,34 a 0,39 ($\pm 0,05$) mm/ano (Chen *et al.* 2006). Portanto, baseando-se nestes dados, em um cenário pessimista, teríamos 0,44 mm/ano de acréscimo no nível médio do mar, assim ao final de 100 anos teríamos um acréscimo de 44 mm, Figura 6.4, ao considerar apenas o efeito termostérico.

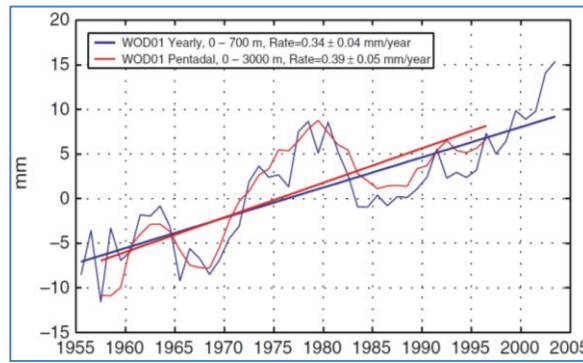


Figura 6.4: A média global de alterações do nível termostérico do mar. As linhas retas grossas representam as tendências de longo prazo estimadas a partir dos mínimos quadrados de forma não ponderada. Fonte: Chen et al. 2006.

Para cálculo da estimativa do incremento no nível termostérico do mar foi utilizado, por Chen *et al.* (2006), a Equação 6.1 seguinte que reúne os principais fatores que produzem o efeito termostérico da maré, e este ocorre principalmente pela variação na densidade da água do mar ocasionado pelo maior incremento de água doce na mistura. Devido ao maior afluxo de água pelo derretimento das diversas formas de geleiras.

Em que ρ_0 é a densidade média da água do mar ($1,025 \text{ kg/m}^3$), e $\Delta\rho$ é a mudança de densidade em função da temperatura (**T**), salinidade (**S**) e pressão (**P**). A integral na Equação 6.1 é a partir do fundo do oceano para a superfície do mar (**h** = 0). **T** é de campos de temperatura ou anual ou pentadal, **S** = média da salinidade, e **P** é calculado a partir a profundidade média de cada camada. $\Delta\rho$ é calculado usando climatologia do WOD01 (Chen *et al.* 2006).

$$SSH_{\text{termostérico}} = -\frac{1}{\rho_0} \int_{-h}^0 \Delta\rho \cdot dz \quad (6.1)$$

Para efeito de comparação temos a Figura 6.5, IPCC (2007), as projeções da NOAA de dezembro 2012, Figura 6.6, e as novas projeções do IPCC, Figura 6.7. De acordo com o melhor cenário (os seres humanos atuam muito agressiva para reduzir gases de efeito estufa), os especialistas acreditam que o aumento do nível do mar provavelmente será de cerca de 0,4-0,6 metros para 2100 e 0,6-1,0 metros até 2300. De acordo com o cenário de emissões mais elevado, mais provavelmente, os resultados são 0,7-1,2 metros em 2100 e 2,0-3,0 metros para 2300.

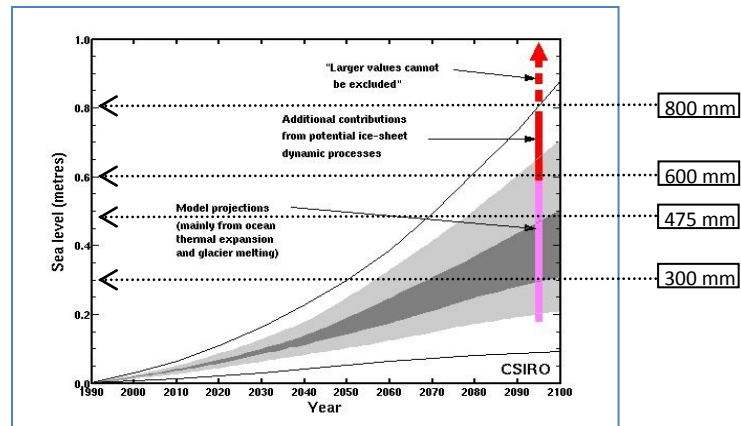


Figura 6.5: A barra **magenta** é a expansão térmica dos oceanos e a barra **vermelha** é a contribuição potencial do derretimento das geleiras e calotas de gelo representam a maior contribuição para esta faixa. Fonte: Church *et al.* (2001), com adaptação de indicação de valores.

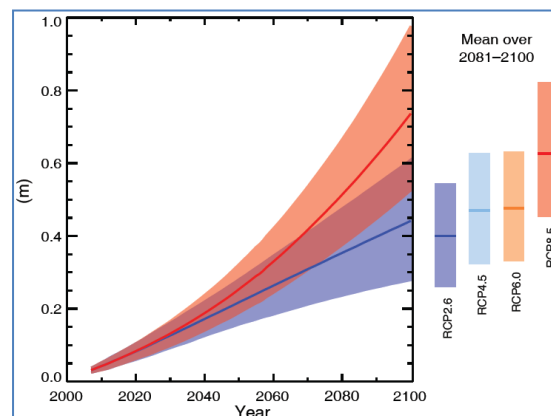


Figura 6.6: Projeções de GMSLR do século 21 nos Relatórios IPCC (RCPs). Fonte: IPCC (2014).

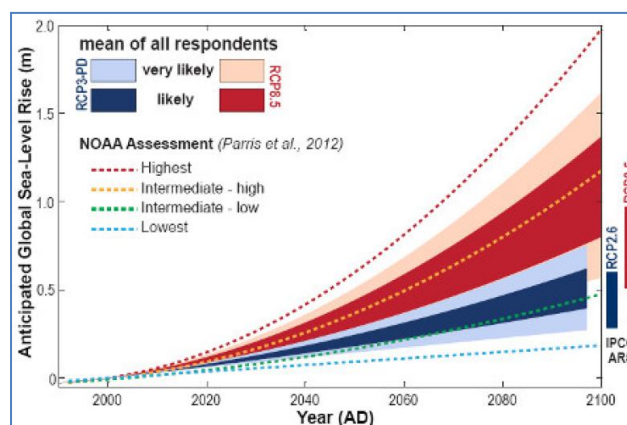


Figura 6.7: De acordo com o cenário de emissões mais elevado, mais provavelmente, os resultados são 0,7-1,2 metros em 2100 e 2,0-3,0 metros para 2300. Fonte: IPCC (2014).

Assim, após pesquisa das várias estimativas de subidas do nível do mar, foi possível fazer uma tabulação dos mesmos de forma a vir a ficar mais claro os incrementos e os autores que os estimavam. Isto foi posto na Tabela 6.1. Onde,

após computar os dados pode-se chegar a um incremento em torno de 844 mm, em caso de as piores previsões se realizem.

Tabela 6.1: Estimativas de Aumento no Nível do Mar.

Fator motivador	Autores que estimaram	Valores estimados	Valores Acumulados (1990-2100)
(1) Calotas Polares	Meehl <i>et al.</i> 2005	180 a 250 mm/ano	-
(2) Grandes Geleiras	Lemke <i>et al.</i> 2007	150 a 370 mm/ano	
(3) Cumes das Montanhas	Church <i>et al.</i> 2001	-	600 mm
(4) alterações nas correntes termoalina	Church <i>et al.</i> 2001	-	800 mm
(5) pelo efeito termostérico nos oceanos:	Cabanes <i>et al.</i> (2001) Willis <i>et al.</i> (2004) Chen <i>et al.</i> (2006)	3,1 ± 0,4 mm/ano 3,2 ± 0,2 mm/ano 0,34 a 0,39 (± 0,05) mm/ano	-
	Church <i>et al.</i> 2001	-	844 mm

Fonte: Dados dos autores citados, adaptados para Tabela.

O acompanhamento dos níveis dos oceanos, desde algum tempo vem sendo realizado, tanto pelos satélites como também por marégrafos. Tais dados são obtidos de estações de coletas de dados de maré localizadas em cidades do litoral, como é o caso da Estação PSMSL ID 556, situada no litoral do Recife-PE.

As estações de coletas de dados de maré, como a mostrada no esquema da Figura 6.8, que ficam coletando várias informações das marés, tais como: nível médio, nível máximo, nível mínimo entre outros ao longo do tempo e, por serem instrumentos caros e sofisticados existem, relativamente poucas instaladas pelo mundo inteiro. No Brasil foi verificada a existência apenas algumas como Fortaleza-CE, Recife-PE, Salvador-BA Rio de Janeiro-RJ, Ibituba-SP e Canavieiras-SC.

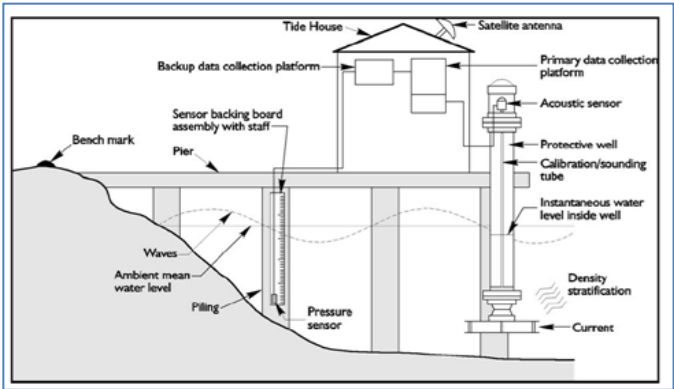


Figura 6.8: Esquema de um medidor nível médio do mar (NGWLMS acoustic gouge). Fonte: NOC (2012).

6.3. Os Aquíferos Costeiros da Planície do Recife e a Elevação do Nível Médio do Mar.

O relevo da região de metropolitana do Recife é normalmente constituído por planície aluviais que tem elevações médias que se encontram na faixa de 2 a 10 m de altitude sendo esta área densamente entrecortada por rios e riachos, que são altamente influenciados pelos movimentos de maré. E com bordejamento externo formado por elevações de serras com subsolos predominantemente cristalinos. Assim a penetração de água salina para os aquíferos locais pode se dar, tanto através dos caminhos fluviais, Figura 6.9, que já são enormemente influenciados pelas marés, como pelo aumento da carga hidráulica do oceano e ainda pela penetração das águas salgadas em áreas de recargas próximas aos rios e o mar, semelhante como ocorre em caso de penetrações de *tsunamis*, onde a massa de água salina ocupa espaços de recarga em planícies de baixas cotas.

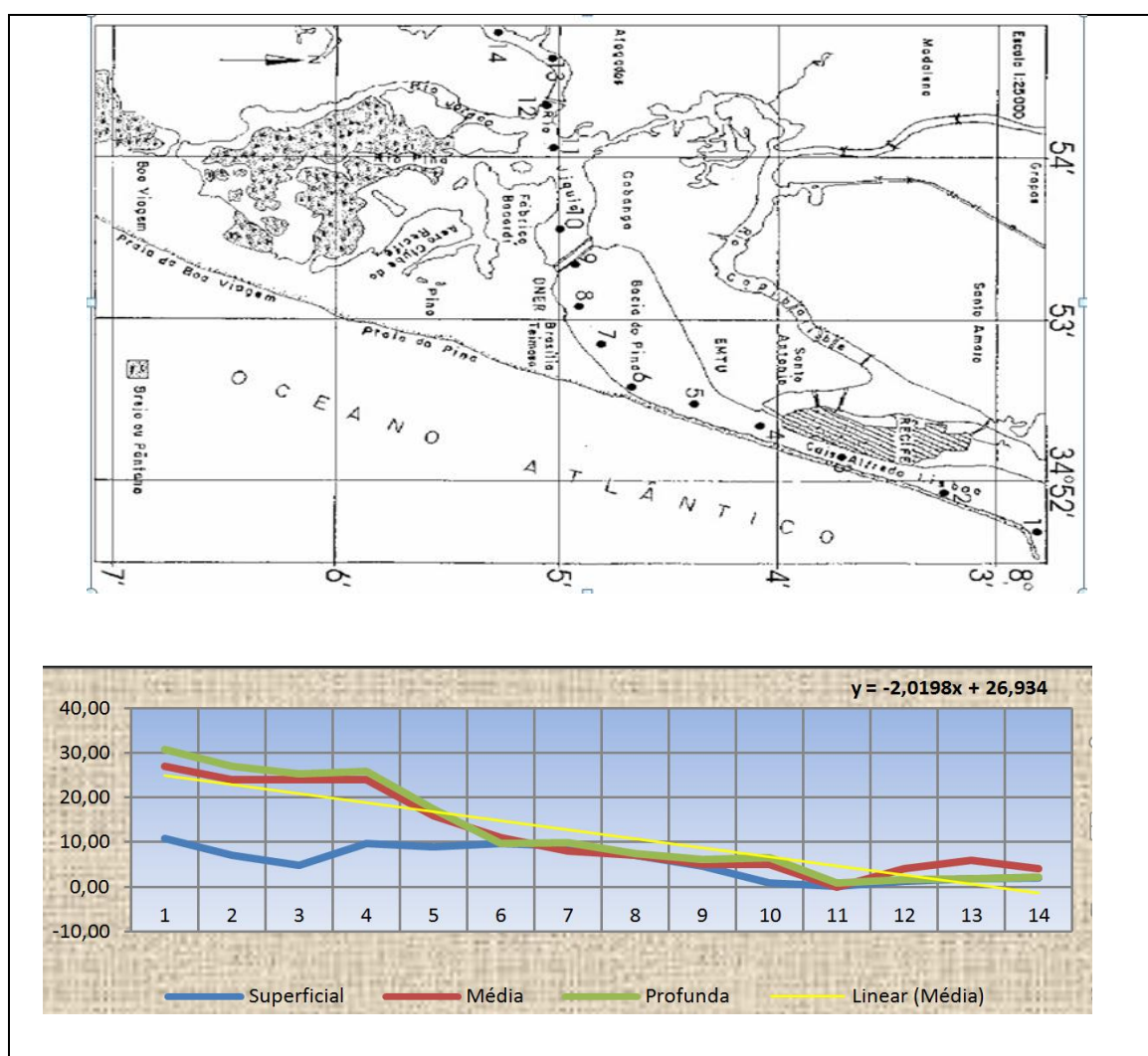


Figura 6.9: de salinidade do rio Capibaribe e Gráficos de salinização da água. Fonte: Mapa [superior] e dados para gráfico [inferior] (Do Nascimento, 2003).

Supondo que os outros fatores que geram o equilíbrio na interface água doce / água salina não sofressem alterações, sendo alterado apenas o nível do mar atual, com uma subida em torno de 500 a 1.000 mm, isto ocasionaria um aumento da carga hidráulica que o oceano oferece ao seu gradiente em direção a terra. Assim a interface água doce / água salina, seria empurrada para o interior do aquífero, proporcionalmente a tal aumento.

A situação pode se agravar se outros fatores forem adicionados neste balanço de forças. Um destes fatores seria a diminuição do gradiente do aquífero da terra em direção ao mar, que pode ser ocasionado por fatores como: (i) Diminuição na recarga devido a: (a) Impermeabilização dos solos em locais de recarga; (b) Mudanças nos regimes das chuvas, com chuvas intensas acompanhadas por secas; (ii) Excesso de exploração, dos aquíferos costeiros.

E a gravidade destes fatores é ainda maior se o terreno próximo a costa for de baixo relevo em relação ao nível médio do mar e, no caso do novo nível do mar superar a cota desta área, o mar passaria a ocupar este terreno, por exemplo, Costa, M. *et al.* (2010).

E, mais grave ainda, se este solo tiver uma alta condutividade hidráulica vertical, ou acoplamento com aquíferos confinados profundos, quer seja por falhas geológicas, ou por poços ativos ou abandonados, ou furos (escavações profundas sem os critérios de construção recomendados para serem classificados como poços). Havendo a conjunção dos fatores supra, a água do mar encontraria rapidamente os aquíferos livres e profundos (confinados ou semiconfinados) levando à sua salinização quase que imediata, já existe relato de situações de contaminação vertical desta forma em Costa *et al.* (2011, p.24) "[...] filtração vertical na zonas mais permeáveis, induzidos pela diminuição das cargas potenciométricas do aquífero Beberibe, em decorrência dos superbombeamentos localizados ocorridos e poços mal construídos e/ou abandonados [...]."

6.4. Conclusões do Capítulo.

No caso da planície do Recife, que é uma região de planície deltaica que apresenta cotas de elevação variando em média de 2 a 10m, sendo ainda entrecortada por vários rios e córregos que são altamente sensíveis aos movimentos de maré.

Em recente estudo, Costa M. *et al.* (2010), concluíram que os resultados obtidos indicavam que, para um cenário otimista de aumento de 500 mm no nível do mar, pelo menos, 39,32 km² de área dos municípios viria a ser zonas de inundação

potencial. Em um cenário de elevação crítica do nível do mar (1.000 mm), este valor seria aumentado para 53,69 km². Neste cenário a região de Paulista o mar ocuparia 70% de área de alta vulnerabilidade e 17% de vulnerabilidade relativa; a região de Olinda esta ocupação seria da ordem de 29% de área de alta vulnerabilidade e 59% de vulnerabilidade relativa; na planície do Recife, onde se encontra maior concentração da população, o mar além de elevar os níveis dos rios e canais, ocuparia 29% de área de alta vulnerabilidade e 53% de vulnerabilidade relativa; finalmente na região de Jaboatão dos Guararapes, a área ocupada seria 56% de área de alta vulnerabilidade e 8% de vulnerabilidade relativa.

Desta forma, esta área inundada será o problema não apenas pela possível desapropriação de moradias e terrenos nas áreas atingidas, mas porque estas áreas invadidas teriam seus poros preenchidos por água salina. Ou seja, partes do aquífero livre Boa Viagem, das áreas atingidas. Como os aquíferos que abastecem a planície do Recife estarão localizados, sob o aquífero Boa Viagem, nestes trechos que viriam a ser ocupados pelo mar, a situação é preocupante. Principalmente diante do fato de que existem poços profundos nestas áreas que perfuram a camada semiconfinante para retirar água do aquífero Cabo e Beberibe, existem ainda, conhecidas, pequenas áreas de interconexões entre os aquíferos Boa Viagem (livre) e Cabo/Beberibe (semiconfinados).

Em virtude do aumento no nível do mar, é projetado um avanço nos limites do alcance das marés. Costa M. *et al.* (2010), estimaram que o novo limite nível médio do mar seria a linha pontilhada vermelha da Figura 6.10, enquanto a linha pontilhada amarela representa o limite nível médio do mar atual. Em se confirmando tal estimativa de avanço, apenas em relação à faixa litorânea, este efeito do avanço permearia por todos os canais, rios, córregos e mangues que entrecortam a planície da planície do Recife. Assim as áreas de baixo relevo mesmo fora da faixa litorânea poderão ser ocupadas por água salina. E muitas destas áreas contribuem com a recarga e/ou possuem poços profundos que interconectam os aquíferos, livre e semiconfinados.



Figura 6.10: Alteração do nível da maré. Em amarelo a média dos últimos cinquenta anos e em vermelho a previsão para 100 anos. Fonte: Costa M. (2010).

Segundo Custódio (2010), dependendo da taxa de recarga, da extensão da bacia de contribuição, e do alcance da maré, uma fina camada água doce pode existir, podendo já ser salobra ou mesmo salinas no topo do aquífero. Uma vez que as águas subterrâneas explotadas próximo ao litoral são facilmente afetadas por *upconing* de água salina.



CAPÍTULO 7

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos últimos anos, para atender a grande necessidade de suprimento de água na planície do Recife, continuam sendo feitas grandes retiradas dos recursos hídricos subterrâneos, normalmente, por serem de melhor qualidade que os de superfície, ou por exigirem tratamentos menos onerosos, ou ainda, por estarem mais próximos ao local de consumo.

7.1. A Utilização da Água Subterrânea na planície do Recife

A concentração de população em zonas litorâneas continua aumentando, incluindo além de Recife, os municípios de Jaboatão, Olinda e Paulista, e os aquíferos costeiros, desta área, continuam sujeitos ao contínuo excesso de exploração, o que provoca um rebaixamento dos seus níveis potenciométricos, e assim, abre caminho para a salinização por intrusão ou por outras formas, o que pode resultar em um aumento de salinidade do aquífero, podendo torná-lo impróprio para consumo humano.

Na planície de Recife, as simulações mostraram que o fluxo da água subterrânea é controlado por efeitos antropogênicos em muito mais intensidade do que por outros efeitos, o que está de acordo com estudos em outros países como,

por exemplo, (Webb & Howard, 2010). Outro caso semelhante é citado por Langevin & Zygnerski (2013) no sudeste da Flórida, que concluíram por ser mais altamente suscetível a acelerada intrusão de água salina no local, pelo fato de ter uma população de cerca de 5,5 milhões, e enfatizam, ao citar Loáiciga *et al.* (2012), que na área à beira-mar da sub-bacia em *Monterey County*, Califórnia, a extração de águas subterrâneas teria um efeito maior sobre a intrusão de água do mar do que elevação do nível do mar.

Por outro lado, Gurgel (2005) verificou, em simulação 2-D com período de duração de 50 e 100 anos, para a planície do Recife, que houve o avanço da interface salina em direção ao continente em poucos lugares na sua área de estudo (região costeira do bairro do Pina), entretanto verificou a existência de *upconing* e também rebaixamento do lençol freático, para os cenários de maior bombeamento.

7.2. A Vulnerabilidade dos Aquíferos da planície do Recife

A planície do Recife, Figura 7.1, possui grande adensamento populacional, cerca de 3,5 milhões de habitantes (IBGE, 2010), apresenta uma planície litorânea que tem grande parte de abastecimento através de poços e, além disso, possui um agravante pelo fato de ter média de cotas muito baixas, entre 2 e 10 m, conforme Costa Filho (1997). Fatos semelhantes são relatados por Langevin & Zygnerski (2013) em que áreas costeiras de baixa altitude, têm vulnerabilidade para o aumento nível do mar, e citam que foi isto foi verificado por Lebbe *et al.* (2008) para a planície costeira belga, por Oude Essink (1999) e Van Der Meij & Minnema (1999) para a Holanda, por Feseker (2007) para o noroeste da Alemanha, e por Giambastiani *et al.* (2007) para um aquífero costeiro não confinado perto de Ravenna, na Itália.

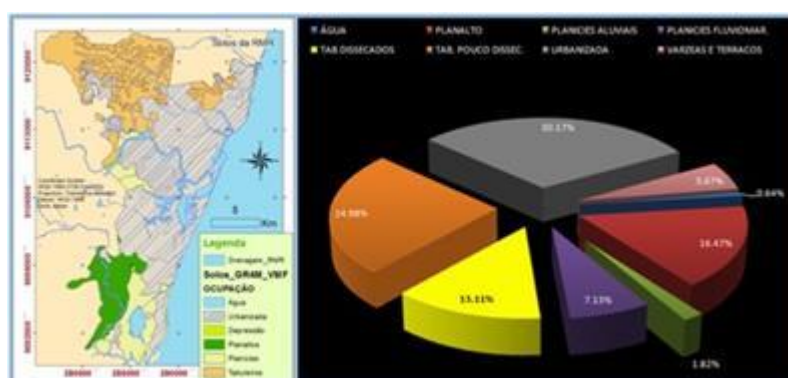


Figura 7.1: Gráfico da ocupação dos solos da planície do Recife. Dados CPRM (2012).

Por ter em torno de 15% da sua área ocupada por planícies e várzeas de cotas baixas, e ainda, cerca de 1% ocupada por água, a planície do Recife já sofre

com problemas de drenagem urbana, principalmente nas áreas planas, agravados pelas baixas cotas, destaques da Figura 7.2. E, certamente o problema se agravará com a elevação do nível do mar, principalmente a planície do Recife, sofrerá com grandes áreas de inundação. Na região estuarina, as áreas de inundação, terão teores de sais que serão crescentes de acordo com o avanço do mar, assim como, nas áreas de baixo relevo e calhas de rios, córregos e nos mangues.

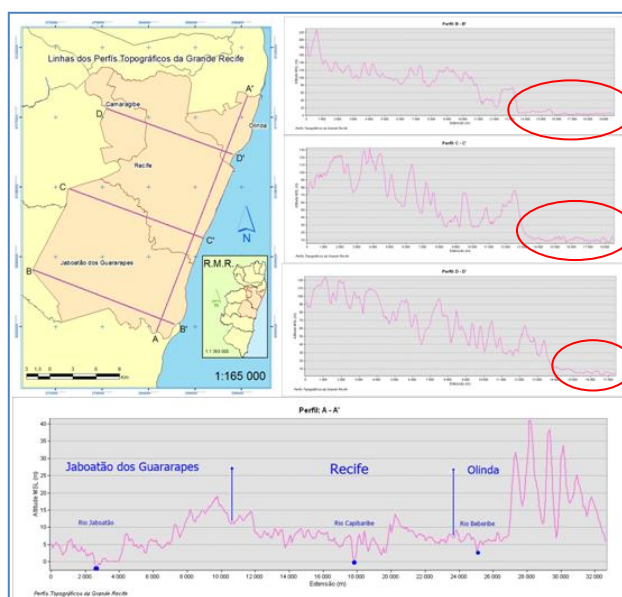


Figura 7.2: Perfis topográficos da planície do Recife, em destaque a pouca inclinação da zona litorânea. Dados SRTM(2014).

Para uma melhor percepção do impacto, caso haja a elevação do nível médio do mar, em relação às baixas cotas da planície do Recife, foi gerado um mapa em aplicativo SIG que mostra as áreas que seriam atingidas por esse evento. Conforme pode ser percebido na Figura 7.3, onde as áreas azuis são áreas possíveis de inundação dada elevação do nível médio do mar, quando em maré de sizígia.

Em Recife, já existem diversos poços salinizados, muitos destes, devido a erros de construção, quando não havia fiscalização adequada, e desta maneira o espaço anelar do poço não era devidamente isolado por cimentação e o que ocorria era a construção de furos (assim caracterizados por não obedecer às técnicas mínimas de construção de poços), que podem proporcionar a verticalização rápida de fluxo, que poderão levar a alterações por processos de mistura entre as águas das diversas formações perpassadas pelos mesmos, conforme Santos *et al.*(2010), Silva *et al.*(2008), Cabral *et al.*(2007), Montenegro *et al.* (2005, 2008) e Paiva *et al.* (2013).

Nos bairros centrais de Recife, uma causa provável é a infiltração de águas do rio Capibaribe que no trecho final, do baixo curso, apresenta suas águas

misturadas com a água do mar. O bombeamento excessivo dos poços próximos ao rio induz uma recarga do aquífero com águas salinizadas do rio (CABRAL *et al.* 2004).

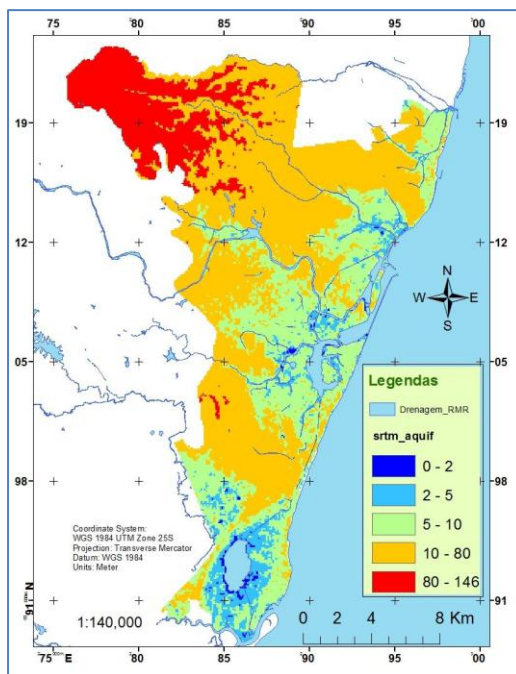


Figura 7.3: Áreas do Recife inundáveis pela elevação do nível médio do mar, quando em maré de sizígia (Azul). Dados SRTM (2014).

Em trabalho realizado para o projeto SINGRE, Oliveira (1994) fez um mapeamento da vulnerabilidade dos aquíferos da planície do Recife, e como pode ser observado, as áreas costeiras e estuarinas apresentam uma alta vulnerabilidade para seus aquíferos. O autor *op.cit.* fez ainda o levantamento da distribuição da carga contaminante e observou que estas áreas estão próximas às áreas costeiras e estuarinas. O que leva os aquíferos que tenham áreas de reabastecimento nestes locais a um alto risco de contaminação. Porém, a carga contaminante que foi considerada era, principalmente, os combustíveis, esgotos domésticos e áreas industriais, não tendo sido considerada a água salina.

Para analisar os riscos de salinização, é recomendável usar um método que seja mais adequado para representar os processos e caminhos utilizados pela propagação de sais. Para Werner et al (2012), parece ser o único exemplo de uma abordagem de indexação em grande escala para avaliar a vulnerabilidade para salinização do aquífero costeiro. Assim, na presente pesquisa, foi utilizado o método GALDIT desenvolvido por Chachadi & Lobo-Ferreira (2001). Pois os vários parâmetros indicadores adotados na evolução desta ferramenta incluem:

Identificação de todos os indicadores que influenciam o episódio de invasão de água do mar e, segundo Chachadi (2005), esta tarefa foi conseguida através de amplas discussões e consultas com os especialistas, acadêmicos e etc. que trabalham nesta área. Isto levou ao peso indicador, que são ponderações dos indicadores, que retratam a importância relativa destes para o processo de intrusão salina.

6.2.1. O Índice GALDIT

Com base nas indicações para cada um dos parâmetros (ou fatores), Quadro 7.1, foi feita a verificação desses valores, relativos às características do aquífero livre Boa Viagem que, por ser livre, é o de maior vulnerabilidade. E isso foi feito, primeiramente em relação ao nível médio do mar atual e, em seguida, para percepção de impacto, foi feito tendo em conta uma possível elevação do nível médio do mar de 0,844 m, conforme Churchi (2001), e quando adicionados os efeitos de maré de sizigia podem atingir até 2 m, segundo Pfeffer (2008).

Quadro 7.1: Fatores GALDIT e os respectivos pesos.

Fator	Peso	Variáveis indicadoras	Classe de Importância			
			10,0	7,5	5,0	2,5
G <i>Groundwater occurrence (ocorrência de águas subterrâneas)</i>	1	Aquífero Confinado	x			
		Aquífero não Confinado		x		
		Aquífero semiconfinado			x	
		Aquífero Limitado (recarga e/ou limite impermeável alinhado paralelamente à costa)				x
A <i>Aquifer (condutividade hidráulica do aquífero) (m/dia)</i>	3	Alta (> 40)	x			
		Média (10-40)		x		
		Baixa (5-10)			x	
		Muito Baixa (<5)				x
L <i>Height of ground water Level above msl (Altura do nível do lençol freático acima do nível do mar) (m)</i>	4	Alto (<1,0)	x			
		Médio (1,0-1,5)		x		
		Baixo (1,5-2,0)			x	
		Muito Baixo (>2,0)				x
D <i>Distance of the point in question from shore / High tide (Distância do ponto em questão à costa / Maré alta) (m)</i>	4	Muito Pequena (<500)	x			
		Pequena (500-750)		x		
		Média (750-1.000)			x	
		Longe (>1.000)				x
I <i>Impact status of existing seawater intrusion [Based on Range of Cl/(HCO₃+CO₃) ratio in epm in groundwater] (estado do Impacto existente da intrusão de água do mar)</i>	1	Alto (>2,0)	x			
		Médio (1,5-2,0)		x		
		Baixo (1,0-1,5)			x	
		Muito Baixo (<1,0)				x
T <i>Aquifer Thickness (saturated) [espessura do aquífero (saturado)] (m)</i>	2	Grande (>10,0)	x			
		Média (7,5-10,0)		x		
		Pequena (5,0-7,5)			x	
		Muito Pequena (<5,0)				x

Fonte Chachadi (2005), adaptada.

Parâmetro G: Ocorrência de águas subterrâneas (tipo de aquífero)

Por ser aquífero Boa Viagem livre e, como tal classificação tem GALDIT para o parâmetro G uma atribuição de valor 7,5, conforme indicação para aquíferos livres. Portanto o mapa relativo a este fator é mostrado na Figura 7.4.

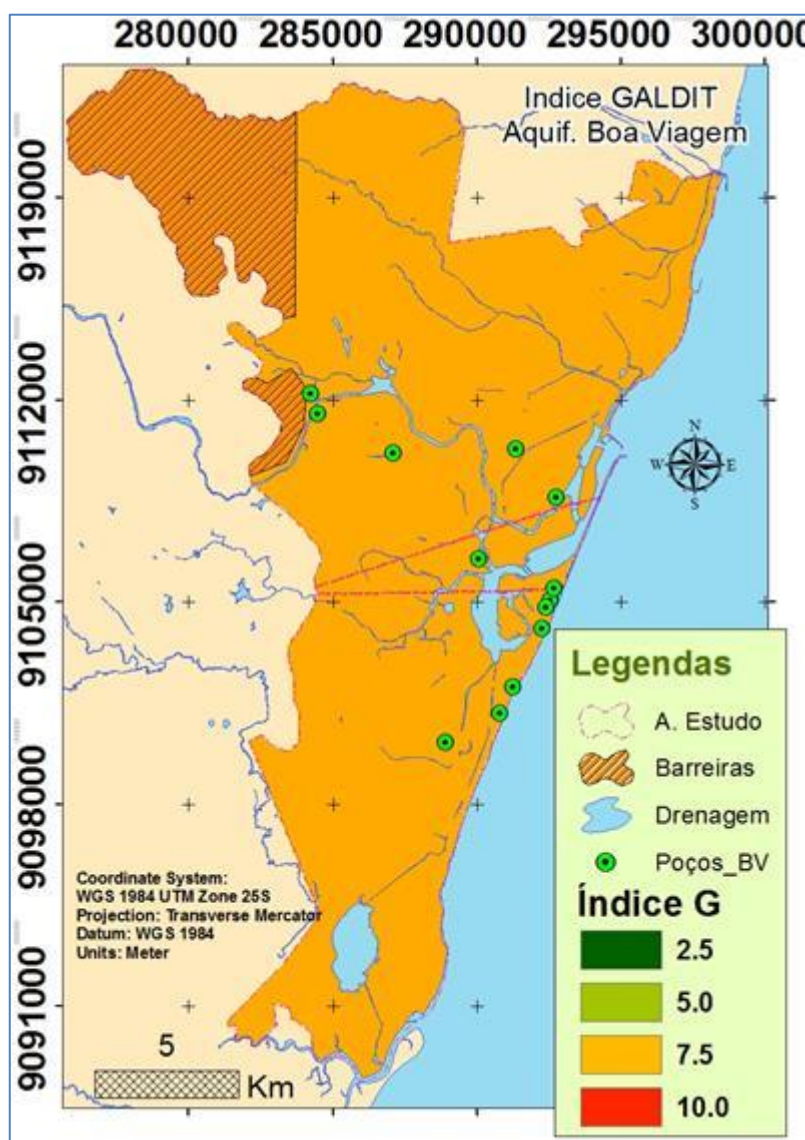


Figura 7.4: Mapa do Resultado do Índice G.

Parâmetro A: Condutividade Hidráulica do Aquífero.

A condutividade hidráulica do sistema aquífero Boa Viagem tem seu valor médio de $1,7 \times 10^{-4}$ m/s (14,688 m/d), conforme Costa *et al.* (2011). Uma vez que, para a área do aquífero, haviam dados de poços, disponíveis, suficientes a serem interpolados, essa média foi atribuída e utilizada como dado de entrada para computação do Índice A, mapeado na Figura 7.5. Em uma situação que se tenha

dados suficientes sobre a condutividade hidráulica, deverá ser feita a interpolação que, certamente, trará uma maior precisão nos resultados.

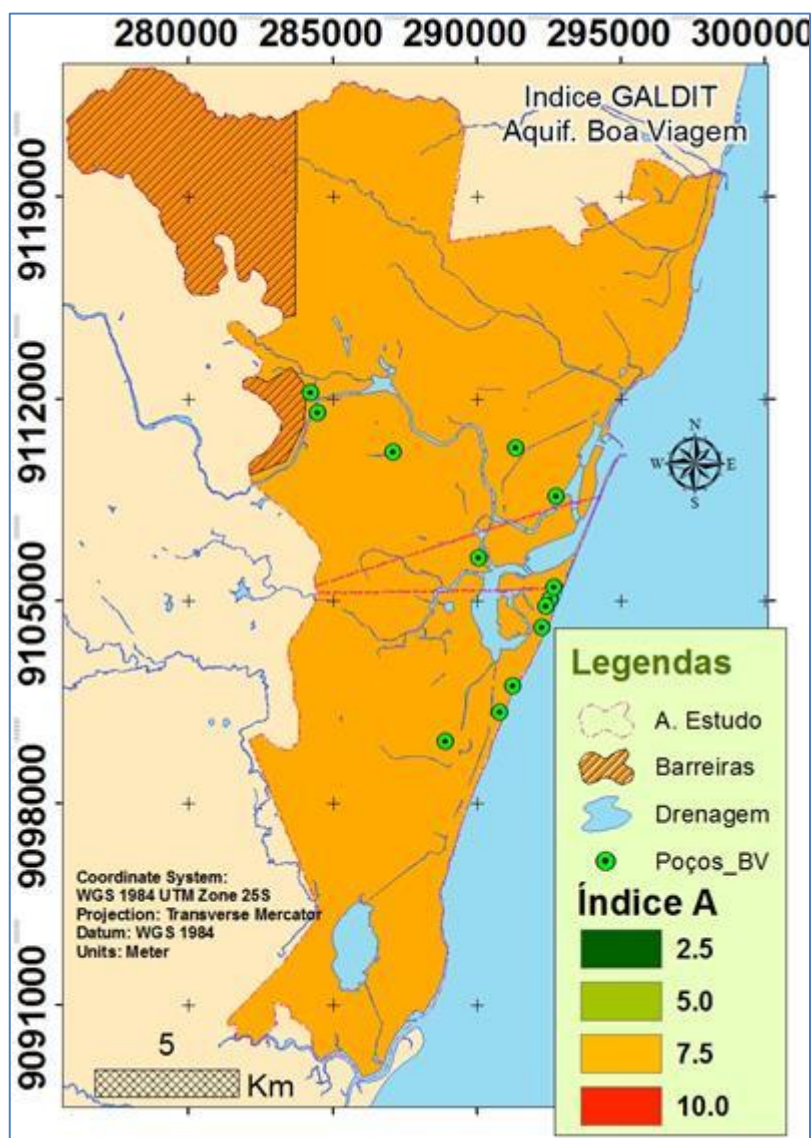


Figura 7.5: Mapa do Resultado do Índice A.

Parâmetro L: Altura do nível do lençol freático acima do nível do mar

Os valores adotados para este parâmetro foram obtidos através da interpolação para a área do aquífero através de um método de interpolação de uma superfície raster a partir de pontos, utilizando a técnica da distância inversa ponderada (*Inverse Distance Weighted* - IDW), para valores de amostras obtidos de 1.314 poços, distribuídos na área de estudo, obtidos em CPRH (2012). Assim com os dados da altura do nível do lençol freático acima nível do mar foi produzido o mapa da Figura 7.6 relativo ao Índice L.

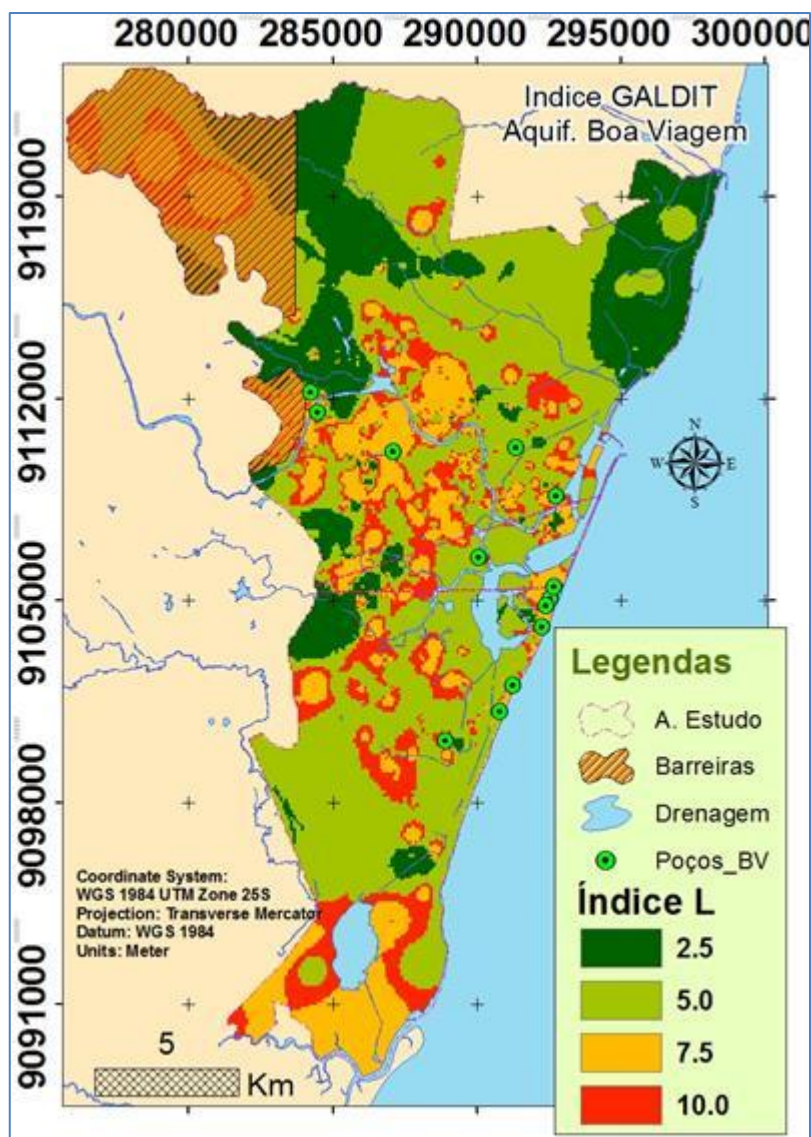


Figura 7.6: Mapa do resultado do índice L.

Parâmetro D: Distância à costa

Para este parâmetro o sistema GALDIT determina que seja feito o cálculo três distâncias perpendiculares à linha da costa que são: 500, 750 e 1.000 m, a partir da linha costeira do aquífero e das margens dos rios em seus trechos salinizados. Como mencionado, as águas de superfície das saídas dos rios na planície do Recife são salobras, a vulnerabilidade a intrusão de água para nessas áreas tem os mesmos efeitos práticos negativos que os da zona costeira. Foram considerados trechos salinizados aqueles que tinham dados de STD iguais ou superiores a 500 mg/L e apenas dos trechos onde haviam dados disponíveis na literatura. A distribuição do Índice D é apresentada na Figura 7.7.

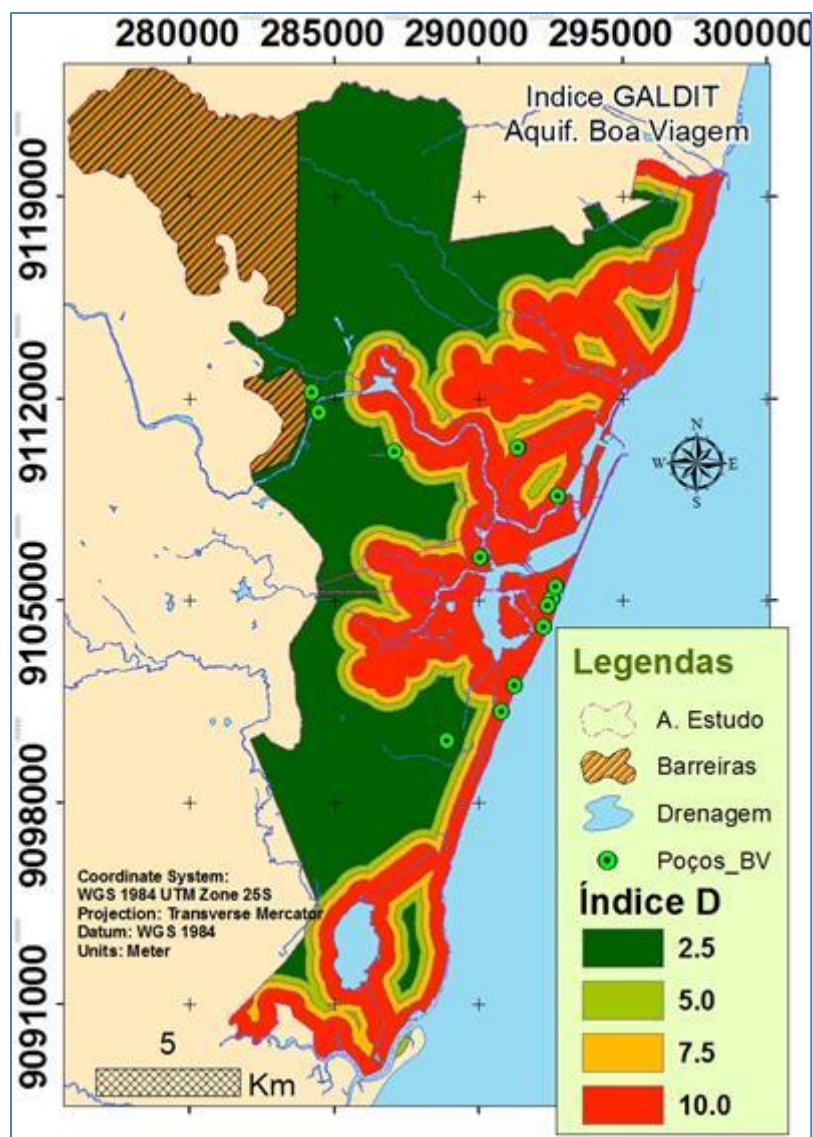


Figura 7.7: Mapa do resultado do índice D.

Parâmetro I: Impacto do estado existente de intrusão salina

Para avaliar esse parâmetro é indicado observar a razão de $\text{Cl} / [\text{HCO}_3 + \text{CO}_3]$. Os dados que estavam disponíveis e foram utilizados são os da pesquisa de campo feita no Projeto Coqueiral, da primeira campanha realizada em setembro de 2012 que, entre outros dados determinou as concentrações desses ânions para os 52 poços disponíveis, sendo 13 deles do aquífero Boa Viagem, 12 do Aquífero Beberibe, 21 do Aquífero Cabo e os demais de outros aquíferos, que através da interpolação para a área do aquífero usando um método IDW gerou a distribuição do Índice I que é apresentada na Figura 7.8.

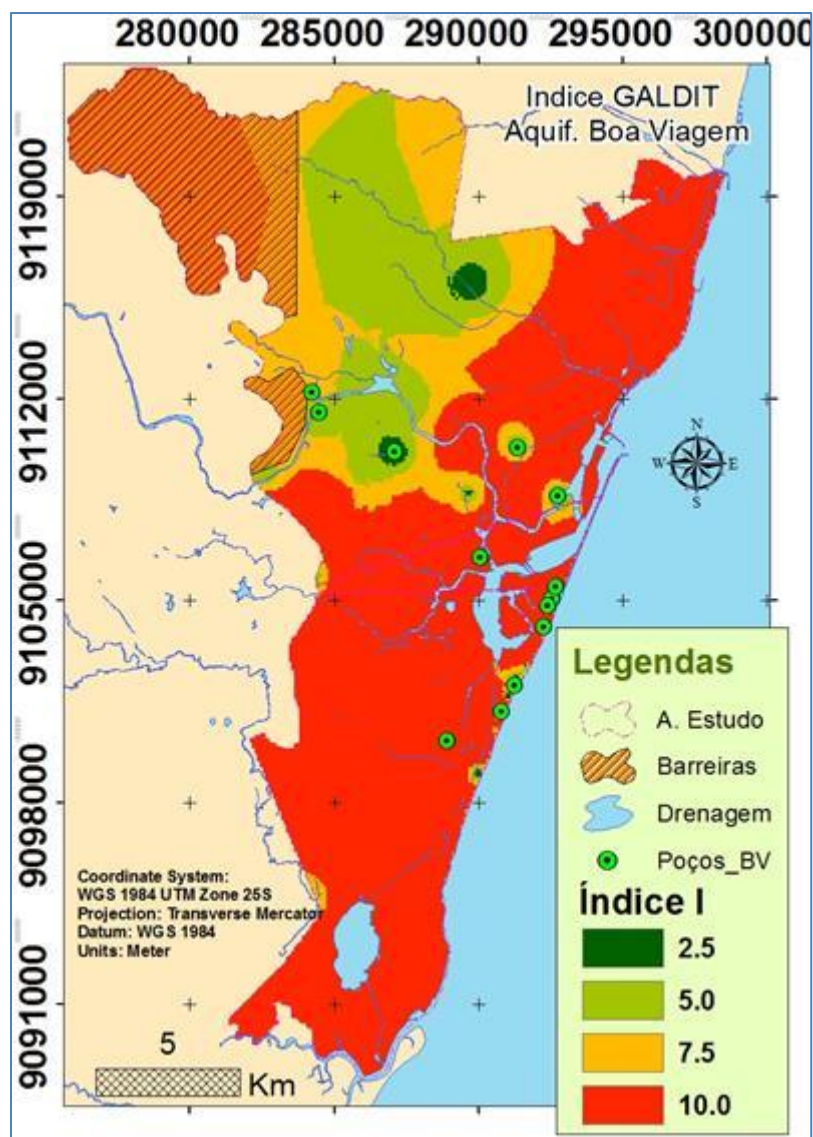


Figura 7.8: Mapa do resultado do índice I.

Parâmetro T: Espessura do Aquífero

O sistema aquífero Boa Viagem tem uma espessura média de 40 m, conforme Costa *et al.* (2011). Entretanto, com a utilização dos dados de poços da região obtidos no trabalho de Monteiro (2000), pode-se fazer uma interpolação IDW da altura de topo e fundo do aquífero que gerou uma tabela relativa ao mapa, e, em planilha eletrônica, foi feita a diferença entre as cotas de topo e fundo, que novamente foi interpolada pelo método IDW para a área de estudo, assim pode-se obter um valor mais aproximado da realidade, que está posto no mapa do Índice T, Figura 7.9. Caso fosse feito com o valor médio, esse mapa estaria inteiro com valor do Índice T em 10, portanto totalmente pintado em vermelho.

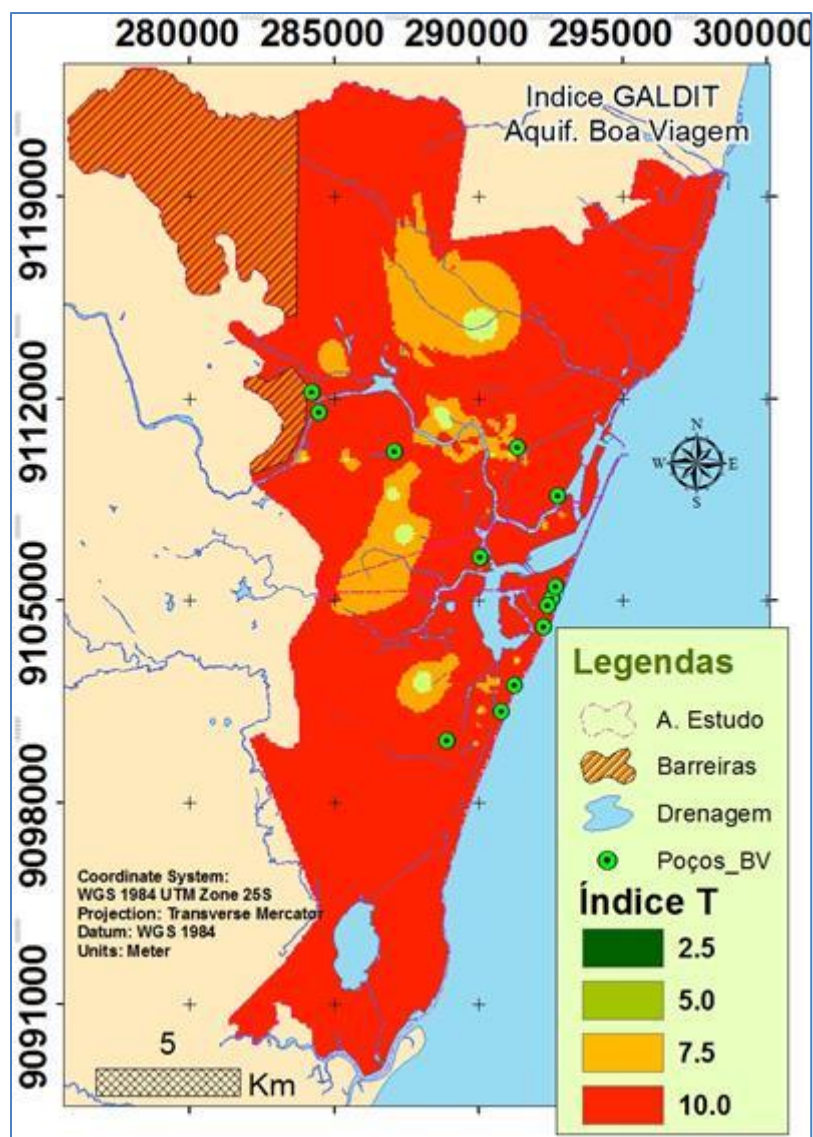


Figura 7.9: Mapa do resultado do índice T.

O Índice GALDIT: categorias de vulnerabilidade intrusão da água do mar de áreas costeiras.

Para cada um dos Índices GALDIT mapeados em arquivo raster no aplicativo SIG, foi possível classificar as áreas costeiras em várias categorias de vulnerabilidade a intrusão da água do mar. O intervalo de pontuações para indexação GALDIT, que está dividida em três grupos, Tabela 7.1, diferentemente das pontuações de todos os seis indicadores, que têm quatro classes: 2.5, 5, 7.5 e 10, conforme suas classificações de importância apresenta os valores para classificação detalhada, de acordo com a pontuação média ponderada para cada ponto no mapa divididos em três categorias.

Assim, antes de verificar os valores para cada posição, é necessário fazer os cálculos do índice. Para tanto, são considerados os pesos de cada índice, que são:

G=1, A=3, L=4, D=4, I=1 e T=2, em uma relação ponderada, como derivada da equação (7.1) que dá o cálculo do Índice GALDIT.

$$\text{Índice GALDIT} = \sum_{i=1}^6 \{(W_i) \cdot R_i\} / \sum_{i=1}^6 W_i \quad (7.1)$$

Tabela 7.1: Faixas de Índice GALDIT.

Faixas de Índice GALDIT	Classes de Vulnerabilidade
$\geq 7,5$	Alta Vulnerabilidade
5,0 a 7,5	Média Vulnerabilidade
$< 5,0$	Baixa Vulnerabilidade

Fonte: Chachadi (2005).

Com base nos indicadores, para as faixas de vulnerabilidade, foi mapeado os valores para o índice GALDIT, Figura 7.10, que podem ser usados, segundo Chachadi (2005), na determinação das zonas de proteção de cabeça de poço nas faixas costeiras para evitar que haja a mistura de água do mar.

A utilização da metodologia GALDIT para a análise da vulnerabilidade do aquífero Boa Viagem à intrusão da água mar, vem trazer a luz as áreas onde este aquífero está mais vulnerável em relação a esta forma de contaminação. Outros trabalhos já foram feitos para esta área utilizando outras metodologias, tais como, GOD, DRASTIC e outros. No entanto, nenhuma utilizando esta metodologia GALDIT, que foi desenvolvida por Chachadi & Lobo-Ferreira (2001), especialmente para lidar com situações dessa natureza, enquanto as outras metodologias foram desenvolvidas para outras situações e adaptadas, quando havia um estudo de caso relativo aos aquíferos costeiros.

Após a aplicação da Metodologia GALDIT, vê-se que as áreas mais propensas à intrusão do mar, nem sempre são apenas aquelas que se avizinham à costa. Por vezes a salinidade pode ser conduzida pelas calhas dos rios, córregos e mangues que, por influencia dos movimentos de maré, conduzem as águas salinas por alguns quilômetros para o interior do continente, e por meio dos mangues estuarinos, estas podem alcançar as águas destes aquíferos freáticos, e por percolação, pode também atingir os aquíferos semiconfinados que se encontram abaixo destes.

Convém salientar que, apesar de o método ter sido feito em relação ao aquífero livre Boa Viagem, os aquíferos semiconfinados Cabo e Beberibe, sofrem indiretamente influencia de uma possível salinização do primeiro, visto que, o reabastecimento destes tem como uma das principais fontes a drenança vertical que passa pelo aquífero livre.

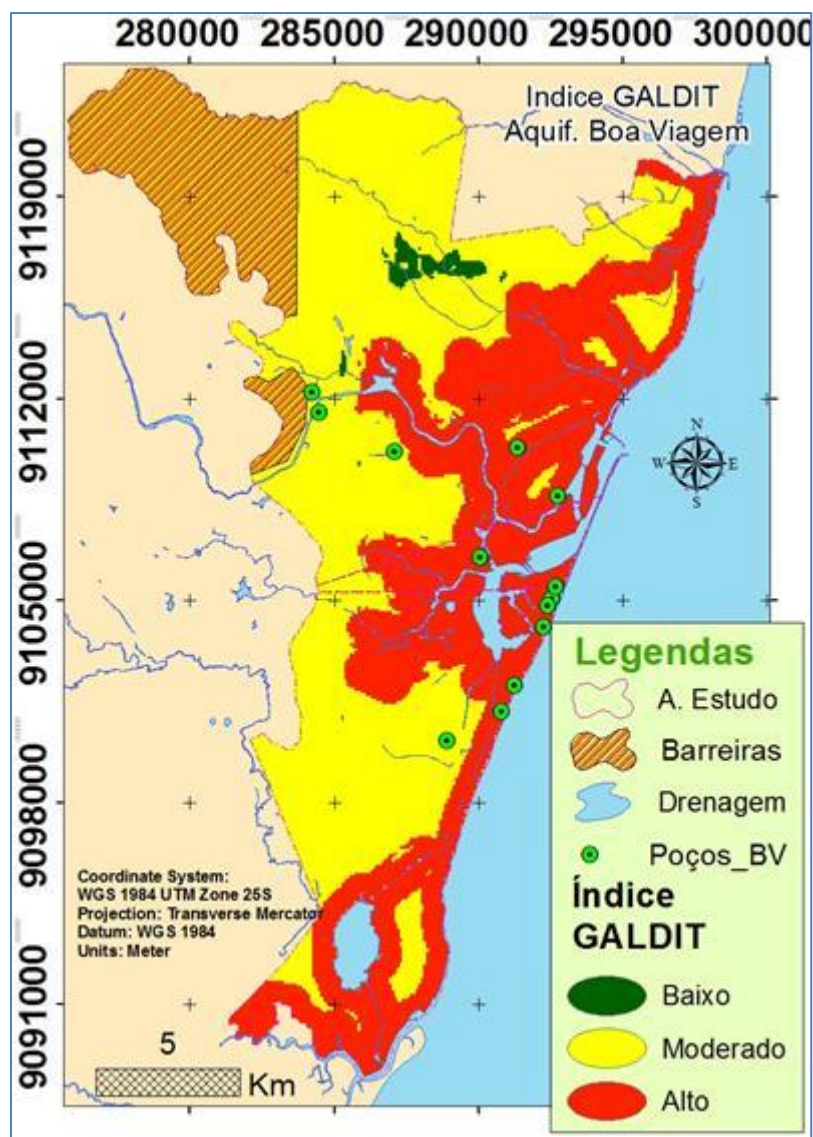


Figura 7.10: Mapa do índice GALDIT.

Caso haja a elevação do nível médio do mar, dentro dos valores previstos, e anteriormente citados, certamente haverá um avanço horizontal do mar, principalmente na preamar da maré de sizígia. Com isto é possível que: (i) algumas áreas de recarga, principalmente aquelas em que o aquífero profundo seja desprovido de confinamento ou aflorante e (ii) até mesmo de localização de poços construídos sejam atingidos, mesmo que indiretamente através de falhas no revestimento de poços mal construídos. Esta opção (ii) vem a ser uma grande preocupação, pois levaria a uma rápida contaminação vertical, principalmente nos casos de poços abandonados e não selados.

A planície do Recife apresenta grandes trechos de estuários de mangue e de rios. Sendo comum apresentarem salinidade elevada, principalmente nos períodos de estiagem, durante a preamar. Com o indicativo da elevação da água do mar este

problema tenderá a ser agravado consideravelmente, pois levaria a salinização dos rios, córregos e mangues a avançarem para o interior, continente acima, e por infiltração nos leitos, poderia chegar aos aquíferos.

Diante disto, quando considerada a possível subida do nível médio do mar, nas projeções houve um avanço horizontal das águas salinas sobre a área da superfície do aquífero, conforme mostrado em mapa da Figura 7.3 (anterior). Assim, a nova linha da costa projetada para o ano 2095, levou em conta este avanço, em relação à linha atual, proporcionando. Desta maneira, os novos valores foram tomados com base no limite estabelecido nesse mapa, considerando um aumento de 2 m no nível médio do mar (0,844 m + efeitos de maré de sizigia), e conforme Langevin & Zygnerski (2013). Desta forma, levou a um novo mapa para o Fator D, “Distância à costa”, visto que o sistema GALDIT determina que seja feito o cálculo três distâncias perpendiculares à linha da costa que são: 500, 750 e 1.000 m, a partir da linha costeira do aquífero e das margens dos rios, em seus trechos salinizados, Figura 7.11.

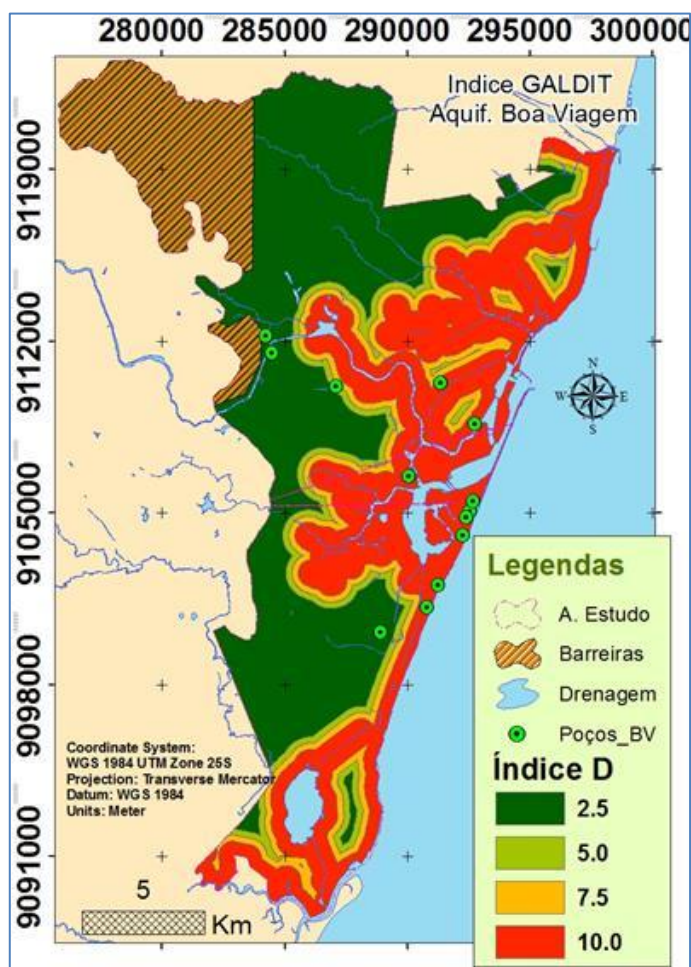


Figura 7.11: Mapa do Parâmetro D, considerando um aumento de 2 m no nível médio do mar, conforme Langevin & Zygnerski (2013).

Um novo mapa foi confeccionado, quando foram consideradas as projeções de elevação do nível médio do mar para o ano de 2095, de 0,844 m mais os efeitos de maré de sizigia, esta pode alcançar até 2 m, conforme Langevin & Zygnerski (2013). Para este valor de elevação vertical, uma nova linha de costa foi definida para o Fator D. Isto implicou em um novo mapa GALDIT, com esta projeção, é mostrado na Figura 7.12.

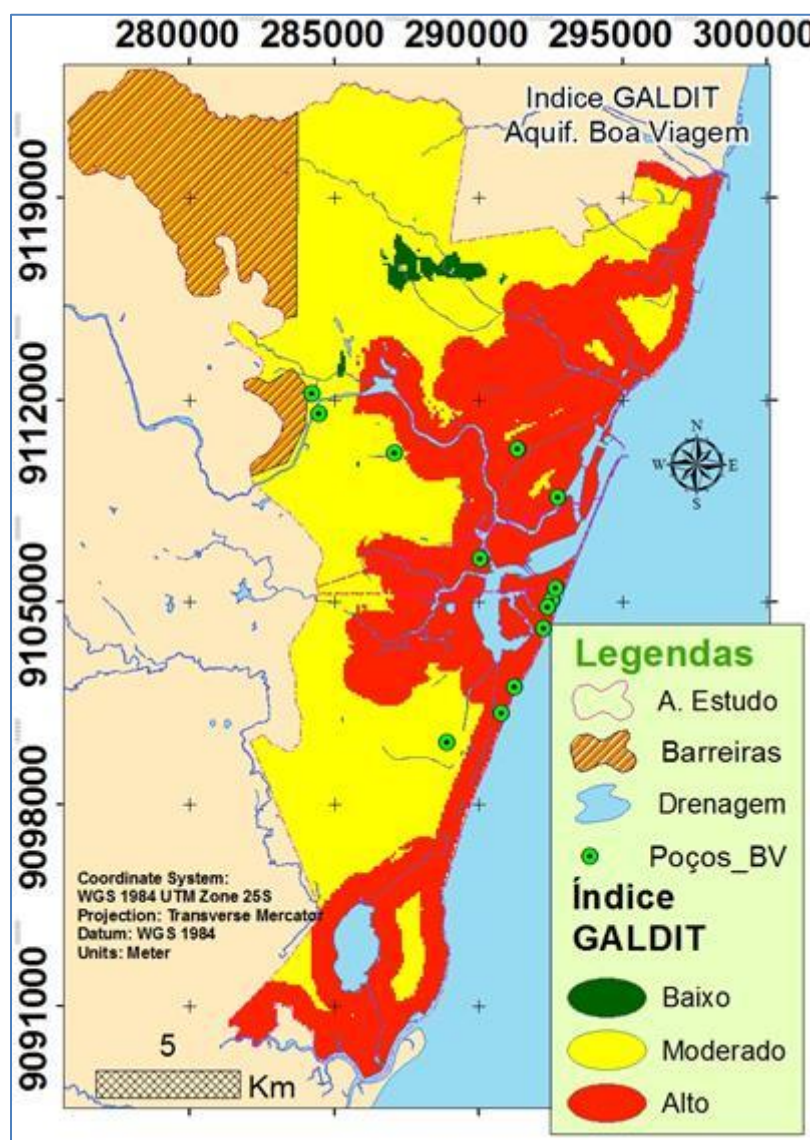


Figura 7.12: Índice GALDIT para o aquífero livre Boa Viagem - planície do Recife. Considerando a elevação do nível médio do mar.

Ao ser feita a comparação entre os mapas das Figuras 7.10 e 7.12, principalmente, em relação às zonas onde o Índice GALDIT foi máximo, tornou possível perceber as novas áreas, Figura 7.13, que serão atingidas, caso haja o aumento do nível médio do mar.

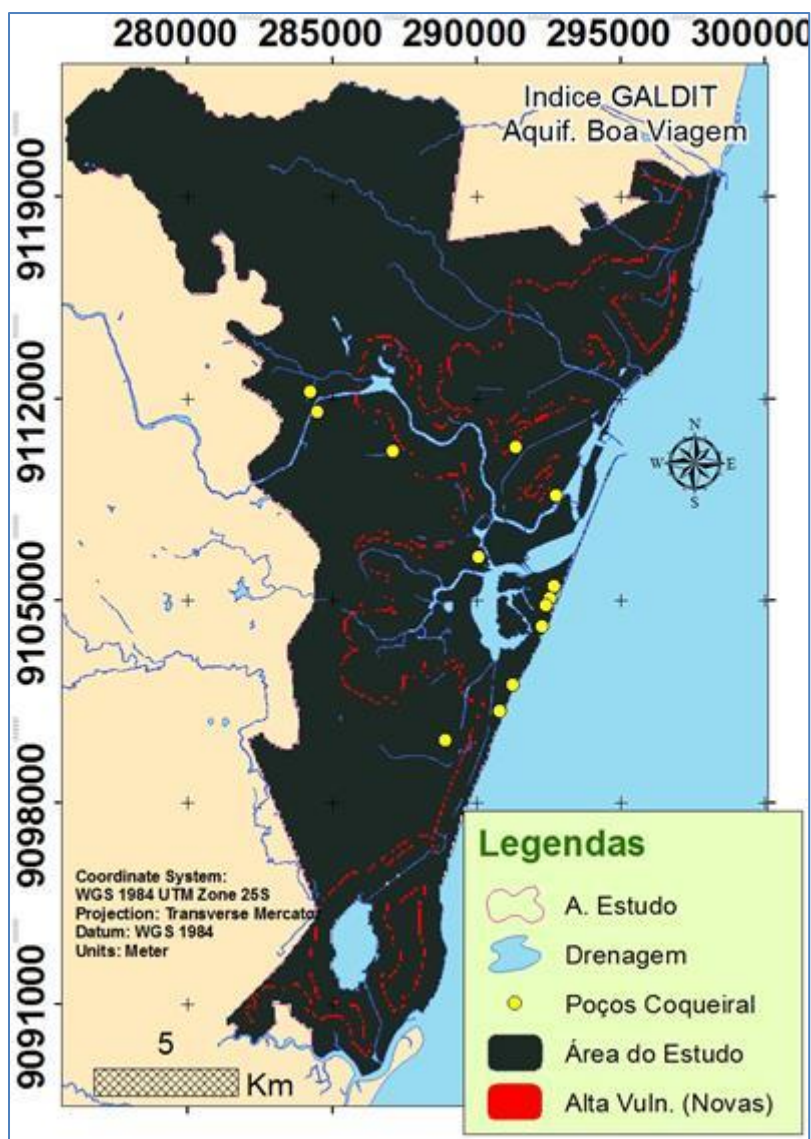


Figura 7.13: Mapa mostrando a expansão da área de vulnerabilidade máxima devido ao aumento do nível médio do mar, correspondente a um aumento de cerca de 2% da área total.

Ao observar os mapas das Figuras 7.12 e 7.13, já é possível perceber que a situação de vulnerabilidade do aquífero livre Boa Viagem é agravada, quando é posto o aumento do nível médio do mar. Entretanto para que a situação ficasse ainda mais clara foi calculado qual seria a diferença entre áreas ocupadas pelo índice de maior vulnerabilidade em relação à verificação anterior, sem o aumento do nível médio do mar. É projetado que, a área de maior vulnerabilidade à intrusão da água do mar, verificada pelo Índice GALDIT, sofrerá um incremento de cerca de 2% da área total, caso ocorra o aumento projetado do nível médio do mar.

Após verificação da vulnerabilidade dos aquíferos usando o método GALDIT, o desenvolvimento do modelo proposto, neste trabalho, vem a ser um instrumento

de simulação de cenários para que seja possível auxiliar nas tomadas de decisão, quando do gerenciamento dos aquíferos da planície do Recife.

7.3. Resultados do Modelo VMF Desenvolvido para Planície do Recife.

Durante a construção do Modelo 3D, com fluxos e transporte de solutos acoplados para a planície do Recife, os valores de parâmetros foram obtidos no trabalho de Costa *et al.* (2003), que constam na Tabela 2.1, avaliados para assegurar que o nível de calibração obtido com o processo de estimação fosse consistente com a qualidade das observações do modelo. Para uma calibração foram utilizados dados observados de carga hidráulica dos poços indicados na Figura 7.14.b e dados observados de concentração de sais dos poços da Figura 7.14.a. Tal calibração foi feita de através do ajuste dos valores da condutividade hidráulica da camada aquítarde que obtiveram melhor concordância nas dezenas de rodadas de aquecimento, pelo usuário do modelo. Naturalmente, sem a precisão máxima que se consegue obter quando se tem todos os fatores sob controle, desde que a qualidade dos dados do campo, pode sofrer alterações devido às misturas dentro dos poços, Figura 7.15, como também, por falhas na coleta ou na análise.

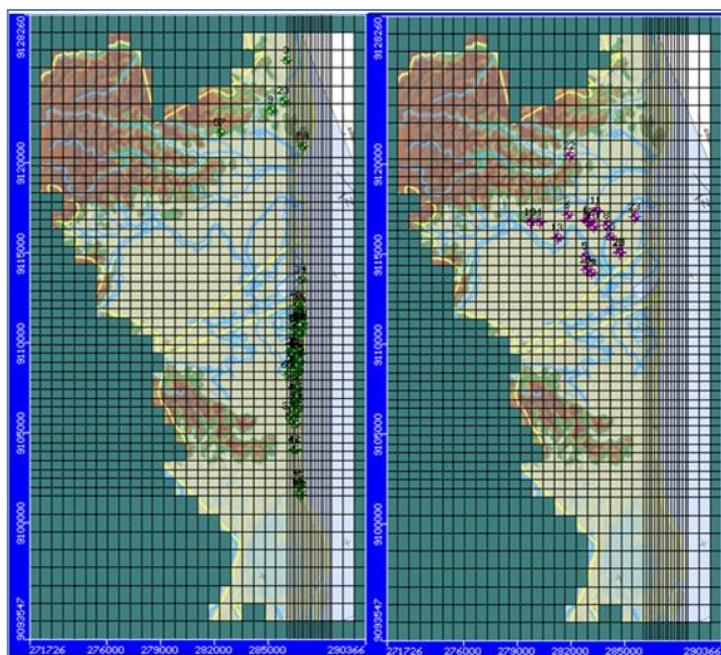


Figura 7.14: Poços utilizados no Modelo: Poços de Monitoramento: [a] da Concentração e [b] da carga hidráulica.

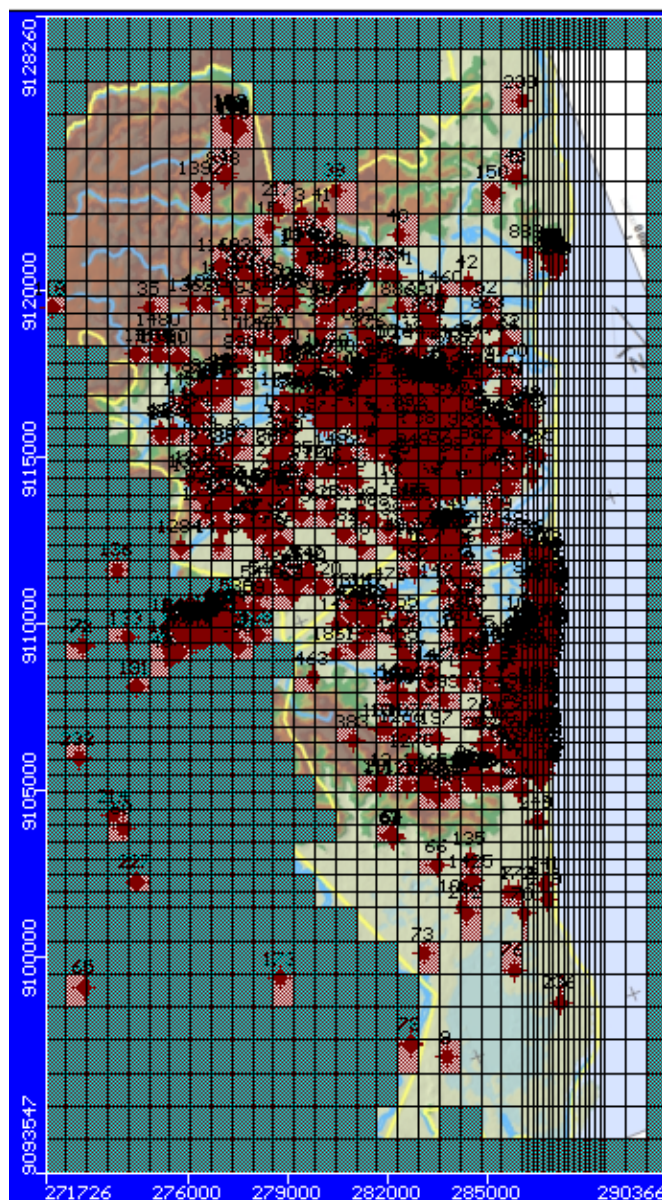


Figura 7.15: Poços de Bombeamento utilizados no Modelo.

E, após a calibragem, houve uma boa concordância geral entre as Cargas Hidráulicas simuladas e observadas para o Modelo. Posteriormente, com o modelo já calibrado, com os dados de 1998, foi feita a validação do mesmo com a utilização dos dados de poços CPRH de três anos posteriores 1999, 2000, 2001, onde foram retirados os poços de observação de 1998 do modelo calibrado e substituído a cada rodada pelos anos subsequentes relacionados e ainda, verificada a consistência com dados de 2012. Com o índice médio de erro (entre carga hidráulica calculada e observada, bem como, concentração calculada e observada) inferiores a 10%. Assim, verificou-se que o modelo respondia bem, com valores calculados bastante

próximos dos valores reais observados, para os dados de 1999, 2000 e 2001, e ainda para os dados de poços de 2012 do Projeto Coqueiral.

Quanto à sensibilidade do Modelo, com a redução do número de parâmetros a ser estimado, pode ser feito usando um julgamento subjetivo, possivelmente auxiliado por uma análise de sensibilidade (por exemplo, fixar os valores dos parâmetros mais incertos). E foi por meio do julgamento subjetivo que a análise da sensibilidade do Modelo foi feita. Quando ao introduzir cada parâmetro individualmente, eram observados os resultados obtidos para cada um deles, e ao final da montagem do modelo, fazendo-os variar para verificar a magnitude das mudanças baseado nas resposta que eram obtidas. Por exemplo, as alterações feitas na retirada para cada um dos cenários e quando foi colocado o índice de recarga de 20% do valor da precipitação, ou seja, o dobro do valor utilizado, as respostas foram variações bruscas nas respostas obtidas.

Desta maneira, pode-se verificar que o modelo, Figura 7.16, é bastante sensível em relação a dois parâmetros, que são as taxas de retirada e as taxas de recarga. Isto também foi percebido quando foram simulados os cenários. O resultado encontrado entre o bombeamento pleno e o bombeamento reduzido, de 1998, foi bastante expressivo. No primeiro a salinização da primeira linha de poços ocorreu em menos de dez anos, enquanto no segundo (quando se aplicou a redução), esta linha não foi atingida até o final do período simulado.

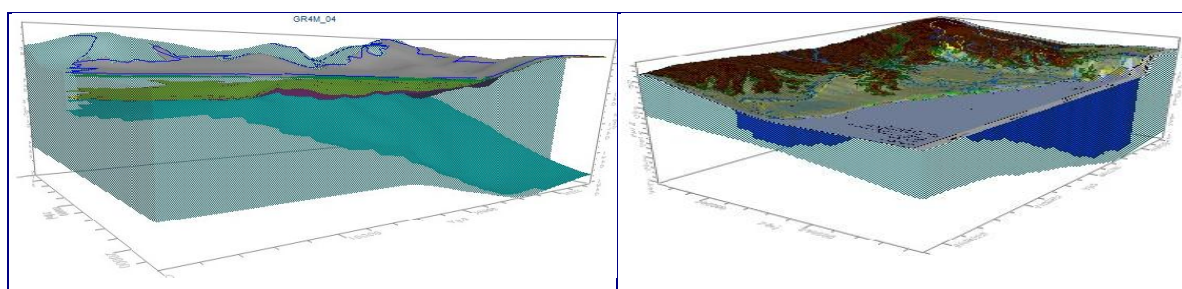


Figura 7.16: [Sup.] Modelo Visual ModFlow-3D da planície do Recife; [inf.] (esq.) Aqüíferos; (dir.) Camadas do Aqüífero

Para esse Modelo, nos aquíferos da planície do Recife, foram considerados três camadas: (i) a primeira formada pela superfície e aquífero livre Boa Viagem, (ii) a segunda composta por uma formação aquítarde e (iii) a terceira, abaixo do aquítarde formada pelos aquíferos semiconfinados Cabo e Beberibe. A Figura 7.17

mostra o volume do domínio considerado neste estudo e ainda, uma projeção 3D da interface salina.

Os resultados obtidos com as simulações, que foram especificadas através dos objetivos deste estudo, e que foram executadas conforme os três cenários previamente traçados, são descritos, para cada um deles, nos subitens que seguem.

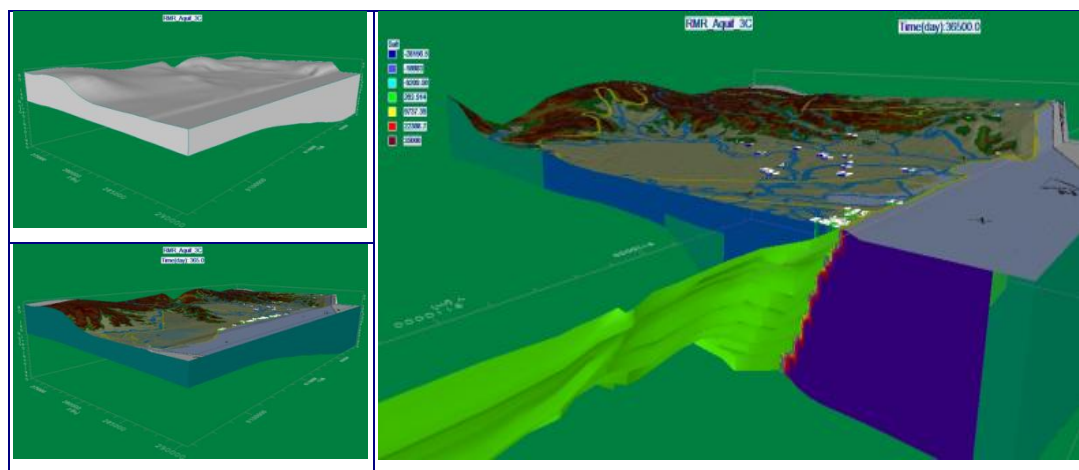


Figura 7.17: Vista 3D do Modelo: (esq.) Volume do Domínio do Modelo; (dir.) Corte mostrando a interface.

7.3.1. Resultados para o Cenário 1

Neste cenário foi feita uma simulação com duração de 100 anos, do início de 1998 até o final de 2098, mantendo-se o atual bombeamento (considerando valores de 1998), e sem mudança no nível médio do mar. O resultado obtido para tal cenário foi que a interface salina atinge a primeira linha de poços, os mais próximos à linha da costa, em menos de dez anos, Figura 7.18.

E na realidade, isto acabou acontecendo, pois conforme trabalho de Santos *et al.*(2010), Silva *et al.*(2008), Cabral *et al.*(2007), Montenegro *et al.* (2005, 2008) e Paiva *et al.* (2013), foram detectados vários poços, na região dos bairros de Boa Viagem, Recife e Ilha do Leite, que haviam sido abandonados por volta deste período, devido à salinização das suas águas.

Mesmo que, no caso real, a redução de bombeamento já havia sido imposta, porém dado a pouca fiscalização, ainda não tinha a devida rigorosidade, pois, na maioria dos poços ainda não haviam hidrômetros instalados. E esta redução foi imposta por já haver o desequilíbrio entre a entrada e retiradas dos aquíferos, uma

vez que, no caso da planície do Recife, Costa *et al.* (1998) estimaram que apenas 10% das águas de precipitação se infiltram para reabastecimento dos aquíferos, e a precipitação média anual, para a planície do Recife, tem um valor em torno de 2.450,7 mm, isto levaria a um valor de infiltração de 245,07 mm/ano (0,245 metros/ano), que, ao considerarmos toda área de contribuição para o aquífero Boa Viagem, que tem uma área de $112 \times 10^6 \text{ m}^2$, mesmo sem descontar as que foram impermeabilizadas pela ocupação urbana, daria um volume anual total em torno de $27.440.000 \text{ m}^3$.

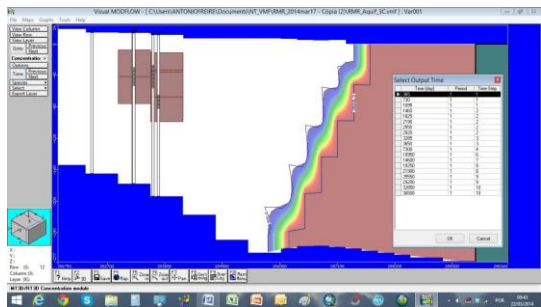


Figura 7.18: Simulação do Cenário 1 (corte da Linha 12).

Evidentemente este tipo de cálculo não é feito desta forma assim tão simples, requer algumas considerações sobre bacias, geologia das formações etc., mas estes valores apresentados são apenas uma estimativa grosseira das possibilidades máximas de retirada. Para White & Falkland (2009), estimativas preliminares de rendimento sustentável das águas subterrâneas são normalmente tomadas por ser uma fração da recarga média anual. Tendo como rendimento sustentável aquele em que a quantidade de retirada seja inferior às reposições, naturais e/ou artificiais, do aquífero. Uma estimativa muito mais precisa foi feita por Costa *et al.* (2011), conforme está apresentado na Tabela 7.2.

Tabela 7.2: Balanço anual de Entradas x Saídas para os aquíferos da planície do Recife.

Aquíferos →		Boa Viagem	Beberibe	Cabo
Reservas Permanentes (R_p)		$112 \cdot 10^6 \times 40 \times 0,1 = 448 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	$56 \cdot 10^6 \times 80 \times 0,1 = 448 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	$35 \cdot 10^6 \times 60 \times 0,07 = 147 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Balanço Anual de Entradas x Saídas	Recarga	$45,76 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($1,45 \text{ m}^3/\text{s}$)	$9,14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,89 \text{ m}^3/\text{s}$)	$5,35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,17 \text{ m}^3/\text{s}$)
	Exutório natural	$11,64 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,369 \text{ m}^3/\text{s}$)	$7,49 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,238 \text{ m}^3/\text{s}$)	$7,16 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,227 \text{ m}^3/\text{s}$)
	Exutório artificial	$21,63 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,68 \text{ m}^3/\text{s}$)	$65,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($2,06 \text{ m}^3/\text{s}$)	$25,54 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,81 \text{ m}^3/\text{s}$)
	Balanço anual	$a - (b+c) = 12,49 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($0,40 \text{ m}^3/\text{s}$)	$a - (b+c) = -63,35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($-1,41 \text{ m}^3/\text{s}$)	$a - (b+c) = -27,35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($-0,87 \text{ m}^3/\text{s}$)

Fonte: A Sobre-Exploração dos Aquíferos Costeiros em Recife – PE (SRH-PE), Costa *et al.* (2011), adaptado para este trabalho.

Fonte: Costa *et al.* (2011).

Como pode ser visto no balanço anual, os aquíferos que se prestam para o abastecimento da planície do Recife, Beberibe e Cabo, ambos estão com resultados negativos em seus balanços, e este levantamento foi feito em 2011, portanto, após a Resolução CRH Nº 04/2003. Fica claro então, pelos resultados do Modelo, Figura 7.19, que as retiradas ainda estão sendo feitas a descoberto. O que leva a crer que a resolução ainda não está sendo totalmente cumprida, provavelmente, por falta de um melhor aparelhamento do Estado para monitorar. Caso a resolução estivesse sendo cumprida, certamente, aproximaria bastante do equilíbrio no balanço, pois quando de sua proposição essa foi feita de forma a que isto ocorresse.

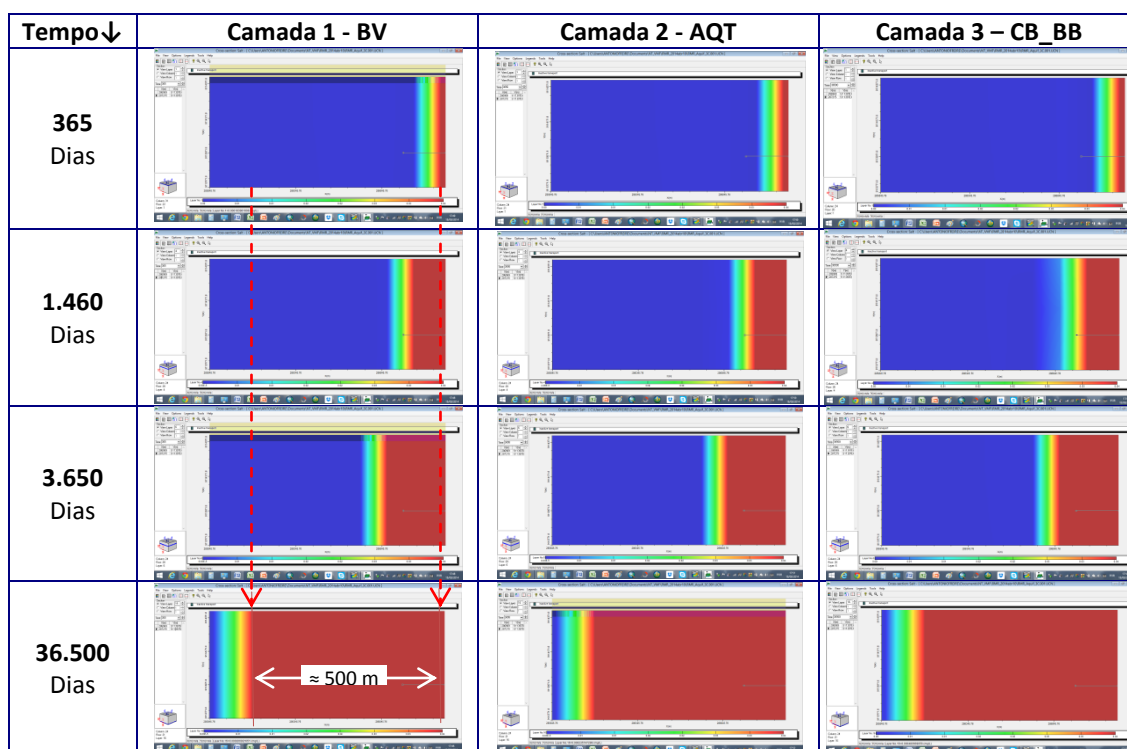


Figura 7.19: Mapa da Concentração STD por período decorrido e por camada.

Diante do que foi exposto, o rápido avanço da interface verificado na simulação está perfeitamente justificado, pois além da retirada a descoberto, tem-se ainda um litoral de inclinação suave que são mais suscetíveis ao avanço da intrusão marinha.

7.3.2. Resultados para o Cenário 2

Neste cenário é feita uma simulação no mesmo período da anterior (isto é, 1998 a 2098), reduzindo-se o atual bombeamento (considerando valores de 1998, como referência atual), já de acordo com a Resolução CRH Nº 04/2003 e sem mudança no nível médio do mar, ou seja, sem a elevação do nível médio do mar em 844 mm prevista por Church *et al.* (2001). Para este cenário, diante dos resultados obtidos no cenário 1, antes mesmos de feitas as simulações, já havia expectativas por resultados mais favoráveis, e foi o que veio a ocorrer. Quando foi imposta a redução da retirada para atender a Resolução CRH Nº 04/2003, verificando, naturalmente, o zoneamento que esta adota, chegou-se a resultados bastante satisfatórios em termos da posição da interface, conforme Figura 7.20.

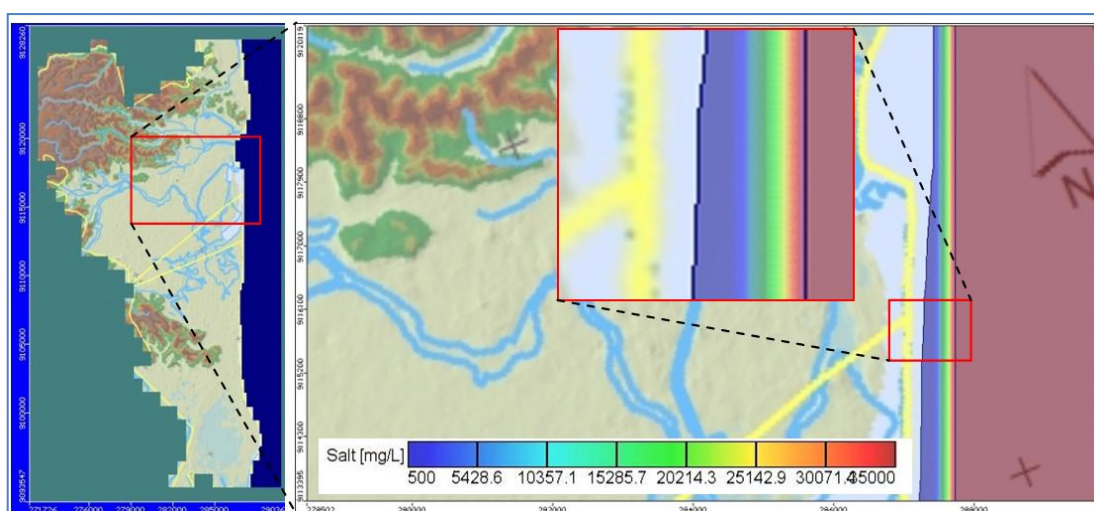


Figura 7.20: Posição relativa da interface após 36.500 dias (100 anos).

E, pode-se ainda verificar após rodar o cenário 3, que este cenário 2, foi o mais favorável dos três cenários estudados, o que já era esperado antes do início dos estudos. Neste cenário 2, foram percebidos pequenos avanços da interface, em relação à linha de referência previamente estabelecida, próximo à linha da costa (linha amarela vertical), mas estes não atingiram a primeira linha de poços (que fica logo após a linha amarela), como ocorreu no cenário 1.

Assim, se forem cumpridas as reduções impostas pela Resolução e não houver elevação do nível médio do mar, haveria apenas um pequeno avanço na interface. Mas tal situação ainda poderia ser estabilizada, ou até mesmo revertida, em havendo um incremento na recarga por algum mecanismo, destes tantos que

atualmente já estão estabelecidos por estudos, poderão os aquíferos atingir uma condição de equilíbrio após algumas décadas.

No entanto, é oportuno salientar que isto não significa que haveria um rendimento sustentável. Na verdade está muito longe de chegar a este ponto, visto que ainda teria que recuperar o nível que foi rebaixado no pretérito e, após isto, caso seja atingido o equilíbrio, pode vir a ter um regime sustentável.

7.3.3. Resultados para o Cenário 3

Neste cenário 3, novamente foi feita uma simulação de 100 anos (1998 a 2098), mantendo-se o bombeamento do Cenário 2, ou seja, reduzindo o bombeamento de acordo com a Resolução CRH Nº 04/2003 e com uma elevação de 844 mm no nível médio do mar, de acordo com a previsão mais desfavorável feita por Church *et al.* (2001). Isto na prática, quando considerada a maré de sizígia, equivale a uma elevação próxima de 2 m.

Assim, depois de realizada a simulação, em que adotou-se a linha STD = 500 mg/L como limite de potabilidade (alguns pesquisadores utilizam-na como limite de potabilidade, mesmo o valor STD exato sendo 440 mg/L). O valor máximo de Cloreto (Cl-) permitido pela Portaria nº 2914/11 do MS para águas potáveis é de 250mg/L. Os valores de cloreto das amostras variaram de 2,5 a 39,3 mg/L (período de estiagem) e de 0,5 a 32,1 mg/L (período chuvoso), com média de 10,7 e 15,4 mg/L, respectivamente.

Após rodada a simulação do cenário 3, Figura 7.21 e Figura 7.22, e ao fazer a necessária comparação com o cenário 2, verificou-se que a mudança de posição relativa da linha que limitava o STD = 500 mg/L, teve avanço praticamente imperceptível em relação à simulação do cenário 2. Estes resultados são compatíveis com os encontrados por Loáiciga *et al.* (2012, apud Langevin & Zygnerski, 2013), que concluíram que, para a área à beira-mar da sub-bacia *Monterey County*, Califórnia, que a extração de águas subterrâneas teria um efeito maior sobre a intrusão de água do mar, do que elevação do nível do mar. Esses pesquisadores constataram que o excesso de retirada de água subterrânea do campo de *Pompano Beach* também é, provavelmente, a causa dominante do evento de intrusão de água salina. O achado dos autores *op.cit.* são similares aos

encontrados para os aquíferos da planície do Recife, nas mesmas condições de elevação do nível médio do mar.

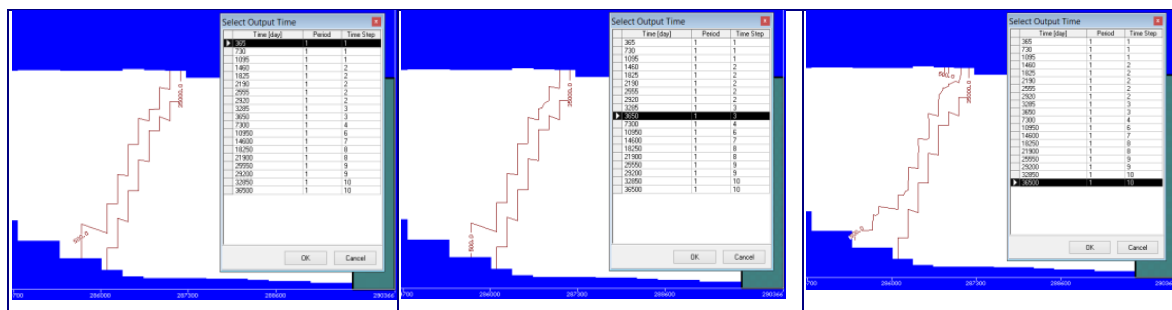


Figura 7.21: Vista lateral do avanço da interface no cenário 3.

As condições de contorno do aquífero são de grande importância para a simulação de cenários, segundo Chang *et al.* (2011, apud Langevin & Zygnerski, 2013), aquíferos confinados que são controlados por fluxo, o aumento do nível do mar pode não ter qualquer efeito sobre a intrusão de água salina.

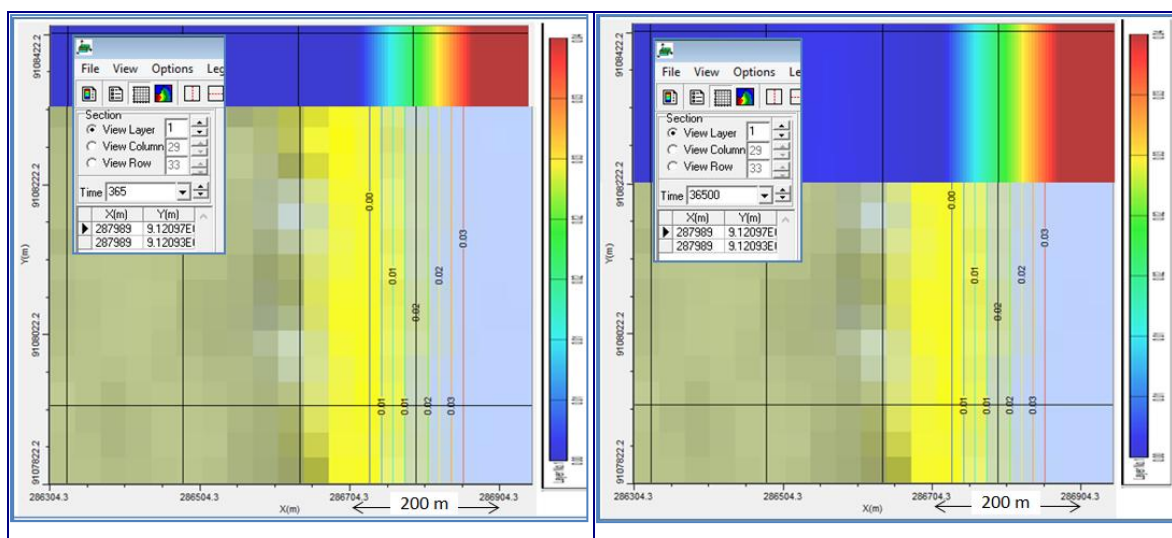


Figura 7.22: Posição relativa da interface água doce/salgada em detalhamento do resultado do Modelo para o Cenário 3, (esq.) ano 1998 e (dir.) ano 2008.

Outros trabalhos enfatizam as variações de precipitação, como têm sido sugeridas por Dunn (2001, apud Langevin & Zygnerski, 2013) e Paiva *et al.* (2013), como um dos principais impulsionadores para o evento de intrusão de água salina. E isto ocorreria devido aos eventos de precipitação de grande intensidade, seguido por longos períodos de ausência de precipitação (secas). Este tipo de situação,

combinado com a impermeabilização dos solos, são altamente desfavoráveis ao adequado reabastecimento dos aquíferos. Atualmente a área da Planície do Recife, Figura 7.1, conta com uma ocupação urbana de cerca de 30% do espaço sobre o área estudada, pelo qual as águas de recarga permeiam para os aquíferos profundos, semiconfinados, entretanto, para manter o foco da pesquisa, não foi analisada esta situação.

7.4. Compatibilidade dos Resultados

Os resultados deste estudo são consistentes com outros estudos, sobre intrusão da água do mar em aquíferos costeiros, desenvolvido em outras partes do planeta. Ao fazer simulações com três cenários e, ao mesmo tempo, introduzindo, um a um, os parâmetros que alimentam o modelo de simulação (e fazendo em seguida a rodada), foi possível perceber quais parâmetros tinha maior influência sobre os resultados. Verificou-se, no presente estudo que, os principais fatores estão relacionados ao movimento da interface, são o excesso de exploração e a taxa de recarga. Diante dos fatores citados, o aumento do nível médio do mar teve uma contribuição quase que imperceptível, só levando a alterações quase imperceptíveis, e até mesmo insignificantes quando se compara em relação ao cenário 1, Figura 7.23, no final do período da simulação após 36.500 dias.

Este resultado também é compatível com os estudos feitos por Langevin & Zygnerski (2013), em que a subida do nível médio do mar não teve um grande efeito sobre a posição do contorno STD do modelo simulado, em comparação com o efeito de bombeamento, mas o efeito foi discernível. Em dado momento da simulação deles, por exemplo, o contorno de STD, sem aumento do nível médio do mar estava de cerca de 100 m ao largo do contorno STD sem tal evento. Fato este verificado também na análise de sensibilidade, feita por eles, indicou claramente que as retiradas do campo de poços têm o maior efeito sobre a posição do contorno STD, que o aumento do nível médio do mar.

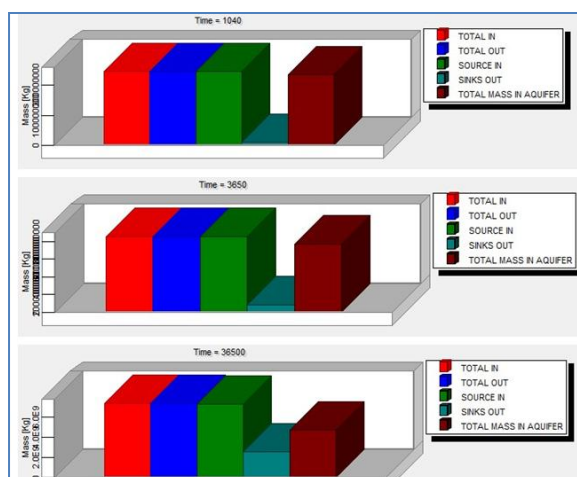


Figura 7.23: Balanço de massa do Modelo no cenário 1. A barra que representa as retiradas esta franca elevação, enquanto a que representa armazenamento apresenta queda.

Ao simular o cenário 2, o contorno STD não sofreu grandes alterações. E, as ligeiras alterações ocorridas, só foram realmente marcantes ao final do processo, ou seja 100 anos. Como comparação, verificou-se que no trabalho de Langevin & Zygnerski (2013), eles fizeram observações gerais sobre a vulnerabilidade do sudeste da Flórida – EUA, a intrusão de água salina causada pelo aumento do nível do mar e, chegaram a conclusão que o sudeste da Flórida é particularmente vulnerável por causa de: (i) o sistema de canal sobrejacente, que funciona como um forte controle de carga hidráulica; (ii) a presença de canais de maré que se estendem para o interior; (iii) o sistema aquífero superficial altamente permeável, que inclui o aquífero *Biscayne* e (iv) as grandes retiradas de água subterrânea do aquífero costeiro. Em analogia, entre as causas encontradas pelos autores *op.cit.*, e o estudo atual, para o caso da planície do Recife, como correspondentes aos itens (i) e (ii), como sendo todos os rios, córregos, canais e mangues que permeiam a região, como situação equivalente. Na situação (iii) tem-se o aquífero superficial Boa Viagem, que é altamente permeável, guardando alguma similaridade com o caso em comparação. Entretanto, o ponto mais marcante, e que é comum aos dois estudos, é o excesso de exploração que, em ambos os estudos, que se comportou como sendo o principal fator de avanço da cunha salina da água do mar. Apesar disto, segundo Langevin & Zygnerski (2013), não se pode determinar exatamente a causa da intrusão, visto que existem muitos fatores que, provavelmente, contribuem para movimento da água salina.

Além da sobre-exploração, já relatada por Costa *et al.* (2011), outro fator importante, para o avanço da interface salina, é a topografia da costa. Choudhury (2001) verificou que, em situações de interação entre maré e salinização de aquíferos, os efeitos de flutuações maré, na intrusão marinha, são mais significativos para uma praia de inclinação suave (como ocorrem nas praias do litoral da planície do Recife, Figura 7.3), do que para uma linha costeira vertical e, que a água salina penetra o interior mais fortemente para o caso de inclinação suave. Isto porque, a intrusão de água do mar, no aquífero, é sensível a batimetria.

7.5. Discussão

Visto que a intrusão marinha é especialmente sensível à conexão mar/aquífero, que em muitas das vezes, está associada com a presença de caminhos preferenciais de fluxo, tais como fraturas em rochas, falhas em camadas de confinamento, sedimentos depositados pelo avanço do mar em tempos passados, que formem vias de maior condutividade hidráulica, etc.

A proteção desses aquíferos costeiros, contra a intrusão marinha, requer um detalhado conhecimento dos seus parâmetros e uma boa compreensão de sua dinâmica. Para tanto, os dados históricos de acompanhamento das condições físico-químicas da água, e, atualmente, biológica, conforme trabalho de Santoro (2010), bem como, o conhecimento da hidrogeologia das formações aquíferas, que são de suma importância e imprescindíveis para a confecção de modelos que simulem o comportamento dos fluxos, concentrações de solutos e cargas hidráulicas desses aquíferos, nos mais diversos cenários, tanto em tempo presente (para o caso de interceptação de vazamentos de fluidos), como para o futuro, em simulações como as do presente trabalho que esboçou o aumento do nível médio do mar.

A quantidade e a periodicidade de dados se apresentam muito escassos e, além disso, recursos não eram disponíveis para a busca de dados de campo, por serem muito caros e difíceis de obtenção, e ainda, pela necessidade de longos períodos de observação, uma vez que os movimentos dos fluidos no subsolo leva décadas ou séculos para uma resposta.

Assim, adotou-se o ano de 1998 como sendo o início das simulações, pois estes dados estavam disponíveis na literatura e ainda havia uma sequência de quatro anos: 1998, 1999, 2000 e 2001, podendo estes três últimos serem utilizados para calibração. Desta forma, com a utilização dos dados pretéritos, de mais de uma década atrás, e buscando apenas os dados atuais, para validação, ter-se-ia um bom material para iniciar um Modelo Numérico de simulação, com possibilidade de validar com dados obtidos em 2012, pelo projeto Coqueiral.

Assim, os dados de 1998, serviram como ponto de partida para os valores de carga hidráulica e concentração de soluto. Já a calibração do modelo foi feita com base em dados de 1999, 2000 e 2001, enquanto os dados de 2012 puderam ser usados para validação do modelo e também verificação da sensibilidade em algumas simulações de cenários. De maneira que, após todo o trabalho de montagem, calibração e validação do modelo, esse pudesse ser usado para simulação de cada um dos cenários previamente estabelecidos, e assim, atingisse os objetivos geral e específicos deste estudo. Desta forma, foi feita a discussão do presente estudo na forma de alusão aos objetivos e os correspondentes resultados encontrados para os mesmos.

O Objetivo Geral da Tese foi a "previsão de cenários para analisar a salinização dos aquíferos costeiros da planície do recife dados os efeitos da elevação do nível do mar". O modelo gerado foi capaz de simular esta situação de elevação do nível médio do mar, tendo-se em conta alguns cenários e experimentações dentro de cada um deles. Pôde-se verificar, por exemplo, que ao ser considerado apenas a contribuição do aumento do nível médio do mar, em relação à intrusão marinha, esta seria ínfima, quando comparada aos efeitos de bombeamento e de recarga nos aquíferos e, ao ser considerado isoladamente, não atingiria as primeiras linhas de poços de bombeamento dentro do período do estudo. Assim, o seu efeito danoso é sentido quando se consideram os demais fatores, bombeamento sem redução e quando se simulou redução na recarga.

Considerando apenas o excesso de exploração, este levou a uma salinização da primeira linha de poços em um período inferior a dez anos, do início da simulação, o que remete ao ano calendário de 2008. E, verificam-se na literatura, relatos de salinização em torno deste período e, nos dados 2012, Figura 7.24, pode

ser constatado que alguns poços da faixa costeira e das regiões próximas a mangues, tiveram indícios de salinização em suas águas. As áreas do mapa da direita, que tem a cor clara são as que têm razão $Na / Cl < 0,86$, que indicam presença de salinização e quanto mais abaixo deste valor, maior risco de salinização iminente.

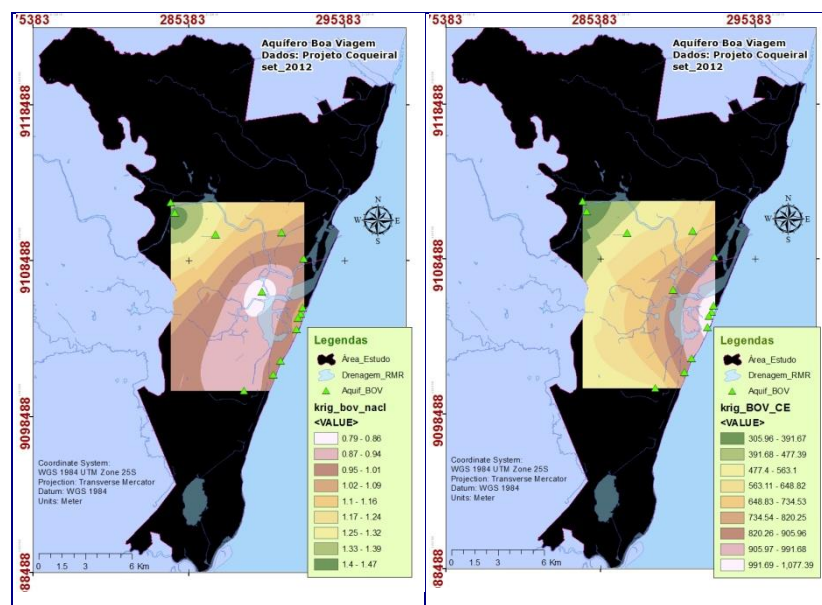


Figura 7.24: [a] mapa Razão Na / Cl e [b] mapa da Condutividade Elétrica (CE), da planície do Recife 2012.

Os mapas de interpolação (método ordinário com modelo de semivograma esférico, gerados no aplicativo SIG), de amostras do STD e razão Na / Cl , obtidos pelo Projeto Coqueiral, 1ª campanha, com 13 poços, para este aquífero, coletadas em setembro de 2012. Onde, no lado esquerdo (esq.) foi posto o mapa da razão Na / Cl , enquanto do lado direito (dir.) está posto a condutividade elétrica do soluto, que servem como indicadores de salinização. Como os indicadores de salinização são uma importante ferramenta para validação dos resultados achados pelo Modelo, foi feito um estudo destes indicadores com os dados da 1ª campanha do Projeto Coqueiral, de setembro de 2012, como será mostrado nos sub-ítem seguintes.

As razões químicas das águas nos aquíferos podem trazer importantes informações sobre a seu atual estado, em relação à salinização e ainda, indicar possíveis origens, quando este processo encontra-se em curso ou já instalado. São

três os aquíferos na planície do Recife, o aquífero livre Boa Viagem, que está sobre uma camada aquítarde e esta, sobre os aquíferos semiconfinados Cabo e Beberibe, o limite de separação entre estes dois últimos é o Lineamento Pernambuco.

As águas para reabastecimento desses aquíferos, geralmente, são proveniente das precipitações, da drenança dos rios lagos e estuários, de vazamento das redes de água, potável e de esgoto e ainda, de fossas sépticas. Dado a forma como estes se encontram sobrepostos, o que se espera é que, grande parte das águas que chegam aos aquíferos confinados venha por drenança vertical através do aquífero livre e dos rios, lagos e mangues estuarinos que permeiam esta formação. E isto pode ser comprovado pelas razões químicas, Figura 7.24, onde se verifica que as águas do aquífero livre Boa Viagem se predominantemente Cloretada Sódica, com 48% de predominância e tendo a Bicarbonatada Sódica como segunda razão química com 34% e a terceira posição sendo ocupa pelas razões Mista Sódica e Mista/mista, ambas com 11%. Tais valores sugerem a influência da salinização marinha para este aquífero livre, quer seja pelos sprays marinhos precipitados junto com a água da chuva ou mesmo pela drenança dos rios lagos e mangues que sofrem a influência da maré.

O mapeamento da razão Na / Cl , a partir de dados do projeto Coqueiral, coletados na primeira campanha, em setembro de 2012, Figura 7.25, também vem trazer informações de áreas com grandes potenciais de salinização, visto que além da indicação das áreas onde o valor desta razão é menor que 0,86 (indicadas pela cor vermelha), venham a ser áreas com salinização, possivelmente, já instaladas. E para uma melhor indicação foram feitos mapas de Condutividade Elétrica (CE), STD e Boro. Os dois primeiros são bons indicadores de salinização, enquanto o Boro pode indicar que a origem provável é a salinização marinha. Percebe-se que a região do Bairro de Boa Viagem, Pina e Centro do Recife, são as mais prováveis, e destaca-se um poço que, apesar de ser longe da linha do litoral, apresentou características de salinização. Talvez possa ser explicada por paleocanais ou águas marinhas fósseis ou, em última análise, erro na coleta.

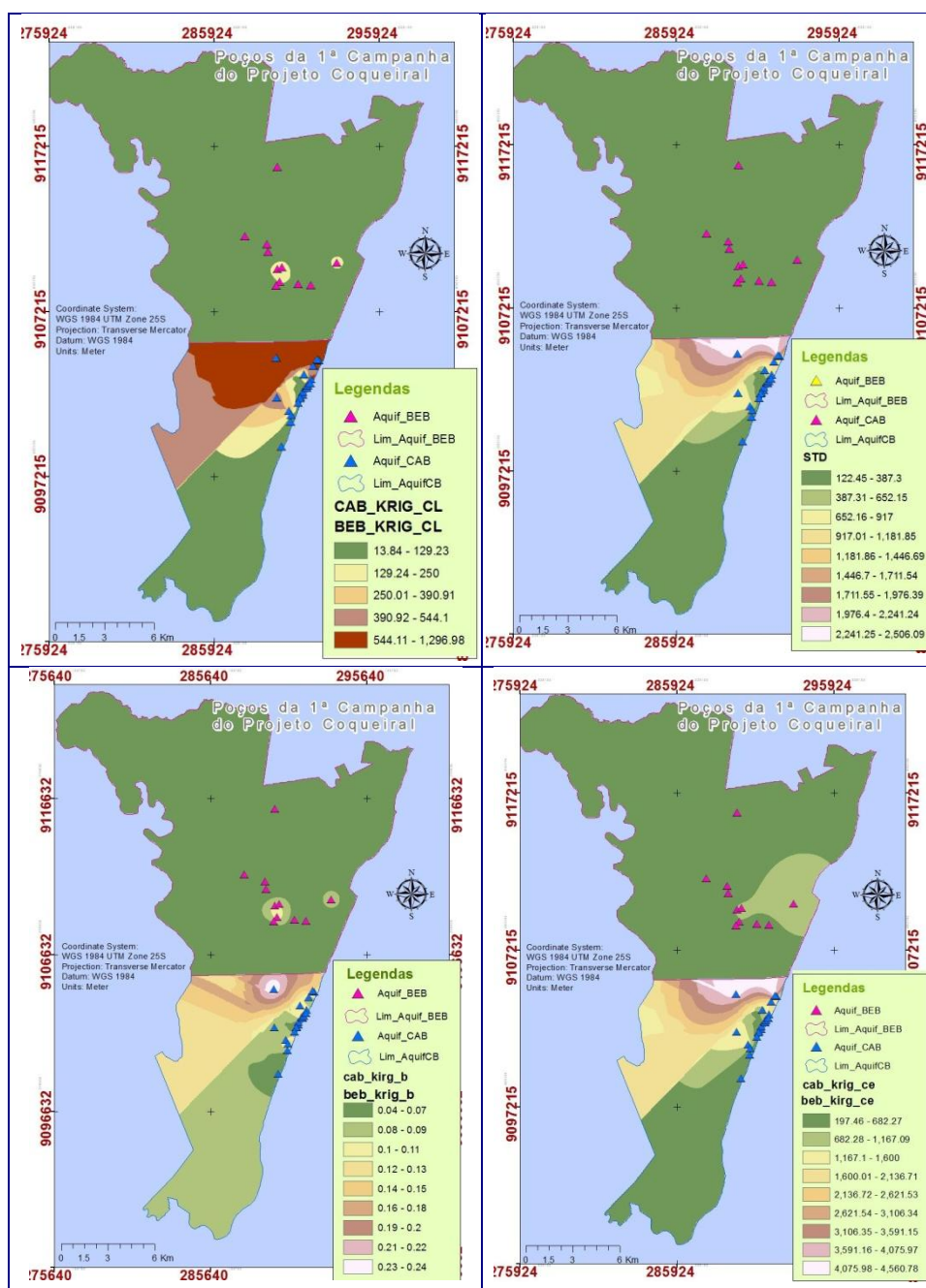


Figura 7.25: Razão Na / Cl associados aos buffers STD e Boro, indicando salinização e possível origem marinha.

As razões Na / Cl indicativas de intrusão de água salina são geralmente mais baixas do que os valores marinhos (isto é, razão molar < 0,86). Assim baixas proporções de Na / Cl, em combinação com outros parâmetros geoquímicos, pode ser um indicador da chegada de intrusão de água salina. No mapa da Figura 7.26, é mostrada uma interpolação destas razões Na / Cl onde se pode perceber que as áreas mais densamente povoadas, e que possuem, por conseguinte, uma maior densidade de poços, está com índice de salinização mais alto.

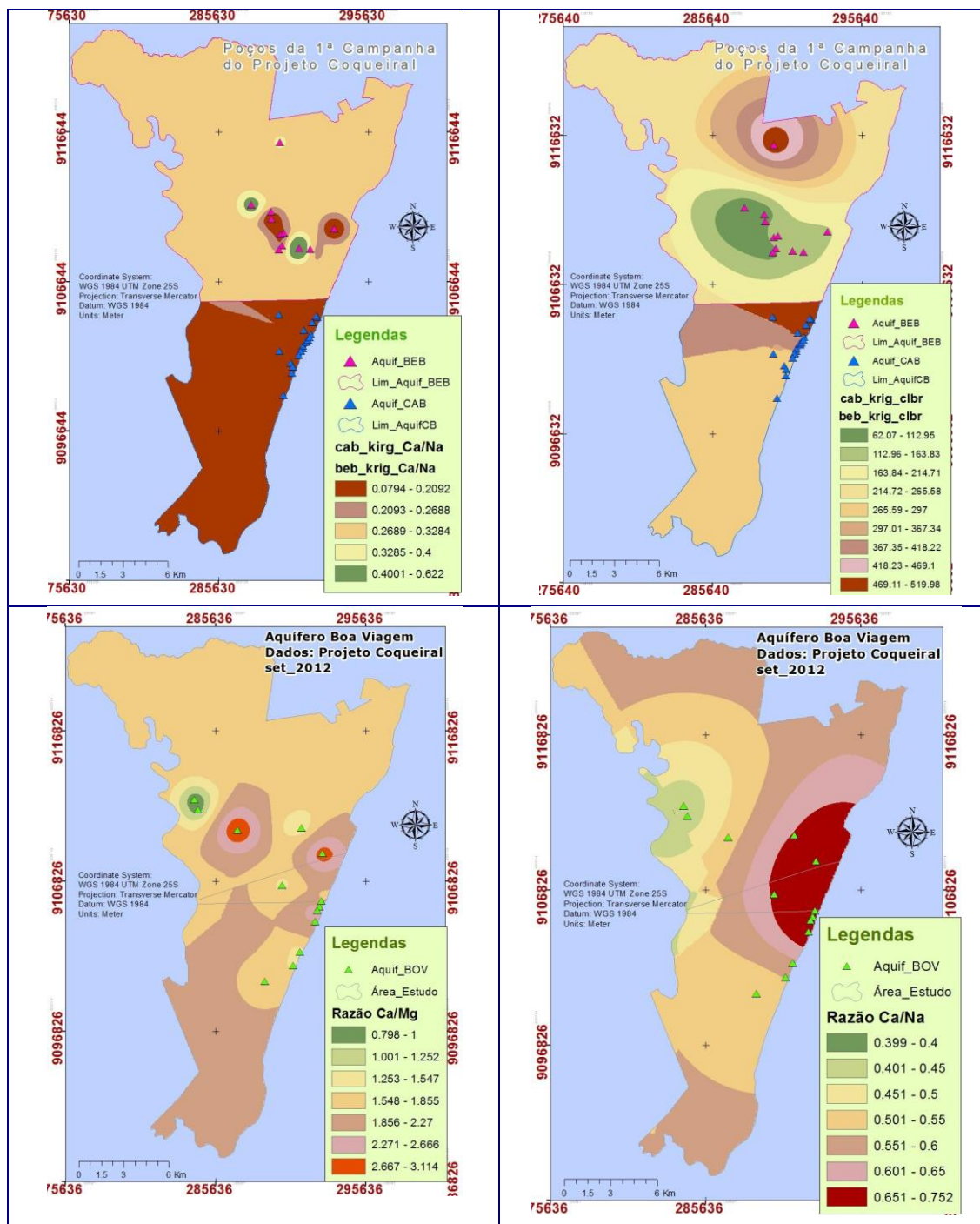


Figura 7.26: Altos índices de Boro são indicadores de água salina proveniente do oceano

No entanto, o que vem a explicar essa situação que a zona litorânea da Planície de Recife também apresenta salinização dos aquíferos devido à super exploração que se verifica nessa porção da área, como pode ser percebido pelo mapa dos isótopos Na / Cl. Para Oliveira (1994), a ausência de camadas confinantes em alguns pontos dessa área nos aquíferos, Cabo e Beberibe, deixam estes

vulneráveis à contaminação de superfície, principalmente onde ocorre intenso bombeamento de poços.

Segundo Bear *et al.* (1999) uma das características mais notáveis de intrusão de água salina é, comumente, o enriquecimento de Cálcio sobre sua concentração na água do mar. No mapa da Figura 7.26, é mostrada a razão $\text{Ca} / (\text{HCO}_3 + \text{SO}_4)$, e ainda, mapas de CE, STD e íons de Cl^- , que são bons indicadores de salinização. Assim, percebe-se que os círculos são maiores nas zonas mais escuras, o que sugere uma possível intrusão.

O Cálcio também pode servir como indicador quando feito a razão em relação ao Magnésio (Ca / Mg). Uma vez que, altos índices da razão Ca / Mg , maior que 1, são indicadores da chegada de intrusão de água salina. No mapa da Figura 7.26, é mostrada uma interpolação, desta razão. Assim é possível perceber que alguns pontos bastante afastados da linha da costa possuem altos valores dessa razão. Este fato pode ser atribuído, provavelmente, a águas fósseis existentes devido a transgressões pretéritas ou mesmo a decomposição rochas de evaporitos nesses locais.

A composição isotópica de Boro de águas subterrâneas pode ser uma ferramenta poderosa para a discriminação das fontes de salinização, em particular, distintivas da água do mar de fluido antropogênicas. Na formatação do mapa, Figura 7.26, foram associados mapas de CE e STD, como indicativos de salinização (os círculos em torno dos poços são relativos aos valores dos índices, valores altos têm círculos maiores). Dessa forma, percebe-se onde há salinização e se esta, possivelmente, foi causada por água do mar.

As águas doces subterrâneas continentais são caracterizadas, segundo Jones *et al.* (1999), por composições químicas altamente variáveis, embora os ânions predominantes são HCO_3^- , SO_4^{2-} e Cl^- . Se não antropogenicamente poluída, os cátions fundamentais são Ca^{2+} e Mg^{2+} e, em menor grau, os íons alcalinos, Na^+ e K^+ . Em maioria dos casos Ca^{2+} predomina sobre Mg^{2+} . A contaminação antropológica é outro tipo de contaminação que aparece muito fortemente, principalmente na parte central do Recife. Esta pode ser percebida quando a razão $\text{Ca} / (\text{HCO}_3 + \text{SO}_4)$ tem valores elevados. Isto pode ser devido às fossas existentes, córregos com esgotos domésticos e ainda vazamentos da rede coletora de esgotos. Os mapas CE, STD e Cl, estão postos possibilitando também verificar que há salinização nestas mesmas áreas.

Além disso foram atingidos os objetivos específicos propostos, como será visto nos parágrafos que seguem:

(i) Geração de Modelo Numérico dos aquíferos costeiros da Planície do Recife: O modelo numérico foi elaborado, com a utilização do aplicativo Visual ModFlow, e foi posteriormente calibrado e verificado, com base em dados de campo, mostrando consistência em seus resultados, de forma que puderam ser feitas as simulações, com base nos cenários previamente estabelecidos e, conseqüentemente chegar a resultados satisfatórios, de forma que, este modelo numérico poderá ser utilizado em outras tantas simulações de hipótese que venham ser postas em pesquisas futuras, dentro da abrangência para a qual este modelo foi desenvolvido.

(ii) Simulações do deslocamento da posição da interface água doce / água salina para cenários futuros, sob diferentes condições de exploração: O deslocamento da interface, de água doce e água salina, foi modelado e analisado, considerando o aumento do nível médio do mar e os efeitos das marés, em relação às águas subterrâneas, sob diferentes cenários de exploração. Os resultados das previsões decorrentes dos diferentes cenários são considerados e discutidos:

Para todos os cenários foi imposta uma linha inicial, onde seria considerada a posição da interface para cada uma das camadas, principal observação sobre a camada do fundo de cada uma delas. A partir dessa posição inicial, que não deve ser assumida por ser a verdadeira posição da interface, por não haver como afirmar tal coisa, em virtude de não se ter os dados, nem os equipamentos necessários e suficientes para esta aferição.

De maneira que, se passou a produzir a simulação do deslocamento desta interface para cada cenário que havia sido proposto. No cenário 1, estava posto a utilização dos poços em regime de bombeamento permanente, com os valores de vazão que foram encontrados para 1998 (ou seja, antes de ser imposto uma redução de bombeamento). Entre os cenários propostos e simulados, esta era a situação que se antevia com maiores avanços da interface, e foi o que de fato acabou ocorrendo nas simulações. A intensidade de retirada foi tamanha que, a interface atingiu a primeira linha de poços costeiros, em menos de dez anos (mais exatamente em torno de oito anos).

E este período encontrado na simulação, equivale ao período calendário em torno de 2008 e, é neste mesmo período, que existe uma série de relatos de abandonos de poços, próximos a costa, devido à salinização das suas águas. Portanto, o que foi simulado pelo modelo havia ocorrido na realidade. O que mostra que o modelo estava em bom acordo.

Na simulação do segundo cenário, onde havia a redução no bombeamento de acordo com a Resolução CRH Nº 04/2003, mas ainda não foi considerado o aumento do nível médio do mar, teve-se a situação em que o deslocamento em direção ao continente da linha de STD = 500 mg/L foi quase imperceptível. Para este cenário era esperado, a princípio, pelo menos um pequeno recuo da linha para o lado do oceano ou pelo menos uma estabilização da interface.

Para o terceiro cenário foi considerado o mesmo bombeamento do cenário 2 e ainda, uma elevação de 844 mm no nível médio do mar. Nesta simulação do cenário 3 o que se observou foi uma situação bastante semelhante ao segundo cenário. Havendo um ínfimo deslocamento, para o continente, em relação ao resultado obtido no segundo cenário. No entanto, mesmo um pequeno incremento vertical de 844 mm, no lado do mar, pode causar algum alcance, em termos horizontais, visto que a planície do Recife possui topografia de baixa altitude e muitos rios e canais permeiam esta área.

Mas, como a principal investigação do presente estudo centrava-se na elevação do nível médio do mar, a grande preocupação passou a ser o avanço horizontal, que ocorre em consequência da subida vertical do nível médio do mar. Esse avanço surtirá efeitos de ocupação de áreas de baixa altitude, bem como, maior penetração pelas calhas dos rios e córregos, além de maiores avanços sobre as áreas de mangue. Isto levará, certamente, a uma maior contribuição desses agentes na salinização dos aquíferos, pela percolação e interação dos seus leitos com o meio aquífero. Em simulação, feita no aplicativo SIG, considerando o aumento de dois metros no nível vertical do mar (considerando o aumento máximo previstos, com os efeitos das marés de sizígia), e verificou-se que cerca de 1,98% das áreas seriam ocupadas pelo avanço do mar de forma direta. Mas, cerca de 6,88%, sofreriam esta influência, de forma indireta, devido às oscilações dos movimentos de maré.

Por estas vias, e através dos mangues, a salinização poderá alcançar posições bastante interiores no continente e, pela percolação e interação com os meios aquíferos vir a aumentar o teor de sais destes.

(iii) Mapeamento indicativo das áreas críticas de salinidade elevada: As proporções Na / Cl de intrusão de água salina, Figura 7.26, são geralmente mais baixos do que os valores marinhos (isto é, razão molar $< 0,86$). Assim baixas proporções de Na / Cl, em combinação com outros parâmetros geoquímicos, pode ser um indicador da chegada de intrusão de água salina.

As razões Na / K e Na / Ca tendem a diminuir com a continentalidade. Por outro lado, a razão Na / Mg tende a aumentar visto que os níveis de Mg diminuem mais rápido que os de Na com o aumento da distância do mar. Predominância de Cl^- e Na^+ , com uma razão molar de 0,86, um excesso de Cl^- nos íons de metais alcalinos (Na e K) e Mg grandemente em excesso de Ca^{2+} (Mg / Ca) = 4,5 a 5,2, conforme mapa da Figura 7.26, sugerem a chegada da intrusão marinha.

(iv) Proposição de diretrizes de gestão de água subterrânea para estes aquíferos, considerando a possibilidade da salinização, com a perspectiva da elevação do nível do mar.

Para cumprir esse objetivo específico, buscou-se na literatura soluções sugeridas por autores e são apresentadas sugestões adaptadas para o caso de Recife :

- ✓ Apesar de todo esforço envolvido por diversas instituições ainda existem lacunas de conhecimento na geometria do aquífero e nas suas propriedades, de modo que sugere-se Melhorar a compreensão e monitoramento dos recursos hídricos subterrâneos e as vazões que estão sendo utilizadas;
- ✓ A barragem de Pirapama está oferecendo boa quantidade de água e com isto reduz a pressão sobre os poços. Sugere-se que sejam acelerados os projetos e execução das próximas barragens como Engenho pereira e Engenho Maranhão como forma de evitar pressão sobre as águas subterrâneas, conservando-as como reserva estratégica;

- ✓ Providenciar meios econômicos para a gestão de recursos hídricos subterrâneos, incluindo planejamento e fiscalização de modo a alcançar um uso dos poços de maneira socialmente e ambientalmente sustentável;
- ✓ Os aspectos políticos devem ser levados em consideração e é de relevância aumentar a participação da comunidade na gestão e conservação da água;
- ✓ Instalação de mais poços monitoramento multiníveis para melhorar a obtenção de dados de carga hidráulica e de salinidade simultaneamente em diversas camadas, como o exemplo da Figura 7.27 (sabe-se das dificuldades de construção e dos custos para poços deste tipo);
- ✓ Construção de mecanismos de retenção e infiltração das águas pluviais em empresas e condomínios que impermeabilizem grandes áreas: Que os órgãos ambientais do Estado de Pernambuco criem uma normatização que obrigue a construção de mecanismos de retenção e infiltração das águas pluviais, em empresas e condomínios que impermeabilizem grandes áreas na planície do Recife, de forma que venha a compensar tal perda de recarga nos aquíferos.

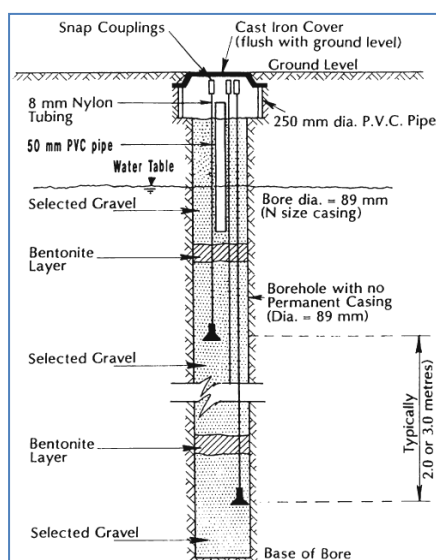


Figura 7.27: Sistema do poço Multinível de monitoramento para medir a elevação do lençol freático e a salinidade de águas subterrâneas em profundidades diferentes em uma lente de água doce. Camadas de bentonita evitam a mistura inadequada dos níveis. Fonte White & Falkland (2009).



CAPÍTULO 8

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1. Conclusões

Apesar de não estar havendo uma salinização generalizada da água subterrânea na Região Metropolitana de Recife (planície do Recife), o teor de sais das amostras coletadas por diversos projetos continua crescendo indicando que as causas da salinização continuam ainda muito ativas mesmo com todos os alertas que tem sido dado pelos especialistas no tema.

É provável que a conclusão do sistema de tratamento e adução de água da barragem de Pirapama tenha reduzindo a pressão para perfuração de novos poços nos prédios residenciais. No entanto, o excesso de bombeamento ocorrido continuamente ao longo das duas últimas décadas deplecionou os aquíferos da planície do Recife e os efeitos ainda vão perdurar por muitos anos mesmo que as taxas de retirada de água dos aquíferos tenha sido reduzida e, conforme visto no

modelo, no cenário 2 (com redução de bombeamento), a interface ainda continua avançando para o continente. Mesmo que seja com valores muito pequenos.

A elevação no nível médio do mar pode acarretar mudanças que tendem a aumentar o risco de salinização através das diversas causas, algumas já identificadas na planície de Recife. Possivelmente, haverá aumento no nível das águas salinizadas nos mangues e na extensão atingida pela água salinizada, aumentando o risco de fluxo salino através de descontinuidades das intercalações de argila ou em caminhos preferenciais em poços mal construídos. Estes fatores podem ser preditos por meio dos mapas de vulnerabilidade GALDIT feitos nesse estudo, que mostram a vulnerabilidade nas situações de mar com nível atual e elevado, comparativamente.

Nos estuários, o aumento do nível médio do mar levará a maré salina rio adentro e os trechos de rios mais salinizados poderão encontrar caminhos preferenciais que transportem os sais até os aquíferos.

A elevação do nível médio do mar (nível médio do mar) modifica os gradientes hidráulicos e pode produzir avanços da cunha salina ou avanço da faixa de transição da salinidade podendo efetivamente salinizar maior quantidade de poços.

O modelo computacional não fez a determinação com exatidão da posição da interface salina, o que o modelo representa são posições relativas, ou seja, tendo sido adotado uma posição inicial, é verificado o deslocamento relativo a esta, diante dos cenários estudados. Para todos os cenários, foi imposta uma linha inicial, onde seria considerada a posição da interface. A partir dessa posição inicial, conforme as condições simuladas, para cada cenário, essa linha inicial foi imposta passando a produzir a simulação do deslocamento desta.

No cenário 1, estava posto a utilização dos poços em regime de bombeamento permanente, com os valores de vazão que foram encontrados em 1998 (ou seja, antes de ser imposto uma redução de bombeamento). Entre os cenários simulados, esta era a situação que se antevia com maiores avanços da interface, e foi o que de fato acabou ocorrendo nas simulações. A intensidade de retirada foi tão grande que a interface atingiu a primeira linha de poços costeiros em menos de dez anos.

Na simulação do segundo cenário, onde havia a redução no bombeamento de acordo com a Resolução CRH N^o 04/2003, mas ainda não foi considerado o aumento do nível médio do mar, obteve-se a situação em que o deslocamento da linha de STD = 500 mg/L, foi quase imperceptível, mais ainda em direção ao continente. Para este, era esperado pelo menos um pequeno recuo da linha para o lado do oceano.

Para o terceiro cenário foi considerado o bombeamento do cenário 2 e ainda, um aumento de 0,844 m no nível médio do mar. Nesta simulação o que se observou foi uma situação bastante semelhante ao segundo cenário. Havendo um ínfimo deslocamento, para o continente, em relação ao segundo cenário. No entanto, mesmo um pequeno incremento vertical de 0,844 m, no lado do mar, pode causar algum alcance, em termos horizontais - principalmente em marés de sizígia, visto que a planície do Recife possui topografia de baixa altitude e muitos rios e canais permeiam esta área. Por estas vias, e através dos mangues, a salinização poderá alcançar posições bastante interiores no continente e, pela percolação e interação com os meios aquíferos vir a aumentar o teor de sais destes.

Os principais resultados mostraram que o excesso de retirada de água subterrânea tem um efeito dominante para um evento de intrusão de água salina. A simulação da elevação do nível médio do mar produz menos danos que o excesso de exploração. Verificou-se que um incremento de 0,844 m, para o período de simulação de 100 anos, contribui para a extensão da intrusão muito pequeno quando comparado ao avanço devido ao excesso de exploração.

8.2. Recomendações

Sugere-se que os órgãos ambientais do Estado de Pernambuco criem uma normatização que obrigue a construção de mecanismos de retenção e infiltração das águas pluviais, em empresas e condomínios que impermeabilizem grandes áreas na planície do Recife, de forma que venha a compensar tal perda de recarga nos aquíferos.

Providenciar meios econômicos para a gestão de recursos hídricos subterrâneos, incluindo planejamento e fiscalização de modo a alcançar um uso dos poços de maneira socialmente e ambientalmente sustentável;

Numa administração descentralizada e participativa, os aspectos políticos devem ser levados em consideração e é de relevância aumentar a participação da comunidade na gestão e conservação da água;

Como uma futura pesquisa para melhor caracterização dos aquíferos, sugere-se o levantamento de dados para mapeamento das discontinuidades do aquífero entre os aquíferos Boa Viagem e Cabo que permitiriam um avanço grande nas investigações;

Outra futura pesquisa importante para região refere-se à obtenção de dados geológicos da camada aquífera que se prolonga para baixo do mar, cuja melhor definição de geometria permitiria uma modelagem mais compatível com o caso real.



REFERÊNCIAS

- AL-BASSAM, A. M. & HUSSEIN M. T. (2007) - **Combined Geo-Electrical and Hydro-Chemical Methods to Detect Salt-Water Intrusion. A case study from southwest Saudi Arabia.** College of Science, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.
- ALBERTI L. & FRANCANI V. & LICATA I. La (2009) - **Characterization of salt water intrusion in the lower Esino Valley, Italy using a three-dimensional numerical model.** © Springer-Verlag 2009. Hydrogeology Journal (2009) 17: 1791–1804 DOI 10.1007/s10040-009-0487-2.
- ALLER L., BENNETT T., LEHR J.H., PETTY R.J. (1987) - **DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings.** US Environmental Protection Agency [Report 600/2-85/018].
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: **informação e documentação: citações em documentos: apresentação.** Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12225: **informação e documentação: lombada: apresentação.** Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: **informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação.** Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: **informação e documentação: referência e elaboração.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6024: **informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento: apresentação**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6027: **informação e documentação: sumário: apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6028: **informação e documentação: resumo: apresentação**. Rio de Janeiro, 2003.

BADON-GHYPEN, W. (1889). **Nota in verband met de voorgenomen put boring nabij, Koninkl. Inst. Ing. Tijdschr**, Amsterdam, p. 21.

BARLOW, P. M. & REICHARD, E. G. (2010). **Saltwater intrusion in coastal regions of North America**. Hydrogeology Journal, 2010, Vol.18(1), pp.247-260 [Peer Reviewed Journal]. Web of Science.

BATISTA, R. P. (1984) - **Estudo hidrogeológico da planície do Recife-PE**. Recife, 1984. 157p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco.

Bear, J.; CHENG, A. H-D.; SOREK, S.; OUAZAR, D.; HERRERA, I. (1999) - **Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Theory and Applications of Transport in Porous Media 14**. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. Springer. 625p.

BOCANEGRA, E.; DA SILVA, G. C. JR.; Custódio, E.; MANZANO, M.; MONTENEGRO, S.; POST, V.; ABARCA, E. (2009). **State of knowledge of coastal aquifer management in South America**. National University of Mar del Plata, Centro de Geologia de Costas y del Cuaternario Hydrogeology Journal, Saltwater and freshwater interactions in coastal aquifers, 2010, Vol.18(1), pp.261-267 [Peer Reviewed Journal].

BORBA, A. L. S.; COSTA FILHO, W. D., MASCARENHAS, J. de C. (2010) - **Configuração Geométrica dos Aquíferos da Região Metropolitana do Recife** - XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Recife-PE.

BRISSOS, J. (2008) - **Ciclos Eustáticos**. Disponível em <http://geostoriaestpal.blogspot.com/2012/11/ciclos-eusticos.html>; acessada em novembro de 2012.

CABANES, C.; CAZENAVE, A.; LE PROVOST, C. (2001) - **Sea level rise during past 40 years. determined from satellite and in situ observations**. Science 294(5543):840–842. DOI 10.1126/science.1063556

CABRAL, J. J. S. P. (1995). SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA UTILIZANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS DE CONTORNO.. Revista da Associação Brasileira de Água Subterrânea, São Paulo, v. 1, n.14, p. 9-36.

CABRAL, J. J. S. P.; SILVA, J. J. R. ; VIRÃES, M. V. (1999). **Simulação Computacional de Fluxos em Aquíferos com Análise Tridimensional**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 4, n.3, p. 117-130, 1999.

CABRAL, J. J. S. P. & MONTENEGRO, S. M. G. L. (2004) - **Salinização em aquíferos costeiros - Estudo de caso na Planície do Recife**. In: Cabral, J. J. S. P., LOBO FERREIRA, J. P., MONTENEGRO, S. M. G. L., COSTA, W. D., (organizadores) Água Subterrânea, Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento, Tópicos Especiais em Recursos Hídricos, Vol 4, Editora UFPE, Recife.

CABRAL, J. J. S. P. & SANTOS, S. M. (2007) - **Indicadores de Sustentabilidade na Utilização de Água Subterrânea: Considerações Sobre a Exploração Sustentável em Aquíferos Costeiros**. in XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, SP.

CABRAL, J. J. S. P. (2003) - **Aplicações de Modelos em Hidrogeologia** - Capítulo 2. In: Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações, p. 185-202. Fernando Antonio Carneiro Feitosa, João Manoel Filho, Edilton C. Feitosa e J. Geilson Demetrio (Org.). 3ª Edição. CPRM. Fortaleza, Ceará.

CARRERA , J.; HIDALGO, J. J.; SLOOTEN, L. J.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E. (2010) - **Computational and conceptual issues in the calibration of seawater intrusion models**. Hydrogeology Journal (2010) 18: 131–145 DOI 10.1007/s10040-009-0524-1.

CHACHADI A. G. & LOBO-FERREIRA J. P. C. (2001) - **Sea water intrusion vulnerability mapping of aquifers using GALDIT method**, pp.143–156 Proceedings of the Workshop on Modelling in Hydrogeology, Anna University, Chennai.

CHACHADI, A. G. (2005) - **Seawater Intrusion Mapping Using Modified Galdit Indicator Model - Case Study In Goa**. Jalvigyan Sameeksha, Vol. 20, 2005. Department of Earth Science, Goa University, Goa.

CHANG, S.W., T.P. CLEMENT, M.J. SIMPSON, & K.K. LEE (2011). **Does sea-level rise have an impact on saltwater intrusion?** Advances in Water Resources 34, no. 10: 1283–1291.

CHEN, J. L.; WILSON, C. R.; TAPLEY, B. D.; HU, X. G. (2006) - **Thermosteric effects on inter annual and long-term global mean sea level changes**– J Geod 80: 240–247 DOI 10.1007/s00190-006-0055-7

CHENG & OUAZAR (1999) - **Chapter 6 - Analytical Solutions**. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

CHOUDHURY, K.; SAHA D. K. & CHAKRABORTY, P. (2001). Geophysical Study For Saline Water Intrusion In A Coastal Alluvial Terrain . Central Geophysics Division, Geological Survey of India, Calcutta-India. Published by Elsevier Science B.V.

CHURCH , J. A.; GREGORY, J. M.; HUYBRECHTS, P.; KUHN, M.; LAMBECK, K.; NHUAN, M. T.; QIN, D.; WOODWORTH P. L. (2001) - **Changes in sea level. Climate Change, 2001**. In: Houghton, JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden P, Dai X, Maskell K, Johnson CI (eds) The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge pp 639–694

COOK & SOLOMON (1997) - **Recent Advances in Dating Young Groundwater – Chlorofluorocarbons, $^3\text{H}/^3\text{He}$ e ^{85}Kr** . Journal of Hydrogeology 191 (1997) 245-265. Elsevier Science B.V., PII S0022-1694(96)03051-X.

COSTA CONSULTORIA E SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA. (2007) - **Estudo de identificação de causas de salinização e indicação de processo de obstrução de poços salinizados**. 190p.

COSTA FILHO, W. D., (1997) - **Estudo Hidroquímico nos aquíferos da Planície do Recife**. Dissertação de Mestrado. Recife-PE, UFPE. 225p.

COSTA, M. B. S. F.; MALLMANN D. L. B.; PONTES P. M. & ARAUJO M. (2010) - **Vulnerability and impacts related to the rising sea level in the Metropolitan Center of Recife, Northeast Brazil**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 5(2): 341-349

COSTA, W. D., SANTOS, A. C., COSTA FILHO, W. D. (1994). **O Controle Estrutural na Formação dos Aquíferos na Planície do Recife**. In: 8o Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife, ABAS. 38-43.

COSTA W. D.; MONTEIRO A. B.; COSTA FILHO W. D. & SANTOS A. C. (2011). **Condicionamento Hidrogeológico da Exploração do Aquífero Costeiro Boa Viagem**. 1st Joint World Congress on Groundwater. ABAS.

COSTA, W. D. & SANTOS, A. C. (1990) - **Zoneamento para Utilização de Água Subterrânea no Município de Recife**. Anais do Seminário de Engenharia Civil do Nordeste. "Civil 90", Recife-PE., pp. 519-530.

COSTA, W. D. *et al.* (2002). **Estudo Hidrogeológico de Recife – Olinda – Camaragibe – Jaboatão dos Guararapes**. Projeto HIDROREC II. Recife. 2V.

COSTA, W. D., Manoel Filho, J., SANTOS, A. C., COSTA FILHO, W. D., MONTEIRO, A. B., SOUZA, F. J. A. de (1998) - **Estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana do Recife**. Relatório Técnico (HIDROREC I). Recife: IDRC-UFPE/FADE, 126p. il.

COSTA, W. D., SANTOS, A. C., COSTA FILHO, W. D., (1994). **O Controle Estrutural na Formação dos Aquíferos na Planície do Recife**. In: 8o Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife, ABAS. 38-43.

COSTA, W. D.; COSTA, H. F.; FERREIRA, C. A.; Morais, J. F. S de, VILLA VERDE, E. R.; COSTA, L. B. (2003) - **Estudo Hidrogeológico de Recife- Olinda- Camaragibe- Jaboatão dos Guararapes- HIDROREC II**. SRH- PE. Recife, 150p.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (2013) - **Resolução CRH Nº 04/2003**.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (2012) - **Relatórios de Monitoramento Ambiental das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco**. <www.cprh.pe.gov.br>, acessado em outubro de 2012.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2003. **Sistema de Informação Geoambientais da Região Metropolitana do Recife**. Coordenador: Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff. Recife. 119p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. (2008) - **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**. Fernando A. C. Feitosa, João Manoel Filho, Edilton C. Feitosa e J. Geilson Demetrio (Org.). 3ª. Edição. CPRM.

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R., (1977) - **Estudo Sobre as Possibilidades de Intrusão Marinha no Aquífero Beberibe, Região Costeira de Olinda-Goiana (PE)**. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, vol.8, p 239-255.

CUSTÓDIO, E. (2010) - **Coastal aquifers of Europe: an overview**. © Springer-Verlag 2009. Hydrogeology Journal (2010) 18: 269–280 DOI 10.1007/s10040-009-0496-1.

CUSTÓDIO, E.; BAYÓ, A.; & PELAEZ, M D. (1971) - **Geoquímica y datación de aguas para el estudio del movimiento de las aguas subterráneas en el delta del Llobregat (Barcelona)** [Geochemistry and water datation for the study of the movement of groundwater in the Llobregat Delta (Barcelona)]. In: Primer congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, vol 5, Madrid-Lisboa Comunicación E-5-2. IGME, Madrid, pp 2–23.

DAGAN & ZEITOUN (1999) - **Chapter 7 - Steady Interface in Stratified Aquifers of Random Permeability Distribution**. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

DARCY, H. R. (1956), Les fontaines pupliques de la ville de Dijon, Victor Dalmont, Paris.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT A. C. da S., LEÃO Z. M. de A. N. & AZEVEDO A. E. G. de (1990) - **Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco**. Revista Brasileira de Geociências 20 (1-4):208-215, março/dezembro de 1990.

DO NASCIMENTO. F. C. R.; MUNIZ K.; FEITOSA F. A. DO N.; ARAÚJO J. P. DE; SILVA R. M. S. DA; SILVA G. S. DA; MONTES M. DE J. F. (2003). **Disponibilidade Nutricional da Bacia do Pina e Rio Tejió (Recife- PE- Brasil) Em Relação aos Nutrientes e Biomassa Primária (Setembro/2000)**. Tropical Oceanography, Recife: v. 31, n. 2, p. 149–169, 2003.

ESSAID, H. I. (1999). **USGS SHARP Model – Chapter 8**. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

FARIAS, V. P. de (2003) - **Estudo das águas subterrâneas na área do Complexo Médico-Empresarial da Ilha do Leite e regiões adjacentes no município de Recife-PE**. 78 folhas: Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. PROPESQ. Gestão e Políticas Ambientais, 2003.

FERREIRA da SILVA, J. F. (2003). **Localização Optimizada de Captações em Aquíferos Potencialmente Sujeitos à Intrusão Salina** - Dissertação de doutoramento em Engenharia Civil - Hidráulica, Universidade. Departamento de Eng^a Civil da Universidade do Minho, Azurém-Guimarães, Portugal.

FESEKER, T. (2007). **Numerical studies on saltwater intrusion in a coastal aquifer in northwestern Germany**. Hydrogeology Journal, 2007, Vol.15(2), pp.267-279 [Peer Reviewed Journal].

FOSTER S. S. D. (1987) - **Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy** In W van Duijvenbooden and H G van Waegeningh (eds), Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants, Proceedings of the International Conference held in the Netherlands, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.

FRANÇA, H.P.M.de, VASCONCELOS NETO, B.G.M., ANDRÉ, H.O., CIRILO, J.A., Cabral, J.J.S.P., 1988. **Análise Preliminar do Comportamento Hidrodinâmico e da Intrusão Marinha no Aquífero Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife**. In: 1o Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Recife, ABAS. 59-72.

GHYBEN, B. W. (1888). **Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam**, 8–22 (Notes on the Probable Results of the Proposed Well Drilling Near Amsterdam). The Hague: Tijdschrift van het Koninklijk Instituut voor Ingenieurs.

GIAMBASTIANI, B.M.S., M. ANTONELLINI, G.H.P. OUDE ESSINK, & R.J. STUURMAN (2007). **Saltwater intrusion in the unconfined coastal aquifer of Ravenna (Italy): A numerical model.** Journal of Hydrology 340, no. 1–2: 91–104.

GLOVER, R. E. (1959). **“The pattern of fresh-water flow in a coastal”**, J. of Geophys. Res., Vol. 64, pp. 457-9.

GOOGLE (2012) - **Google Earth**. <<http://earth.google.com/>>, acessado em novembro de 2012.

GURGEL, G. J. B. (2005). **Modelagem Numérica Aplicada à Análise da Intrusão Marinha na Região Sul da Planície do Recife (PE)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil.

HAILONG Li, & JIAOB, Jiu Jimmy (2003). **Tide-Induced Seawater–Groundwater Circulation In A Multi-Layered Coastal Leaky Aquifer System**. Department of Mathematics, Anshan Normal College, Anshan Liaoning, People's Republic of China, Department of Earth Sciences, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong, People's Republic of China; Journal of Hydrology, Volume 274, Issues 1-4, April 2003, Pages 211-224.

HENDERSON, R. D.; DAY-LEWIS F. D.; ABARCA E.; HARVEY C. F.; KARAM H. N.; LIU L. & LANE JR., J. W. (2010) - **Marine electrical resistivity imaging of submarine groundwater discharge: sensitivity analysis and application In Waquoit Bay, Massachusetts, USA**. Hydrogeology Journal (2010) 18: 173–185 DOI 10.1007/s10040-009-0498-z.

HENRY, H. (1964) - **Effects of dispersion on salt encroachment in coastal aquifers**. US Geol. Surv. Water Suppl. Pap. 1613-C.

HENRY, H. R. (1959). **“Salt intrusion into fresh-water aquifer”**, J. of Geophys. Res., Vol. 64, pp. 1911-19.

HERZBERG, A. (1901). **Die Wasserversorgung einiger Nordseebider (The water supply on parts of the North Sea coast in Germany)**. Journal Gabeleucht ung und Wasserversorg ung 44: 815–819, 824–844

HIRATA, R. (2013). **Apresentação Projeto Coqueiral**. Power Point, imagem JPG.

HOUGHTON, L. J. T.; MEIRA FILHO, G.; GRIGGS, D. J. & MASKELL, K. (1997) - **Estabilização atmosférica dos Gases de Efeito Estufa: Implicações Físicas, biológicas e sócio-econômicas**. PAINEL Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas IPCC -Technical Paper III, ISBN: 92-9169-102-X, Fevereiro 1997.

HUGHES, J. D., H. L. VACHER, & W. E. SANFORD (2009). **Temporal response of hydraulic head, temperature, and chloride concentrations to sea-level changes, Floridan aquifer system, USA.** *Hydrogeology Journal* 17, no. 4: 793–815. DOI: 10.1007/s10040-008-0412-0.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) - **Censo Demográfico** – em www.ibge.org.br acessado em março 2011.

INGEBRITSEN, S. E. & SANFORD W. E. (1999). **Groundwater in geologic processes.** Cambridge University Press, *Hydrogeology*, ISBN-0.521.4968.X.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2012) –. 3º DISTRITO DE METEOROLOGIA (DISME). **Boletim com a Normal Climatológica no período 1961 a 1990** em www.inmet.gov.br.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2010) - **Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Sea Level Rise and Ice Sheet Instabilities**, ed. T.F., Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, and P.M. Midgley, 227. Bern, Switzerland: IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern. Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver, and Z.-C. Zhao. 2007. Global climate projections. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller. Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) - **Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability - part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC.** [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandea, and L.L. White (eds)]. Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press.

JONES B. F., VENGOSH A., ROSENTHAL E. & YECHIELI Y. (1999) - **Chapter 3 - Geochemical Investigations.** In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) *Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices.* Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

KING, J. N. & MEHTA, A. J. & DEAN, R. G. (2010). **Analytical models for the groundwater tidal prism and associated benthic water flux.** Florida Integrated Science Center, US Geological Survey, Fort Lauderdale, FL, USA, Department of Civil and Coastal Engineering, University of Florida, Gainesville, FL, USA. *Hydrogeology Journal* (2010) 18: 203–215.

KNUDBY, C. & Carrera, J. (2006). **On the use of apparent hydraulic diffusivity as an indicator of connectivity**. Journal of Hydrology, Volume 329, issue 3-4 (October 15, 2006), p. 377-389. ISSN: 0022-1694 DOI: 10.1016/j.jhydrol.2006.02.026. Elsevier Science.

KONIKOW & REILLY (1999) - **Chapter 13 - Seawater Intrusion in the United States**. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

KÖPPEN, W., 1948. **The Climates of North America**. R. Handbuch der Klimatologie, Berlin.

LANGEVIN C. D. & ZYGNERSKI M. (2013) - **Effect of Sea-Level Rise on Salt Water Intrusion near a Coastal Well Field in Southeastern Florida**. Vol. 51, No. 5—Groundwater—September-October 2013 (pages 781–803). Published 2012. This article is a U.S. Government work and is in the public domain in the USA. doi: 10.1111/j.1745-6584.2012.01008.x

LEBBE, L., N. VAN MEIR, & P. VIAENE (2008) Potential implications of sea-level rise for Belgium. Journal of Coastal Research 24, no. 2:358–366. CrossRef, Web of Science® Times Cited: 8.

LEMKE, P., J. REN, R. B. ALLEY, I. ALLISON, J. CARRASCO, G. FLATO, Y. FUJII, G. KASER, P. MOTE, R.H. THOMAS & T. ZHANG. (2007) - **Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground**, in Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller [eds.], Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Cambridge University Press, New York.

LEVIN, H. L. (2005) - **Ciclos Eustáticos**. Disponível em:
<http://highereducs.wiley.com/legacy/college/levin/0471697435/chap_tut/chaps/chapter05-11.html>;
acessado em novembro de 2012.

LIMA FILHO, M. F; BARBOSA J. A.; NEUMANN, V. H & SOUZA, E. M. (2005) - **Evolução estrutural comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba**. X Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos e IV International Symposium on Tectonics of the Brazilian Geological Society Curitiba-PR.

LIU, Q. & SONG, R. (2010) - **Elementary Discussion on Sea Water Intrusion**. Water Research Institution of Shandong Province Jinan, China. 250013 - 978-1-4244-4713-8/10/\$25.00 ©2010 IEEE. School of Resources and Environment, University of Jinan - Jinan, China.

LOÁICIGA, H. A., T. J. PINGEL, & E. S. GARCIA (2012). **Sea water intrusion by sea-level rise: Scenarios for the 21st century**. Ground Water 50, no. 1: 37–47.

LOBO-FERREIRA, J. P., CHACHADI A. G., DIAMANTINO C. & HENRIQUES M. J. (2007) - **Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using the GALDIT method: part 1 – application to the Portuguese Monte Gordo aquifer**. In Proceedings of Water in Celtic Countries:

Quantity, Quality and Climate Variability, IAHS Publication 310, ed. J.P. Lobo Ferreira and J.M.P. Viera, 161–171. Wallingford: International Association of Hydrological Sciences.

LUYUN, R., JR., MOMII, K., & NAKAGAWA, K. (2010). **Effects of recharge wells and flow barriers on seawater intrusion**. Ground Water, 49(2), 239–249.

MANOEL FILHO, J. (2003) - **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações, Capítulo 2.1 - Ocorrência das Águas Subterrâneas**, p.53-75. In: Fernando Antonio Carneiro Feitosa, João Manoel Filho, Edilton C. Feitosa e J. Geilson Demetrio (Org.). 3ª Edição. CPRM. Fortaleza, Ceará.

MEEHL, G. A., WASHINGTON W. M., COLLINS W.D., ARBLASTER J.M., HU A., BUJA L.E., STRAND W.G. & TENG H. (2005) - **How Much More Global Warming and Sea Level Rise?** - by the American Association for the Advancement of Science; all rights reserved. Science 307, 1769 (2005); DOI: 10.1126/science.1106663.

MIGUENS, A. P. (1998). **Navegação costeira, estimada e em águas restritas** – site do Ministério da Marinha do Brasil, acessado em < http://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/publica_manualnav1.html>, 18/10/2011 às 12:49.

MOHRIAK, W. U. (2003) - **Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira**. Sedimentary Basins of the Brazilian Continental Margin. Cap. III – Petrobras, Parte I – Geologia. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil , 87-94. L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.), CPRM, Brasília.

MONTEIRO, A. B. (2000) - **Modelagem do Fluxo Subterrâneo nos Aquíferos da Planície do Recife e seus Encaixes**. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

MONTEIRO, A. B.; Cabral, J. J. S. P.; BARBOSA, D. L. & FREIRE, P. K. C. (2002). **Vulnerabilidade e Distribuição Espacial dos Nitratos no Aquífero Barreiras nos Bairros de Ibura e Jordão – Recife – Pernambuco**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

MONTENEGRO S. G., MONTENEGRO A. A., CAVALCANTI G. L. & MOURA A. E. S. de (2005) - **Recarga Artificial De Aquíferos Com Águas Pluviais Em Meio Urbano Como Alternativa Para A Recuperação Dos Níveis Potenciométricos: Estudo De Caso Na Planície Do Recife (PE)**. 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI (2005).

MONTENEGRO, S. M. G. L.; Cabral, J. J. S. P. & PAIVA, A. L. R. de. (2008) - **Modelagem da Salinização dos Aquíferos da Planície de Recife com Modelo SEAWAT**. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008, Salvador. Anais do IX SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE.

MORAIS, D. M. F. (2008) - **Sismoestratigrafia do cretáceo superior / neógeno nas bacias de Pernambuco e da Paraíba, NE do Brasil** / Débora Melo Ferrer de Moraes. - Recife: O Autor, 2008. vii, 70 folhas, il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências.

NASCIMENTO, M. A. L. do; SOUZA, Z. S. De & MATOS, R. M. D. de (2003) - **Relações Litoestratigráficas Entre Rochas Magmáticas e Sedimentares Cretáceas na Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil**. In: 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás.

NISHIKAWA T., SIADÉ A. J., REICHARD E. G., PONTI D. J., CANALES A. G., JOHNSON T. A. (2009). **Stratigraphic controls on seawater intrusion and implications for groundwater management, Dominguez Gap area of Los Angeles, California, USA**. Hydrogeol J. doi:10.1007/s10040-009-0481-8

NOBRE, M.M.M. & NOBRE, R.C.M. (2000). **Uso sustentável de águas subterrâneas na Região Metropolitana de Maceió**. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

OLIVEIRA, R. G. de (1994) - **Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE**; Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife. Recife: CPRM/FIDEM.

OUDE ESSINK G. H. P. (1998) - **MOC3D adapted to simulate 3D density-dependent groundwater flow**. In: MODFLOW '98, Golden, Colorado, 1998.

OUDE ESSINK, G. H. P. (1999) - **Impact of sea level rise in the Netherlands**. In Seawater Intrusion in Coastal Aquifers - Concepts, Methods, and Practices, ed. J. Bear, A.H.- D. Cheng, S. Sorek, D. Ouazar, and I. Herrera, 507–530. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

OUDE ESSINK, G. H. P. (2001) - **Salt Water Intrusion in a Three-dimensional Groundwater System in The Netherlands: A Numerical Study**. Transport in Porous Media 43: 137–158, 2001. ©2001 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

PAIVA, A. L. R. de (2004) - **Modelagem Computacional e Análise da Salinização dos Aquíferos na Área Central de Recife**. UFPE. Recife, Pernambuco. 175p. Dissertação de Mestrado.

PAIVA, A. L. R. de, Cabral, J. J. S. P., FARIAS, V. P. & MONTENEGRO, S. M. G. L. (2003) - **Problemas de salinização nos aquíferos costeiros da região central do Recife**. Anais do II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa. Recife, PE.

PAIVA, A. L. R. de; Cabral, J. J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COSTA SOBRINHO, A. F. (2013). **Considerações sobre o risco de salinização da água subterrânea na planície de recife**

devido às incertezas das mudanças climáticas. Anais do xx Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Bento Gonçalves-RS.

PFEFFER W.T., J.T. HARPER, & S. O'NEEL (2008). **Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise.** Science 321, no. 5894: 1340–1343.

POULSEN S. Erbs, RASMUSSEN K. Rømer, CHRISTENSEN N. Bøje (2010). **Evaluating the salinity distribution of a shallow coastal aquifer by vertical multielectrode profiling (Denmark).** Department of Earth Sciences, University of Aarhus, Aarhus, Denmark. Hydrogeology Journal (2010) 18: 161–171.

POST, V. & ABARCA, E. (2010) - **Preface: Saltwater and Freshwater Interactions in Coastal Aquifers.** © Springer-Verlag (2009). Hydrogeology Journal (2010) 18: 1–4 DOI 10.1007/s10040-009-0561-9.

POST, V., KOOI H. & SIMMONS C. (2007) - **Using hydraulic head measurements in variable-density ground water flow analyses.** Ground Water 45:664–671.

PSMSL – Permanent Service for Mean Sea Level (2011). **Permanent Service for Mean Sea Level.** Disponível em < <http://www.psmsl.org/products/variability/>>, acessada em: 19/10/2011 às 10:02.

SALATI, E., LEAL, J. M. & CAMPOS, M. M. (1979) - **Isótopos ambientais aplicados a um estudo hidrogeológico do Nordeste brasileiro.** Recife, SUDENE. Série Hidrogeologia, Nº 58. 55p.

SANFORD, W. E. & POPE, J. P. (2010) - **Current challenges using models to forecast seawater intrusion: lessons from the Eastern Shore of Virginia, USA.** © US Government 2009. Hydrogeology Journal (2010) 18: 73–93 DOI 10.1007/s10040-009-0513-4.

SANTORO, A. E. (2010) - **Microbial nitrogen cycling at the saltwater–freshwater interface.** © Springer-Verlag 2009. Hydrogeology Journal (2010) 18: 187–202 DOI 10.1007/s10040-009-0526-z.

SANTOS L. L. dos; CABRAL J. J. S. P.; PAIVA A. L. R. de & ZUCCHI M. do R. (2010) - **Utilização de Isótopos Estáveis para Análise da Interação da Água Superficial e Água Subterrânea num Estudo de Filtração em Margens.**

Sanz, E., and C.I. Voss. 2006. Inverse modeling for seawater intrusion in coastal aquifers: Insights about parameter sensitivities, variances, correlations and estimation procedures derived from the Henry problem: Advances in Water Resources 29, no. 3: 439–457.

SCIENCE NEWS (2007) em <<http://sciencenews.org/>>, acessada em 13/11/09

SILVA, S. R. da; MONTEIRO A. B.; Cabral, J. J. S. P.; BORBA, A. L. S.; FREIRE P. K. C.; DUARTE COSTA W. & BARBOSA G. F. (2008) - **A Gestão de Águas Subterrâneas no Aquífero Barreiras –**

Jordão, Jardim Jordão e Ibura – Recife – Pernambuco, XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

SRTM - Digital Elevation Data, Disponível em <<http://srtm.csi.cgiar.org/index.asp>> acessada 20/01/2014 as 14:30.

STEWART M. T. (1999) - **Capítulo 02 - Investigações geofísicas**. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

TUCCI, C. E. M. & Cabral, J. J. S. P., (2003) - **Qualidade da Água Subterrânea - Documento Final - Anexo II-b - Prospecção Tecnológica Recursos** - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, tecnologia e Inovação Hídricos. 2003.

TUCCI, C. E. M. & CORDEIRO, O. M., - **Diretrizes estratégicas para ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil, REGA** – Vol. 1, no. 1, p. 21-35, jan./jun. 2004

VAN DAM, J. C. (1999) - **Exploitation, Restoration and Management - Chapter 4**. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands

USGS - U.S. Geological Survey - Disponível em < <http://www.usgs.gov/>> acessada em 05/06/2013 as 10:35.

VAN DER MEIJ, J. L., & B. MINNEMA (1999). **Modelling of the effect of a sea-level rise and land subsidence on the evolution of the groundwater density in the subsoil of the northern part of the Netherlands**. Journal of Hydrology 226, no. 3: 152–166.

VEJA. São Paulo: Ed. Abril, n.148, 28 jun. 2000.

VOSS, C. I. & PROVOST A. M. (2008) - **SUTRA, a model for saturated–unsaturated variable density groundwater flow with solute or energy transport, manual**, US Geological Survey, Reston, Virginia, 2008

WEBB, M. D., & HOWARD K. W. (2010) - **Modeling the transient response of Saline intrusion to rising sea-levels**. Ground Water 49, no. 4: 560–569. DOI: 10.1111/j.1745- 6584.2010.00758.x

WERNER, A. D. (2010). **A review of seawater intrusion and its management in Australia**. School of Chemistry, Physics and Earth Sciences, Flinders University, Hydrogeology Journal (2010) 18: 281–285.

WERNER, A. D., & SIMMONS C. T. (2009) - **Impact of sea-level rise on sea water intrusion in coastal aquifers**. Ground Water 47, no. 2: 197–204. DOI: 10.1111/j.1745-6584.2008.00535.x

WERNER, A. D., BAKKER M., POST V.E.A., VANDENBOHEDE A. & LU C. (2012) - **Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges**. Behzad Ataie-Ashtiani - 0309-1708/\$ - see front matter Elsevier Ltd. All rights reserved. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.03.004>

WHITE, I. & FALKLAND, T. (2010) - **Management of freshwater lenses on small Pacific islands**. © Springer-Verlag - 2009. Hydrogeology Journal (2010) 18: 227–246 DOI 10.1007/s10040-009-0525-0.

WILLIS J. K. (2004) - **Interannual variability in upper ocean heat content, temperature, and thermosteric expansion on global scales**. (2004). JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 109, C12036, DOI:10.1029/2003JC002260.

YECHIELI Y., KAFRI U., GOLDMAN M. & VOSS C. I. (2001) - **Factors controlling the configuration of the fresh-saline water interface in the Dead Sea coastal aquifers**: synthesis of TDEM surveys and numerical groundwater modelling. Hydrogeol J 9(4):367–377.



APÊNDICE 1

TABELAS COM DADOS DA planície do Recife

Dados Poços planície do Recife Monteiro (1998)

Reg	Aqf	Coord_x	Coord_y	Deep_m	NE_m	ND_m	STD_mgpl	Q_m3pd	top_scr	bot_scr	Obs_day	Stp_day
1	BB	290818.11	9111041.15	105.00	49.00	60.00	118.00	-84.00	-44.00	-65.00	0.00	36500.00
2	BB	289691.56	9110943.74	100.00			117.00	-100.08			0.00	36500.00
3	BB	289726.91	9108485.82	140.00	40.00	70.00	139.00	-816.00	-35.00	-75.00	0.00	36500.00
4	BB	288333.49	9111889.90		21.00	28.00	107.00	-246.96	-16.00	-33.00	0.00	36500.00
5	BB	289969.07	9109224.38	112.00	41.00	44.00	231.00	-126.72	-36.00	-49.00	0.00	36500.00
6	BB	289957.62	9111682.40	103.00	35.00	39.00	76.00	-120.00	-30.00	-44.00	0.00	36500.00
7	BV	287165.67	9112744.75	10.00				-453.60			0.00	36500.00
8	BB	291740.09	9110338.72	98.00	40.00	62.00	41.00	-90.96	-35.00	-67.00	0.00	36500.00
9	BV	287936.37	9111672.95	8.00				-6.00			0.00	36500.00
10	BB	291034.61	9110581.26	150.00	38.60	39.40	120.00	-36.00	-33.60	-44.40	0.00	36500.00
11	BV	291521.33	9111290.21	8.00	3.00	5.00		-144.00	2.00	-10.00	0.00	36500.00
12	BB	290849.44	9110887.66	112.00	50.00	62.00	81.00	-86.40	-45.00	-67.00	0.00	36500.00
13	BB	288951.45	9110725.20	140.00	42.60	68.30	195.30	-100.80	-37.60	-73.30	0.00	36500.00
14	BB	287813.29	9111795.28	113.00			71.00	-120.00			0.00	36500.00
15	BB	291681.83	9109693.21	130.00	46.25	80.00	89.60	-72.00	-41.25	-85.00	0.00	36500.00
16	BB	290282.11	9114357.05	12.00			182.00	-0.24			0.00	36500.00
17	BV	291177.65	9112763.45	10.00				-1.92			0.00	36500.00
18	BB	289943.17	9108210.30	120.00	41.00	45.22	145.00	-75.36	-36.00	-50.22	0.00	36500.00
19	BB	287873.10	9112102.82	88.00	17.00	23.00	81.00	-1008.00	-12.00	-28.00	0.00	36500.00
20	BB	291808.86	9108710.58	141.00	44.00	55.00	133.00	-126.72	-39.00	-60.00	0.00	36500.00
21	BB	289943.17	9108210.30	124.00	41.00	45.00	145.00	-75.36	-36.00	-50.00	0.00	36500.00
22	BB	291291.37	9114668.97	92.00	28.00	60.00	142.40	-96.00	-23.00	-65.00	0.00	36500.00
23	BB	293363.85	9110192.56	236.00	29.80	51.58	248.00	-319.20	-24.80	-56.58	0.00	36500.00
24	BB	289727.52	9108485.83	140.00	40.00	70.00	121.80	-816.00	-35.00	-75.00	0.00	36500.00
25	BB	291778.53	9108648.99	140.00	28.00	32.00	175.40	-172.80	-23.00	-37.00	0.00	36500.00

Dados Poços planície do Recife CPRH (1999)

Reg	Aqf	Coord_x	Coord_y	Deep_m	NE_m	ND_m	Q_m3ph	STD_mgpl	Scr_top	Scr_bot	Obs_day	Stp_day
46	BB	293212.48	9111035.01	120.00	18.00	58.00	2.00	121.20	13.00	63.00	365.00	36500.00
6	BV	289933.72	9110238.17	120.00	20.00	56.00	0.02	390.00	15.00	61.00	365.00	36500.00
9	BB	289808.78	9111287.75	120.00	29.10	46.90	4.00	200.00	24.10	51.90	365.00	36500.00
13	BB	290148.80	9110085.54	82.00	34.10	50.00	4.00	129.80	29.10	55.00	365.00	36500.00
24	BB	289193.15	9111806.10	102.00	35.00	41.00	3.26	81.00	30.00	46.00	365.00	36500.00
43	BB	289533.00	9111954.00	108.00	35.00	39.00	3.60	108.00	30.00	44.00	365.00	36500.00
15	BB	288255.22	9111500.06	110.00	35.20	40.16	4.50	86.00	30.20	45.16	365.00	36500.00
10	BB	289505.12	9110514.69	110.00	38.00	46.30	5.00	219.00	33.00	51.30	365.00	36500.00
11	BB	288952.89	9110417.94	110.00	38.00	46.30	4.50	107.00	33.00	51.30	365.00	36500.00
19	BB	290635.63	9109988.24	120.00	39.00	52.50	4.40	129.00	34.00	57.50	365.00	36500.00
54	BB	290168.29	9108803.94	125.00	39.00	48.00	5.00	297.80	34.00	53.00	365.00	36500.00
32	BB	289414.98	9109836.31	120.00	40.00	52.00	4.20	350.00	35.00	57.00	365.00	36500.00
55	BB	289370.13	9109940.49	120.00	40.00	56.00	4.80	356.00	35.00	61.00	365.00	36500.00
50	BB	289932.91	9111670.72	112.00	41.00	59.00	3.60	109.00	36.00	64.00	365.00	36500.00
58	BB	290110.01	9111685.92	96.00	41.20	68.60	3.60	109.00	36.20	73.60	365.00	36500.00
25	BB	291381.14	9108493.52	120.00	42.00	56.00	3.20	298.30	37.00	61.00	365.00	36500.00
49	BB	290882.23	9108804.17	120.00	42.00	56.00	3.20	245.00	37.00	61.00	365.00	36500.00
12	BB	289819.02	9108855.30	122.00	43.00	45.80	4.50	347.00	38.00	50.80	365.00	36500.00
40	BB	292026.57	9111049.58	122.00	44.00	59.00	3.60	859.00	39.00	64.00	365.00	36500.00
45	BB	292564.72	9111812.29	125.00	44.00	68.00	4.00	200.00	39.00	73.00	365.00	36500.00
27	BB	290976.78	9109843.58	106.00	45.00	62.00	4.00	123.00	40.00	67.00	365.00	36500.00
20	BB	289896.23	9111712.84	110.00	46.00	50.00	3.60	149.60	41.00	55.00	365.00	36500.00
23	BB	289973.25	9110249.00	110.00	46.00	59.00	4.00	251.00	41.00	64.00	365.00	36500.00
5	BB	289939.28	9111271.32	103.00	47.00	58.20	6.00	153.80	42.00	63.20	365.00	36500.00
8	BB	290350.14	9110451.27	130.00	48.00	53.00	6.00	142.00	43.00	58.00	365.00	36500.00
26	BB	291441.39	9108708.88	140.00	48.00	56.00	3.00	305.00	43.00	61.00	365.00	36500.00
30	BB	289724.65	9109100.33	119.00	48.00	54.00	5.40	355.00	43.00	59.00	365.00	36500.00

39	BB	291764.23	9111206.77	120.00	48.00	68.00	4.10	105.00	43.00	73.00	365.00	36500.00
44	BB	290569.08	9110287.14	120.00	48.00	59.00	4.17	118.00	43.00	64.00	365.00	36500.00
53	BB	290717.21	9109846.15	112.00	49.00	51.80	3.00	200.00	44.00	56.80	365.00	36500.00
28	BB	290643.35	9109104.61	135.00	50.00	54.00	4.00	150.00	45.00	59.00	365.00	36500.00
35	BB	290551.48	9109104.18	112.00	50.00	64.00	3.30	234.00	45.00	69.00	365.00	36500.00
57	BB	290275.82	9108912.95	120.00	50.00	62.00	4.50	125.00	45.00	67.00	365.00	36500.00
33	BB	290425.70	9109810.29	120.00	51.00	55.00	4.00	244.00	46.00	60.00	365.00	36500.00
4	BB	290634.22	9111071.02	114.00	52.00	60.00	17.00	103.00	47.00	65.00	365.00	36500.00
21	BB	290764.41	9109412.43	131.00	52.00	82.00	2.73	393.00	47.00	87.00	365.00	36500.00
34	BB	290301.35	9110209.15	120.00	52.00	58.00	4.06	142.00	47.00	63.00	365.00	36500.00
52	BB	291396.23	9108868.27	150.00	52.00	57.00	4.50	266.10	47.00	62.00	365.00	36500.00
14	BB	290687.80	9110839.20	100.00	53.00	68.90	2.50	85.00	48.00	73.90	365.00	36500.00
17	BB	290420.45	9111027.78	121.00	53.00	59.00	4.20	108.00	48.00	64.00	365.00	36500.00
18	BB	290690.06	9110588.57	111.00	53.00	63.00	4.23	129.00	48.00	68.00	365.00	36500.00
29	BB	290827.79	9110273.05	122.00	53.00	60.00	4.00	114.00	48.00	65.00	365.00	36500.00
42	BB	290757.05	9110693.30	97.00	53.00	72.00	3.13	171.00	48.00	77.00	365.00	36500.00
37	BB	289914.50	9108617.15	110.00	54.00	64.50	4.00	122.00	49.00	69.50	365.00	36500.00
47	BB	291584.29	9109799.95	106.00	54.00	78.50	3.00	200.00	49.00	83.50	365.00	36500.00
31	BB	290357.60	9111284.82	106.00	54.30	60.00	4.00	99.00	49.30	65.00	365.00	36500.00
38	BB	293606.58	9110685.28	240.00	55.00	61.90	18.60	395.00	50.00	66.90	365.00	36500.00
51	BB	290776.50	9109993.76	115.00	55.00	59.00	4.00	107.00	50.00	64.00	365.00	36500.00
56	BB	290717.84	9110945.31	111.00	55.00	64.00	3.80	113.20	50.00	69.00	365.00	36500.00
22	BB	290850.72	9110611.14	116.00	56.00	68.00	4.00	144.00	51.00	73.00	365.00	36500.00
48	BB	291445.30	9110413.42	122.00	58.00	76.00	3.60	200.00	53.00	81.00	365.00	36500.00
41	BB	291674.47	9110779.61	122.00	60.00	64.00	3.40	129.00	55.00	69.00	365.00	36500.00
7	BB	291207.56	9109922.42	123.00	65.00	69.00	3.50	200.00	60.00	74.00	365.00	36500.00
36	CB	289833.05	9099053.42	143.00	69.00	90.00	3.43	199.00	64.00	95.00	365.00	36500.00
2	BB	291751.52	9111452.82	117.00	56.00	67.00	1.25	110.00	51.00	72.00	365.00	36500.00
16	BB	290756.70	9110054.73	110.00	55.00	62.00	1.40	139.80	50.00	67.00	365.00	36500.00

CPRH Poços planície do Recife CPRH (2000)

OBJECTID	idt_ponto	Coord_X	Coord_Y	Elev	Ne_m	Nd_m	Vaz_Est	CotaNE_m	SCR_top	Obs_Time
7	2600002912	287734.38	9096155.20	7.88	27.95	63.80	23.25	-27.95	-25.95	1095
9	2600002914	284202.09	9092235.80	5.53	15.54	42.10	9.21	-15.54	-13.54	1095
45	2600004953	289768.86	9106212.39	6.76	28.00	62.00	13.00	-28.00	-26.00	1095
46	2600004954	288131.38	9109277.24	9.61	9.08	52.73	63.00	-9.08	-7.08	1095
66	2600006062	286073.79	9097683.58	11.91	17.00	26.00	2.98	-17.00	-15.00	1095
73	2600006069	284707.24	9095372.50	6.00	10.00	20.00	25.02	-10.00	-8.00	1095
76	2600006072	287010.22	9093939.42	3.24	7.00	15.10	29.16	-7.00	-5.00	1095
90	2600006161	296106.20	9113246.87	12.16	25.75	29.57	90.00	-25.75	-23.75	1095
112	2600006398	288722.58	9120433.65	60.36	13.00	38.50	42.84	-13.00	-11.00	1095
115	2600006401	288723.00	9120341.40	61.04	16.80	26.00	6.01	-16.80	-14.80	1095
119	2600008880	287029.00	9102819.51	8.97	9.20	46.30	14.14	-9.20	-7.20	1095
130	2600010015	291322.05	9108032.36	6.83	9.10	19.00	13.84	-9.10	-7.10	1095
131	2600010018	291011.78	9108922.02	8.99	3.20	23.30	13.20	-3.20	-1.20	1095
151	2600010067	289530.62	9111311.78	12.03	28.00	37.20	28.28	-28.00	-26.00	1095
187	2600010210	277205.07	9120348.12	129.20	43.00	50.00	3.16	-43.00	-41.00	1095
192	2600010228	289925.72	9105414.16	7.62	27.53	71.65	12.57	-27.53	-25.53	1095
193	2600010261	286021.91	9102107.98	27.90	21.00	33.00	5.30	-21.00	-19.00	1095
197	2600010284	287526.46	9101224.15	12.39	14.80	50.30	14.40	-14.80	-12.80	1095
201	2600010311	285709.96	9109726.72	15.51	3.20	3.70	5.28	-3.20	-1.20	1095
208	2600010337	287139.09	9105401.03	15.56	7.50	10.00	10.84	-7.50	-5.50	1095
226	2600010492	288888.43	9111093.64	15.97	6.60	27.88	15.84	-6.60	-4.60	1095
233	2600010507	297003.72	9118013.18	8.79	42.83	55.43	70.00	-42.83	-40.83	1095
235	2600010509	286530.70	9111021.16	11.45	6.64	7.10	5.31	-6.64	-4.64	1095
241	2600010867	288837.38	9095976.18	9.99	19.00	41.00	7.20	-19.00	-17.00	1095
245	2600010871	289283.12	9098805.05	15.73	12.80	43.58	31.68	-12.80	-10.80	1095
254	2600010880	290045.98	9099361.72	12.54	39.00	48.00	10.00	-39.00	-37.00	1095
383	2600011012	285103.37	9102103.57	51.33	6.65	19.06	20.07	-6.65	-4.65	1095

411	2600011684	288333.55	9111889.90	13.68	21.00	28.00	10285.00	-21.00	-19.00	1095
421	2600011694	290588.42	9101207.87	11.06	92.00	114.00	2.40	-92.00	-90.00	1095
440	2600011713	288726.64	9112967.24	28.66	24.22	55.14	70.00	-24.22	-22.22	1095
462	2600011042	291317.97	9102348.17	11.65	21.00	27.00	6.00	-21.00	-19.00	1095
521	2600011106	289924.72	9105629.30	7.02	25.53	71.65	9.31	-25.53	-23.53	1095
522	2600011107	289894.07	9105629.16	7.02	25.53	47.88	9.32	-25.53	-23.53	1095
530	2600011115	292005.82	9105854.03	8.98	42.84	63.26	11.07	-42.84	-40.84	1095
605	2600011202	289669.74	9107748.13	8.00	31.00	56.00	7.90	-31.00	-29.00	1095
612	2600011210	291047.16	9107877.55	5.61	34.00	48.00	5.14	-34.00	-32.00	1095
614	2600011214	293496.58	9107981.00	8.13	24.21	25.93	6977.00	-24.21	-22.21	1095
624	2600011225	292056.59	9108128.01	8.81	62.00	70.00	8.80	-62.00	-60.00	1095
675	2600011282	285253.92	9109017.82	10.93	3.20	9.72	7975.00	-3.20	-1.20	1095
697	2600011309	293643.54	9109302.82	5.71	7.60	44.00	22.65	-7.60	-5.60	1095
714	2600011332	283904.14	9109503.06	14.98	7.50	10.00	12.00	-7.50	-5.50	1095
738	2600011358	290915.98	9109751.17	14.36	34.00	39.00	4.80	-34.00	-32.00	1095
748	2600011369	285464.26	9109879.20	16.81	6.64	7.10	5.32	-6.64	-4.64	1095
786	2600011408	284513.44	9110181.96	14.43	6.70	18.40	28.00	-6.70	-4.70	1095
793	2600011415	291373.24	9110214.21	12.96	47.80	54.10	6.70	-47.80	-45.80	1095
811	2600011433	290943.36	9110458.00	15.51	34.00	48.00	4525.00	-34.00	-32.00	1095
817	2600011439	291463.79	9110491.16	15.56	69.00	77.00	2571.00	-69.00	-67.00	1095
823	2600011445	291371.68	9110552.12	16.75	31.00	51.00	5866.00	-31.00	-29.00	1095
825	2600011447	289595.35	9110574.63	13.98	34.00	35.00	7.92	-34.00	-32.00	1095
829	2600011451	291371.53	9110582.87	17.67	31.00	45.00	5.28	-31.00	-29.00	1095
863	2600011489	288306.21	9111183.17	11.19	12.91	24.40	54.00	-12.91	-10.91	1095
883	2600011509	290601.17	9111593.29	10.93	38.40	46.64	5.00	-38.40	-36.40	1095
905	2600011533	291523.96	9110737.22	11.93	56.53	63.42	3.00	-56.53	-54.53	1095
923	2600011554	287869.38	9112901.73	18.95	16.62	37.58	108.00	-16.62	-14.62	1095
994	2600011628	291380.15	9102133.32	5.11	79.56	95.37	2.84	-79.56	-77.56	1095
999	2600011633	290772.77	9101054.98	14.08	80.00	98.00	1885.00	-80.00	-78.00	1095
1016	2600011650	290107.01	9099392.76	11.70	69.00	84.00	4.00	-69.00	-67.00	1095
1031	2600011716	287931.25	9112779.12	24.80	14.46	24.61	60.00	-14.46	-12.46	1095
1053	2600011739	286325.63	9096240.70	12.88	24.00	46.00	9.00	-24.00	-22.00	1095
1061	2600011747	290256.05	9100253.82	11.91	80.00	99.00	2.88	-80.00	-78.00	1095
1062	2600011748	291034.62	9110581.31	14.28	68.90	73.20	1.20	-68.90	-66.90	1095
1080	2600011766	291160.09	9109936.69	10.78	62.00	65.00	3.13	-62.00	-60.00	1095
1151	2600011837	290650.89	9100931.63	15.89	108.00	120.00	1.50	-108.00	-106.00	1095
1164	2600011852	290179.95	9109993.53	11.80	38.78	41.39	11.00	-38.78	-36.78	1095
1166	2600011854	289833.05	9099053.43	14.13	69.00	90.00	3.43	-69.00	-67.00	1095
1174	2600011862	290575.62	9110517.69	11.27	56.00	70.00	3.30	-56.00	-54.00	1095
1184	2600011872	291104.29	9102193.53	10.89	61.10	83.30	3272.00	-61.10	-59.10	1095
1220	2600011908	285938.60	9106716.62	10.17	6.15	13.80	10.50	-6.15	-4.15	1095
1245	2600011934	290327.40	9111192.60	17.72	56.00	62.00	2.76	-56.00	-54.00	1095
1250	2600011939	290062.37	9108917.60	10.02	47.68	49.46	2117.00	-47.68	-45.68	1095
1261	2600011950	290678.51	9101576.97	10.02	108.00	116.00	2.80	-108.00	-106.00	1095
1262	2600011951	290589.28	9101023.48	11.58	107.00	111.00	1.71	-107.00	-105.00	1095
1267	2600011956	286975.06	9114218.82	34.41	14.57	21.86	45.36	-14.57	-12.57	1095
1287	2600011976	290042.94	9100006.92	11.97	91.00	124.00	0.80	-91.00	-89.00	1095
1306	2600011995	289950.11	9100221.63	9.58	91.00	112.00	1.50	-91.00	-89.00	1095
1340	2600012029	289201.60	9116195.61	17.63	47.08	85.39	72.00	-47.08	-45.08	1095
1346	2600012035	287472.60	9099687.56	20.50	6.00	23.00	18.00	-6.00	-4.00	1095
1359	2600012048	292198.41	9103949.96	9.34	56.12	68.50	3.60	-56.12	-54.12	1095
1369	2600012058	290400.64	9102067.34	9.53	92.00	100.00	6.00	-92.00	-90.00	1095
1382	2600012071	290407.99	9100500.31	9.04	107.00	113.00	1.20	-107.00	-105.00	1095
1406	2600012095	290794.79	9109474.07	14.26	52.00	82.00	2.70	-52.00	-50.00	1095
1414	2600012103	291414.99	9107817.76	8.45	6.00	16.00	1.20	-6.00	-4.00	1095
1421	2600012110	290348.84	9100069.86	14.55	47.90	79.20	4.00	-47.90	-45.90	1095
1443	2600012133	291241.67	9112179.96	7.54	52.00	64.00	4.00	-52.00	-50.00	1095
1452	2600012143	285034.77	9110030.80	16.32	3.20	30.50	2.15	-3.20	-1.20	1095
1481	2600012176	284061.50	9115034.65	65.52	24.07	27.31	13.80	-24.07	-22.07	1095
1527	2600012222	292378.18	9104811.13	9.13	52.00	62.00	3.30	-52.00	-50.00	1095
1565	2600012260	289617.48	9099328.95	12.70	108.30	119.22	3.60	-108.30	-106.30	1095
1566	2600012261	290046.41	9099269.58	12.94	79.50	92.50	0.90	-79.50	-77.50	1095

1640	2600012335	291617.21	9110430.37	13.60	61.00	72.00	2.03	-61.00	-59.00	1095
1646	2600012341	290971.02	9111103.33	11.16	47.00	53.00	4.93	-47.00	-45.00	1095
1653	2600012348	289928.72	9111313.64	20.51	38.00	45.00	4.06	-38.00	-36.00	1095
1681	2600012376	289743.62	9111619.95	15.13	52.00	57.00	6545.00	-52.00	-50.00	1095

CPRH Poços planície do Recife CPRH (2001)

Reg	Aqf	Coord_x	Coord_y	Deep_m	NE_m	ND_m	Q_m3ph	STD_mgpl	Scr_top	Scr_bot	Obs_day	Stp_day
1	BB	290928.81	9110282.73	124.00	53.00	65.00	-8.30	130.00	58.00	60.00	1096.00	36500.00
2	BB	289782.63	9109801.15	122.00	50.00	54.00	-4.40	370.00	55.00	49.00	1096.00	36500.00
3	BB	291665.15	9110651.78	141.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	-5.00	1096.00	36500.00
4	BB	291139.73	9107724.26	160.00	146.60	0.00	0.00	0.00	151.60	-5.00	1096.00	36500.00
5	BB	290048.60	9109900.72	120.00	54.00	56.00	-4.19	180.00	59.00	51.00	1096.00	36500.00
6	BB	289690.02	9109960.50	120.00	38.00	54.00	-54.00	0.00	43.00	49.00	1096.00	36500.00
7	BB	287907.76	9111242.65	93.00	20.00	29.00	-3.60	88.00	25.00	24.00	1096.00	36500.00
8	BB	290388.94	9111131.34	120.00	54.00	62.00	-4.00	83.00	59.00	57.00	1096.00	36500.00
9	BV	289844.31	9109051.73	0.00	0.00	26.40	-1.50	326.50	5.00	21.40	1096.00	36500.00
10	BB	290670.51	9110508.91	87.00	35.00	47.00	-4.30	138.60	40.00	42.00	1096.00	36500.00
11	BB	290255.61	9111484.06	115.00	50.00	55.00	-4.00	74.00	55.00	50.00	1096.00	36500.00
12	BB	290862.26	9109443.61	133.00	53.00	57.00	-4.50	105.00	58.00	52.00	1096.00	36500.00
13	BB	290800.85	9109480.20	132.00	52.00	82.00	-2.70	126.00	57.00	77.00	1096.00	36500.00
14	BB	290858.37	9110282.41	102.00	17.32	40.41	-3.72	220.00	22.32	35.41	1096.00	36500.00
15	BB	291248.27	9110735.88	112.00	55.00	87.00	-3.60	88.00	60.00	82.00	1096.00	36500.00
16	BB	288895.62	9110875.50	100.00	45.00	62.00	-4.20	214.30	50.00	57.00	1096.00	36500.00
17	BB	289048.30	9111625.93	113.00	129.40	0.00	0.00	0.00	134.40	-5.00	1096.00	36500.00
18	BB	290142.23	9111498.90	107.50	45.50	55.50	-4.00	72.00	50.50	50.50	1096.00	36500.00
19	BB	289976.72	9109553.18	100.00	49.80	52.80	-2.83	153.00	54.80	47.80	1096.00	36500.00
20	BB	291210.10	9110379.29	108.00	46.75	74.36	-2.57	261.00	51.75	69.36	1096.00	36500.00
21	BB	291504.80	9110227.02	120.00	50.00	65.00	-3.50	89.50	55.00	60.00	1096.00	36500.00
22	BB	289722.36	9109591.94	120.00	35.00	50.00	-4.00	283.50	40.00	45.00	1096.00	36500.00
23	BB	290094.65	9109876.35	112.00	50.80	54.00	-3.68	0.00	55.80	49.00	1096.00	36500.00
24	BB	290549.48	9109534.34	132.00	54.00	66.00	-18.00	161.75	59.00	61.00	1096.00	36500.00
25	BB	290523.68	9111131.96	110.00	47.00	56.00	-3.30	68.00	52.00	51.00	1096.00	36500.00
26	BB	291523.88	9110737.16	120.00	56.53	63.42	-3.00	91.00	61.53	58.42	1096.00	36500.00
27	BB	290376.63	9111012.06	121.00	53.00	56.00	-4.00	100.00	58.00	51.00	1096.00	36500.00
28	BB	290823.38	9109904.32	125.50	48.80	57.00	-5.14	120.00	53.80	52.00	1096.00	36500.00
29	BB	290481.63	9110296.02	98.00	42.00	49.00	-5.20	158.00	47.00	44.00	1096.00	36500.00
30	BB	288491.51	9111190.56	110.00	48.00	58.00	-2.00	196.00	53.00	53.00	1096.00	36500.00
31	BB	290073.11	9111873.43	124.00	48.00	58.00	-2.00	337.20	53.00	53.00	1096.00	36500.00
32	BB	291343.55	9109998.91	118.00	59.00	69.00	-2.00	82.80	64.00	64.00	1096.00	36500.00
33	BB	290955.12	9111213.85	118.00	62.00	80.00	-2.88	118.40	67.00	75.00	1096.00	36500.00
34	BB	290925.06	9110430.00	122.00	72.00	82.00	-3.60	249.00	77.00	77.00	1096.00	36500.00
35	BB	291250.75	9112186.15	105.00	52.00	64.00	-4.00	61.00	57.00	59.00	1096.00	36500.00
36	BB	290579.53	9109657.38	120.00	51.00	62.00	-6.40	174.00	56.00	57.00	1096.00	36500.00
37	BB	290710.02	9107937.34	147.00	57.00	90.00	-6.50	176.50	62.00	85.00	1096.00	36500.00
38	BB	290632.88	9108062.96	118.00	52.00	79.00	-8.00	137.30	57.00	74.00	1096.00	36500.00
39	BB	290809.35	9108309.58	157.00	53.00	60.00	-5.46	671.00	58.00	55.00	1096.00	36500.00
40	BB	290608.21	9108099.71	0.00	0.00	0.00	-7.80	216.80	5.00	-5.00	1096.00	36500.00
41	BB	291403.80	9110214.26	125.00	68.00	74.00	-2.00	84.80	73.00	69.00	1096.00	36500.00
42	BB	290733.90	9110048.31	120.00	58.00	68.00	-2.00	144.00	63.00	63.00	1096.00	36500.00
43	BB	290578.10	9109964.63	126.00	49.00	51.80	-3.00	0.00	54.00	46.80	1096.00	36500.00
44	BB	290505.38	9109798.37	120.00	52.00	55.00	-4.23	137.00	57.00	50.00	1096.00	36500.00
45	BB	290486.23	9109964.20	118.00	54.00	58.00	-3.60	165.00	59.00	53.00	1096.00	36500.00
46	BB	291247.98	9110797.33	110.00	70.00	75.00	-2.00	64.00	75.00	70.00	1096.00	36500.00
47	BB	289639.43	9109643.78	130.00	15.00	20.00	-4.00	311.00	20.00	15.00	1096.00	36500.00
48	BB	289325.83	9109252.10	46.00	51.00	3.86	-204.00	0.00	56.00	-1.14	1096.00	36500.00
49	BB	290303.92	9109656.10	114.00	5.28	103.60	0.00	0.00	10.28	98.60	1096.00	36500.00
50	BB	290589.06	9109583.68	120.00	48.00	58.00	-5.60	274.00	53.00	53.00	1096.00	36500.00
51	BV	292055.67	9108979.03	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	-5.00	1096.00	36500.00
52	BB	288752.81	9109980.70	100.00	51.00	58.00	-8.00	91.30	56.00	53.00	1096.00	36500.00

53	BB	287969.30	9111181.49	113.90	21.00	28.00	-3.60	151.10	26.00	23.00	1096.00	36500.00
54	BB	288548.15	9111829.45	98.00	22.00	29.00	-4.20	0.00	27.00	24.00	1096.00	36500.00
55	BB	288496.36	9111770.83	120.00	28.00	48.00	-5.00	227.00	33.00	43.00	1096.00	36500.00
56	BB	291473.80	9110309.84	121.00	57.00	68.00	-4.00	79.00	62.00	63.00	1096.00	36500.00
57	BB	289072.51	9111033.03	102.00	39.40	43.40	-6.00	149.00	44.40	38.40	1096.00	36500.00
58	BB	288030.41	9111212.50	84.00	25.00	27.00	-8.00	0.00	30.00	22.00	1096.00	36500.00
59	BB	288806.60	9111575.63	122.00	35.00	41.00	-8.50	118.40	40.00	36.00	1096.00	36500.00
60	BB	287852.90	9111838.48	72.00	21.00	23.00	-5.67	0.00	26.00	18.00	1096.00	36500.00
61	BB	290820.67	9110488.10	120.00	38.00	46.00	-3.40	70.60	43.00	41.00	1096.00	36500.00
62	BB	290001.43	9110164.74	128.00	45.20	55.40	-4.20	310.00	50.20	50.40	1096.00	36500.00
63	BB	290607.02	9109805.30	114.00	52.00	69.00	-4.60	0.00	57.00	64.00	1096.00	36500.00
64	BB	288491.00	9111190.00	120.00	37.00	48.00	-10.00	0.00	42.00	43.00	1096.00	36500.00
65	BB	290071.50	9111560.02	112.00	52.00	56.00	-1.10	214.00	57.00	51.00	1096.00	36500.00
66	BB	290110.46	9111744.56	112.00	52.00	56.00	-4.40	182.70	57.00	51.00	1096.00	36500.00
67	BB	290545.70	9109687.95	132.00	57.00	59.00	-3.60	0.00	62.00	54.00	1096.00	36500.00
68	BB	290133.34	9109901.20	126.00	46.00	57.00	-4.80	215.00	51.00	52.00	1096.00	36500.00

TOPOGRAFIA C1-BV-TOP (MONTEIRO, 2000)

Cod_poco	Coord_x	Coord_y	topo_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	topo_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	topo_m
1	292547	9105025	-2,7	203	291646	9103642	-2,2	403	291789	9108751	-3,4
7	292500	9104800	-2,5	206	291875	9104013	-2,4	412	291956	9108779	-3,3
9	292300	9104180	-2,9	210	290915	9102084	-2,9	417	291234	9108725	-3,6
24	291804	9103074	-3,5	213	290646	9101695	-2,5	419	291173	9109002	-3,1
25	291800	9103060	-3,5	217	290765	9102182	-3,1	422	291085	9109335	-3,1
27	291755	9102974	-3,5	219	290699	9102213	-3,4	424	289927	9106599	-2,4
35	291630	9102732	-3,5	222	290201	9102190	-2,2	425	287095	9105485	-7,9
36	291554	9102660	-3,2	223	290223	9102149	-2,2	427	287114	9105299	-9,5
38	291545	9102585	-3,2	226	290408	9101921	-3,2	429	290195	9106531	-2,1
40	291520	9102536	-3,3	230	290861	9101784	-2,5	430	290144	9106531	-2,1
41	291465	9102461	-3,3	233	290554	9101825	-3,4	433	290124	9106776	-3,2
43	291329	9102368	-3	234	290443	9102174	-3,2	434	290019	9106719	-2,1
46	291327	9102286	-2,3	236	289675	9101743	-2	437	289560	9106200	-3,5
48	291288	9102240	-2,5	239	291146	9102195	-3	475	293926	9109876	-2,9
49	291264	9102250	-2,5	245	290660	9102420	-3	477	289867	9099325	-2,6
51	291313	9102210	-2,6	246	290610	9102400	-3	478	289966	9099577	-2,8
52	291290	9102170	-2,5	247	290846	9101369	-2,4	480	289492	9099546	-3,4
53	291269	9102189	-2,3	249	290744	9101475	-2,9	481	289878	9100054	-2,8
54	291233	9102093	-2,3	251	290546	9101437	-2,8	487	291484	9108523	-3,4
57	291184	9102110	-2,5	254	290742	9101395	-2,9	488	290645	9108416	-3,8
62	291113	9101882	-2,4	257	289884	9100275	-3,7	489	289664	9106525	-3
66	291060	9101780	-2,5	263	289937	9100036	-2,2	490	289602	9106504	-3,2
68	291020	9101685	-2,3	264	290040	9102795	-3	491	290184	9106005	-2,1
69	291006	9101635	-2,5	265	291460	9103420	-2,5	492	286536	9105636	-7,1
70	290990	9101600	-2,3	266	290034	9099981	-2,1	493	287542	9103547	-3,8
76	290890	9101490	-2,4	267	290564	9100675	-2,5	494	287537	9103516	-3,8
77	290938	9101410	-2,2	272	290171	9100841	-2,4	495	288067	9102205	-6,2
78	290925	9101400	-2,5	275	289989	9100961	-2,3	502	291763	9107055	-3,7
81	290908	9101322	-2,1	277	289135	9098852	-3,2	511	291735	9105735	-1,9
82	290910	9101333	-2,2	293	290469	9101565	-3	523	293057	9106378	-3,4
83	290902	9101303	-2	296	290936	9102785	-2,9	524	292535	9105686	-2,2
86	290858	9101192	-2,2	310	289291	9102897	-3,4	526	292076	9105844	-2,2
88	290782	9101171	-2,5	313	289525	9104393	-3	530	291149	9105842	-1,8
90	290835	9101116	-2,2	315	288876	9100535	-8,8	533	291549	9106519	-2
92	290744	9101075	-2,5	316	289886	9105624	-2,4	537	284386	9110275	-8,5
93	290795	9101025	-2,1	318	289401	9103929	-2,6	538	284236	9110255	-8,5
96	290735	9100898	-2,3	319	288665	9100582	-8,4	539	286052	9109241	-6,7
100	290474	9100545	-3,1	321	289926	9105615	-2,4	540	285024	9110024	-8,5
102	290575	9100534	-3	325	289628	9101227	-2,8	543	286065	9109326	-6,5
108	290356	9100055	-2,1	335	290170	9101404	-3,4	544	284467	9110286	-8,5

114	289935	9099144	-2	340	290413	9100560	-2,9	545	284506	9110380	-8,5
115	290022	9099147	-1,9	341	290265	9100024	-2	546	284527	9110236	-8,6
117	289995	9099091	-2	345	290046	9099486	-2	547	284425	9110203	-8,6
121	290470	9100306	-2,7	348	290004	9099385	-2,1	548	284469	9110190	-8,6
122	290569	9100689	-3	349	290299	9100094	-2	549	284503	9110170	-8,5
124	290605	9100782	-3	350	289866	9099056	-2,5	550	283914	9109499	-8,6
125	290615	9100805	-3	351	290434	9100666	-2,6	552	284012	9110133	-8,7
133	290788	9101305	-2,7	352	290361	9100325	-2,4	564	285696	9110055	-7,2
134	290803	9101350	-2,8	353	290408	9100555	-3,1	565	285621	9109874	-6,8
140	291076	9102010	-3	354	288924	9099681	-8,3	566	287174	9107936	-6,6
141	291107	9102054	-2,9	357	291326	9102906	-3,2	567	285661	9109961	-6,9
142	291125	9102100	-3	358	291155	9102930	-3	570	287918	9108344	-6,3
143	291162	9102153	-3	360	290925	9102974	-2	571	284895	9109466	-8,6
155	291665	9102941	-3,7	362	290659	9102131	-3,1	572	288125	9109632	-6,6
169	292123	9104199	-2,4	368	290863	9102374	-3,1	573	284565	9109126	-8,7
171	290792	9101089	-2,5	369	290685	9102035	-3,1	574	285466	9109885	-8,5
172	291568	9103123	-3	370	290653	9101903	-3,3	577	288179	9109631	-6,5
173	291089	9102032	-3	371	290636	9101864	-3,3	579	293285	9110096	-1,7
174	291552	9102742	-2,8	381	290487	9101646	-3,1	594	292095	9107995	-2
176	291498	9102862	-2,9	384	290535	9101172	-2,6	595	292069	9108128	-2,3
178	291375	9102317	-2,9	388	290585	9101664	-3	599	292035	9108125	-2,7
180	291125	9102325	-3	392	290455	9100488	-3,1	604	291775	9108685	-3,5
182	290991	9102085	-2,8	394	290156	9100781	-2,5	609	291195	9109203	-3
196	290165	9100668	-2,5	396	289881	9101263	-2,5	611	291215	9109296	-3
197	290181	9100668	-2,5	397	290865	9103015	-2,5	622	291277	9109524	-3
198	290215	9100670	-2,5	400	292251	9108525	-3,2	624	293381	9109657	-2,5
626	291732	9108396	-3,3	881	290871	9108597	-2,7	1199	287785	9111406	-5
630	291676	9107895	-2,5	882	293593	9111411	-4,2	1204	283960	9109920	-9,5
631	291625	9107759	-2	884	290873	9109331	-3,9	1205	290501	9111789	-4,3
632	291615	9107745	-2	885	291486	9110113	-4,8	1223	288668	9111424	-5,8
633	291661	9107825	-2	896	290475	9110047	-4,1	1224	288617	9111456	-5,8
639	289083	9102916	-2,7	899	290328	9110401	-4,3	1241	288756	9112195	-9
643	288842	9102534	-4,2	902	290138	9110844	-5,2	1247	289786	9111645	-5
644	289717	9102405	-2,1	905	289789	9111217	-4	1248	289817	9111630	-4,8
648	284792	9109663	-8,7	909	290011	9109392	-3,9	1263	285740	9100220	-3,5
649	285223	9108999	-7	920	291140	9110080	-5,8	1264	284068	9109756	-8,3
650	286146	9110924	-6	923	291204	9110279	-6,6	1282	285651	9113404	-8,2
654	285057	9111544	-6,5	925	291305	9110195	-6	1290	285171	9113269	-4
656	285874	9110175	-6,8	926	291455	9110083	-4,4	1313	288319	9111187	-5,6
659	290215	9108503	-3,7	927	291366	9110199	-5,2	1314	287274	9112172	-5,9
660	290199	9108516	-3,7	928	290428	9110966	-5,3	1318	291425	9112345	-4,2
664	290684	9108162	-3	929	290301	9110986	-6,2	1321	291955	9112795	-5,8
665	290685	9108145	-3	930	290719	9109655	-5,3	1333	292583	9113475	-5,4
666	290714	9108161	-3	936	290484	9109597	-4,7	1342	292094	9111444	-5
667	290785	9108102	-3	939	289805	9110769	-5,4	1347	293034	9111665	-5,7
669	291575	9109367	-3	940	289835	9110805	-4,8	1349	291880	9111080	-5,8
670	291633	9109311	-3,3	942	289754	9110529	-7,1	1350	291509	9111100	-5,4
674	291569	9109315	-3,1	943	289268	9110226	-4,7	1353	289794	9111860	-4,9
675	291614	9109767	-2,8	944	289655	9110246	-7,3	1367	290955	9108925	-3,2
679	291506	9110720	-7,3	946	289832	9110452	-6	1369	286997	9106065	-9,1
690	292075	9109479	-4,3	947	289624	9110561	-7	1371	287021	9105175	-8,7
691	292035	9110125	-3,7	948	289605	9110558	-7	1373	286863	9105398	-8,3
726	291715	9108929	-3,1	949	289587	9110554	-6,6	1378	287524	9104215	-1,4
730	292268	9108778	-3,4	955	290515	9109411	-4,8	1385	292074	9110553	-2,9
737	290885	9108654	-2,7	972	288964	9109935	-4,5	1456	284394	9112795	-8
744	292255	9108895	-3,5	973	288942	9109901	-4,5	1539	285720	9110020	-7,8
748	292503	9109174	-3,2	979	290781	9109955	-6,1	1557	294143	9111366	-2,5
752	292514	9108894	-3,2	981	290422	9109515	-4,4	1559	294326	9111415	-2,4
756	291511	9109425	-2,9	983	290579	9109698	-5,1	1564	293769	9111525	-2
769	290385	9101875	-3,2	984	290614	9109718	-5,3	1571	296086	9113365	-10
770	291574	9102868	-3	989	290903	9110614	-5	1573	293842	9111551	-3
772	290566	9101975	-3,5	995	290282	9109761	-4	1584	293443	9111835	-6

777	292265	9107695	-3,4	1006	290942	9110991	-3,8	1587	293447	9111805	-6
779	292871	9107995	-2,5	1007	290901	9111014	-3,8	1588	293406	9111846	-6
784	292385	9107806	-2,3	1010	290595	9111329	-4,4	1737	288045	9109236	-6,4
788	293791	9109225	-3,2	1012	290144	9111248	-5	1738	287415	9107387	-4,2
790	293644	9109313	-3	1014	290186	9111375	-4,7	1779	291475	9108765	-3,2
791	293621	9109184	-3	1023	290495	9109184	-3,7	1782	289660	9109060	-3,8
792	293571	9108985	-2,8	1024	290487	9109165	-3,7	1783	290909	9110391	-6,5
794	292119	9108059	-2,5	1034	290075	9110023	-3,8	1788	286615	9111075	-6,2
796	293505	9107975	-3,2	1067	291037	9110886	-4,8	1791	284294	9112126	-4,8
798	292234	9107369	-3,2	1071	289931	9108764	-4	1792	287827	9109475	-7,3
802	291745	9109436	-4,1	1073	289621	9108806	-4	1793	290824	9111105	-3,8
804	291385	9110549	-7,3	1075	290014	9109125	-3,7	1794	290360	9109780	-4,1
812	291108	9110772	-5,6	1080	289964	9109025	-3,6	1795	290416	9109824	-5
815	291026	9110047	-6,3	1084	290605	9111102	-4,6	1798	290075	9106035	-3,6
818	291115	9110225	-6,9	1086	290309	9111061	-6,4	1799	290045	9105992	-3,4
819	291364	9110571	-7,3	1088	290014	9109715	-3,6	1802	290236	9112062	-4,9
820	290946	9110403	-6	1093	291505	9110281	-5,3	1803	289729	9111630	-5,6
821	290935	9110439	-5,7	1095	290986	9111208	-3,9	1804	288786	9110734	-5,6
822	290954	9110445	-5,8	1097	291415	9110065	-4,5	1806	291613	9108105	-2,5
826	291278	9110065	-5,3	1098	291044	9110215	-6,9	1807	287940	9099600	-8,5
838	289765	9110297	-7	1122	289782	9111845	-4,8	1808	292453	9109016	-3
839	289646	9110475	-7,1	1127	289649	9109042	-4,3	1809	291035	9107861	-1,9
840	289596	9110644	-6,2	1129	289679	9107715	-2,4	1810	290780	9112660	-3
843	289645	9110544	-7	1133	289765	9111256	-4,3	1811	290075	9111925	-4,6
849	290919	9109747	-5,2	1161	288076	9111542	-5,7	1812	289300	9105240	-2,1
863	290355	9111234	-6,2	1167	288884	9111095	-5,9	1817	285075	9111591	-6,1
868	290443	9110829	-5,1	1171	287839	9111865	-6,6	1819	290088	9102965	-4,2
869	290344	9110953	-6,1	1179	290314	9108109	-2,4	1821	291754	9105768	-2,3
870	290239	9110059	-4,2	1189	285600	9110015	-7,9	1823	286496	9108752	-6,3
876	291011	9109504	-4	1195	289568	9107032	-2,6	1824	291900	9104050	-2,5
Cod_poco	Coord_x	Coord_y	topo_m								
1825	289660	9100540	-3,1								
1826	286995	9108691	-7,2								
1828	290020	9100697	-2,5								
1829	290355	9100950	-2,5								
1830	290612	9101654	-2,9								
1831	290666	9101755	-2,9								
1832	290061	9101205	-3,5								
1833	290054	9100760	-2,5								
1836	286853	9103035	-5,6								
1840	291020	9111180	-4,5								
1850	284641	9109266	-8,6								
1869	284795	9109135	-8,1								
1878	290441	9111165	-5,3								
1879	295476	9113718	-6								
1882	289741	9111641	-5,5								
1883	283700	9110560	-10								
1884	286649	9105694	-7								
1885	285300	9107640	-6,5								
1886	292350	9110800	-2,9								
1888	293645	9112184	-3								
1893	285655	9110015	-7,7								
1894	291740	9107860	-2,5								
1972	290112	9114465	-9,3								
1973	289796	9106028	-2,5								
1975	287022	9102843	-4,3								
1977	288704	9106096	-1,4								
1979	289050	9110044	-8								
1981	292140	9108115	-2,5								
1982	284445	9107335	-9								
1985	285095	9108988	-7,6								
1986	285235	9109575	-8,4								

1987	294120	9114160	-1,9
2026	293440	9113640	-4
2036	293470	9114740	-4,3
2037	292840	9114730	-3,7

TOPOGRAFIA C1-BV-BOTTOM (MONTEIRO, 2000)

Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Base_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Base_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Base_m
1	292547	9105025	-20,3	219	290699	9102213	-6,6	494	287537	9103516	-21,2
7	292500	9104800	-75,5	222	290201	9102190	-19,8	495	288067	9102205	-5,8
24	291804	9103074	-26,5	223	290223	9102149	-7,8	502	291763	9107055	-20,3
25	291800	9103060	-11,5	226	290408	9101921	-18,8	511	291735	9105735	-51,1
27	291755	9102974	-81,5	233	290554	9101825	-18,6	523	293057	9106378	-16,6
35	291630	9102732	-66,5	236	289675	9101743	-40	524	292535	9105686	-24,8
36	291554	9102660	-33,8	239	291146	9102195	-38	526	292076	9105844	-27,8
38	291545	9102585	-18,8	246	290610	9102400	-45	530	291149	9105842	-28,2
40	291520	9102536	-59,7	247	290846	9101369	-19,6	533	291549	9106519	-28
41	291465	9102461	-16,7	251	290546	9101437	-19,2	537	284386	9110275	-36,5
43	291329	9102368	-22	254	290742	9101395	-60,1	538	284236	9110255	-36,5
46	291327	9102286	-15,7	263	289937	9100036	-9,8	539	286052	9109241	-22,3
48	291288	9102240	-10,5	264	290040	9102795	-17	540	285024	9110024	-26,5
49	291264	9102250	-59,5	265	291460	9103420	-62,5	543	286065	9109326	-43,5
51	291313	9102210	-55,4	267	290564	9100675	-24,5	544	284467	9110286	-37,5
52	291290	9102170	-11,5	275	289989	9100961	-33,7	545	284506	9110380	-34,5
53	291269	9102189	-30,7	277	289135	9098852	-113,8	546	284527	9110236	-29,4
54	291233	9102093	-25,7	313	289525	9104393	-25	547	284425	9110203	-36,4
57	291184	9102110	-10,5	315	288876	9100535	-31,2	548	284469	9110190	-36,4
62	291113	9101882	-23,6	316	289886	9105624	-23,6	549	284503	9110170	-36,5
66	291060	9101780	-23,5	318	289401	9103929	-33,4	550	283914	9109499	-21,4
68	291020	9101685	-75,7	321	289926	9105615	-17,6	552	284012	9110133	-18,3
69	291006	9101635	-81,5	325	289628	9101227	-15,2	564	285696	9110055	-19,8
70	290990	9101600	-55,7	335	290170	9101404	-18,6	565	285621	9109874	-13,2
76	290890	9101490	-27,6	339	290420	9100585	-12,1	566	287174	9107936	-16,4
77	290938	9101410	-24,8	340	290413	9100560	-37,1	567	285661	9109961	-51,1
78	290925	9101400	-27,5	345	290046	9099486	-14	570	287918	9108344	-31,7
81	290908	9101322	-19,9	349	290299	9100094	-52	571	284895	9109466	-41,4
82	290910	9101333	-13,8	350	289866	9099056	-51,5	572	288125	9109632	-23,4
83	290902	9101303	-16	351	290434	9100666	-48,4	573	284565	9109126	-24,3
86	290858	9101192	-27,8	353	290408	9100555	-76,9	574	285466	9109885	-12,5
88	290782	9101171	-9,5	354	288924	9099681	-19,7	577	288179	9109631	-16,5
90	290835	9101116	-27,8	357	291326	9102906	-7,8	579	293285	9110096	-30,3
92	290744	9101075	-27,5	358	291155	9102930	-66	594	292095	9107995	-26
93	290795	9101025	-15,9	362	290659	9102131	-7,9	595	292069	9108128	-17,7
96	290735	9100898	-22,7	368	290863	9102374	-21,9	599	292035	9108125	-19,3
100	290474	9100545	-18,9	369	290685	9102035	-16,7	604	291775	9108685	-53,5
108	290356	9100055	-28,9	370	290653	9101903	-40,7	609	291195	9109203	-20
114	289935	9099144	-55	371	290636	9101864	-9,7	611	291215	9109296	-23
115	290022	9099147	-18,1	381	290487	9101646	-12,9	624	293381	9109657	-15,5
117	289995	9099091	-60	384	290535	9101172	-12,4	626	291732	9108396	-45,7
121	290470	9100306	-19,3	388	290585	9101664	-19	630	291676	9107895	-24,5
122	290569	9100689	-41	392	290455	9100488	-26,9	632	291615	9107745	-19
124	290605	9100782	-25	396	289881	9101263	-20,5	633	291661	9107825	-28
125	290615	9100805	-56	397	290865	9103015	-37,5	639	289083	9102916	-10,3
133	290788	9101305	-10,3	400	292251	9108525	-24,8	648	284792	9109663	-38,3
134	290803	9101350	-24,2	403	291789	9108751	-16,6	649	285223	9108999	-28,5
141	291107	9102054	-22,1	412	291956	9108779	-14,7	654	285057	9111544	-42,5
142	291125	9102100	-22	417	291234	9108725	-26,4	656	285874	9110175	-60,2
143	291162	9102153	-22	419	291173	9109002	-32,9	660	290199	9108516	-60,3
151	291409	9102575	-17,2	424	289927	9106599	-29,6	661	287202	9107946	-11,5
155	291665	9102941	-16,3	427	287114	9105299	-17,5	664	290684	9108162	-18

169	292123	9104199	-32,6	429	290195	9106531	-25,9	665	290685	9108145	-38
171	290792	9101089	-29,5	430	290144	9106531	-44,9	666	290714	9108161	-38
172	291568	9103123	-61	433	290124	9106776	-35,8	667	290785	9108102	-30
173	291089	9102032	-22	434	290019	9106719	-36,9	670	291633	9109311	-47,7
174	291552	9102742	-20,2	437	289560	9106200	-37,5	674	291569	9109315	-10,9
178	291375	9102317	-19,1	475	293926	9109876	-17,1	675	291614	9109767	-12,2
182	290991	9102085	-20,2	480	289492	9099546	-39,6	691	292035	9110125	-74,3
196	290165	9100668	-43,5	487	291484	9108523	-16,6	726	291715	9108929	-21,9
198	290215	9100670	-27,5	488	290645	9108416	-13,2	730	292268	9108778	-29,6
203	291646	9103642	-26,8	489	289664	9106525	-31	737	290885	9108654	-18,3
206	291875	9104013	-12,6	490	289602	9106504	-13,8	744	292255	9108895	-56,5
210	290915	9102084	-20,9	491	290184	9106005	-19,9	748	292503	9109174	-58,8
213	290646	9101695	-17,5	492	286536	9105636	-12,9	752	292514	9108894	-16,8
217	290765	9102182	-13,9	493	287542	9103547	-19,2	756	291511	9109425	-57,1
769	290385	9101875	-8,8	1161	288076	9111542	-36,3	1850	284641	9109266	-27,4
770	291574	9102868	-27	1167	288884	9111095	-9,1	1869	284795	9109135	-28,9
772	290566	9101975	-56,5	1179	290314	9108109	-12,1	1878	290441	9111165	-11,7
777	292265	9107695	-10,6	1189	285600	9110015	-28,1	1879	295476	9113718	-34
779	292871	9107995	-11,5	1195	289568	9107032	-15,4	1883	283700	9110560	-28
784	292385	9107806	-15,7	1199	287785	9111406	-17	1885	285300	9107640	-20,5
788	293791	9109225	-37,3	1204	283960	9109920	-13,5	1886	292350	9110800	-23,1
790	293644	9109313	-38	1205	290501	9111789	-34,7	1888	293645	9112184	-15
791	293621	9109184	-41	1223	288668	9111424	-10,2	1893	285655	9110015	-12,3
792	293571	9108985	-23,2	1224	288617	9111456	-4,2	1894	291740	9107860	-40,5
794	292119	9108059	-17,5	1241	288756	9112195	-37,7	1972	290112	9114465	-7,7
796	293505	9107975	-41,8	1247	289786	9111645	-15	1973	289796	9106028	-69,5
802	291745	9109436	-18,9	1263	285740	9100220	-59,5	1975	287022	9102843	-37,7
820	290946	9110403	-24	1264	284068	9109756	-31,7	1977	288704	9106096	-34,6
821	290935	9110439	-16,3	1282	285651	9113404	-29,8	1979	289050	9110044	-9
822	290954	9110445	-10,2	1290	285171	9113269	-11	1981	292140	9108115	-15,5
838	289765	9110297	-11	1313	288319	9111187	-14,4	1982	284445	9107335	-35
839	289646	9110475	-2,9	1314	287274	9112172	-17,1	1985	285095	9108988	-25,4
840	289596	9110644	-11,8	1342	292094	9111444	-20	1986	285235	9109575	-19,6
849	290919	9109747	-46,11	1347	293034	9111665	-24,3	1987	294120	9114160	-12,1
869	290344	9110953	-17,9	1349	291880	9111080	-17,2	1988	293440	9113640	-33
870	290239	9110059	-34,8	1350	291509	9111100	-21,6	2036	293470	9114740	-19,7
876	291011	9109504	-18	1353	289794	9111860	-31,1				
881	290871	9108597	-23,3	1367	290955	9108925	-86,8				
882	293593	9111411	-20,8	1378	287524	9104215	-15,6				
884	290873	9109331	-32,1	1385	292074	9110553	-58,1				
885	291486	9110113	-7,2	1539	285720	9110020	-37,2				
896	290475	9110047	-5,9	1557	294143	9111366	-27,5				
899	290328	9110401	-10,7	1559	294326	9111415	-18,6				
902	290138	9110844	-12,8	1564	293769	9111525	-30				
905	289789	9111217	-5	1587	293447	9111805	-54				
920	291140	9110080	-10,2	1588	293406	9111846	-24				
923	291204	9110279	-41,4	1737	288045	9109236	-32,6				
925	291305	9110195	-20	1738	287415	9107387	-5,8				
926	291455	9110083	-18,64	1779	291475	9108765	-25,8				
928	290428	9110966	-16,7	1782	289660	9109060	-38,2				
936	290484	9109597	-15,3	1783	290909	9110391	-29,5				
940	289835	9110805	-13,2	1788	286615	9111075	-19,8				
942	289754	9110529	-60,4	1791	284294	9112126	-16,2				
943	289268	9110226	-52,3	1792	287827	9109475	-1,7				
946	289832	9110452	-48,25	1793	290824	9111105	-19,2				
947	289624	9110561	-19	1794	290360	9109780	-20,9				
948	289605	9110558	-18	1795	290416	9109824	-17				
949	289587	9110554	-21,4	1798	290075	9106035	-13,4				
955	290515	9109411	-13,2	1799	290045	9105992	-16,6				
972	288964	9109935	-52,5	1802	290236	9112062	-21,1				
973	288942	9109901	-21,5	1804	288786	9110734	-38,4				
979	290781	9109955	-14,9	1806	291613	9108105	-19,5				

981	290422	9109515	-22,6	1809	291035	9107861	-14,1
983	290579	9109698	-24,9	1810	290780	9112660	-42
984	290614	9109718	-24,7	1811	290075	9111925	-27,4
1010	290595	9111329	-17,6	1812	289300	9105240	-21,9
1014	290186	9111375	-15,3	1817	285075	9111591	-38,9
1023	290495	9109184	-26,3	1819	290088	9102965	-27,8
1024	290487	9109165	-31,3	1821	291754	9105768	-37,7
1034	290075	9110023	-16,2	1823	286496	9108752	-37,7
1073	289621	9108806	-13	1824	291900	9104050	-27,5
1075	290014	9109125	-74,3	1825	289660	9100540	-36,9
1080	289964	9109025	-14,4	1826	286995	9108691	-6,8
1084	290605	9111102	-11,4	1828	290020	9100697	-7,5
1088	290014	9109715	-16,4	1829	290355	9100950	-49,5
1093	291505	9110281	-22,7	1830	290612	9101654	-25,1
1095	290986	9111208	-34,1	1831	290666	9101755	-32,1
1097	291415	9110065	-43,5	1832	290061	9101205	-5,5
1129	289679	9107715	-14,6	1833	290054	9100760	-71,5
1133	289765	9111256	-16,7	1840	291020	9111180	-6,5

TOPOGRAFIA C3-CB/BB-TOP (MONTEIRO, 2000)

Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Topo_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Topo_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Topo_m
1	292547	9105025	-32,3	210	290915	9102084	-39,25	437	289560	9106200	-41,5
7	292500	9104800	-75,5	213	290646	9101695	-41,5	475	293926	9109876	-36,1
24	291804	9103074	-34,5	217	290765	9102182	-34,9	478	289966	9099577	-12,2
25	291800	9103060	-17,5	219	290699	9102213	-32,6	480	289492	9099546	-49,6
27	291755	9102974	-83,5	222	290201	9102190	-28,8	487	291484	9108523	-20,6
35	291630	9102732	-76,5	223	290223	9102149	-14,8	488	290645	9108416	-25,2
36	291554	9102660	-38,8	226	290408	9101921	-24,8	489	289664	9106525	-37
38	291545	9102585	-28,8	233	290554	9101825	-30,6	490	289602	9106504	-14,8
40	291520	9102536	-86,7	236	289675	9101743	-52	491	290184	9106005	-35,9
41	291465	9102461	-30,7	239	291146	9102195	-42	493	287542	9103547	-29,2
43	291329	9102368	-27	245	290660	9102420	-27	494	287537	9103516	-31,2
46	291327	9102286	-34,7	246	290610	9102400	-51	495	288067	9102205	-14,8
48	291288	9102240	-13,5	247	290846	9101369	-36,6	502	291763	9107055	-26,3
49	291264	9102250	-69,5	251	290546	9101437	-30,2	511	291735	9105735	-57,1
51	291313	9102210	-62,4	254	290742	9101395	-62,1	523	293057	9106378	-26,6
52	291290	9102170	-15,5	263	289937	9100036	-13,8	524	292535	9105686	-30,8
53	291269	9102189	-40,7	264	290040	9102795	-29	526	292076	9105844	-31,8
54	291233	9102093	-32,7	265	291460	9103420	-64,5	530	291149	9105842	-43,2
57	291184	9102110	-13,5	266	290034	9099981	-12,9	533	291549	9106519	-58
62	291113	9101882	-37,6	267	290564	9100675	-29,5	566	287174	9107936	-26,4
66	291060	9101780	-27,5	272	290171	9100841	-29,6	570	287918	9108344	-33,7
68	291020	9101685	-99,7	275	289989	9100961	-39,7	572	288125	9109632	-33,4
69	291006	9101635	-88,5	277	289135	9098852	-115,8	577	288179	9109631	-26,5
70	290990	9101600	-65,7	313	289525	9104393	-27,5	579	293285	9110096	-40,3
76	290890	9101490	-32,6	315	288876	9100535	-46,2	594	292095	9107995	-35
77	290938	9101410	-37,8	316	289886	9105624	-29,6	595	292069	9108128	-21,7
78	290925	9101400	-42,5	317	289287	9098809	-38,7	599	292035	9108125	-34,3
81	290908	9101322	-34,9	318	289401	9103929	-36,4	604	291775	9108685	-60,5
82	290910	9101333	-32,8	321	289926	9105615	-27,6	609	291195	9109203	-22
83	290902	9101303	-30	325	289628	9101227	-39,2	611	291215	9109296	-24
86	290858	9101192	-31,8	335	290170	9101404	-21,6	622	291277	9109524	-5
88	290782	9101171	-17,5	339	290420	9100585	-18,1	624	293381	9109657	-159,5
90	290835	9101116	-32,8	340	290413	9100560	-43,1	626	291732	9108396	-50,7
92	290744	9101075	-37,5	341	290265	9100024	-23	630	291676	9107895	-27,5
93	290795	9101025	-23,9	343	290231	9099934	2	631	291625	9107759	-20
96	290735	9100898	-72,7	343	290231	9099934	-16	632	291615	9107745	-22
100	290474	9100545	-34,9	345	290046	9099486	-20	633	291661	9107825	-31
102	290575	9100534	-27	349	290299	9100094	-56	639	289083	9102916	-15,3

108	290356	9100055	-38,9	350	289866	9099056	-51,5	643	288842	9102534	-7,8
114	289935	9099144	-63	351	290434	9100666	-9,4	650	286146	9110924	-22
115	290022	9099147	-26,1	353	290408	9100555	-28,9	660	290199	9108516	-70,3
117	289995	9099091	-79	354	288924	9099681	-18,7	664	290684	9108162	-22
121	290470	9100306	-35,3	357	291326	9102906	-68,8	665	290685	9108145	-46
122	290569	9100689	-47	358	291155	9102930	-10	666	290714	9108161	-46
124	290605	9100782	-33	360	290925	9102974	-37	667	290785	9108102	-33
125	290615	9100805	-87	362	290659	9102131	-41,9	670	291633	9109311	-53,7
133	290788	9101305	-35,3	368	290863	9102374	-39,05	674	291569	9109315	-15,9
134	290803	9101350	-27,2	369	290685	9102035	-48,9	675	291614	9109767	-20,2
141	291107	9102054	-32,1	370	290653	9101903	-44,7	690	292075	9109479	-15,7
142	291125	9102100	-37	371	290636	9101864	-42,7	691	292035	9110125	-77,3
143	291162	9102153	-37	381	290487	9101646	-18,9	726	291715	9108929	-26,9
151	291409	9102575	-22,2	384	290535	9101172	-13,4	730	292268	9108778	-32,6
155	291665	9102941	-34,3	388	290585	9101664	-47	737	290885	9108654	-24,3
169	292123	9104199	-34,6	392	290455	9100488	-29,9	744	292255	9108895	-62,5
171	290792	9101089	-41,5	394	290156	9100781	-7,5	748	292503	9109174	-68,8
172	291568	9103123	-67	396	289881	9101263	-27,5	752	292514	9108894	-26,8
173	291089	9102032	-39	397	290865	9103015	-39,5	756	291511	9109425	-75,1
174	291552	9102742	-42,2	400	292251	9108525	-32,8	769	290385	9101875	-20,8
178	291375	9102317	-29,1	403	291789	9108751	-21,6	770	291574	9102868	-35
180	291125	9102325	-14	412	291956	9108779	-24,7	772	290566	9101975	-59,5
182	290991	9102085	-34,2	417	291234	9108725	-38,4	777	292265	9107695	-24,6
196	290165	9100668	-49,5	424	289927	9106599	-39,6	779	292871	9107995	-32,5
197	290181	9100668	-9,5	429	290195	9106531	-35,9	784	292385	9107806	-33,7
198	290215	9100670	-29,5	430	290144	9106531	-45,9	787	293033	9108055	-12,5
203	291646	9103642	-57,8	433	290124	9106776	-38,8	788	293791	9109225	-42,8
206	291875	9104013	-18,6	434	290019	9106719	-68,9	790	293644	9109313	-48
791	293621	9109184	-59	1084	290605	9111102	-15,4	1795	290416	9109824	-27
792	293571	9108985	-27,2	1088	290014	9109715	-3,4	1798	290075	9106035	-17,4
794	292119	9108059	-27,5	1093	291505	9110281	-27,7	1799	290045	9105992	-26,6
796	293505	9107975	-56,8	1095	290986	9111208	-38,1	1802	290236	9112062	-27,1
802	291745	9109436	-40,9	1097	291415	9110065	-46,5	1804	288786	9110734	-47,4
804	291385	9110549	-4,7	1098	291044	9110215	-16,1	1806	291613	9108105	-23,5
812	291108	9110772	-16,4	1129	289679	9107715	-41,6	1807	287940	9099600	-6,5
815	291026	9110047	-8,7	1133	289765	9111256	-19,7	1808	292453	9109016	-17
819	291364	9110571	-17,7	1161	288076	9111542	-39,3	1809	291035	9107861	-18,1
820	290946	9110403	-31	1166	287614	9112150	-39,6	1810	290780	9112660	-54
821	290935	9110439	-31,3	1167	288884	9111095	-21,1	1811	290075	9111925	-29,4
822	290954	9110445	-19,2	1179	290314	9108109	-30,2	1812	289300	9105240	-31,9
838	289765	9110297	-13	1195	289568	9107032	-23,4	1819	290088	9102965	-37,8
839	289646	9110475	-5,9	1199	287785	9111406	-17	1821	291754	9105768	-47,7
840	289596	9110644	-19,8	1205	290501	9111789	-40,7	1824	291900	9104050	-37,5
849	290919	9109747	-55,45	1223	288668	9111424	-10,2	1825	289660	9100540	-46,9
868	290443	9110829	-7,9	1224	288617	9111456	-6,2	1826	286995	9108691	-16,8
869	290344	9110953	-18,9	1241	288756	9112195	-56,28	1828	290020	9100697	-12,5
870	290239	9110059	-37,8	1247	289786	9111645	-17	1829	290355	9100950	-59,5
876	291011	9109504	-38	1285	286285	9113912	6,6	1830	290612	9101654	-35,1
881	290871	9108597	-33,3	1286	286304	9113883	-4	1831	290666	9101755	-42,1
882	293593	9111411	-28,8	1287	284849	9113563	6,6	1832	290061	9101205	-9,5
884	290873	9109331	-38,1	1288	285134	9113635	-5,9	1833	290054	9100760	-72,5
885	291486	9110113	-8,2	1289	285678	9113479	-2	1840	291020	9111180	-20,5
896	290475	9110047	-6,9	1290	285171	9113269	-15	1846	291251	9113630	9,6
896	290475	9110047	-11,9	1313	288319	9111187	-24,4	1878	290441	9111165	-15,7
899	290328	9110401	-11,7	1314	287274	9112172	-22,1	1879	295476	9113718	-47
902	290138	9110844	-14,8	1321	291955	9112795	-18,2	1881	288063	9112904	-1,2
905	289789	9111217	-5	1322	290666	9112577	-19,2	1886	292350	9110800	-43,1
920	291140	9110080	-17,2	1327	289744	9114355	-52,2	1888	293645	9112184	-27
923	291204	9110279	-44,4	1328	289695	9114369	-28,1	1889	289146	9114255	-25
925	291305	9110195	-24	1335	287119	9114158	-6	1894	291740	9107860	-44,5
926	291455	9110083	-28,57	1337	287665	9114285	2,2	1972	290112	9114465	-10,7

927	291366	9110199	-8,8	1342	292094	9111444	-27	1973	289796	9106028	-84,5
928	290428	9110966	-19,7	1347	293034	9111665	-36,3	1975	287022	9102843	-49,7
929	290301	9110986	-11,8	1349	291880	9111080	-27,2	1979	289050	9110044	-19
930	290719	9109655	-13,7	1350	291509	9111100	-24,6	1981	292140	9108115	-21,5
936	290484	9109597	-33,3	1353	289794	9111860	-44,1	1987	294120	9114160	-22,1
940	289835	9110805	-17,2	1373	286863	9105398	-14,7	1988	293440	9113640	-61
942	289754	9110529	-69,4	1378	287524	9104215	-19,6	2030	295340	9114660	-1,2
943	289268	9110226	-57,3	1385	292074	9110553	-72,1	2032	295230	9114430	-500
944	289655	9110246	-18,7	1456	284394	9112795	-8	2033	295310	9113754	1,4
946	289832	9110452	-68,25	1557	294143	9111366	-37,5	2036	293470	9114740	-29,7
947	289624	9110561	-23	1559	294326	9111415	-46,6	2037	292840	9114730	-8,3
948	289605	9110558	-21	1564	293769	9111525	-34				
949	289587	9110554	-39,4	1572	295913	9113036	-6,3				
955	290515	9109411	-19,2	1573	293842	9111551	-13				
972	288964	9109935	-58,5	1575	295175	9114433	3				
973	288942	9109901	-23,5	1578	295749	9114116	14				
979	290781	9109955	-17,9	1580	293650	9113150	-7,5				
981	290422	9109515	-43,6	1582	293435	9113650	-5				
983	290579	9109698	-27,9	1587	293447	9111805	-64				
984	290614	9109718	-30,7	1588	293406	9111846	-32				
995	290282	9109761	-12	1592	293360	9114480	-31				
1006	290942	9110991	-22,2	1665	293706	9111020	-48,7				
1007	290901	9111014	-22,2	1737	288045	9109236	-38,6				
1010	290595	9111329	-19,6	1738	287415	9107387	-43,8				
1012	290144	9111248	-7	1750	289590	9103470	3,5				
1014	290186	9111375	-17,3	1764	291020	9110960	5,2				
1023	290495	9109184	-35,3	1779	291475	9108765	-30,8				
1024	290487	9109165	-34,3	1782	289660	9109060	-51,2				
1034	290075	9110023	-28,2	1783	290909	9110391	-33,5				
1067	291037	9110886	-15,2	1788	286615	9111075	-24,8				
1073	289621	9108806	-14	1792	287827	9109475	-7,7				
1075	290014	9109125	-88,3	1793	290824	9111105	-23,2				
1080	289964	9109025	-44,4	1794	290360	9109780	-25,9				

TOPOGRAFIA C3-CB/BB-BOTTOM (MONTEIRO, 2000)

Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Base_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Base_m	Cod_poco	Coord_x	Coord_y	Base_m
170	292377	9105191	-183.5	791	293621	9E+06	-220.5	1738	287415	9E+06	-83.3
193	289901	9100672	-161.8	794	292119	9E+06	-212.5	1823	286496	9E+06	-39.7
215	291875	9103952	-203.6	843	289645	9E+06	-145	1826	286995	9E+06	-43.8
310	289291	9102897	-96.6	972	288694	9E+06	-133.5	1848	291325	9E+06	-165.7
315	288876	9100535	-81.2	974	289038	9E+06	-135.2	1850	284641	9E+06	-38.5
355	289100	9100300	-46.6	1117	287874	9E+06	-77	1853	284655	9E+06	-36.3
368	290863	9102035	-132.9	1166	287614	9E+06	-87.6	1856	286263	9E+06	-63.7
424	289927	9106599	-147.6	1190	290225	9E+06	-160	1858	285599	9E+06	-56.6
425	287095	9105485	-29.7	1242	288967	9E+06	-156.1	1869	284795	9E+06	-31.9
433	290124	9106776	-147.8	1258	285854	9E+06	-36	1881	288063	9E+06	-76.2
524	292535	9105686	-183	1263	285740	9E+06	-83	1883	284580	9E+06	-34.5
530	291149	9105842	-188.2	1264	284068	9E+06	-33.7	1889	289146	9E+06	-169
537	284386	9110275	-51.5	1287	284849	9E+06	-60.4	1972	290112	9E+06	-179.1
538	284236	9110255	-43	1288	285134	9E+06	-37.9	1973	289796	9E+06	-149.7
544	284467	9110286	-47.5	1290	285171	9E+06	-58	1974	285343	9E+06	-54.4
545	284508	9110380	-41.2	1313	288319	9E+06	-96.4	1975	287022	9E+06	-74.7
547	284425	9110203	-44.4	1322	290666	9E+06	-168.4	1976	286296	9E+06	-42
548	284469	9110190	-42.4	1327	289744	9E+06	-111.2	1977	288704	9E+06	-41.6
549	284503	9110170	-39.5	1328	289695	9E+06	-148.1	1978	285110	9E+06	-35
567	285661	9110961	-73.1	1335	287119	9E+06	-113	1979	289050	9E+06	-133.5
573	284565	9109126	-46.3	1347	293034	9E+06	-216.3	1980	284537	9E+06	-113.4
574	285466	9109885	-34.5	1369	286997	9E+06	-34.9	1982	284445	9E+06	-42.2
576	285051	9108505	-44.3	1371	287021	9E+06	-28.3	1983	284600	9E+06	-35

580	293050	9110375	-267.5	1375	286287	9E+06	-25.4	1985	285095	9E+06	-41.4
595	292069	9108128	-183.7	1377	286638	9E+06	-30.7	1986	285235	9E+06	-28.1
601	291884	9107992	-224.6	1394	284235	9E+06	-33.1	1988	293440	9E+06	-269.5
624	293381	9109657	-267.5	1395	283477	9E+06	-36.8	2032	295230	9E+06	-341
639	289083	9102916	-110.3	1436	284721	9E+06	-38.5	2033	295310	9E+06	-328.6
648	284792	9109663	-39.3	1438	284705	9E+06	-39.6	2036	293470	9E+06	-285.7
649	285223	9108999	-33.1	1456	284394	9E+06	-43	2037	292840	9E+06	-258.3
650	286146	9110924	-80	1729	285326	9E+06	-34.7				
656	285874	9110175	-71.2	1731	284028	9E+06	-8.6				
730	292268	9108778	-152.6	1737	288045	9E+06	-115.6				

CPRH (2012) Poços planície do Recife

Reg	Coord_X	Coord_Y	Z	carga		Qe_m3ph	Qe_m3pd	NE_m	ND_m_1	Stp_d
				hidráulica_NE_m	ND_m					
1	296105,7	9113369,8	14,94	1	14	19,8	-475,2	-1	-14	36500
2	285295,2	9113227,6	7,49	1	3	10	-240	-1	-3	36500
3	282804	9121819,2	58,73	1	23	4,5	-108	-1	-23	36500
4	289353,6	9116442,2	40,73	0	10	10	-240	0	-10	36500
5	285692,2	9113475,3	16,83	0	0	11	-264	0	0	36500
6	296106,3	9113216,1	11,06	0	0	281,52	-6756,48	0	0	36500
7	296106,1	9113277,6	13,26	0	0	167,04	-4008,96	0	0	36500
8	296106,5	9113185,4	10,82	0	0	51,12	-1226,88	0	0	36500
9	288722,2	9120525,8	59,63	0	0	42,84	-1028,16	0	0	36500
10	296105,5	9113400,5	15,33	0	0	32,97	-791,28	0	0	36500
11	285017,2	9107296,1	9,41	0	0	10,4	-249,6	0	0	36500
12	290073,6	9106521	5,45	0	0	1	-24	0	0	36500
13	287302,3	9116279	28,97	0	0	132	-3168	0	0	36500
14	285642	9104717,9	11,83	0	0	1,5	-36	0	0	36500
15	286322,8	9109668,1	10,99	0	0	11,31	-271,44	0	0	36500
16	289308	9100034,2	13,75	0	0	1,56	-37,44	0	0	36500
17	292389,3	9109020,5	8,25	0	0	50	-1200	0	0	36500
18	292045,4	9110555,2	6,95	0	0	5,86	-140,64	0	0	36500
19	291598,7	9107818,6	9,44	2	0	20	-480	-2	0	36500
20	285416	9107144,3	9,12	2	0	18	-432	-2	0	36500
21	290108,4	9112205,5	10,68	2	0	15,8	-379,2	-2	0	36500
22	289803,7	9111866,1	14,04	2	40	6,6	-158,4	-2	-40	36500
23	282526,3	9109434,9	22,59	2	8	3,5	-84	-2	-8	36500
24	284892,9	9107664	10,84	2	20	2	-48	-2	-20	36500
25	289163,2	9111310,1	11,39	2	7	1,8	-43,2	-2	-7	36500
26	295954,3	9113000,4	12,66	0	5	7,88	-189,12	0	-5	36500
27	287392,8	9116586,6	32,37	0	0	40	-960	0	0	36500
28	288728,3	9106084,5	6,23	0	0	43	-1032	0	0	36500
29	287188,3	9107951,6	10,91	0	4	3	-72	0	-4	36500
30	296106,6	9113154,7	10,72	0	0	182,16	-4371,84	0	0	36500
31	285723	9113413,9	15,61	0	5	10,56	-253,44	0	-5	36500
32	285845,3	9113476	20,36	0	5	10,56	-253,44	0	-5	36500
33	286075,8	9110066,5	12,21	0	0	24	-576	0	0	36500
34	296107,3	9113001,1	10,21	0	7	6,01	-144,24	0	-7	36500
35	281629,8	9117511,9	107,5	0	31	1,01	-24,24	0	-31	36500
36	286049,2	9109236,8	12,46	0	0	1002	-24048	0	0	36500
37	286106,3	9110097,3	12,72	0	0	19,8	-475,2	0	0	36500
38	285708,4	9110064,8	12,66	0	0	19,8	-475,2	0	0	36500
39	284031	9115003,8	63,79	0	0	9,6	-230,4	0	0	36500
40	285140,2	9113626,3	17,91	0	0	9,6	-230,4	0	0	36500
41	285223,5	9108986,9	11,46	3	0	66	-1584	-3	0	36500
42	289840,9	9110452,9	15,34	3	0	60	-1440	-3	0	36500
43	291629,4	9107788	10,27	3	15	30	-720	-3	-15	36500
44	289756,1	9102402,2	5,72	3	0	10	-240	-3	0	36500
45	286850,2	9101774	7,73	3	17	9,5	-228	-3	-17	36500

46	287482,8	9103958,6	7,93	3	5	9	-216	-3	-5	36500
47	285784	9113475,7	18,86	3	6	9	-216	-3	-6	36500
48	288722,4	9120464,3	59,69	3	13	6,01	-144,24	-3	-13	36500
49	291868,8	9108987,5	9,21	3	35	6	-144	-3	-35	36500
50	291521,4	9111290,3	7	3	5	6	-144	-3	-5	36500
51	287921,7	9095387,9	7,29	3	10	5,58	-133,92	-3	-10	36500
52	286525,6	9105644	10,85	3	7	4,8	-115,2	-3	-7	36500
53	295491,5	9113735,7	6,74	3	5	3,6	-86,4	-3	-5	36500
54	292243,9	9107360,7	10,72	3	5	2,08	-49,92	-3	-5	36500
55	287571,7	9104604,2	13,5	3	6	1	-24	-3	-6	36500
56	285710	9109726,7	15,51	0	0	4,8	-115,2	0	0	36500
57	285253,9	9109017,8	10,93	0	0	7975	-191400	0	0	36500
58	291011,8	9108922	8,99	0	0	13,2	-316,8	0	0	36500
59	296107,5	9112970,4	9,21	0	4	6,8	-163,2	0	-4	36500
60	285710	9109726,7	15,51	0	0	5,28	-126,72	0	0	36500
61	285034,8	9110030,8	16,32	0	0	2,15	-51,6	0	0	36500
62	289324,5	9103014,8	8,2	0	0	4,2	-100,8	0	0	36500
63	286953	9105922,6	11,97	0	0	9	-216	0	0	36500
64	286629	9116153	33,16	0	0	60	-1440	0	0	36500
65	286005,6	9105518,5	17,1	0	16	26	-624	0	-16	36500
66	292514,1	9108529,5	11,84	0	25	2	-48	0	-25	36500
67	285100,9	9108986,3	11,62	0	0	52,8	-1267,2	0	0	36500
68	289840,3	9110575,8	16,66	4	0	50	-1200	-4	0	36500
69	286779	9116829,6	36,74	4	20	25,2	-604,8	-4	-20	36500
70	285846,5	9113230,2	11,53	4	44	22	-528	-4	-44	36500
71	285617,3	9109879,8	16,57	4	0	14,4	-345,6	-4	0	36500
72	290288,7	9099823,8	14,49	4	9	12,2	-292,8	-4	-9	36500
73	289804	9111804,6	14,99	4	40	9	-216	-4	-40	36500
74	285318	9108434,3	13	4	0	6	-144	-4	0	36500
75	283559,4	9111160,7	11,14	4	8	2	-48	-4	-8	36500
76	289123,3	9106731,7	7,92	4	7	0,22	-5,28	-4	-7	36500
77	284435,2	9107323,9	14,82	0	0	21	-504	0	0	36500
78	286738,2	9106013,7	12,38	0	0	7,5	-180	0	0	36500
79	286513,3	9114708,2	35,33	0	0	31,68	-760,32	0	0	36500
80	286302,9	9113877,6	17,99	0	0	31,7	-760,8	0	0	36500
81	285661,4	9113505,9	17,49	0	28	10	-240	0	-28	36500
82	287028,9	9102850,3	8,93	0	0	3,77	-90,48	0	0	36500
83	287028,9	9102850,3	8,93	0	0	3,77	-90,48	0	0	36500
84	284640,2	9109260,7	16,85	0	0	132	-3168	0	0	36500
85	286783,2	9115938,5	38,4	0	0	50	-1200	0	0	36500
86	287260,4	9112161,4	17,05	0	0	8,9	-213,6	0	0	36500
87	288026,7	9112011,5	15,3	0	23	5	-120	0	-23	36500
88	288021,9	9113025,3	18,21	0	23	5	-120	0	-23	36500
89	284476,2	9111564,5	12,71	0	0	6	-144	0	0	36500
90	286651,3	9104968,5	13,63	0	0	20,68	-496,32	0	0	36500
91	287023,8	9097503,7	11,19	0	0	26,4	-633,6	0	0	36500
92	284791,5	9109660,8	13,3	0	0	20,84	-500,16	0	0	36500
93	289874,6	9109807,8	10,12	0	0	2,5	-60	0	0	36500
94	285111,2	9106835,6	11,42	0	31	2,48	-59,52	0	-31	36500
95	283612,8	9112789,4	10,04	0	0	8	-192	0	0	36500
96	286017,4	9115965,7	40,7	5	0	60	-1440	-5	0	36500
97	289093,1	9100156,1	13,2	5	32	24	-576	-5	-32	36500
98	285251,3	9109570,9	14,15	5	0	24	-576	-5	0	36500
99	288130,4	9103009,1	7,36	5	13	19,8	-475,2	-5	-13	36500
100	286575	9101711,2	21,74	5	0	16	-384	-5	0	36500
101	285813,9	9107176,9	11,07	5	0	11,3	-271,2	-5	0	36500
102	283613,1	9112727,9	14,46	5	0	9,26	-222,24	-5	0	36500
103	293070,4	9107426	8,73	5	20	8	-192	-5	-20	36500
104	286647,7	9105706	11,29	5	12	7,2	-172,8	-5	-12	36500
105	284138,5	9111716,5	10,88	5	21	6,5	-156	-5	-21	36500
106	290243,4	9102957,6	9,1	5	21	6,5	-156	-5	-21	36500
107	285172,9	9113196,3	10,47	5	6	5,5	-132	-5	-6	36500

108	285110,9	9106897	12,26	5	0	2,98	-71,52	-5	0	36500
109	289012,8	9110725,6	11,96	5	6	2	-48	-5	-6	36500
110	285148,7	9099031,1	33,62	5	6	1,47	-35,28	-5	-6	36500
111	288506,7	9107619,8	9,88	5	0	1,32	-31,68	-5	0	36500
112	287637,4	9103652	7,16	5	66	0,45	-10,8	-5	-66	36500
113	284316,5	9112946,4	18,62	0	21	15	-360	0	-21	36500
114	284722,8	9111227,6	10,44	0	0	5,28	-126,72	0	0	36500
115	284237,5	9110242	18,85	0	0	5,28	-126,72	0	0	36500
116	286860,7	9099592,4	16,4	0	0	9,8	-235,2	0	0	36500
117	287135,6	9119166,5	70,65	0	15	4	-96	0	-15	36500
118	289442,7	9103937,1	6,16	0	0	102,8	-2467,2	0	0	36500
119	288008	9103008,6	7,92	0	17	21,4	-513,6	0	-17	36500
120	283621,3	9111007,3	12,9	0	0	9	-216	0	0	36500
121	286865,2	9105061,8	13,08	0	0	12	-288	0	0	36500
122	292221,8	9105517,1	6,12	6	20	36	-864	-6	-20	36500
123	285813,5	9107269,1	12,06	6	9	24	-576	-6	-9	36500
124	292079,7	9109756,6	9,03	6	0	18	-432	-6	0	36500
125	287472,6	9099687,6	20,5	6	23	18	-432	-6	-23	36500
126	288146	9099721,4	15,58	6	18	16	-384	-6	-18	36500
127	292450,6	9109020,8	8,42	6	19	9,9	-237,6	-6	-19	36500
128	291932,6	9108465,4	10,98	6	10	8	-192	-6	-10	36500
129	283715,2	9110577,6	23,51	6	9	8	-192	-6	-9	36500
130	287966,1	9092499,9	9,12	6	18	7,92	-190,08	-6	-18	36500
131	283595,1	9110085,3	16,74	6	13	5	-120	-6	-13	36500
132	283773,6	9111192,3	12	6	0	4,2	-100,8	-6	0	36500
133	286863,6	9105399,7	13,32	6	15	2,64	-63,36	-6	-15	36500
134	289138,3	9103536,2	8,59	6	9	1,8	-43,2	-6	-9	36500
135	291415	9107817,8	8,45	6	16	1,2	-28,8	-6	-16	36500
136	285938,6	9106716,6	10,17	0	0	10,5	-252	0	0	36500
137	289294,5	9102891,8	8,39	0	0	12	-288	0	0	36500
138	287921,4	9108354,5	10,12	0	37	8,8	-211,2	0	-37	36500
139	284640,4	9109229,9	16,04	0	0	132	-3168	0	0	36500
140	287044,1	9099654,8	18,73	0	0	24	-576	0	0	36500
141	286012,4	9110527	12,11	0	0	90	-2160	0	0	36500
142	284855,2	9109138,8	15,36	0	0	90	-2160	0	0	36500
143	296015,3	9113031,3	12,22	0	7	7,81	-187,44	0	-7	36500
144	284451,1	9110396,7	16,34	0	0	4,2	-100,8	0	0	36500
145	287497,2	9107400	9,47	0	0	54	-1296	0	0	36500
146	288888,4	9111093,6	15,97	0	0	15,84	-380,16	0	0	36500
147	287188,3	9107951,5	10,91	0	0	4,4	-105,6	0	0	36500
148	285464,3	9109879,2	16,81	0	0	5,32	-127,68	0	0	36500
149	286530,7	9111021,2	11,45	0	0	5,31	-127,44	0	0	36500
150	285103,4	9102103,6	51,33	0	0	20,07	-481,68	0	0	36500
151	284513,4	9110182	14,43	0	0	28	-672	0	0	36500
152	286206,1	9102016,7	28,56	0	0	2	-48	0	0	36500
153	290062,3	9115523,6	20,63	0	34	99	-2376	0	-34	36500
154	289723,9	9115860,1	13,04	0	34	99	-2376	0	-34	36500
155	285557,5	9116055,7	42,25	7	28	40	-960	-7	-28	36500
156	287010,2	9093939,4	3,24	7	0	29,16	-699,84	-7	0	36500
157	288055,4	9099444,4	16,83	7	0	20,3	-487,2	-7	0	36500
158	290431	9102128,9	11	7	42	17,6	-422,4	-7	-42	36500
159	292541,5	9109205,6	9,39	7	13	11,31	-271,44	-7	-13	36500
160	290763,4	9109627,6	19,06	7	10	11,3	-271,2	-7	-10	36500
161	291257,4	9102194,2	10,94	7	20	8	-192	-7	-20	36500
162	288836,9	9102551,6	7,41	7	27	6,09	-146,16	-7	-27	36500
163	287784,5	9104912,5	13,76	7	8	5	-120	-7	-8	36500
164	287108,1	9105493	14	0	0	17,56	-421,44	0	0	36500
165	285042,1	9108494,5	14,81	0	0	18,5	-444	0	0	36500
166	287062	9108749,9	9,54	0	0	16	-384	0	0	36500
167	287001,2	9108688,2	9,55	0	0	12	-288	0	0	36500
168	284609,7	9109260,5	17	0	0	31,68	-760,32	0	0	36500
169	283904,1	9109503,1	14,98	0	10	12	-288	0	-10	36500

170	287139,1	9105401	15,56	0	10	10,84	-260,16	0	-10	36500
171	293643,5	9109302,8	5,71	0	44	22,65	-543,6	0	-44	36500
172	284794,1	9109138,5	15,73	0	26	52,8	-1267,2	0	-26	36500
173	286079,3	9109328,9	12,91	0	0	31,25	-750	0	0	36500
174	296106,8	9113124	10,61	0	20	120,24	-2885,76	0	-20	36500
175	286675,4	9099898,8	17,4	0	0	23	-552	0	0	36500
176	284023,5	9110148,9	12,74	0	0	0,99	-23,76	0	0	36500
177	285011,5	9108494,3	14,15	0	0	18,05	-433,2	0	0	36500
178	291879,7	9113289	10,52	0	0	132	-3168	0	0	36500
179	287579,1	9116034,4	27,62	0	0	40	-960	0	0	36500
180	289080	9102921,4	7,72	8	62	50	-1200	-8	-62	36500
181	284702	9109168,8	14,64	8	32	30	-720	-8	-32	36500
182	291282,1	9110060,2	13,67	8	29	22,62	-542,88	-8	-29	36500
183	287078,5	9105277,9	14,71	8	14	13,2	-316,8	-8	-14	36500
184	285058,3	9111536,5	13,85	8	11	9,32	-223,68	-8	-11	36500
185	291530,5	9109323,8	9,82	8	32	7,59	-182,16	-8	-32	36500
186	285172,6	9113257,7	10,43	8	12	6,6	-158,4	-8	-12	36500
187	289134,4	9110910,5	11,43	8	24	6	-144	-8	-24	36500
188	283873,3	9109533,6	15,25	8	10	5,7	-136,8	-8	-10	36500
189	289532,3	9104398,4	7,72	8	36	4,8	-115,2	-8	-36	36500
190	283244,8	9112879,8	12,97	8	25	4,14	-99,36	-8	-25	36500
191	284417,5	9111011,1	12	8	0	3,78	-90,72	-8	0	36500
192	285149	9098969,7	28,22	8	0	1,98	-47,52	-8	0	36500
193	291224,4	9109291,7	8,97	8	10	1,8	-43,2	-8	-10	36500
194	288575,7	9099508,4	11,33	0	0	6,5	-156	0	0	36500
195	286133	9110927	14,44	0	0	6,2	-148,8	0	0	36500
196	289730,8	9114354,5	16,05	0	0	132	-3168	0	0	36500
197	286326,5	9096056,3	12,75	0	48	15	-360	0	-48	36500
198	289700,1	9114385,1	16,06	0	0	113,4	-2721,6	0	0	36500
199	287703,1	9115697,1	31,46	0	0	79	-1896	0	0	36500
200	284274	9115435,1	57,69	0	0	27,6	-662,4	0	0	36500
201	284361,2	9116418,8	54,99	0	0	20	-480	0	0	36500
202	291973,1	9112951,5	11,17	0	0	100	-2400	0	0	36500
203	283600,1	9109040,7	13,26	0	0	21	-504	0	0	36500
204	296105,9	9113308,3	14,27	9	17	139,68	-3352,32	-9	-17	36500
205	289748,6	9110544,6	15,04	9	0	70	-1680	-9	0	36500
206	286736	9100052,7	21,53	9	0	25	-600	-9	0	36500
207	284482,8	9110181,8	14,93	9	21	20	-480	-9	-21	36500
208	284512,4	9110397	17,14	9	32	5	-120	-9	-32	36500
209	292350,5	9110802,4	8,22	9	42	3	-72	-9	-42	36500
210	288131,4	9109277,2	9,61	0	0	63	-1512	0	0	36500
211	291322,1	9108032,4	6,83	0	19	13,84	-332,16	0	-19	36500
212	287029	9102819,5	8,97	0	0	14,14	-339,36	0	0	36500
213	287519,7	9102637,5	6,41	0	0	14,1	-338,4	0	0	36500
214	284054,3	9110118,3	14,12	0	0	6,09	-146,16	0	0	36500
215	283932	9110086,9	12,77	0	0	8	-192	0	0	36500
216	287841,9	9105742,4	7,35	0	30	12	-288	0	-30	36500
217	287512,3	9104204,5	9,75	0	13	14	-336	0	-13	36500
218	285233,2	9100567,8	21,17	0	0	2	-48	0	0	36500
219	288198,6	9108017,8	10,7	0	0	16	-384	0	0	36500
220	287627,9	9112163,1	19,05	0	0	56,57	-1357,68	0	0	36500
221	289416,4	9103015,2	7,35	0	0	6,43	-154,32	0	0	36500
222	288553,2	9117329,5	22,63	0	0	49,5	-1188	0	0	36500
223	287128,5	9114158	28,26	0	0	49,5	-1188	0	0	36500
224	284512,4	9110397	17,14	10	13	28	-672	-10	-13	36500
225	284707,2	9095372,5	6	10	20	25,02	-600,48	-10	-20	36500
226	288054,5	9099628,8	13,87	10	24	25	-600	-10	-24	36500
227	286582,8	9100082,6	18,91	10	0	11,65	-279,6	-10	0	36500
228	289349,2	9097791,4	9,78	10	32	8	-192	-10	-32	36500
229	290853,2	9110088,9	15,42	10	40	5,6	-134,4	-10	-40	36500
230	286622,3	9111083	12,82	10	46	3,77	-90,48	-10	-46	36500
231	285355,7	9100568,4	20,57	10	0	3,17	-76,08	-10	0	36500

232	284513,2	9110243,4	15,01	10	38	3	-72	-10	-38	36500
233	284522,6	9114668,1	66,24	10	35	1,98	-47,52	-10	-35	36500
234	284056,1	9109749,6	18,8	10	28	0,08	-1,92	-10	-28	36500
235	288256,3	9115300,2	26,06	0	0	86	-2064	0	0	36500
236	276438,7	9120467,3	131,8	0	0	3,3	-79,2	0	0	36500
237	296105,8	9113339	14,6	11	18	144	-3456	-11	-18	36500
238	286704,8	9100175,5	24,91	11	33	28	-672	-11	-33	36500
239	288821,3	9099355,9	11,98	11	26	15	-360	-11	-26	36500
240	287290,5	9112253,8	17,99	11	21	8,25	-198	-11	-21	36500
241	288570,4	9107097,8	9,12	11	47	8	-192	-11	-47	36500
242	285148,9	9099000,4	30,87	11	18	5,97	-143,28	-11	-18	36500
243	290524,4	9101791,4	14,09	11	20	5,28	-126,72	-11	-20	36500
244	292289,1	9104196,2	8,06	11	20	5,28	-126,72	-11	-20	36500
245	289658,3	9110206,2	15,74	11	18	5,14	-123,36	-11	-18	36500
246	286835	9111452,8	10,88	11	25	5	-120	-11	-25	36500
247	288072,9	9102209,9	10,27	11	19	4	-96	-11	-19	36500
248	292026,5	9108005	9	11	0	3,3	-79,2	-11	0	36500
249	283600,1	9109040,7	13,26	0	0	25	-600	0	0	36500
250	287406,3	9113698,4	19,27	0	0	26,35	-632,4	0	0	36500
251	288127,2	9110168,3	9,23	0	0	10	-240	0	0	36500
252	296002,2	9115950,2	17,41	0	0	9	-216	0	0	36500
253	288483,5	9099569,5	11,36	12	30	30	-720	-12	-30	36500
254	286814,5	9102849,2	8,55	12	25	18	-432	-12	-25	36500
255	291408,4	9102655,8	9,92	12	30	9	-216	-12	-30	36500
256	287784,6	9111395,8	10,49	12	18	8,8	-211,2	-12	-18	36500
257	290828,2	9102315,1	9,37	12	18	8	-192	-12	-18	36500
258	286864	9111790,9	10,65	12	22	7,2	-172,8	-12	-22	36500
259	296106,9	9113093,2	10,71	12	14	5,76	-138,24	-12	-14	36500
260	289325,1	9102891,9	9,35	12	43	4,8	-115,2	-12	-43	36500
261	286844,2	9103033,7	9,92	12	30	4,5	-108	-12	-30	36500
262	289324,8	9109498	10,61	12	36	4,4	-105,6	-12	-36	36500
263	287546	9103559,4	6,81	12	66	3,6	-86,4	-12	-66	36500
264	288985	9110110,9	10,81	0	0	7,34	-176,16	0	0	36500
265	289952,7	9112757,8	39,62	0	0	113,14	-2715,36	0	0	36500
266	289950	9113341,6	30,62	0	30	86,56	-2077,44	0	-30	36500
267	285477,6	9100691,9	31,64	0	33	2,3	-55,2	0	-33	36500
268	289886,7	9100682,3	7,63	0	0	21	-504	0	0	36500
269	289141	9116072,4	24,85	0	0	96,5	-2316	0	0	36500
270	289283,1	9098805,1	15,73	0	0	31,68	-760,32	0	0	36500
271	288306,2	9111183,2	11,19	0	0	54	-1296	0	0	36500
272	288722,6	9120433,7	60,36	13	0	42,84	-1028,16	-13	0	36500
273	288747,7	9095514,8	12,66	13	27	30	-720	-13	-27	36500
274	284221	9107292,2	13,33	13	19	11	-264	-13	-19	36500
275	286092,3	9100203,3	43,6	13	32	6	-144	-13	-32	36500
276	286994	9110193,7	11,97	13	26	5,8	-139,2	-13	-26	36500
277	284289,8	9112116,7	13,19	13	16	3,86	-92,64	-13	-16	36500
278	291717	9108710,3	10,51	0	0	5,1	-122,4	0	0	36500
279	291861,7	9103948,4	5,22	0	0	164	-3936	0	0	36500
280	292932,3	9110835,8	6,54	0	42	72	-1728	0	-42	36500
281	285111,1	9106866,3	12,08	0	28	0,21	-5,04	0	-28	36500
282	289594,6	9117334,3	44,61	14	0	26,4	-633,6	-14	0	36500
283	288656,6	9095360,7	12,27	14	0	10	-240	-14	0	36500
284	288090,2	9111550,8	11,08	14	17	8,5	-204	-14	-17	36500
285	287824,2	9109490,9	11,33	14	30	7,92	-190,08	-14	-30	36500
286	288722	9120556,5	59,63	14	35	3,99	-95,76	-14	-35	36500
287	288129,6	9109646	10,27	0	0	30	-720	0	0	36500
288	285148,6	9099061,8	36,36	0	15	0,46	-11,04	0	-15	36500
289	287931,3	9112779,1	24,8	0	0	60	-1440	0	0	36500
290	286975,1	9114218,8	34,41	0	0	45,36	-1088,64	0	0	36500
291	289046,7	9110019	13,45	0	0	86	-2064	0	0	36500
292	287526,5	9101224,2	12,39	0	0	14,4	-345,6	0	0	36500
293	288662,4	9100584,2	12,73	0	0	14,4	-345,6	0	0	36500

294	287075,4	9112406,4	10,06	15	21	5865	-140760	-15	-21	36500
295	290439,5	9100316,1	9,79	15	75	20	-480	-15	-75	36500
296	284390,5	9110273,5	16,66	15	58	12	-288	-15	-58	36500
297	288114,7	9099874,9	14,79	15	36	9	-216	-15	-36	36500
298	288177	9099629,4	13,46	15	32	9	-216	-15	-32	36500
299	291074,9	9101916,9	12,84	15	36	8	-192	-15	-36	36500
300	289748,5	9104030,7	6,54	15	25	7	-168	-15	-25	36500
301	291318,3	9102286,7	11,57	15	40	6	-144	-15	-40	36500
302	291891,1	9110800,3	10,26	15	28	2	-48	-15	-28	36500
303	289894,9	9098930,8	10,04	15	58	1,2	-28,8	-15	-58	36500
304	292579,3	9107669,5	8,42	15	22	0,7	-16,8	-15	-22	36500
305	292376,5	9105179,8	7,2	0	43	30	-720	0	-43	36500
306	288165,5	9115084,7	27,24	0	0	13,65	-327,6	0	0	36500
307	287214,7	9115356,7	45,14	0	0	8	-192	0	0	36500
308	286578,9	9100881,6	40	0	0	20	-480	0	0	36500
309	284202,1	9092235,8	5,53	0	0	9,21	-221,04	0	0	36500
310	288380,4	9114962,8	31,75	0	0	83,52	-2004,48	0	0	36500
311	290037	9114386,6	14	0	0	92,3	-2215,2	0	0	36500
312	290097,8	9114479,2	17,05	0	0	92,3	-2215,2	0	0	36500
313	289665,5	9115245,3	38,3	0	0	21,7	-520,8	0	0	36500
314	289665,5	9115245,3	38,3	0	0	21,7	-520,8	0	0	36500
315	288053,2	9112902,6	20,15	16	39	158,4	-3801,6	-16	-39	36500
316	289221,8	9098835,5	14,77	16	0	18	-432	-16	0	36500
317	289129,9	9098865,8	13,06	16	0	18	-432	-16	0	36500
318	288672,5	9111430,7	11,85	16	19	9,32	-223,68	-16	-19	36500
319	288267,2	9112965,1	18,67	16	25	7,2	-172,8	-16	-25	36500
320	287332,1	9109918,8	11,85	16	42	6,5	-156	-16	-42	36500
321	287844,1	9111764,7	15,88	16	27	6	-144	-16	-27	36500
322	286754,5	9115508,2	67,38	16	0	4,2	-100,8	-16	0	36500
323	290428,1	9109318,7	12,95	0	0	7	-168	0	0	36500
324	290490	9109165,4	10,48	0	0	7	-168	0	0	36500
325	286285,3	9104659,6	19,61	0	0	10	-240	0	0	36500
326	289774	9111650,8	14,42	0	0	8,6	-206,4	0	0	36500
327	290950,5	9108921,7	7,75	0	0	5,79	-138,96	0	0	36500
328	288973,1	9112661,1	15,36	0	0	50	-1200	0	0	36500
329	287869,4	9112901,7	18,95	0	0	108	-2592	0	0	36500
330	288723	9120341,4	61,04	0	26	6,01	-144,24	0	-26	36500
331	287873,1	9112102,9	16,81	17	23	42	-1008	-17	-23	36500
332	285570,1	9113382,6	14,58	17	27	4,2	-100,8	-17	-27	36500
333	286073,8	9097683,6	11,91	17	26	2,98	-71,52	-17	-26	36500
334	290852,4	9110273,2	16,33	0	0	3,72	-89,28	0	0	36500
335	291424,6	9112334,5	11,37	0	0	11,31	-271,44	0	0	36500
336	290157,8	9108180,6	7,04	18	0	9,6	-230,4	-18	0	36500
337	288611,2	9111461,1	12	18	22	8,34	-200,16	-18	-22	36500
338	290771,7	9101300,9	13,05	18	32	7	-168	-18	-32	36500
339	290984	9101732	9,97	18	0	7	-168	-18	0	36500
340	289532,5	9104367,7	7,97	18	0	7	-168	-18	0	36500
341	287882,7	9110075	9,7	18	27	6,6	-158,4	-18	-27	36500
342	289955	9099176,9	11,63	18	36	6,2	-148,8	-18	-36	36500
343	290771,4	9101362,4	12,42	18	36	5	-120	-18	-36	36500
344	292511,2	9109174,7	9,41	18	0	5	-120	-18	0	36500
345	290288,7	9099823,8	14,49	18	0	4,8	-115,2	-18	0	36500
346	292884	9108008,9	11,59	18	26	4,8	-115,2	-18	-26	36500
347	290693,4	9111532,2	12,02	18	34	4,5	-108	-18	-34	36500
348	293221,6	9107856,9	8,51	18	0	4,16	-99,84	-18	0	36500
349	289532,5	9104367,7	7,97	18	33	4	-96	-18	-33	36500
350	291403,5	9110306,5	13,63	18	58	2	-48	-18	-58	36500
351	290218,9	9114787	41,6	0	0	3	-72	0	0	36500
352	291943,2	9112797,8	9,1	0	0	8,2	-196,8	0	0	36500
353	290489,8	9109196,1	11,25	0	58	7,92	-190,08	0	-58	36500
354	287454,8	9109888,6	11,08	0	0	7,2	-172,8	0	0	36500
355	289773,2	9111835,2	15,36	0	0	16	-384	0	0	36500

356	289010,8	9117731	66,26	19	0	79,2	-1900,8	-19	0	36500
357	289349,4	9097760,7	9,8	19	40	9	-216	-19	-40	36500
358	288837,4	9095976,2	9,99	19	41	7,2	-172,8	-19	-41	36500
359	289920,5	9100006,3	11,24	19	0	3,96	-95,04	-19	0	36500
360	289888,5	9100282,7	7,83	19	0	3,96	-95,04	-19	0	36500
361	291085,1	9106310,7	6,6	0	0	28,8	-691,2	0	0	36500
362	290016,4	9099146,6	9,82	0	72	12	-288	0	-72	36500
363	289046,6	9110049,7	12,79	0	0	44,47	-1067,28	0	0	36500
364	292583,2	9113476,6	5,78	0	0	18	-432	0	0	36500
365	288955,2	9109926,4	13,19	20	0	79,2	-1900,8	-20	0	36500
366	288440,5	9115208,8	35,29	20	78	31,9	-765,6	-20	-78	36500
367	286020,4	9102415,3	16,75	20	48	26,4	-633,6	-20	-48	36500
368	291287,2	9102378,7	11,45	20	36	8	-192	-20	-36	36500
369	287838,9	9112870,8	19,94	20	29	6,6	-158,4	-20	-29	36500
370	290046,6	9099238,8	12,26	20	40	5	-120	-20	-40	36500
371	292137,7	9103857,5	9,41	20	36	4,8	-115,2	-20	-36	36500
372	291001,2	9111195,7	9,45	20	31	3,6	-86,4	-20	-31	36500
373	287907,8	9111242,7	11,67	20	29	3,6	-86,4	-20	-29	36500
374	287815,3	9111395,9	11,81	20	24	3	-72	-20	-24	36500
375	290499,8	9100531,5	10,89	20	26	1,8	-43,2	-20	-26	36500
376	288727,2	9099816,4	13,24	0	0	26,4	-633,6	0	0	36500
377	288728	9099662,8	11,08	0	0	26,4	-633,6	0	0	36500
378	288814,2	9113889,4	67,2	0	0	61,62	-1478,88	0	0	36500
379	287679,1	9114283,5	37,68	0	0	49,5	-1188	0	0	36500
380	292272,9	9107698,8	5,59	0	0	5	-120	0	0	36500
381	291561,5	9102656,5	10,69	0	0	4,5	-108	0	0	36500
382	290796,8	9102468,6	10,82	0	22	4	-96	0	-22	36500
383	289871,1	9110545,2	16,33	0	0	73,1	-1754,4	0	0	36500
384	289412	9103936,9	6,19	0	0	6,49	-155,76	0	0	36500
385	288333,6	9111889,9	13,68	21	28	10285	-246840	-21	-28	36500
386	292108,8	9110094,7	7,06	21	0	66	-1584	-21	0	36500
387	291961,8	9108772,8	11,58	21	45	53	-1272	-21	-45	36500
388	290673,2	9102713,8	7,54	21	62	36	-864	-21	-62	36500
389	291472,9	9108524,7	12,09	21	28	6,4	-153,6	-21	-28	36500
390	291318	9102348,2	11,65	21	27	6	-144	-21	-27	36500
391	289314	9105257,7	7	21	51	5,8	-139,2	-21	-51	36500
392	286021,9	9102108	27,9	21	33	5,3	-127,2	-21	-33	36500
393	287969,4	9111181,6	10,54	21	28	3,6	-86,4	-21	-28	36500
394	288843,5	9101138,2	13,62	21	52	3,6	-86,4	-21	-52	36500
395	289725,5	9102402,1	5,33	21	56	2,3	-55,2	-21	-56	36500
396	290512,9	9110824,7	13,73	0	0	5,04	-120,96	0	0	36500
397	290179,7	9110055	9,89	0	0	5	-120	0	0	36500
398	289656,7	9110544,2	13,48	0	0	108	-2592	0	0	36500
399	290297,3	9111069,5	13,04	0	0	4,5	-108	0	0	36500
400	290973,4	9110581	13,85	0	0	73,1	-1754,4	0	0	36500
401	291284,5	9109537,9	5,91	0	0	4,5	-108	0	0	36500
402	291798,2	9104409	6,16	0	0	51,43	-1234,32	0	0	36500
403	291014,8	9101701,4	9,28	22	80	12	-288	-22	-80	36500
404	289505,7	9110082,6	13,33	22	36	7,2	-172,8	-22	-36	36500
405	288791,7	9112168,6	15,68	22	28	7,2	-172,8	-22	-28	36500
406	292136,1	9104195,5	6,94	22	35	6,5	-156	-22	-35	36500
407	289707,8	9099636,7	15,02	22	0	6	-144	-22	0	36500
408	291743,7	9102964,6	13,69	22	30	6	-144	-22	-30	36500
409	291194,2	9109199,4	8,68	22	30	5,54	-132,96	-22	-30	36500
410	291801,8	9103640,8	8,52	22	72	4	-96	-22	-72	36500
411	289856,2	9107165,3	5,98	22	52	4	-96	-22	-52	36500
412	289940,6	9108763,4	9,62	0	0	8,2	-196,8	0	0	36500
413	290029,8	9102803	7,58	0	0	3,75	-90	0	0	36500
414	292047,4	9110125,1	8,05	0	0	30	-720	0	0	36500
415	292139,9	9109971,9	7,77	0	0	20	-480	0	0	36500
416	292132,8	9111508,1	9,62	0	0	20	-480	0	0	36500
417	291318,4	9102255,9	11,42	23	27	10,5	-252	-23	-27	36500

418	289808,8	9110760	17,29	23	27	10,5	-252	-23	-27	36500
419	288459,1	9111245,3	12,14	23	36	6,09	-146,16	-23	-36	36500
420	292560,8	9105027	9,4	23	36	5,14	-123,36	-23	-36	36500
421	290917,5	9102837,9	9,15	23	36	4,8	-115,2	-23	-36	36500
422	291682,1	9103056,5	11,73	23	32	3,5	-84	-23	-32	36500
423	290474,3	9112545,2	10,69	0	0	88,94	-2134,56	0	0	36500
424	291629,6	9107757,3	10,42	0	0	12,35	-296,4	0	0	36500
425	291353,3	9107909,6	8	0	0	42	-1008	0	0	36500
426	292665,5	9108898,9	8,93	0	0	20,57	-493,68	0	0	36500
427	290104,5	9113035	21,4	0	0	45	-1080	0	0	36500
428	288146,3	9099660	13,94	24	41	17	-408	-24	-41	36500
429	288115,7	9099659,9	14,1	24	0	17	-408	-24	0	36500
430	293197,7	9106381,9	4,67	24	0	14	-336	-24	0	36500
431	289871,3	9110514,4	16	24	0	10	-240	-24	0	36500
432	286325,6	9096240,7	12,88	24	46	9	-216	-24	-46	36500
433	291891,8	9104040,7	5,87	24	46	8,8	-211,2	-24	-46	36500
434	290359,2	9110946,9	13,9	24	36	8,3	-199,2	-24	-36	36500
435	290802	9101362,5	13,41	24	66	8	-192	-24	-66	36500
436	291891,9	9104010	5,81	24	28	8	-192	-24	-28	36500
437	292500,7	9104811,7	11,87	24	33	7,92	-190,08	-24	-33	36500
438	289375,5	9111741,2	16,33	24	32	7,92	-190,08	-24	-32	36500
439	291804,4	9103087,8	10,1	24	30	7,76	-186,24	-24	-30	36500
440	290952,1	9102008,4	10,28	24	42	7	-168	-24	-42	36500
441	291165,7	9102163,1	12,26	24	0	7	-168	-24	0	36500
442	288054,5	9099628,8	13,87	24	70	7	-168	-24	-70	36500
443	290620,7	9100870	14,55	24	36	6	-144	-24	-36	36500
444	290820,9	9110457,4	15,08	24	37	5,14	-123,36	-24	-37	36500
445	289804,8	9111620,2	13,23	24	37	5,1	-122,4	-24	-37	36500
446	291044,3	9101947,4	12,45	24	30	3,8	-91,2	-24	-30	36500
447	290087,6	9110085,4	11,22	24	36	0,48	-11,52	-24	-36	36500
448	283478,4	9115277,7	60,96	0	0	24,87	-596,88	0	0	36500
449	284061,5	9115034,7	65,52	0	0	13,8	-331,2	0	0	36500
450	293496,6	9107981	8,13	0	0	6977	-167448	0	0	36500
451	288726,6	9112967,2	28,66	0	0	70	-1680	0	0	36500
452	290709	9108152,4	8,31	0	0	20	-480	0	0	36500
453	289775,9	9111251,4	14,27	0	0	15	-360	0	0	36500
454	289714,8	9111220,4	12,6	0	0	10	-240	0	0	36500
455	289713,4	9111527,7	15,87	0	0	10	-240	0	0	36500
456	292148,4	9108128,4	9,75	0	71	28	-672	0	-71	36500
457	289108	9109988,5	14,16	25	65	61	-1464	-25	-65	36500
458	289100,9	9111524,8	12,61	25	65	61	-1464	-25	-65	36500
459	288955,3	9109895,7	12,53	25	0	27,3	-655,2	-25	0	36500
460	291196,5	9102101,7	14,1	25	60	18	-432	-25	-60	36500
461	290186,8	9108518,8	7,55	25	35	14,4	-345,6	-25	-35	36500
462	290162,4	9100652,8	7,4	25	40	8,3	-199,2	-25	-40	36500
463	288030,4	9111212,5	11,45	25	27	8	-192	-25	-27	36500
464	291531,1	9102594,9	10,29	25	37	7,54	-180,96	-25	-37	36500
465	289743,6	9111620	15,13	25	32	7,2	-172,8	-25	-32	36500
466	290015,2	9099392,3	12,47	25	39	4,8	-115,2	-25	-39	36500
467	288816,2	9106945,3	7,24	25	55	4,66	-111,84	-25	-55	36500
468	292267,4	9108897,1	9,12	25	45	4,5	-108	-25	-45	36500
469	291564,6	9108586,6	9,87	25	0	4	-96	-25	0	36500
470	290912	9110611,5	12,89	25	39	3,2	-76,8	-25	-39	36500
471	290509,6	9111531,4	10,37	0	0	56,57	-1357,68	0	0	36500
472	289609,1	9107625	8,09	0	0	4,4	-105,6	0	0	36500
473	289894,1	9105629,2	7,02	0	0	9,32	-223,68	0	0	36500
474	290048,1	9105445,5	8,16	0	0	9,31	-223,44	0	0	36500
475	289924,7	9105629,3	7,02	0	0	9,31	-223,44	0	0	36500
476	296106,2	9113246,9	12,16	0	0	90	-2160	0	0	36500
477	291690,2	9107911,2	8	0	0	11,64	-279,36	0	0	36500
478	291690,2	9107911,2	8	0	0	5	-120	0	0	36500
479	293020,3	9111665,8	10,22	0	0	94,5	-2268	0	0	36500

480	289410,9	9110727,4	14,45	26	0	15	-360	-26	0	36500
481	290185,9	9102158,5	11,02	26	49	12	-288	-26	-49	36500
482	290485,8	9110056,5	11,14	26	30	8,8	-211,2	-26	-30	36500
483	291315,4	9102901,2	8,77	26	34	8,8	-211,2	-26	-34	36500
484	289653,6	9104675,5	5,91	26	0	8,37	-200,88	-26	0	36500
485	290087,9	9110023,9	12,81	26	28	8,34	-200,16	-26	-28	36500
486	289776	9111220,7	14,16	26	34	8,34	-200,16	-26	-34	36500
487	289776	9111220,7	14,16	26	34	8,34	-200,16	-26	-34	36500
488	291651,1	9103117,8	10,71	26	42	7,98	-191,52	-26	-42	36500
489	289918,4	9100436,5	6,79	26	0	7,92	-190,08	-26	0	36500
490	290910,1	9111010,9	13,32	26	31	7,92	-190,08	-26	-31	36500
491	289667,3	9101756,6	4,65	26	0	7	-168	-26	0	36500
492	291683,1	9102841,4	11,45	26	0	6	-144	-26	0	36500
493	289657	9110482,8	13,67	26	31	6	-144	-26	-31	36500
494	292197,8	9104072,8	8,85	26	32	6	-144	-26	-32	36500
495	289374,9	9111864,1	15,33	26	34	4	-96	-26	-34	36500
496	290602,5	9111316,8	10,54	26	38	3,8	-91,2	-26	-38	36500
497	291622,2	9102749	10,3	0	35	7,2	-172,8	0	-35	36500
498	291404,6	9110060,7	10,72	0	0	5,7	-136,8	0	0	36500
499	290887,3	9109320,9	9,91	0	0	60	-1440	0	0	36500
500	286234,2	9108961,1	11,31	0	0	45	-1080	0	0	36500
501	286231,3	9109575,6	12,87	0	0	45	-1080	0	0	36500
502	289675,5	9106519,1	7,98	0	0	8,6	-206,4	0	0	36500
503	292118,2	9108066,8	10,08	0	0	83	-1992	0	0	36500
504	290921,3	9108614,3	8,42	0	0	8,24	-197,76	0	0	36500
505	291495,4	9110276,2	12,52	0	33	5	-120	0	-33	36500
506	290566,2	9112545,6	10,72	0	0	72	-1728	0	0	36500
507	289761,3	9114385,4	16,3	0	0	68	-1632	0	0	36500
508	289179,3	9114413,4	23,2	0	0	60,92	-1462,08	0	0	36500
509	289149,4	9114259,6	30,33	0	0	60,9	-1461,6	0	0	36500
510	288176,7	9099690,9	14,23	27	34	18	-432	-27	-34	36500
511	290297,9	9110977,3	14,21	27	0	12	-288	-27	0	36500
512	290890,5	9108644,9	8,09	27	34	8,8	-211,2	-27	-34	36500
513	291135,4	9102101,4	12,6	27	0	8,5	-204	-27	0	36500
514	289658,1	9110236,9	16,24	27	29	7,5	-180	-27	-29	36500
515	290028,1	9109716,3	12,31	27	29	7,2	-172,8	-27	-29	36500
516	290884,1	9110027,6	14,05	27	34	6,89	-165,36	-27	-34	36500
517	290856,4	9102837,6	10,1	27	42	6,6	-158,4	-27	-42	36500
518	290943,5	9110427,3	15,58	27	0	5,28	-126,72	-27	0	36500
519	290257,9	9099854,4	14,83	27	0	5	-120	-27	0	36500
520	291044,7	9101855,2	13,96	27	48	5	-120	-27	-48	36500
521	291226,5	9102255,5	12	27	48	5	-120	-27	-48	36500
522	291317,8	9102378,8	11,47	27	0	5	-120	-27	0	36500
523	291348,4	9102379	11,51	27	0	4	-96	-27	0	36500
524	289889,6	9100067,7	11,35	27	0	3	-72	-27	0	36500
525	290606,6	9110425,7	11,5	27	37	1,7	-40,8	-27	-37	36500
526	284344,6	9113468,9	16,31	27	37	1,7	-40,8	-27	-37	36500
527	293817,2	9111515,8	8,5	0	0	45	-1080	0	0	36500
528	291522,3	9111105,9	9,33	0	0	26,4	-633,6	0	0	36500
529	293035,2	9108409,1	12,86	0	0	9	-216	0	0	36500
530	289925,7	9105414,2	7,62	0	0	12,57	-301,68	0	0	36500
531	287734,4	9096155,2	7,88	0	0	23,25	-558	0	0	36500
532	289530,6	9111311,8	12,03	28	0	28,28	-678,72	-28	0	36500
533	293066,2	9108347,7	15,17	28	35	22	-528	-28	-35	36500
534	290196,1	9106521,6	6,45	28	58	15	-360	-28	-58	36500
535	289768,9	9106212,4	6,76	28	62	13	-312	-28	-62	36500
536	290192,9	9100683,7	7,57	28	65	11,3	-271,2	-28	-65	36500
537	293630,3	9112190,9	7,13	28	0	9,52	-228,48	-28	0	36500
538	290045,4	9099484,6	12,18	28	0	9	-216	-28	0	36500
539	290134,3	9106644,2	5,9	28	42	9	-216	-28	-42	36500
540	289595,5	9110543,9	14,07	28	32	8,8	-211,2	-28	-32	36500
541	289260	9110235	13,2	28	30	8,34	-200,16	-28	-30	36500

542	290560,2	9100685,4	13,94	28	0	8,33	-199,92	-28	0	36500
543	290331,1	9110393,7	12,53	28	38	7,92	-190,08	-28	-38	36500
544	290000,2	9109132,3	9,3	28	50	7,8	-187,2	-28	-50	36500
545	290977,3	9109751,5	14,18	28	50	7,8	-187,2	-28	-50	36500
546	290940,9	9110980,3	14,14	28	34	7,62	-182,88	-28	-34	36500
547	290439,2	9100377,6	9,46	28	42	7,5	-180	-28	-42	36500
548	292259	9104103,9	8,6	28	32	7,2	-172,8	-28	-32	36500
549	290334	9109779,2	20,36	28	33	7,2	-172,8	-28	-33	36500
550	291065,8	9110458,6	17,5	28	38	7,2	-172,8	-28	-38	36500
551	291778,6	9108649	11,18	28	32	7,2	-172,8	-28	-32	36500
552	288767,8	9110724,4	14,29	28	34	6,6	-158,4	-28	-34	36500
553	290090,3	9102956,9	8,32	28	45	6,34	-152,16	-28	-45	36500
554	291105,7	9101886,3	12,37	28	42	6,2	-148,8	-28	-42	36500
555	289970	9109040,1	10,11	28	31	6,09	-146,16	-28	-31	36500
556	290913	9110396,4	15,26	28	42	6	-144	-28	-42	36500
557	291499,4	9109415,8	11,74	28	0	5,53	-132,72	-28	0	36500
558	291009,1	9109505,8	8,68	28	34	5	-120	-28	-34	36500
559	290311,2	9108119,9	6,36	28	32	4,9	-117,6	-28	-32	36500
560	290737,2	9102130,3	10,61	28	44	4,6	-110,4	-28	-44	36500
561	290711,2	9101147	14,48	28	0	4	-96	-28	0	36500
562	291291,2	9114699,7	10,2	28	60	4	-96	-28	-60	36500
563	289210,3	9107776,7	8,51	28	72	3,3	-79,2	-28	-72	36500
564	289713,5	9104952,4	7,44	28	58	2,64	-63,36	-28	-58	36500
565	289547,1	9114353,7	17,54	28	39	2,57	-61,68	-28	-39	36500
566	287546,2	9103528,7	6,73	28	57	1,33	-31,92	-28	-57	36500
567	290428,9	9109134,3	8,84	0	51	40	-960	0	-51	36500
568	290427,5	9109441,6	13,43	0	51	40	-960	0	-51	36500
569	290429,1	9109103,7	8,01	0	0	20,31	-487,44	0	0	36500
570	288304,5	9111551,8	13,17	29	35	5142	-123408	-29	-35	36500
571	289839,2	9110821,5	15,36	29	36	10,29	-246,96	-29	-36	36500
572	290881,6	9110549,9	14,52	29	31	7,92	-190,08	-29	-31	36500
573	291471,8	9108770,5	10,39	29	31	7,2	-172,8	-29	-31	36500
574	290732,7	9109658,2	20,21	29	31	7,2	-172,8	-29	-31	36500
575	291162,1	9102931,2	8,12	29	47	6,6	-158,4	-29	-47	36500
576	292196,7	9104318,6	6,94	29	58	6,6	-158,4	-29	-58	36500
577	290488	9109595,5	13,57	29	34	6,2	-148,8	-29	-34	36500
578	291095,1	9110766	15,49	29	31	6	-144	-29	-31	36500
579	291861,4	9104009,9	5,2	29	45	6	-144	-29	-45	36500
580	290948,5	9102776,5	10,12	29	58	5,66	-135,84	-29	-58	36500
581	290257,1	9100038,7	12,35	29	53	4	-96	-29	-53	36500
582	290893,3	9101485,8	15,87	29	32	3,4	-81,6	-29	-32	36500
583	290801,2	9108091,4	7,9	0	0	10,15	-243,6	0	0	36500
584	290832,6	9107938	5	0	0	8	-192	0	0	36500
585	290825,4	9109474,2	13,61	0	0	8	-192	0	0	36500
586	290609,9	9109719	14,94	0	0	4,07	-97,68	0	0	36500
587	289898	9111344,1	22,5	0	0	4	-96	0	0	36500
588	293272,4	9110100,1	6,71	0	0	13,3	-319,2	0	0	36500
589	293363,9	9110192,6	8,33	0	0	13,3	-319,2	0	0	36500
590	292267,9	9108774,2	11,4	0	0	56,57	-1357,68	0	0	36500
591	289614,3	9106518,8	7,95	0	0	12,4	-297,6	0	0	36500
592	291162,9	9109322,1	7,14	30	0	34,43	-826,32	-30	0	36500
593	290832,3	9101424,1	14,57	30	60	12	-288	-30	-60	36500
594	289595,1	9110636,1	14,29	30	35	9	-216	-30	-35	36500
595	292788,9	9108715,2	8,68	30	36	9	-216	-30	-36	36500
596	291037	9110059	12,02	30	38	7,92	-190,08	-30	-38	36500
597	289663,7	9109038,6	11,44	30	0	7,9	-189,6	-30	0	36500
598	291744,2	9109447,7	12,66	30	37	7,9	-189,6	-30	-37	36500
599	290646,5	9108428,8	8,42	30	46	7,2	-172,8	-30	-46	36500
600	289634,2	9108823,5	8,78	30	46	7,2	-172,8	-30	-46	36500
601	291839,4	9108741,5	10,26	30	35	6,6	-158,4	-30	-35	36500
602	290579,5	9109688,1	13,56	30	42	6,6	-158,4	-30	-42	36500
603	291033,2	9110888,6	15,3	30	46	6,6	-158,4	-30	-46	36500

604	288797,4	9110939,6	14,83	30	32	6,6	-158,4	-30	-32	36500
605	290144,6	9111007,4	12,78	30	42	6,2	-148,8	-30	-42	36500
606	290519,5	9109411,3	13,2	30	34	6,17	-148,08	-30	-34	36500
607	289863,7	9099053,6	13,01	30	0	6	-144	-30	0	36500
608	292081	9109480	11,62	30	35	6	-144	-30	-35	36500
609	290198,6	9105999,3	6,28	30	0	5,6	-134,4	-30	0	36500
610	291074,5	9102009	12,26	30	37	5	-120	-30	-37	36500
611	290792,5	9109965,6	15,11	30	33	5	-120	-30	-33	36500
612	291312,1	9110183,2	13,28	30	48	4,95	-118,8	-30	-48	36500
613	290488,8	9109411,2	13,24	30	34	4	-96	-30	-34	36500
614	290231,6	9112052,4	10,25	30	36	4	-96	-30	-36	36500
615	290427,2	9109503,1	14,3	0	0	6,8	-163,2	0	0	36500
616	291889,9	9111076,8	13,58	0	0	19,8	-475,2	0	0	36500
617	291287,8	9102255,8	12	0	0	10	-240	0	0	36500
618	293613,6	9109179,8	7,38	0	0	9,8	-235,2	0	0	36500
619	290613,6	9108920,2	8,83	0	0	31,68	-760,32	0	0	36500
620	291371,7	9110552,1	16,75	31	51	5866	-140784	-31	-51	36500
621	289380,5	9110665,8	10,38	31	51	18	-432	-31	-51	36500
622	290216,4	9102189,4	9,45	31	0	10	-240	-31	0	36500
623	290832,5	9101393,3	14,04	31	0	9	-216	-31	0	36500
624	289669,7	9107748,1	8	31	56	7,9	-189,6	-31	-56	36500
625	289965,5	9109992,5	10,39	31	38	7,3	-175,2	-31	-38	36500
626	290726,6	9110979,3	12,13	31	40	6,09	-146,16	-31	-40	36500
627	291371,5	9110582,9	17,67	31	45	5,28	-126,72	-31	-45	36500
628	289669,9	9107717,5	7,97	31	54	3,6	-86,4	-31	-54	36500
629	289708,3	9099544,5	15,85	31	42	3	-72	-31	-42	36500
630	289101,1	9111463,4	12,61	31	35	1	-24	-31	-35	36500
631	293706,1	9109026,6	10,88	0	0	10,56	-253,44	0	0	36500
632	293583,8	9108995,4	7,58	0	0	10,56	-253,44	0	0	36500
633	293725,6	9111454	5,61	0	0	7,2	-172,8	0	0	36500
634	291220,3	9110182,8	17,11	0	0	6	-144	0	0	36500
635	292018,1	9109817,8	8,99	0	0	31,68	-760,32	0	0	36500
636	290681	9101054,7	15,27	0	0	5,5	-132	0	0	36500
637	291561,1	9109324	10,22	0	0	5,46	-131,04	0	0	36500
638	291455,4	9105697,8	8,7	32	58	15,8	-379,2	-32	-58	36500
639	290681,1	9101023,9	15,51	32	65	11	-264	-32	-65	36500
640	289626	9110574,8	13,06	32	36	10,29	-246,96	-32	-36	36500
641	292295,9	9109358,1	11,04	32	35	9,9	-237,6	-32	-35	36500
642	291226,9	9108738,6	12,52	32	40	9,82	-235,68	-32	-40	36500
643	291718,4	9108403	8,53	32	39	7,92	-190,08	-32	-39	36500
644	291036,3	9110212,7	14,77	32	40	7,2	-172,8	-32	-40	36500
645	291134,4	9102316,6	11,16	32	46	7	-168	-32	-46	36500
646	289938	9109316,5	11,39	32	34	6,5	-156	-32	-34	36500
647	290162,2	9100683,6	7,99	32	45	6	-144	-32	-45	36500
648	291716	9108925,3	8,61	32	37	6	-144	-32	-37	36500
649	289862,4	9099330,1	13,21	32	55	5,66	-135,84	-32	-55	36500
650	291135,8	9102009,3	12,59	32	55	5,66	-135,84	-32	-55	36500
651	289597,9	9103476,9	9,35	32	55	4,5	-108	-32	-55	36500
652	289527,6	9111957	16,46	32	40	4,4	-105,6	-32	-40	36500
653	290556,6	9101453,5	9,27	32	44	4,24	-101,76	-32	-44	36500
654	290861,2	9101793	7,2	32	59	3,42	-82,08	-32	-59	36500
655	289756,3	9115460,8	20,53	0	0	72	-1728	0	0	36500
656	289786,6	9115553,1	16,16	0	0	72	-1728	0	0	36500
657	292056,6	9108128	8,81	33	47	39	-936	-33	-47	36500
658	290499,8	9100531,5	10,89	33	70	24	-576	-33	-70	36500
659	292789	9108684,5	8,36	33	38	8,8	-211,2	-33	-38	36500
660	290741,1	9101300,7	12,1	33	42	7,5	-180	-33	-42	36500
661	290425,6	9109841	14,96	33	39	6,6	-158,4	-33	-39	36500
662	290143,4	9111253,1	20,36	33	38	6,6	-158,4	-33	-38	36500
663	290771,6	9101331,6	12,76	33	42	5	-120	-33	-42	36500
664	291134,9	9102193,7	11,28	33	39	4,8	-115,2	-33	-39	36500
665	291315,1	9109538	7,13	33	38	4,5	-108	-33	-38	36500

666	290451,7	9110824,4	13,22	33	38	4,5	-108	-33	-38	36500
667	291104,9	9102070,6	11,98	33	45	4,2	-100,8	-33	-45	36500
668	289375,5	9111741,2	16,33	33	39	0,66	-15,84	-33	-39	36500
669	290943,4	9110458	15,51	34	48	4525	-108600	-34	-48	36500
670	293599,7	9112221,5	7,78	34	45	9	-216	-34	-45	36500
671	289595,4	9110574,6	13,98	34	35	7,92	-190,08	-34	-35	36500
672	290620,5	9100900,7	14,45	34	35	7,9	-189,6	-34	-35	36500
673	290603,5	9111101,6	11,91	34	46	6,6	-158,4	-34	-46	36500
674	292253,8	9111846,7	8,06	34	46	6,6	-158,4	-34	-46	36500
675	289968,4	9109378,1	11,72	34	41	6,6	-158,4	-34	-41	36500
676	291832,3	9103671,7	9,43	34	52	5,87	-140,88	-34	-52	36500
677	291254,4	9102839,4	8,92	34	43	5,46	-131,04	-34	-43	36500
678	291047,2	9107877,6	5,61	34	48	5,14	-123,36	-34	-48	36500
679	290916	9109751,2	14,36	34	39	4,8	-115,2	-34	-39	36500
680	291258,2	9108615,9	9,9	34	0	4,5	-108	-34	0	36500
681	291659,9	9107818,9	10,72	0	41	5,14	-123,36	0	-41	36500
682	290148,9	9110085,6	9,9	0	50	4	-96	0	-50	36500
683	288054,5	9099628,8	13,87	35	42	15	-360	-35	-42	36500
684	288794,4	9111584,9	11,41	35	41	8,5	-204	-35	-41	36500
685	290366,9	9109287,7	12,82	35	40	7,94	-190,56	-35	-40	36500
686	291628	9108095,3	7,67	35	38	7,9	-189,6	-35	-38	36500
687	291620,3	9109754,4	10,99	35	39	7,2	-172,8	-35	-39	36500
688	291465,6	9110091,8	13,36	35	43	6,09	-146,16	-35	-43	36500
689	291954,8	9103672,3	10,35	35	75	6	-144	-35	-75	36500
690	289729,7	9108025	7,91	35	43	5,46	-131,04	-35	-43	36500
691	290420,4	9110977,9	15,54	35	42	5,2	-124,8	-35	-42	36500
692	289957,7	9111682,5	13,65	35	39	5	-120	-35	-39	36500
693	290667,5	9110518,1	14,83	35	47	4,3	-103,2	-35	-47	36500
694	290616,2	9101822,5	13,54	35	42	4	-96	-35	-42	36500
695	291408,8	9102563,6	9,68	35	42	4	-96	-35	-42	36500
696	289722,4	9109592	9,08	35	50	4	-96	-35	-50	36500
697	291496,2	9110122,5	14,61	35	39	3,79	-90,96	-35	-39	36500
698	290140,7	9111836,9	8,36	35	39	3,6	-86,4	-35	-39	36500
699	289466,4	9111956,7	14,82	35	39	3,6	-86,4	-35	-39	36500
700	291652	9102933,4	12,46	35	41	3,5	-84	-35	-41	36500
701	289193,2	9111433,1	11,88	35	41	3,26	-78,24	-35	-41	36500
702	290979,3	9102746	10,37	35	60	2,5	-60	-35	-60	36500
703	291755,3	9107051,2	7,81	0	0	12	-288	0	0	36500
704	289780,3	9110299	13,87	0	0	6,05	-145,2	0	0	36500
705	291128,3	9110213,1	17,91	0	0	6,1	-146,4	0	0	36500
706	288765,1	9111308,2	13,49	0	0	4,5	-108	0	0	36500
707	286873,8	9096857,8	13,73	0	0	8,8	-211,2	0	0	36500
708	287962,6	9099659,1	15,21	0	49	10	-240	0	-49	36500
709	293471	9113572,8	8,59	0	0	36	-864	0	0	36500
710	293720,2	9112652,3	4,08	36	58	40	-960	-36	-58	36500
711	292087,8	9108005,3	9,98	36	40	14,4	-345,6	-36	-40	36500
712	289299,9	9108268,8	6,06	36	42	6,54	-156,96	-36	-42	36500
713	289998,9	9109408,9	11,92	36	48	5	-120	-36	-48	36500
714	289494	9099543,5	12,62	36	63	4,66	-111,84	-36	-63	36500
715	288288	9115085,2	23,71	36	43	4,2	-100,8	-36	-43	36500
716	290982,3	9102100,7	10,89	36	48	3,6	-86,4	-36	-48	36500
717	290676,4	9102037,9	9,35	36	45	3,43	-82,32	-36	-45	36500
718	290173,5	9111376,2	17,86	0	0	6,7	-160,8	0	0	36500
719	296032,7	9115981	14,66	0	0	72	-1728	0	0	36500
720	287962,6	9099659,1	15,21	0	49	10,4	-249,6	0	-49	36500
721	290451,6	9110855,1	13,52	0	0	14,4	-345,6	0	0	36500
722	288581,8	9111184,5	12	37	48	10	-240	-37	-48	36500
723	288717,1	9095514,7	12	37	0	9	-216	-37	0	36500
724	291189,2	9110274,8	17,33	37	52	5,6	-134,4	-37	-52	36500
725	291560,5	9102871,6	10,15	37	76	5	-120	-37	-76	36500
726	291217,4	9110797,2	17,01	37	57	4,95	-118,8	-37	-57	36500
727	291531,4	9102533,4	9,29	37	52	4,8	-115,2	-37	-52	36500

728	291985,7	9103610,9	8,87	37	52	4,8	-115,2	-37	-52	36500
729	290817,9	9111102,6	11,5	37	50	4,8	-115,2	-37	-50	36500
730	290818,2	9111041,2	12,67	37	63	4,8	-115,2	-37	-63	36500
731	290665,3	9110979	12,79	37	63	4,8	-115,2	-37	-63	36500
732	290971,6	9110980,4	14,47	37	53	4,5	-108	-37	-53	36500
733	290541,3	9111316,5	9,42	37	58	4,22	-101,28	-37	-58	36500
734	291075,5	9101794	11,22	37	59	3,3	-79,2	-37	-59	36500
735	290000,2	9109132,3	9,3	37	59	3,3	-79,2	-37	-59	36500
736	291374,8	9109876,2	10,64	37	49	3,2	-76,8	-37	-49	36500
737	290204,5	9111284,2	24,7	0	50	4	-96	0	-50	36500
738	290919	9102530,6	8,76	0	0	6,5	-156	0	0	36500
739	289690,1	9109960,5	11,82	38	54	54	-1296	-38	-54	36500
740	291493,3	9110737,1	11,53	38	42	6	-144	-38	-42	36500
741	290646,3	9101914,9	11,3	38	56	5,2	-124,8	-38	-56	36500
742	290357,9	9111223,4	18,73	38	41	5	-120	-38	-41	36500
743	289842,6	9110084,2	11,77	38	0	5	-120	-38	0	36500
744	291471,8	9108770,5	10,39	38	42	4,95	-118,8	-38	-42	36500
745	288952,3	9110540,9	7,75	38	0	4,5	-108	-38	0	36500
746	289928,7	9111313,6	20,51	38	45	4,06	-97,44	-38	-45	36500
747	291739,4	9110492,4	10,93	38	49	3,6	-86,4	-38	-49	36500
748	290820,7	9110488,2	15,45	38	46	3,4	-81,6	-38	-46	36500
749	290787,7	9111010,3	12,86	38	58	3,3	-79,2	-38	-58	36500
750	290401,4	9101913,7	8,26	38	58	3,1	-74,4	-38	-58	36500
751	290304,3	9109594,7	14,05	38	58	3,1	-74,4	-38	-58	36500
752	290847,3	9111379,3	7,86	38	54	3,1	-74,4	-38	-54	36500
753	290601,2	9111593,3	10,93	0	0	5	-120	0	0	36500
754	290180	9109993,5	11,8	0	0	11	-264	0	0	36500
755	290046	9099361,7	12,54	39	48	10	-240	-39	-48	36500
756	290169,5	9112236,5	10,51	39	45	7,2	-172,8	-39	-45	36500
757	291561	9102748,7	11,08	39	62	5,86	-140,64	-39	-62	36500
758	290590,4	9100777,7	13,68	39	86	5,1	-122,4	-39	-86	36500
759	290699,1	9110303,2	13,04	39	0	4,4	-105,6	-39	0	36500
760	288517,2	9111921,5	11,12	0	0	5,79	-138,96	0	0	36500
761	289072,6	9111033,1	14,03	0	0	6	-144	0	0	36500
762	289909,8	9108824,8	9,94	0	0	5,6	-134,4	0	0	36500
763	296107,6	9112939,6	8,22	0	0	5,18	-124,32	0	0	36500
764	290861,4	9101762,2	7,06	0	75	3,6	-86,4	0	-75	36500
765	290554,2	9101975,8	8,8	0	0	3,2	-76,8	0	0	36500
766	296015,3	9113031,3	12,22	0	0	132	-3168	0	0	36500
767	289727,6	9108485,9	8,3	40	70	34	-816	-40	-70	36500
768	289695,7	9108762,3	6,87	40	50	31,2	-748,8	-40	-50	36500
769	291125,4	9110827,5	16,75	40	53	6,6	-158,4	-40	-53	36500
770	289359,7	9108576,3	9,89	40	45	5,87	-140,88	-40	-45	36500
771	290119,8	9109747,5	12,93	40	43	5,33	-127,92	-40	-43	36500
772	290115,1	9110761,4	9,6	40	46	5,28	-126,72	-40	-46	36500
773	291622,3	9102718,3	9,81	40	54	4,9	-117,6	-40	-54	36500
774	289415	9109836,3	10,75	40	52	4,2	-100,8	-40	-52	36500
775	290407,7	9100561,7	8,3	40	61	4	-96	-40	-61	36500
776	290235,4	9111222,8	22,44	40	45	4	-96	-40	-45	36500
777	291740,1	9110338,8	9,62	40	62	3,79	-90,96	-40	-62	36500
778	289924,5	9099146,1	11,66	40	66	3,6	-86,4	-40	-66	36500
779	290344,7	9100960,9	8,96	40	56	1,3	-31,2	-40	-56	36500
780	289454,5	9101417,6	6,22	0	0	2,8	-67,2	0	0	36500
781	288951,5	9110725,3	13,16	0	0	2,8	-67,2	0	0	36500
782	290984,6	9101609,2	8,94	0	0	5,6	-134,4	0	0	36500
783	293552,6	9109118,1	5,23	0	0	24	-576	0	0	36500
784	290164,6	9106705,8	6,65	41	52	13	-312	-41	-52	36500
785	290216,6	9102158,6	10,6	41	54	8,33	-199,92	-41	-54	36500
786	290761,7	9109996,2	15,43	41	45	6,6	-158,4	-41	-45	36500
787	290740,2	9101485,1	11,07	41	51	6,09	-146,16	-41	-51	36500
788	289969,1	9109224,5	10,62	41	44	5,28	-126,72	-41	-44	36500
789	291031,8	9111195,9	9,23	41	52	4,4	-105,6	-41	-52	36500

790	289943,2	9108210,3	7,92	41	0	3,14	-75,36	-41	0	36500
791	291500,2	9102656,2	11,35	41	49	0,2	-4,8	-41	-49	36500
792	290110,8	9111683,2	11,73	0	0	3,6	-86,4	0	0	36500
793	290177,6	9117091,2	32,44	0	0	28	-672	0	0	36500
794	290133,7	9106767,1	4,69	42	0	9,9	-237,6	-42	0	36500
795	291379,3	9102317,7	10,93	42	57	5,66	-135,84	-42	-57	36500
796	290484,7	9110302,2	15,01	42	49	5,2	-124,8	-42	-49	36500
797	290645,3	9102129,9	9,12	42	61	4,95	-118,8	-42	-61	36500
798	290464,2	9101576	8,01	42	53	4,8	-115,2	-42	-53	36500
799	290590,3	9100808,5	13,34	42	66	4,65	-111,6	-42	-66	36500
800	291347,5	9102563,3	9,68	42	55	4,5	-108	-42	-55	36500
801	292378,5	9104749,6	8,88	42	54	4,5	-108	-42	-54	36500
802	292348,3	9104657,4	8,28	42	54	4,5	-108	-42	-54	36500
803	291381,2	9108493,6	11,62	42	56	3,2	-76,8	-42	-56	36500
804	290407,6	9100592,5	7,96	42	61	3,17	-76,08	-42	-61	36500
805	291265,7	9113624,2	44,88	42	52	1,2	-28,8	-42	-52	36500
806	292046,5	9103703,5	9,53	0	0	4,2	-100,8	0	0	36500
807	292015,8	9103703,3	9,91	0	0	1,8	-43,2	0	0	36500
808	290589,3	9101023,5	11,58	0	0	8,2	-196,8	0	0	36500
809	289744,5	9111435,7	14,77	0	59	3,5	-84	0	-59	36500
810	290067,5	9114417,5	14	0	0	58,4	-1401,6	0	0	36500
811	291543,5	9106527,8	7,95	0	0	5,1	-122,4	0	0	36500
812	289339,4	9106363,9	8	0	53	4,6	-110,4	0	-53	36500
813	297003,7	9118013,2	8,79	0	0	70	-1680	0	0	36500
814	292005,8	9105854	8,98	0	0	11,07	-265,68	0	0	36500
815	289581,2	9107041,1	5,89	43	73	7,2	-172,8	-43	-73	36500
816	289864,4	9111989,3	10,43	43	47	7,2	-172,8	-43	-47	36500
817	291499,2	9102871,3	10,16	43	58	5	-120	-43	-58	36500
818	289725,9	9108854,5	9,58	43	0	4,5	-108	-43	0	36500
819	291128,6	9110151,6	17,12	43	55	4,4	-105,6	-43	-55	36500
820	288877	9100523,8	15,21	43	51	3,77	-90,48	-43	-51	36500
821	290858,5	9102376,7	10,74	43	91	3,6	-86,4	-43	-91	36500
822	277205,1	9120348,1	129,2	43	50	3,16	-75,84	-43	-50	36500
823	290664,6	9111132,7	11,7	43	44	1,8	-43,2	-43	-44	36500
824	290620,5	9100900,7	14,45	0	0	7,2	-172,8	0	0	36500
825	289228,7	9103874,6	6,48	0	0	72	-1728	0	0	36500
826	290223,5	9100683,8	7,36	44	82	8	-192	-44	-82	36500
827	290893,3	9101485,8	15,87	44	76	6,5	-156	-44	-76	36500
828	289680,6	9111988,4	16,38	44	48	5,4	-129,6	-44	-48	36500
829	291808,9	9108710,7	10,88	44	55	5,28	-126,72	-44	-55	36500
830	289953,2	9099576,4	14,53	44	67	4,8	-115,2	-44	-67	36500
831	290075,9	9106029,4	6,43	44	59	4,8	-115,2	-44	-59	36500
832	290910	9111041,7	12,66	44	59	4,47	-107,28	-44	-59	36500
833	290706,3	9102191,7	10,65	44	64	4,4	-105,6	-44	-64	36500
834	290141,6	9111652,6	12,05	44	60	4,23	-101,52	-44	-60	36500
835	292377,4	9111632,1	10,64	44	68	4	-96	-44	-68	36500
836	290771,6	9101331,6	12,76	44	0	3,9	-93,6	-44	0	36500
837	291730,8	9105729,9	7,14	44	66	3,77	-90,48	-44	-66	36500
838	292011,8	9111200,4	10,82	44	59	3,6	-86,4	-44	-59	36500
839	292167,9	9103919,1	9,54	44	49	3,2	-76,8	-44	-49	36500
840	290832,5	9101393,3	14,04	0	0	6,5	-156	0	0	36500
841	291374,3	9103393,1	7,55	45	84	4,8	-115,2	-45	-84	36500
842	288889,5	9110878,6	15,6	45	62	4,2	-100,8	-45	-62	36500
843	290976,9	9109843,6	13,56	45	62	4	-96	-45	-62	36500
844	290367,2	9109226,3	12,15	45	57	4	-96	-45	-57	36500
845	291032,9	9110950	14,66	45	56	3,6	-86,4	-45	-56	36500
846	289883,9	9101266	11,33	45	87	3	-72	-45	-87	36500
847	291035,9	9110304,8	16,04	45	58	3	-72	-45	-58	36500
848	289995,3	9110177,1	11,24	0	0	4,2	-100,8	0	0	36500
849	289688,9	9110206,4	15,18	0	0	4,2	-100,8	0	0	36500
850	291310,7	9110490,5	14,25	0	0	2,68	-64,32	0	0	36500
851	290142,3	9111498,9	14,8	0	0	4	-96	0	0	36500

852	291773,9	9103056,9	12,41	0	0	3,6	-86,4	0	0	36500
853	289920,1	9106612,5	7,74	0	0	23,29	-558,96	0	0	36500
854	290554,9	9101822,2	12,92	46	58	5,28	-126,72	-46	-58	36500
855	290616,9	9101668,8	11,15	46	58	4,95	-118,8	-46	-58	36500
856	290180,5	9109870,6	14,82	46	57	4,8	-115,2	-46	-57	36500
857	290208,9	9110331,7	8,95	46	59	4	-96	-46	-59	36500
858	289590,8	9111557,9	14,76	46	57	4	-96	-46	-57	36500
859	290043,1	9099976,3	11,59	46	66	3,6	-86,4	-46	-66	36500
860	289896,3	9111712,9	13,37	46	50	3,6	-86,4	-46	-50	36500
861	290158,8	9101420,9	9,61	46	75	3,4	-81,6	-46	-75	36500
862	290921	9102100,4	10,05	46	82	3,05	-73,2	-46	-82	36500
863	291681,9	9109693,2	11,76	0	80	3	-72	0	-80	36500
864	290011,5	9106674,3	6,18	0	0	15,23	-365,52	0	0	36500
865	289707,6	9099698,2	14,42	0	76	3,8	-91,2	0	-76	36500
866	290044,1	9099761,1	11,28	0	76	3,8	-91,2	0	-76	36500
867	289738,2	9099698,3	14,03	0	76	3,8	-91,2	0	-76	36500
868	291219,4	9110367,1	14,84	0	0	2,57	-61,68	0	0	36500
869	290590,3	9100808,5	13,34	47	59	7	-168	-47	-59	36500
870	289897,9	9111374,9	22,21	47	0	6	-144	-47	0	36500
871	290971	9111103,3	11,16	47	53	4,93	-118,32	-47	-53	36500
872	289905,6	9109715,7	10,64	47	60	4,5	-108	-47	-60	36500
873	290953,8	9114821,1	10,12	47	53	3,75	-90	-47	-53	36500
874	290511,5	9111132	11,32	47	56	3,3	-79,2	-47	-56	36500
875	289201,6	9116195,6	17,63	0	0	72	-1728	0	0	36500
876	290062,4	9100817,6	10,02	0	0	2117	-50808	0	0	36500
877	291373,2	910214,2	12,96	0	0	6,7	-160,8	0	0	36500
878	290348,8	9100069,9	14,55	0	0	4	-96	0	0	36500
879	290483	9110670,9	10,7	48	53	6	-144	-48	-53	36500
880	290579,9	9109596	13,85	48	58	5,6	-134,4	-48	-58	36500
881	289724,7	9109100,4	11,92	48	54	5,4	-129,6	-48	-54	36500
882	291347,9	9102471,2	10,95	48	63	5,3	-127,2	-48	-63	36500
883	291408,5	9102625,1	9,59	48	55	5,1	-122,4	-48	-55	36500
884	290740,7	9101392,9	11,1	48	72	4,95	-118,8	-48	-72	36500
885	290636,4	9110610,2	16,29	48	56	4,6	-110,4	-48	-56	36500
886	290361,8	9110393,8	13,29	48	59	4,17	-100,08	-48	-59	36500
887	291736	9111229,8	11,63	48	68	4	-96	-48	-68	36500
888	289476,7	9109744,5	10,06	48	60	4	-96	-48	-60	36500
889	290287,4	9100100,3	11,66	48	64	3,96	-95,04	-48	-64	36500
890	290045,5	9105998,5	5,22	48	85	3,77	-90,48	-48	-85	36500
891	290106,4	9106060,3	7,12	48	85	3,77	-90,48	-48	-85	36500
892	289738,9	9099544,7	17,1	48	66	3,6	-86,4	-48	-66	36500
893	291074,4	9102039,8	12,06	48	99	3,6	-86,4	-48	-99	36500
894	291227,2	9102101,9	12,16	48	66	3,6	-86,4	-48	-66	36500
895	293035,8	9108286,2	15,33	48	0	3,5	-84	-48	0	36500
896	291066,1	9110397,1	17,23	48	69	3,3	-79,2	-48	-69	36500
897	290205,5	9111069	12,3	48	62	3,3	-79,2	-48	-62	36500
898	288550,2	9111399,4	11,52	48	58	2	-48	-48	-58	36500
899	290079,3	9111867,4	7,63	48	58	2	-48	-48	-58	36500
900	289806,4	9111282,3	15,19	0	58	3,77	-90,48	0	-58	36500
901	290823,4	9109904,4	13,94	0	57	5142	-123408	0	-57	36500
902	290921	9108675,8	8,94	49	92	7,2	-172,8	-49	-92	36500
903	290818,2	9111041,2	12,67	49	60	3,5	-84	-49	-60	36500
904	290578,2	9109964,6	13,06	49	0	3	-72	-49	0	36500
905	290647,3	9101699,7	11,93	49	76	2,9	-69,6	-49	-76	36500
906	292788,6	9108776,6	9,97	49	72	2,5	-60	-49	-72	36500
907	295206,5	9115792,9	38,83	0	0	72	-1728	0	0	36500
908	289967,5	9109562,4	11,39	0	0	2,82	-67,68	0	0	36500
909	290634,8	9110948,1	13,07	0	0	3,8	-91,2	0	0	36500
910	290635	9110917,5	12,77	50	54	16	-384	-50	-54	36500
911	290437,9	9100654,1	8,29	50	68	6	-144	-50	-68	36500
912	291565	9108494,4	9,99	50	62	6	-144	-50	-62	36500
913	293001,3	9109115,6	5,72	50	60	5	-120	-50	-60	36500

914	292725,5	9109175,7	9,71	50	60	5	-120	-50	-60	36500
915	289782,6	9109807,4	10,85	50	54	4,4	-105,6	-50	-54	36500
916	290643,4	9109104,7	12,82	50	54	4	-96	-50	-54	36500
917	290264,8	9111499,5	13,25	50	55	4	-96	-50	-55	36500
918	291288,2	9102163,6	8,63	50	77	3,96	-95,04	-50	-77	36500
919	289446,5	9109652,2	9,31	50	53	3,77	-90,48	-50	-53	36500
920	288721,9	9120587,3	57,29	50	65	3,6	-86,4	-50	-65	36500
921	290818,7	9110918,4	13,71	50	62	3,6	-86,4	-50	-62	36500
922	291495,7	9110214,8	12,76	50	65	3,5	-84	-50	-65	36500
923	290551,5	9109104,3	11,63	50	64	3,3	-79,2	-50	-64	36500
924	290171	9111929,2	9,81	50	62	3	-72	-50	-62	36500
925	289694,6	9108977,4	11,37	50	62	2	-48	-50	-62	36500
926	290088,6	9109870,2	9,52	0	54	3,68	-88,32	0	-54	36500
927	289808,7	9110790,7	17,95	51	58	8	-192	-51	-58	36500
928	290579,6	9109657,5	13,75	51	62	6,4	-153,6	-51	-62	36500
929	290646,6	9101853,4	13,18	51	65	4	-96	-51	-65	36500
930	290425,8	9109810,4	14,74	51	55	4	-96	-51	-55	36500
931	289963,5	9110422,7	13,69	51	55	4	-96	-51	-55	36500
932	289609,4	9101049,6	8,89	51	92	3	-72	-51	-92	36500
933	291587,3	9110276,6	12,76	51	62	2,8	-67,2	-51	-62	36500
934	291762,6	9105484,2	6,93	51	0	2,1	-50,4	-51	0	36500
935	289820,4	9108271,3	8,08	51	58	2	-48	-51	-58	36500
936	292595,8	9110742,2	7,58	51	64	2	-48	-51	-64	36500
937	290370,9	9101882,8	8,91	51	68	1,7	-40,8	-51	-68	36500
938	290451	9110978	15,88	0	0	3,13	-75,12	0	0	36500
939	289821	9101603,7	10,29	0	0	3,59	-86,16	0	0	36500
940	289977,2	9100959,2	9,91	0	0	3,59	-86,16	0	0	36500
941	290218,6	9101728,5	8,37	0	0	3,52	-84,48	0	0	36500
942	290038,7	9100898	12,72	0	0	3,52	-84,48	0	0	36500
943	289743,6	9111620	15,13	52	57	6545	-157080	-52	-57	36500
944	290634,2	9111071	12,88	52	60	17	-408	-52	-60	36500
945	290648,2	9108060	7,76	52	79	8	-192	-52	-79	36500
946	290124,2	9108795	9,35	52	64	7,2	-172,8	-52	-64	36500
947	291682,2	9103025,8	12,62	52	77	5,28	-126,72	-52	-77	36500
948	290609,4	9109811,3	15,01	52	69	4,6	-110,4	-52	-69	36500
949	291379,2	9108923,7	8,58	52	57	4,5	-108	-52	-57	36500
950	291842,1	9108157,8	8,95	52	57	4,5	-108	-52	-57	36500
951	291503,4	9108555,6	11,36	52	0	4,5	-108	-52	0	36500
952	290110,5	9111744,7	9,43	52	56	4,4	-105,6	-52	-56	36500
953	290366,3	9109410,6	12,12	52	66	4,4	-105,6	-52	-66	36500
954	290516,9	9109964,4	12,11	52	55	4,23	-101,52	-52	-55	36500
955	289909,8	9108824,8	9,94	52	57	4,17	-100,08	-52	-57	36500
956	290301,4	9110209,2	8,72	52	58	4,06	-97,44	-52	-58	36500
957	291241,7	9112180	7,54	52	64	4	-96	-52	-64	36500
958	290706,1	9102222,3	10,86	52	69	3,96	-95,04	-52	-69	36500
959	288888,7	9111062,9	16,9	52	69	3,9	-93,6	-52	-69	36500
960	291685,8	9108863,6	10,17	52	57	3,6	-86,4	-52	-57	36500
961	292288,2	9111017,3	8,76	52	65	3,6	-86,4	-52	-65	36500
962	292378,2	9104811,1	9,13	52	62	3,3	-79,2	-52	-62	36500
963	290764,4	9109412,4	12,93	52	82	2,73	-65,52	-52	-82	36500
964	290794,8	9109474,1	14,26	52	82	2,7	-64,8	-52	-82	36500
965	291682,1	9103056,5	11,73	52	56	2,3	-55,2	-52	-56	36500
966	286133,2	9110896,4	14,11	52	53	1,8	-43,2	-52	-53	36500
967	290366,5	9109379,9	12,17	52	62	1,7	-40,8	-52	-62	36500
968	289385,6	9116165,8	19,19	0	0	72	-1728	0	0	36500
969	289842,2	9110176,4	11,87	0	0	6,6	-158,4	0	0	36500
970	290944,2	9110273,6	15,42	53	65	8,3	-199,2	-53	-65	36500
971	290800,2	9108306,5	10,62	53	60	5,46	-131,04	-53	-60	36500
972	288721,4	9120679,4	48,16	53	65	5,18	-124,32	-53	-65	36500
973	289755,7	9109039,1	11,94	53	56	4,66	-111,84	-53	-56	36500
974	290856,2	9109443,6	11,71	53	57	4,5	-108	-53	-57	36500
975	290666,6	9110702,5	13,95	53	63	4,23	-101,52	-53	-63	36500

976	290419,9	9111070	13,62	53	59	4,2	-100,8	-53	-59	36500
977	290560,2	9100685,4	13,94	53	91	4	-96	-53	-91	36500
978	290543,8	9110763,4	12,65	53	60	4	-96	-53	-60	36500
979	290821,7	9110273	16,26	53	60	4	-96	-53	-60	36500
980	290389,6	9111008,5	14,61	53	56	4	-96	-53	-56	36500
981	290677,6	9101761,4	12,05	53	94	3,6	-86,4	-53	-94	36500
982	291435,1	9110060,9	11,71	53	62	3,6	-86,4	-53	-62	36500
983	290758,3	9110733,7	12,46	53	72	3,13	-75,12	-53	-72	36500
984	291684,2	9109201,7	12,54	53	57	3	-72	-53	-57	36500
985	290604,7	9110825,1	12,9	53	0	2,5	-60	-53	0	36500
986	288721,3	9120710,2	44,28	53	68	2,34	-56,16	-53	-68	36500
987	289352,3	9103629,4	8,99	0	0	8,4	-201,6	0	0	36500
988	290549,5	9109534,4	13,57	54	66	18	-432	-54	-66	36500
989	289951	9100037,2	11,71	54	66	4,8	-115,2	-54	-66	36500
990	291561,2	9102718	11,13	54	70	4,23	-101,52	-54	-70	36500
991	291036,8	9110120,4	12,16	54	70	4,2	-100,8	-54	-70	36500
992	290057,8	9109900,8	10,41	54	56	4,18	-100,32	-54	-56	36500
993	290665,2	9111009,8	12,86	54	56	4	-96	-54	-56	36500
994	289849,6	9108578,6	8,17	54	58	4	-96	-54	-58	36500
995	290063,8	9108610,3	8,26	54	0	4	-96	-54	0	36500
996	290389	9111131,4	13,75	54	62	4	-96	-54	-62	36500
997	289412,4	9110389,4	13,74	54	58	4	-96	-54	-58	36500
998	289777,6	9110882,8	13,12	54	58	4	-96	-54	-58	36500
999	290724,3	9111471	12,2	54	59	4	-96	-54	-59	36500
1000	290680,8	9101085,4	15,01	54	68	3,6	-86,4	-54	-68	36500
1001	290588,7	9101146,4	12,23	54	96	3,6	-86,4	-54	-96	36500
1002	290486,2	9109964,2	11,52	54	58	3,6	-86,4	-54	-58	36500
1003	291713,4	9102903,1	12,37	54	62	3,6	-86,4	-54	-62	36500
1004	291729,2	9112704,6	9,36	54	78	3,6	-86,4	-54	-78	36500
1005	290144,6	9111007,4	12,78	54	68	3,6	-86,4	-54	-68	36500
1006	291558,9	9109815,7	11,19	54	0	3	-72	-54	0	36500
1007	290300,9	9110332,1	9,99	54	57	2,88	-69,12	-54	-57	36500
1008	291470,4	9102471,8	10,12	54	0	2,4	-57,6	-54	0	36500
1009	291307,8	9111104,9	7,93	54	56	2,2	-52,8	-54	-56	36500
1010	292106,9	9103888	9,54	54	0	1,6	-38,4	-54	0	36500
1011	287842,8	9112041,2	13,72	54	64	0,77	-18,48	-54	-64	36500
1012	291011,9	9102316	10,32	0	0	4,5	-108	0	0	36500
1013	291744,2	9102841,7	11,14	0	0	3,8	-91,2	0	0	36500
1014	290357,6	9111284,9	20,05	0	60	4	-96	0	-60	36500
1015	288721,2	9120740,8	40,4	0	65	9	-216	0	-65	36500
1016	289293,7	9116165,4	17,7	0	0	72	-1728	0	0	36500
1017	293606,7	9110685,3	6,3	55	0	18,6	-446,4	-55	0	36500
1018	290479,8	9111346,8	11,39	55	62	4,5	-108	-55	-62	36500
1019	290725,5	9111225,1	10,36	55	59	4,06	-97,44	-55	-59	36500
1020	290849,4	9110918,5	14,12	55	64	3,78	-90,72	-55	-64	36500
1021	291225,8	9102409,1	11,12	55	60	2,2	-52,8	-55	-60	36500
1022	290457,7	9109534	14,52	0	0	2,55	-61,2	0	0	36500
1023	290850,8	9110611,2	12,84	56	68	4	-96	-56	-68	36500
1024	289863,3	9099145,8	12,66	56	86	3,6	-86,4	-56	-86	36500
1025	290575,6	9110517,7	11,27	56	70	3,3	-79,2	-56	-70	36500
1026	290327,4	9111192,6	17,72	56	62	2,76	-66,24	-56	-62	36500
1027	289041,1	9111217,3	12,14	56	57	1	-24	-56	-57	36500
1028	292198,4	9103950	9,34	0	0	3,6	-86,4	0	0	36500
1029	291524	9110737,2	11,93	0	0	3	-72	0	0	36500
1030	290270,5	9110270,5	8,38	57	59	7,2	-172,8	-57	-59	36500
1031	288487,6	9111706,3	10,49	57	59	7,2	-172,8	-57	-59	36500
1032	290710,1	9107937,4	8,54	57	90	6,5	-156	-57	-90	36500
1033	290402,9	9108151,1	5,31	57	62	4,4	-105,6	-57	-62	36500
1034	291464,7	9110306,8	12,97	57	68	4	-96	-57	-68	36500
1035	291042,5	9108891,4	10,55	57	72	4	-96	-57	-72	36500
1036	290548,8	9109688	11,93	57	59	3,6	-86,4	-57	-59	36500
1037	290347,7	9100315,6	10,78	57	64	1,47	-35,28	-57	-64	36500

1038	291012,8	9102131,6	11,04	0	0	4	-96	0	0	36500
1039	290951,9	9102039,2	10,51	0	81	3,2	-76,8	0	-81	36500
1040	290561,1	9107045,7	4,41	58	79	39,6	-950,4	-58	-79	36500
1041	290495,7	9107936,4	7,4	58	79	39,6	-950,4	-58	-79	36500
1042	289523,2	9106334,1	9,06	58	84	36	-864	-58	-84	36500
1043	291506,5	9114516,4	15,16	58	78	8	-192	-58	-78	36500
1044	291743,7	9102964,6	13,69	58	66	5,32	-127,68	-58	-66	36500
1045	292014	9110708,7	7,32	58	61	4,8	-115,2	-58	-61	36500
1046	291037	9110059	12,02	58	61	4,8	-115,2	-58	-61	36500
1047	290469,3	9100500,6	10,11	58	87	4,24	-101,76	-58	-87	36500
1048	290602	9111408,9	10,78	58	64	4,06	-97,44	-58	-64	36500
1049	290818,9	9110887,6	13,72	58	68	3,75	-90	-58	-68	36500
1050	289813,7	9109715,3	9,48	58	64	3,7	-88,8	-58	-64	36500
1051	290004,8	9101604,6	9,45	58	0	3,68	-88,32	-58	0	36500
1052	290161,5	9100837,1	11,57	58	0	3,68	-88,32	-58	0	36500
1053	291248,5	9110705,2	16,97	58	76	3,6	-86,4	-58	-76	36500
1054	291162,4	9102869,8	9,18	58	89	3,6	-86,4	-58	-89	36500
1055	289890	9099975,6	9,97	0	0	2,08	-49,92	0	0	36500
1056	292288,5	9104319	8,25	59	67	4,2	-100,8	-59	-67	36500
1057	289922,1	9099668,4	13,44	59	84	3,6	-86,4	-59	-84	36500
1058	290711,3	9101116,2	15,44	59	93	3,5	-84	-59	-93	36500
1059	292015,8	9103703,3	9,91	0	0	2,49	-59,76	0	0	36500
1060	292148,7	9108066,9	10,3	60	71	8	-192	-60	-71	36500
1061	290493	9101975,5	7,91	60	90	7,2	-172,8	-60	-90	36500
1062	290246,7	9102250,9	7,82	60	78	4	-96	-60	-78	36500
1063	291646,2	9110799,2	11,97	60	64	3,4	-81,6	-60	-64	36500
1064	291953,4	9110585,6	7,95	60	75	3,4	-81,6	-60	-75	36500
1065	290681	9101054,7	15,27	60	78	3,2	-76,8	-60	-78	36500
1066	289512,2	9102186,1	9,69	60	63	3	-72	-60	-63	36500
1067	289513,1	9102001,7	7,27	60	63	3	-72	-60	-63	36500
1068	291681,5	9103179,5	10,69	60	90	2,8	-67,2	-60	-90	36500
1069	290878,4	9111256,5	9,01	60	74	2,64	-63,36	-60	-74	36500
1070	290430,7	9102190,4	10,76	60	90	1,8	-43,2	-60	-90	36500
1071	290226,4	9106583,2	6,37	60	61	1,2	-28,8	-60	-61	36500
1072	290800	9101792,6	6,85	60	80	1,2	-28,8	-60	-80	36500
1073	291591,4	9102810,3	10,87	0	0	2,2	-52,8	0	0	36500
1074	292083,3	9115655,8	22,88	0	0	18	-432	0	0	36500
1075	290256,9	9100069,4	11,81	61	0	8	-192	-61	0	36500
1076	291680,9	9109908,4	9,27	61	0	4,8	-115,2	-61	0	36500
1077	291617,2	9110430,4	13,6	61	72	2,03	-48,72	-61	-72	36500
1078	291104,3	9102193,5	10,89	0	0	3272	-78528	0	0	36500
1079	292056,6	9108128	8,81	62	70	8,8	-211,2	-62	-70	36500
1080	290890,3	9108675,7	8,78	62	78	7,5	-180	-62	-78	36500
1081	291160,1	9109936,7	10,78	62	65	3,13	-75,12	-62	-65	36500
1082	290939,8	9111226,1	9,95	62	80	2,88	-69,12	-62	-80	36500
1083	290704,1	9102652,5	9,65	62	74	2	-48	-62	-74	36500
1084	291096,2	9110520,1	17,58	62	68	2	-48	-62	-68	36500
1085	291187,2	9110704,9	17,3	62	68	1,6	-38,4	-62	-68	36500
1086	291441,4	9108709	10,95	63	66	4,2	-100,8	-63	-66	36500
1087	290680,8	9101085,4	15,01	63	98	3,6	-86,4	-63	-98	36500
1088	291001,4	9111165	9,19	63	80	2,8	-67,2	-63	-80	36500
1089	291343,6	9109998,9	11,73	63	76	2	-48	-63	-76	36500
1090	290258,2	9099792,9	15,05	64	95	3,5	-84	-64	-95	36500
1091	290709,3	9101546,4	10,27	64	89	2,5	-60	-64	-89	36500
1092	291684,1	9102626,4	8	64	78	1,3	-31,2	-64	-78	36500
1093	291407,2	9102901,7	8,2	64	78	1,3	-31,2	-64	-78	36500
1094	291375,6	9103116,5	8,24	0	0	3,6	-86,4	0	0	36500
1095	290228	9099731,3	13,63	65	94	3	-72	-65	-94	36500
1096	290953,6	9101670,4	7,53	0	0	2,86	-68,64	0	0	36500
1097	290439,5	9100316,1	9,79	66	90	4,2	-100,8	-66	-90	36500
1098	290529,4	9100715,9	11,8	66	88	4	-96	-66	-88	36500
1099	291313,2	9109937,4	11,86	66	72	3,6	-86,4	-66	-72	36500

1100	291409,5	9102410	11,47	66	74	3,2	-76,8	-66	-74	36500
1101	290161,4	9100867,8	12,18	0	0	7,54	-180,96	0	0	36500
1102	291164,5	9108984,2	11,14	0	0	5,96	-143,04	0	0	36500
1103	291125	9110919,8	14,04	67	79	3	-72	-67	-79	36500
1104	290590,3	9100808,5	13,34	67	110	2,88	-69,12	-67	-110	36500
1105	290590,3	9100808,5	13,34	67	110	2,8	-67,2	-67	-110	36500
1106	290499,8	9100531,5	10,89	67	84	2,52	-60,48	-67	-84	36500
1107	290070	9100775,3	10,94	67	79	1,8	-43,2	-67	-79	36500
1108	290982,4	9102070,1	11,09	68	82	4,5	-108	-68	-82	36500
1109	290009	9100713,5	9,1	68	98	3,93	-94,32	-68	-98	36500
1110	290047,3	9099085,2	6,63	68	98	3,6	-86,4	-68	-98	36500
1111	289982,8	9099760,9	11,61	68	99	3,5	-84	-68	-99	36500
1112	289427,1	9100741,5	7,96	68	76	2,5	-60	-68	-76	36500
1113	291403,9	9110214,4	12,76	68	74	2	-48	-68	-74	36500
1114	291034,6	9110581,3	14,28	0	0	1,2	-28,8	0	0	36500
1115	291463,8	9110491,2	15,56	69	77	2571	-61704	-69	-77	36500
1116	290107	9099392,8	11,7	69	84	4	-96	-69	-84	36500
1117	291586,4	9110461	13,94	69	79	3,6	-86,4	-69	-79	36500
1118	291406,5	9103055,2	6,53	69	80	3,6	-86,4	-69	-80	36500
1119	289833,1	9099053,4	14,13	69	90	3,43	-82,32	-69	-90	36500
1120	290706,4	9102160,9	10,44	69	90	2,83	-67,92	-69	-90	36500
1121	289925	9099053,9	10,92	69	75	2,4	-57,6	-69	-75	36500
1122	290255,6	9100346	12,03	0	0	3,5	-84	0	0	36500
1123	290348,8	9100069,9	14,55	70	97	3,2	-76,8	-70	-97	36500
1124	291433	9110521,7	16,02	70	78	2,4	-57,6	-70	-78	36500
1125	291248,1	9110797,3	15,43	70	75	2	-48	-70	-75	36500
1126	290107,4	9099300,6	12,51	70	96	1,5	-36	-70	-96	36500
1127	291226,9	9102163,4	11,64	71	0	2,8	-67,2	-71	0	36500
1128	289715,1	9104614,3	5,01	71	102	2,8	-67,2	-71	-102	36500
1129	290072,8	9106674,6	5,82	71	0	1,3	-31,2	-71	0	36500
1130	289832,5	9099176,3	12,78	0	0	2,08	-49,92	0	0	36500
1131	289981,3	9106612,8	7,08	72	100	12	-288	-72	-100	36500
1132	290827,3	9102499,4	8,76	72	100	3,4	-81,6	-72	-100	36500
1133	290647,6	9101638,3	10,55	72	101	3,12	-74,88	-72	-101	36500
1134	290710,9	9101208,5	12,49	72	128	2,3	-55,2	-72	-128	36500
1135	290981,8	9102193	11,26	73	104	3,2	-76,8	-73	-104	36500
1136	290067,9	9101205,4	8,72	73	117	1,8	-43,2	-73	-117	36500
1137	289894,2	9099084,5	12,29	74	82	2,03	-48,72	-74	-82	36500
1138	287992,7	9119293,4	75,82	75	0	26,4	-633,6	-75	0	36500
1139	287901,3	9119200,8	75,52	75	0	26,4	-633,6	-75	0	36500
1140	289321,8	9103598,5	8,09	75	0	3,6	-86,4	-75	0	36500
1141	290771,3	9101393	12,09	75	116	3	-72	-75	-116	36500
1142	291248,3	9110735,9	16,5	75	82	2,66	-63,84	-75	-82	36500
1143	290858,4	9102407,4	11,12	76	88	1,25	-30	-76	-88	36500
1144	290681	9101054,7	15,27	0	0	3	-72	0	0	36500
1145	289986,6	9098962	8,01	77	91	3,6	-86,4	-77	-91	36500
1146	290494,6	9101637,6	9,23	77	102	3,5	-84	-77	-102	36500
1147	290912,9	9110427,1	15,01	77	84	3,43	-82,32	-77	-84	36500
1148	291349,1	9102225,3	9,88	77	0	2,9	-69,6	-77	0	36500
1149	290797,4	9102345,6	9,09	78	87	12,5	-300	-78	-87	36500
1150	290798,1	9102192,1	11,83	78	95	3,27	-78,48	-78	-95	36500
1151	290107,3	9099331,3	12,17	78	92	3,2	-76,8	-78	-92	36500
1152	290950,3	9102377,1	11,8	78	88	3,13	-75,12	-78	-88	36500
1153	290106,6	9099484,9	10,51	78	100	2,8	-67,2	-78	-100	36500
1154	290404,1	9101329,9	8,68	78	103	0,88	-21,12	-78	-103	36500
1155	290046,4	9099269,6	12,94	0	0	0,9	-21,6	0	0	36500
1156	291380,2	9102133,3	5,11	0	0	2,84	-68,16	0	0	36500
1157	290772,8	9101055	14,08	80	98	1885	-45240	-80	-98	36500
1158	290256,1	9100253,8	11,91	80	99	2,88	-69,12	-80	-99	36500
1159	289645,8	9099820,8	11,16	80	96	1,6	-38,4	-80	-96	36500
1160	290161,4	9100867,8	12,18	0	0	6	-144	0	0	36500
1161	290849	9117616,6	48,55	0	0	15	-360	0	0	36500

1162	289861,7	9099483,8	16,19	82	91	2,1	-50,4	-82	-91	36500
1163	290644,7	9102252,8	8,78	82	121	1,6	-38,4	-82	-121	36500
1164	291288,6	9102071,5	5,7	83	104	2,7	-64,8	-83	-104	36500
1165	290710,9	9101208,5	12,49	83	120	2,4	-57,6	-83	-120	36500
1166	290161,8	9100775,7	9,97	83	101	1,9	-45,6	-83	-101	36500
1167	290318,4	9100039	13,83	83	88	0,8	-19,2	-83	-88	36500
1168	291135,9	9101978,5	12,21	0	0	4,1	-98,4	0	0	36500
1169	290433,9	9101514,4	7,93	0	0	1,5	-36	0	0	36500
1170	290288,6	9099854,5	14,2	84	106	3,56	-85,44	-84	-106	36500
1171	291227,2	9102101,9	12,16	84	97	3,2	-76,8	-84	-97	36500
1172	291288,8	9102040,8	5,41	84	105	3	-72	-84	-105	36500
1173	290559,8	9100777,6	12,03	84	96	2,93	-70,32	-84	-96	36500
1174	290257,6	9099915,8	13,6	84	104	1,62	-38,88	-84	-104	36500
1175	290378,1	9100346,5	10,53	84	120	1,5	-36	-84	-120	36500
1176	290349	9100039,1	14,95	84	90	1,5	-36	-84	-90	36500
1177	291717,1	9108679,5	10,51	84	120	1,5	-36	-84	-120	36500
1178	290002,9	9108548,7	7,99	84	120	1,5	-36	-84	-120	36500
1179	291042,4	9102346,9	10,15	84	92	1,25	-30	-84	-92	36500
1180	290951,8	9102069,9	10,51	85	103	2,4	-57,6	-85	-103	36500
1181	291165,3	9102255,2	11,26	86	104	2,88	-69,12	-86	-104	36500
1182	290468,4	9100685	9,14	86	102	1,2	-28,8	-86	-102	36500
1183	290650,7	9100962,4	15,35	87	114	3	-72	-87	-114	36500
1184	291166,3	9102040,2	14,04	87	102	1,3	-31,2	-87	-102	36500
1185	290586,3	9101668,7	11,4	88	110	1,76	-42,24	-88	-110	36500
1186	290615,9	9101884	11,24	88	110	1,76	-42,24	-88	-110	36500
1187	290437,6	9100715,5	7,93	88	0	0,4	-9,6	-88	0	36500
1188	290560,1	9100716,1	13,16	89	115	2,57	-61,68	-89	-115	36500
1189	289947,8	9100713,2	8,17	90	100	2,51	-60,24	-90	-100	36500
1190	291075,2	9101855,4	12,96	90	114	2,4	-57,6	-90	-114	36500
1191	290710,4	9101300,6	11,72	90	97	1,6	-38,4	-90	-97	36500
1192	290650,6	9100993	14,79	90	108	1,53	-36,72	-90	-108	36500
1193	290283,1	9101022	11,6	90	110	1,5	-36	-90	-110	36500
1194	290194,7	9100284,2	10,28	90	103	1,25	-30	-90	-103	36500
1195	291348,6	9102317,6	11,33	91	102	3,8	-91,2	-91	-102	36500
1196	290348,8	9100069,9	14,55	91	118	3,2	-76,8	-91	-118	36500
1197	290340,5	9101851,9	8,38	91	114	2,76	-66,24	-91	-114	36500
1198	289950,1	9100221,6	9,58	91	112	1,5	-36	-91	-112	36500
1199	290649,5	9101238,9	11,06	91	101	1,2	-28,8	-91	-101	36500
1200	290042,9	9100006,9	11,97	91	124	0,8	-19,2	-91	-124	36500
1201	290400,6	9102067,3	9,53	92	100	6	-144	-92	-100	36500
1202	290379,2	9100100,8	14,31	92	106	3,7	-88,8	-92	-106	36500
1203	290588,4	9101207,9	11,06	92	114	2,4	-57,6	-92	-114	36500
1204	290191,7	9100929,5	12,82	93	118	0,8	-19,2	-93	-118	36500
1205	290193	9100653	7	96	101	3,2	-76,8	-96	-101	36500
1206	290741,2	9101270	12,41	0	0	3,2	-76,8	0	0	36500
1207	290401,2	9101944,3	8,26	97	104	6	-144	-97	-104	36500
1208	290767,6	9102192	11,68	97	110	3,42	-82,08	-97	-110	36500
1209	290279	9101882,4	7,31	98	109	1,8	-43,2	-98	-109	36500
1210	290831,6	9101577,7	13,17	99	116	1,8	-43,2	-99	-116	36500
1211	290347,4	9100377,1	11,36	100	110	3,13	-75,12	-100	-110	36500
1212	290432,2	9101883,1	7,6	100	110	2,78	-66,72	-100	-110	36500
1213	290318,5	9100008,2	14,34	102	109	1,67	-40,08	-102	-109	36500
1214	289800,1	9099575,7	18,98	102	116	1,25	-30	-102	-116	36500
1215	290316,2	9100499,9	9,35	0	0	1,85	-44,4	0	0	36500
1216	290192,9	9100683,7	7,57	0	0	2,2	-52,8	0	0	36500
1217	290227,8	9099762	14,13	103	116	2,1	-50,4	-103	-116	36500
1218	290740,7	9101392,9	11,1	0	0	2,77	-66,48	0	0	36500
1219	289642,1	9100588,9	8,65	0	0	2,77	-66,48	0	0	36500
1220	290589	9101085	12,34	0	0	0,68	-16,32	0	0	36500
1221	290589,3	9101023,5	11,58	107	111	1,71	-41,04	-107	-111	36500
1222	290408	9100500,3	9,04	107	113	1,2	-28,8	-107	-113	36500
1223	290678,5	9101577	10,02	108	116	2,8	-67,2	-108	-116	36500

1224	290650,9	9100931,6	15,89	108	120	1,5	-36	-108	-120	36500
1225	289617,5	9099329	12,7	0	0	3,6	-86,4	0	0	36500
1226	290709,9	9101423,5	11,14	110	120	1,25	-30	-110	-120	36500

CPRH (2012) - Drenagem - planície do Recife – cotas

ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z	ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z
0	285941.43	9107744.23	7.46	65	283523.53	9098616.98	8.39
1	286054.21	9102127.14	25.95	66	283713.92	9099112.61	6.71
2	285878.83	9102590.57	16.26	67	285006.05	9100213.34	21.23
3	285981.83	9106402.65	10.78	68	283035.48	9108530.67	13.42
4	285816.00	9104306.41	10.30	69	284683.10	9106554.80	22.15
5	282614.72	9100287.31	17.25	70	283735.95	9108725.47	12.61
5	283257.24	9099762.56	13.25	71	283946.81	9108387.21	12.00
6	282633.23	9099751.45	18.51	72	285849.19	9107888.45	8.65
7	283505.05	9098824.07	7.01	73	289143.29	9099335.54	11.56
8	283550.66	9098866.70	6.11	74	289167.83	9105639.60	0.04
9	283250.40	9098957.98	8.00	75	289037.77	9105341.18	3.88
10	283085.72	9099337.23	19.20	76	286554.93	9106724.88	9.02
11	282990.23	9099403.14	15.71	77	286362.43	9102361.51	11.68
12	283512.92	9098260.67	6.80	78	286015.77	9102574.00	14.54
13	284196.87	9102264.94	35.69	79	286128.96	9102563.82	13.11
14	284086.00	9101771.75	27.15	80	286233.67	9102529.76	11.90
15	284146.73	9100724.55	16.40	81	288319.70	9101819.43	9.93
16	284099.57	9099721.85	9.37	82	288544.91	9102029.54	7.24
17	284432.21	9100085.54	13.09	83	288891.52	9102635.99	7.78
18	285129.55	9101611.19	29.65	84	288908.39	9103279.83	6.98
19	285438.65	9100569.07	22.15	85	288075.37	9099931.84	15.04
20	285735.08	9101118.57	35.54	86	288384.60	9099446.65	15.92
21	285744.31	9102638.48	19.32	87	288826.60	9099341.24	11.90
22	285678.19	9102835.17	24.10	88	289006.18	9099274.75	10.11
23	285599.45	9103059.03	30.50	89	286402.29	9107634.14	9.22
24	285319.36	9103073.48	50.98	90	286524.70	9107311.57	5.87
25	285790.12	9106340.96	9.23	91	286502.08	9106932.15	8.55
26	285631.15	9106402.36	9.18	92	286529.52	9106850.19	8.69
27	285443.46	9106491.35	10.28	93	286466.42	9106875.91	9.76
28	285123.92	9106599.77	11.57	94	286356.65	9106599.69	11.08
29	285324.42	9107761.57	12.99	95	286395.29	9106840.50	8.46
30	285025.92	9107648.55	9.06	96	286106.49	9106526.97	11.68
31	284814.37	9107767.91	10.49	97	286317.42	9107708.04	8.19
32	283942.35	9107761.90	14.63	98	286119.65	9107749.53	7.37
33	284597.15	9106191.16	12.54	99	288267.29	9103948.98	5.54
34	284800.65	9106381.13	12.42	100	288834.77	9103573.60	4.42
35	284834.04	9106606.15	18.77	101	289036.15	9098941.05	12.30
36	285082.16	9106999.35	9.89	102	286575.59	9101851.62	13.27
37	284321.32	9107331.93	15.99	103	287426.02	9101100.52	10.97
38	284723.75	9106955.90	10.89	104	288062.85	9104267.68	8.61
39	285074.25	9107498.68	8.74	105	288119.25	9104378.58	5.72
40	285014.77	9104776.71	9.33	106	288180.59	9104441.77	5.54
41	285235.51	9104639.27	10.43	107	288280.62	9104498.98	7.07
42	284691.79	9104903.97	16.94	108	288021.23	9104390.67	5.37
43	284357.85	9104923.01	21.64	109	288357.83	9104963.55	5.72
44	283341.51	9108191.41	18.27	110	288223.38	9105098.45	4.75
45	283895.55	9109046.24	13.56	111	288370.82	9105146.59	5.77
46	285660.36	9108068.93	9.79	112	288243.95	9105090.78	4.68
47	285521.07	9108119.68	13.34	113	288352.98	9105076.09	5.33
48	284093.59	9108604.90	11.50	114	288430.82	9105042.93	4.73
49	285133.90	9107965.35	13.69	115	288058.13	9105424.51	6.16
50	284667.65	9108473.17	12.67	116	289076.18	9105400.07	1.09
51	284246.16	9108068.98	11.85	117	288969.02	9105409.28	1.72

52	285759.44	9108021.60	8.16	118	289046.77	9105519.16	0.00
53	285709.89	9108110.26	9.11	119	289057.12	9105455.57	0.41
54	285686.89	9108196.25	9.28	120	288844.93	9105725.32	1.42
55	285638.50	9108377.08	10.05	121	289179.93	9105566.85	0.28
56	285471.15	9108205.19	11.82	122	290746.09	9105609.75	3.51
57	285546.04	9108402.51	11.18	123	290985.34	9105056.24	7.44
58	285594.21	9108542.60	11.19	124	290134.02	9103961.41	6.56
59	285556.09	9108685.11	10.82	125	289608.08	9098314.16	7.00
60	284075.21	9101727.74	25.20	126	289312.65	9099471.09	11.61
61	284461.44	9104923.12	23.94	127	289341.21	9099661.78	9.72
62	284716.95	9105397.39	19.80	128	289614.20	9099766.08	13.77
63	284354.59	9104916.83	22.12	129	289666.90	9100172.61	7.82
64	284149.17	9103335.90	37.38	130	289435.88	9100950.23	7.19
ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z	ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z
131	289590.69	9101497.79	5.37	195	288706.33	9112763.52	15.66
132	289608.28	9101543.00	5.87	196	288552.72	9113532.49	36.91
133	289821.04	9098791.50	9.72	197	288459.64	9113263.05	37.92
134	290013.00	9099163.00	10.37	198	288423.97	9113092.29	33.02
135	290132.01	9099471.17	9.98	199	288388.94	9112915.76	17.08
136	290193.16	9099919.02	12.35	200	288625.51	9113756.51	36.33
137	290295.00	9100164.87	12.56	201	288626.33	9114879.07	23.38
138	290343.39	9100558.53	7.05	202	287094.75	9112762.17	11.84
139	290408.38	9100983.69	7.55	203	287070.46	9112647.64	10.29
140	290511.16	9101219.23	9.50	204	288898.64	9110374.66	7.93
141	290456.60	9101086.34	8.33	205	288496.45	9110321.42	8.97
142	290542.46	9101406.64	8.38	206	286515.45	9112139.33	6.67
143	290554.53	9101550.10	8.74	207	287215.80	9111729.94	9.04
144	290456.81	9101926.61	7.07	208	286780.25	9113442.63	27.76
145	290422.16	9102294.02	8.83	209	287077.73	9111811.19	9.04
146	291314.91	9103415.35	7.31	210	286801.91	9113706.31	21.37
147	289640.54	9101561.02	6.19	211	286803.14	9113088.02	9.19
148	289787.96	9102100.29	5.93	212	288844.93	9105725.32	1.42
149	289932.46	9104485.34	4.79	213	289127.21	9112415.16	13.85
150	290010.09	9104464.41	6.20	214	291736.38	9110094.33	11.14
151	290068.28	9104720.35	9.50	215	289841.70	9107123.31	6.16
152	290237.86	9104545.73	7.97	216	289708.60	9107056.89	7.47
153	290168.41	9104783.51	10.63	217	289688.13	9108488.96	8.00
154	290355.49	9104793.96	9.04	218	289881.11	9107849.15	5.30
155	290467.06	9105094.58	3.59	219	289664.38	9108104.17	6.95
156	290513.44	9105311.60	3.36	220	289565.37	9108729.89	8.57
157	290434.65	9105115.48	3.05	221	289473.69	9108804.33	8.27
158	290511.77	9104956.44	7.04	222	291742.29	9113239.69	9.76
159	290543.12	9105282.60	3.32	223	292029.02	9113222.46	7.46
160	290491.61	9105200.85	3.92	224	292236.11	9113008.60	8.00
161	283873.38	9098671.66	7.50	225	292300.60	9112987.43	8.00
162	279456.45	9121861.54	97.59	226	292370.53	9112966.62	7.80
163	278695.22	9123427.11	88.15	227	291537.44	9112042.14	7.84
163	277621.88	9122929.54	118.38	228	291786.90	9111989.21	7.30
163	279268.97	9123260.18	98.41	229	291681.56	9111942.04	6.70
164	279202.35	9122265.89	103.99	230	290537.23	9112667.75	11.34
165	278420.98	9121178.01	99.84	231	289978.11	9112754.99	39.34
166	278960.55	9119618.07	106.02	232	289537.28	9113377.64	30.95
167	285517.41	9113462.92	14.09	233	289651.53	9112941.51	21.84
168	285500.71	9113363.14	14.33	234	289632.22	9113019.36	16.66
169	285648.67	9112710.08	6.56	235	291119.45	9113108.77	14.80
170	285374.72	9112804.18	8.30	236	291004.29	9113279.31	18.12
171	285321.13	9113861.52	13.00	237	290957.30	9113442.40	19.85
172	285393.54	9113116.15	10.08	238	290970.43	9113601.66	30.30
173	292675.51	9112780.73	5.25	239	290987.25	9112891.84	11.56
174	294708.14	9110578.91	0.00	240	290837.64	9112673.64	10.13
175	292207.73	9112223.25	6.79	241	290722.99	9112554.52	9.95
176	291688.09	9106392.53	4.89	242	290720.01	9112389.46	9.03

177	292499.08	9114227.64	8.09	243	290780.03	9112232.32	9.50
178	289282.25	9112231.44	14.04	244	291328.77	9112098.36	7.68
179	289152.25	9106880.70	6.16	245	290760.70	9111599.29	11.20
180	289363.78	9114404.75	21.11	246	291030.53	9111872.97	9.42
181	289255.45	9110488.33	8.60	247	291022.72	9112076.99	8.72
182	288574.63	9107078.87	9.21	248	290820.14	9112130.84	9.95
183	288534.89	9107165.25	9.39	249	290432.87	9112259.44	7.92
184	288529.10	9107229.36	9.68	250	291202.13	9112026.12	7.75
185	288505.41	9107442.71	10.00	251	290790.45	9112159.53	9.69
186	288257.88	9107709.59	9.33	252	290749.32	9112158.56	9.40
187	288037.86	9107927.37	9.81	253	290104.36	9112217.12	10.62
188	287190.88	9109966.98	10.98	254	289970.89	9112191.44	11.73
189	287211.85	9110231.46	10.97	255	289844.54	9112175.32	12.66
190	287191.08	9110342.44	10.27	256	289688.71	9112170.45	13.50
191	287155.15	9110465.66	10.75	257	289481.57	9112161.03	12.74
192	287200.15	9110619.90	9.74	258	292002.01	9115046.67	14.74
193	287579.69	9110596.85	8.21	259	292260.64	9114710.41	8.68
194	287319.88	9110614.49	9.90	260	292262.23	9114469.49	6.76
ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z	ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z
261	292081.00	9114480.69	7.42	310	294162.91	9117769.53	16.27
262	291633.16	9114667.98	7.91	310	293191.46	9117330.13	28.55
263	291183.77	9114796.51	10.97	311	292769.80	9116762.97	31.09
264	290886.45	9114923.48	11.06	312	280263.40	9122548.65	72.38
265	290496.81	9114974.02	12.89	313	279769.14	9122835.10	88.54
266	290682.42	9114793.27	14.18	314	281681.29	9118533.26	79.65
267	290449.04	9114549.19	14.94	315	281190.14	9120371.43	74.79
268	289984.99	9114369.42	14.09	316	290672.47	9116456.61	21.98
269	290091.96	9107608.18	2.54	317	285306.42	9116803.88	47.08
270	292449.37	9112928.75	7.67	318	283770.97	9115387.70	53.66
271	292927.03	9114497.66	8.74	319	298214.96	9119929.51	4.00
272	293081.05	9115116.27	18.25	319	298065.97	9119830.07	5.00
273	292679.70	9112489.12	7.63	319	297898.10	9118787.11	8.04
274	293541.84	9114951.28	7.35	320	286827.57	9118332.23	34.72
275	293910.41	9114672.31	8.00	321	285769.65	9122864.20	40.03
276	293862.03	9114889.89	8.55	321	288100.55	9122350.32	33.07
277	293846.20	9115101.99	11.40	321	284428.08	9122288.84	46.09
278	293127.97	9112764.85	5.61	321	284031.60	9122087.44	47.65
279	293761.48	9111119.55	8.46	321	283595.45	9121905.39	50.15
280	294407.96	9109874.44	0.00	321	281326.54	9121801.33	58.30
281	293910.30	9111357.88	4.99	321	283258.73	9121712.72	52.41
282	294237.52	9111487.01	5.57	322	282707.71	9098648.54	7.00
283	294221.57	9111660.54	6.96	322	284519.04	9094752.84	5.56
284	294024.64	9111687.66	9.73	322	282868.63	9090712.76	8.60
285	293846.53	9111804.83	7.61	322	282927.11	9090915.14	11.00
286	292977.28	9112918.98	5.01	322	286938.12	9089521.43	0.00
287	292937.18	9113583.18	6.89	322	282977.04	9090727.11	8.00
288	292846.72	9112617.80	5.77	322	282984.60	9090558.52	7.00
289	293273.82	9112587.10	7.72	322	281351.55	9090416.14	13.77
290	293176.67	9113011.92	5.50	322	282997.70	9090384.23	7.39
291	292718.43	9114005.74	7.95	322	281449.27	9090329.69	10.99
292	295462.72	9115102.34	17.26	322	282605.46	9089935.10	7.43
293	293789.89	9111308.05	5.20	322	281691.34	9090018.97	8.15
294	294037.89	9114662.93	7.54	322	284996.97	9089930.15	4.53
294	293374.63	9112897.69	5.13	322	284281.58	9089421.81	4.07
294	295021.95	9112158.51	4.70	322	284421.61	9089188.95	5.09
294	292344.56	9110476.87	7.55	323	286060.42	9097308.83	7.58
294	294397.78	9110301.86	18.00	324	284866.65	9091342.67	1.28
294	294681.68	9109658.06	0.00	325	286526.42	9095158.14	4.23
294	294247.47	9108603.48	0.00	326	282522.24	9091309.54	10.55
294	289179.93	9103836.40	6.05	327	284331.77	9095780.82	9.30
295	292703.02	9105002.77	6.76	328	285066.23	9090259.73	4.70
295	292504.96	9104294.43	3.21	329	284632.49	9090991.56	3.60

296	286836.81	9112706.89	7.58	330	284541.64	9090275.26	4.66
296	287519.52	9111400.56	11.43	331	284048.80	9091082.34	5.92
297	283593.17	9120687.30	94.57	332	285331.07	9097794.41	7.46
298	295672.55	9120261.63	4.30	333	285494.35	9098388.73	7.38
298	296226.83	9120148.51	7.44	334	284700.09	9097986.62	7.34
299	289032.93	9118573.36	67.07	335	284869.19	9098592.61	10.15
300	298421.31	9119611.54	4.00	336	284071.72	9097365.78	7.77
300	298227.46	9118898.75	8.00	337	285456.03	9096197.18	5.16
300	297900.87	9117790.34	14.36	338	284528.78	9097138.43	5.11
300	297829.31	9117446.37	0.00	339	284911.83	9097536.02	6.46
300	297401.72	9116373.16	6.02	340	284735.74	9097641.14	6.45
300	297434.93	9115764.49	9.56	341	284218.94	9090132.69	7.00
301	287570.12	9120109.93	41.13	342	284871.32	9092400.47	4.29
302	285247.13	9120431.99	98.23	343	289316.01	9097899.85	10.75
303	285390.16	9121697.05	52.52	344	286507.74	9089516.36	7.77
304	285645.61	9122950.01	48.61	345	286578.89	9090513.20	4.00
305	282725.60	9121771.98	51.00	346	288113.61	9096024.01	6.24
306	296885.43	9118871.90	7.43	347	288759.13	9096399.90	5.92
307	296267.79	9116274.74	7.60	348	288907.60	9096789.76	9.48
308	296694.57	9115684.54	10.59	349	288863.36	9096681.53	7.45
309	294185.77	9118608.87	11.22	350	289004.56	9097026.78	9.66
309	288799.66	9118065.16	69.70	351	288969.09	9096946.55	9.25
309	295552.32	9117398.29	8.26	352	288940.22	9096871.58	9.91
ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z	ORIG_FID	Coord_X	Coord_Y	Z
353	289058.62	9097203.70	9.13	419	283215.52	9113072.57	8.06
354	289045.80	9097112.69	9.39	420	283155.69	9113155.30	9.82
355	289077.10	9097282.62	9.70	421	282992.19	9113279.97	11.73
356	289130.17	9097464.88	8.80	422	285648.67	9112710.08	6.56
357	289096.35	9097361.77	9.45	423	285374.72	9112804.18	8.30
358	289171.90	9097545.19	9.06	424	283995.27	9112857.46	6.80
359	288559.82	9096548.55	10.56	425	284009.30	9113938.29	16.47
360	288015.66	9096455.89	6.24	426	294708.14	9110578.91	0.00
361	287408.33	9096244.21	9.49	427	291688.09	9106392.53	4.89
362	286979.73	9096128.70	10.77	428	289152.25	9106880.70	6.16
363	286816.99	9096075.12	11.95	429	288574.63	9107078.87	9.21
364	287585.53	9097709.03	13.33	430	288534.89	9107165.25	9.39
365	287384.34	9097628.17	12.55	431	288529.10	9107229.36	9.68
366	287001.03	9097508.82	11.20	432	288505.41	9107442.71	10.00
367	286645.37	9097475.04	9.16	433	288257.88	9107709.59	9.33
368	286480.17	9097338.50	10.56	434	288037.86	9107927.37	9.81
369	286297.78	9097317.90	8.15	435	286853.15	9109921.57	11.63
370	286707.39	9095017.81	3.38	436	287190.88	9109966.98	10.98
371	289608.08	9098314.16	7.00	437	287211.85	9110231.46	10.97
372	285896.88	9109714.36	15.52	438	287191.08	9110342.44	10.27
373	282807.90	9113635.88	11.57	439	287155.15	9110465.66	10.75
374	282609.90	9112490.54	19.01	440	287200.15	9110619.90	9.74
375	282565.79	9113331.93	14.75	441	287579.69	9110596.85	8.21
376	281628.17	9114522.78	52.90	442	286429.61	9109894.21	14.00
377	282250.33	9113860.73	25.12	443	287319.88	9110614.49	9.90
378	282047.69	9114281.47	26.29	444	287094.75	9112762.17	11.84
379	282364.37	9113826.51	20.27	445	287070.46	9112647.64	10.29
380	282240.92	9112283.75	25.18	446	287215.80	9111729.94	9.04
381	282163.43	9112304.01	30.17	447	286780.25	9113442.63	27.76
382	281917.64	9114448.38	34.88	448	290567.24	9106691.83	5.38
383	282576.55	9113901.88	18.63	449	291736.38	9110094.33	11.14
384	284849.01	9113180.21	10.64	450	289841.70	9107123.31	6.16
385	284477.87	9113579.59	13.37	451	289708.60	9107056.89	7.47
386	284995.85	9112933.57	7.26	452	289688.13	9108488.96	8.00
387	283622.57	9111114.12	10.27	453	289881.11	9107849.15	5.30
388	284253.94	9111723.39	9.71	454	289664.38	9108104.17	6.95
389	284013.12	9111680.91	9.72	455	289565.37	9108729.89	8.57
390	284586.05	9109734.44	15.98	456	289473.69	9108804.33	8.27

391	284487.05	9109655.50	14.95	457	293541.84	9114951.28	7.35
392	284453.52	9109424.77	14.21	458	293910.41	9114672.31	8.00
393	284620.98	9109303.35	17.97	459	293862.03	9114889.89	8.55
394	284941.16	9109212.48	13.96	460	293846.20	9115101.99	11.40
395	285350.41	9109758.00	16.94	461	293761.48	9111119.55	8.46
396	285099.97	9109545.37	14.73	462	294407.96	9109874.44	0.00
397	285093.36	9109408.58	15.35	463	293910.30	9111357.88	4.99
398	285123.49	9109288.16	12.97	464	294237.52	9111487.01	5.57
399	285132.73	9109123.96	15.11	465	294221.57	9111660.54	6.96
400	284854.35	9108702.07	12.73	466	294024.64	9111687.66	9.73
401	285517.41	9113462.92	14.09	467	293846.53	9111804.83	7.61
402	285500.71	9113363.14	14.33	468	293176.67	9113011.92	5.50
403	284435.63	9112637.03	7.11	469	293789.89	9111308.05	5.20
404	284865.00	9112717.49	8.02	470	286836.81	9112706.89	7.58
405	284491.45	9112622.81	7.00	470	287519.52	9111400.56	11.43
406	282971.51	9113432.03	12.68	471	279813.62	9117179.79	68.51
407	283057.39	9113355.98	12.00	472	280553.72	9116326.35	90.23
408	283137.85	9113332.74	11.80	473	282418.64	9116458.18	90.36
409	283257.74	9113321.32	11.55	474	276422.64	9119862.94	101.11
410	283437.50	9113322.19	9.90	474	280134.90	9115715.03	59.76
411	283595.45	9113269.12	8.71				
412	283681.45	9113214.54	6.90				
413	283153.70	9112992.80	10.52				
414	283219.68	9113024.91	8.20				
415	283096.55	9112802.55	27.11				
416	283368.13	9112884.82	9.12				
417	283902.72	9112764.08	5.51				
418	283284.76	9112995.78	9.28				

VMF - HEAD CALC vs OBS

Well/Point Name	X-Model	Y-Model	X-World	Y-World	Obs,	Calc,	Calc,-Obs,	Times
41640	286445,3	9105533	289863,3	9099146	56,00	0,573521	-5.542.648	1.406.081
41922	286375,5	9105703	289862,4	9099330	32,00	0,00212	-3.199.788	1.406.081
41954	286600,9	9108950	291287,7	9102256	30,60	0,343048	-3.025.695	1.406.081
41985	286480,1	9105447	289863,7	9099054	30,00	0,00282	-2.999.718	1.406.081
13/13	286495,8	9108641	291074,5	9102009	30,00	0,330585	-2.966.941	1.406.081
14/14	286670,9	9111203	292196,7	9104319	29,00	0,000879	-2.899.912	1.406.081
15/15	286231,6	9109528	291162,1	9102931	29,00	0,001795	-2.899.821	1.406.081
16/16	286475,8	9110791	291861,4	9104010	29,00	0,000656	-2.899.934	1.406.081
17/17	286570,8	9108538	291105,7	9101886	28,00	0,001353	-2.799.865	1.406.081
18/18	286809,2	9111027	292259	9104104	28,00	0,001107	-2.799.889	1.406.081
19/19	286525,9	9108487	291044,7	9101855	27,00	0,001299	-269.987	1.406.081
41672	286678	9111671	292378,5	9104750	42,00	0,000917	-4.199.908	1.406.081
20/20	286544,6	9108926	291226,5	9102255	27,00	0,001872	-2.699.813	1.406.081
21/21	286582,8	9109075	291317,8	9102379	27,00	0,001788	-2.699.821	1.406.081
22/22	286611,2	9109086	291348,4	9102379	27,00	0,001769	-2.699.823	1.406.081
23/23	285859	9123453	296032,7	9115981	36,34	0,04051	-3.629.949	1.406.081
24/24	286764,1	9110975	292197,8	9104073	26,00	0,001011	-2.599.899	1.406.081
25/25	286385	9109558	291315,4	9102901	26,00	0,001665	-2.599.833	1.406.081
26/26	286574,1	9108773	291196,5	9102102	25,00	0,001657	-2.499.834	1.406.081
27/27	286699,6	9109355	291531,1	9102595	25,00	0,001686	-2.499.831	1.406.081
28/28	286491	9108572	291044,3	9101947	24,00	0,001429	-2.399.857	1.406.081
29/29	286382,7	9108594	290952,1	9102008	24,00	0,001453	-2.399.855	1.406.081
41701	285998,1	9125701	297003,7	9118013	42,83	0,038526	-4.279.147	1.406.081
30/30	286522,7	9108818	291165,7	9102163	24,00	0,001753	-2.399.825	1.406.081
31/31	286504,1	9110802	291891,9	9104010	24,00	0,000681	-2.399.932	1.406.081
32/32	286492,4	9110831	291891,8	9104041	24,00	0,00064	-2.399.936	1.406.081
33/33	286768,1	9111774	292500,7	9104812	24,00	0,001042	-2.399.896	1.406.081
34/34	286826,2	9113491	293197,7	9106382	24,00	0,00025	-2.399.975	1.406.081

35/35	286629,4	9108961	291318,4	9102256	23,00	0,001792	-2.299.821	1.406.081
36/36	286743,3	9111996	292560,8	9105027	23,00	0,000921	-2.299.908	1.406.081
37/37	286117,2	9105930	289707,8	9099637	22,00	0,001529	-2.199.847	1.406.081
38/38	286555,8	9108333	291014,8	9101701	22,00	0,001086	-2.199.891	1.406.081
39/39	286661,2	9111065	292136,1	9104195	22,00	0,000856	-2.199.914	1.406.081
41733	286742,8	9101737	288717,1	9095515	37,00	0,008351	-3.699.165	1.406.081
40/40	286594,6	9109046	291318	9102348	21,00	0,001791	-2.099.821	1.406.081
41/41	286705	9109423	291561,5	9102656	20,30	0,001678	-2.029.832	1.406.081
42/42	286516,2	9107056	290499,8	9100532	20,00	0,000675	-1.999.932	1.406.081
43/43	286554,4	9109064	291287,2	9102379	20,00	0,001808	-1.999.819	1.406.081
44/44	286788,9	9110753	292137,7	9103858	20,00	0,001147	-1.999.885	1.406.081
45/45	286681,6	9102209	288837,4	9095976	19,00	0,007603	-189.924	1.406.081
46/46	286487,6	9104056	289349,3	9097761	19,00	0,004751	-1.899.525	1.406.081
47/47	286585,7	9106321	290288,7	9099824	18,00	0,001312	-1.799.869	1.406.081
48/48	286515,7	9108350	290984	9101732	18,00	0,001113	-1.799.889	1.406.081
49/49	286515,1	9112069	292376,5	9105180	15,15	0,000605	-1.514.939	1.406.081
41764	286623,1	9109623	291560,5	9102872	37,00	0,001616	-3.699.838	1.406.081
50/50	286541,2	9106833	290439,5	9100316	15,00	0,000781	-1.499.922	1.406.081
51/51	286530,6	9108556	291074,9	9101917	15,00	0,001391	-1.499.861	1.406.081
52/52	286617,6	9108990	291318,2	9102287	15,00	0,001793	-1.499.821	1.406.081
53/53	286744,3	9101571	288656,6	9095361	14,00	0,008372	-1.399.163	1.406.081
54/54	286499,3	9110733	291861,7	9103948	13,70	0,000731	-1.369.927	1.406.081
55/55	286771,1	9101748	288747,7	9095515	13,00	0,008647	-1.299.135	1.406.081
56/56	286552,5	9106240	290227,8	9099762	103,00	0,652894	-1.023.471	1.406.081
57/57	282318,8	9121672	292083,2	9115656	60,60	0,009946	-6.059.005	1.406.081
58/58	286562,9	9109366	291408,3	9102656	12,00	0,001687	-1.199.831	1.406.081
59/59	286951,3	9120945	296106,2	9113247	25,75	0,142771	-2.560.723	1.406.081
41796	286689	9110512	291954,8	9103672	35,00	0,001171	-3.499.883	1.406.081
60/60	286067,4	9108233	290524,4	9101791	11,00	0,000828	-1.099.917	1.406.081
61/61	286802,7	9111124	292289,1	9104196	11,00	0,001089	-1.099.891	1.406.081
62/62	286476,2	9104084	289349,2	9097791	10,00	0,004653	-9.995.347	1.406.081
63/63	286544,4	9106502	290318,5	9100008	102,00	0,660513	-1.013.395	1.406.081
64/64	286596,1	9108881	291257,4	9102194	7,00	0,001781	-6.998.219	1.406.081
65/65	286443,1	9106992	290408	9100500	107,00	0,652691	-1.063.473	1.406.081
66/66	286506,5	9107484	290650,9	9100932	108,00	0,670782	-1.073.292	1.406.081
67/67	286585,7	9106321	290288,7	9099824	4,00	0,001312	-3.998.688	1.406.081
41827	286575,4	9110467	291832,3	9103672	34,00	0,001054	-3.399.895	1.406.081
41859	286351,7	9109478	291254,4	9102839	34,00	0,00172	-3.399.828	1.406.081
41891	285163,3	9122969	295206,5	9115793	49,25	0,03013	-4.921.987	1.406.081

PROJETO COQUEIRAL (SET/2012) – DADOS

Reg	Id	Coord_x	Coord_y	Poco	Aquifer code	Label	Date	Depth	Oxy_sat	OD	Alcalinity	Conductivity
1	0	287013,00	9105315,00	planície do Recife-BAR-064	BAR	64			11,70	0,90		455,00
2	0	282201,00	9106787,00	planície do Recife-BAR-068B	BAR	68B			38,60	2,98		309,00
3	0	287964,00	9099662,00	planície do Recife-BAR-124	BAR	124			1,30	0,10		318,00
4	0	287812,00	9111792,00	planície do Recife-BEB-047	BEB	47			29,50	2,29		230,00
5	0	291777,00	9108799,00	planície do Recife-BEB-050	BEB	50			21,70	1,62	2270,00	318,40
6	0	289907,00	9109036,00	planície do Recife-BEB-051	BEB	51			11,80	0,90	1153,00	974,00
7	0	289195,00	9110846,00	planície do Recife-BEB-052	BEB	52			17,20	1,33	971,00	230,50
8	0	291029,00	9108891,00	planície do Recife-BEB-057	BEB	57			27,00	2,03	267,00	544,00
9	0	289697,00	9108774,00	planície do Recife-BEB-058	BEB	58			33,00	2,48		253,00
10	0	289781,00	9109798,00	planície do Recife-BEB-059	BEB	59			32,90	2,53		962,00
11	0	290047,00	9109897,00	planície do Recife-BEB-060	BEB	60			59,50	4,55		861,00
12	0	293372,00	9110177,00	planície do Recife-BEB-062	BEB	62			52,50	3,89		1368,00
13	0	289150,00	9111308,00	planície do Recife-BEB-131	BEB	131			43,26	3,32		251,00
14	0	289753,00	9115980,00	planície do Recife-BEB-132	BEB	132			87,30	6,95		237,00

15	0	292544,00	9105097,00	planície do Recife-BOV-014	BOV	14	29,30	2,29			1894,00
16	0	292400,00	9104840,00	planície do Recife-BOV-019	BOV	19	29,10	2,30			540,00
17	0	287081,00	9110200,00	planície do Recife-BOV-030	BOV	30	21,70	1,68			680,50
18	0	284227,00	9112236,00	planície do Recife-BOV-033	BOV	33	78,00	6,22			141,00
19	0	284484,00	9111567,00	planície do Recife-BOV-034	BOV	34	10,00	0,80			123,60
20	0	290069,00	9106520,00	planície do Recife-BOV-036	BOV	36	31,20	2,30			751,00
21	0	292280,00	9104120,00	planície do Recife-BOV-043	BOV	43	35,50	2,86			1079,00
22	0	292757,00	9108650,00	planície do Recife-BOV-046	BOV	46	13,00	1,00	3146,00		1135,00
23	0	292677,00	9105500,00	planície do Recife-BOV-110	BOV	110	79,00	6,26	19,96		930,00
24	0	290790,00	9101194,00	planície do Recife-BOV-112	BOV	112	42,70	3,27	2230,00		1141,00
25	0	291257,00	9102098,00	planície do Recife-BOV-113	BOV	113	42,40	3,34	981,00		1010,00
26	0	288908,00	9100152,00	planície do Recife-BOV-115	BOV	115	34,00	2,60	960,00		145,90
27	0	291341,00	9110333,00	planície do Recife-BOV-130	BOV	130	30,00	2,29			321,00
28	0	291290,00	9102170,00	planície do Recife-CAB-001	CAB	1		1,53			270,54
29	0	290567,00	9100530,00	planície do Recife-CAB-002	CAB	2	17,80	1,33			247,30
30	0	291286,00	9102344,00	planície do Recife-CAB-003	CAB	3	18,80	1,41			296,00
31	0	291499,00	9102653,00	planície do Recife-CAB-004	CAB	4	31,80	2,42			1075,00
32	0	289684,00	9104426,00	planície do Recife-CAB-005	CAB	5	2,00	0,16			4510,00
33	0	291373,00	9103389,00	planície do Recife-CAB-006	CAB	6	49,70	3,73			612,00
34	0	291165,00	9102037,00	planície do Recife-CAB-010	CAB	10	100,00	7,09			162,10
35	0	291135,00	9101975,00	planície do Recife-CAB-011	CAB	11	12,00	0,90			324,30
36	0	289992,00	9099014,00	planície do Recife-CAB-012	CAB	12	31,60	2,40			238,00
37	0	290468,00	9101191,00	planície do Recife-CAB-013	CAB	13	52,80	3,98			1662,00
38	0	292274,00	9104262,00	planície do Recife-CAB-016	CAB	16	102,00	7,93			1085,00
39	0	291806,00	9103117,00	planície do Recife-CAB-017	CAB	17	16,60	1,25			2500,00
40	0	290617,00	9100953,00	planície do Recife-CAB-020	CAB	20	25,40	1,97			371,30
41	0	291014,00	9101692,00	planície do Recife-CAB-022	CAB	22	42,00	3,10			373,90
42	0	291922,00	9103914,00	planície do Recife-CAB-023	CAB	23	62,00	4,57			1636,00
43	0	292190,00	9104320,00	planície do Recife-CAB-024	CAB	24	89,00	6,79			5630,00
44	0	291545,00	9102585,00	planície do Recife-CAB-026	CAB	26	98,80	7,73			326,00
45	0	291630,00	9102732,00	planície do Recife-CAB-027	CAB	27	33,10	2,60			257,00
46	0	291746,00	9102887,00	planície do Recife-CAB-102	CAB	102	30,40	2,33			366,00
47	0	289726,00	9101999,00	planície do Recife-CAB-114	CAB	114	28,30	2,12	404,00		1576,00
48	0	281462,00	9107675,00	planície do Recife-FIS-066	FIS	66	40,00	3,12			172,00
49	0	278279,00	9102823,00	planície do Recife-FIS-070	FIS	70	53,00	4,16			660,00
50	0	283920,00	9094756,00	planície do Recife-FIS-123	FIS	123	2,40	0,18			1486,00
51	0	284013,00	9105782,00	planície do Recife-FIS-125	FIS	125	41,50	3,25			286,00
52	0	282534,00	9109422,00	planície do Recife-FIS-126	FIS	126	65,00	4,91			188,00

----- PROJETO COQUEIRAL 1 – DADOS

pH	Redox_p ot	Eh	T	Ca2	Mg2	Na	K	NH4	Cl	HCO3	SO42	NO3
5,26	107,00		29,00	6,05	9,19	56,86	12,51	1,41	86,02	25,17	41,77	0,06
4,91	310,00		29,10	4,69	9,99	29,02	10,18	0,01	54,81	5,94	31,78	7,01
5,20	193,00		29,00	2,83	6,91	38,19	11,86	0,01	42,70	11,03	47,42	14,75
5,72	242,00		28,30	8,70	9,96	17,82	12,73		33,48	40,46	8,91	12,89
5,95	218,90		30,60	9,48	9,63	30,47	17,01	0,01	56,78	39,15	21,97	0,01
6,13	221,20		29,30	26,37	31,17	113,40	32,15	0,07	215,47	183,89	8,43	0,02
5,25	280,20		28,50	1,68	3,74	15,53	13,72	0,01	27,77	16,08	11,66	0,16
5,94	229,40		30,30	24,25	17,56	38,02	20,07	0,01	120,21	40,55	30,67	0,02
5,98	115,00		30,20	7,09	5,06	27,64	12,68	0,02	28,69	57,36	18,52	0,05
6,22	219,80		29,10	19,72	28,00	113,64	32,07	0,02	205,68	161,52	11,69	0,04

6,14	198,00	29,00	20,67	20,31	98,62	29,53	0,05	182,94	111,87	15,21	2,93
6,13	180,00	32,20	9,13	16,72	125,40	16,68	0,04	206,56	41,96	40,34	0,06
5,71	264,00	29,30	5,50	5,28	23,72	18,24		41,38	30,16	14,16	1,60
6,02	257,00	27,20	7,29	7,41	20,93	5,34		28,47	25,01	8,41	31,84
7,40	-153,00	28,70	85,17	37,31	197,57	16,26	3,66	343,35	412,62	123,58	0,20
7,75	188,00	28,30	60,89	16,25	33,50	7,65	0,05	41,65	229,34	38,77	9,83
6,48	286,00	28,70	40,86	10,35	65,48	10,10	9,41	82,38	191,58	33,95	13,86
5,03	230,00	27,90	0,68	1,99	14,92	11,95		22,96	4,20	9,95	18,08
5,88	28,00	28,60	0,39	0,72	20,94	4,56	0,53	17,18	27,96	6,78	0,03
6,15	30,60	30,70	29,39	24,63	65,87	18,42	0,02	179,57	50,34	30,73	0,01
7,47	60,00	28,40	75,58	37,88	92,99	10,92	0,11	138,84	269,19	46,86	20,14
7,01	-3,10	28,60	121,35	33,32	86,37	12,88	0,05	150,36	471,26	1,63	12,59
8,04	58,00	27,10	54,37	45,16	74,54	17,44	0,08	100,29	309,75	68,66	1,56
7,63	118,00	29,00	68,38	49,50	138,88	14,74	0,07	203,27	357,46	83,90	8,42
8,00	207,30	27,40	37,55	29,60	131,38	13,49	0,05	215,67	158,87	53,73	9,89
5,14	78,00	29,30	1,33	0,87	10,34	5,70	0,01	21,04	9,56	2,91	0,03
6,14	133,00	29,10	10,21	10,95	20,42	4,35		27,64	44,13	26,46	15,18
6,35		30,70	3,44	3,22	43,76	7,60	0,02	24,91	90,89	9,45	0,08
5,94	215,10	30,70	4,61	3,97	33,94	12,20	0,01	35,42	44,05	16,34	0,02
6,48	185,00	30,60	4,01	3,94	44,78	7,45	0,04	28,39	92,29	10,31	0,18
6,55	190,00		9,81	11,10	92,62	8,19	0,17	108,85	113,26	26,27	0,06
6,37	20,00	30,50	156,04	133,09	557,45	25,96	1,55	1328,56	129,36	175,57	0,05
6,55	789,00	30,60	11,89	10,20	85,74	7,30	0,11	109,09	83,90	27,16	0,09
6,52	774,80	26,90	3,52	2,34	9,60	4,34		17,26	11,88	10,71	0,57
6,23	143,00	30,40	6,44	6,30	33,16	9,17	0,04	29,77	77,62	9,69	0,06
6,11	198,00	30,50	0,97	1,15	33,22	8,45	0,07	21,43	44,05	17,88	0,02
6,11	64,40	29,90	62,25	56,51	177,33	21,58	0,80	515,30	19,58	54,56	0,07
7,18	264,00	28,40	20,88	26,81	143,89	19,16	0,00	291,66	42,65	60,61	0,35
6,06	113,00	30,60	87,80	78,42	334,72	28,37	0,33	849,64	48,95	104,66	0,06
6,34	187,40	30,70	3,39	2,89	80,96	5,50	0,03	41,29	129,36	19,94	0,07
6,41	94,70	30,40	4,82	4,79	41,59	8,36	0,01	26,46	87,40	11,82	0,21
6,13	119,00	36,10	52,29	45,67	175,45	23,69	0,21	437,22	31,46	76,13	0,20
6,99	849,00	29,10	99,36	107,46	960,34	47,05	0,38	1674,56	0,41	196,75	0,30
7,57	198,00	28,90	9,35	8,35	35,56	8,66	0,00	44,93	76,21	11,95	0,07
6,49	204,00	28,60	4,69	4,29	39,75	7,19	0,07	24,98	78,31	12,89	0,11
6,44	196,00	30,10	6,00	5,64	51,97	7,39	0,01	44,82	79,01	17,57	0,04
6,20	67,90	30,90	42,36	43,90	212,67	30,41	0,05	458,87	56,63	61,79	1,09
5,31	226,00	28,10	3,36	3,80	19,04	3,61	0,01	34,71	3,67	4,17	4,40
6,48	46,00	28,30	52,67	15,13	57,36	6,00	0,29	61,47	120,96	130,63	0,03
6,26	-172,00	29,50	12,98	18,78	266,58	16,66	1,92	300,65	306,71	26,66	0,17
6,19	-67,00	29,00	4,81	5,63	31,43	6,87	2,77	29,79	77,23	8,31	0,03
5,64	201,00	28,20	5,56	5,53	15,99	9,33	0,03	21,86	33,83	21,07	2,81

---- PROJETO COQUEIRAL 1 – DADOS

NO2	HPO42	Br	F	Li	Fe_Tot	Cr2	Mn2	Cu2	Zn2	Ba2	Sr	Rb
0,1809	0,57907	0,5128	0,0591	0,0162	0,917	n.d.	0,25	0,009	n.d.	n.d.	176	40
0,2857	0,1261	0,27602	0,1284	0,0168	0,081	n.d.	0,071	0,005	n.d.	n.d.	188	25
0,1093	0,0473	0,2677	0,1634	0,019	0,061	n.d.	0,034	0,017	n.d.	n.d.	85,7	29,2
0,0547	0,33814	0,5253	0,17465	0,0184	0,126	n.d.	0,049	0,018	n.d.	n.d.	29	47,2
0,1406	3,8351	0,4159	0,7685	0,016	0,07	n.d.	0,053	0,008	n.d.	n.d.	36,9	37,2
0,6341	1,6352	1,8976	0,7648	0,0158	0,125	n.d.	0,035	0,01	n.d.	n.d.	127	66,1
0,1477	0,3679	0,2673	0,12945	0,0162	0,125	n.d.	0,023	0,005	n.d.	n.d.	26,4	40,1
0,2263	4,0778	0,7816	0,8478	0,0162	<0,05	n.d.	0,1	0,007	<0,008	n.d.	23,7	39,6
0,0449	7,4409	0,3025	1,0448	0,019	0,081	n.d.	<0,01	0,002	n.d.	n.d.	45,6	23

0,3439	2,8336	1,5618	0,7313	0,0157	0,074	n.d.	0,026	0,007	n.d.	n.d.	142	62,5
0,47568	3,2558	1,2034	0,6675	0,0165	0,054	n.d.	0,031	0,005	n.d.	n.d.	75,8	54,3
0,50905	6,6751	1,3137	0,85903	0,0171	0,206	n.d.	0,025	0,011	n.d.	n.d.	69,3	26,8
0,1067	4,0868	0,6047	0,3048	0,0162	0,07	n.d.	0,018	0,009	n.d.	n.d.	51,8	35,7
0,1065	0,1087	0,0547	0,0968	0,015	<0,05	n.d.	0,022	0,008	n.d.	n.d.	22,1	12,1
0,0817	0,1452	2,345	0,74518	0,0647	0,155	n.d.	0,018	0,005	n.d.	n.d.	1368	27,7
0,0083	0,2039	0,5265	0,4859	0,0173	0,08	n.d.	0,013	n.d.	<0,008	n.d.	639	17,1
0,11587	2,9745	0,6773	0,27767	0,0154	0,222	n.d.	0,246	0,014	n.d.	n.d.	229	10,7
0,04296	0,0923	0,1372	0,0967	0,0172	0,054	n.d.	<0,01	0,015	n.d.	n.d.	16,4	19,7
0,03413	0,0525	0,1579	0,1467	0,0155	0,219	n.d.	0,011	0,004	n.d.	n.d.	3,97	5,98
0,12658	1,7953	1,0356	0,6585	0,0237	1,419	n.d.	0,198	0,005	n.d.	n.d.	375	31,1
1,5475	0,07494	1,2286	0,7061	0,0227	0,109	n.d.	<0,01	0,012	n.d.	n.d.	1214	23,6
0,32077	0,8285	1,9257	0,2277	0,0241	0,344	n.d.	0,178	0,012	n.d.	n.d.	897	34,8
6,5862	0,1667	0,9036	0,8086	0,0234	<0,05	n.d.	<0,01	0,005	n.d.	n.d.	941	12,4
0,35617	0,0377	1,6272	0,8949	0,0242	n.d.	n.d.	n.d.	0,015	n.d.	n.d.	1690	24,3
0,5842	0,0386	1,2057	0,5772	0,0196	n.d.	n.d.	<0,01	0,017	n.d.	n.d.	795	25,8
0,0412	0,0382	0,3308	0,0722	0,0158	0,786	n.d.	n.d.	0,004	n.d.	n.d.	20,2	17,9
0,0378	0,0455	0,2059	0,05167	0,0158	0,293	n.d.	1,244	0,009	0,034	n.d.	217	6,52
0,0476	3,8733	0,3437	0,94404	0,022	0,18	n.d.	0,057	n.d.	n.d.	n.d.	38,8	10,9
0,0762	3,57701	0,2641	0,64401	0,0243	0,113	n.d.	0,044	0,003	n.d.	n.d.	42,3	20,8
0,0564	3,45102	0,0176	1,1259	0,0213	0,272	n.d.	0,057	0,006	n.d.	n.d.	48	11,4
0,33706	3,3504	0,5567	0,8046	0,0233	0,297	n.d.	0,146	0,005	n.d.	n.d.	273	15
2,9359	0,06508	5,9511	0,7864	0,0383	1,619	n.d.	0,89	0,014	n.d.	n.d.	2842	29,9
0,3499	3,2451	0,08604	0,9445	0,0218	0,08	n.d.	0,114	0,002	n.d.	n.d.	135	11,9
0,0076	0,1073	0,0564	0,1279	0,0153	0,05	n.d.	0,013	0,003	n.d.	n.d.	44,4	13,8
0,0991	1,7693	0,3473	0,6559	0,0205	0,589	n.d.	0,113	0,005	n.d.	n.d.	77,1	17,1
0,0383	6,62005	0,2254	0,7565	0,0211	0,197	n.d.	<0,01	n.d.	n.d.	n.d.	10,9	14,9
0,0782	0,0153	2,4893	0,48503	0,098	12,599	n.d.	0,818	0,003	n.d.	n.d.	590	35,1
0,2269	0,33307	1,4438	0,7164	0,0252	<,05	n.d.	0,247	0,004	0,023	n.d.	256	33,3
0,1252	0,0691	3,5438	0,5066	0,0444	5,522	n.d.	0,99	0,009	n.d.	n.d.	1143	38,4
0,0216	4,7566	0,4256	1,2261	0,0232	0,209	n.d.	0,029	0,005	n.d.	n.d.	43,9	7,21
0,0356	2,8522	0,2063	0,8028	0,0195	0,485	n.d.	0,077	n.d.	n.d.	n.d.	55,3	14,2
0,0515	0,07672	2,10408	0,6484	0,0285	4,83	n.d.	0,592	0,005	n.d.	n.d.	566	38,3
88,50306	0,55255	1,1942	0,5938	0,0322	0,065	n.d.	0,039	0,021	n.d.	n.d.	1081	71,9
0,0561	1,31303	0,3082	0,9252	0,0206	0,107	n.d.	0,131	0,009	n.d.	n.d.	108	17
0,0733	3,5746	0,3964	0,9148	0,0206	0,311	n.d.	0,064	0,004	n.d.	n.d.	44,3	11,4
0,1366	3,2039	0,3131	0,9527	0,0215	0,549	n.d.	0,088	0,007	n.d.	n.d.	69,2	12,6
0,6847	0,0257	2,1871	0,50101	0,0321	3,205	n.d.	0,481	0,014	n.d.	n.d.	427	26
0,0786	0,0577	0,6163	0,1087	0,0192	0,065	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	26,8	9,85
0,20015	0,2047	0,66806	1,9036	0,0279	0,954	n.d.	0,232	0,009	n.d.	n.d.	690	5,34
0,2179	0,4414	3,2792	0,4729	0,0169	3,371	n.d.	0,059	0,006	n.d.	n.d.	185	23,7
0,05205	0,0419	0,7547	0,3061	0,018	12,808	n.d.	0,369	0,008	n.d.	n.d.	62,4	3,36
0,0443	0,0588	0,4775	0,1273	0,016	0,12	n.d.	0,041	0,009	n.d.	n.d.	79,8	3,3

----- PROJETO COQUEIRAL 1 – DADOS

Rb	B	Pb	STD	S_posit	S_negat	NICB	87Sr_86Sr	er_iSr	ro34S_SO 4
40	25,5	0,64	240,3119	3,929499034	3,735668808	2,528714702	0,713961974	0,00002	
25	33,2	1,17	154,10692	2,578896195	2,437375952	2,821223388			
29,2	31,7	1,74	176,1208	2,67504965	2,626087563	0,923614783	0,718617941	0,00002	-28,9
47,2	27,4	0,48	145,87854	2,355658488	2,025198413	7,543274806	0,718062945	0,00002	
37,2	42,5	0,08	188,89313	3,026557844	2,829886284	3,358207728	0,71586296	0,00002	
66,1	113	0,11	615,12766	9,640180187	9,379841492	1,368761296	0,719576934	0,00002	3,1
40,1	30,6	0,08	91,1237	1,418615767	1,313206024	3,858587798	0,719111938	0,00002	
39,6	45,6	0,14	296,4454	4,82444128	4,839172384	-0,152438876	0,71880194	0,00002	

23	56	< LQ	164,9142	2,29835758	2,351250154	-1,137570674	0,711830989	0,00002	
62,5	95,3	0,16	577,10505	9,052602639	8,818060417	1,312442753	0,720690926	0,00002	
54,3	76	0,2	487,07578	7,751239729	7,4864961	1,737421043	0,720026931	0,00002	
26,8	81,2	0,09	465,38372	7,713670638	7,567284302	0,95796589	0,710211	0,00002	14,9
35,7	34,8	0,13	144,82563	2,206873162	2,093464673	2,637199518			
12,1	30,6	0,11	134,9776	2,021059733	1,912250199	2,76636055	0,723315908	0,00002	16,4
27,7	281	< LQ	1222,2819	16,53818088	19,10072779	-7,190306894	0,709442006	0,00002	7,6
17,1	62,3	1,04	438,66511	6,036882518	5,937446263	0,830411931	0,709713004	0,00002	
10,7	62,9	0,05	461,72947	6,522795648	6,482775539	0,307715121	0,712876981	0,00002	
19,7	27,3	0,67	85,00256	1,15243962	1,224968672	-3,050761302			
5,98	39,3	< LQ	79,32116	1,13460315	1,09612444	1,724939898	0,713745975	0,00002	
31,1	77,3	< LQ	401,92042	6,831793302	6,618767629	1,583767946	0,710965995	0,00002	11,7
23,6	90,7	< LQ	695,36954	11,2252121	9,716911925	7,202231114	0,709368006	0,00002	10,4
34,8	115	0,09	892,88167	12,89711175	12,26414306	2,51564833	0,710010002	0,00002	
12,4	232	0,11	679,5215	10,12746749	9,557150191	2,897273947			
24,3	145	0,1	926,64727	13,91254135	13,55342993	1,307477585	0,709253007	0,00002	
25,8	103	0,06	652,04935	10,37359769	10,02538489	1,707010598	0,709539005	0,00002	
17,9	34,5	0,36	52,19161	0,733785476	0,820799145	-5,597229551	0,714979967	0,00002	
6,52	21,6	0,13	159,6105	2,410436786	2,306014939	2,213991643	0,710801996	0,00002	
10,9	58,4	0,07	187,626	2,535013258	2,526436736	0,169447919	0,711777989	0,00002	
20,8	48,7	0,15	154,48432	2,345932472	2,175284787	3,774374791	0,712716983	0,00002	
11,4	58,2	< LQ	194,91572	2,664525588	2,663968528	0,010454356	0,711786989	0,00002	5,6
15	156	< LQ	374,58356	5,649865936	5,601845793	0,426780783	0,711167993	0,00002	
29,9	250	0,14	2516,56946	43,74255352	43,43446146	0,353409736	0,709733004	0,00002	
11,9	94,4	< LQ	339,15354	5,354333641	5,14563727	1,987589989	0,712268986	0,00002	7,7
13,8	27,3	0,09	60,3852	0,89674157	0,923780146	-1,485210346	0,711744989	0,00002	
17,1	53,2	0,2	174,4486	2,518798146	2,392626988	2,568931723			
14,9	46,5	< LQ	134,1304	1,807819228	1,880810305	-1,978812909	0,714142973	0,00002	
35,1	61,5	0,06	910,5643	16,0697268	16,05345505	0,050654232	0,712085987	0,00002	
33,3	78,8	< LQ	608,01647	9,99681973	10,26228161	-1,310333921	0,712178986	0,00002	
38,4	103	0,08	1536,6844	26,14122142	27,02615295	-1,664425868	0,710731997	0,00002	20
7,21	203	0,34	288,6269	4,069422245	3,871329036	2,49464065	0,712192986	0,00002	
14,2	58,3	< LQ	188,5499	2,657341429	2,533867276	2,378524152			
38,3	66,2	< LQ	844,5361	14,61870548	14,50138191	0,402895661	0,711770989	0,00002	
71,9	180	< LQ	3176,86321	56,79088948	53,24931338	3,21843836	0,71167999	0,00002	20,4
17	52,5	< LQ	196,75463	2,92226869	2,847849528	1,289733746	0,712890981	0,00002	2,3
11,4	59,8	< LQ	176,3094	2,50317274	2,387712485	2,360723059	0,712318985	0,00002	
12,6	71,6	< LQ	216,1012	3,213801344	3,049730492	2,619462242			
26	75,5	< LQ	910,6802	15,75846131	15,24600888	1,65283402	0,711575991	0,00002	17,5
9,85	26,7	0,74	77,5214	1,400975	1,213542039	7,168932466			16,9
5,34	52,5	0,13	445,61351	6,541921184	6,555909617	-0,106799615	0,710346999	0,00002	
23,7	603	0,12	955,0385	14,3179264	14,1466576	0,601690851	0,712478984	0,00002	
3,36	79,4	0,09	167,72845	2,400871198	2,307393001	1,985406771	0,710558998	0,00002	15
3,3	46,5	< LQ	116,578	1,667846761	1,670334178	-0,074514118	0,713787975	0,00002	

----- PROJETO COQUEIRAL 1 – DADOS

Ca2_meq	Mg2_meq	Na_meq	K_meq	NH4_meq	Cl_meq	HCO3_meq	SO42_meq	NO3_meq	NO2_meq	HPO42_meq
0,301561	0,756708	2,472004	0,319972	0,0785	2,426539	0,4126	0,870217	0,000952	0,002966	0,012064
0,233815	0,821975	1,261522	0,260332	0,000667	1,546031	0,0974	0,662115	0,113039	0,004684	0,002627
0,141297	0,568996	1,660648	0,30335	0,000406	1,204398	0,1808	0,987833	0,237844	0,001792	0,000985
0,434065	0,819918	0,774913	0,325678	0	0,944513	0,6632	0,185638	0,207897	0,000897	0,007045
0,472618	0,7927	1,324652	0,434962	0,000444	1,60175	0,6418	0,457623	0,000234	0,002305	0,079898
1,315127	2,565235	4,93047	0,822355	0,003706	6,078166	3,0146	0,175548	0,000248	0,010395	0,034067
0,083855	0,308189	0,675161	0,350767	0,000433	0,783241	0,2636	0,242915	0,00255	0,002421	0,007665

0,003345	0,006813	0,002334	0,004476	0,000837	0,000157	0,602602	0,46917	2,830712	0,000772
0,009782	0,044621	0,002334	#VALOR!	0,00364	0,00022	0,540972	0,46332	4,218316	0,001351
0,003786	0,054989	0,002738	0,002901	#VALOR!	6,3E-05	1,040858	0,2691	5,180389	
0,019547	0,038489	0,002262	0,00265	0,000946	0,00022	3,241269	0,731251	8,815911	0,001544
0,015061	0,035132	0,002378	0,001934	0,001129	0,000157	1,730199	0,635311	7,030527	0,001931
0,016442	0,045212	0,002464	0,007377	0,00091	0,000346	1,581831	0,31356	7,511563	0,000869
0,007568	0,016042	0,002334	0,002507	0,000655	0,000283	1,182378	0,41769	3,219241	0,001255
0,000685	0,005095	0,002161	#VALOR!	0,000801	0,000252	0,504451	0,14157	2,830712	0,001062
0,029349	0,03922	0,009323	0,005551	0,000655	0,000157	31,22575	0,32409	25,99445	
0,006589	0,025574	0,002493	0,002865	0,000473	#VALOR!	14,58571	0,20007	5,763182	0,010039
0,008477	0,014614	0,002219	0,00795	0,008955	0,000441	5,227117	0,12519	5,818686	0,000483
0,001717	0,005089	0,002478	0,001934	#VALOR!	0,000472	0,374344	0,23049	2,525439	0,006467
0,001976	0,007721	0,002233	0,007842	0,0004	0,000126	0,090619	0,069966	3,635523	
0,012961	0,034658	0,003415	0,050815	0,007208	0,000157	8,55969	0,36387	7,150786	
0,015377	0,037163	0,003271	0,003903	#VALOR!	0,000378	27,71057	0,27612	8,390379	
0,024101	0,011984	0,003473	0,012319	0,00648	0,000378	20,47478	0,40716	10,6383	0,000869
0,011309	0,042558	0,003372	#VALOR!	#VALOR!	0,000157	21,47911	0,14508	21,46161	0,001062
0,020365	0,0471	0,003487	#VALOR!	#VALOR!	0,000472	38,57567	0,28431	13,41351	0,000965
0,01509	0,030379	0,002824	#VALOR!	#VALOR!	0,000535	18,14654	0,30186	9,528215	0,000579
0,00414	0,0038	0,002277	0,028147	#VALOR!	0,000126	0,461082	0,20943	3,191489	0,003475
0,002577	0,002719	0,002277	0,010492	0,045286	0,000283	4,953207	0,076284	1,99815	0,001255
0,004302	0,049686	0,00317	0,006446	0,002075	#VALOR!	0,885643	0,12753	5,402405	0,000676
0,003305	0,033895	0,003501	0,004047	0,001602	9,44E-05	0,965533	0,24336	4,505088	0,001448
0,00022	0,059258	0,003069	0,00974	0,002075	0,000189	1,09564	0,13338	5,383904	
0,006967	0,042347	0,003357	0,010636	0,005315	0,000157	6,231454	0,1755	14,43108	
0,074482	0,041389	0,005519	0,057977	0,032399	0,000441	64,87103	0,34983	23,12673	0,001351
0,001077	0,049711	0,003141	0,002865	0,00415	6,3E-05	3,081488	0,13923	8,732655	
0,000706	0,006732	0,002205	0,001791	0,000473	9,44E-05	1,013467	0,16146	2,525439	0,000869
0,004347	0,034521	0,002954	0,021092	0,004114	0,000157	1,759872	0,20007	4,921369	0,001931
0,002821	0,039816	0,00304	0,007055	#VALOR!	#VALOR!	0,248802	0,17433	4,301573	
0,031155	0,025528	0,014121	0,451173	0,029778	9,44E-05	13,46724	0,41067	5,689177	0,000579
0,01807	0,037705	0,003631	#VALOR!	0,008992	0,000126	5,843415	0,38961	7,289547	
0,044353	0,026663	0,006398	0,197744	0,036039	0,000283	26,08993	0,44928	9,528215	0,000772
0,005327	0,064532	0,003343	0,007484	0,001056	0,000157	1,002054	0,084357	18,77891	0,003282
0,002582	0,042253	0,00281	0,017368	0,002803	#VALOR!	1,262269	0,16614	5,393154	
0,026334	0,034126	0,004107	0,172963	0,021551	0,000157	12,91942	0,44811	6,123959	
0,014946	0,031253	0,00464	0,002328	0,00142	0,000661	24,67473	0,841231	16,65125	
0,003857	0,048695	0,002968	0,003832	0,004769	0,000283	2,465191	0,1989	4,856614	
0,004961	0,048147	0,002968	0,011137	0,00233	0,000126	1,011185	0,13338	5,531915	
0,003919	0,050142	0,003098	0,01966	0,003203	0,00022	1,579548	0,14742	6,623497	
0,027373	0,026369	0,004625	0,114772	0,01751	0,000441	9,746633	0,3042	6,984274	
0,007713	0,005721	0,002767	0,002328	0,000728	#VALOR!	0,611732	0,115245	2,469935	0,007143
0,008361	0,100189	0,00402	0,034163	0,008446	0,000283	15,74983	0,062478	4,856614	0,001255
0,041041	0,024889	0,002435	0,120716	0,002148	0,000189	4,22278	0,27729	55,78168	0,001158
0,009446	0,016111	0,002594	0,458657	0,013433	0,000252	1,424332	0,039312	7,345051	0,000869
0,005976	0,0067	0,002305	0,004297	0,001493	0,000283	1,821502	0,03861	4,301573	

----- PROJETO COQUEIRAL 1 – DADOS

B_mgpl	Na_Cl_eq	SO4_Cl_eq	CaMg_HCO3 SO4	1_Sr	Cl_Sr	STD_Cl	Cl_Br	Ca_Mg	Ca_[HCO3+ SO4]
0,0255	1,018737	0,358625	0,824957	0,005682	604,0151	151,3966	167,7473	0,657635	0,090326
0,0332	0,815974	0,428267	1,390086	0,005319	360,2746	96,45997	198,561	0,46941	0,124275
0,0317	1,37882	0,820189	0,607798	0,011669	615,6904	75,14478	159,4916	0,40979	0,048473
0,0274	0,820436	0,196543	1,477294	0,034483	1426,867	58,93008	63,74072	0,87362	0,176296
0,0425	0,827003	0,285702	1,150893	0,0271	1901,698	99,93637	136,5281	0,983875	0,15505

0,113	0,811177	0,028882	1,216358	0,007874	2096,728	379,229	113,5492	0,846016	0,137109
0,0306	0,862009	0,31014	0,774005	0,037879	1299,765	48,86798	103,8754	0,449005	0,06061
0,0456	0,487536	0,188458	2,035989	0,042194	6268,287	211,5694	153,7998	1,380887	0,340432
0,056	1,484788	0,476765	0,580925	0,02193	777,6158	50,49933	94,85223	1,399925	0,093431
0,0953	0,851597	0,041969	1,137199	0,007042	1790,013	361,9931	131,6929	0,704276	0,11385
0,076	0,830908	0,061391	1,256476	0,013193	2982,591	321,9723	152,0183	1,018108	0,162685
0,0812	0,935712	0,144221	1,198591	0,01443	3683,568	363,5445	157,2348	0,54593	0,110935
0,0348	0,883453	0,252745	0,897526	0,019305	987,2532	72,83061	68,43233	1,04188	0,124053
0,0306	1,133114	0,218129	1,66345	0,045249	1592,196	50,1123	520,5283	0,983041	0,218025
0,281	0,886918	0,265814	0,783661	0,000731	310,1749	604,2942	146,4175	2,282835	0,158838
0,0623	1,239631	0,687432	0,957727	0,001565	80,5582	73,31051	79,11434	3,746954	0,227104
0,0629	1,225181	0,304367	0,751029	0,004367	444,5749	144,9893	121,6304	3,945915	0,181158
0,0273	1,001782	0,320206	0,717211	0,060976	1729,922	40,40414	167,3243	0,343373	0,048339
0,0393	1,8786	0,291363	0,130754	0,251889	5347,512	30,23416	108,7935	0,548252	0,011284
0,0773	0,565345	0,12639	2,383227	0,002667	591,7819	316,0448	173,3979	1,193381	0,362499
0,0907	1,032366	0,249287	1,277952	0,000824	141,3314	244,3503	113,0029	1,995248	0,239135
0,115	0,885352	0,008001	1,133432	0,001115	207,1571	264,6354	78,08122	3,641569	0,256609
0,232	1,145529	0,505625	0,98781	0,001063	131,7175	176,518	110,9941	1,20381	0,143679
0,145	1,053092	0,304837	0,983815	0,000592	148,6439	357,7582	124,9212	1,381248	0,154925
0,103	0,93889	0,18398	1,157246	0,001258	335,2576	379,5783	178,8749	1,268586	0,176636
0,0345	0,757563	0,102005	0,634241	0,049505	1287,051	37,02565	63,59522	1,537486	0,106893
0,0216	1,138813	0,706933	1,10635	0,004608	157,402	48,64358	134,2322	0,932546	0,144629
0,0584	2,70709	0,280004	0,258726	0,025773	793,5176	43,84741	72,4856	1,068734	0,034279
0,0487	1,477064	0,340608	0,524291	0,023641	1034,83	62,33973	134,117	1,161087	0,076387
0,0582	2,431604	0,268134	0,303332	0,020833	730,8438	49,95989	1612,858	1,020076	0,039123
0,156	1,311407	0,178232	0,58342	0,003663	492,766	191,5839	195,5353	0,883763	0,070291
0,25	0,646718	0,097601	3,242518	0,000352	577,7134	2338,257	223,2453	1,172417	0,511719
0,0944	1,211331	0,183841	0,73772	0,007407	998,6703	192,0046	1267,939	1,165539	0,107019
0,0273	0,857471	0,458274	0,880321	0,022523	480,402	30,3769	306,0213	1,502137	0,155582
0,0532	1,717013	0,24033	0,569548	0,01297	477,1391	52,3908	85,7112	1,021104	0,073709
0,0465	2,389405	0,615999	0,130984	0,091743	2429,859	37,71926	95,08163	0,843018	0,015695
0,0615	0,530413	0,078201	5,320215	0,001695	1079,361	906,9313	207,0067	1,101708	0,839607
0,0788	0,760396	0,153481	1,655451	0,003906	1407,959	513,317	202,0068	0,779013	0,202232
0,103	0,607205	0,090977	3,631943	0,000875	918,6371	1495,36	239,753	1,11953	0,571569
0,203	3,02185	0,35664	0,160281	0,022779	1162,447	72,67638	97,02397	1,174697	0,0227
0,0583	2,423005	0,329992	0,377701	0,018083	591,2563	46,56467	128,2462	1,006058	0,048537
0,0662	0,618492	0,128596	3,029186	0,001767	954,6312	769,4984	207,7939	1,145116	0,486038
0,18	0,883922	0,086774	3,36118	0,000925	1914,398	2947,227	1402,245	0,924624	0,503949
0,0525	1,220026	0,19646	0,769718	0,009259	514,0895	79,07117	145,7716	1,120163	0,106052
0,0598	2,452831	0,381154	0,377886	0,022573	696,7348	43,95688	63,0058	1,093305	0,051392
0,0716	1,7872	0,289458	0,459823	0,014451	800,3896	78,87933	143,1421	1,063035	0,062132
0,0755	0,714342	0,099454	2,584181	0,002342	1328,055	807,6063	209,8062	0,965003	0,357714
0,0267	0,845481	0,088648	3,265568	0,037313	1600,735	61,09558	56,32549	0,885406	0,428759
0,0525	1,438395	1,569576	0,822988	0,001449	110,0925	108,1839	92,00985	3,482314	0,209342
0,603	1,366643	0,065479	0,392845	0,005405	2008,387	529,1452	91,68416	0,691281	0,038947
0,0794	1,626554	0,20601	0,489042	0,016026	589,9183	52,42424	39,468	0,854501	0,056281
0,0465	1,127453	0,712126	0,73668	0,012531	338,4628	38,46533	45,77026	1,006154	0,101249

----- FINAL (PROJETO COQUEIRAL 1 – DADOS)