



COMPREHENSIVE  
NUCLEAR-TEST-BAN  
TREATY ORGANIZATION

## Como detectar uma bomba atômica?

**Lucas C. Ferreira**

## Agenda:

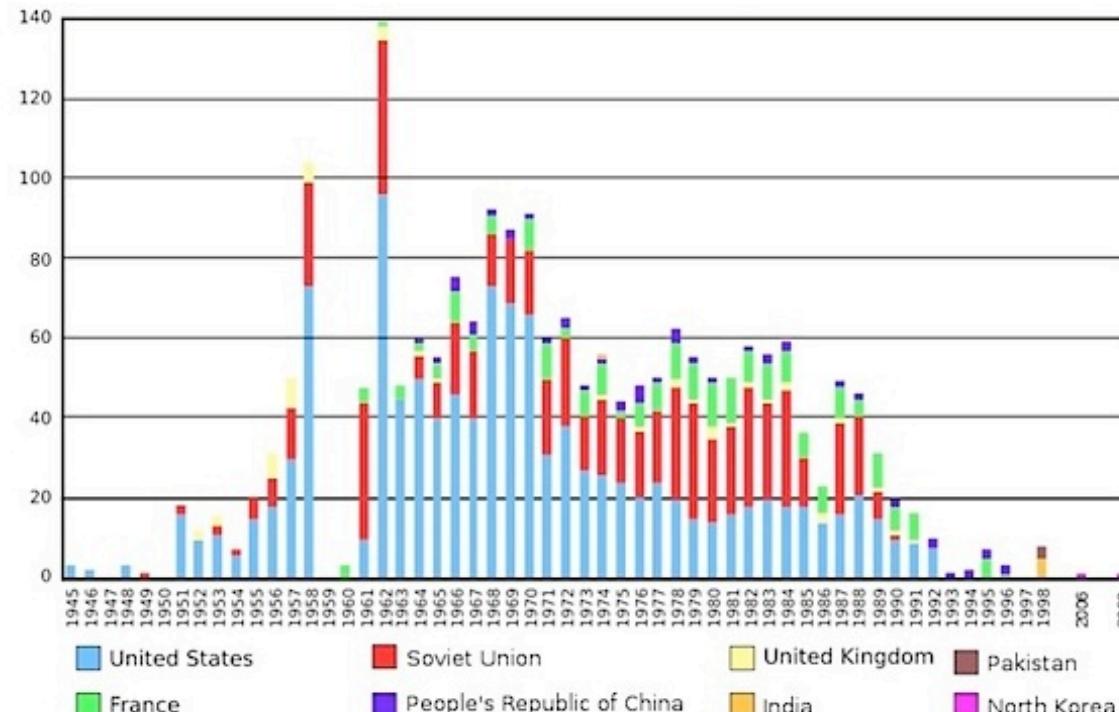
- Histórico de testes nucleares
- O Tratado e a organização
- O Sistema Internacional de Monitoramento (IMS)
- Tecnologias de Monitoramento
- Outras aplicações
- Aspectos de Segurança da Informação

# Histórico de Testes Nucleares



- 6

Testes até 2009



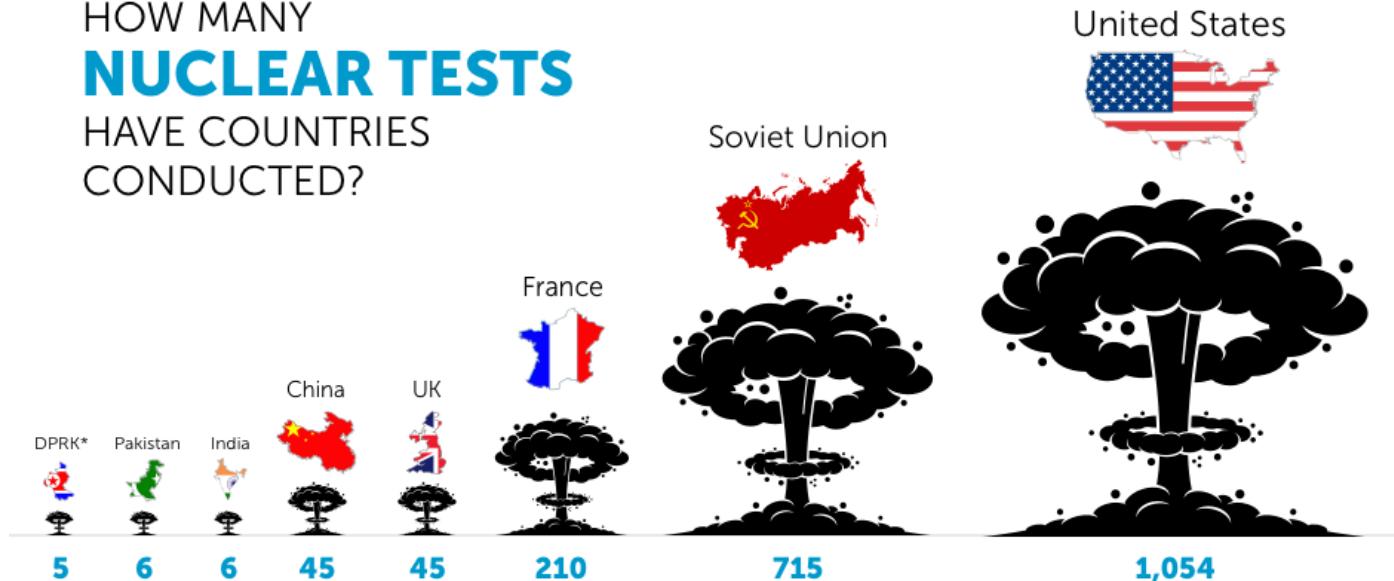
Fonte: <https://nukewatch.org/tests.html>

Locais de testes



Fonte: <http://nwp.ilpi.org/?p=3489>

## HOW MANY **NUCLEAR TESTS** HAVE COUNTRIES CONDUCTED?



\* The DPRK is the only country that continues to test today

© Copyright 2016



In partnership with



## Consequências dos testes:

- Contaminação por radiação
  - Atmosférica, incluindo propagação para outras regiões
  - Solo
  - Plantas
  - Animais
  - Oceanos e peixes
- Aumento de doenças em populações locais
- Incapacidade de uso da área para quaisquer atividades
- Custos para contenção da radiação

# O Tratado e a Organização

## O Tratado

- Proíbe a execução de testes de artefatos nucleares
- Define o Sistema Internacional de Monitoramento
- Define a localização de cada uma das estações de monitoramento
- Define o processo de Inspeções In-situ
- Cria o CTBTO com sede em Viena
- Já foi assinado por 184 países e ratificado por 168
- Ainda não está em vigor
  - Entra em vigor quando for assinado e retificado por 44 países listados no Anexo 2 do tratado



COMPREHENSIVE  
NUCLEAR-TEST-BAN  
TREATY ORGANIZATION



O Tratado só entra  
 em vigor quando  
 os 44 países do  
 Anexo 2 assinarem  
 e ratificarem

<a href="#">Algeria*</a>	15-OCT-1996	11-JUL-2003	<a href="#">Israel*</a>	25-SEP-1996	
<a href="#">Argentina*</a>	24-SEP-1996	04-DEC-1998	<a href="#">Italy*</a>	24-SEP-1996	01-FEB-1999
<a href="#">Australia*</a>	24-SEP-1996	09-JUL-1998	<a href="#">Japan*</a>	24-SEP-1996	08-JUL-1997
<a href="#">Austria*</a>	24-SEP-1996	13-MAR-1998	<a href="#">Mexico*</a>	24-SEP-1996	05-OCT-1999
<a href="#">Bangladesh*</a>	24-OCT-1996	08-MAR-2000	<a href="#">Netherlands*</a>	24-SEP-1996	23-MAR-1999
<a href="#">Belgium*</a>	24-SEP-1996	29-JUN-1999	<a href="#">Norway*</a>	24-SEP-1996	15-JUL-1999
<a href="#">Brazil*</a>	24-SEP-1996	24-JUL-1998	<a href="#">Pakistan*</a>		
<a href="#">Bulgaria*</a>	24-SEP-1996	29-SEP-1999	<a href="#">Peru*</a>	25-SEP-1996	12-NOV-1997
<a href="#">Canada*</a>	24-SEP-1996	18-DEC-1998	<a href="#">Poland*</a>	24-SEP-1996	25-MAY-1999
<a href="#">Chile*</a>	24-SEP-1996	12-JUL-2000	<a href="#">Republic of Korea*</a>	24-SEP-1996	24-SEP-1999
<a href="#">China*</a>	24-SEP-1996		<a href="#">Romania*</a>	24-SEP-1996	05-OCT-1999
<a href="#">Colombia*</a>	24-SEP-1996	29-JAN-2008	<a href="#">Russian Federation*</a>	24-SEP-1996	30-JUN-2000
<a href="#">Democratic People's Republic of Korea*</a>			<a href="#">Slovakia*</a>	30-SEP-1996	03-MAR-1998
<a href="#">Democratic Republic of the Congo*</a>	04-OCT-1996	28-SEP-2004	<a href="#">South Africa*</a>	24-SEP-1996	30-MAR-1999
<a href="#">Egypt*</a>	14-OCT-1996		<a href="#">Spain*</a>	24-SEP-1996	31-JUL-1998
<a href="#">Finland*</a>	24-SEP-1996	15-JAN-1999	<a href="#">Sweden*</a>	24-SEP-1996	02-DEC-1998
<a href="#">France*</a>	24-SEP-1996	06-APR-1998	<a href="#">Switzerland*</a>	24-SEP-1996	01-OCT-1999
<a href="#">Germany*</a>	24-SEP-1996	20-AUG-1998	<a href="#">Turkey*</a>	24-SEP-1996	16-FEB-2000
<a href="#">Hungary*</a>	25-SEP-1996	13-JUL-1999	<a href="#">Ukraine*</a>	27-SEP-1996	23-FEB-2001
<a href="#">India*</a>			<a href="#">United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland*</a>	24-SEP-1996	06-APR-1998
<a href="#">Indonesia*</a>	24-SEP-1996	06-FEB-2012	<a href="#">United States of America*</a>	24-SEP-1996	
<a href="#">Iran (Islamic Republic of)*</a>	24-SEP-1996		<a href="#">Viet Nam*</a>	24-SEP-1996	10-MAR-2006

# O Sistema Internacional de Monitoramento

# INTERNATIONAL MONITORING SYSTEM

## GLOBAL OVERVIEW - CERTIFIED STATIONS AND NON-CERTIFIED STATIONS

25 SEPTEMBER 2019



preparatory commission for the  
comprehensive nuclear-test-ban  
treaty organization



### STATION STATUS

DATE	25 Sep 2019
TOTAL STATIONS	337
PLANNING	25
UNDER CONSTRUCTION	5
INSTALLED	9
CERTIFIED	290

■ Primary Seismic ■ Auxiliary Seismic ■ Infrasound ■ Hydroacoustic ■ Radionuclide w/ Noble Gas ■ Radionuclide Lab

The boundaries and presentation of material on this map does not imply the expression of any opinion on the part of the Provisional Technical Secretariat concerning the legal status of any country, territory, city or area with respect to boundaries, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

[WWW.CTBTO.ORG](http://WWW.CTBTO.ORG)

# Tecnologias de Monitoramento





**CTBTO**  
PREPARATORY COMMISSION

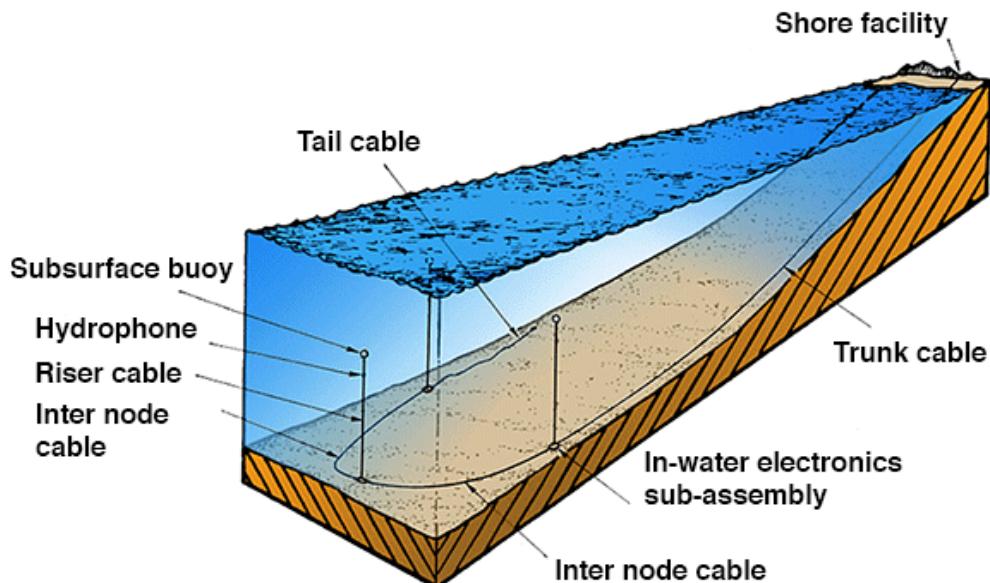
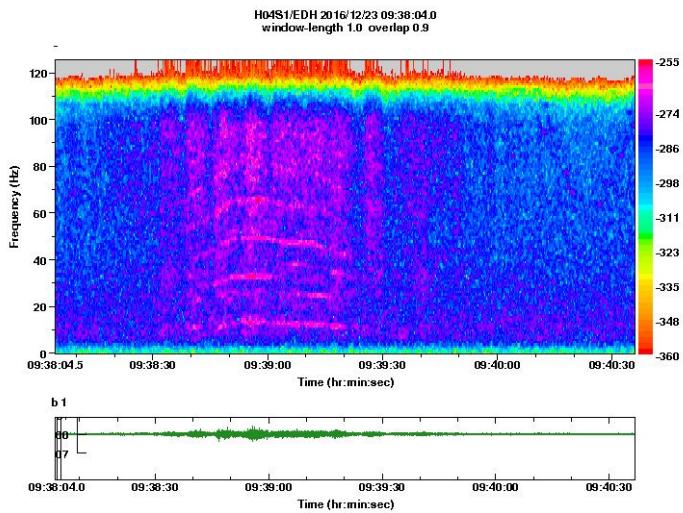
COMPREHENSIVE  
NUCLEAR-TEST-BAN  
TREATY ORGANIZATION

## Tecnologias de Monitoramento:

- Forma de onda (waveform/SHI):
  - Sísmico
  - Hidro-acústico
  - Infrassom
- Radioisótopos (RN)
  - Particulados
  - Gases nobres (Xenônio)

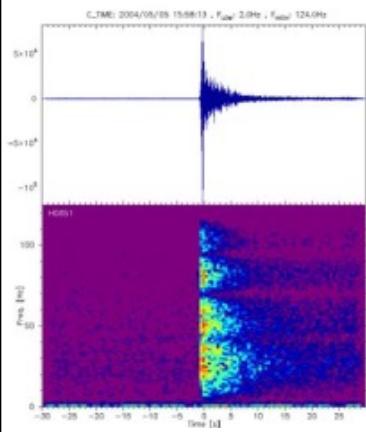
# **Monitoramento Hidro-acústico**

## Monitoramento Hidro-acústico

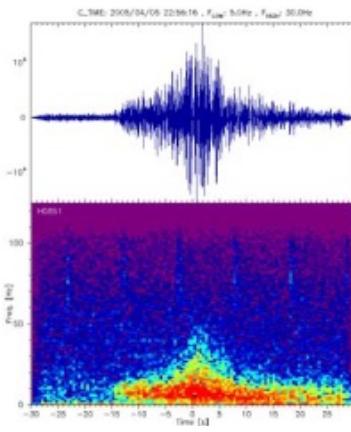


## Monitoramento Hidro-acústico

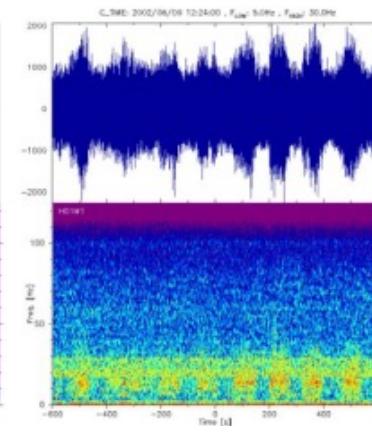
Explosão na água



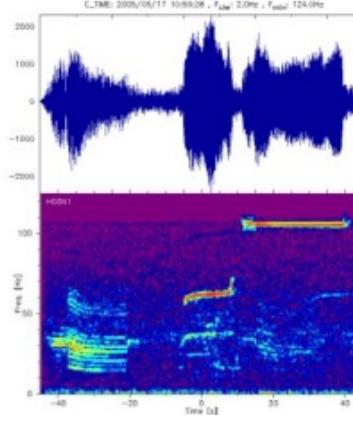
Terremoto



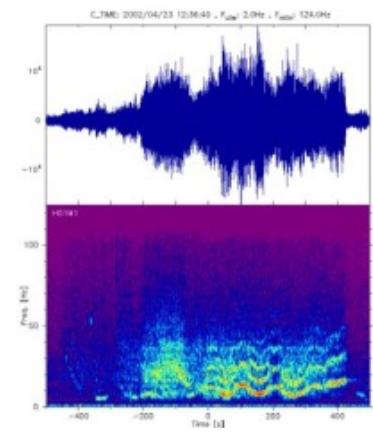
Vulcão subaquático



Baleia



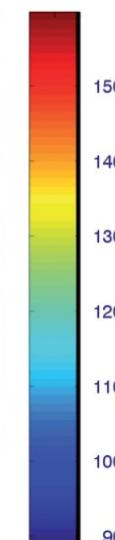
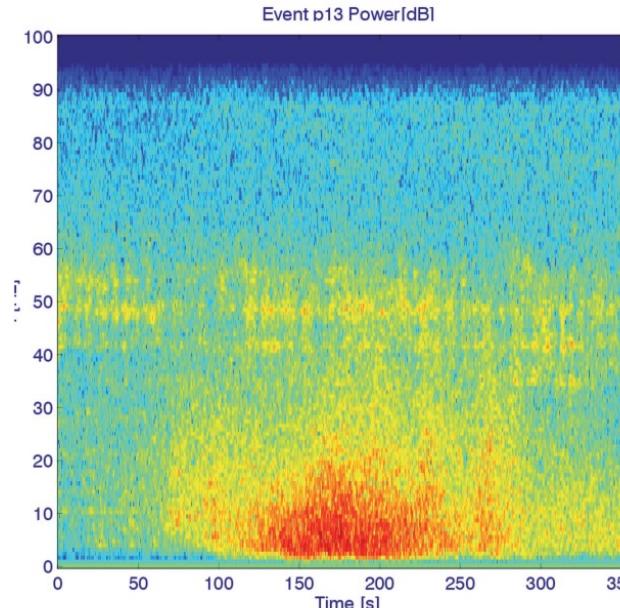
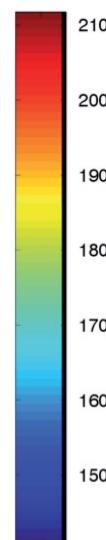
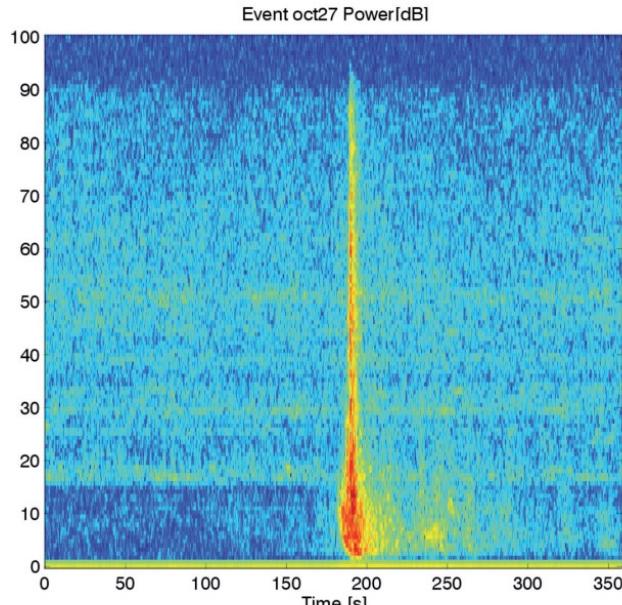
Iceberg



Fonte: [http://www.ocean-partners.org/sites/ocean-partners.org/files/public/attachments/712\\_prior-ctbto.pdf](http://www.ocean-partners.org/sites/ocean-partners.org/files/public/attachments/712_prior-ctbto.pdf)

## Monitoramento Hidro-acústico

Comparação entre  
Explosão e terremoto



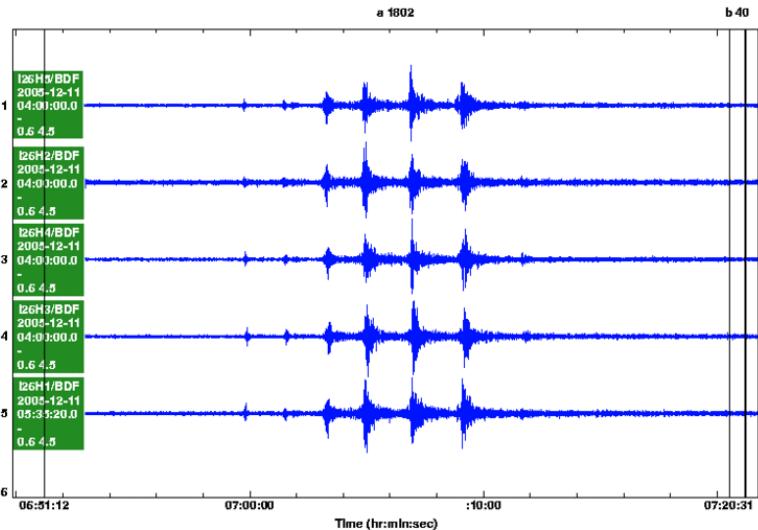
Fonte: [https://www.ctbto.org/fileadmin/user\\_upload/pdf/ISS\\_Publication/Hydroacoustic\\_17-22.pdf](https://www.ctbto.org/fileadmin/user_upload/pdf/ISS_Publication/Hydroacoustic_17-22.pdf)



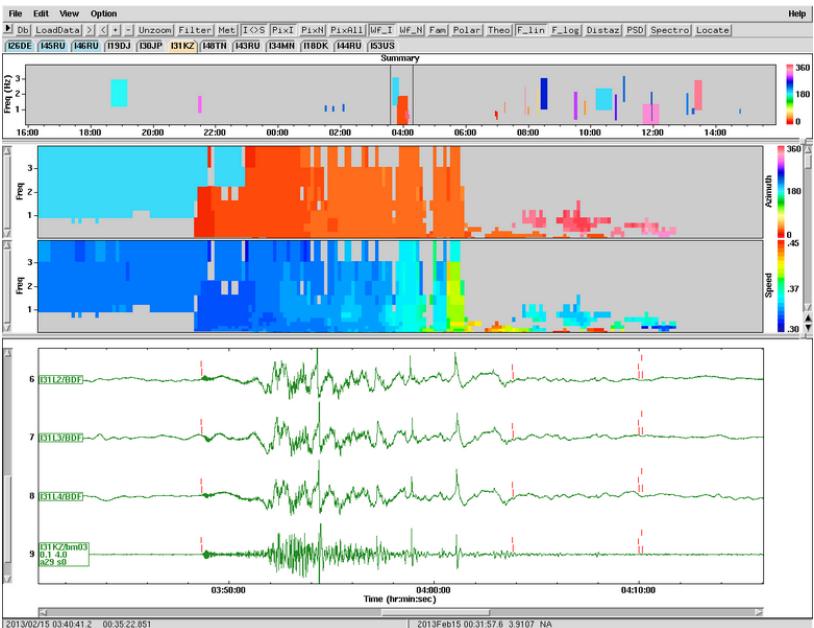
# **Monitoramento de Infrassom**

## Monitoramento de Infrassom

Sinais de uma explosão em Londres detectados em  
Freyung, Alemanha



Sinais de um meteoro nos montes Urais, Russia  
detectados em Aktyubinsk, Kazakhstan

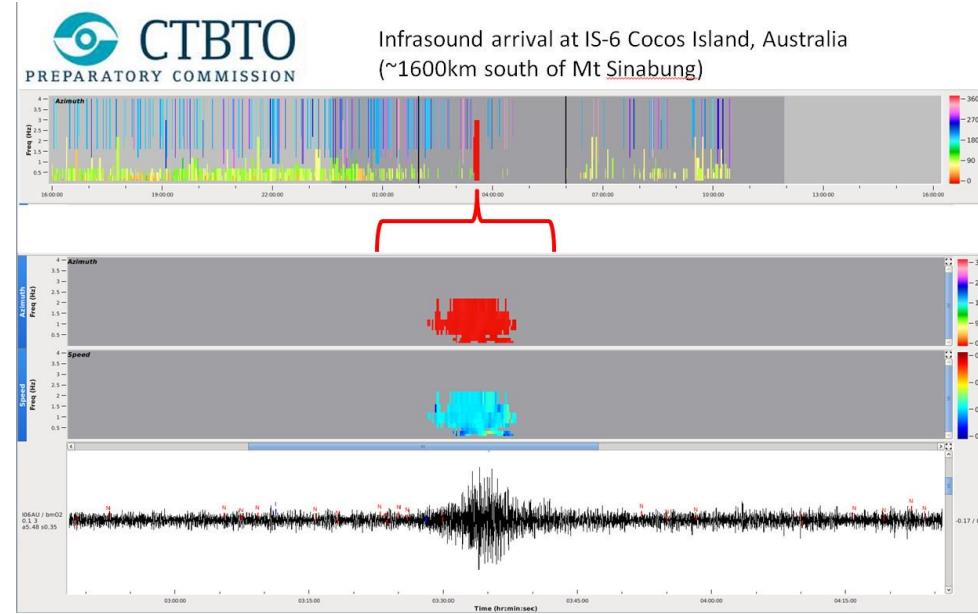
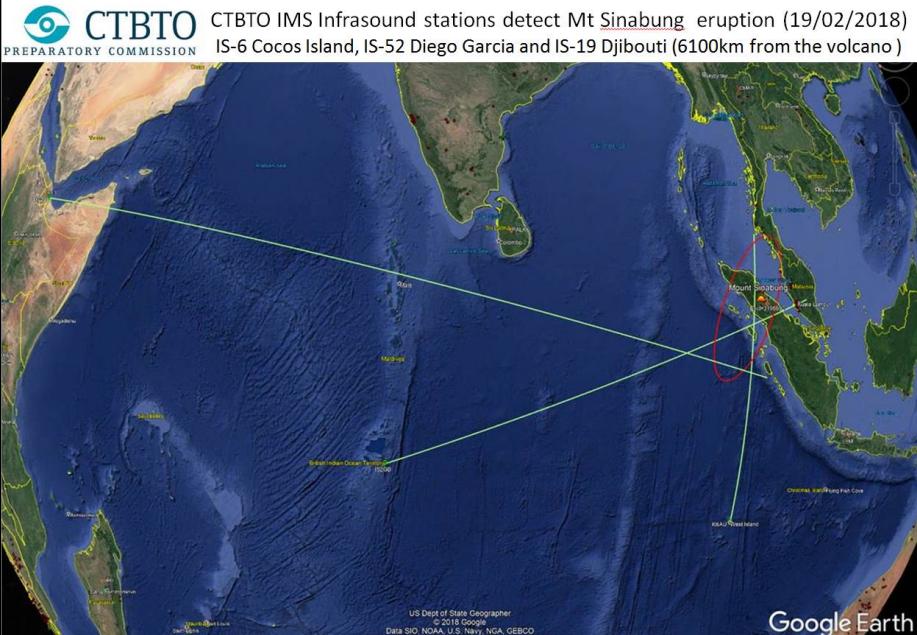


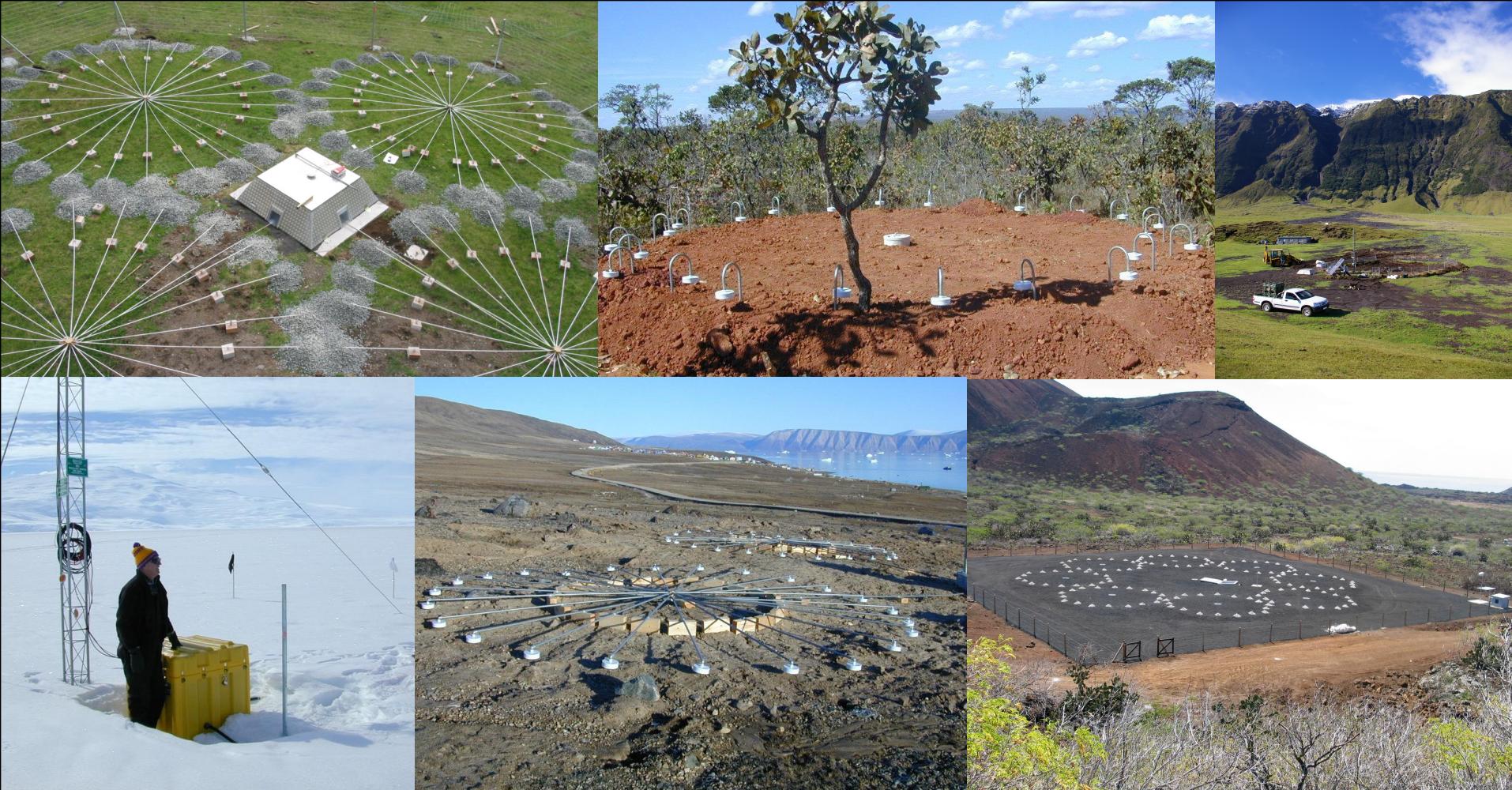


CTBTO  
PREPARATORY COMMISSION

# COMPREHENSIVE NUCLEAR-TEST-BAN TREATY ORGANIZATION

## Monitoramento de Infrassom





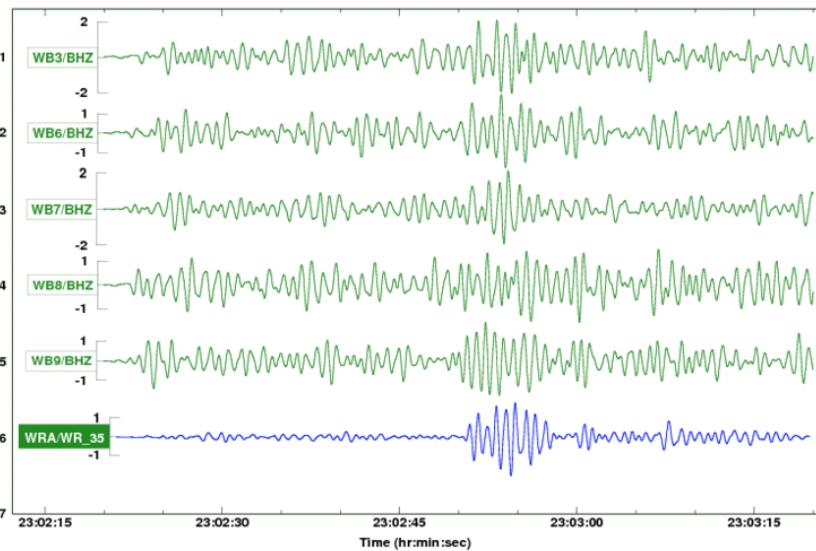
PUTTING AN END TO NUCLEAR EXPLOSIONS

CTBTO.ORG

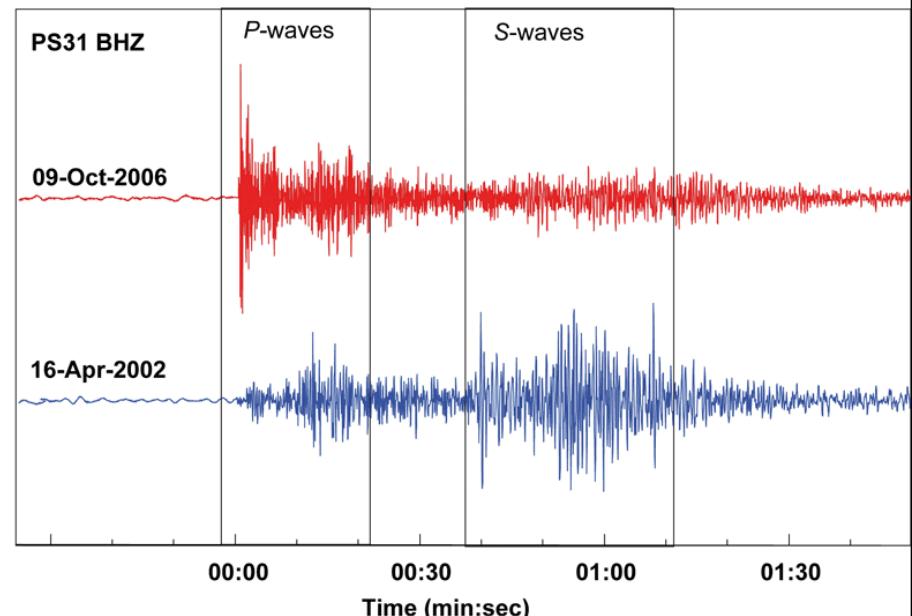
# **Monitoramento Sísmico**

## Monitoramento Sísmico

Resultado da combinação de um array de sensores



Comparação entre uma explosão atômica e um terremoto





PUTTING AN END TO NUCLEAR EXPLOSIONS

CTBTO.ORG

# Monitoramento de Rádio-isótopos

## Monitoramento de Radioisótopos (RN)

- Partículas
- Gases nobres (Xenônio)

**Table 2. Some radionuclides relevant as nuclear test indicators.**

<i>aerosols</i>	<i>Half-life</i>
<sup>95</sup> Zr	64 d
<sup>95</sup> Nb	35 d
<sup>97</sup> Zr	17 h
<sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc	2.75 d
<sup>103</sup> Ru	39 d
<sup>106</sup> Ru	1.008 y
<sup>131</sup> I	8 d
<sup>132</sup> Te	3.3 d
<sup>133</sup> I	20 h
<sup>134</sup> Cs	2.1 y
<sup>136</sup> Cs	13.2 d
<sup>137</sup> Cs	30 y
<sup>140</sup> Ba	12.8 d
<sup>140</sup> La	40.2 h
<sup>141</sup> Ce	31.5 d
<sup>143</sup> Ce	1.4 d
<sup>144</sup> Ce	284.3 d
<sup>147</sup> Nd	10.99 d
<i>noble gases</i>	
<sup>135</sup> Xe	9.1 h
<sup>133m</sup> Xe	2.19 d
<sup>133</sup> Xe	5.24 d
<sup>131m</sup> Xe	11.9 d

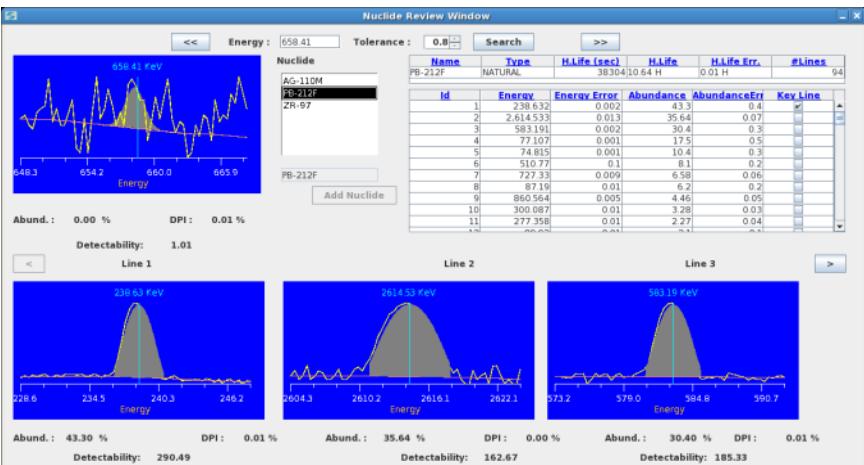
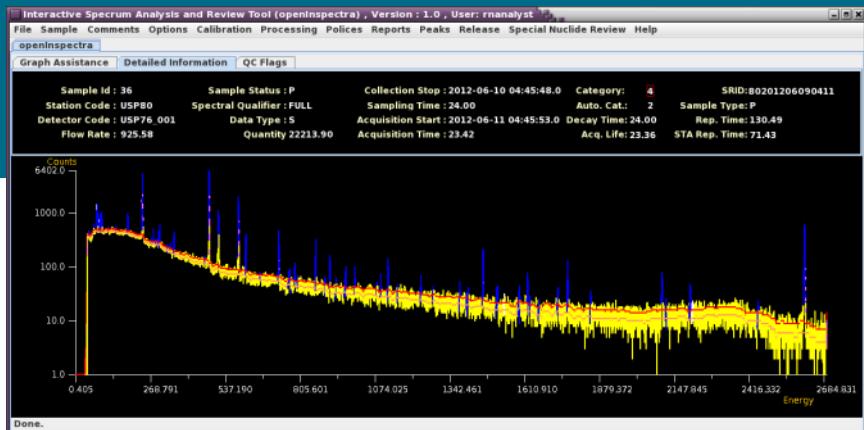
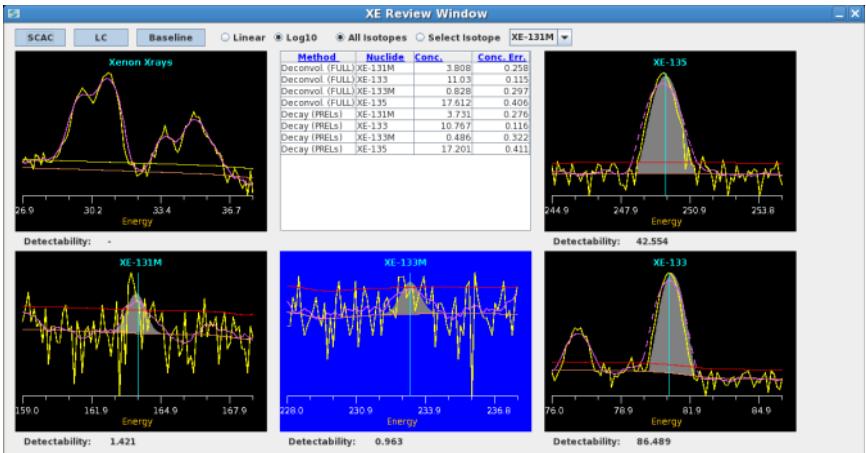
Fonte: <http://rmccnetwork.net/sites/default/files/files/Overview%20on%20the%20CTBTO%20Radionuclide%20monitoring%20segment.pdf>

Detector de partículas

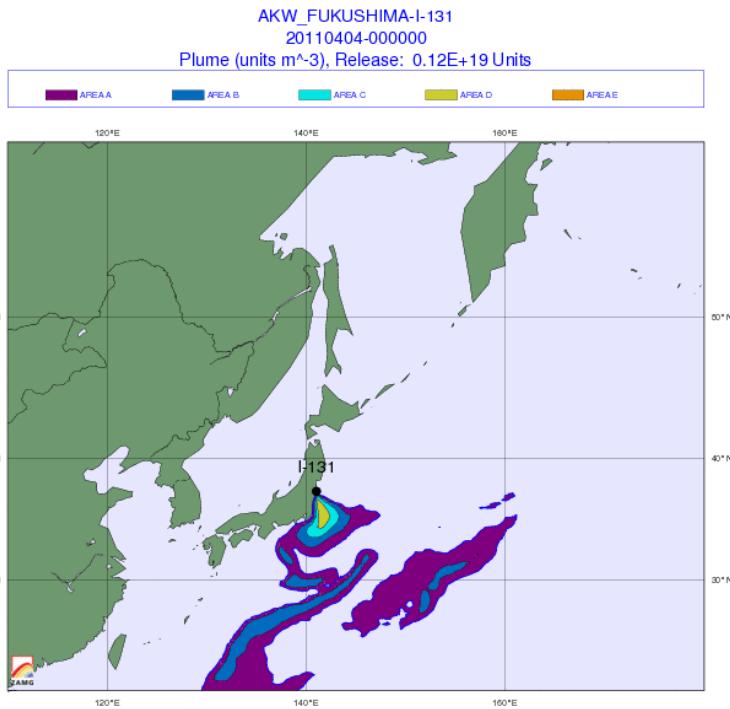


Detector de gases nobres (Xe)

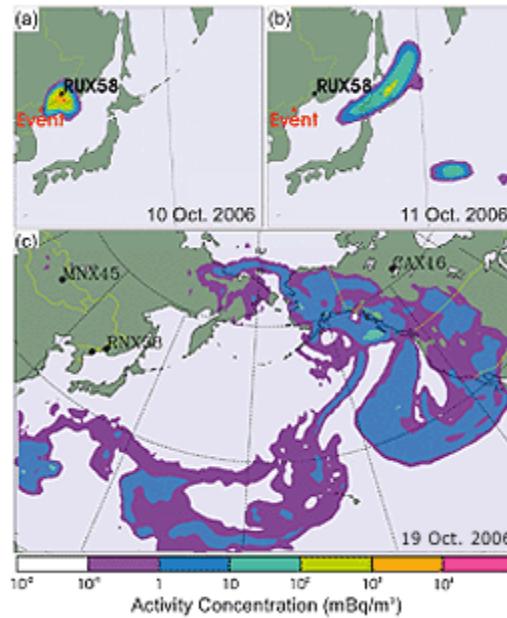




# Modelagem Atmosférica



Modelagem para o teste nuclear norte coreano em 2006



# **Utilização dos dados para outros fins**

## Outras aplicações para os dados:

- Localização do submarino argentino ARA San Juan
- Estudos de meteoros e outros corpos celestes
- Estudos sobre mudanças climáticas no ártico usando dados de infrassom
- Previsão de monções na Índia com maior precisão e antecedência
- Alertas de tsunami
- Monitoramento de vazamentos radioativos
- Estudos de migrações mamíferos aquáticos ou de suas formas de comunicação
- Pesquisas em sismologia ou modelagem da Terra



COMPREHENSIVE  
NUCLEAR-TEST-BAN  
TREATY ORGANIZATION



<https://www.ctbto.org/specials/vdec/>

# **Aspectos de Segurança da Informação**

## Fluxo dos dados



Aquisição por  
sensores



Digitalização



Assinatura  
Digital



Transmissão  
pela rede



Recepção e  
Armazenamento



Retransmissão  
aos Estados-Membros



Processamento Automático



Processamento Manual

## Principais Riscos:

- Falta de integridade:
  - Inserção de dados falsos para implicar adversários
  - Alteração de dados para impedir detecção
- Quebra de disponibilidade:
  - Não detecção de um evento
    - Dano à imagem da organização
    - Quebra de confiança no tratado



CTBTO  
PREPARATORY COMMISSION

Vienna International Centre, PO Box 1200  
1400 Vienna, Austria  
**CTBTO.ORG**