HÁ *50 anos* GERANDO E DISSEMINANDO O CONHECIMENTO GEOCIENTÍFICO COM EXCELÊNCIA

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Curso Básico de Percepção e Mapeamento do Risco Geológico

Vitória - ES

Heródoto Goes
Geólogo – Pesquisador em Geociências
Setembro/2019

COLAPSO E SUBSIDÊNCIA

SUMÁRIO

COLAPSO E SUBSIDÊNCIA

- Principais Causas

1. EM TERRENOS CÁRSTICOS
   - 1.1. Carste
   - 1.2. Zonas Cársticas
   - 1.3. Feições Típicas
2. EM SOLOS
   - 2.1. Solos Colapsíveis
   - 2.2. Solos Compressíveis
3. FATORES ANTRÓPICOS
   - 3.1. Ocupação de Regiões Cársticas
   - 3.2. Excavações
   - 3.3. Ocupações em regiões de solos compressíveis ou colapsíveis
   - 3.4. Superexploração de Aquíferos

Colapso e Subsidência

- O processo de **subsidência** corresponde ao movimento, relativamente lento, de afundamento de terrenos, devido à deformação ou deslocamento de direção, essencialmente, vertical descendente.

- O **colapso** apresenta a mesma definição, porém apresenta-se como um movimento brusco do terreno.

Principais Causas

PROCESSOS NATURAIS: são causados principalmente pela **dissolução** de rochas (carstificação) como calcários, dolomitos; pela **acomodação de camadas** no substrato, devido ao seu peso ou a **deslocamentos** segundo planos de falhas.

PROCESSOS ACELERADOS POR AÇÃO ANTRÓPICA: são ocasionados pelo **bombeamento** de águas subterrâneas, por recalques **por acréscimo de peso** devido a obras e estruturas e por **galerias** de mineração subterrâneas.

1. EM TERRENOS CÁRSTICOS

1.1 - Carste

Regiões cárstica compreendem é um tipo de relevo geológico caracterizado pela dissolução química das rochas, que leva ao aparecimento de uma série de características físicas, tais como **cavernas, dolinas, vale seco e rios subterrâneos**.

Foto: Hugo Soria. Fonte: <www.wikipedia.org>. Acessado em 29/11/17

- **O RELEVO É MAIS PRONUNCIADO EM REGIÕES TROPICAIS ÚMIDAS:**
  - Mais chuva;
  - Mais vegetação;
  - Solos com bastante **CO_2** ,devido a presença de microorganismos;

Fonte: <http://usa.chinadaily.com.cn>. Acesso em: 29/11/17.

Dong Van Karst Plateau Geo-park, Vietnam.

Fonte: <https://www.keadventure.com>. Acesso em: 30/11/17.

Parque Nacional de Picos de Europa, Espanha.

Créditos: U.S. Department of State - U.S Embassy Kabul Afghanistan. Fonte: <https://commons.wikimedia.org>. Acesso em 30/11/17.

Band-e-Amir National Park, Afeganistão.

- Durante o desenvolvimento do carste a água irá infiltrar-se por descontinuidades naturais da rocha, causando a dissolução. As descontinuidades podem ser contatos entre rochas, fraturas (planos de ruptura da rocha), falhas (planos de ruptura com movimentação relativa entre os blocos) e planos entre camadas de rochas sedimentares. Isto leva a formação de condutos em profundidade, que conduzem a água através do sistema.

- Também pode ocorrer carste abaixo de rochas não carbonáticas (carste subjacente) ou coberto de solo.

- **O PROCESSO SE DÁ POR DISSOLUÇÃO DA ROCHA:**

Dióxido de Carbono + Água da Chuva = Ácido Carbônico

CO_2 H_2O H_2CO_3

- **ESTE ÁCIDO PERCOLA, JUNTAMENTE COM A CHUVA E DISSOLVE A ROCHA CALCÁREA**

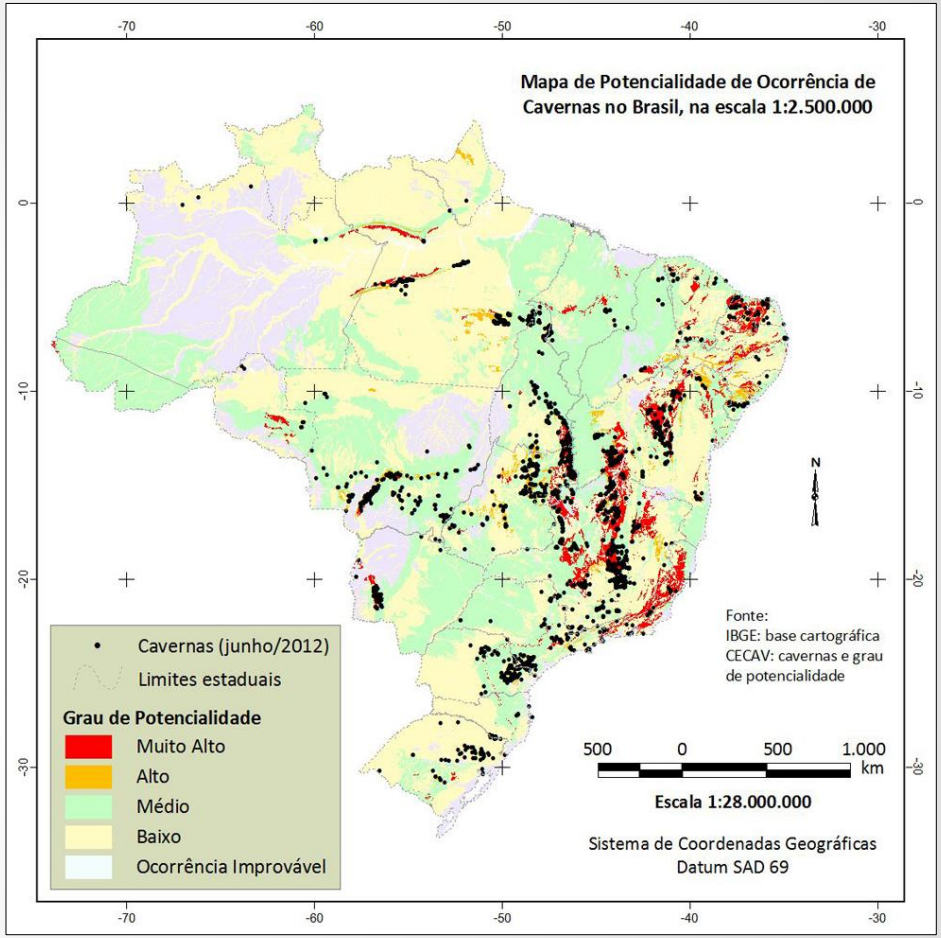
Ácido Carbônico + Carbonato de Cálcio = Bicarbonato de Cálcio

H_2CO_3 $CaCO_3$ $Ca(HCO_3)_2$

1.2 - Zonas cársticas

Rochas

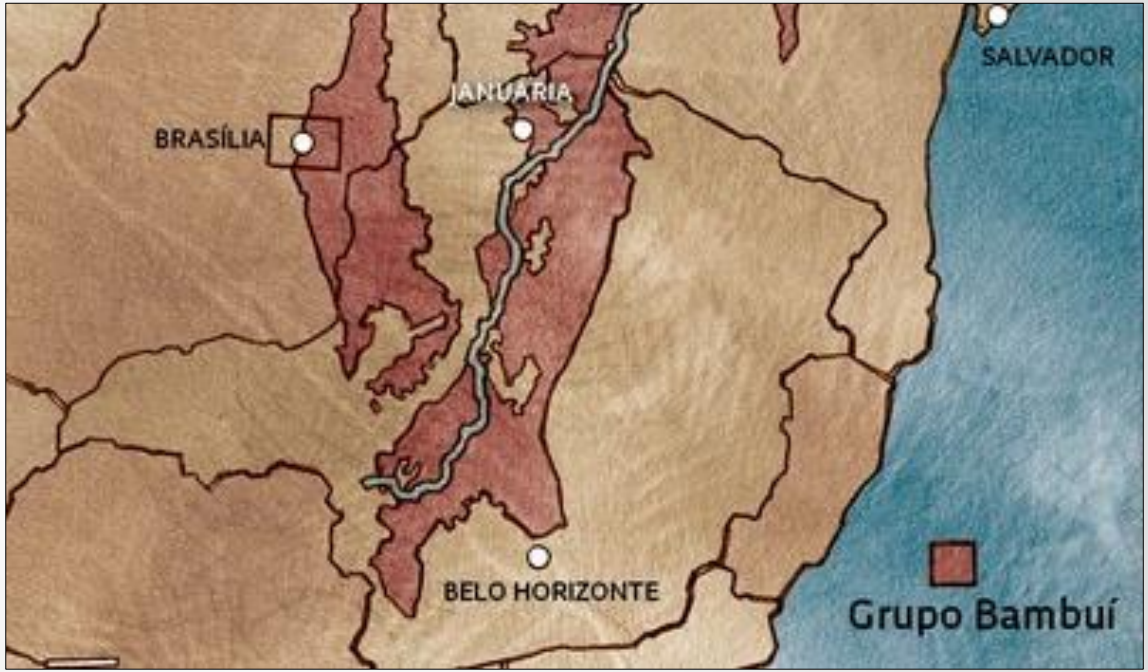
Calcário, Mármore e Dolomito



Créditos: Lindalva F. Cavalcanti. Fonte: <http://www.icmbio.gov.br>. Acesso em 29/11/17

Zonas cársticas em MG

Grupo Bambuí



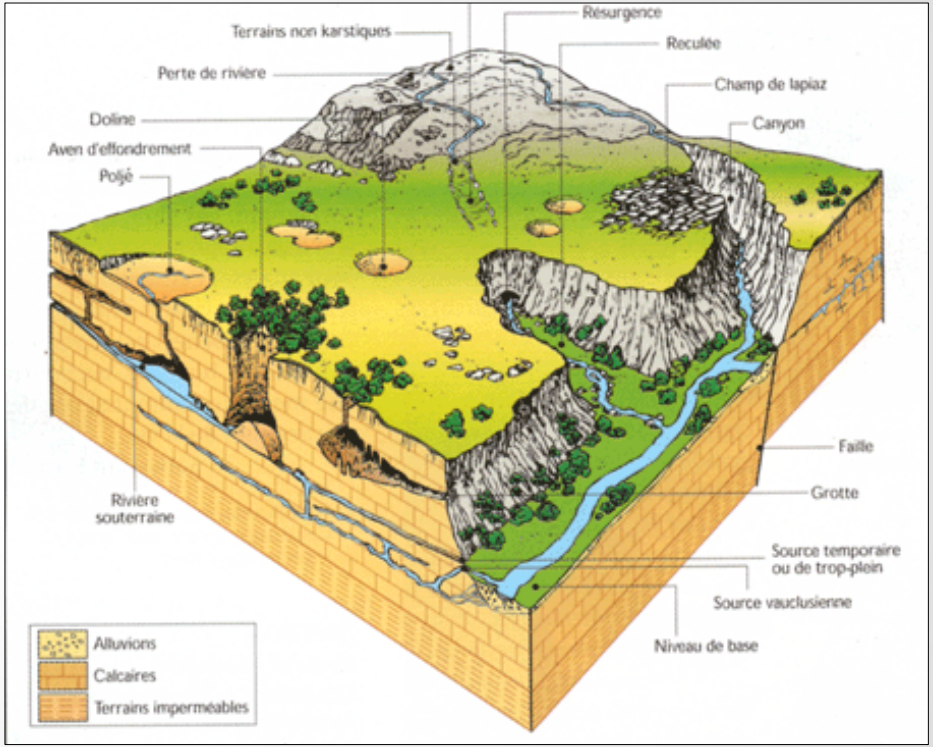
Fonte: <http://revistagalileu.globo.com>

2.2 – Feições típicas

Afundamentos da superfície por subsidência e colapso são feições típicas de terrenos cársticos.

Créditos: Diogo Tudela, Prefeitura de Coromandel
Fonte: < https://watchers.news >. Acesso em 29/11/17

Dolina descoberta dia 06/11/17 em Coromandel – MG. A dolina de 30m de diâmetro e 20m de profundidade se abriu durante a noite.



Fonte: <https://geoleituras.wordpress.com/2010/12/26/dolinas>. Acesso em 29/11/17.

Créditos: André Dib. Fonte: < http://www.icmbio.gov.br>. Acesso em 29/11/17.

Feições cársticas como cavernas, rios subterrâneos e dolinas.
Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Januária - MG

Fonte: <http://jp-lugaresfantasticos.blogspot.com>. Acesso em 29/11/17.

2. EM SOLOS

- Quando carregados todos os tipos de solos sofrem recalques em maior ou menor grau, a depender das **peculiaridades de cada solo** e da **intensidade de carregamento**.

- Os recalques geralmente tendem a cessar ou estabilizar após um certo período de tempo, mais ou menos prolongado, e que dependem das propriedades geotécnicas dos solos.

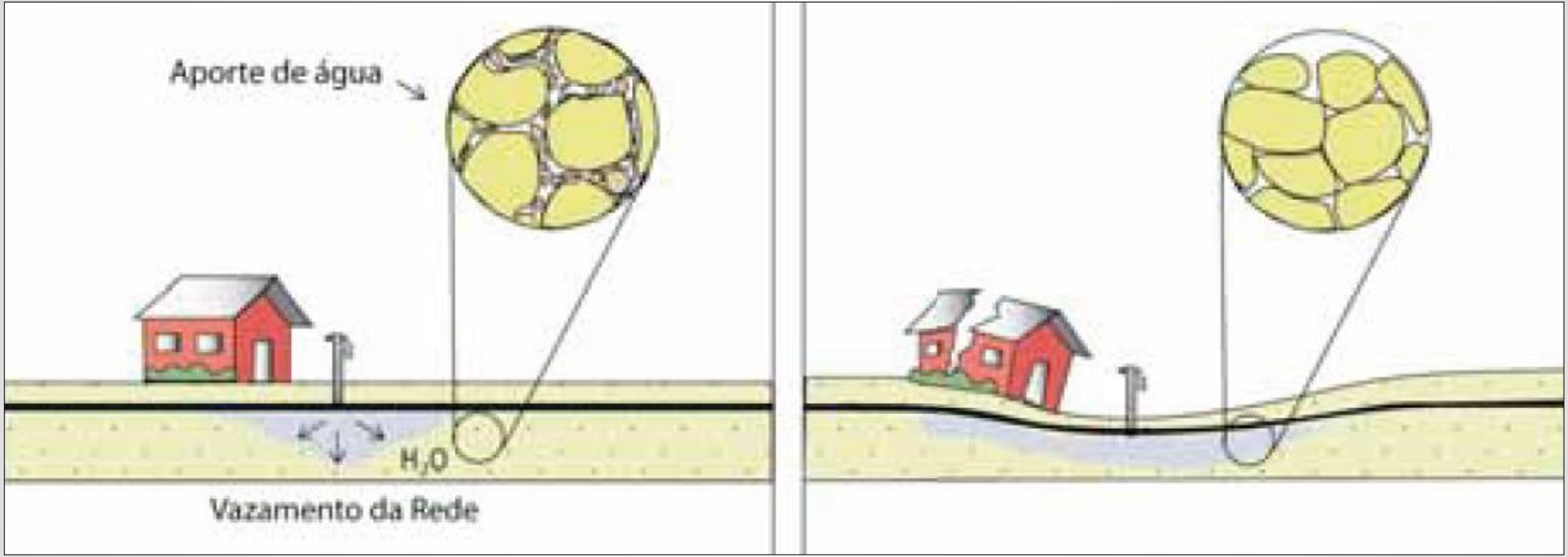
2.1. Solos Colapsíveis

- Quando carregados e umedecidos estes solos sofrem adensamento por consequência do colapso da sua estrutura, gerando recalques repentinos e de grandes proporções.

- Estes solos possuem grãos ligados pelos contatos de suas pontas, precariamente unidas por uma fraca cimentação. Quando sobre tais solos atua uma carga superior ao seu peso de terra, concomitantemente com o aumento do teor de umidade do mesmo, ocorre a quebra estrutural das ligações de cimentação que mantinham os grãos unidos.

- São dois os requisitos básicos: Estrutura porosa (alto índice de vazios) e a condição não saturada (baixo teor de umidade);

- Duas condições básicas devem ser atendidas: Elevação do teor de umidade (que ocorre a partir de chuva, tubulação rompida, etc.) e a atuação de um estado de solicitações externas (uma construção residencial, por exemplo).



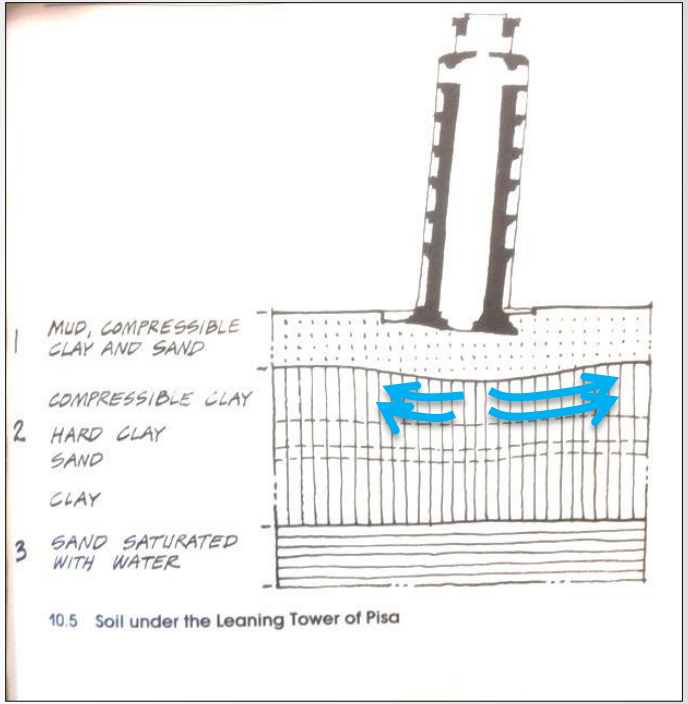
Créditos: Gabriela Cavichiolo Salazar, Fonte: Acidentes Geológicos Urbanos. Curitiba, 2010 (1ª Edição), 78 p.

2.2. Solos Compressíveis

- São solos que não apresentam resistência satisfatória ou suficiente para suportar as cargas ou solicitações provenientes do sistema estrutural das edificações.

Casos típicos: Fundações rasas construídas em terrenos constituídos por solos argilosos moles.

Créditos: Carla Lencastre / Agência O Globo. Fonte: <https://oglobo.globo.com>. Acesso em 04/12/17.



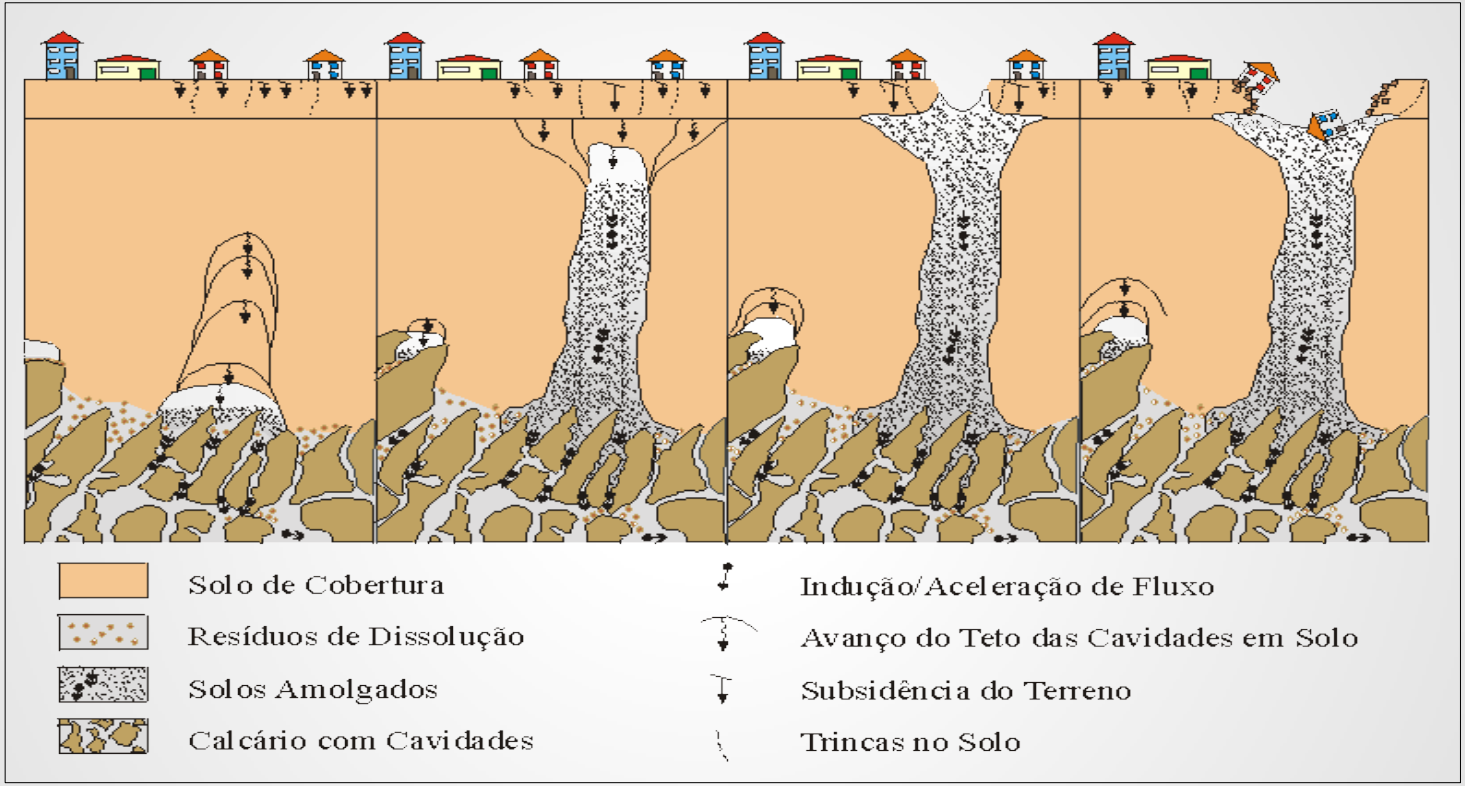
10.5 Soil under the Leaning Tower of Pisa

Créditos: Levy e Salvadori. Fonte: <http://www.theheritageportal.co.za>. Acesso em 04/12/17

Torre de Pisa - frente a carregamento solos moles se deformam, expulsam água e ocorre recalque nas construções.

3. FATORES ANTRÓPICOS

3.1. Ocupação de regiões Cársticas



Créditos: Modificada de Infanti Jr & Fornasari Filho 1998; organizada por Fábio Reis. Fonte:<http://www.rc.unesp.br>. Acesso em 30/11/17.

Fonte: <https://www.diariocajamarense.com>. Acesso em 30/11/17

Colapso em região de rocha calcária
Cajamar - SP

Fonte: <http://www.montanheza.com.br>. Acesso em 30/11/17

Colapsos por formação de dolinas
em zonas cársticas – Vazante - MG

Fonte: <https://imgur.com/gallery/YMpdD3w>. Acesso em 30/11/17.

Boas Práticas para Defesa Civil

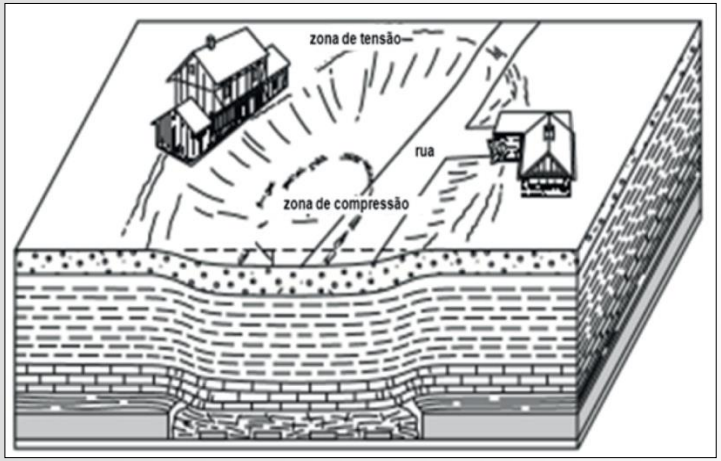
Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

Dolinas demarcadas em Matozinhos - MG

Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

3.2. Excavações

Representação de colapsos e subsidências em Santa Catarina devido a extração de carvão.



Créditos: Adaptado de Bauer; Trent; Dumontelle (1993). Fonte: Abordagem de conflitos socioambientais em casos de subsidência de minas de carvão no Brasil e nos EUA, RUIZ M. S. et al.

Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

Colapsos em Ouro Preto em antigas minas de ouro.

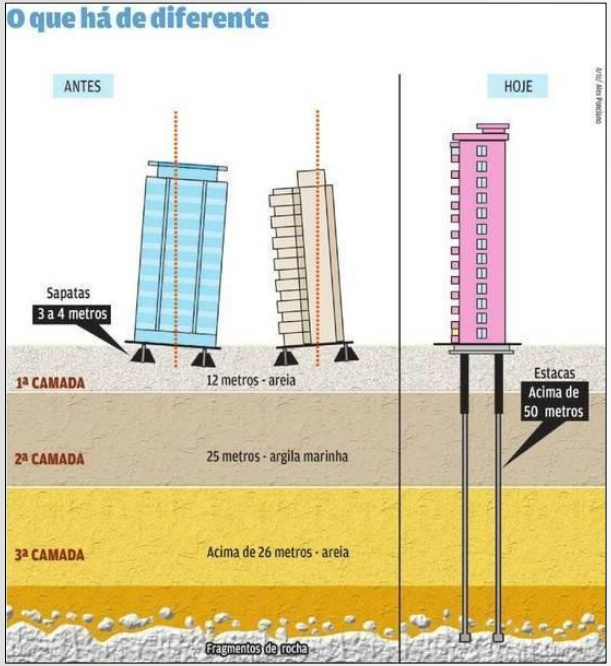
Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

3.3. Ocupações em regiões de solos compressíveis ou colapsíveis

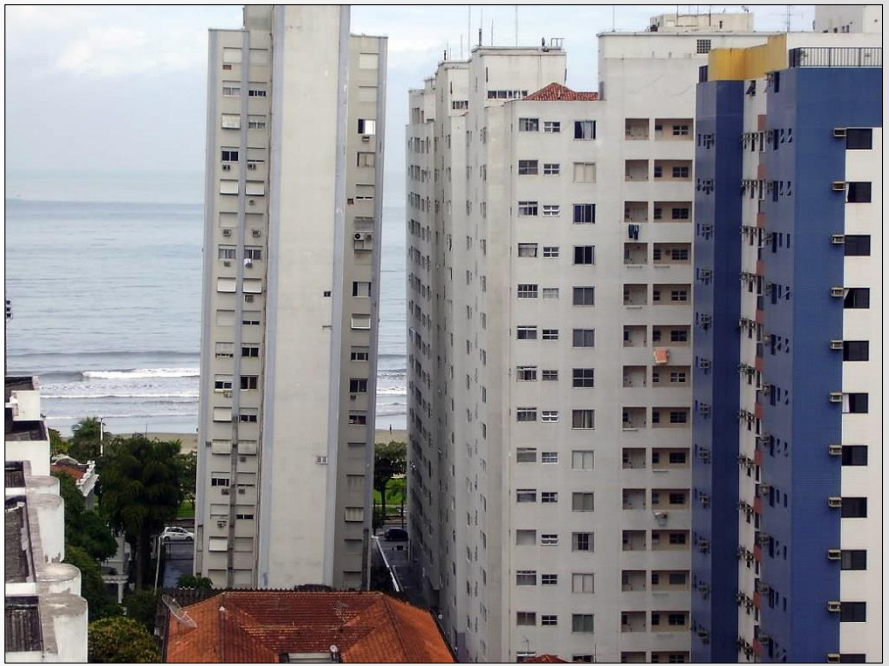
Edificações situadas ao longo da orla de Santos-SP, construídas na década de 70, quando ainda não havia a prática das fundações profundas.

Créditos: Paulo Amaral. Fonte: <https://www.flickr.com>. Acesso em 30/11/17.

As fundações rasas foram construídas sobre uma camada de areia compacta com profundidade de aproximadamente 10 metros, mas que estava apoiada sobre uma espessa de argila mole altamente compressível.



Créditos: Alex Ponciano, Jornal A Tribuna. Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br>. Acesso em 30/11/17.



Fonte: <http://www.cimentoitambe.com.br>. Acesso em: 30/11/17

3.4. Superexploração de aquíferos

Subsidência lenta por exploração de aquíferos subterrâneos – Cidade do México

Fonte: <https://twitter.com/webcamsdemexico>. Acesso em 30/11/17

Nesta imagem, observar o afundamento da rua, com relação ao monumento. Novas escadas tiveram que ser acrescentadas (em cor mais clara).

Fonte: <https://www.seattletimes.com/nation-world/mexico-city-is-a-parched-and-sinking-capital/>. Acesso em 01/11/17.

Créditos: Michele Santana, arquivo pessoal.

Cidade do México - Recalques nas construções

中华人民共和国驻巴西联邦共和国大使馆
Embaixada da República Popular da China no Brasil

Início | Notícias da Embaixada | Relações Sino-Brasileiras | Notícias de Atualidade | Declarações de Porta-voz do Ministério dos Negócios Estrangeiros | Fale Conosco | 中文

Início > Notícias de Atualidade

China lançará programas de controle de subsidência de terra

2012/02/22

Beijing, 22 fev (Xinhua) -- A China lançará quatro programas para controlar os problemas de subsidência de terra antes de 2020, anunciou na terça-feira o Ministério da Terra e dos Recursos Naturais.

Os programas incluem uma pesquisa nacional, o estabelecimento de redes de monitoramento nas áreas afetadas e controle reforçado da extração de água subterrânea, disse o ministério, citando uma diretriz nacional para evitar o abaixamento de terra durante o período 2011-2020.

A China planeja completar um programa de pequisa de subsidência de terra antes de 2015 nas áreas com ferrovias de alta velocidade, segundo a diretriz aprovada pelo Conselho de Estado, gabinete chinês.

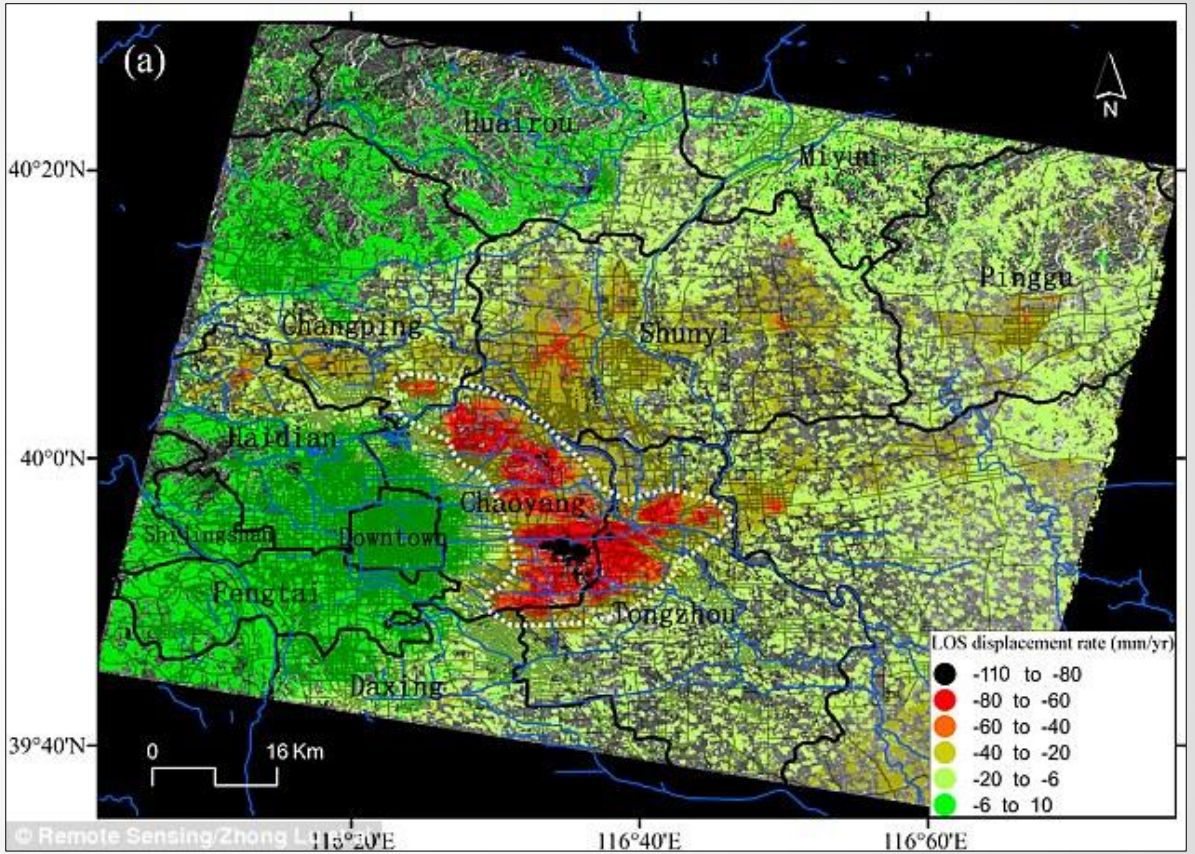
A subsidência de terra, causada por fatores naturais ou atividades humanas como exploração excessiva de água subterrânea e construção de enormes edifícios, afetou mais de 50 cidades na China. As áreas no Delta do Rio Yangtze, o norte do país e os vales dos Rios Fenhe e Huaihe foram afetados severamente, disse o ministério. Fim

Subsidência lenta por exploração de aquíferos subterrâneos – China

Fonte: <http://br.china-embassy.org/por/szxw/t907602.htm>. Acesso 01/11/17.

http://www.ecns.cn/2012/02-22/8773.shtml

Mapa de subsidência de Pequim (mm/ano).



Fonte: <http://www.dailymail.co.uk> . Acesso em 01/12/17. Créditos: Mi Chen et al. Imaging Land Subsidence Induced by Groundwater Extraction in Beijing (China) Using Satellite Radar Interferometry. 2016.

REFERÊNCIAS

- Lídia Keiko Tominaga; Jair Santoro; Rosangela do Amaral (organizadores). Desastres naturais: conhecer para prevenir: 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.
- Colapsos de Solo. In: Luís Marcelo de Oliveira. MINEROPAR. **Acidentes Geológicos Urbanos**. Curitiba: MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná, 2010 (1ª Edição), p. 45 – 49.
- Nelson Infanti Jr.; Nilson Fornasari Filho. Processos de Dinâmica Superficial In: Antônio Manoel dos Santos Oliveira; Sérgio Nertan Alves de Brito (editores). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 131 - 152.

Rafael Silva Araújo
Geólogo – Pesquisador em Geociências

Superintendência de Belo Horizonte: Av. Brasil, 1731 - Funcionários
- Cep: 30.140-002 – Belo Horizonte - MG
Tel.: 31 3878-0335 - Fax: 31 3878-0322

E-mail: rafael.araujo@cprm.gov.br
www.cprm.gov.br