



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

TESE DE DOUTORADO

**USO DE FERRAMENTAS MULTIDISCIPLINARES NA AVALIAÇÃO
DE VULNERABILIDADE E RISCO A SUBSIDÊNCIA NO MEIO
CÁRSTICO NA CIDADE DE CASTANHAL, NORDESTE DO PARÁ-
BRASIL.**

Tese apresentada por:

ANA VALÉRIA DOS REIS PINHEIRO

**BELÉM
2009**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

Pinheiro, Ana Valéria dos Reis
P654u Uso de ferramentas multidisciplinares na avaliação de vulnerabilidade e risco a subsidência no meio cárstico na cidade de Castanhal, Nordeste do Pará - Brasil. / Ana Valéria dos Reis Pinheiro – 2009
 xix, 211 f.: il.

Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

Orientador; Francisco de Assis Matos de Abreu, Coorientador; José Luiz Gouveia.

1. Geologia estrutural - Pará. 2. Meio cárstico. 3. Neotectônica. 4. Hidrogeologia. 5. Castanhal (PA). I. Universidade Federal do Pará. II. Abreu, Francisco de Assis Matos de, Orient. III. Gouveia, José Luiz, Coorient. IV. Título.

CDD 20. ed.: 551.8098115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**USO DE FERRAMENTAS MULTIDISCIPLINARES NA
AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE E RISCO A
SUBSIDÊNCIA NO MEIO CÁRSTICO NA CIDADE DE
CASTANHAL, NORDESTE DO PARÁ - BRASIL**

TESE APRESENTADA POR

ANA VALÉRIA DOS REIS PINHEIRO

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação **06/11/2009**

Comitê de Tese:



DR. FRANCISCO DE ASSIS MATOS DE ABREU (UFPA)
(Orientador)



DR. JOSÉ GOUVÊA LUIZ (UFPA)
(Coorientador)



DR. ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE (UFC)



DR. CLAUDIO FABIAN SZLAFSTEIN (UFPA)



DR. MAURÍCIO DA SILVA BORGES (UFPA)



DR. JOSÉ AUGUSTO MARTINS CORRÊA (UFPA)

Belém

RESUMO

Castanhal é uma das cidades de maior crescimento demográfico do estado do Pará e tem o abastecimento público de água feito a partir do sistema aquífero Pirabas, cuja característica principal é ser formado por rochas carbonáticas. A hipótese levantada neste trabalho é a de que a presença de edifícios cársticos subsuperficialmente explicaria a perda de fluido bentonítico de perfuração ocorrida durante a construção de três poços no bairro Jaderlândia, naquela cidade. Isto representaria uma situação de risco ambiental, por se tratar de área sujeita a colapso por afundamento de solo devido à desestabilização em subsuperfície. Geologicamente a região nordeste do Pará, onde Castanhal está inserida, é composta pelos sedimentos Pós-Barreiras e por rochas do Grupo Barreiras, que recobrem irregularmente a Formação Pirabas, cuja constituição calcária possibilita o desenvolvimento de edifício cárstico. Para a execução deste trabalho foi criada uma metodologia própria na qual são utilizadas diversas metodologias e aplicadas várias técnicas em diversas áreas do conhecimento, com destaque para sensoriamento remoto, geomorfologia, estratigrafia, neotectônica, geofísica e hidrogeologia, para análise ambiental. A partir de imagens do satélite Landsat-5/TM, imagens da SRTM, fotografias aéreas pancromáticas em escala 1: 70.000 e mosaico de ortofotos em escala 1: 10.000 foram gerados os mapas temáticos que junto com os perfis litoestratigráficos concebidos a partir de perfis litológicos dos poços da COSANPA possibilitaram a elaboração de perfis e blocos diagramas, que deram origem ao mapa de risco ambiental da cidade de Castanhal. Para complementar os dados geológicos usou-se métodos geofísicos de gravimetria, resistividade e de perfilagem de poços: raios γ , potencial espontâneo e resistência elétrica. O estudo hidrogeológico da cidade de Castanhal foi feito utilizando-se principalmente dados de poços para abastecimento público, complementados por poços particulares. A interpretação da rede de drenagem indica que ela está estruturalmente ordenada, representada por padrão em treliça, com direção principal NE-SW e NW-SE e assimetria forte, utilizada para evidenciar os landformes tectônicos primários, cujo significado permitiu a compartimentação tectônica da Folha Castanhal SA.23-V-C-I e da cidade de Castanhal. A organização geométrica foi confirmada pelos perfis litoestratigráficos dos poços e pelos perfis de resistividade. Esta estruturação tectônica é congruente com o sistema transcorrente dextral de Riedel, e ainda contém *relay ramps*, que são favoráveis à recarga dos sistemas aquíferos, por serem estruturas abertas. Quanto à análise da qualidade das águas foram

observados altos teores de ferro total e turbidez em vários poços e de carbonato de cálcio nos poços abastecidos pelo sistema Pirabas. A carga hidráulica e o fluxo subterrâneo apresentam uma zona de recarga no centro da cidade e outra na Vila de Apeú, e indicam drenagens efluentes, subordinadas a falhas e fraturas abertas, que podem ser áreas de recarga. Isto aumenta a vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos, fato preocupante, tanto pela contaminação em si como pela penetração de águas superficiais levemente ácidas que proporcionam a dissolução do calcário, desenvolvendo a construção de edifícios cársticos. O levantamento gravimétrico mostrou uma anomalia positiva no centro da cidade, indicando a proximidade do embasamento cristalino em subsuperfície, corroborado pelas SEV's. Já nos bairros Jaderlândia e Bom Jesus ocorrem anomalias negativas, concordantes com alinhamentos de drenagem com direção NNE-SSW, as quais indicam a construção de dois edifícios cársticos entre 60 m e 100 m de profundidade com uma extensão de 200 m e 400 m, representando alto risco de colapso nestes bairros. A interação das informações supracitadas possibilitou delinear a geometria das formações geológicas assim como a definição dos padrões estruturais geométrico e cinemático, o que permitiu estabelecer modelos tridimensionais. Quanto à hidrogeologia, foram indicadas as áreas de recarga, áreas de vulnerabilidade à contaminação, e ainda as áreas com risco de colapso por afundamento, devido ao desenvolvimento de edifícios cársticos, sendo sugeridos procedimentos para minorar e/ou evitar tais problemas.

Palavras Chave: Meio Cárstico. Neotectônica. Hidrogeologia. Castanhal-PA.

ABSTRACT

Castanhal was chosen for this work for being one of the cities with the most demographic growth and also for having its public water supply taken from the Pirabas aquiferous system, whose main characteristic is the fact that it is formed by carbonaceous rocks. The hypothesis suggested in this work is that this lithology explains the loss of drilling fluid that occurred during the drilling of the three wells in the Jaderlândia district, what can yield a subsurface collapse. The methodology applied in this work consisted of several techniques: remote sensing, geomorphology, neotectonics, hydrogeology, geophysics and environmental analysis. The maps were prepared utilizing Landsat-5/TM satellite images, SRTM images, aerial photos in 1:70.000 scale and orthophotos mosaics in 1:10.000 scale. To enhance the geological data, geophysical methods such as gravimetry, resistivity, and well logging: γ rays, spontaneous potential and resistance were applied. The hydrogeological study of Castanhal city was conducted mainly by using data from wells intended for public water supply and from private wells. Geologically, the northeast region of Pará state, where Castanhal city is located, is composed by Pós-Barreiras sediments and Barreiras Group rocks, that are underlied by Pirabas Formation, of calcareous constitution which is the focus of this work. The drainage system is structurally ordered and is represented by a stockwork pattern striking mainly NE-SW and NW-SE, with strong asymmetry, which allowed to visualize a tectonic sectioning of the Sheet Castanhal SA.23-V-C-I including the Castanhal city, identifying in this way high and low blocks that were confirmed by lithostratigraphic profiles of the wells and by the geophysical survey. The tectonic structure is congruous with the dextral system transcurrent of Riedel, and still contains *relay* structures found in all the Sheet of Castanhal, favoring to the recharge of the water-bearing systems; however, this increases its vulnerability to contamination. The hydraulic load and the underground flow present a zone of recharge in the center of the Castanhal city and another one in the Village of Apeú, and indicate effluent draining. The analysis of the quality of the waters showed high contents of total iron and turbidness in some wells and of calcium carbonate in the wells supplied by the Pirabas aquifer system. The gravity survey showed a positive anomaly in the center of the city, indicating a less deep basement, what was corroborated by the resistivity survey. In Jaderlândia and Bom Jesus quarters in the city of Castanhal negative anomalies lined up, concordant with drainage alignments of NW direction indicating the construction of two

karstics buildings between 60 m and 100 m of depth and 200 m and 400 m of extension representing a high risk of collapse in these quarters to occur. The interaction of the above-mentioned information made possible the elaboration of geological sections, blocks diagrams and thematic maps that gave origin to the map of environmental risk for the city of Castanhal.

Keywords: Karst. Neotectonic. Hydrogeology. Castanhal-PA