

Esta apresentação tem a intenção de passar algum conhecimento sobre a interação deste ambiente natural tão peculiar, como são os terrenos cársticos, e as grandes obras.

Terreno cárstico => região que se caracteriza pela dissolução química (corrosão) das rochas, que leva ao aparecimento de uma série de características físicas, tais como **cavernas**, **dolinas**, vales secos, **rios subterrâneos** e paredões rochosos expostos. O relevo cárstico ocorre predominantemente em terrenos constituídos de **rocha calcária**, mas também pode ocorrer em outros tipos de rochas carbonáticas, como o mármore e rochas dolomíticas.



Paisagem tipicamente cárstica com paredões expostos, e bocas cavernas presentes.

Caverna => (do latim *cavus*, buraco), gruna ou gruta (do latim vulgar *grupta*, corruptela de *crypta*) é toda cavidade natural rochosa com dimensões que permitam acesso a seres humanos.



Salão de caverna com abertura vertical para superfície.

Calcários => (do latim "calx -cis" , "cal") são rochas sedimentares que contêm minerais com quantidades acima de 30% de carbonato de cálcio (aragonita ou calcita). Quando o mineral predominante é a dolomita a rocha calcária é denominada calcário dolomítico. Essas rochas são formadas pelo acúmulo de organismos inferiores ou precipitação de carbonato de cálcio na forma de bicarbonatos, principalmente em meio marinho.



Recifes de coral são um dos ambientes marinhos formadores do calcário.

Aqüífero => É uma reserva de água subterrânea hospedada em rochas porosas, fraturadas ou rochas com condutos e fendas (terrenos cársticos), capazes de reter, transmitir e de ceder água. São utilizadas pelo homem como fonte de água para consumo.

Sismo => também chamado de terremoto, é um fenômeno de vibração brusca e passageira da superfície da Terra, resultante de movimentos subterrâneos de placas rochosas, de atividade vulcânica, ou por deslocamentos (migração) de gases no interior da Terra.

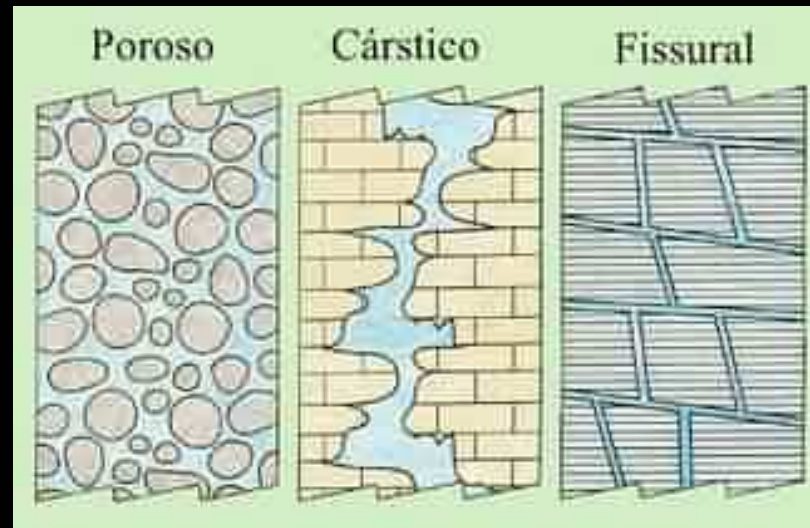


Visão artística das destruições que um sismo pode causar em uma cidade.

Sismo induzido => tem características semelhantes as do sismo natural, porém tem sua origem relacionada à atividade humana na construção de grandes obras, comumente relacionado ao enchimento de reservatórios ou a rebaixamento de aquíferos. Sismos induzidos tem normalmente magnitudes mais baixas e focos mais próximos a superfície comparado ao sismo natural, porém seus efeitos destrutivos podem ser igualmente grandes.

UHE => Unidade Hidrelétrica, ou , barragem artificial de concreto ou terra que utiliza-se das forças da água para gerar energia elétrica.

Tipos de aqüífero:



Modelo simplificado com destaque para relação água subterrânea X rocha hospedeira. Observar que na esquerda a água está totalmente conectada entre si entre os grãos de areia, na direita a água também se conecta, mas através de fraturas da rocha.

No centro é a situação mais complexa, pois a água entra num emaranhado sistema de condutos, cavernas e sumidouros em um sistema dinâmico, pois a água está todo o tempo dissolvendo a rocha.

Aqüífero em meio poroso

Neste tipo de aqüífero a água subterrânea fica armazenada na porosidade da rocha, ou seja, nos pequenos espaços existentes entre um grão e outro. Este tipo de aqüífero é bastante comum em arenitos (rocha formada por grãos de areia compactados). O maior aqüífero do mundo é o Guarani, hospedado no Arenito Botucatu na Bacia do Paraná.



Distribuição espacial do Aqüífero Guarani.



Belas formações rochosas em Arenitos esculpidas pelo vento.

Aqüífero em meio fissural

Neste tipo de aqüífero a água subterrânea fica armazenada nas fraturas da rocha, ou seja, nos pequenos espaços existentes nas rachaduras. Este tipo de aqüífero é mais difícil de ser aproveitado pelo homem, pois o poço tem que estar exatamente alinhado com a fratura portadora de água. Esta reserva de água pode se hospedar em praticamente todo tipo de rocha.

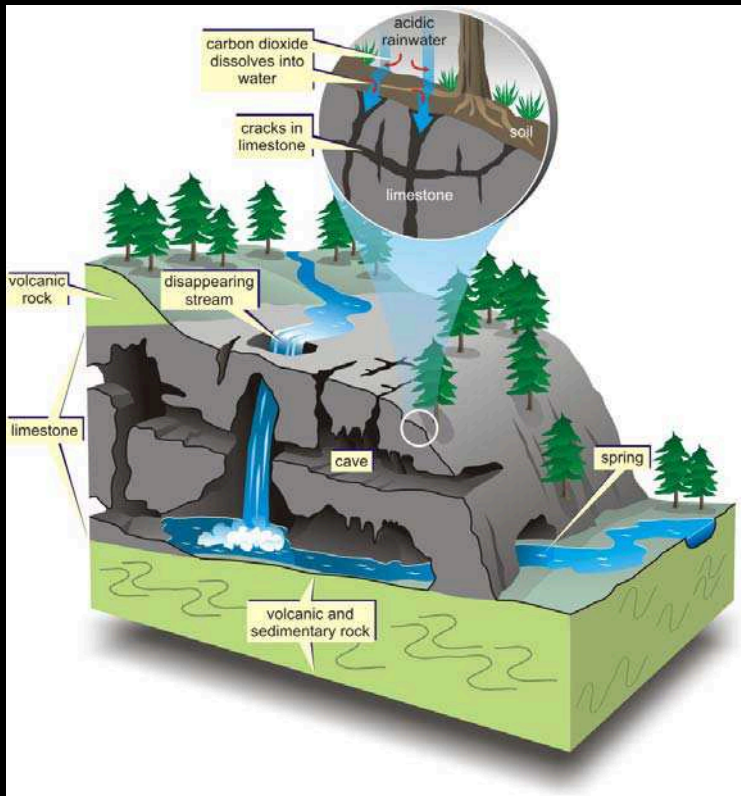
Rocha cristalina com fraturas verticais (fissuras).



Montanhas formadas por rochas cristalinas.
Nestes ambientes o único aqüífero que existe é o do tipo fissural.

Aqüífero em meio cárstico

Neste tipo de aqüífero a água subterrânea fica armazenada em um complexo sistema de cavernas, condutos e rios subterrâneos. Nestes ambientes todo entendimento da dinâmica da água subterrânea é mais difícil, pois nem sempre os ambientes estão conectados.

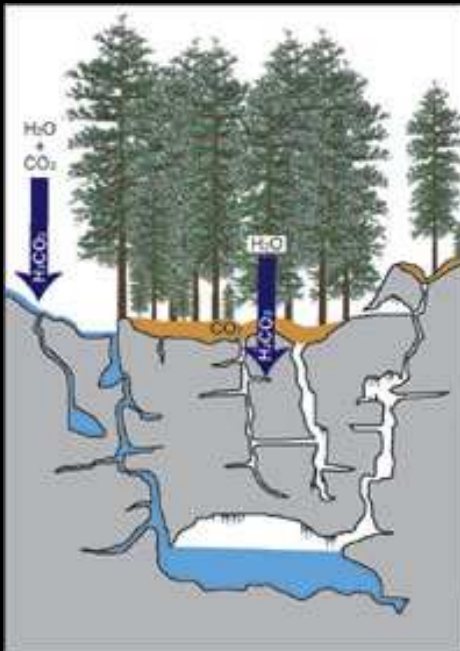


Esquema simplificado do sistema cárstico. Repare a existência de condutos secos, rios subterrâneos, fendas verticais e horizontais.



Imagens de paisagem, com vale entalhado tipo de ambiente cárstico e abaixo imagem em salão de caverna com água. Fotos do PETAR.

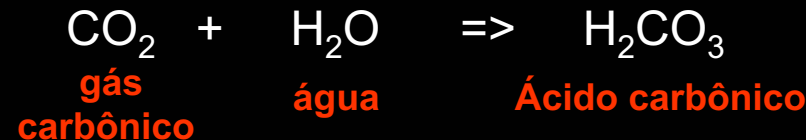
A água da chuva infiltra para o subsolo, para dentro do sistema cárstico.



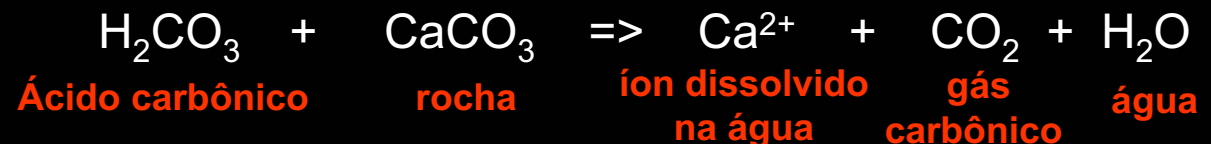
A água dissolve a rocha:



A água também se combina com a matéria orgânica decomposta da superfície e gera o ácido carbônico:



O ácido carbônico dissolve a rocha ainda mais:



TERRENOS CÁRSTICOS E CONSTRUÇÃO DE UHES

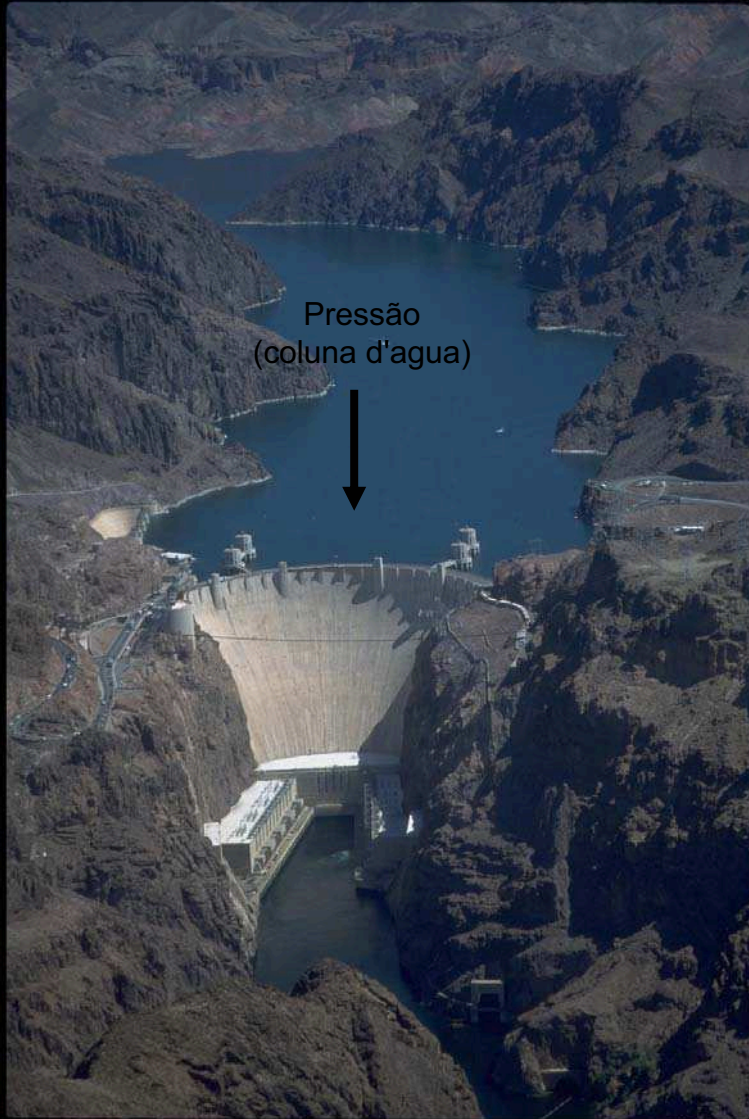
Terrenos cársticos - o caso da UHE Tijuco Alto



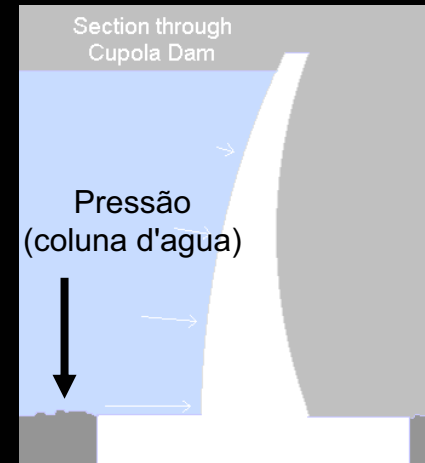
- Modelo digital de terreno, com posição das principais cidades;
- Posição da planejada Barragem UHE Tijuco Alto;
- Posição do reservatório planejado pela CBA;
- Limite entre os terrenos cárstico e cristalino (aqüífero fissural);

TERRENOS CÁRSTICOS E CONSTRUÇÃO DE UHES

Terrenos cársticos - Barragens de concreto

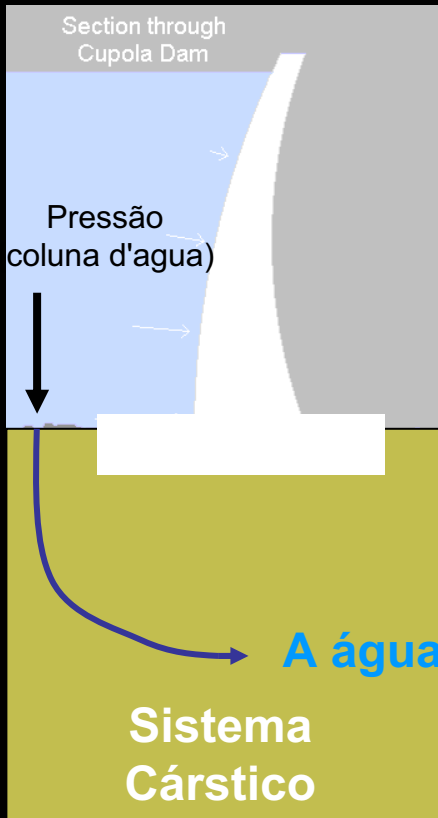


Pressão
(coluna d'agua)



Corte longitudinal na barragem.
Perceber a pressão de água
envolvida e a nova coluna de água
no sistema.

Barragem de concreto de "dupla curvatura" nos EUA. Reparar que barragem está num sistema cristalino e não cárstico.

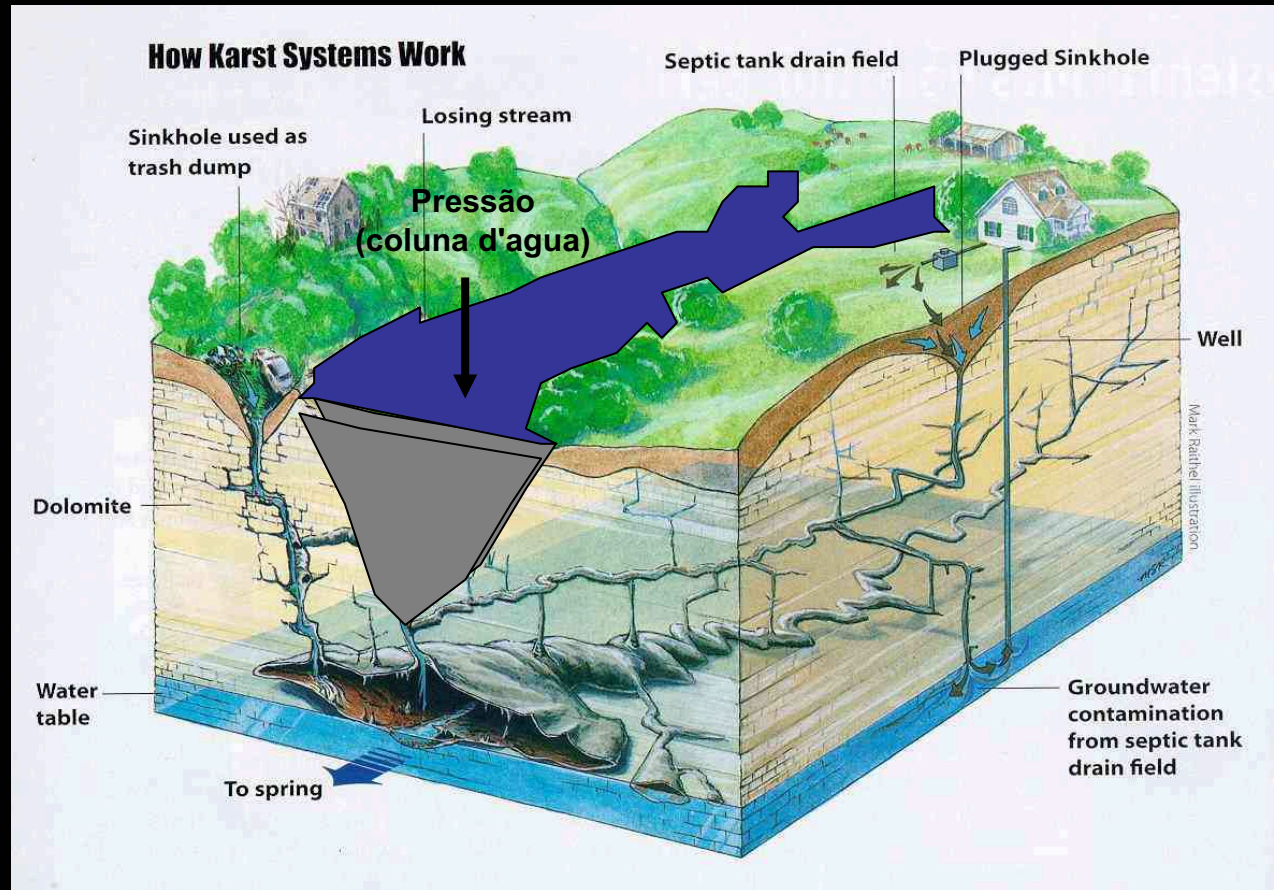


- Uma nova dinâmica para as águas subterrâneas e superficiais será estabelecida;
- Esta nova carga de água sobre um sistema cárstico, gerará o colapso de cavernas e assim, sismos induzidos;
- Muita rocha será dissolvida e novas cavidades serão geradas em profundidade;
- A engenharia de barragens, costuma fazer uma barreira de cimento (cortina) na rocha abaixo da barragem para evitar a passagem da água. Este método não funciona em sistemas cársticos!
- Perante esta nova dinâmica, o que acontecerá com as cavernas do PETAR a jusante?

TERRENOS CÁRSTICOS E CONSTRUÇÃO DE UHES

Terrenos cársticos - será que devemos construir barragens aí?

Imagine uma barragem num sistema desses?

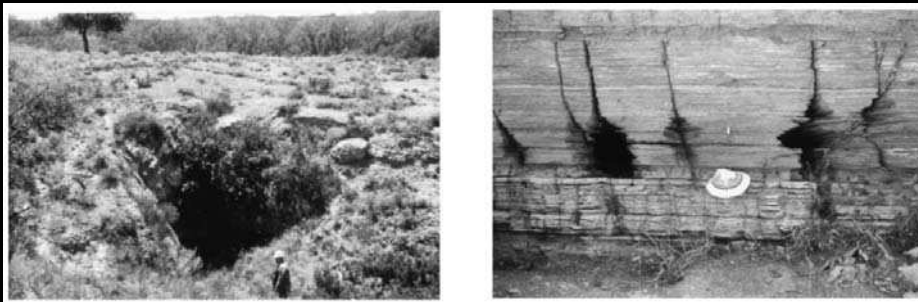


O ambiente cárstico pode fazer com que o reservatório nunca consiga se encher, pois a água vai sempre escapar por baixo e pelos lados;

A água escapando por baixo e pelos lados, gerará novas cavidades;

Cavidades antigas e novas cavidades podem colapsar quando submetidas ao peso da coluna d'água e gerar sismos induzidos;

Os sismos induzidos podem comprometer a estrutura da barragem, podendo rachá-la e levá-la ao colapso completo.



Feições de carstificação relacionadas à Barragem de Quail Creek Dike, nos Estados Unidos. À esquerda dolina (ponto de infiltração de água em ambientes cársticos) e à direita fraturas na rocha iniciando formação de condutos cársticos.



Barragem de Quail Creek Dike, após destruição em 1989.