

## **PARTE 2 – MÁQUINAS SÍNCRONAS**

**MÁQUINAS SÍNCRONAS - CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO****MÁQUINAS SÍNCRONAS :**

- **OPERAÇÃO NO MODO MOTOR ( MOTORES DE GRANDE POTÊNCIA )**
- **OPERAÇÃO NO MODO GERADOR → MODO MAIS COMUM, COMO ALTERNADOR SÍNCRONO ( TRIFÁSICO )**

**CARACTERIZAÇÃO QUANTO À TOPOLOGIA DO CIRCUITO MAGNÉTICO - CAMPO DE APLICAÇÃO :****→ MÁQUINA SÍNCRONA DE PÓLOS SALIENTES**

**EM GERAL, GRANDE NÚMERO DE PÓLOS ( 48 – 96 PÓLOS ) – BAIXA ROTAÇÃO ( 150 – 75 RPM )**

**USO COM TURBINAS HIDRÁULICAS ( HIDROGERADORES ) EM POTÊNCIAS ELEVADAS ( ATÉ 800 MW )**

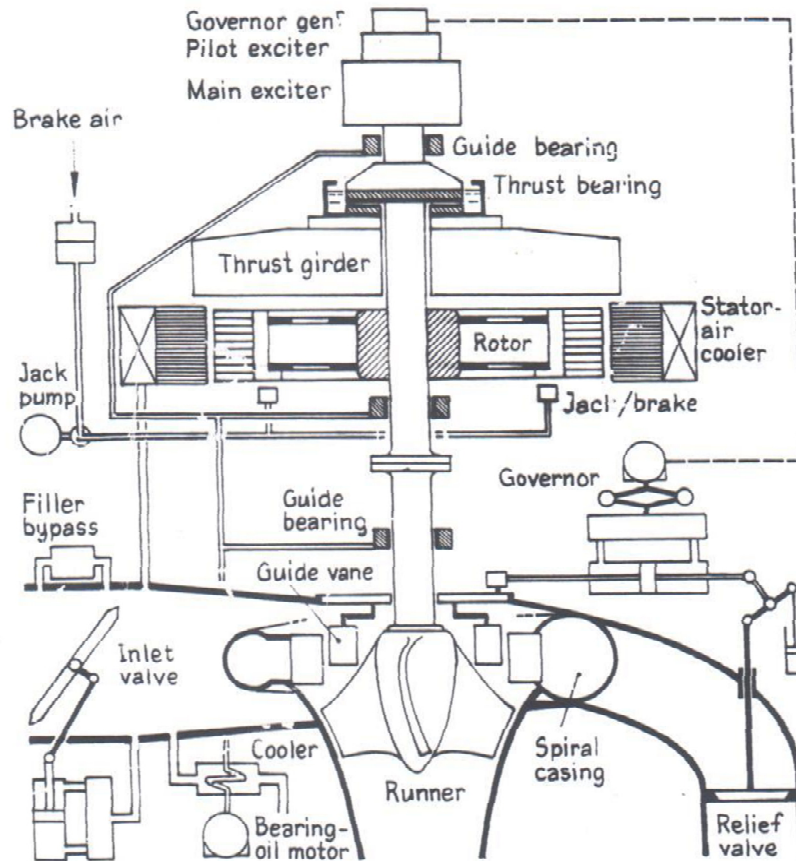
**USO COMUM TAMBÉM COMO GERADORES DE POTÊNCIA PEQUENA E MÉDIA ( 100 kW - 15 MW ) ACIONADOS A PARTIR DE MOTORES DIESEL OU PEQUENAS TURBINAS A VAPOR - REDUZIDO Nº DE PÓLOS ( 4 – 6 – 8 PÓLOS ) - ROTAÇÕES MÉDIAS ( 1800 – 1200 – 900 RPM )**

**→ MÁQUINA SÍNCRONA DE PÓLOS LISOS ( ROTOR CILÍNDRICO )**

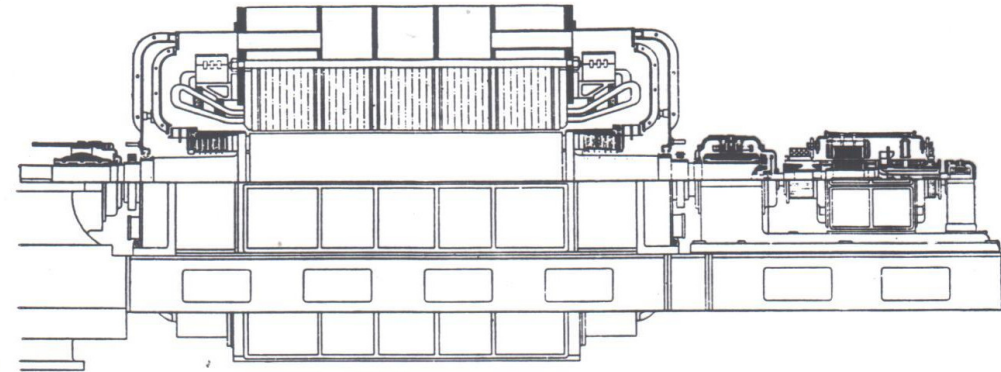
**EM GERAL, REDUZIDO NÚMERO DE PÓLOS ( 2 – 4 PÓLOS ) – ELEVADA ROTAÇÃO ( 3600 – 1800 RPM )**

**USO COM TURBINAS A VAPOR OU A GÁS ( TURBOGERADORES ) EM POTÊNCIAS ELEVADAS ( ATÉ 2000 MW )**

## MÁQUINAS SÍNCRONAS - CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO TÍPICAS



11.3 Hydro-generator and turbine control scheme.



11.1 Turbo-generator: 60 MW, 50 Hz, 2-pole.

**USO EM GERAÇÃO TÉRMICA**

**TURBOGERADOR**

**$D/L \ll 1$**

**EIXO HORIZONTAL**

**USO EM GERAÇÃO HIDRÁULICA**

**HIDROGERADOR →  $D/L \gg 1$**

**EIXO VERTICAL**

**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA MÁQUINA SÍNCRONA - COMPONENTES BÁSICOS****ESTATOR ( INDUZIDO )**

→ **IDÊNTICO**, NA SUA CONCEPÇÃO,  
TANTO NA M.S. DE POLOS  
SALIENTES COMO DE POLOS LISOS

**RANHURAS ESTATÓRICAS:**

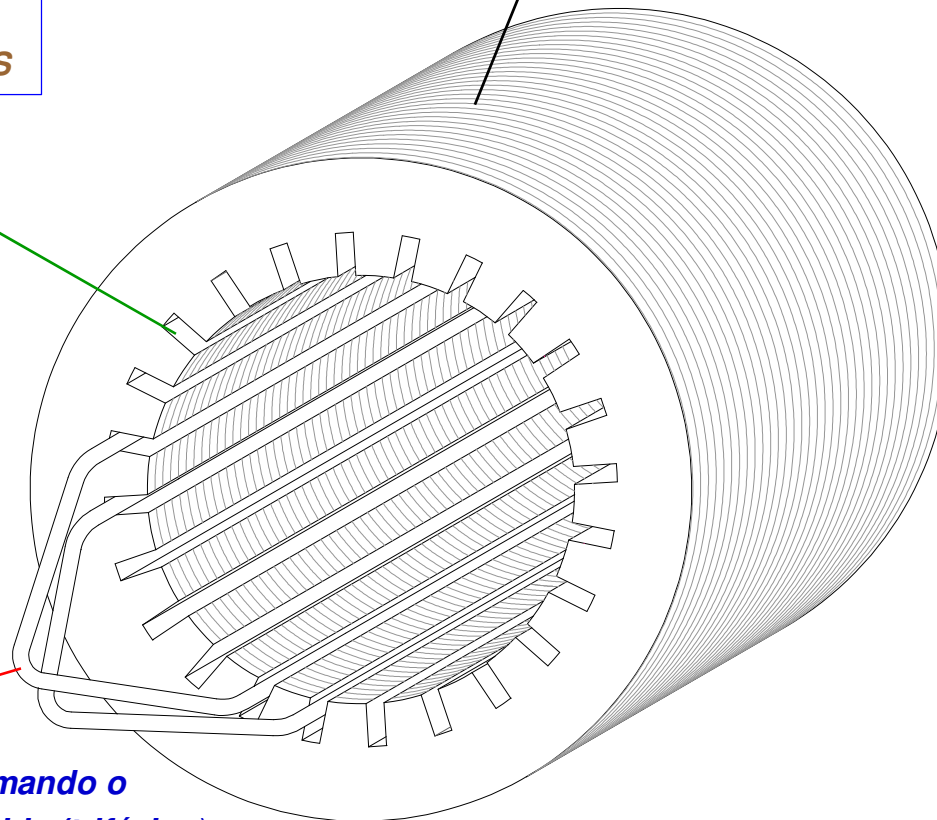
Ao longo de toda a superfície  
interna do cilindro estatórico

**BOBINAS DO ESTATOR:**

Alojadas em todas as ranhuras, formando o  
enrolamento de armadura ou induzido (trifásico)

**NÚCLEO DO ESTATOR:**

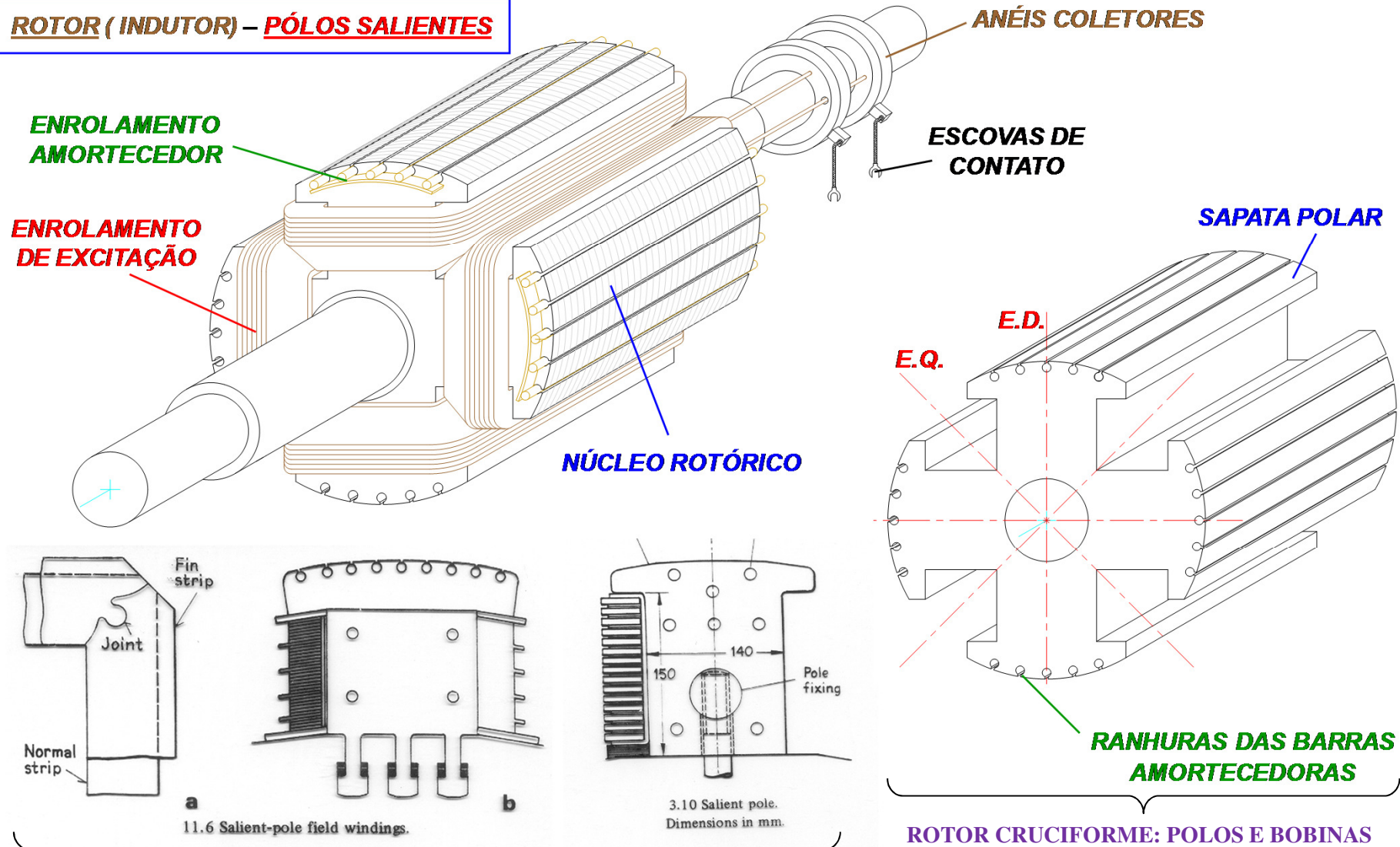
Lâminas de material ferromagnético de alta  
permeabilidade (aço silício não orientado)





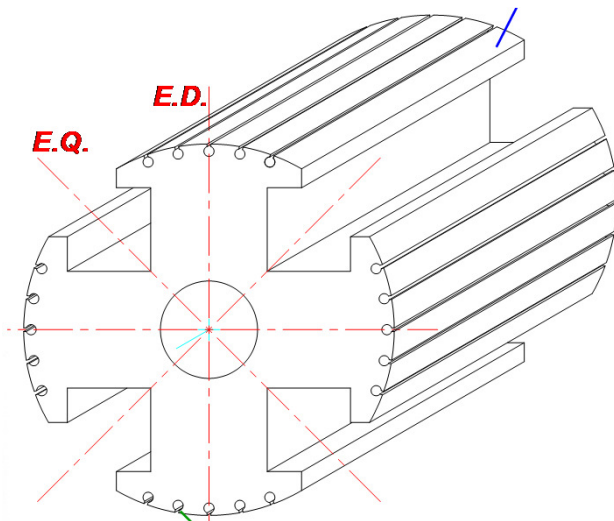
ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA MÁQUINA SÍNCRONA - COMPONENTES BÁSICOS

**ROTOR (INDUTOR) – PÓLOS SALIENTES**



POLOS E BOBINAS INDEPENDENTES

ROTOR CRUCIFORME: POLOS E BOBINAS CONJUGADOS EM “PEÇA ÚNICA”

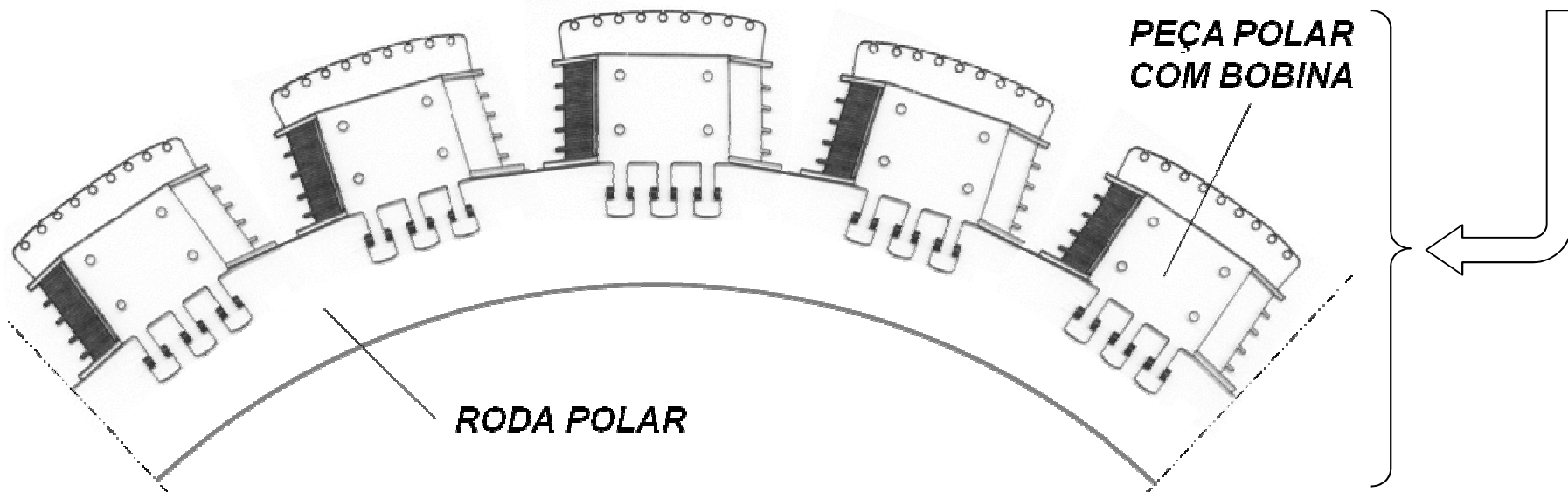
**MÁQUINAS SÍNCRONAS MULTIPOLARES COM ELEVADO NÚMERO DE POLOS**

CONSTRUÇÃO DE MÁQUINAS DE POLOS SALIENTES EM PEÇA ÚNICA:

→ **RESTRITA A MÁQUINAS DE 4 POLOS ( EVENTUALMENTE ATÉ 6 POLOS )**  
DADA A DIFICULDADE DE ALOJAMENTO E INSERÇÃO DAS BOBINAS DE CAMPO

CONSTRUÇÃO DE MÁQUINAS DE POLOS SALIENTES COM ELEVADO NÚMERO DE POLOS:

→ **POLOS E BOBINAS INDEPENDENTES, ENGASTADOS EM ANEL DE MATERIAL FERROMAGNÉTICO (RODA POLAR)**



ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA MÁQUINA SÍNCRONA - COMPONENTES BÁSICOS

**ROTOR (INDUTOR) – PÓLOS LISOS**

**ENROLAMENTO DE EXCITAÇÃO**

**ANÉIS COLETORES**

**ESCOVAS DE CONTATO**

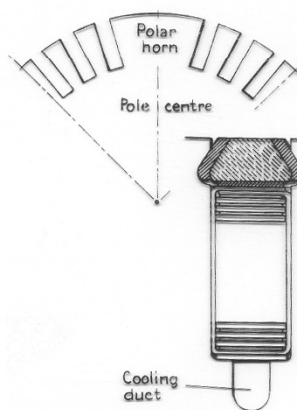
**NÚCLEO ROTÓRICO**

**RANHURAS DO ROTOR**

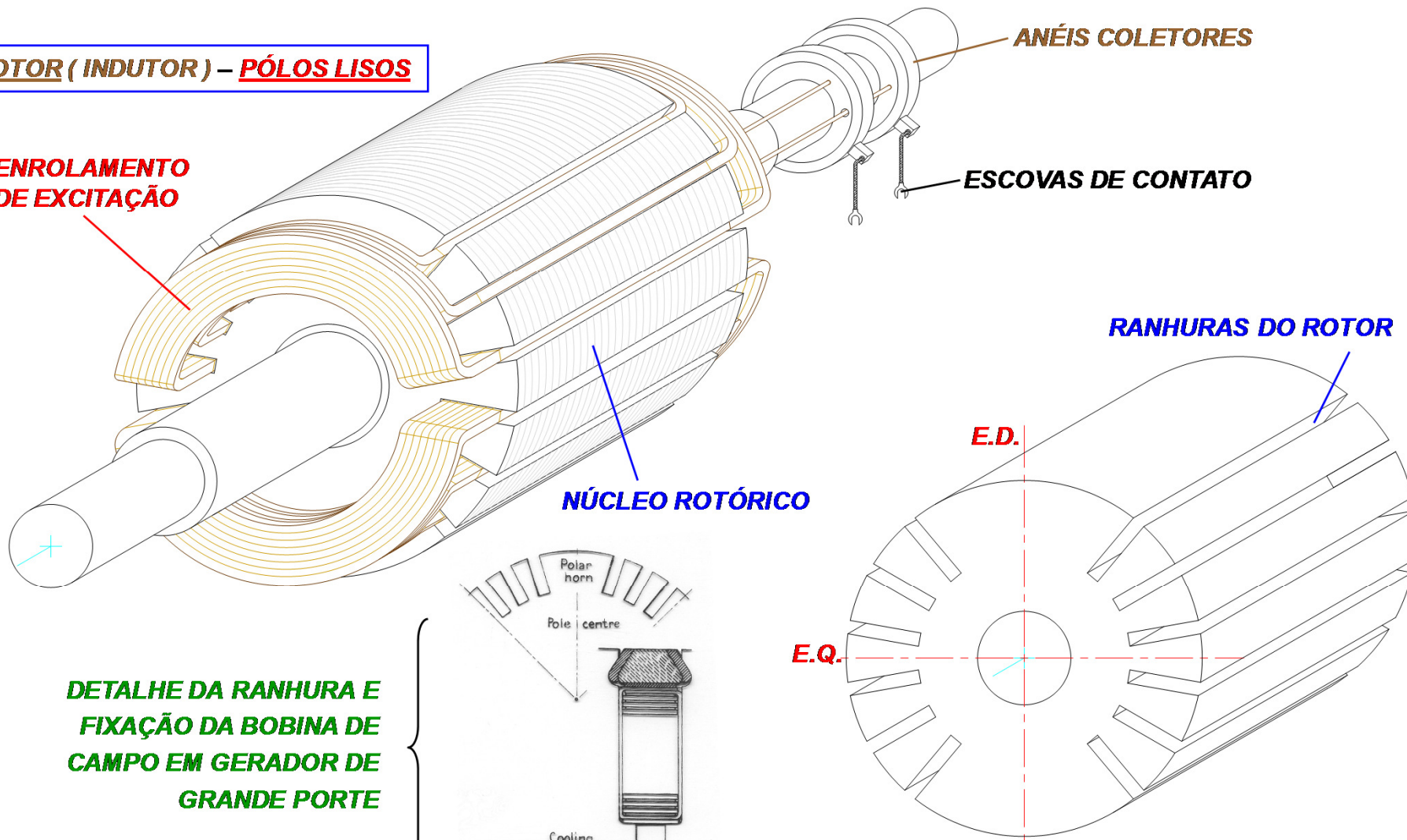
**E.D.**

**E.Q.**

**DETALHE DA RANHURA E  
FIXAÇÃO DA BOBINA DE  
CAMPO EM GERADOR DE  
GRANDE PORTE**

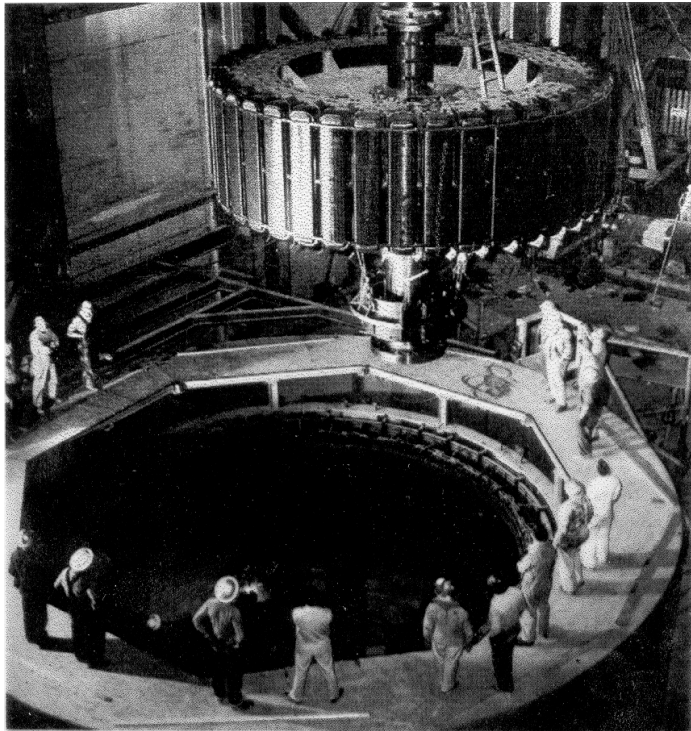


3.11 Non-salient pole.





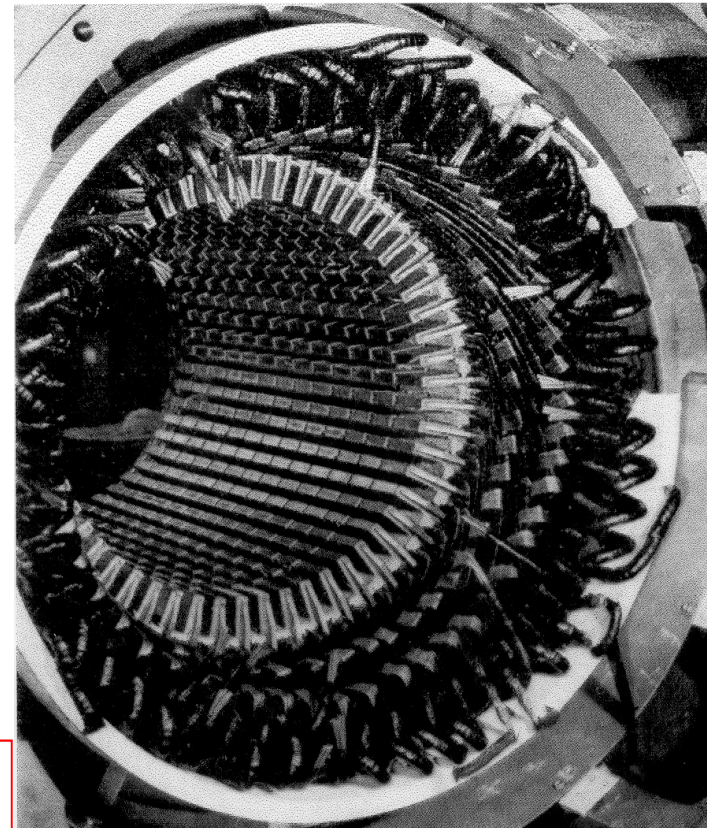
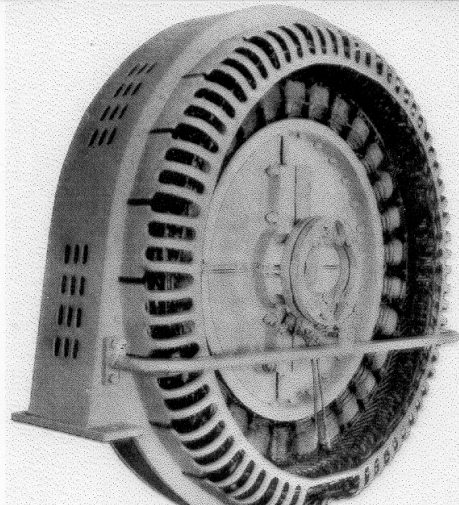
**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DAS MÁQUINAS SÍNCRONAS**



**MÁQUINA SÍNCRONA DE  
POLOS SALIENTES**

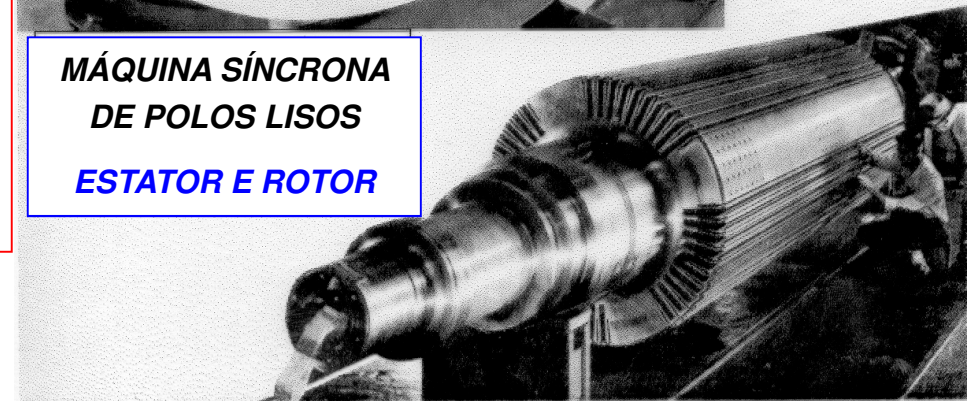
**ESTATOR E ROTOR DE  
GRANDE PORTE**

**MÁQUINA COMPLETA DE  
MÉDIO PORTE**



**MÁQUINA SÍNCRONA  
DE POLOS LISOS**

**ESTATOR E ROTOR**

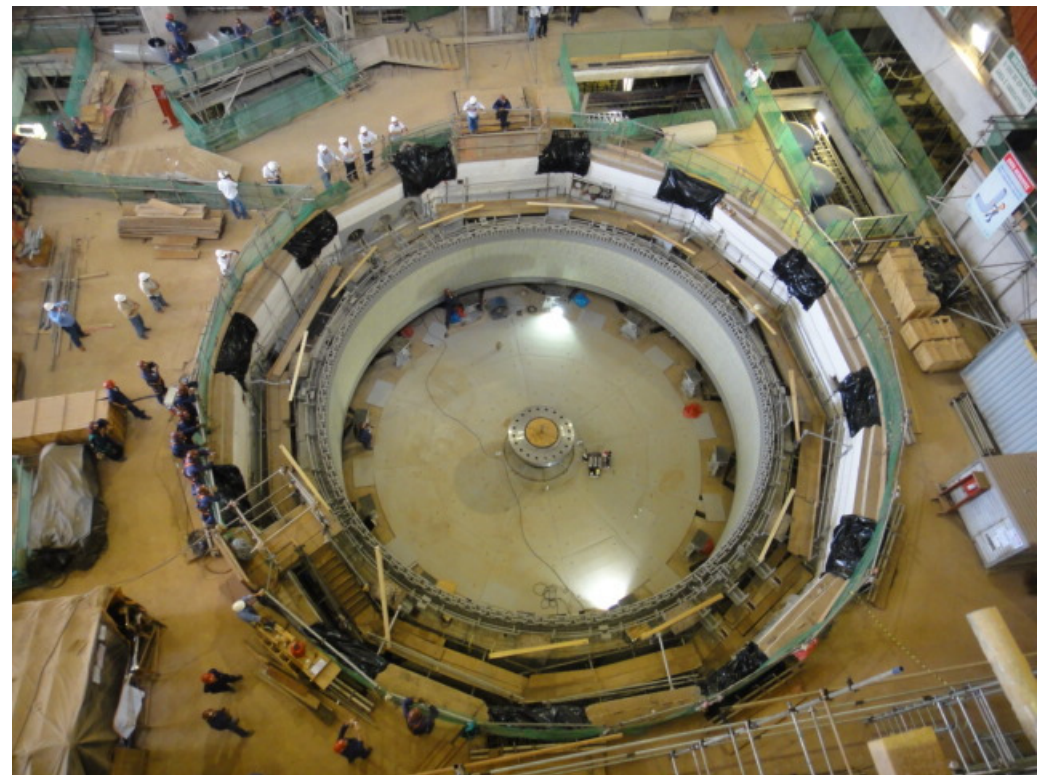




*MONTAGEM DE GRANDE HIDROGERADOR*

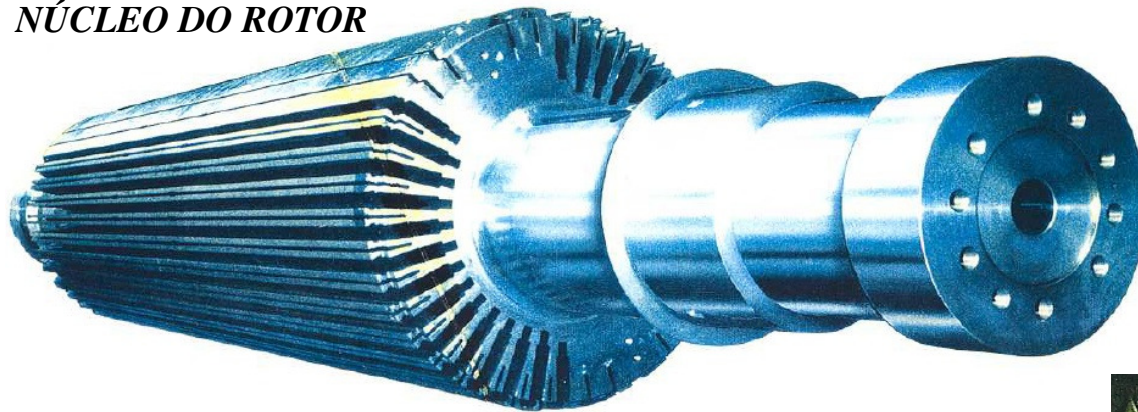
← *ROTOR DA TURBINA (KAPLAN) E ROTOR DO GERADOR*

↙ *ESTATOR DO GERADOR*





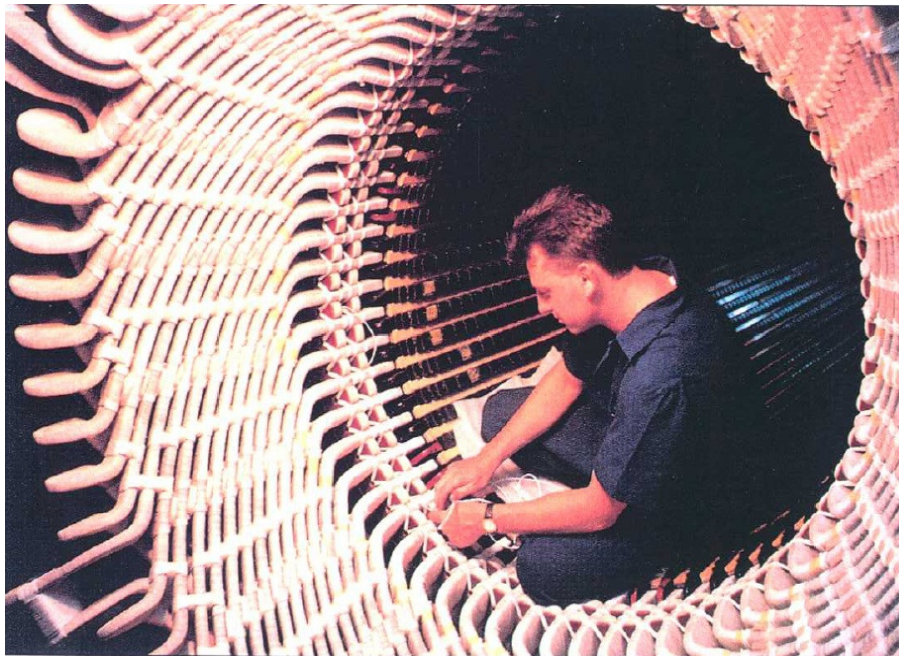
*NÚCLEO DO ROTOR*



*DETALHES DE EXECUÇÃO DE  
TURBOGERADOR DE POLOS LISOS  
MÁQUINA DE 2 POLOS*

*ENROLAMENTO DO ROTOR*

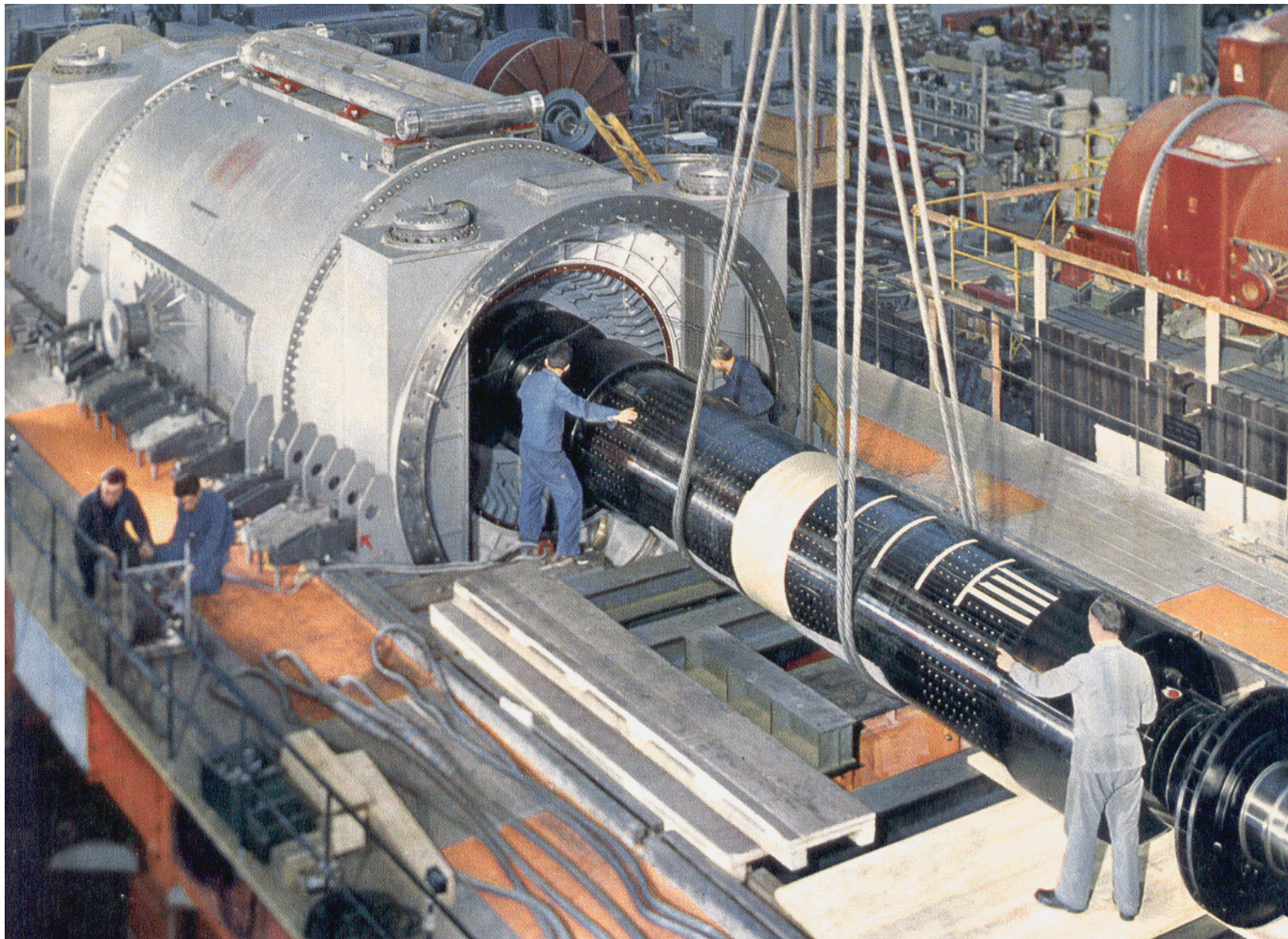
*ENROLAMENTO DO ESTATOR*



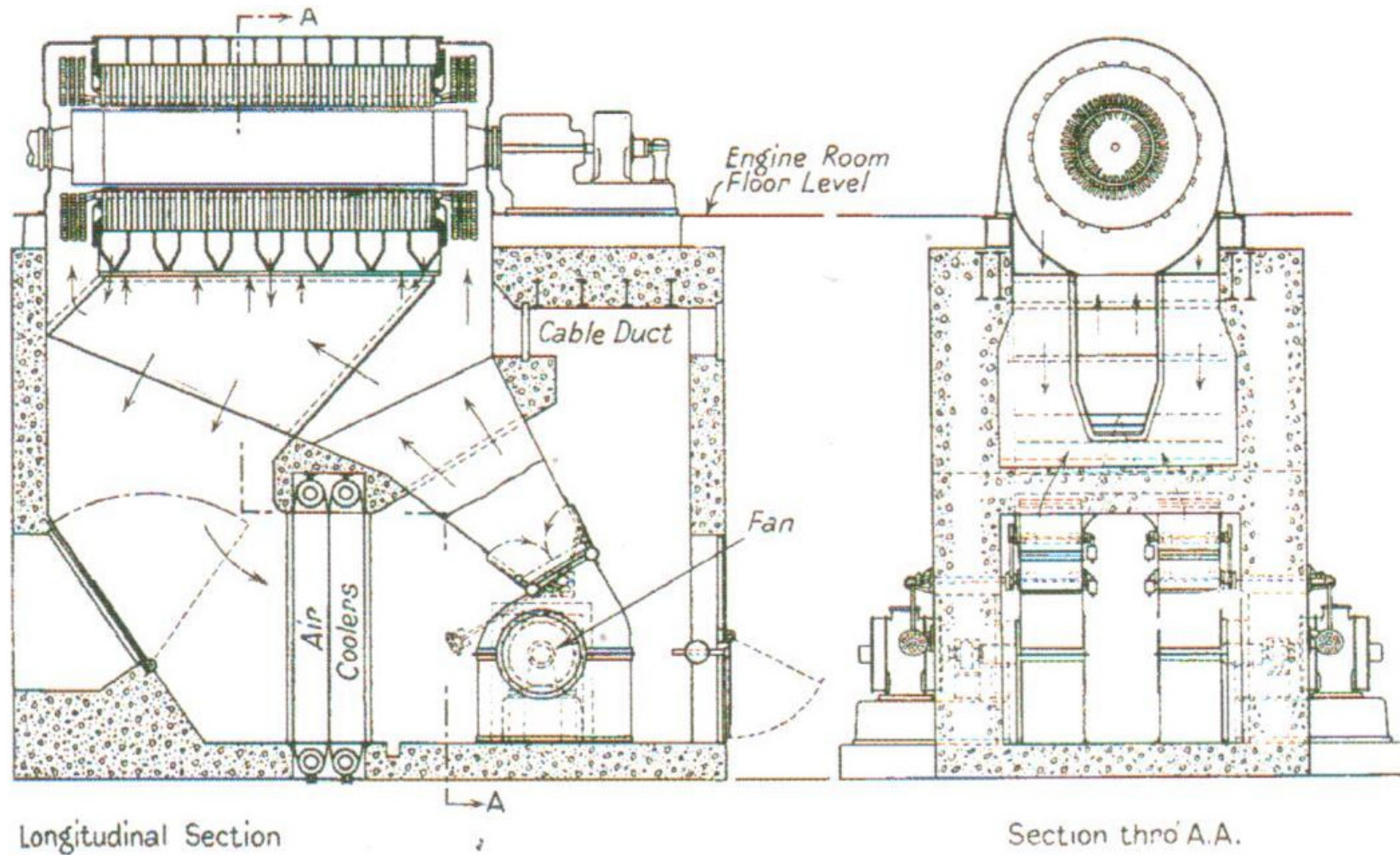
FONTE: MATERIAL CURSO PROMINP PETROBRÁS – REVISTA NEW WORLD SIEMENS

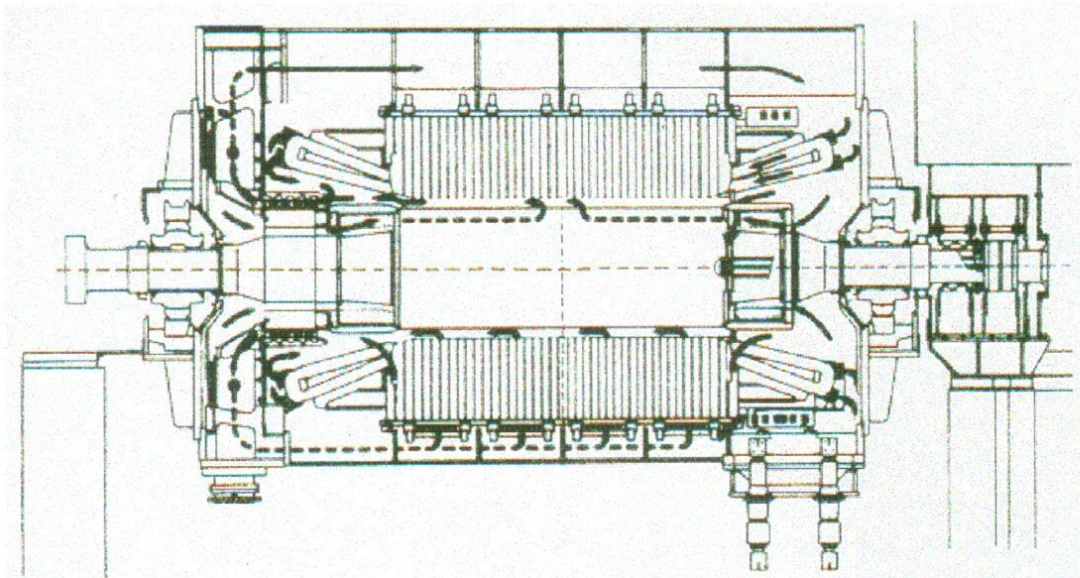


**TURBO-GERADOR SÍNCRONO DE PÓLOS LISOS ( MONTAGEM )**

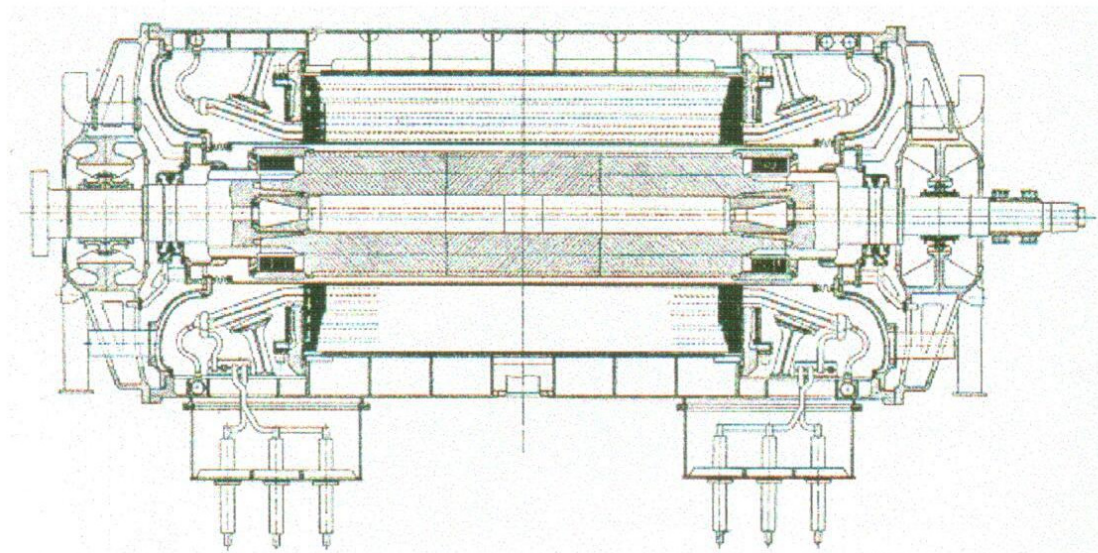




**MÉTODOS DE RESFRIAMENTO - TURBO GERADORES DE POTÊNCIAS PEQUENAS E MÉDIAS****SISTEMA DE RESFRIAMENTO INDIRETO POR AR**

**MÉTODOS DE RESFRIAMENTO - TURBOGERADORES DE GRANDES POTÊNCIAS**

Sistema de  
resfriamento direto  
por gás  $H_2$

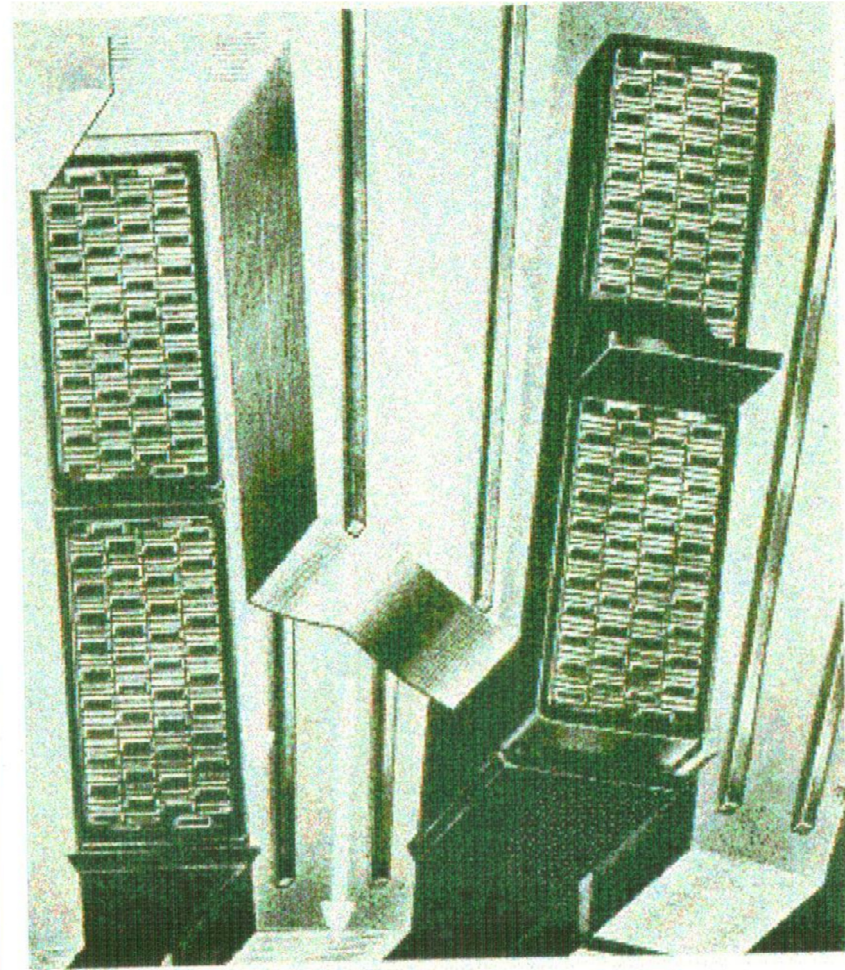
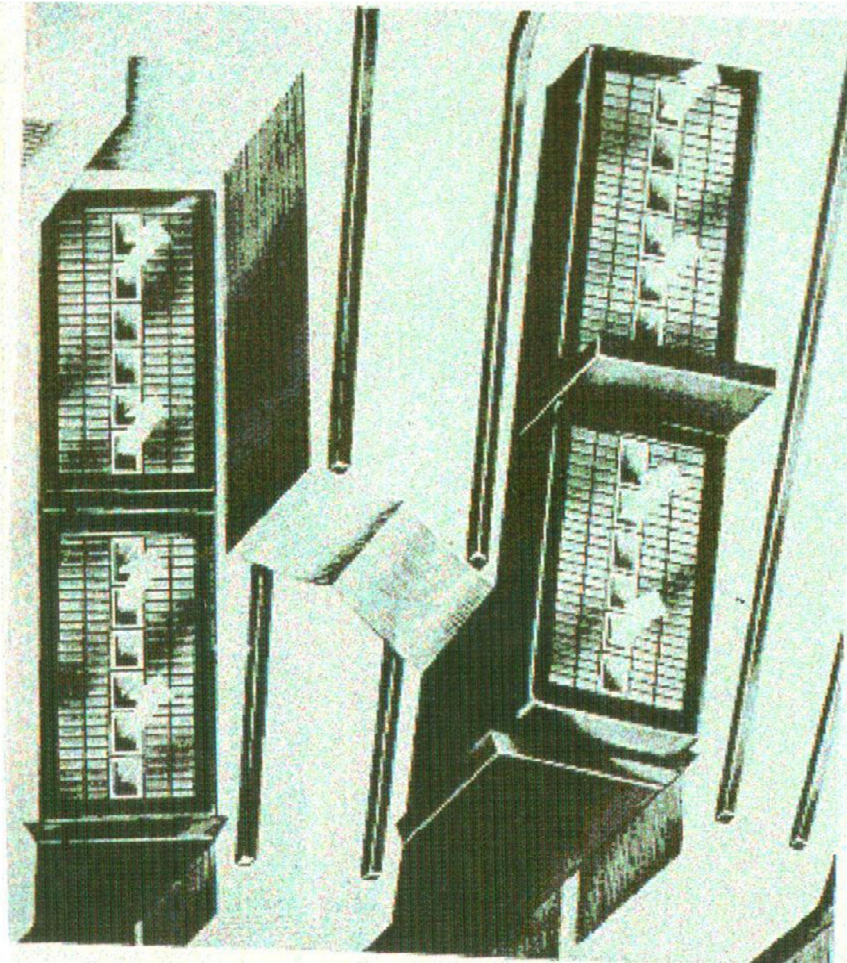


Sistema de  
resfriamento  
direto por água  
(ou óleo)

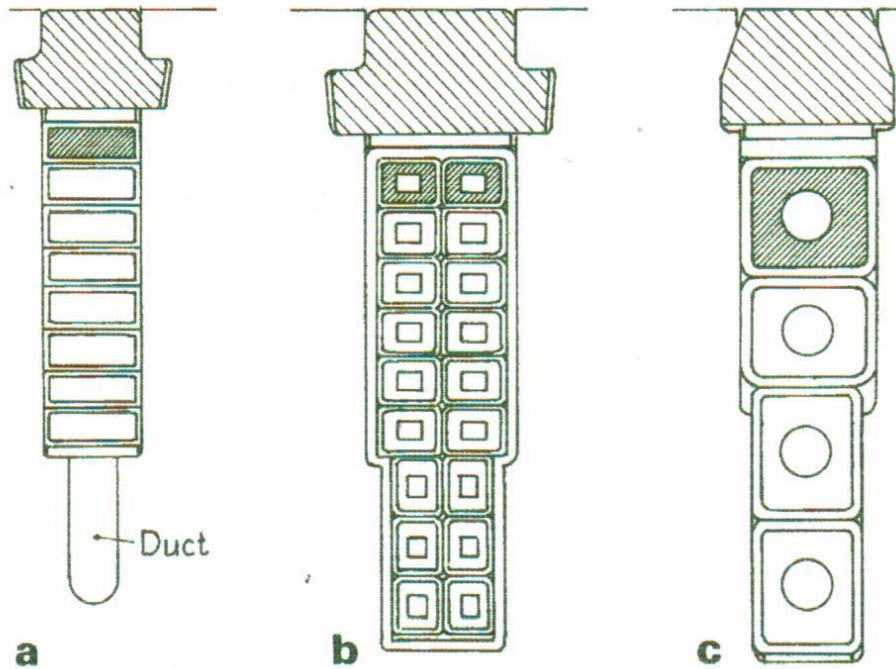


**MÉTODOS DE RESFRIAMENTO - GERADORES DE GRANDES POTÊNCIAS**

**RESFRIAMENTO DIRETO DO ESTATOR POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA NO INTERIOR DE CONDUTORES VAZADOS**





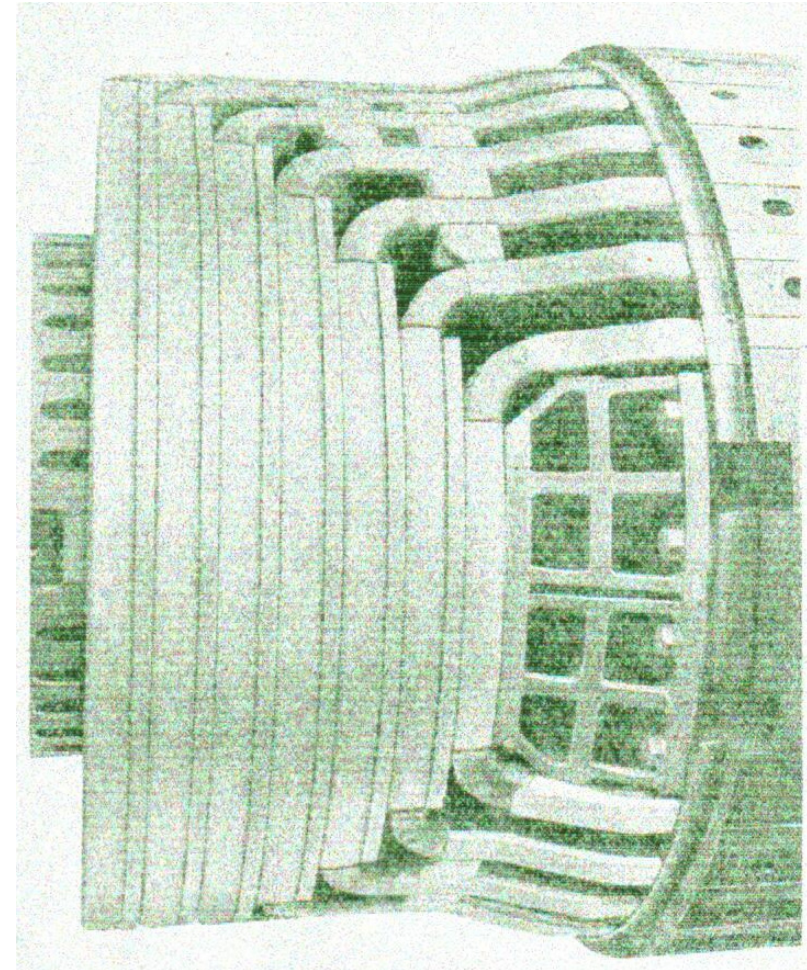
**MÉTODOS DE RESFRIAMENTO - TURBOGERADORES DE GRANDES POTÊNCIAS**

**RANHURAS TÍPICAS DE ROTORES DE TURBOGERADORES DE GRANDE PORTE:**

**a. DUTO DE VENTILAÇÃO PARA RESFRIAMENTO CONVENCIONAL**

**b. CONDUTORES COM RESFRIAMENTO DIRETO POR GÁS (  $H_2$  )**

**c. CONDUTORES COM RESFRIAMENTO DIRETO POR ÁGUA**



**CONSTRUÇÃO DAS TERMINAÇÕES DO ENROLAMENTO DE EXCITAÇÃO DE TURBOGERADORES DE GRANDE PORTE**