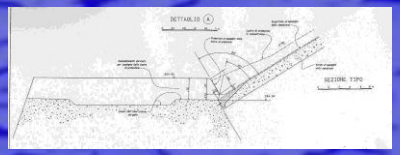
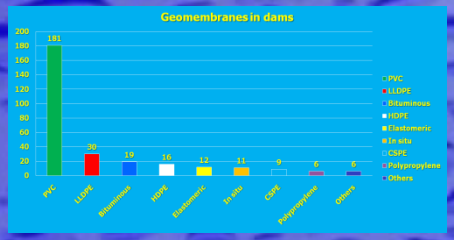
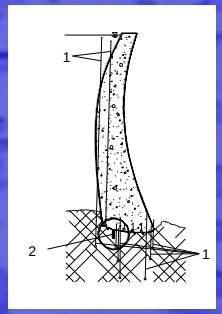
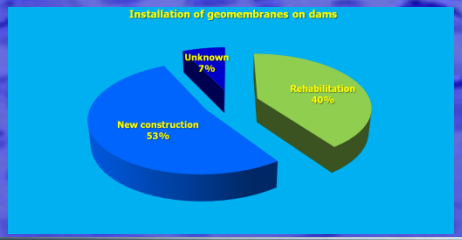
O novo Boletim 135 da CIGB/ICOLD

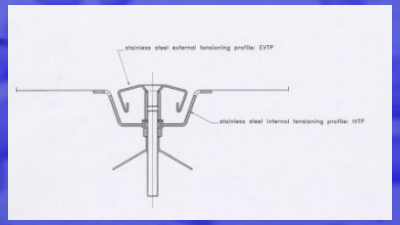
José Luís Machado do Vale – Somague Engenharia, CNPGB, European Working Group

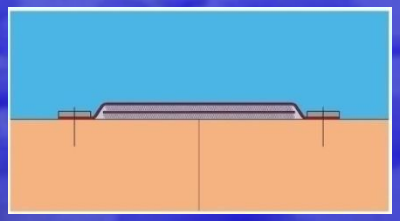












Os Boletins da CIGB sobre Geomembranas

1981: Boletim 38, "Use of thin membranes in fill dams"

- Aplicação: construção de barragens de aterro.
- A cobertura de protecção: era imperativa.
- Referências de obras executadas: 24.
- Recomendação: altura máxima 30 m, excepcionalmente até 40 m.

1991: Boletim 78, " Watertight geomembranes for dams – State of the art"

- Aplicação: construção de barragens de aterro, reparação de cortinas de betão de barragens de aterro. Aplicação emergente: reparação de barragens de betão e de alvenaria. Perspectiva futura: construção de barragens de BCC.
- A cobertura de protecção: quando requerido, aceite exposta.
- Referências de obras executadas: 70.
- Altura máxima: sem limitação.

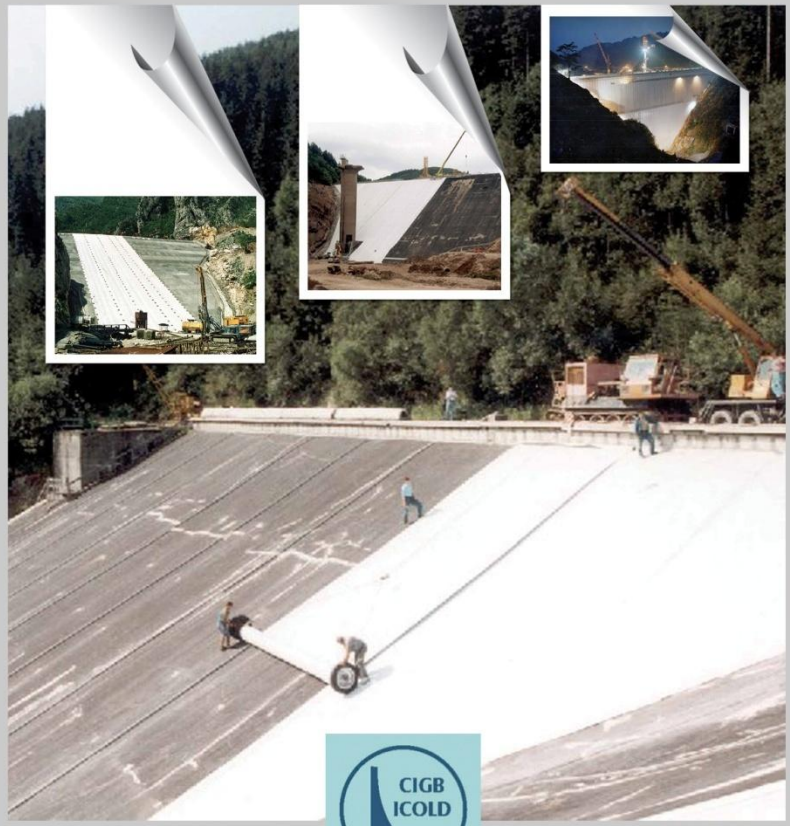
2010: Boletim 135, " Geomembrane sealing systems for dams – Design principles and review of experience"

- Aplicação: construção de barragens de aterro e de BCC, reparação de todo o tipo de barragens, a seco ou subaquática.
- A cobertura de protecção: quando requerido, aceite exposta.
- Referências de obras executadas: 291, hoje > 300.
- Altura máxima: sem limitação.

GEOMEMBRANE SEALING SYSTEMS FOR DAMS

Design principles and review of experience

Bulletin 135



CIGB ICOLD

2010

PREPARED BY THE EUROPEAN WORKING GROUP:

Chairman Coordinator: A. Scuero (Italian National Committee)

Secretary: G. Vaschetti (Italian National Committee)

E. Aguiár González (Balsas de Tenerife, Spain),

P. Bartek (Swiss National Committee),

M. Blanco Fernández
(Laboratorio Central De Estructuras Y Materials C.D.E.X., Spain),

P. Brezina (Povodi Odry, Czech Republic),

H. Brunold (Austrian National Committee),

D. Cazzuffi (CESI, Italy),

H. Girard (Cemagref, France),

M. Lefranc (French National Committee),

J. L. Machado do Vale (Portuguese National Committee),

C. Massaro (Azienda Energetica Metropolitana Torino),

J. Millmore (British National Committee),

L. Schewe (German National Committee),

P. Sembenelli (Italian National Committee),

With the assistance of R. M. Koerner (GSI, USA).

O novo Boletim 135

9 Capítulos:
1 - Introdução
2 - Materiais, testes, envelhecimento
3 - Cargas aplicadas aos sistemas impermeàveis com geomembranas
4 - Geomembranas na construção nova e na reabilitação de barragens de aterro
5 - Geomembranas em barragens de betão ou de alvenaria
6 - Geomembranas para barragens de BCC
7 - Casos especiais
8 - Controlo de qualidade do sistema impermeável com geomembrana
9 - Recomendações das especificações técnicas dos contratos
3 Anexos:
1 - Base de dados
2 - Terminologia e definições
3 - Bibliografia e referências

DAMS & GEOMEMBRANES: Alguns dados históricos

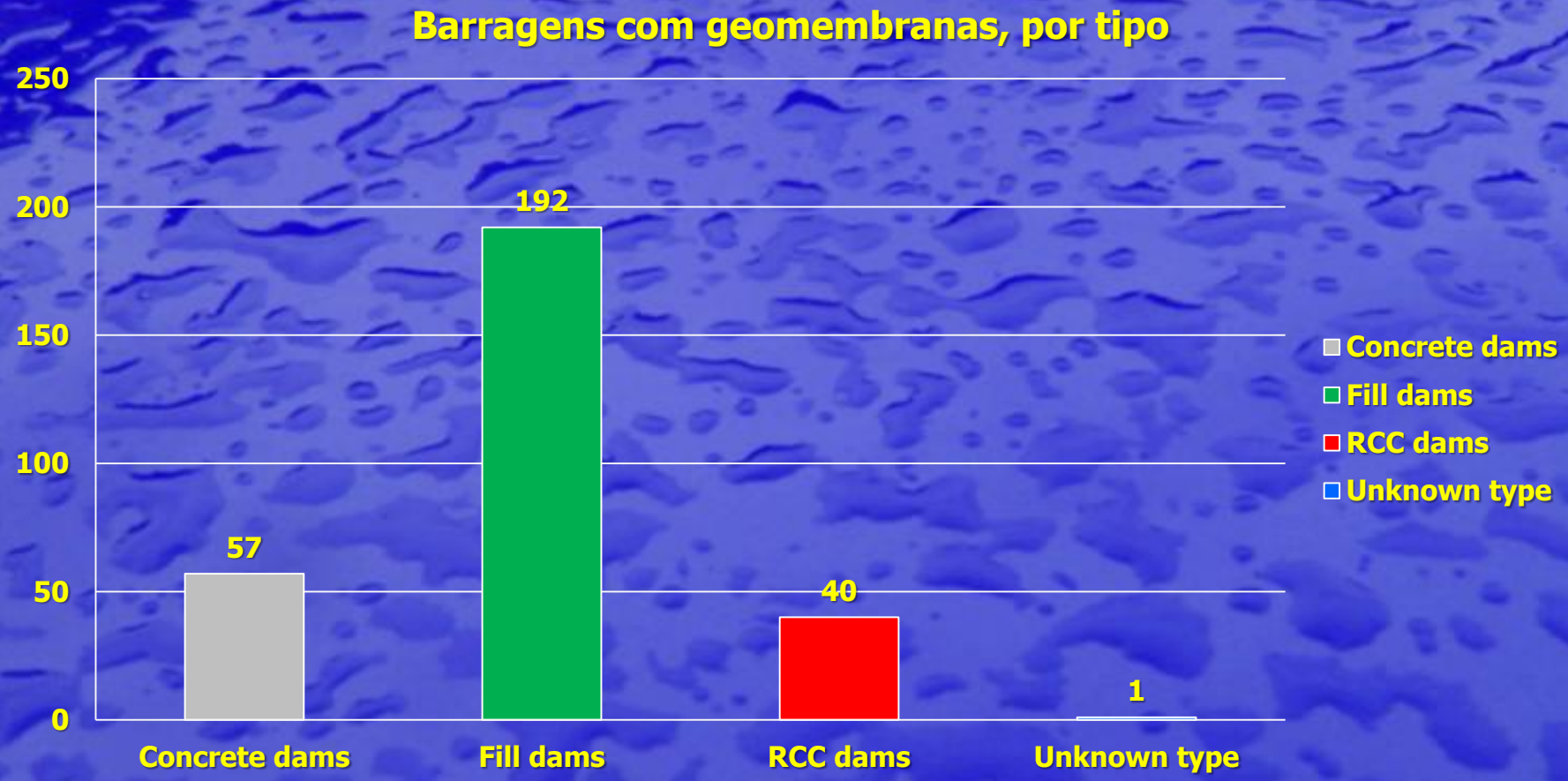
- 1959: Primeira aplicação de uma geomembrana: Contrada Sabetta, Italia, barragem de enrocamento, 32 m de altura. Geomembrana de Elastómetro, coberta

- 1960: Primeira aplicação de uma geomembrana na América do Norte: no Canadá, na barragem de Terzaghi. Era uma geomembrana de PVC 0,8 milímetros de espessura, coberta por solo de argila

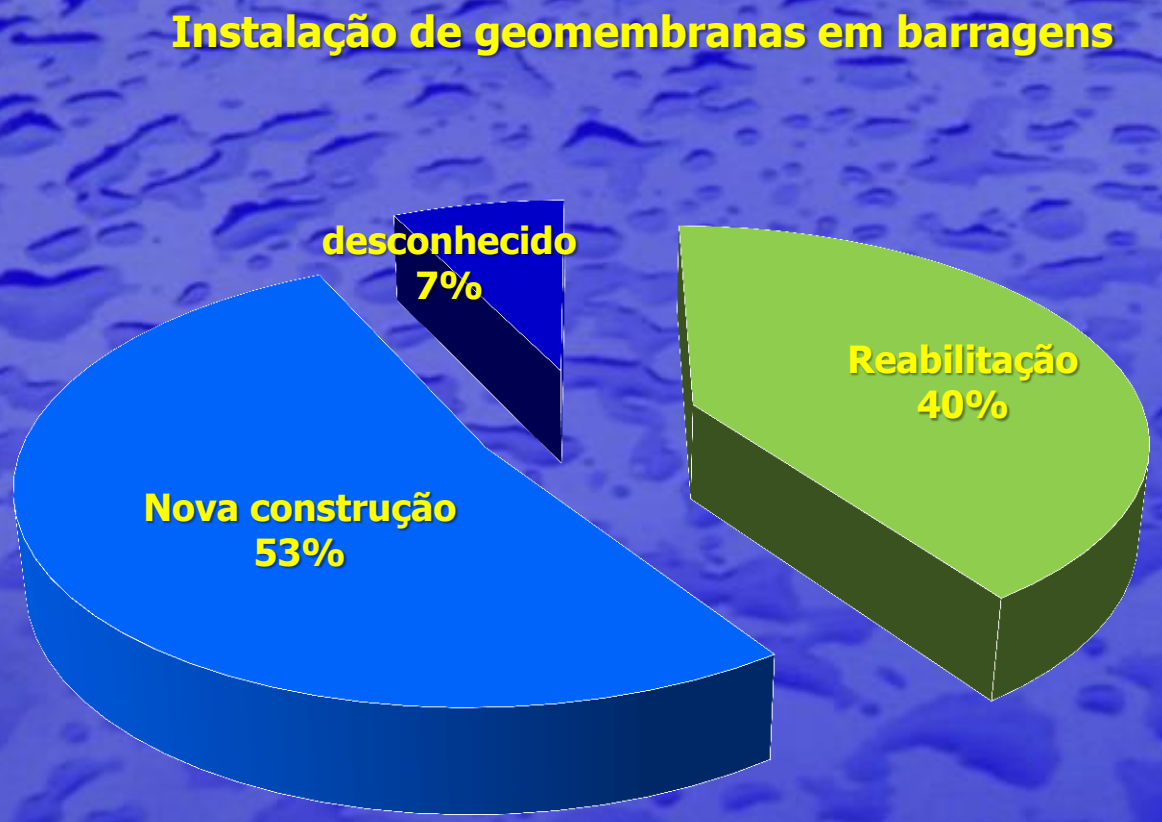
- 1970: Primeira geomembrana exposta: Baitone, Italia, barragem de gravidade, 37 m de altura. Geomembrana de Polyisobutileno, exposta

- 1974: Primeira geomembrana em PVC exposta: Miller, Italia, barragem de garvidade, 11 m de altura

Geomembranas são usadas em todo o tipo de barragens



Geomembranas são usadas em nova construção e na reabilitação

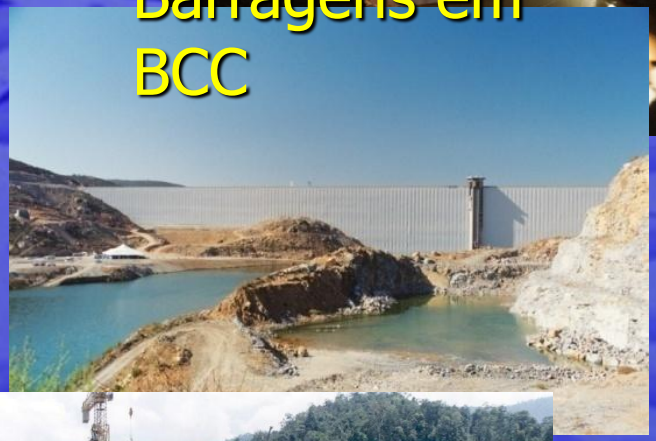


Nova construção

Barragens de aterro

Barragens em BCC

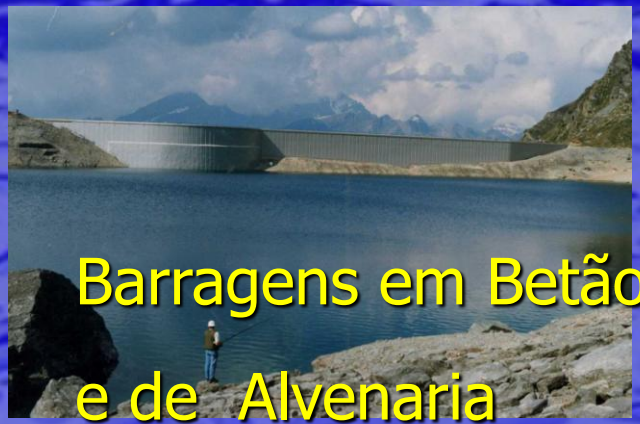
Ensecadeiras



Reservatórios

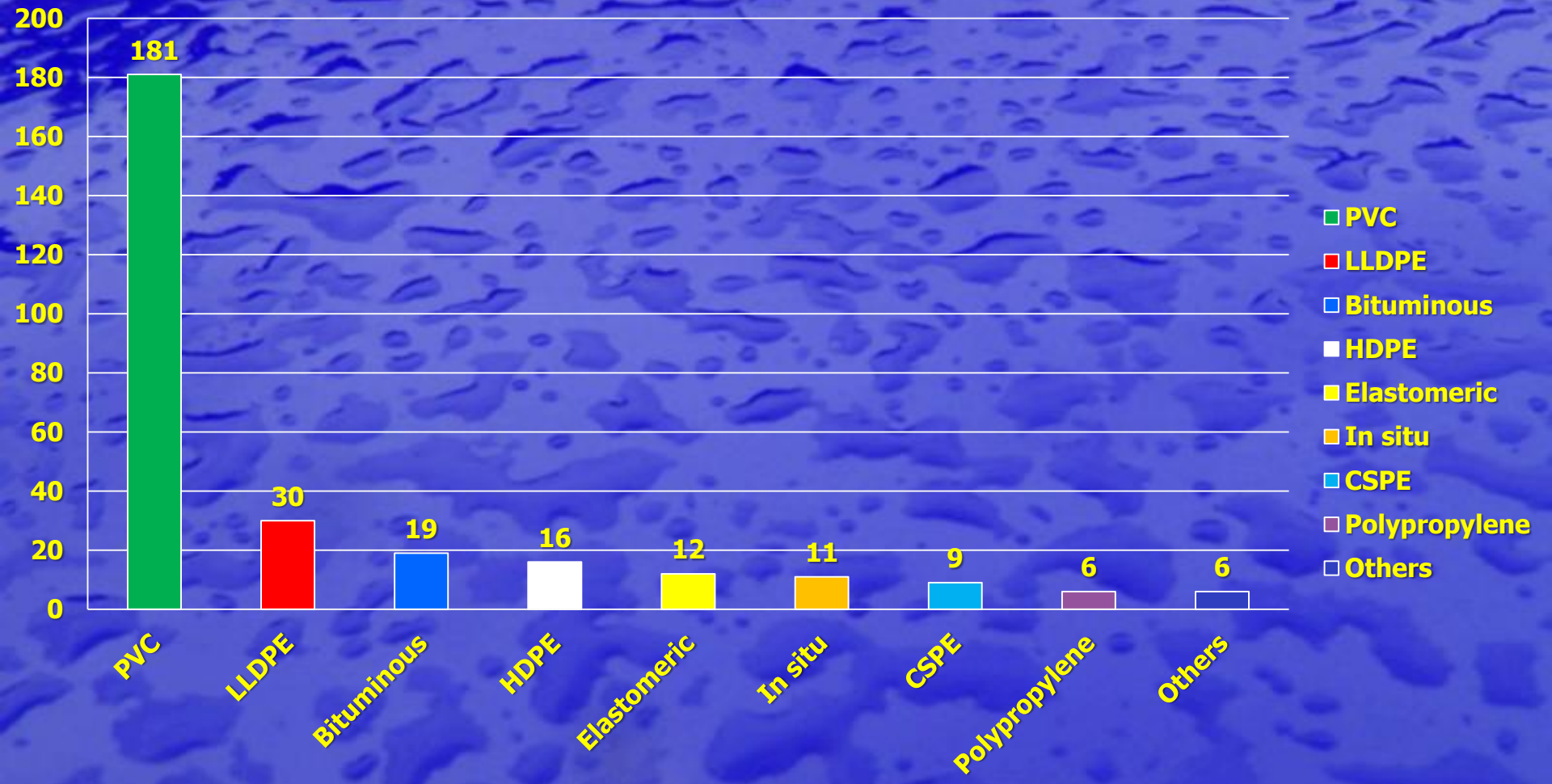
Reparação

Barragens de
Aterro


Barragens em Betão
e de Alvenaria

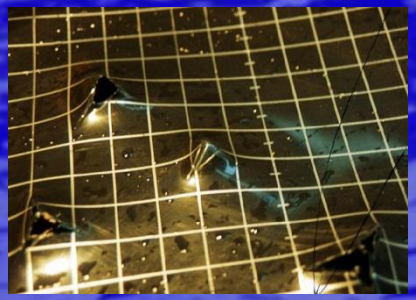
Barragens em
BCC

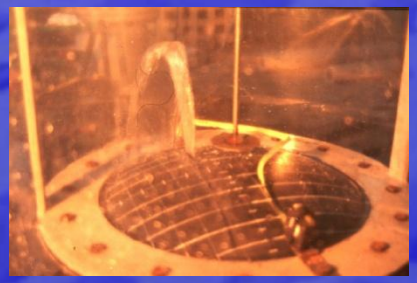
Geomembranas instaladas em barragens



Geomembranas instaladas em barragens

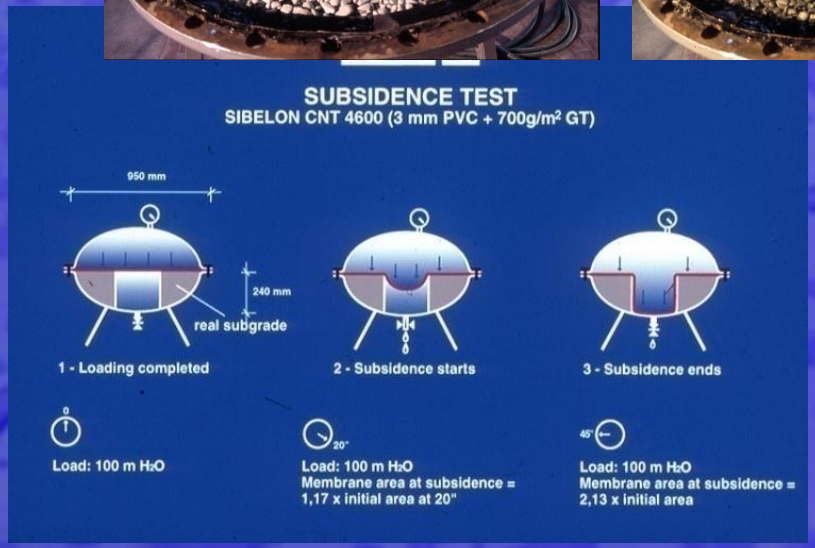
- Larga experiência em envelhecimento dos materiais.
- A composição e a qualidade da geomembrana condiciona o seu comportamento a longo prazo.
- Disponibilidade de ensaios laboratoriais.
- As geomembranas produzidas hoje beneficiam de maior qualidade das matérias primas, melhor e mais sofisticado estudo, fabrico, controlo, projecto e tecnologia instaladora, pelo que maior longevidade pode ser expectável.

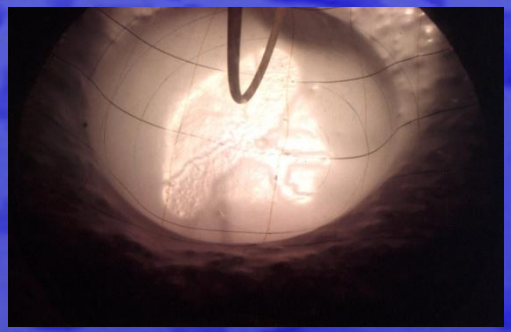




A importância de testes de perfomance em grande escala

A importância da grande escala e de testar o desempenho em condições reais

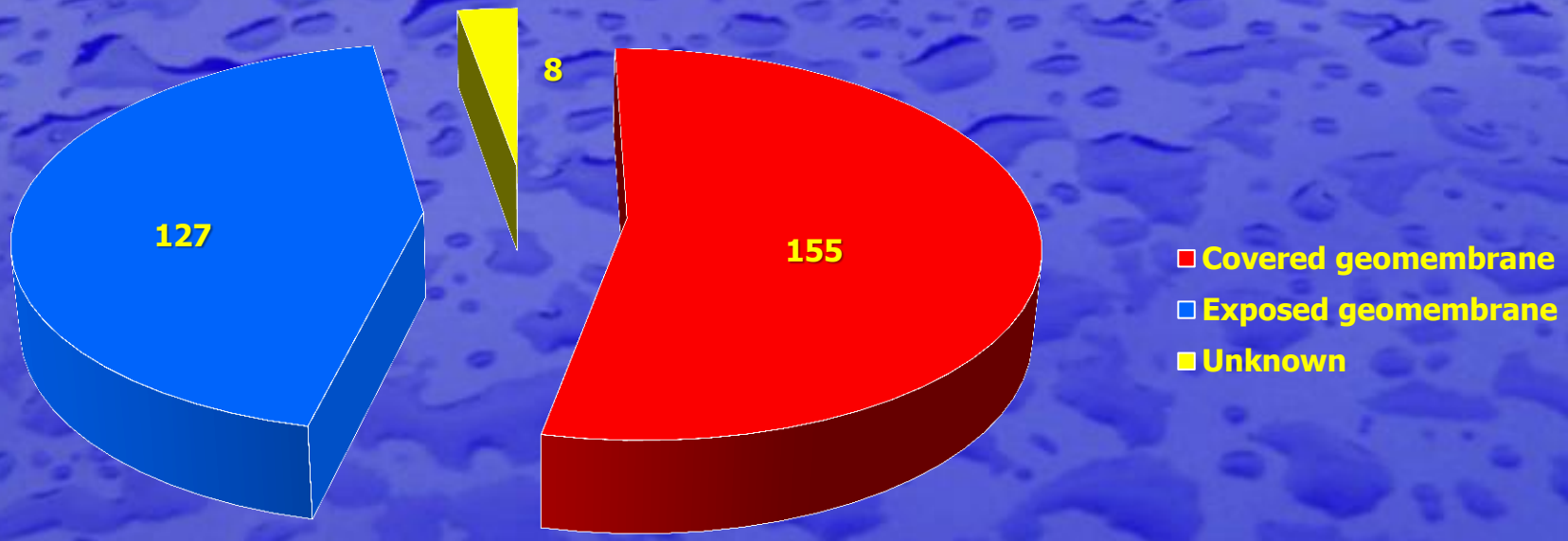




Geomembranas expostas ou cobertas

- Boletim 38 (1981):
  - A cobertura de proteção era obrigatória
- Boletim 78 (1991):
  - A cobertura de proteção era opcional
- Boletim 135 (2010):
  - Cerca de 55% cobertas
  - Cerca de 45 % expostas

Geomembranas expostas ou cobertas



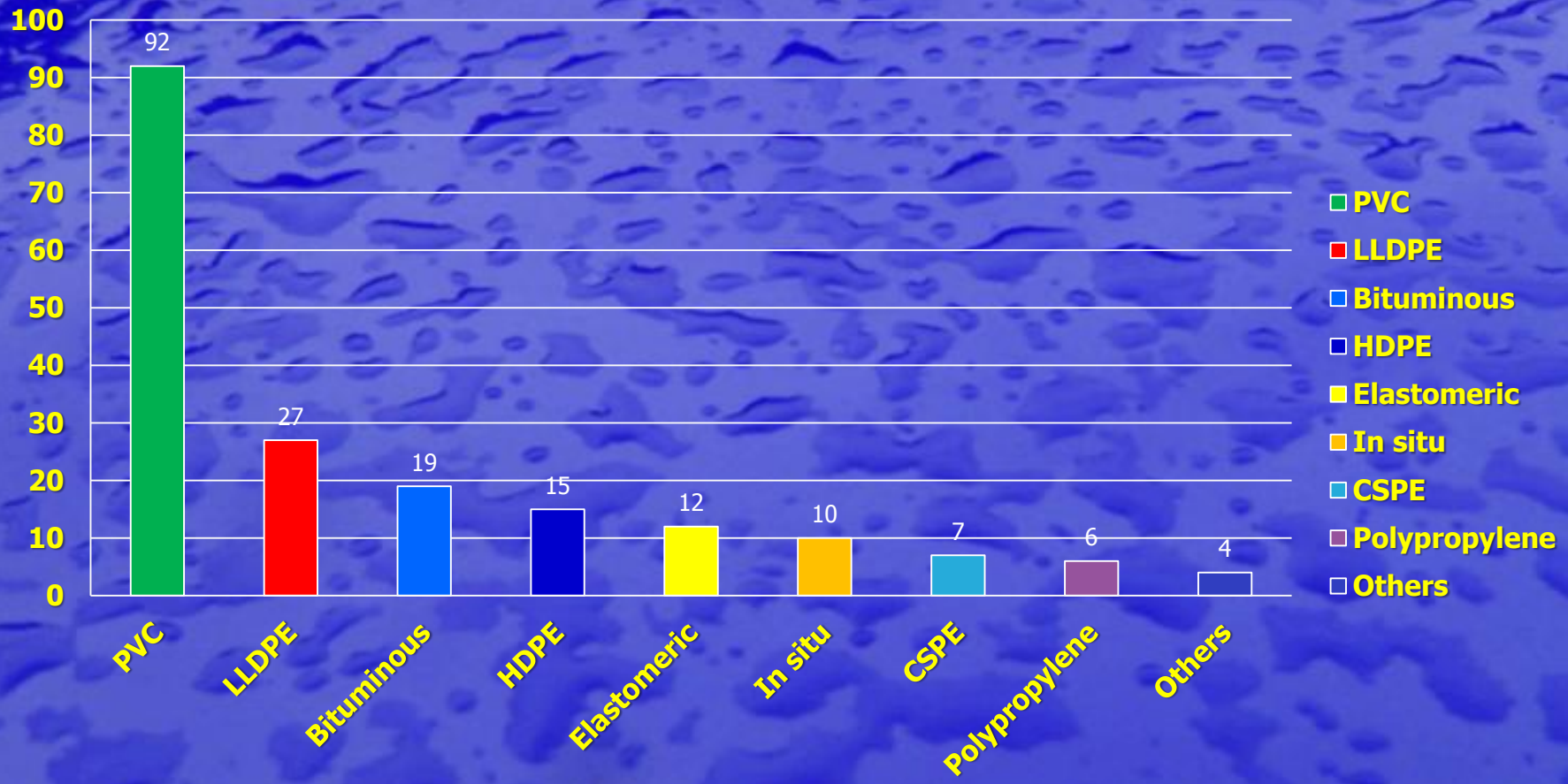
Acções mecânicas

- ✓ Gravidade
- ✓ Deformações diferenciais do substrato
- ✓ Cargas de punçoamento
- ✓ Solicitações do vento
- ✓ Vagas no reservatório
- ✓ Gelo
- ✓ Subpressões pela água e pelo ar

Acções ambientais, físicas, químicas e biológicas

- Temperatura
- Radiações ultravioletas
- Composição química da água
- Acções dos microroganismos
- Vegetação
- Fauna
- vandalismo

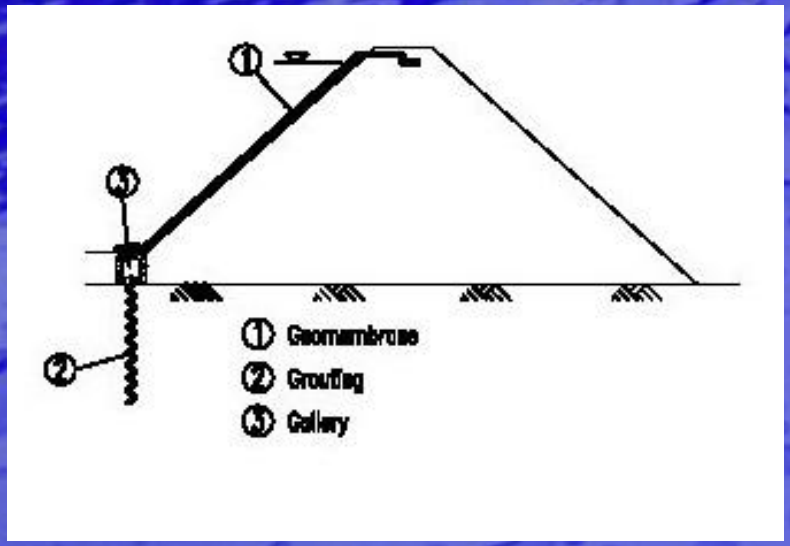
Barragens de aterro, tipo de geomembrana

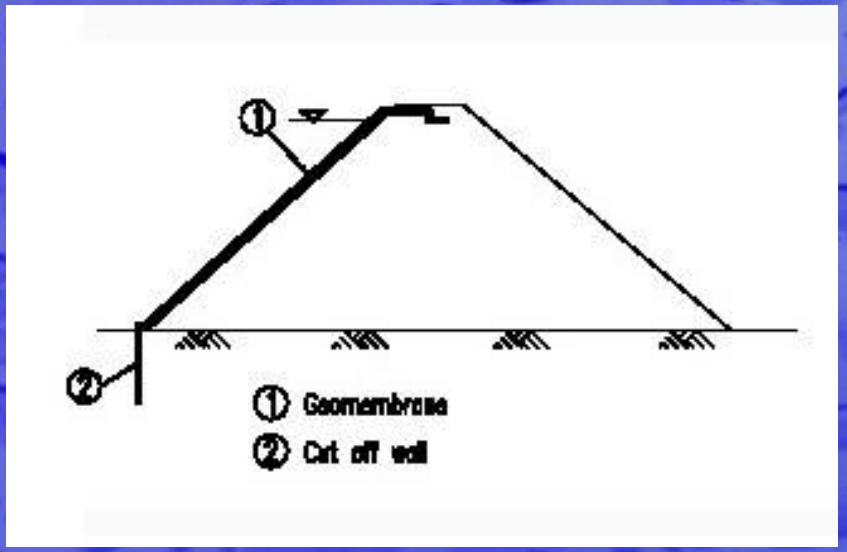


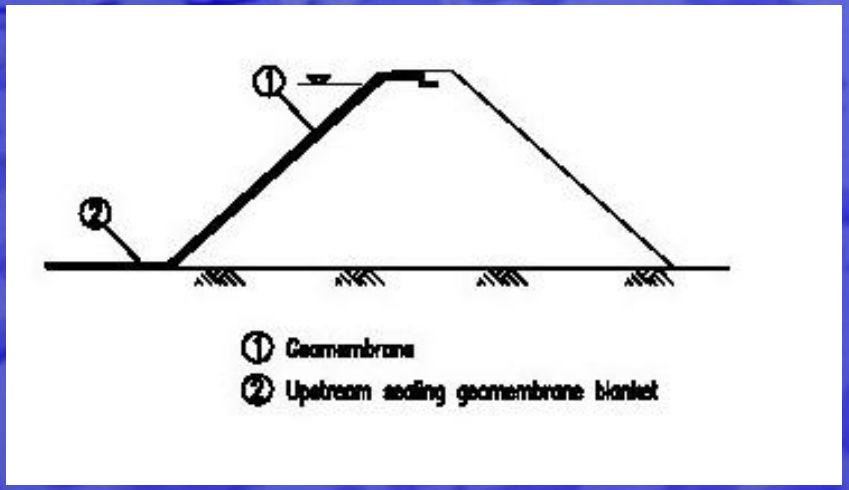
Barragens de aterro solução de impermeabilização

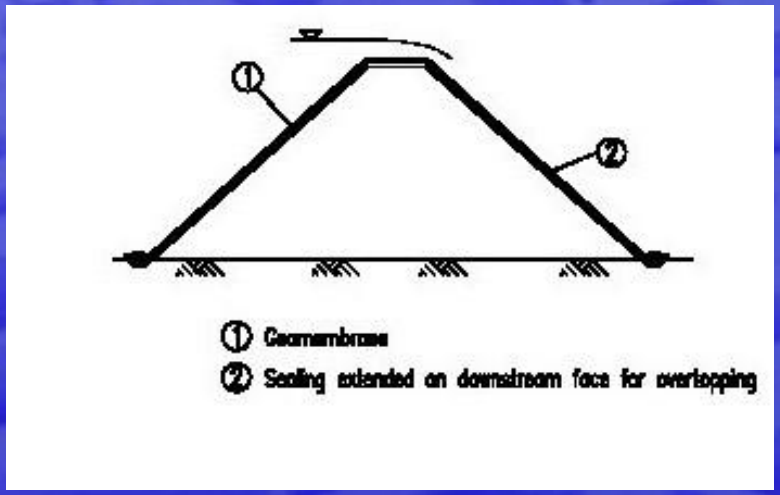
	Coberta a Montante	Exposta a Montante	Central	Desconhe-cida	Total
Construção nova	68	24	16	3	111
Reparação	31	24	5	2	62
Desconhecida	9	5	-	5	19
Total	108	53	21	10	192

Geomembrana no paramento de montante

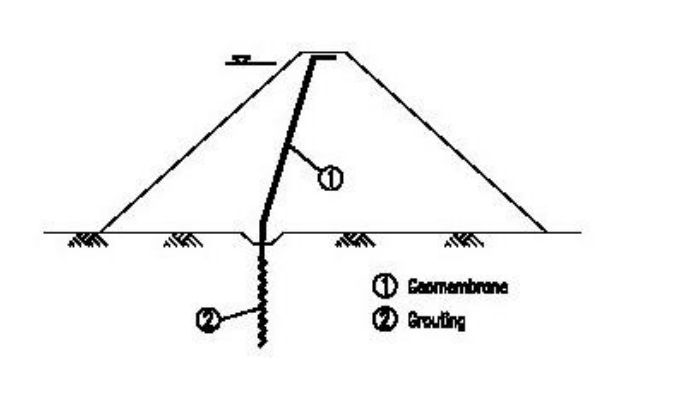


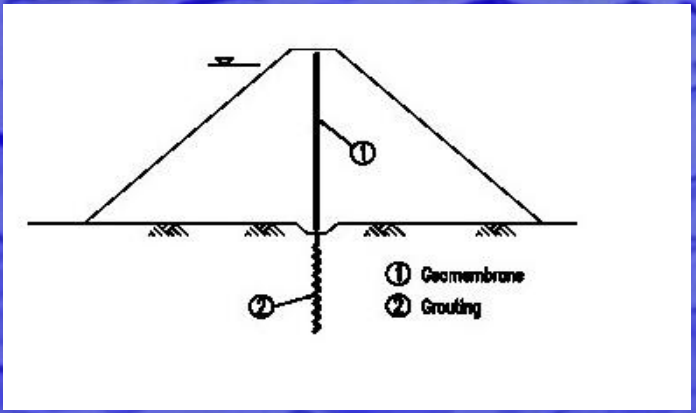


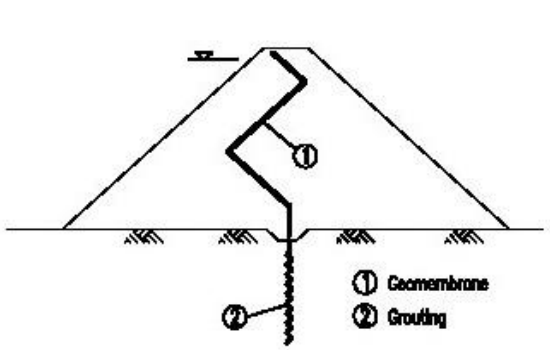


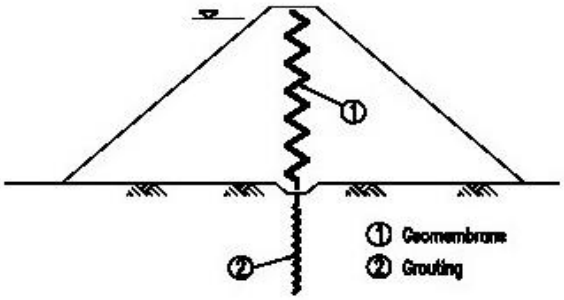


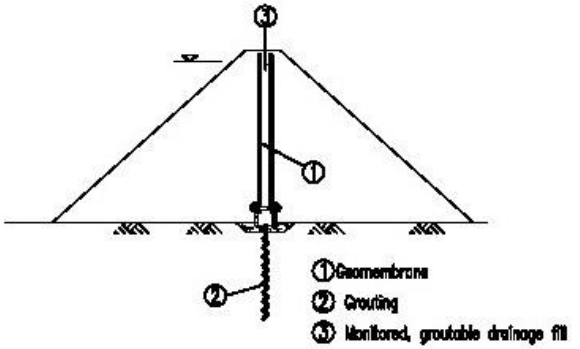
Geomembrana no corpo da barragem



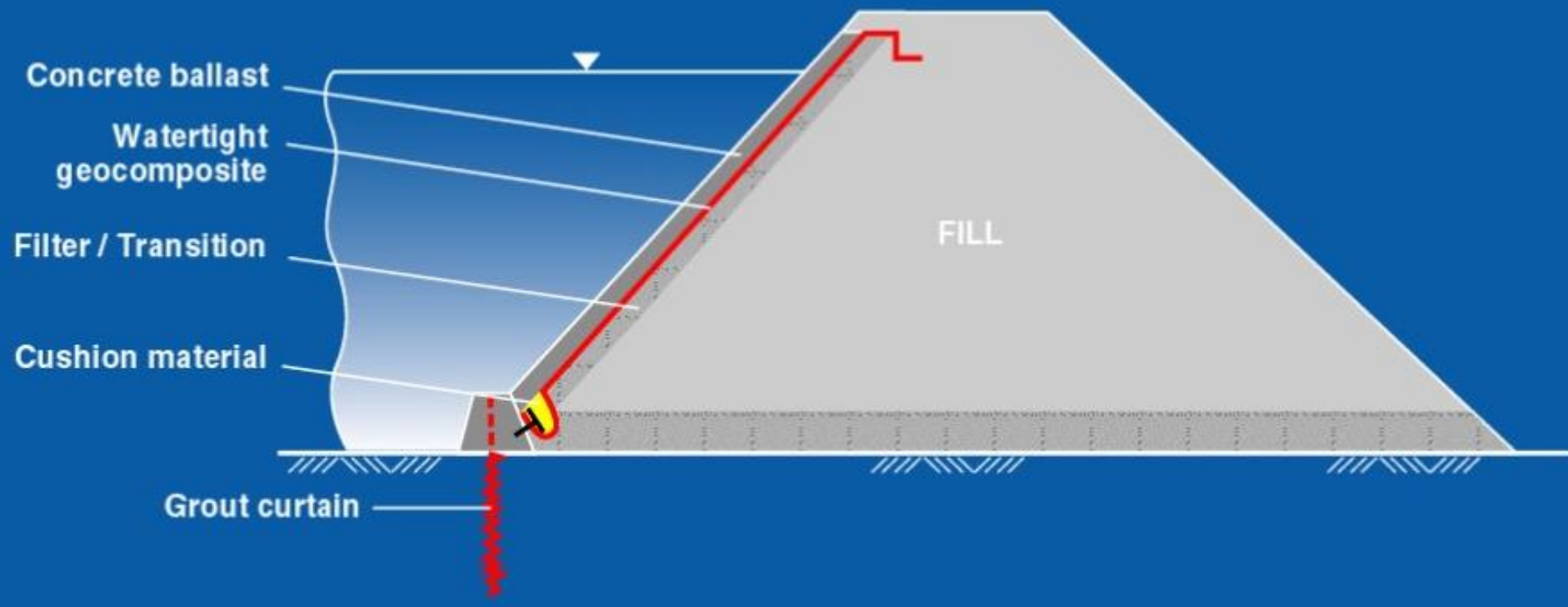






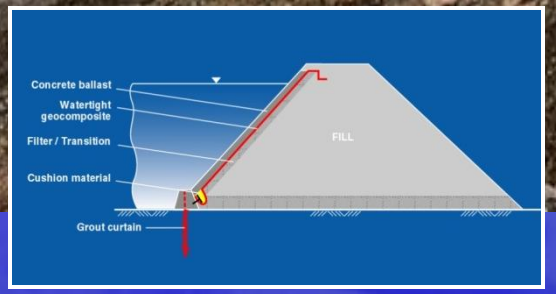


Geomembrana totalmente coberta

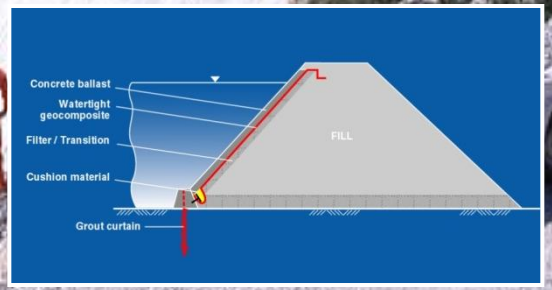


Geomembrana totalmente coberta

BOVILLA, Albania, 91 m



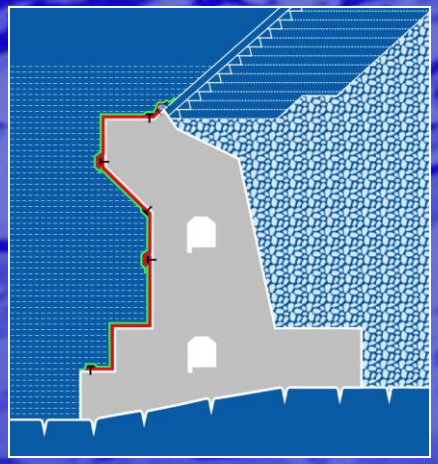
A Geomembrana é o único elemento impermeabilizante



Bovilla, 91 m, estrato de cobertura com lajetas de betão não armado

Geomembrana totalmente coberta

KARANHJUKAR, Islândia, 198 m



Geomembrana no pé de montante

Geomembrana totalmente coberta

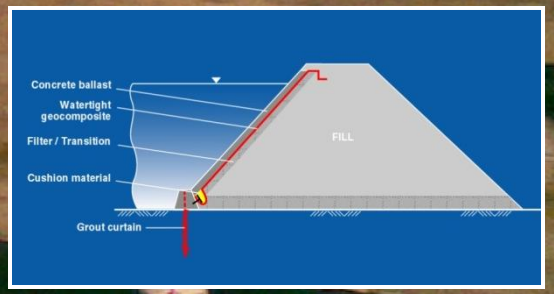
KARANHJUKAR, Iceland, 198 m

Geomembrana nas juntas horizontais entre a fases 1 e 2 da máscara de betão

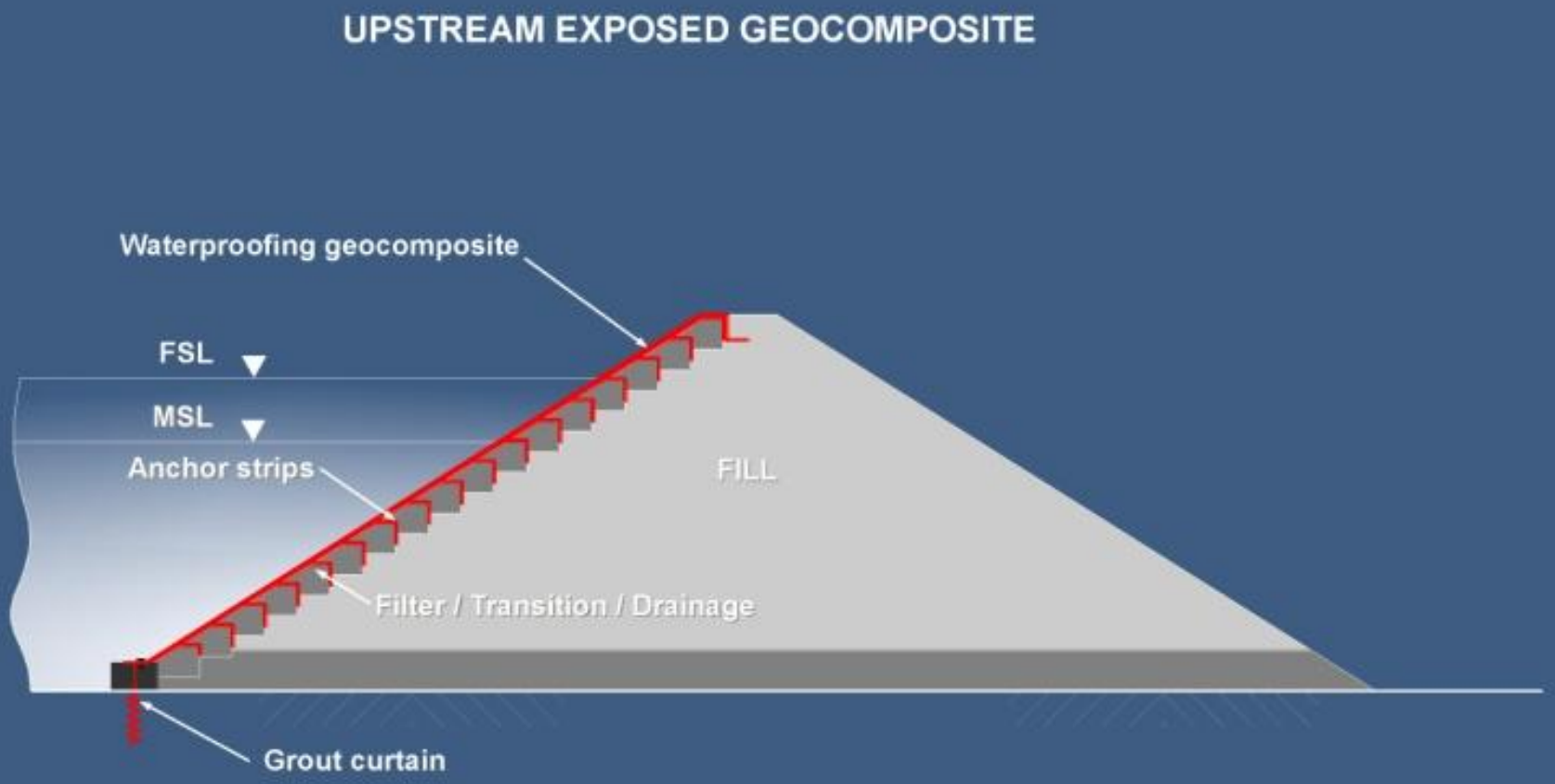
Geomembrana totalmente coberta

LES ARCS, França

Geomembrana coberta com gravilha e «riprap»

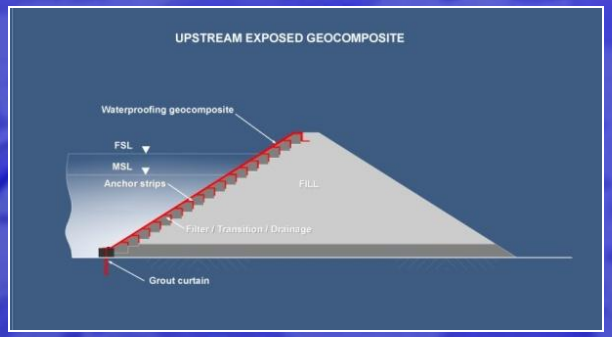


Geomembrana exposta



Geomembrana exposta

SAR CHESHMEH, Irão, 20 m



Geomembrana exposta

Reparação de fissuras

A máscara em betão estava muito deteriorada

SALT SPRINGS CFRD, USA, 100 m

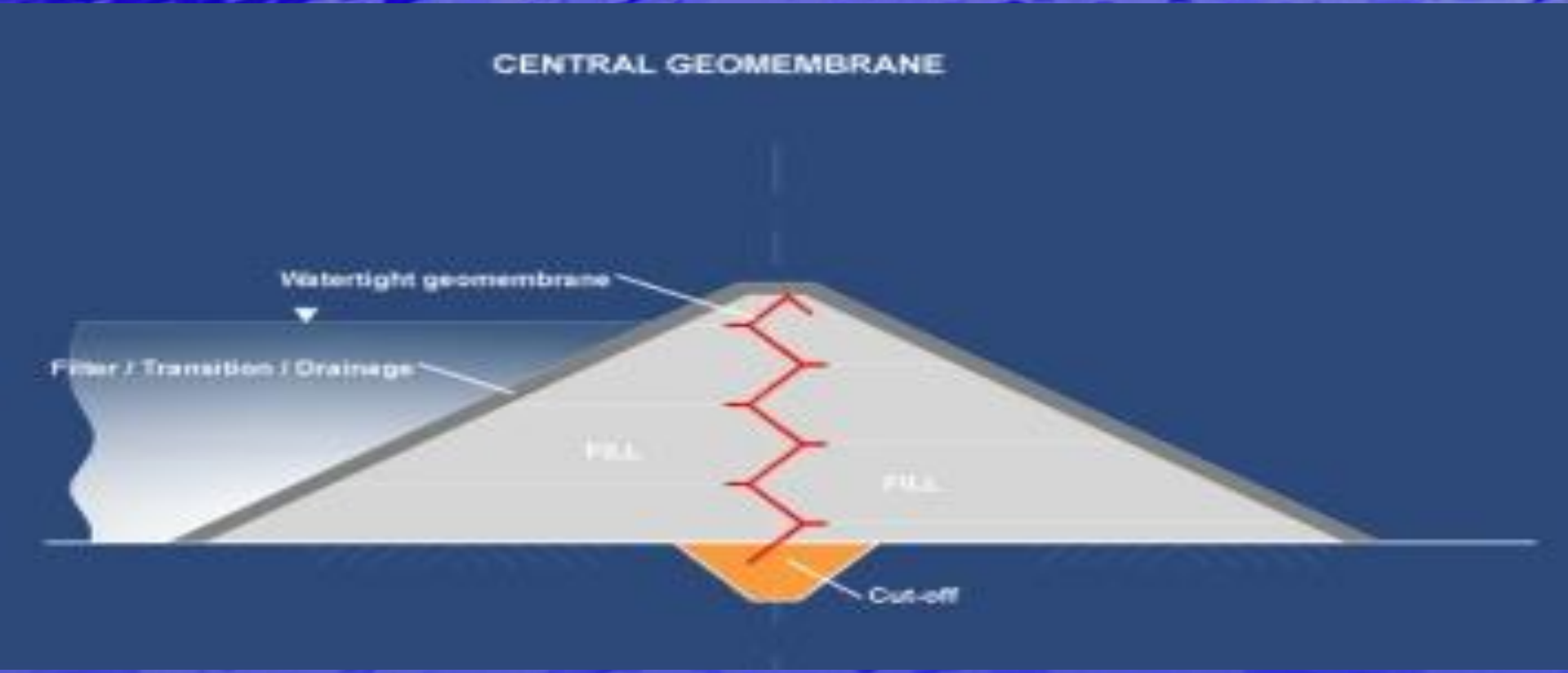
Geomembrana exposta

Construção por fases

SALT SPRINGS CFRD, USA – segunda fase completa

Maio 2005

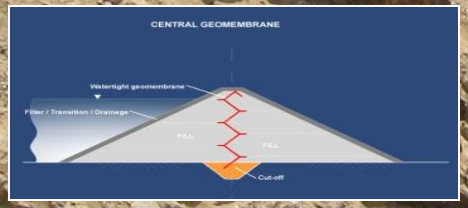
Geomembrana no núcleo



Construção por fases, zig-zag, acompanhando a subida dos aterros

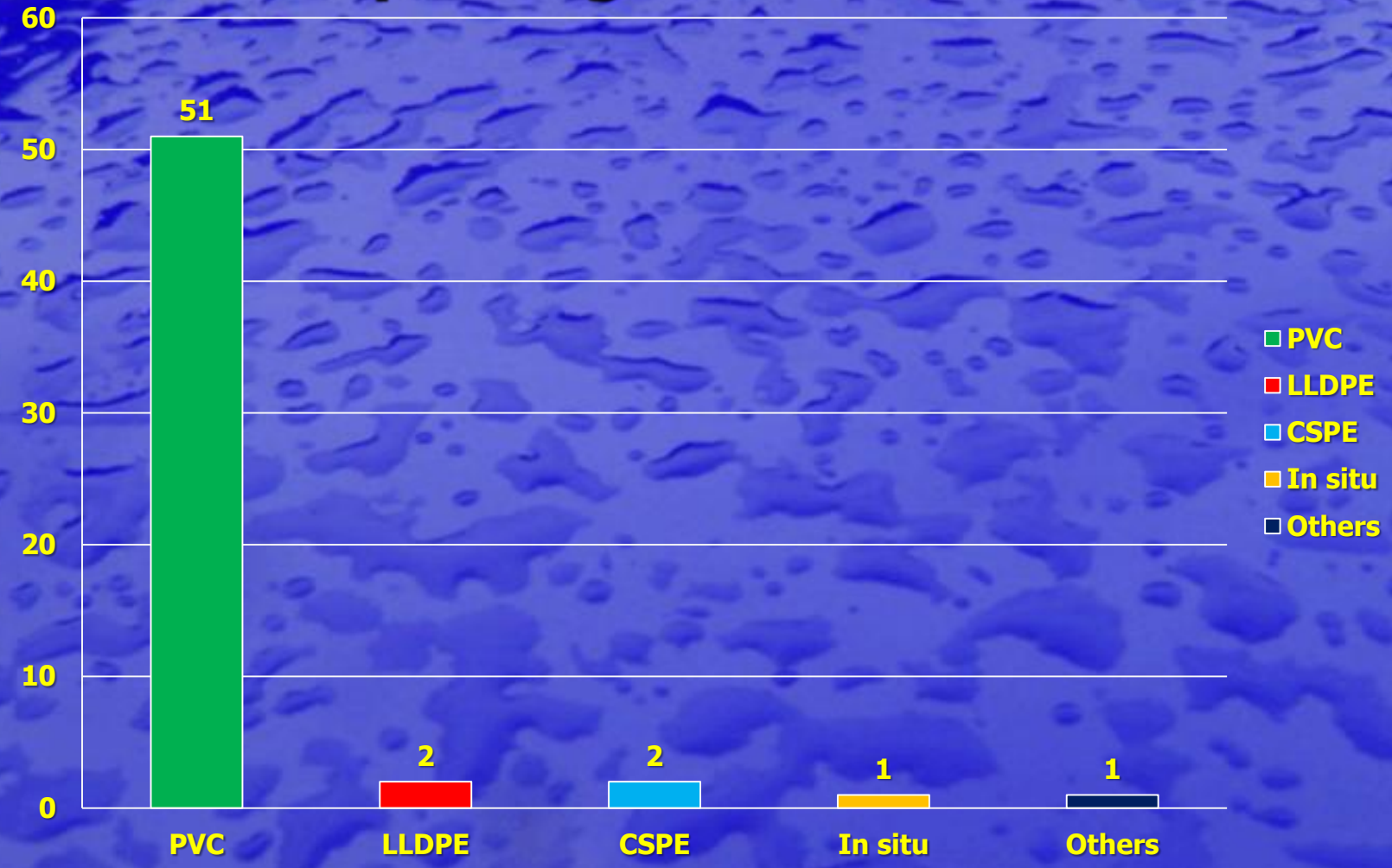
Geomembrana no núcleo

GIBE III COFFERDAM, Etiópia, 50 m



Barragens de betão

Tipo de geomembranas



Geomembranas em barragens de betão

Tipo de geomembrana	Exposta	Coberta	Total
PVC	50	1	51
LLDPE	0	2	2
CSPE	1	1	1
In situ	0	1	1
Other	0	1	1
Total	51	6	57

Barragem de gravidade

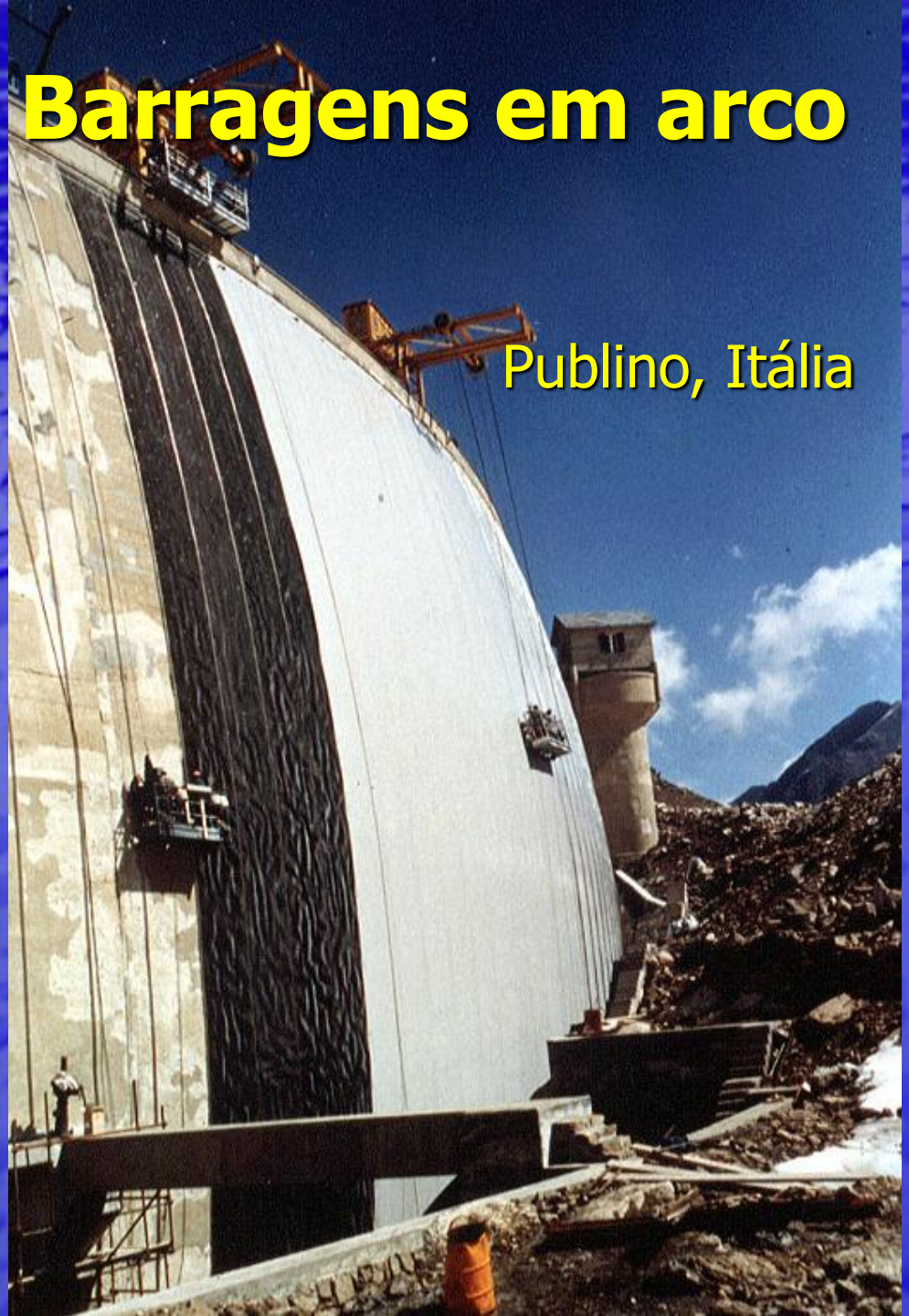
Geomembrana de PVC exposta desde 1980, 32 anos

Barragem de gravidade

Echapre, França

Geomembrana de PVC exposta

Barragens em arco



Barragen de arcos múltiplos

Gem, USA

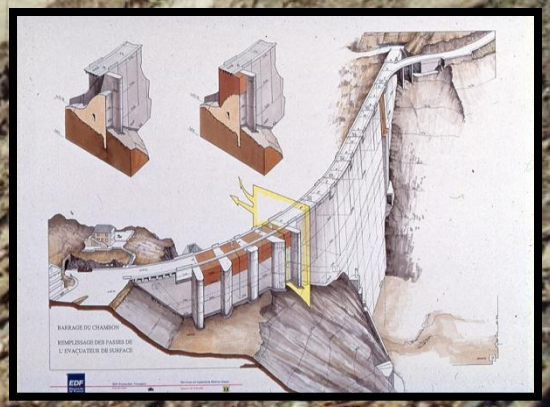
Geomembrana em PVC exposta

Barragens de alvenaria

Kadamparai, India

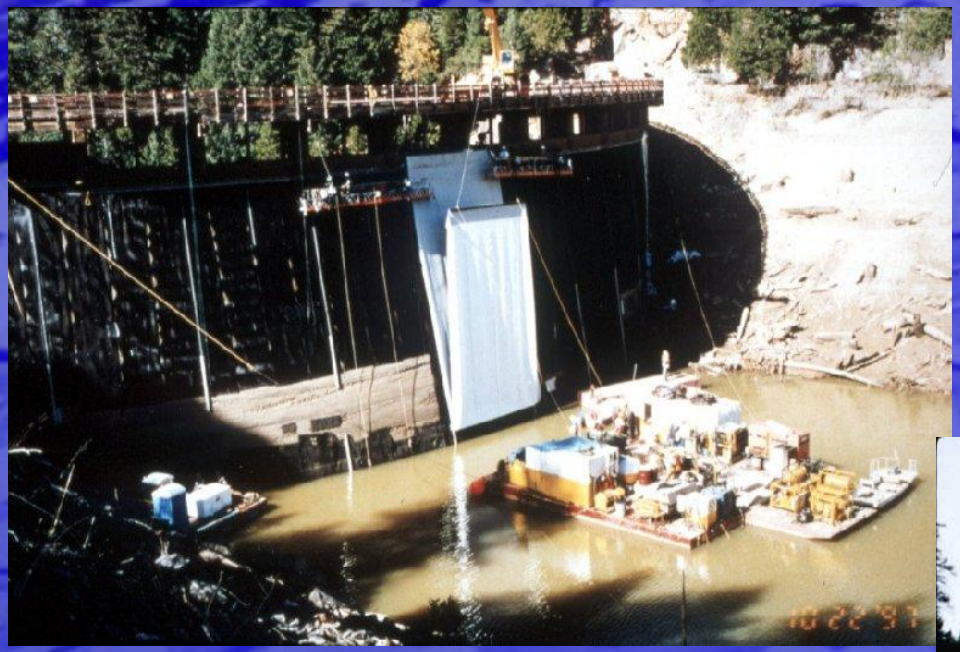
Barragens afectadas por RAA

Chambon, França



Geocomposto em PVC istalado para prevenir a infiltração de água e para protecção aos sismos devido aos cortes de alívio de tensões

Instalação da geomembrana em submersão

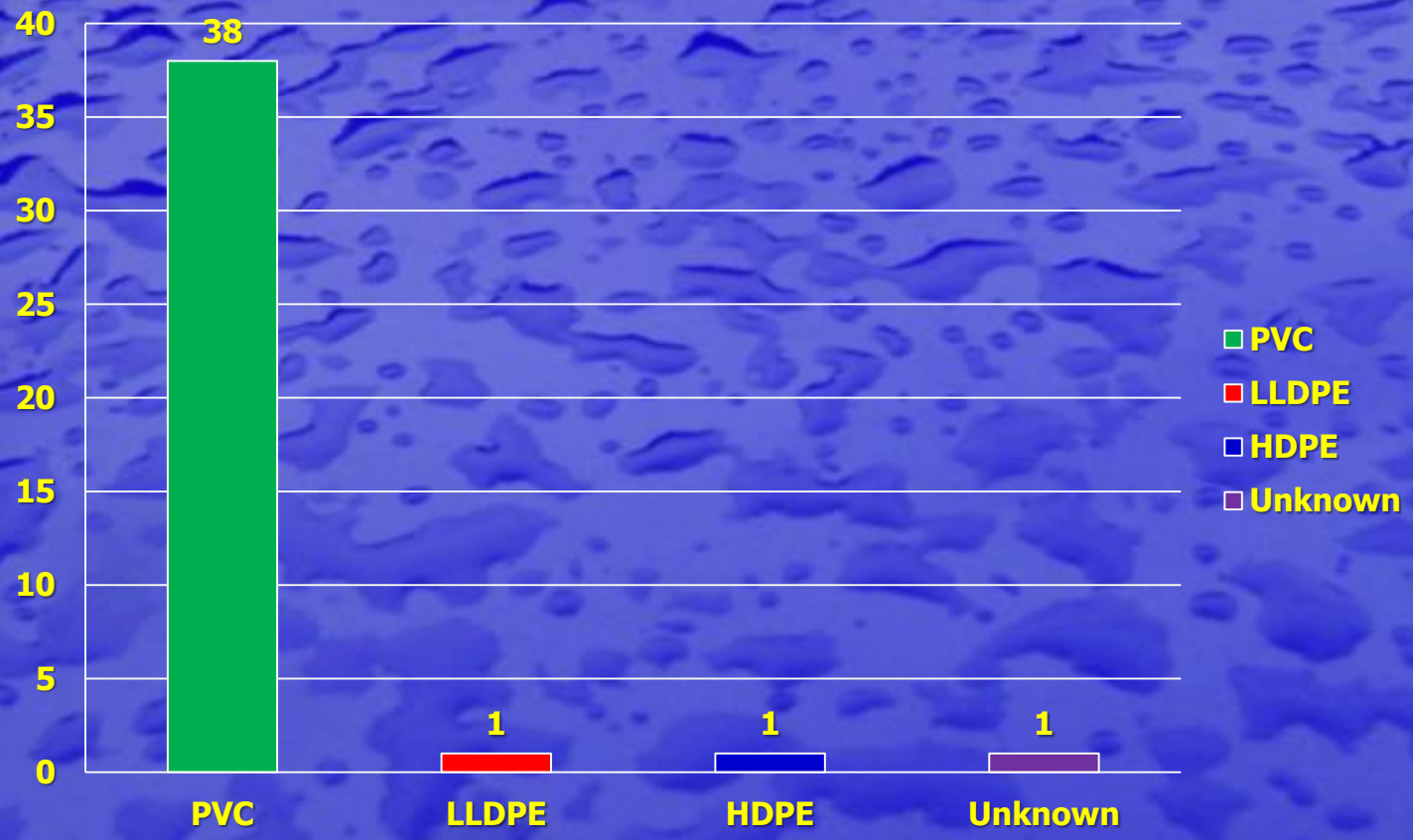


Lost Creek, USA 1997

A barragem não podia ser completamente esvaziada

Barragens em BCC

Tipo de geomembrana

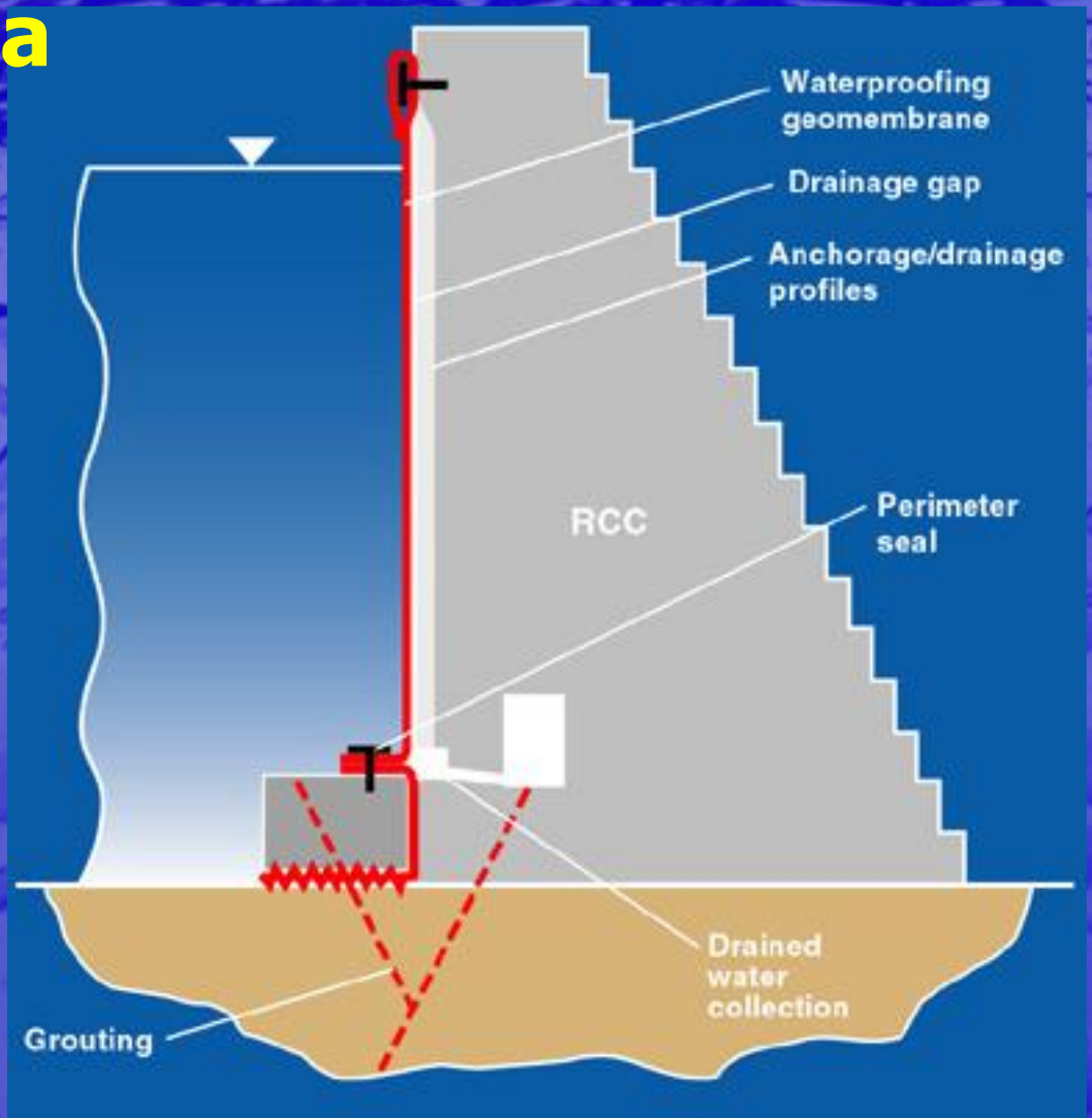


Geomembranas em barragens de BCC
Tipo de geomembrana

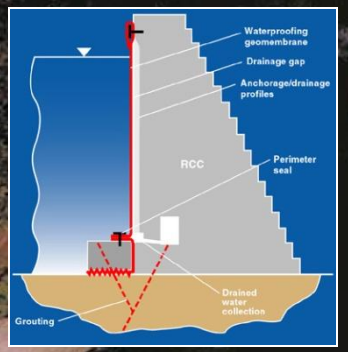
	Exposta	Coberta	Total
PVC	21*	17	38
LLDPE	0	1	1
HDPE	0	1	1
Unknown	1	0	1
Total	22	19	41

* Um dos casos a geomembrana foi colocada nas juntas e usada para impermeabilizar uma fissura depois do primeiro enchimento

Barragens em BCC– Geomembrana exposta

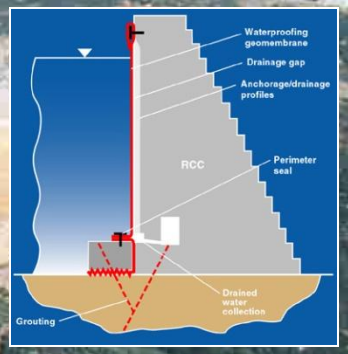


Miel I, Colombia, 188m, a barragem em BCC mais alta, em operação, foi concebida com uma geomembrana exposta de PVC. A infiltração total é < 2 l/s



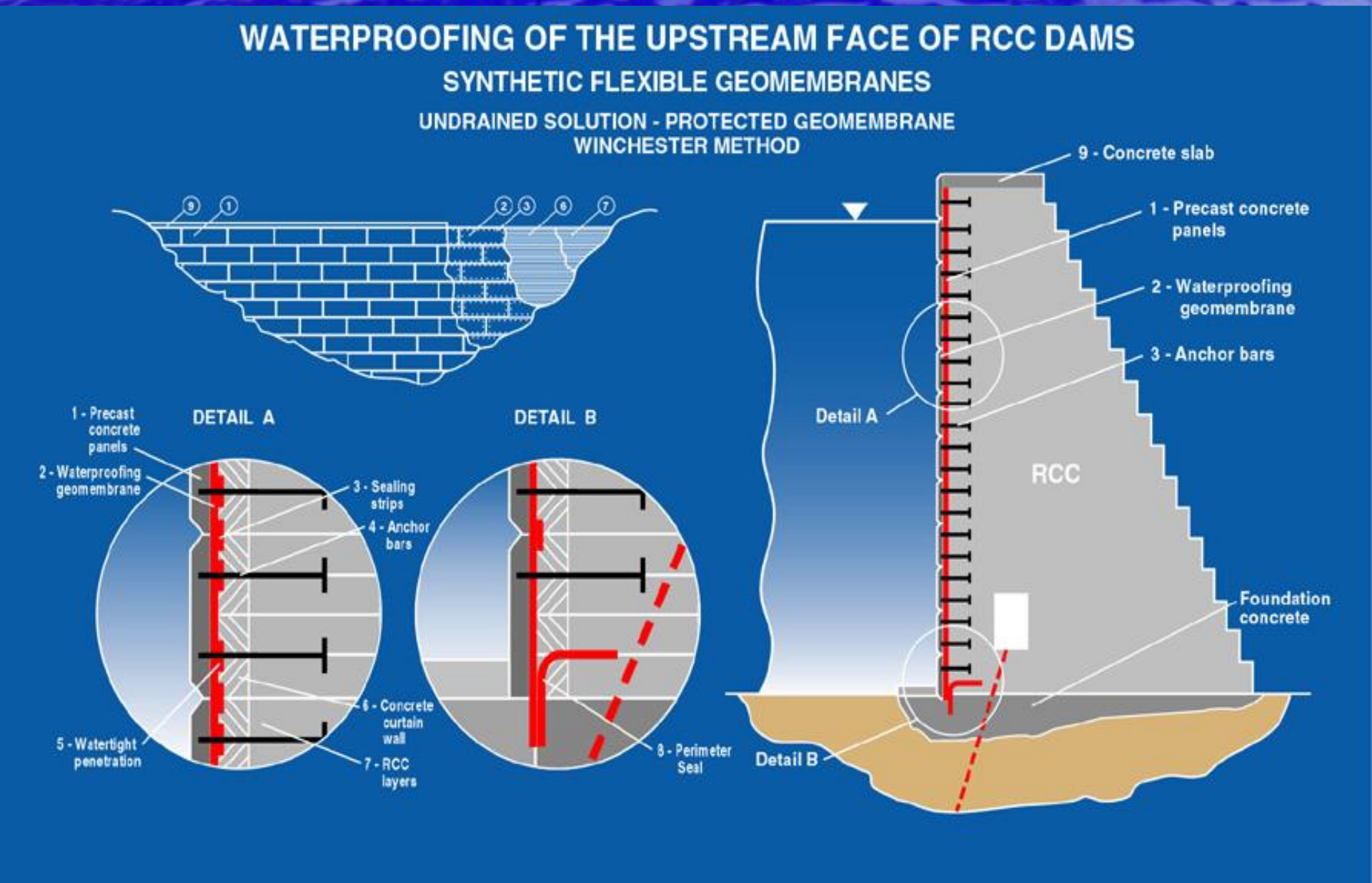
Olivenhain RCC dam, USA, 100 m

Geomembrana de PVC exposta

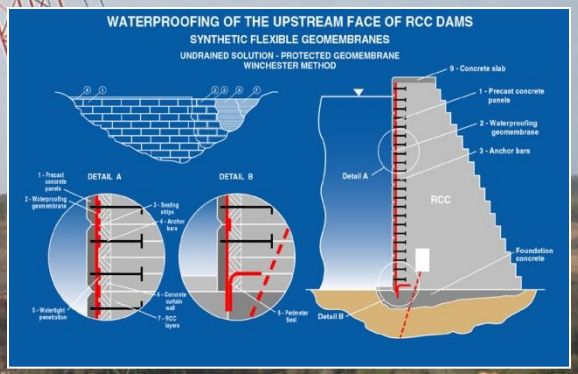


Benefíco da geomembrana: em 16 Junho 2004, com o reservatório quase no nível máximo, ocorreu um sismo de 5.2 na escala de Richter a 100 Km da barragem. Os blocos da barragem abanaram e moveram-se, mas nenhum dano foi relatado e a estanqueidade da barragem foi totalmente conservada, satisfazendo completamente os requisitos de projecto e de segurança.

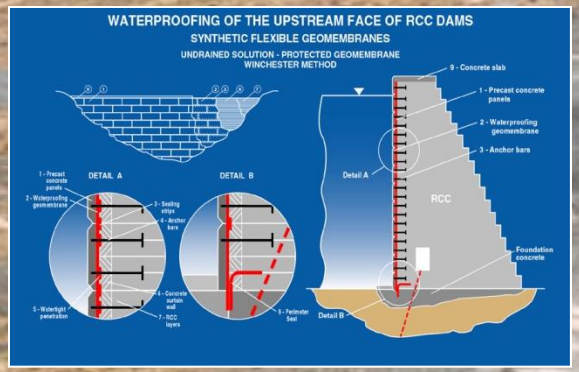
Barragens em BCC – solução coberta



Paradise, Australia, 37 m de altura



Penn Forest, USA, 55 m de altura



Barragem de Pracana, 2002

OBRIGADO PELA ATENÇÃO
Barragem do Covão do Ferro, 2005