

## Experiencia de Brasil en la operación de sistemas de transmisión en corriente continua junto con líneas en corriente alterna

Proyectos HVDC Rio Madeira y Xingu-Estreito

Seminario Internacional de Transmisión Eléctrica HVDC

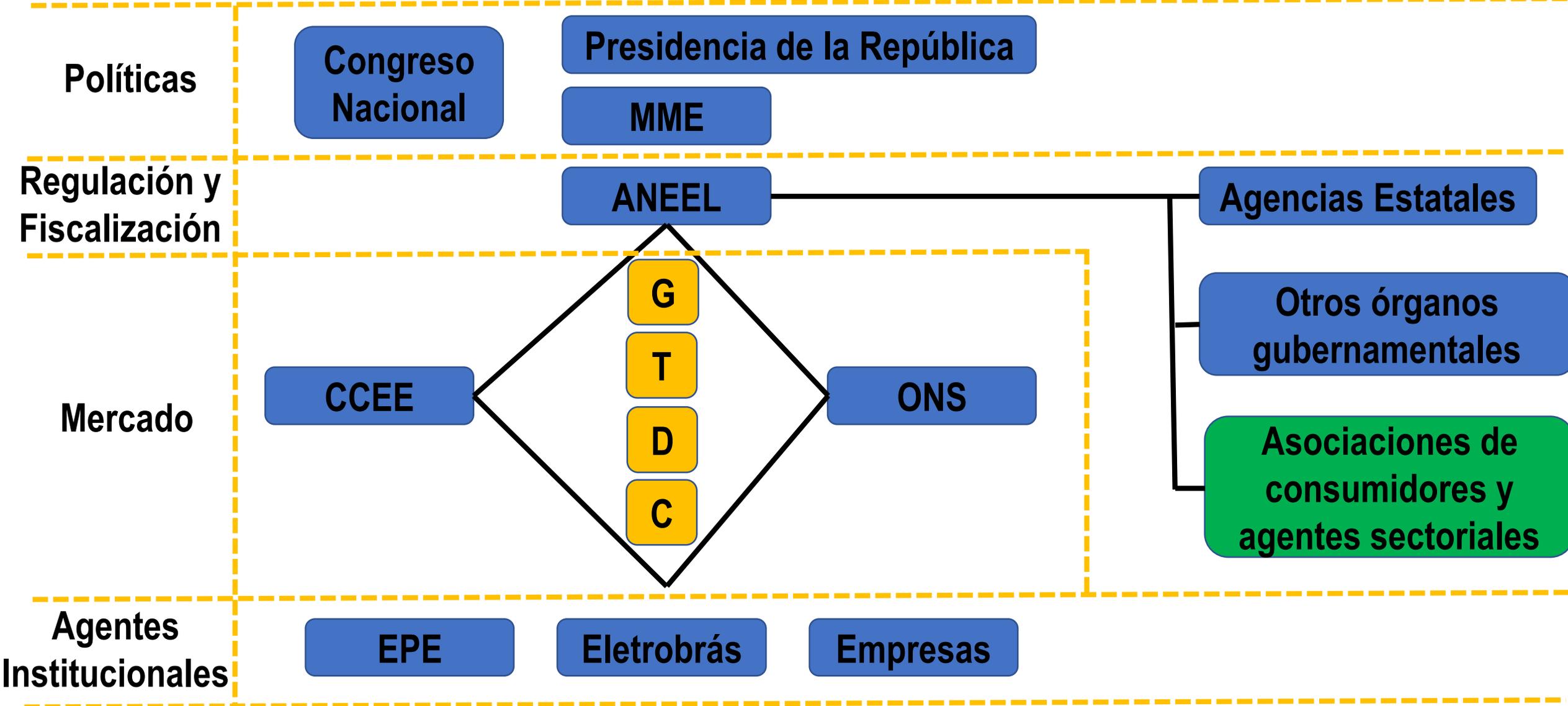
10 de noviembre de 2020

## Agenda

1. Estructura del Sector Eléctrico Brasileño
2. Implantación de Nuevas Instalaciones en Corriente Continua
3. Instalaciones de Corriente Continua Existentes
4. Proyecto HVDC Rio Madeira
5. Proyecto HVDC Xingu-Estreito
6. Reglamentación de las Instalaciones en Corriente Continua
7. Desafíos

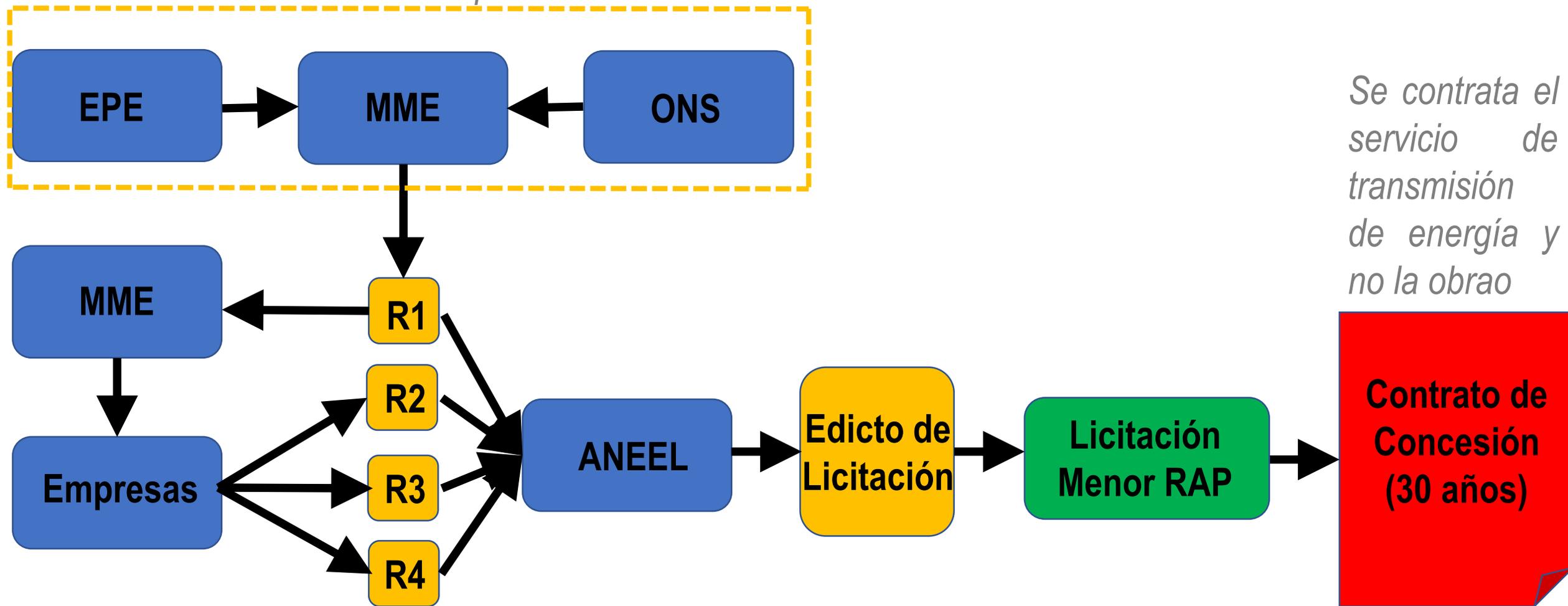


## 1. Estructura del Sector Eléctrico Brasileño



## 2. Implantación de Nuevas Instalaciones de Transmisión

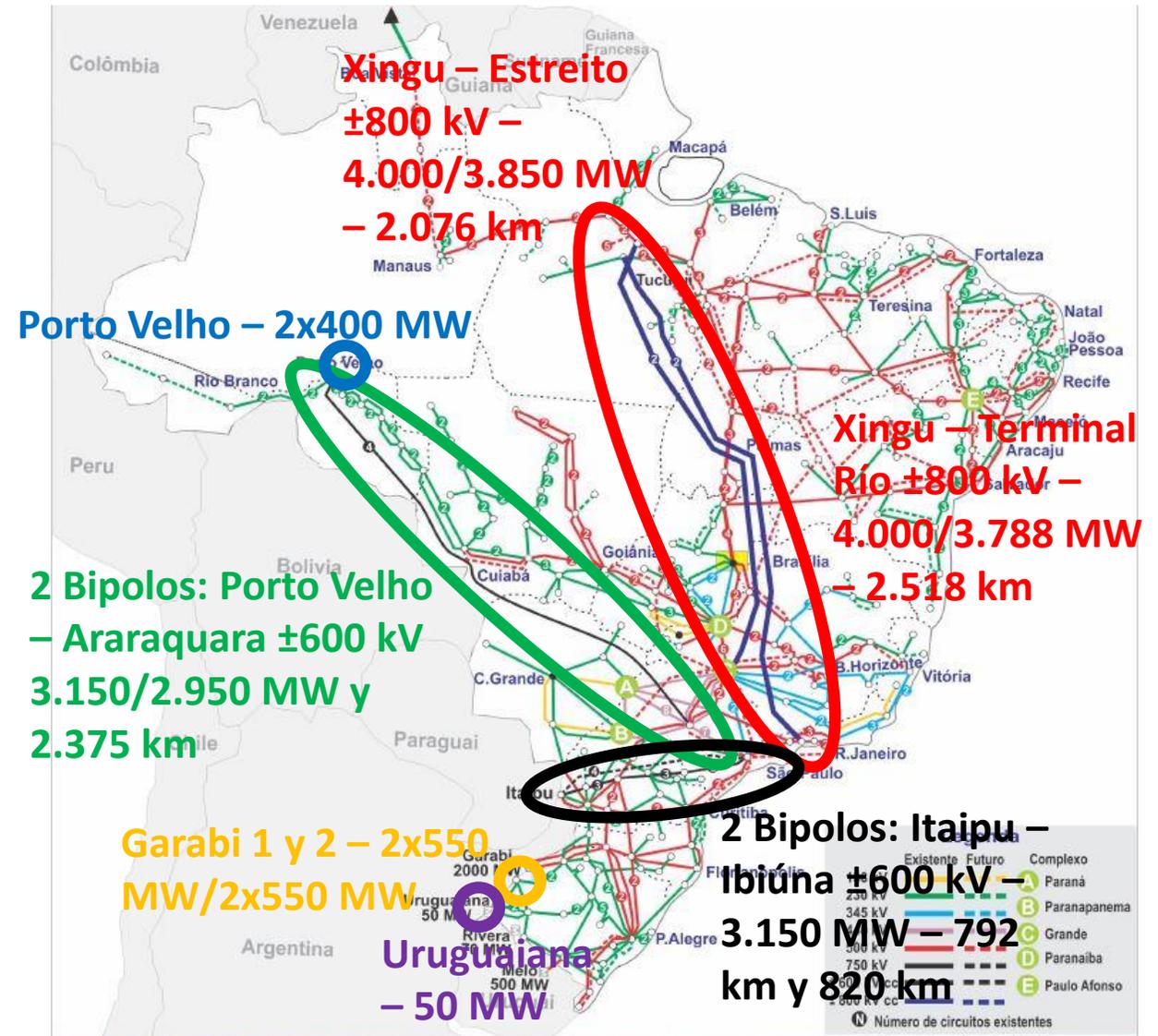
*Planificación de expansión*



### 3. Instalaciones de Corriente Continua Existentes

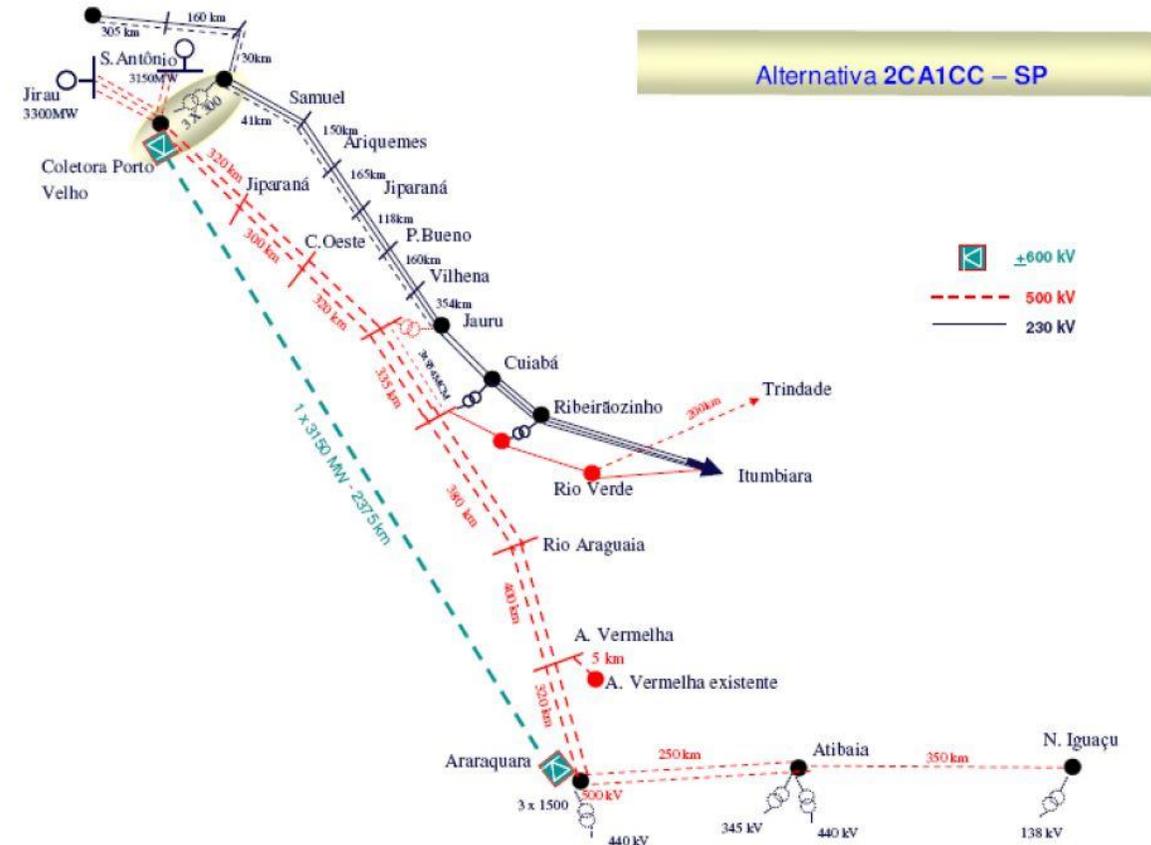
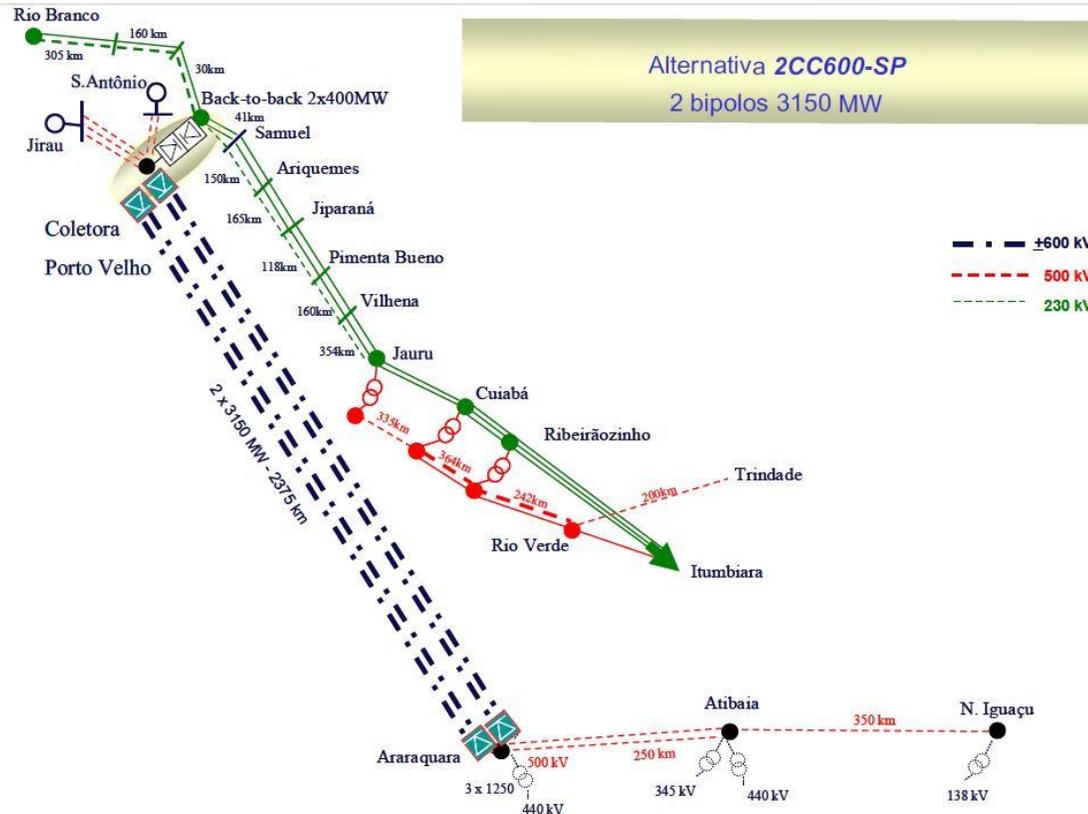
#### MOTIVACIÓN

- Interconexión de sistema con frecuencias de operación diferentes o asíncronos
- Transmitir gran cantidad de potencia a larga distancia
- Situaciones en que es necesario el control de la potencia transmitida



## 4. Proyecto HVDC Rio Madeira

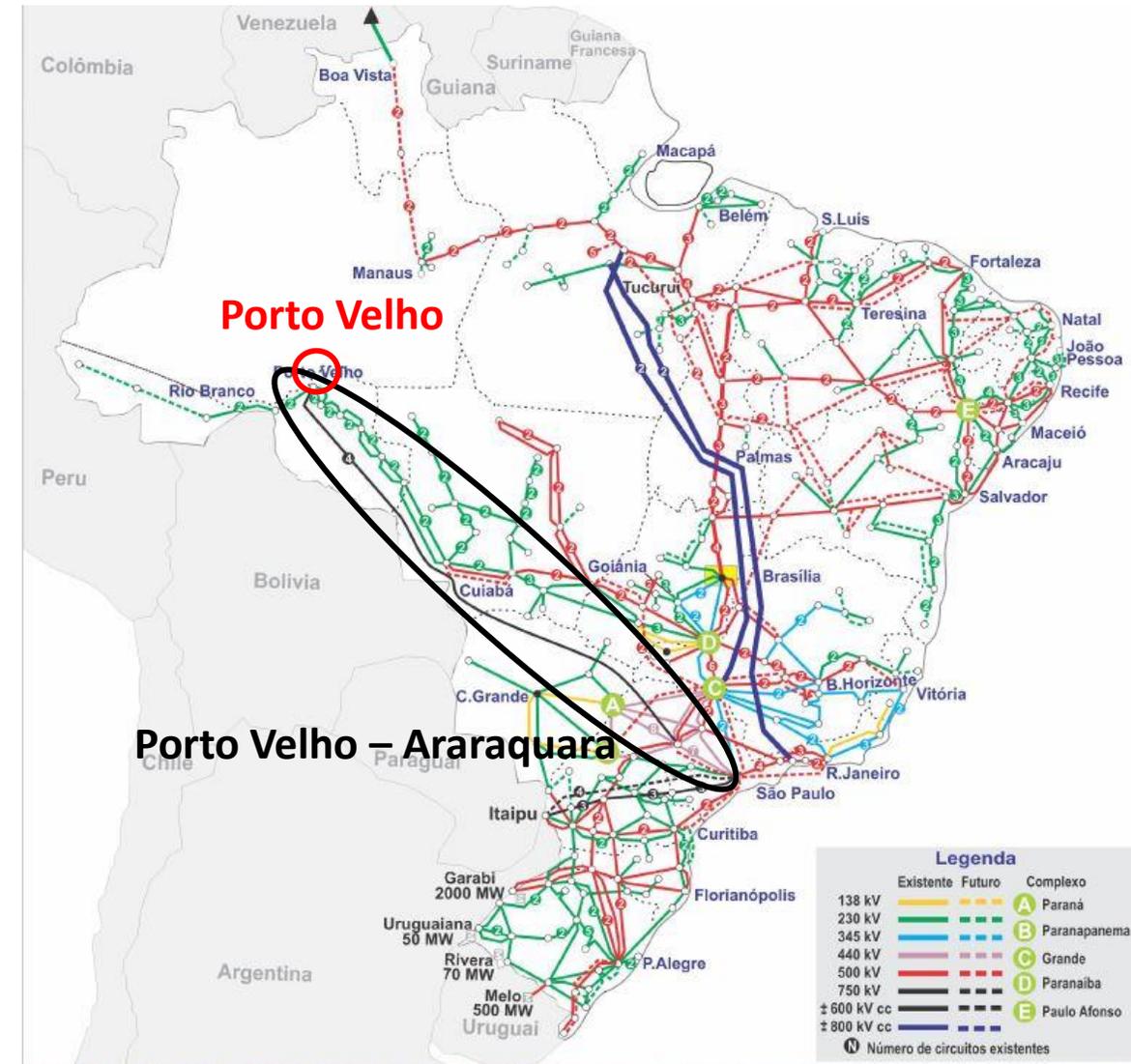
- Expansión del sistema de transmisión es definida de forma centralizada por el MME
- En el Sistema del Río Madeira (UHEs Jirau y Santo Antonio) fueron puestas en licitación dos alternativas, venciendo la de menor tarifa



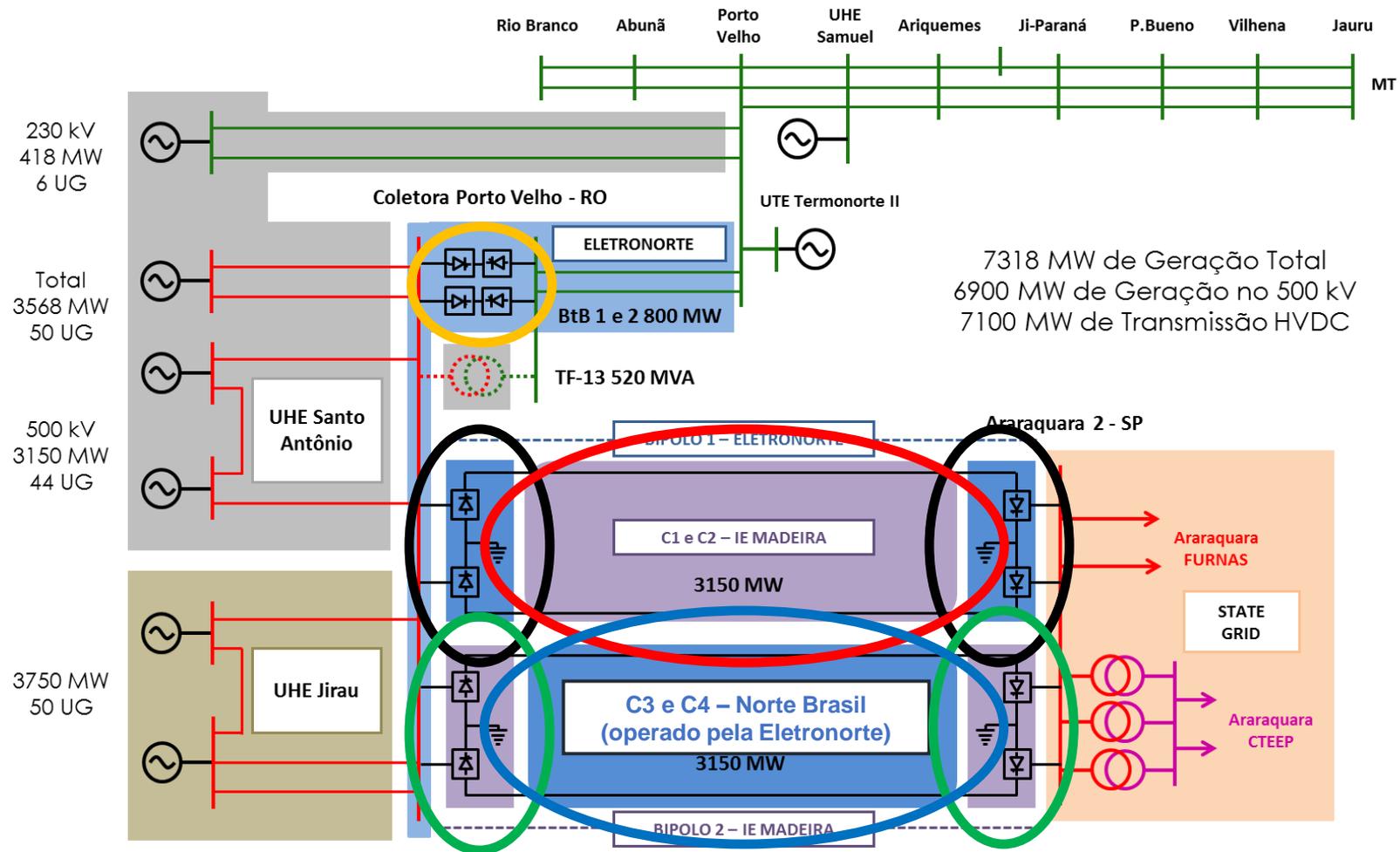
## 4. Proyecto HVDC Rio Madeira

Transmisión de energía de las plantas Jirau y Santo Antonio

- 2 bipolos entre Porto Velho/RO y Araraquara/SP
  - $\pm 600$  kV
  - 3.150/2.950 MW
  - 2.375 km
  - Entrada en 2013 – Bipolo 1
  - Entrada en 2014 – Bipolo 2
  
- 2 Back-to-back en Porto Velho/RO
  - 400 MW;
  - Entrada em 2012 – Bloque 2
  - Entrada em 2013 – Bloque 1



## 4. Proyecto HVDC Rio Madeira



**Dos Back-to-back en Porto Velho/RO  
Eletronorte/Eletronorte  
R\$ 0,5 mil millones**

**Estación Convertidora del bipolo 1  
Eletronorte/Eletronorte  
R\$ 1,5 mil millones**

**Línea de Transmisión del bipolo 1  
Interligação Elétrica do Madeira S.A.  
R\$ 1,7 mil millones**

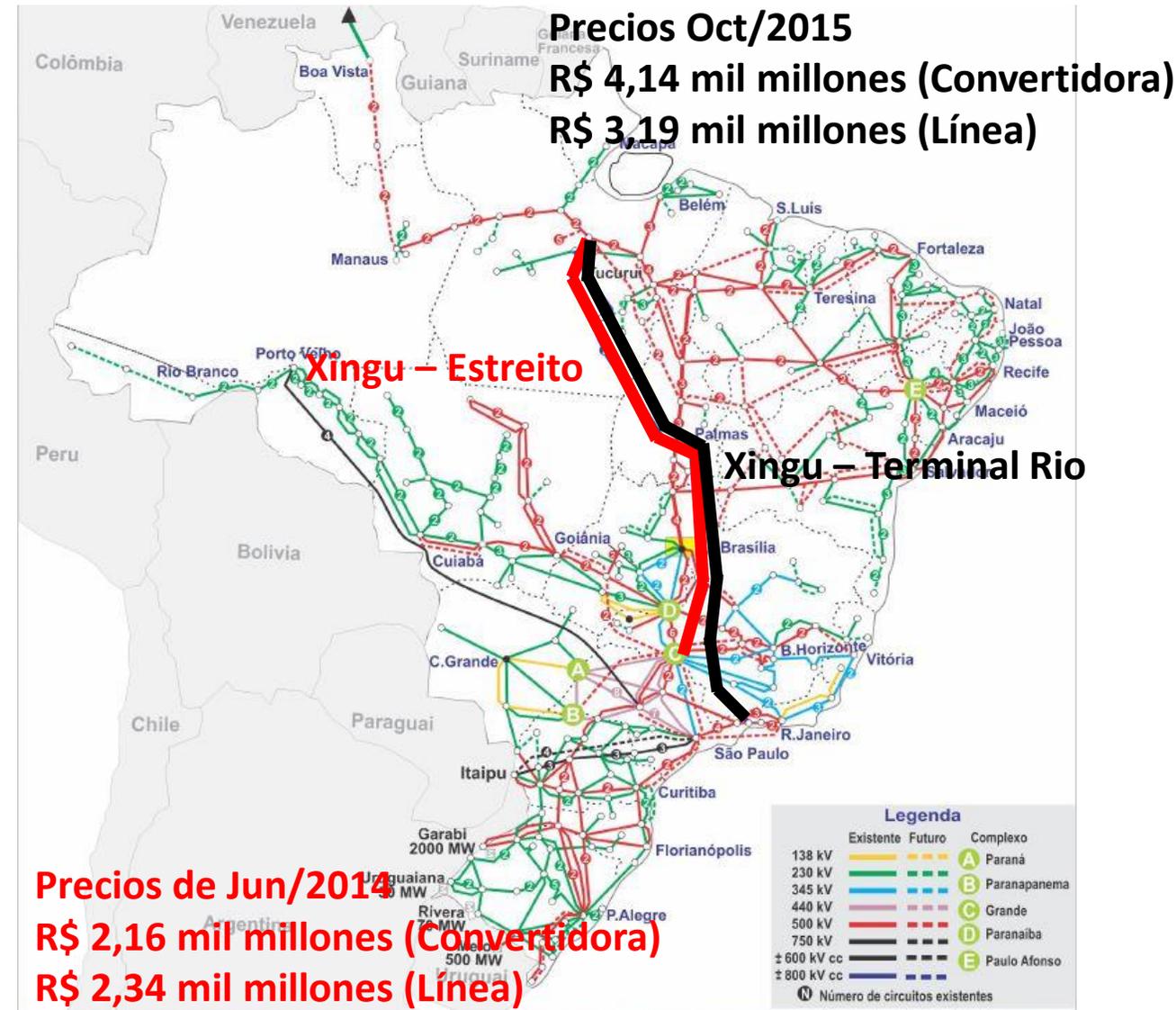
**Estación Convertidora del bipolo 2  
Interligação Elétrica do Madeira S.A.  
R\$ 1,2 mil millones**

**Línea de Transmisión del bipolo 2  
Norte Brasil Transmissora de Energia S.A.  
R\$ 1,8 mil millones**

## 5. Proyecto HVDC Xingu-Estreito

Transmisión de la Planta de Belo Monte (Solución HVDC ya definida en la Licitación 011/2013)

- Bipolo entre Xingu/PA y Estreito/MG
  - $\pm 800$  kV
  - 4.000/3.850 MW
  - 2.076 km
  - Entrada em 2017
  
- Bipolo entre Xingu/PA y Paracambi/RJ
  - $\pm 800$  kV
  - 4.000/3.788 MW
  - 2518 km
  - Entrada em 2019



## 6. Reglamentación de las Instalaciones en Corriente Continua

### REGULACIÓN

- ✓ Até Hasta dic/2019 las reglas de Corriente Alternas (CA) son aplicadas a las instalaciones HVDC (Resolución Normativa n° 729/2016)
- ✓ Crecimiento de instalaciones HVDC en el sistema
- ✓ A partir de ene/2020 fue editada una regla específica para instalaciones HVDC (Resolución Normativa n° 853/2019)
- ✓ Mecanismos de incentivos económicos para una adecuada prestación del servicio
  - Cumplimiento del plazo de entrada en operación comercial
  - Plena disponibilidad de las instalaciones
  - Incentivo para mantenimiento programado (período de baja utilización)
- ✓ Multa en el caso de incumplimiento de los reglamentos.

## 6. *Reglamentación de las Instalaciones en Corriente Continua*

### EDICTO DE LICITACIÓN

- ✓ Se contrata el servicio de transmisión de energía eléctrica
- ✓ Pliegos de licitación presentan una descripción más funcional de las instalaciones
- ✓ No hay especificación de la obra o tipo de equipo a ser implementado
- ✓ Son establecidos criterios operativos en los edictos, entre otros:
  - Niveles de tensión (excepto back-to-back)
  - Potencia mínima a ser transmitida (en los dos sentidos)
  - Criterios de sobrecarga
  - Límites para pérdidas e inyección de armónicos en el sistema

## 7. Desafíos

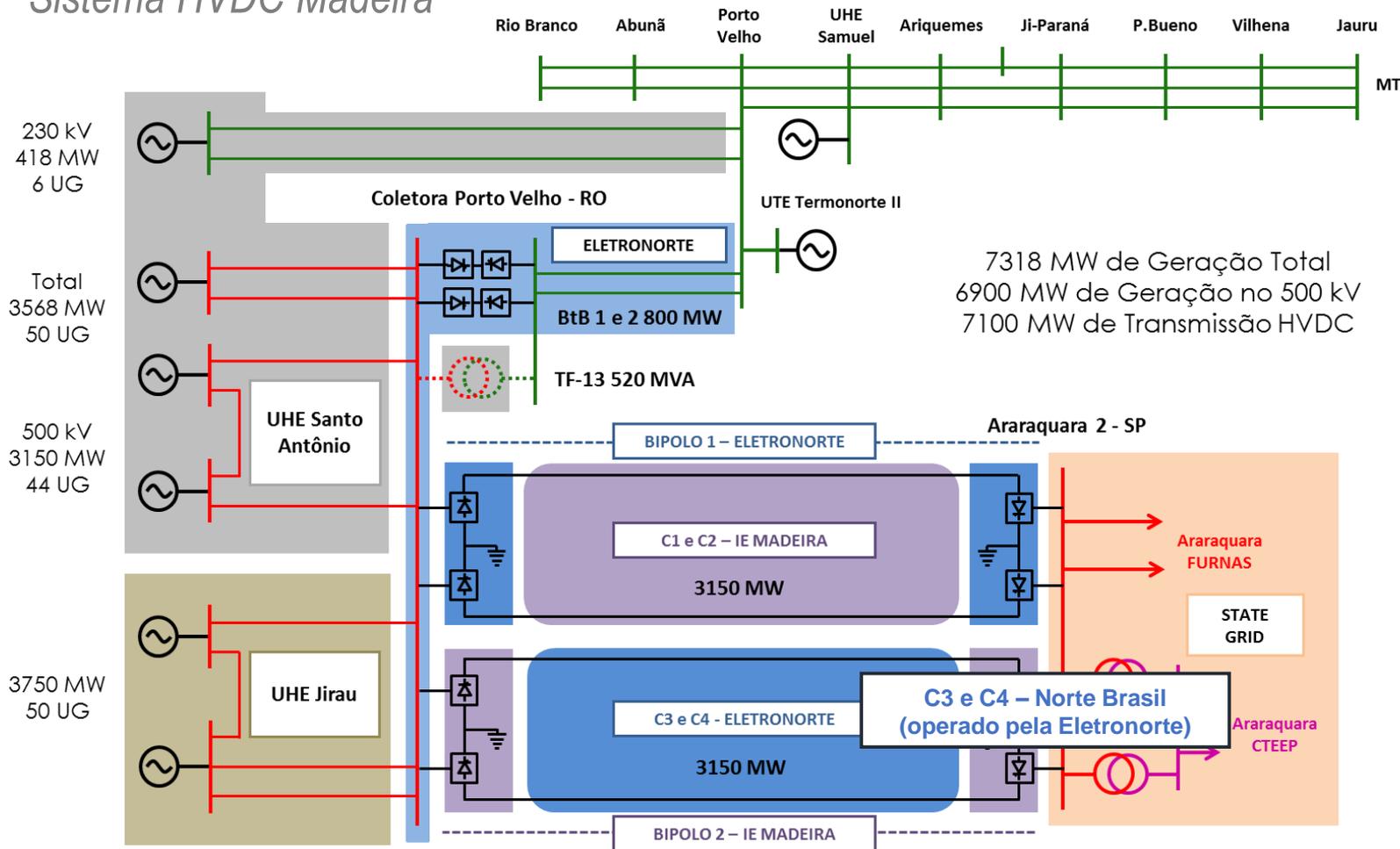


Múltiples sistemas HVDC cercanos traen desafíos para el Operador Nacional del Sistema Eléctrico (ONS) y para las transmisoras

- Aumento del tiempo de recuperación después de disturbios
- Propagación de fallas de un bipolo para otro (Fallas de conmutación)
- Mayor dificultad de mantener la estabilidad del sistema

## 7. Desafios

### Sistema HVDC Madeira



✓ Licitación en bloques separados con múltiples transmisoras operando un sistema interdependiente

✓ Líneas HVDC operando en paralelo con necesidad de control maestro de responsabilidad de un tercero

## 7. Desafíos

- ✓ Extensión elevada de las líneas de corriente continua
- ✓ Regiones heterogéneas con respecto al clima, vegetación
- ✓ Capacidad de suministro y transporte de insumos
- ✓ Sensibilidad socio-ambiental (reservas forestales y tierras indígenas)
- ✓ Líneas de transmisión – las áreas inundables en varios meses del año dificultan la implantación y el mantenimiento

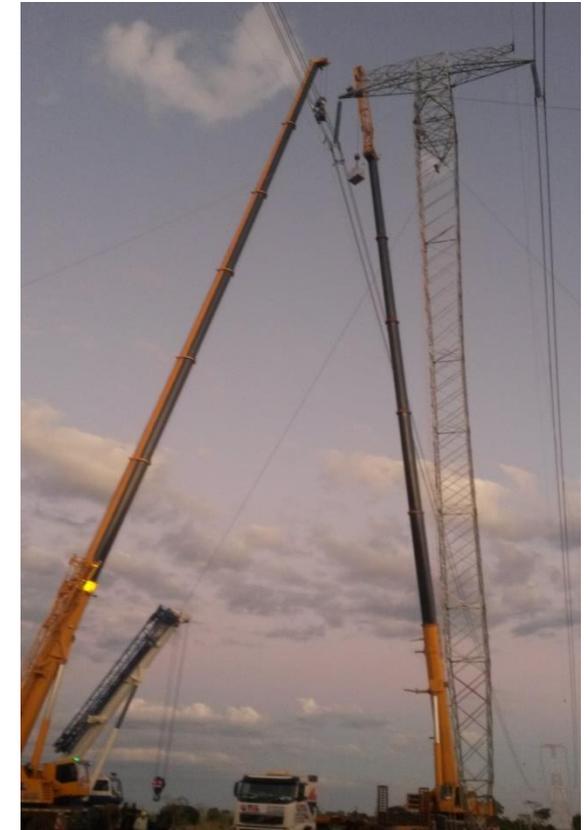
*Aspectos de  
responsabilidad de  
las transmisoras*



## 7. Desafíos

- ✓ Equipos más pesados imponen un desafío logístico mayor para la implantación y el mantenimiento (principalmente de las estaciones convertidoras)

*Equipo especial para levantamiento de reactor de alisamiento*



## 7. Desafíos

- ✓ Equipos más pesados imponen un desafío logístico mayor para la implantación y el mantenimiento (principalmente de las estaciones convertidoras)



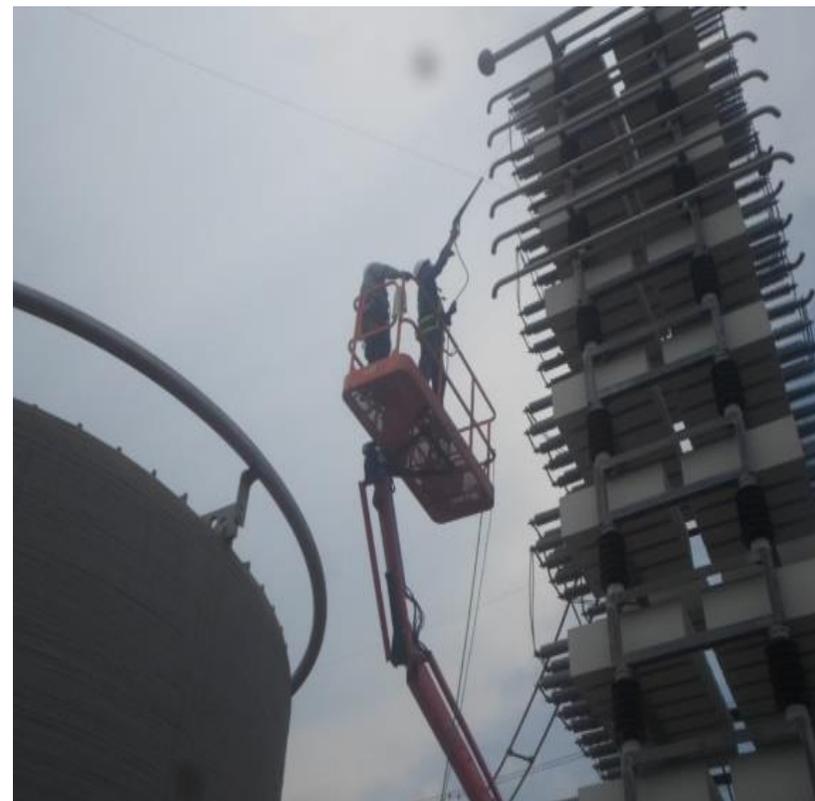
*Transporte de transformador de convertidora*

## 7. Desafíos

- ✓ Características inherentes a los sistemas de corriente continua requieren un tiempo mayor para los mantenimientos



*Sustitución de transformador de convertidora*



*Mantenimiento de los capacitores de los filtros*



# Gracias

**Alexandra Lucio Sales de Carvalho**  
[alexandra@aneel.gov.br](mailto:alexandra@aneel.gov.br)

Asesora del Directorio

*DIRECCIÓN: SGAN 603 Módulos I e J - Brasília/DF  
CP: 70830-110  
TELÉFONO GENERAL: 061 2192 8020  
DEFENSORÍA SECTORIAL:167*

