

Rejane Luna ,
rejane_luna@yahoo.com.br

Jaime Cabral ,
jcabral@ufpe.br

Sylvana Santos ,
sylvana.ufpe@gmail.com

Silvio Garnés
silvio.jacks@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências

Devido à exploração excessiva das águas subterrâneas na Região Metropolitana do Recife (RMR) e sua consequência no rebaixamento do nível de água subterrâneo, a subsidência do solo tornou-se uma grande preocupação e um fenômeno a ser cuidadosamente investigado.

1 Objetivos

Avaliar a ocorrência de subsidência do solo em área onde existe exploração excessiva de água subterrânea, utilizando o nivelamento geométrico de alta precisão, como método geodésico para quantificar o fenômeno e fazer uma análise comparativa das altitudes relacionadas ao ano de 1958 com as altitudes recentes.

2 Caracterização da Área de Estudo

A cidade do Recife, no nordeste do Brasil, é formada por uma planície costeira cercada de morros. A planície do Recife é delimitada pelo oceano Atlântico e por vários rios que cruzam a cidade e sua geologia é formada por sedimentos de origem fluvial e marinha, produzidos pelas transgressões e regressões marinhas. Suas características hidrogeológicas e sua posição geográfica, localizada em uma planície estuarina, ligeiramente acima do nível do mar, provoca vários problemas relacionados com a água.



Figura 1 – Mapa de localização da RMR.

Nos últimos 40 anos, houve um aumento na exploração das águas subterrâneas em grande parte da planície e um rebaixamento do nível piezométrico que chegou a quase 100 metros, dando origem a chamada zona de restrição ou zona A.

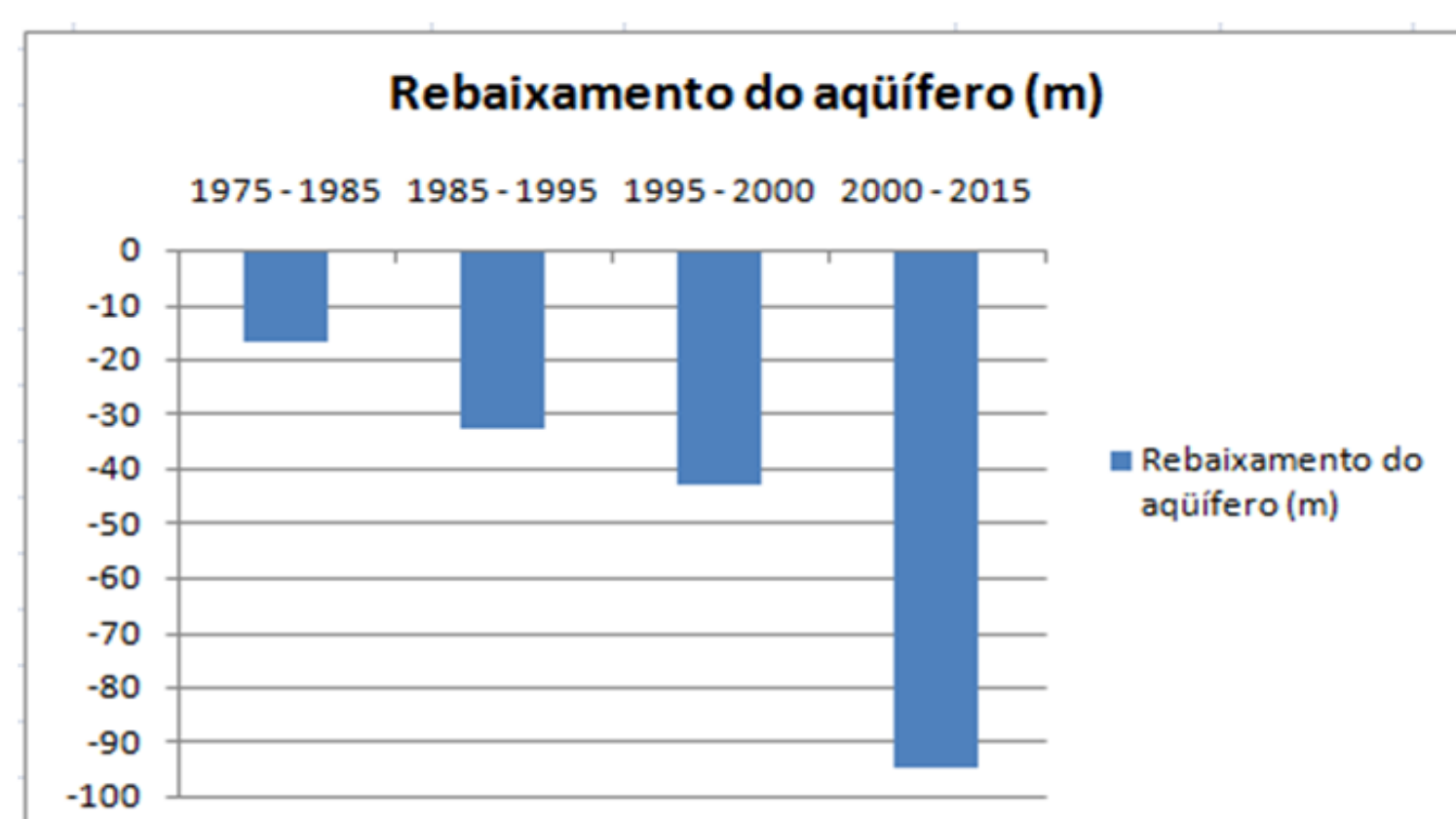


Figura 2 – Rebaixamento do Aquífero Boa Viagem ao longo de 40 anos

3 Metodologia

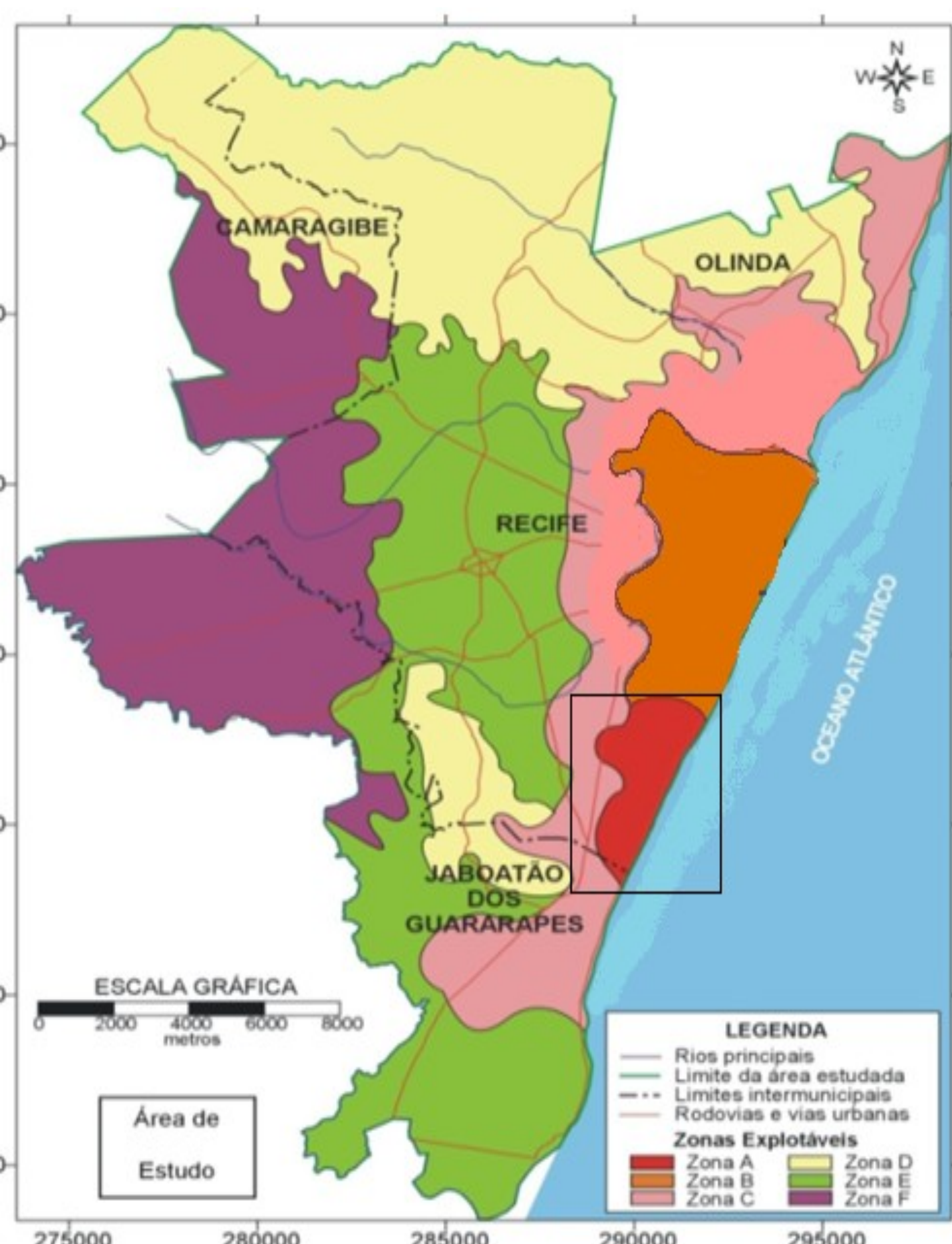


Figura 3 – Mapa de localização da Planície de Recife e seu zoneamento explorável. (Fonte: Modificado de Costa et al., 1998).

As investigações de subsidência do solo, utilizando o nivelamento geométrico de precisão, para avaliar o fenômeno devido a superexploração de águas subterrâneas, vêm sendo aplicadas na área costeira da planície do Recife, no bairro de Boa Viagem, desde o ano de 2012. Essas investigações compreendem levantamentos de campo com a realização de nivelamento e contranivelamento com uso de nível digital, nível ótico, placa plano paralela, mira de alumínio, mira de invar e sapata de ferro, passando pelos pontos da rede de monitoramento, inseridos na zona A de restrição.

ZONAS	DIAGNÓSTICO
A	Onde não poderão ser perfurados novos poços por tempo indeterminado;
B	Onde os poços terão a vazão limitada, ficando a zona sob constante vigilância;
C	Onde não serão por enquanto limitadas as vazões, porém se procederá um contínuo monitoramento.

Quadro 1 – Zonas de restrição e seus diagnósticos.

3.1 Experimento 1 (2012)

O nivelamento teve como partida a RN-9319G localizada em frente à Igreja de Nossa Senhora da Boa Viagem na praça de Boa Viagem, passando pelos pontos BV12 - BV13 - BV17 - BV16 - BV15 - BV14. O fechamento do nivelamento foi feito na RN-9319M, localizado em frente à Igreja de Nossa Senhora do Rosário, na Av. Herculano Bandeira, bairro do Pina, ambas em Recife, sendo possível dessa forma a comparação com os levantamentos realizados em 1958 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

3.2 Experimento 2 (2014/2015)

A fim de comparar as altitudes ortométricas encontradas no ano de 2012, para alguns pontos da rede de monitoramento da subsidência, realizou-se em 01/11/2014 e 05/03/2015 uma nova campanha de nivelamento e contranivelamento respectivamente, utilizando-se nível digital e mira de invar, partindo-se da RN-9319G, fazendo-se um circuito passando-se pelos pontos de monitoramento da subsidência, BV12, BV13, BV17, BV16, BV14 e BV15.

4 Resultados

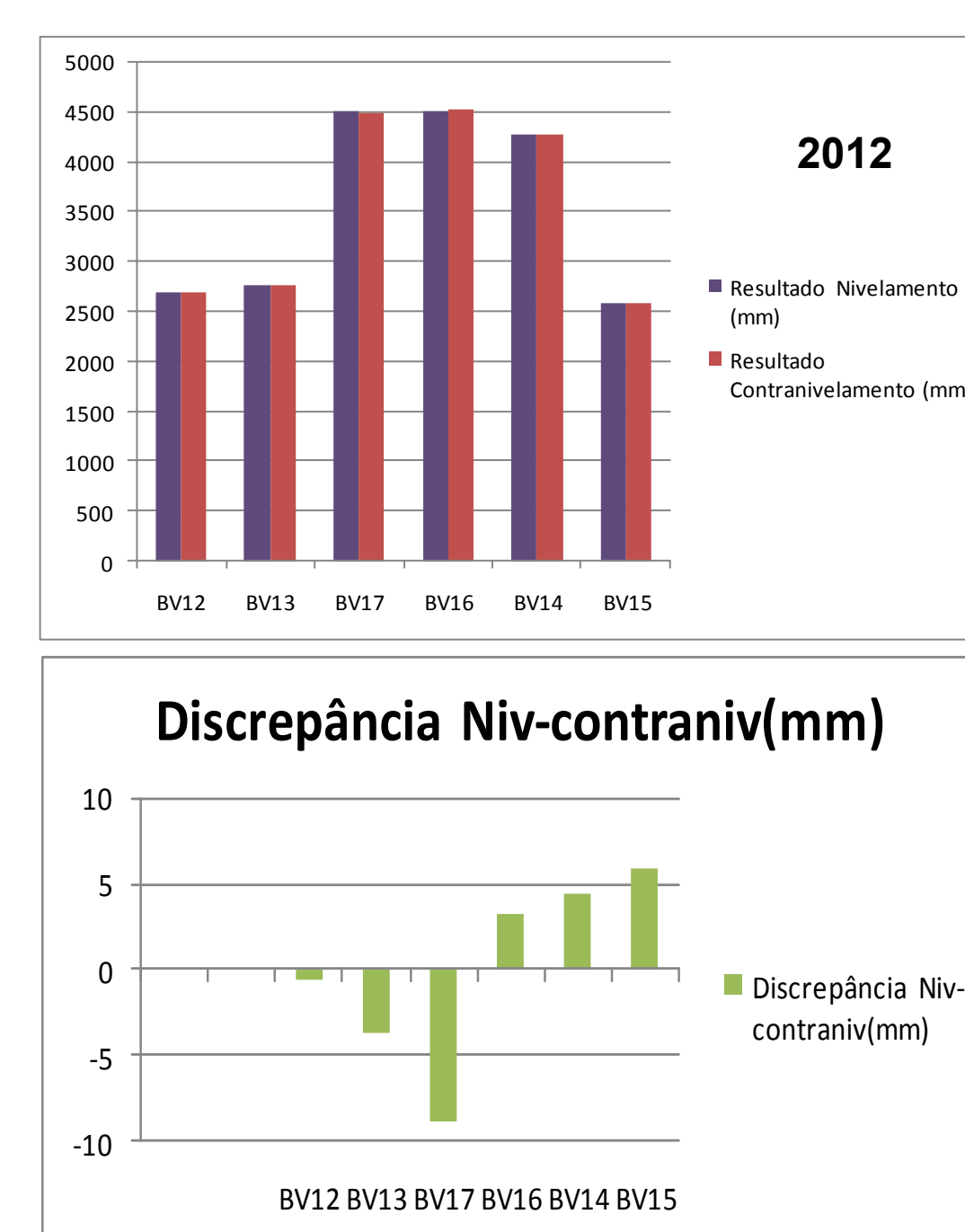


Figura 4 – Qualidade dos dados ; campanha 2012 Escala vertical ampliada 200 vezes

5 Discussão

I - A máxima discrepância encontrada entre os valores das altitudes do nivelamento e contranivelamento, mostradas no gráfico na figura 4, variou entre -8,78mm a 5,89mm, observadas para os pontos BV17 e BV15 respectivamente, valores altos para um nivelamento de precisão. Esse fato pode ser atribuído a fatores como utilização de mira de alumínio e nível ótico mecânico com placa plano paralela.

II - Para o experimento da figura 5 encontrou-se um erro de fechamento de 0,00118m o que representa 1,18mm e uma precisão relativa de 0,425mm/km para um circuito com uma extensão de 1926,73m. A máxima discrepância encontrada entre os valores das altitudes do nivelamento e contranivelamento foi de -0,00228m ou seja -2,28mm. Esses parâmetros revelam a qualidade das altitudes dos pontos que fazem parte da rede de monitoramento da subsidência.

III - Comparando-se as altitudes ajustadas para as campanhas realizadas nos anos de 2012, 2014/2015 obteve-se valores altos com destaque para os pontos BV14 e BV16 que apresentaram as maiores discrepâncias de -6,13mm e -5,11mm respectivamente. Esse fato revela que a utilização de nível ótico mecânico com placa plano paralela não seria uma opção indicada para o monitoramento do fenômeno de subsidência.

IV - Comparando-se o desnível total entre as RN's 9319G e 9319M para os valores do nivelamento realizado em 2012 ($\Delta H = 1,27314m$) com o desnível pelas altitudes ortométricas calculado anteriormente com as monografias fornecidas pelo IBGE para o nivelamento realizado no ano de 1958 ($\Delta H = 1,3177m$), resulta numa diferença de 0,0445m, isto é, 4,45cm. Isto significa que poderia ter ocorrido uma subsidência em torno de 4,5cm ao longo de 54 anos desde o nivelamento feito pelo IBGE no ano de 1958 como mostra o gráfico na figura 6.

V - Comparando-se os desníveis das RN's fornecidos pelo IBGE para os anos de 1958 com o desnível do ajustamento recente de 2011 tem-se $\Delta H = 1,3082m - 1,3177m = -0,0095m = -9,5mm$, resultado que indica a distorção causada pelo ajustamento global da realização de 2011 nesse trecho.

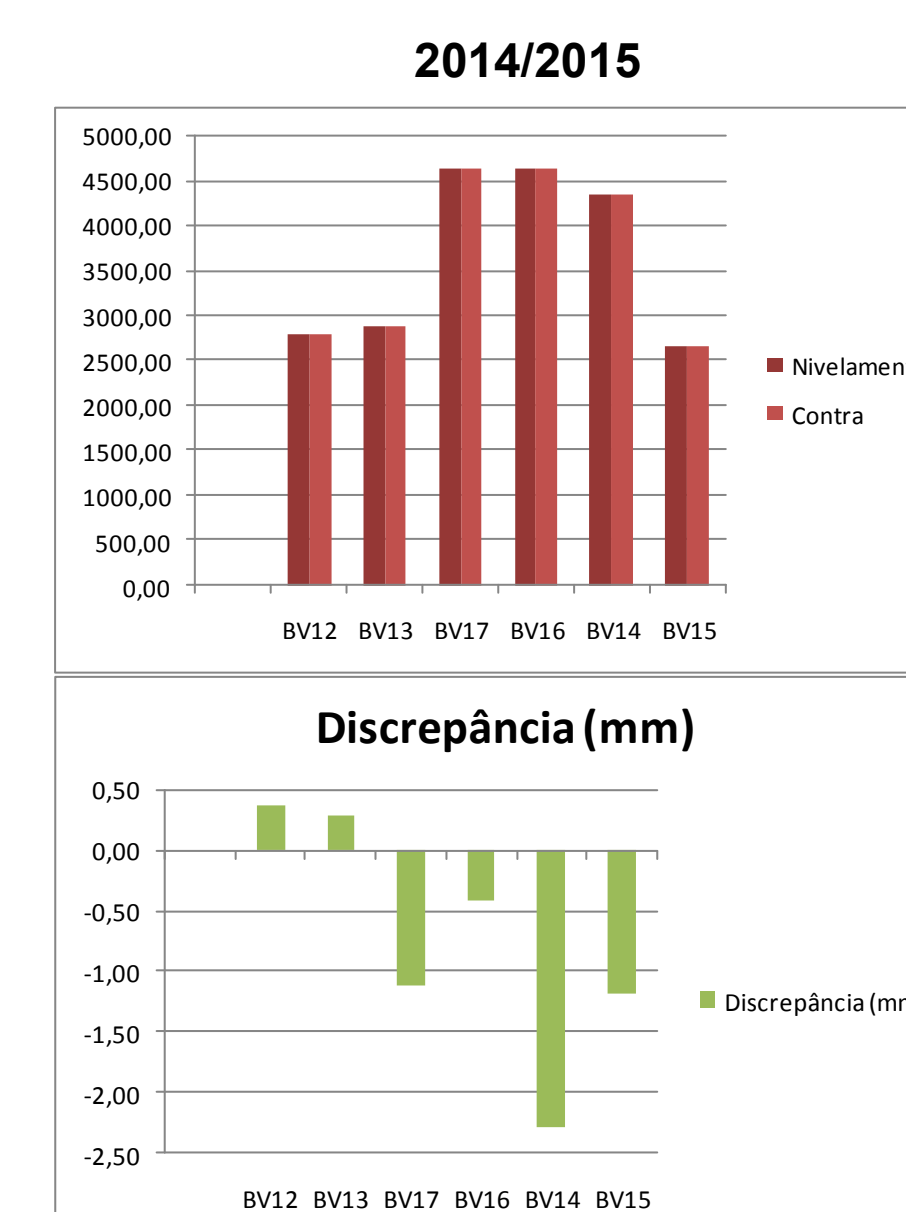


Figura 5 – Qualidade dos dados ; campanha 2014/2015 Escala vertical ampliada 1000 vezes

Ao comparar as altitudes, pode-se dizer que a campanha de 2014/2015 valida os resultados obtidos na campanha 2012.

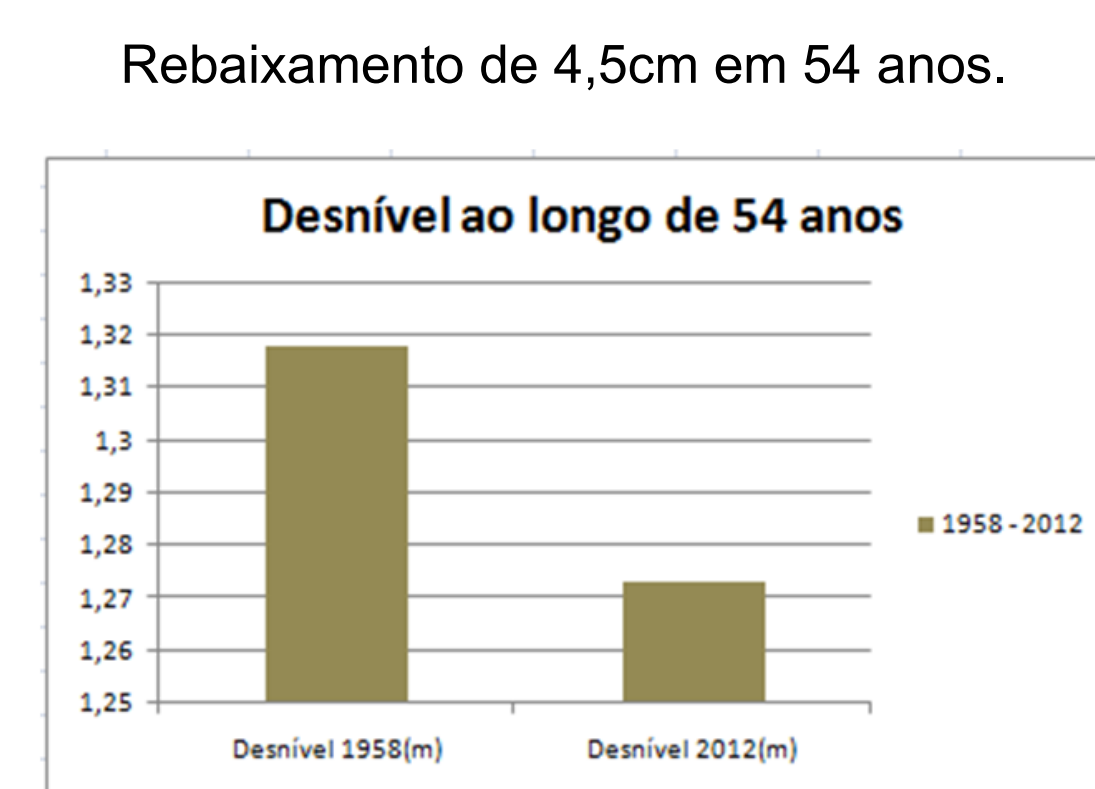


Figura 6 – Índice de subsidência

Desnível entre as RN's 9319G e 9319M.

VI - Tomando por base o desnível para o ano de 1958 ajustado no ano de 2011, pode-se agora comparar com o desnível realizado para o ano de 2012.

$$\Delta H^{(2012-1958)} = 1,27314m - 1,3082m = -0,0356m = -3,56cm$$

Esse resultado também acusa indicio de que houve subsidência ao longo de 54 anos, no entanto só ficaria comprovada de fato, pela análise de outros trechos da rede, no tocante a qualidade dos levantamentos do ano de 1958.

VII - A ocorrência do fenômeno da subsidência poderia ser comprovada de fato, pelos dados do nivelamento geométrico realizado pelo IBGE em 1958 e nivelamentos geométricos realizados no ano de 2012 e 2015. Com base nas comparações realizadas e pela premissa da boa qualidade da ordem do mm/km do duplo nivelamento, ficaria evidenciado uma subsidência de 0,83mm/ano, ao longo do período de 54 anos. No entanto, na continuidade desse estudo, novas análises deverão ser realizadas levando em conta as distorções que a Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro está apresentando para o Recife.

VIII - Existem poucos registros ou relatos de subsidência devido à captação de águas subterrâneas no Brasil. Na planície de Recife, até a presente data, ainda não foi detectado nenhum registro, o que não significa que o fenômeno não esteja acontecendo.

IX - O monitoramento da subsidência nas regiões costeiras, sugerido neste artigo, contribui para o gerenciamento na medida em que fornece subsídios na tomada de decisões que sejam úteis para evitar consequências negativas como, por exemplo: rachaduras de pavimentos, fissuras em prédios, dificuldades de escoamento das águas pluviais e em casos mais extremos, o alagamento de áreas baixas na ocasião das marés mais altas.

6 Conclusão

O nivelamento geométrico de precisão é uma metodologia, que a longo prazo, pode ser utilizada para monitoramento da subsidência. Nesta pesquisa, o fenômeno apresentou uma velocidade de 0,83mm/ano, que se traduz em 4,5cm em 54 anos.

Agradecimentos: