

Gás Natural

Prof. Patricia Matai
M.Sc Tatiana Gerosa

Gás Natural – Cronologia

- 6000 e 2000 A.C. – Irã (Antiga Pérsia)
 - Fogo Eterno – Adorações locais

 - 900 A.C. – Já era Conhecido na China

 - 211 A.C. – China
 - Início da Extração e utilização
 - Construção dos primeiros gasodutos – bambu

 - 1659 – Descoberta do GN na Europa
 - Mas continente já era atendido pelo TOWN – GAS, proveniente do carvão, mas era usado para iluminação
-

Gás Natural – Cronologia - Europa

- 1885 – Queimador de Bunsen
 - Inventado por Robert Bunsen, foi o responsável pelo crescimento do GN

 - 1895 – Gasodutos – Avanços na Distribuição
 - Não suficientes para superar o carvão e o óleo

 - Atualmente é muito utilizado para geração de energia e como insumo petroquímico.
-

Gás Natural – Cronologia – EUA

- 1821 – Nova York
 - Construção do primeiro gasoduto
 - Usado para cocção e iluminação

 - 1927 a 1931 – Mais de 10 Gasodutos
 - Estaduais;
 - Novas reservas tornaram o gás mais acessível

 - 1940 a 1945 – Grande Expansão do GN
 - II Guerra Mundial – Inovação tecnológica na indústria metal-mecânica

 - Atualmente é um dos maiores consumidores de GN
-

Gás Natural – Conceitos

□ Definição:

- Mistura de hidrocarbonetos gasosos (de C1 a C7+) contendo quantidades variáveis de não hidrocarbonetos (considerados como sendo impurezas);
- É petróleo no estado gasoso na boca do poço (reservatório): pressão atmosférica;

□ Formação

- Formou-se em diferentes eras geológicas e acumulou-se após migrar, do seu local de origem para rochas reservatório.
 - A crosta terrestre passou por condições drásticas de pressão e de temperatura.
-

Gás Natural – Conceitos

□ Ocorrência

- Rochas sedimentares; rocha geradora, rocha reservatório, rocha selante;
Decomposição de organismos marinhos e outros na ausência de oxigênio;
- GN associado/GN não associado

□ RGO = razão gás/óleo:

- Define a vocação do reservatório;
 - Equivalência energética: 1 m^3 de óleo = 1000 m^3 de gás;
-

Gás Natural – Especificações da Agência Reguladora (ANP)

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	GRUPOS		
		B (baixo)	M (médio)	A (alto)
Poder calorífico superior (PCS)	kcal/m ³ ⁽¹⁾	8000 a 9000	8000 a 10000	10000 a 12500
Densidade relativa ao ar	-----	0,54 a 0,60	0,54 a 0,60	0,54 a 0,60
Gás sulfídrico (H₂S), máximo	mg/m ³ ⁽¹⁾	20	20	20
Enxofre (H₂S e enxofre mercaptídico), máximo	mg/m ³ ⁽¹⁾	80	80	80
Dióxido de carbono (CO₂), máximo ⁽²⁾	% volume	2	2	2
Inertes, máximo ⁽³⁾	% volume	4	4	4
Oxigênio, máximo	% volume	0,5	0,5	0,5
Ponto de orvalho de água, 101.325 Pa, máximo ⁽⁴⁾	° C	- 45	- 45	- 45

Observações referentes à tabela (fonte: Garcia (2002))

(1) referido a 20o C e 101,325 kPa (1 atmosfera), exceto onde indicado.

(2), (3), (4) Para as regiões Norte e Nordeste admite-se os valores 3,5, 6,0 e - 39 respectivamente.

(4) o produto deve ser isento de água na fase líquida, óleos, partículas sólidas e hidrocarbonetos condensados, glicóis, gomas, elementos formadores de goma, compostos aromáticos, metanol e outros elementos sólidos ou líquidos que possam interferir com a operação dos sistemas de transporte e distribuição e com a utilização pelos consumidores.

Gás Natural - Composição

- O principal componente do gás natural é o metano (CH_4);
 - Pode representar mais de 90% da composição;
 - Também são encontradas frações de:
 - Etano (C_2H_6);
 - Propano (C_3H_8);
 - Butano (C_4H_{10});
 - Quantidades menores de hidrocarbonetos (C_{7+}), nitrogênio, gás carbônico, e gás sulfídrico, compostos orgânicos de enxofre, hélio, mercúrio, hidrocarbonetos cíclicos, água.
-

Gás Natural - Composição

Composto	Fração molar
Hidrocarbonetos	
metano	0,75 – 0,99
etano	0,01 – 0,15
propano	0,01 – 0,10
n-butano	0,00 – 0,02
isobutano	0,00 – 0,01
n-pentano	0,00 – 0,01
isopentano	0,00 – 0,01
hexano	0,00 – 0,01
heptano	0,00 – 0,001
Não hidrocarbonetos	
nitrogênio	0,00 – 0,15
dióxido de carbono	0,00 – 0,10
gás sulfídrico	0,00 – 0,30
hélio	0,00 – 0,05

Gás Natural – Propriedades Físicas

□ Massa Molecular:

- A massa molecular aparente (M_a) de uma mistura gasosa, por exemplo, gás natural, é igual a soma da fração molar (y_i) multiplicada pela massa molecular de cada componente.

- $M_a = \sum y_i M_i$ (Equação 1)

□ *Volume Molar e a Lei do Gás Ideal*

- O volume ocupado por um gás ideal depende da temperatura, pressão e do número de moléculas presentes. Independe do tipo de moléculas (lei do gás ideal).
 - O volume de 1 kmol de um gás ideal, nas CNTP (273,15 K, 0,101325 MPa), calculado usando a equação do gás ideal ($p V = n R T$) é 22,414 m³. Os volumes molares reais nas CNTP para os componentes do GN estão apresentados na tabela 2. O cálculo também pode ser utilizado para misturas de gases se a massa molecular aparente (M_a) for utilizada para computar o número de kmols (n) presentes.
-

Gás Natural – Propriedades Físicas

□ Densidade e Densidade Relativa

- A densidade de uma mistura gasosa pode ser calculada através do mesmo procedimento proposto para a M_a . Para diferentes temperaturas e pressões, ou quando a lei do gás ideal não puder ser aplicada, a densidade de um gás sob quaisquer condições pode ser calculada através da equação:

$$\rho V = z n R T \quad (\text{Equação 2})$$

- onde z = fator de compressibilidade. A partir dessa equação, a densidade de um gás pode ser calculada usando-se:

$$\rho = p M / z R T \quad (\text{Equação 3})$$

- onde V e n da equação 2 são substituídos por:

$$\rho = n M / V \quad (\text{Equação 4})$$

- Para misturas tais como o GN, a massa molecular M da equação 3 é substituída pela massa molecular aparente (M_a) e z é o fator de compressibilidade de uma mistura gasosa em uma dada condição de pressão e temperatura.
-

Gás Natural – Propriedades Físicas

□ Densidade Relativa (ou peso específico):

- Densidade relativa (ou peso específico) de um gás: é a razão da sua densidade pela densidade do ar seco quando ambos se encontram nas mesmas condições de pressão e temperatura (comumente as CNPT).

$$\square \quad d = Q_{\text{CNTP gás}} / Q_{\text{CNTP ar}} = Q_{\text{CNTP gás}} / 1,293 \quad (\text{Equação 5})$$

- Para uma mistura gasosa, a densidade relativa também pode ser calculada a partir da massa molecular aparente (M_a) de uma mistura gasosa dividida pela massa molecular do ar.

$$\square \quad d = M_a / 28,964 \quad (\text{Equação 6})$$

Gás Natural – Propriedades Físicas

- Temperatura crítica (T_c) e pressão crítica (p_c) dos componentes do gás natural:
 - T_c é a temperatura acima da qual um gás não pode ser liquefeito, mesmo se uma alta pressão for aplicada. Na T_c , um gás pode ser liquefeito pela aplicação de uma dada pressão mínima p_c . O volume de 1 kg de um gás no seu ponto crítico é o volume crítico (V_c). O inverso de V_c é a densidade crítica (Q_c).
 - As constantes críticas para os principais componentes do gás natural estão apresentadas na tabela 3. A T_c e a P_c são constantes para cada espécie.
-

Propriedades Físicas dos Componentes do GN

(Fonte: Ullmann's, 1994)

Composto	Massa molecular kg/kmol	Volume molar m ³ /kmol (CNTP)	Densidade kg/m ³	Densidade relativa (CNTP, ar = 1)
Metano	16,043	22,360	0,7175	0,5549
Etano	30,069	22,191	1,355	1,048
Propano	44,096	21,928	2,011	1,555
n-Butano	58,1 23	21,461	2,708	2,094
Isobutano	58,123	21,550	2,697	2,086
n-Pentano	72,150 *	20,90 *	3,452 *	2,670 *
Isopentano	72,150 *	21,06 *	3,426 *	2,650 *
n-Hexano	86,177 *	20,10 *	4,29 *	3,315 *
n-Heptano	100,202 *	18,3 *	5,48 *	4,235 *
Nitrogênio	28,0134	22,403	1,2504	0,9671
Dióxido de carbono	44,0098	22,261	1,9770	1,5290
Gás sulfídrico	34,076	22,192	1,5355	1,1875
Hélio	4,0026	22,426	0,17848	0,1380

Constantes Críticas dos Componentes do GN

(Fonte: Ullmann's, 1994)

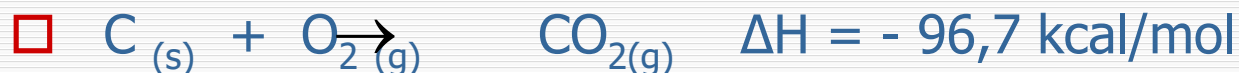
	P_c MPa	T_c °C	V_c $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}$	Q_c kg m^3
Metano	4,60	-82,55	6,1709	162
Etano	4,88	32,25	4,921	203
Propano	4,24	96,65	4,6035	217
n-Butano	3,80	152,05	4,3872	228
Isobutano	3,65	134,95	4,5244	221
n-pentano	3,37	196,45	4,2134	237
Isopentano	3,38	187,25	4,2411	236
n-hexano	2,97	234,25	4,2934	233
n-heptano	2,73	267,05	4,3112	232
Nitrogênio	3,39	-146,95	3,1944	313
Gás carbônico	7,38	31,05	2,1359	468
Gás sulfídrico	8,94	100,05	2,8903	346
Hélio	0,227	-267,96	14,3143	69,9

Propriedades de Combustão

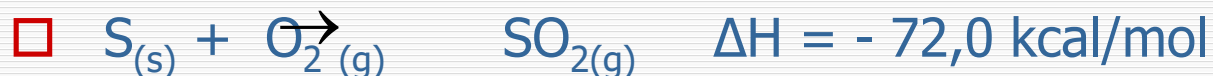
□ Poder Calorífico:

- Quantidade de calor liberado na combustão completa de uma unidade de massa de GN desidratado com oxigênio puro, a pressão de 0,101325 MPa. A temperatura inicial do gás e do oxigênio é 25° C. Os fumos resultantes da combustão são resfriados a mesma temperatura.

□ Reações de Combustão:



□



Propriedades de Combustão

- **PCS** = poder calorífico superior (total ou gross calorific value): volume constante, água no estado líquido.
 - **PCI** = poder calorífico inferior (net calorific value): pressão constante, água no estado de vapor.
 - O **PCS** e o **PCI** diferem numericamente (entalpia de condensação da água).
 - $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O vapor} \quad H = - 57,8 \text{ kcal/mol}$
 - $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O líquida} \quad H = - 68,3 \text{ kcal/mol}$
 - $L = -57,8 - (- 68,3) = + 10,5 \text{ kcal/mol}$
 - PC: expresso em megajoules/ m³, kcal/ kg de combustível ou, eventualmente, em kilowatt hora/m³.
-

Propriedades de Combustão

□ Poder calorífico de Mistura Gasosas:

- Pode ser calculado a partir da fração molar e do PC dos componentes;

Composto	PCS MJ/m³ (CNTP)	PCI MJ/m³ (CNTP)
Metano	38,819	35,883
Etano	70,293	64,345
Propano	101,242	93,215
n-Butano	134,061	123,810
Isobutano	133,119	122,910
n-pentano	169,19 *	156,56
Isopentano	167,53 *	154,99
n-Hexano	208,70 *	193,39
n-heptano	265,22 *	245,99
Gás sulfídrico	25,336	23,353

Propriedades de Combustão

□ Índice de Wobbe:

- Quando queimados à mesma pressão, GN com diferentes composições geram a mesma quantidade de calor por unidade de tempo se os seus PC divididos pela raiz quadrada das suas densidades relativas (Índice Wobbe) forem iguais. O índice Wobbe pode estar relacionado ao PCS ou ao PCI.

$$■ W = PC / \sqrt{d}$$

□ Onde: PC = poder calorífico superior (PCS) ou inferior (PCI);

- Os queimadores de gás toleram somente flutuações limitadas no PC do gás combustível. Estas flutuações devem ser restritas. As especificações para o GN são estipuladas baseadas no Índice Wobbe ao invés do PC.
-

Tratamento do Gás Natural

□ Objetivos Principais do Tratamento:

- Lembrando que GN produzido apresenta composições diversas;
- Alcançar padrões de qualidade;
- Recuperação dos subprodutos;

□ Remoção de água (desidratação):

- Os hidrocarbonetos pesados e vapor d'água: podem estar em quantidades maiores do que as apresentadas na tabela 1. Estes se condensam em temperaturas mais baixas e pressões mais altas, atrapalhando o transporte do GN. Sob certas condições, água e gás formam cristais (hidratos) causando entupimentos nas linhas e corrosão.
-

Gás Natural – Tratamento

□ Gás Sulfídrico, enxofre elementar (vapor):

- De um modo geral, o gás extraído é denominado *gás ácido*: contém quantidades apreciáveis de gás sulfídrico e dióxido de carbono.
 - O gás sulfídrico: seu teor deve estar abaixo de 3 ppm devido à sua alta toxicidade. Quando queimado, forma dióxido de enxofre que combinado com água produz ácido sulfúrico
 - efeito tóxico e corrosivo.
 - O gás ácido é *dessulfurizado* ou *adoçado* com o objetivo de reduzir o enxofre a traços. (=gás limpo).
-

Gás Natural – Tratamento

□ Gás Carbônico

- Tolerada a presença em níveis de percentagem; aumenta os custos de transporte; diminui o poder calorífico; apresenta efeito corrosivo em determinadas condições.

□ Mercúrio

- Presente em concentrações de até alguns miligramas por m³. A maior parte encontra-se na forma elementar. Alta toxicidade. Causa danos tais como corrosão em tubulações e conexões, aos trocadores de alumínio em plantas criogênicas, válvulas de metais não ferrosos (amálgama).
-

Gás Natural – Tratamento

□ Outros Componentes:

- Hidrocarbonetos cíclicos (tendência a sublimação), nitrogênio (“inerte”, formação de NO_x , diminui o PC);

□ Recuperação de componentes com valor econômico:

- Recuperação de hélio, enxofre, hidrocarbonetos condensados, GLP.
-

Gás Natural – Processamento

☐ Uso de Solventes de Enxofre:

- O gás ácido do reservatório é enriquecido com enxofre. A habilidade que o gás tem de absorver enxofre depende em grande extensão da temperatura, pressão e composição do gás. Resfriamento e a redução da pressão durante a produção minimizam a solubilidade do enxofre, levando a precipitação. Em baixas temperaturas pode ocorrer a solidificação e obstrução das tubulações. Esses problemas são resolvidos pela injeção de líquidos. Isso permite a remoção do enxofre de forma química ou física. Os processos utilizados são:

- ☐ -Processo polissulfeto
 - ☐ -Solventes – separação física
-

Gás Natural – Processamento

□ Remoção de Mercúrio:

- Boa parte do mercúrio é removida na separação a baixa temperatura na unidade de desidratação ou em leitos fixos de carvão impregnados com enxofre. O mercúrio também é removido na corrente dos hidrocarbonetos. Um tratamento posterior do gás seco com adsorventes sólidos reduz o teor de mercúrio de 300 para 20 ng/g.

Gás Natural – Processamento

☐ Desidratação:

- A desidratação é feita geralmente na presença de glicóis. O ponto de orvalho da água de -80°C na pressão do gasoduto é suficiente para o transporte do GN. os principais processos empregados são:
 - ☐ Desidratação Criogênica;
 - ☐ Desidratação pelo processo de absorção;
 - ☐ Desidratação Absorsiva.
-

Gás Natural – Processamento

- ❑ Remoção de Hidrocarbonetos;
 - ❑ Remoção de Gás Carbônico e Compostos de Enxofre:
 - Realizada através do uso de solventes tais como pirrolidinas, compostos a base de glicóis e éteres, metanol, entre outros. Os principais processos são:
 - ❑ Processos de absorção;
 - ❑ Processo físico de absorção;
 - ❑ Processos químicos de absorção;
 - ❑ Processos físico-químico de absorção;
-

Rotas de Separação na UPGN

GN → desidratação → dessulfurização → separação em frações

A separação em frações pode seguir mais de uma rota, dependendo dos usos a que se destinam. Alguns exemplos de rotas de separação estão apresentados na tabela a seguir.

Rotas de Separação - UPGN

Exemplos de rotas de separação das frações do GN

	Frações obtidas	Usos das frações obtidas após a separação
a	C1 + CO ₂ + N ₂ C3 + C4 (=GLP) C5+ (gasolina natural)	
b	C1 + C2 + CO ₂ + N ₂ C3 + C4 (=GLP) C5+ (gasolina natural)	
c	C1 + CO ₂ + N ₂ C2 C3 + C4 (=GLP) C5+ (gasolina natural)	
d	C1 + CO ₂ + N ₂ C2 C3+ (líquidos do GN)	

Usos Finais do GN

- ✓ Divisão das Petroquímicas: 1ª, 2ª e 3ª gerações
 - ✓ A indústria petroquímica tem por objetivo a produção de matérias primas para posterior transformação em bens de consumo.
 - ✓ Matérias químicas petroquímicas: GN, nafta petroquímica e carvão mineral
 - ✓ 50% das petroquímicas do mundo usam GN como matéria prima.
 - ✓ O produto que define a capacidade produtiva das petroquímicas de 1ª geração é o eteno (etileno). Outros produtos, além do eteno, são obtidos. São eles: propeno, butadieno, benzeno, xileno e tolueno.
-

GN x Indústria Petroquímica

- A tabela abaixo mostra uma comparação entre as petroquímicas de 1a geração que utilizam GN e nafta como matéria prima.

	GN (fração de etano ou líquidos do GN)	NAFTA
Produtos	eteno, principalmente. propeno	eteno, propeno, butadieno Correntes líquidas: benzeno, xileno e tolueno.
Vantagens	instalações menores não há a produção das correntes líquidas	

Outros Produtos obtidos pelo GN

- ✓ Gás de síntese
 - ✓ Metanol
 - ✓ Hidrogênio
 - ✓ Amônia
 - ✓ GTL
 - ✓ DME
-

Cadeia Produtiva do GN

- **Prospecção e Exploração:** utilizados os mesmos métodos da prospecção do petróleo;
 - Até pouco tempo atrás, principalmente no Brasil, não eram realizados estudos para encontrar reservas de GN. Até o início do ano 2.000, o GN foi visto como o “patinho feio”.
 - **Exploração**
 - Onde há a perfuração, completção e recompletção do poço;
-

Gás Natural – Reservas Mundiais

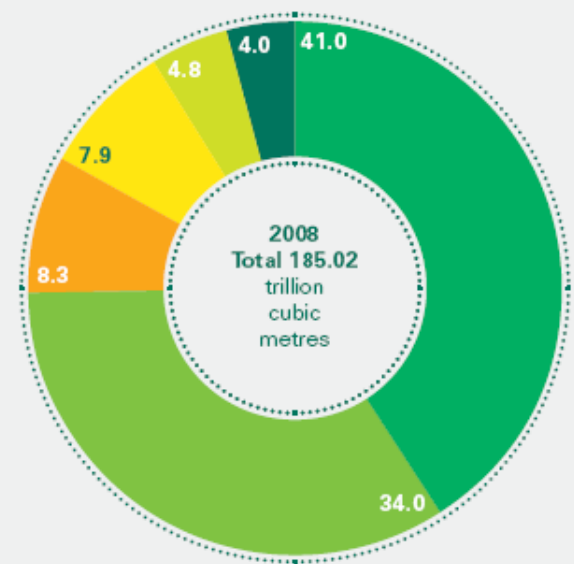
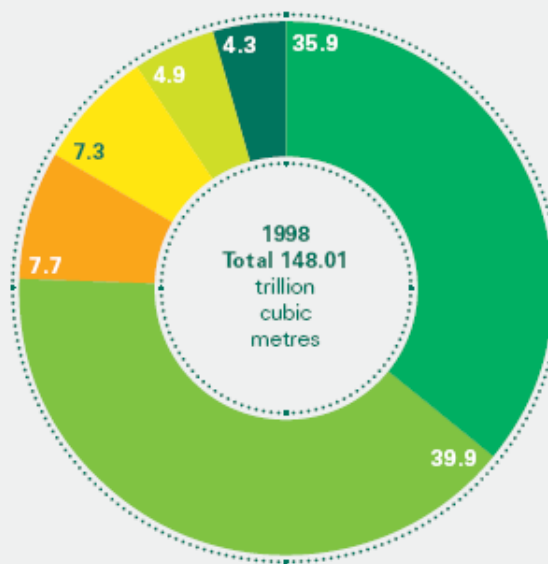
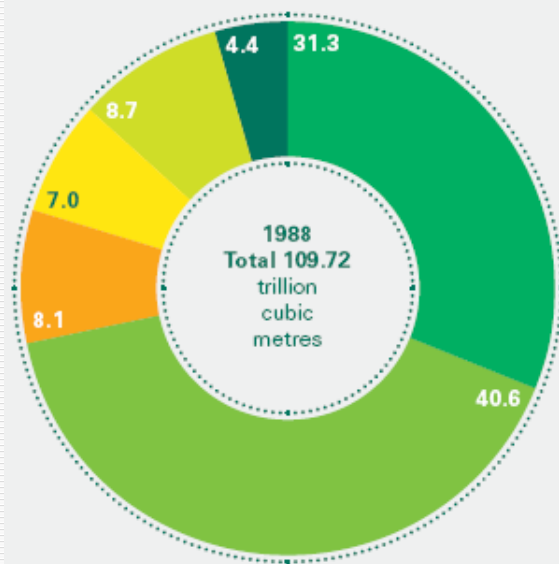
	Paises	Trilhões m ³	%
1	Rússia	44,65	25,20
2	Irã	27,8	15,70
3	Catar	25,6	14,40
4	Arábia Saudita	7,17	4,00
5	Emirados Árabes	6,09	3,40
6	Estados Unidos	5,98	3,40
7	Nigéria	5,3	3,00
8	Venezuela	5,15	2,90
9	Argélia	4,52	2,50
10	Iraque	3,17	1,80
40	Brasil	0,36	0,20
	Outros	41,57	23,50
	Total	177,36	100

Gás Natural – Reservas Mundiais

Distribution of proved reserves in 1988, 1998 and 2008

Percentage

- Middle East
- Europe & Eurasia
- Asia Pacific
- Africa
- North America
- S. & Cent. America

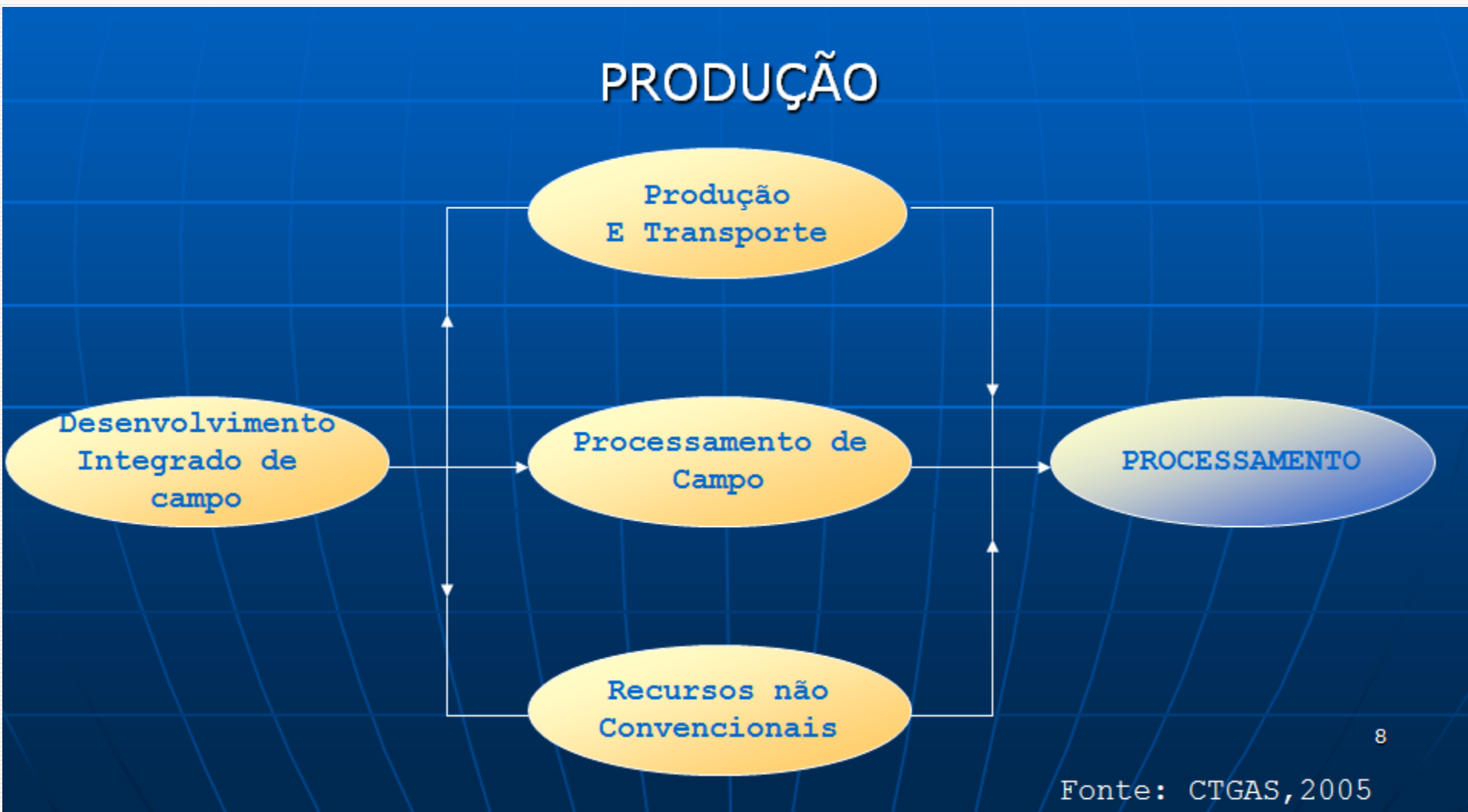


Cadeia Produtiva do GN

EXPLORAÇÃO



Cadeia Produtiva do GN



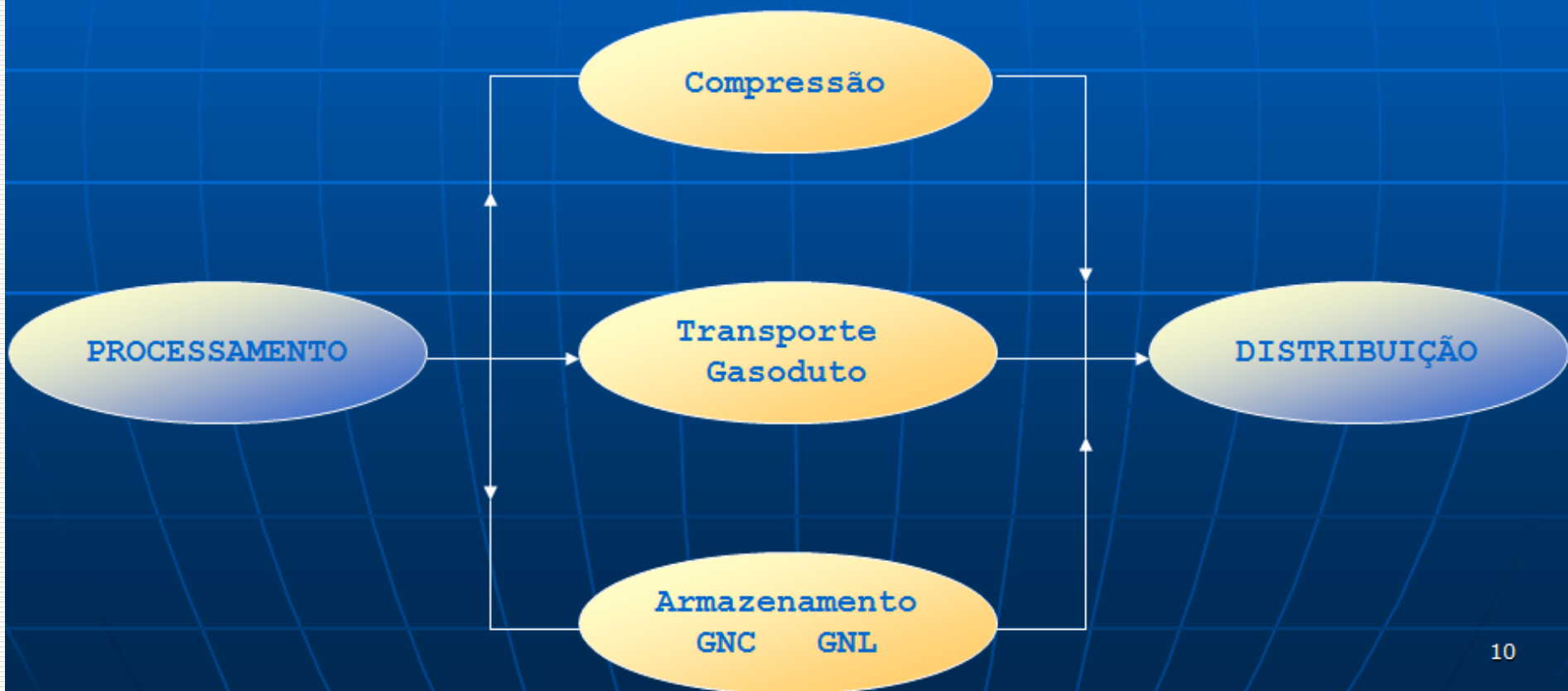
Cadeia Produtiva do GN

PROCESSAMENTO

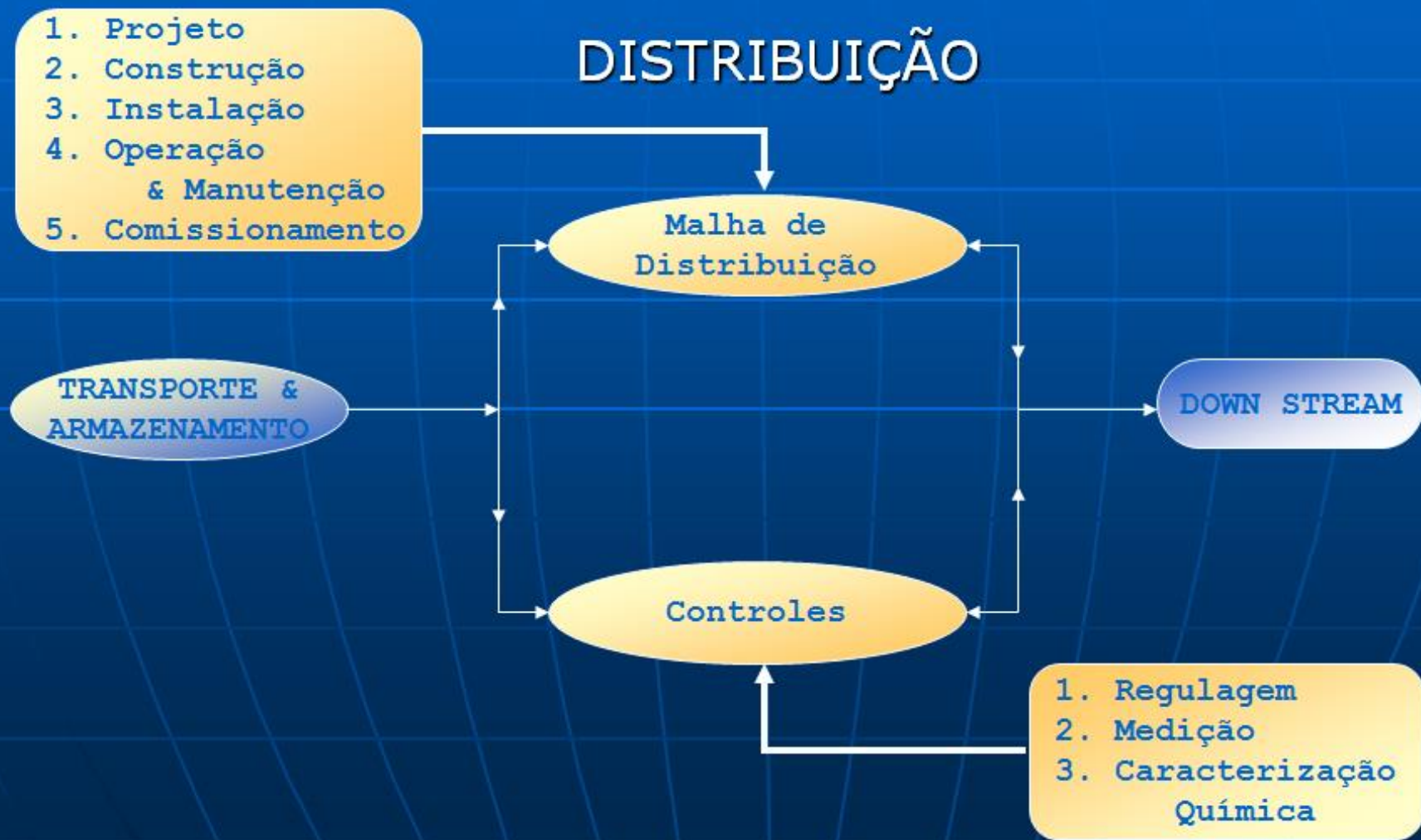


Cadeia Produtiva do GN

TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

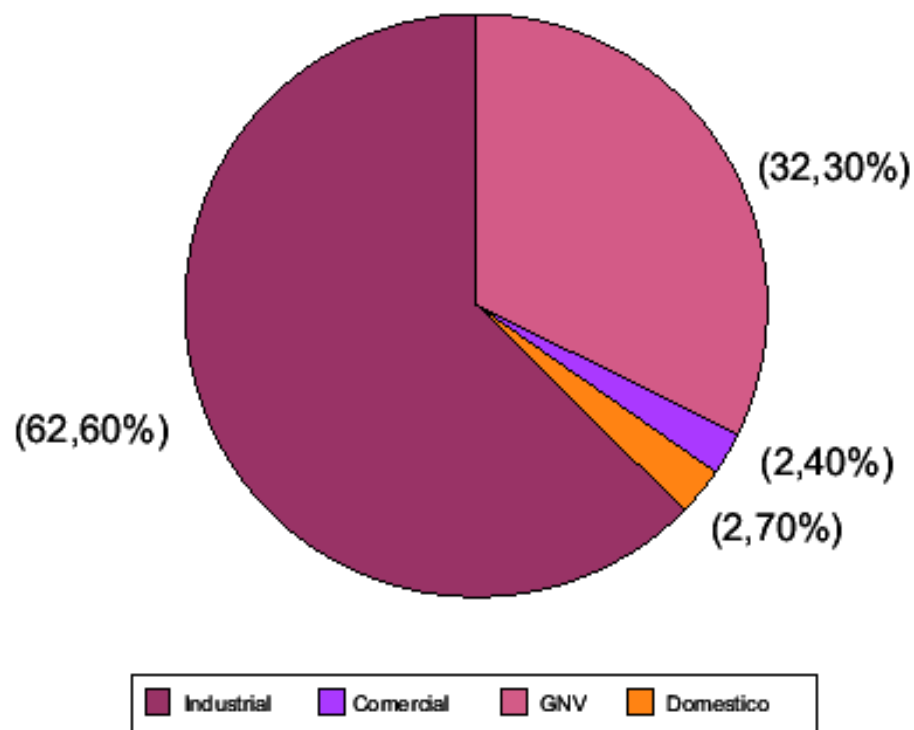


Cadeia Produtiva do GN



Gás Natural em Bolívia

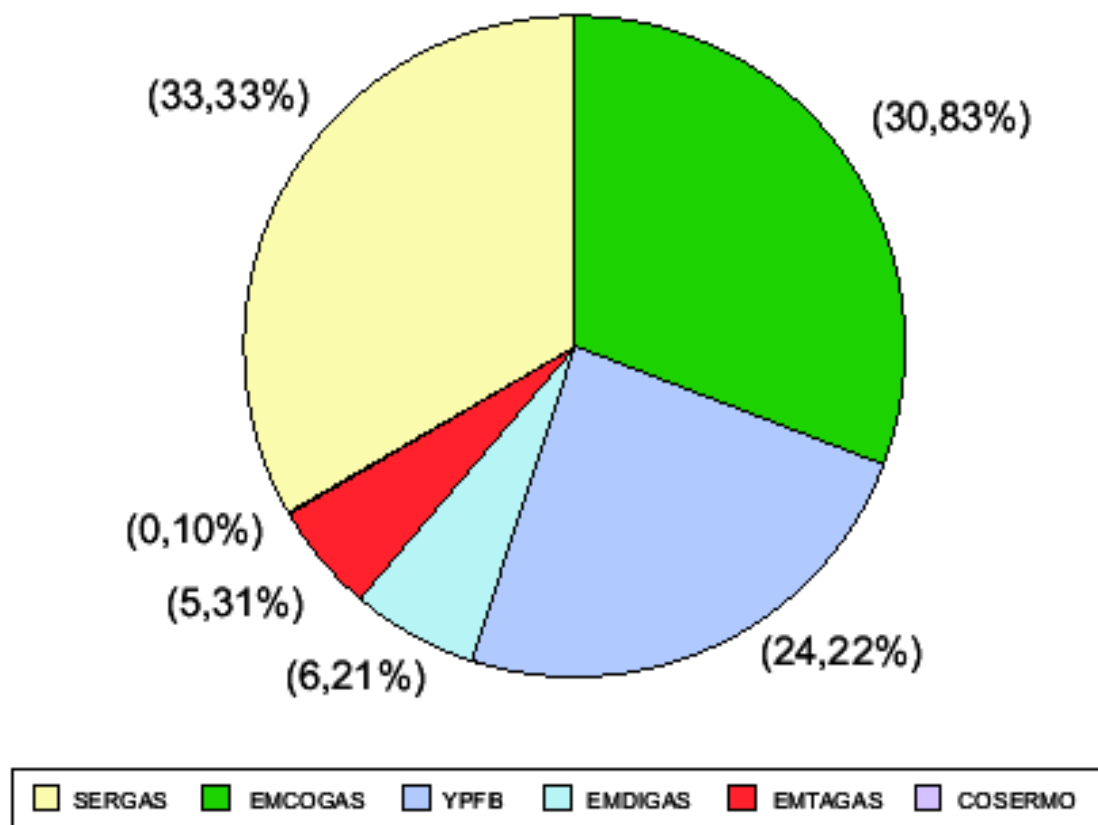
Venta de Gas Natural en Mercado Interno por Categoría
Gestión 2007



Fuente: Ministerio de Hidrocarburos y Energía

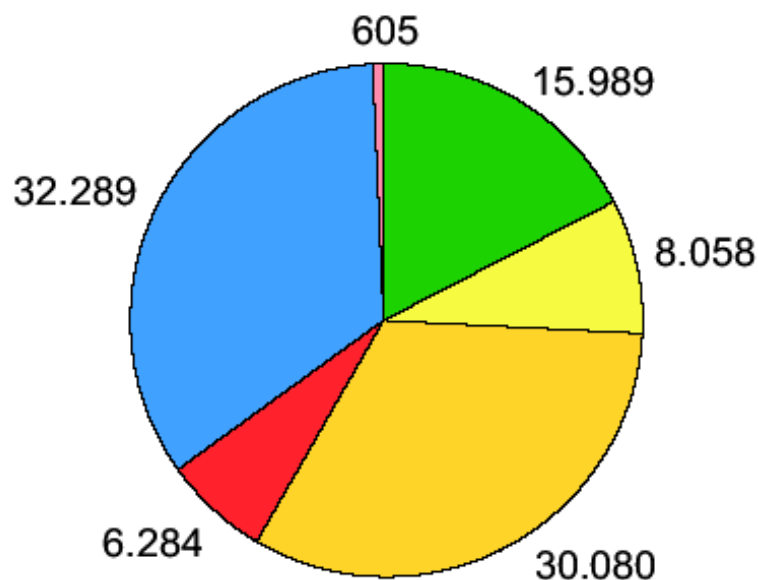
Gás Natural em Bolívia

Volúmen de Gas Natural por Empresa Distribuidora
Gestión 2007



Gás Natural em Bolívia

Número de Usuarios por Empresa Distribuidora
(A diciembre de 2007)



■ EMCOGAS ■ EMDIGAS ■ EMTAGAS ■ SERGAS ■ YPFB ■ COSERMO

Fuente: Ministerio de Hidrocarburos y Energía – EMTAGAS hasta Octubre de 2007
Información de empresas Distribuidoras

Gás Natural – Transporte

- Assim como o petróleo, as principais formas de transporte do Gás Natural são:
 - Transporte Dutoviário (Gasoduto);
 - Transporte Marítimo;
 - Somente na forma liquefeita, é viável (GNL)
 - Outras formas de transporte:
 - Rodoviário
 - Na forma de GNC e GNL (rara);
 - Ferroviário:
 - Também GNC e GNL
-

Gás Natural – Transporte Gasoduto

☐ Gasoduto:

■ Componentes do Sistema de Dutos:

- ☐ Tubulação;
- ☐ Estações de Compressão;
- ☐ Sistemas de Redução de Pressão e Medição;
- ☐ Sistema de Supervisão e Controle;



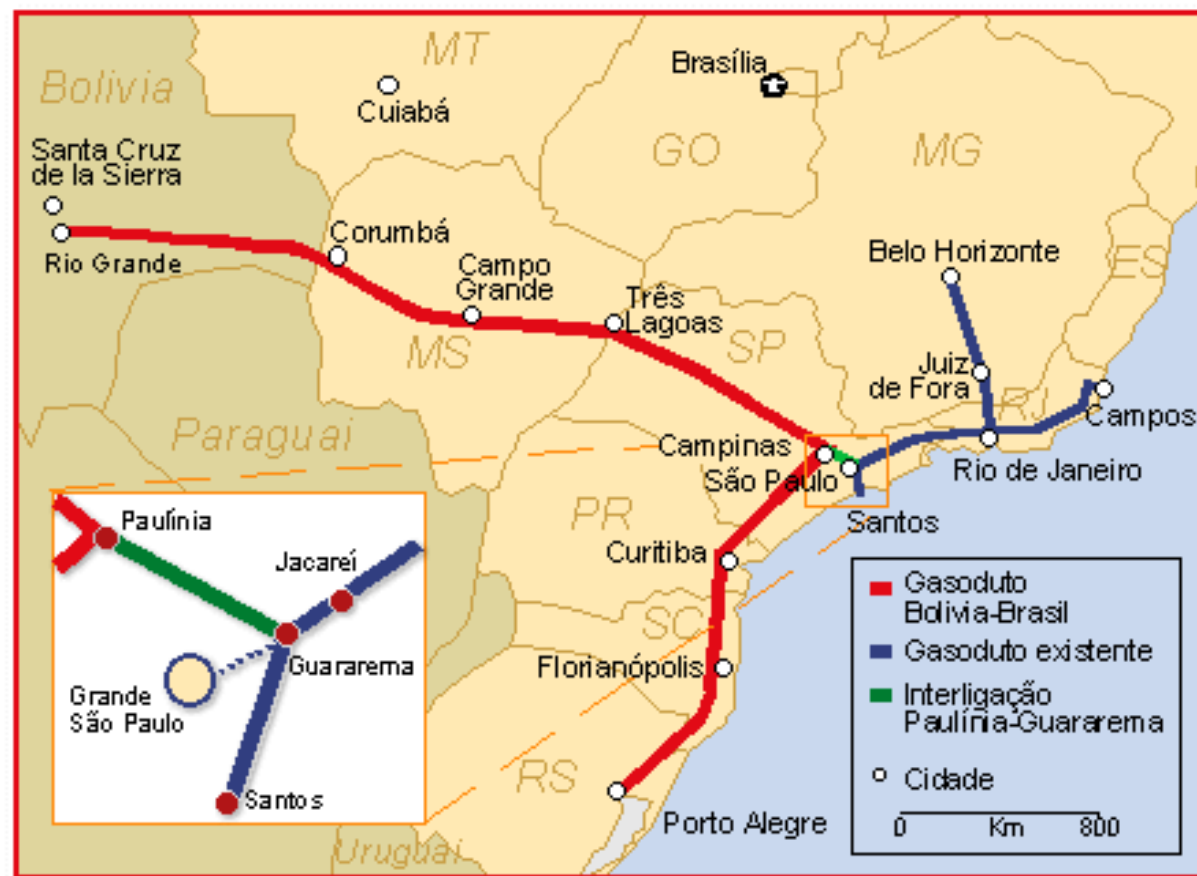
GN – Transporte – Gasodutos

Gás Natural – Gasodutos América do Sul



GN – Transporte - Gasodutos

□ Gasoduto Bolívia Brasil - GASBOL



GN – Transporte - Gasoduto

☐ Dados GASBOL

■ Extensão:

- ☐ 3.150 km é a sua extensão total;
 - ☐ 2.593 km em território Brasileiro;
 - Administrado pela empresa Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil AS (TBG);
 - ☐ 557 km em território Boliviano;
 - Administrado pela empresa Gás Transboliviano SA (GTB);
 - ☐ Início: Santa Cruz de La Sierra – BO
 - ☐ Término: Canoas – RS – BR
 - ☐ Em todo seu trajeto:
 - Mais de 4.600 propriedades;
 - 135 municípios;
-

□ **GASBOL – Lado Boliviano** (Fonte: GTB, 2010)

- - **Gasoducto lado boliviano 557 Km**
 - - **4 Estaciones de compresión (Izozog, Chiquitos, Robore y Yacuses)**
 - - **3 Estación de Medición, 1 de recepción (Río Grande) y 2 de entrega (Chiquitos y Mutun);**
 - - **Diámetro Nominal: 32 Pulg. (81,3 Cm);**
 - - **Espesor de pared: 0,406 – 0,650 Pulg. (1–1,5 Cm);**
 - - **Material: API 5LX – 70 (Tubería de Acero al Carbono de Línea, Grado X70);**
 - - **Máxima Presión de Operación: 1420 Psig;**
 - - **Capacidad de Transporte: 32.2 MMm3/día;**
 - - **16 Válvulas de 32 Pulgadas, Instaladas Aproximadamente cada 30 Km Ajustas para accionamiento automático en caso de emergencia;**
-

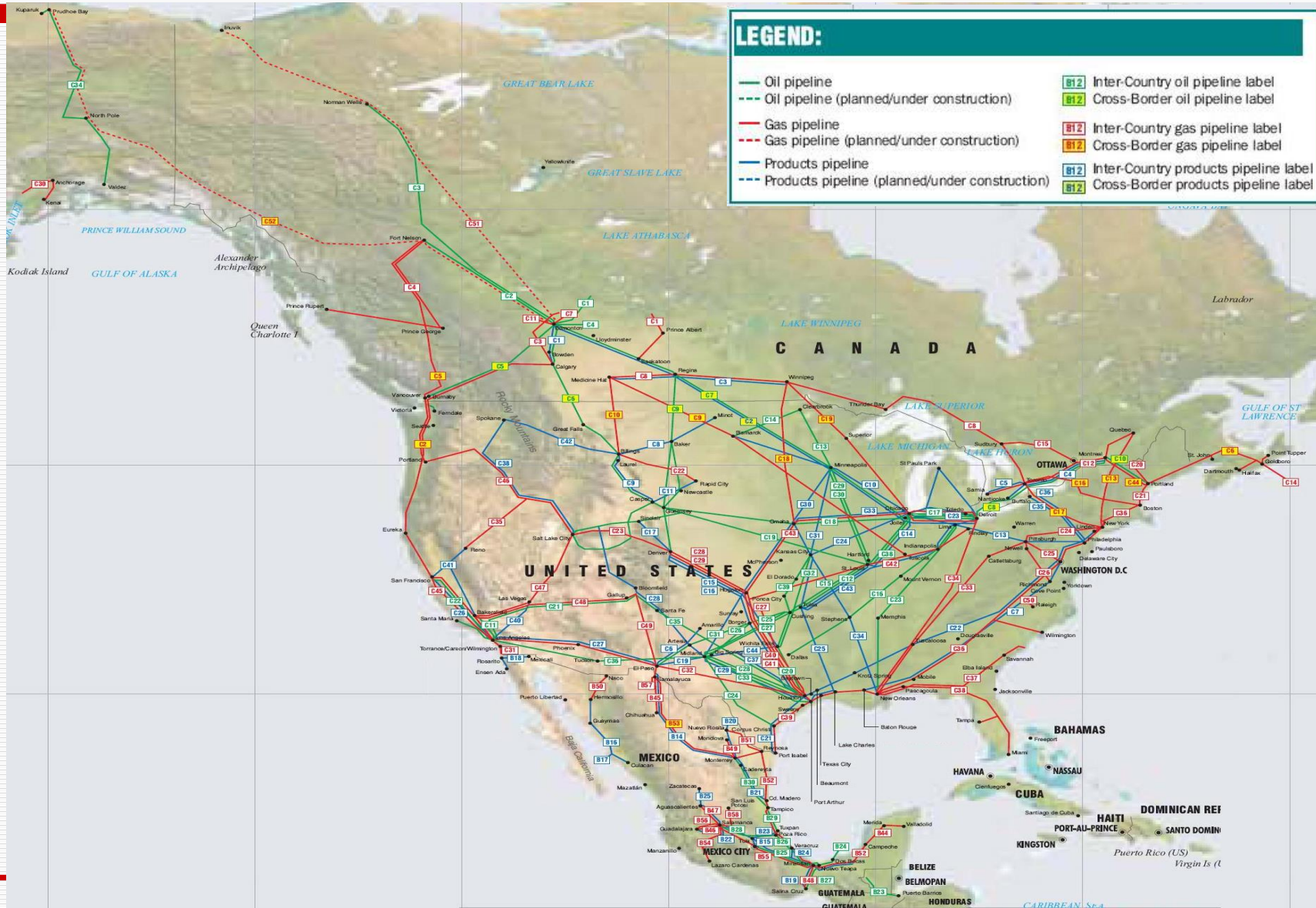
GN – Transporte – Gasoduto

□ GASBOL – Lado Brasileiro

- 115 válvulas de bloqueio
- 7 estações de compressão;
- 2 estações de medição;
- 2 estações de redução de pressão;
- 13 estações intermediárias de lançador/recebedor de pigs;
- 36 estações de entrega;
- Diâmetro variando de 16" (410mm) a 24"(610mm);
- Pressão de projeto de 75 a 100 kgf/cm²;
- Capacidade: 30 MMm³/d

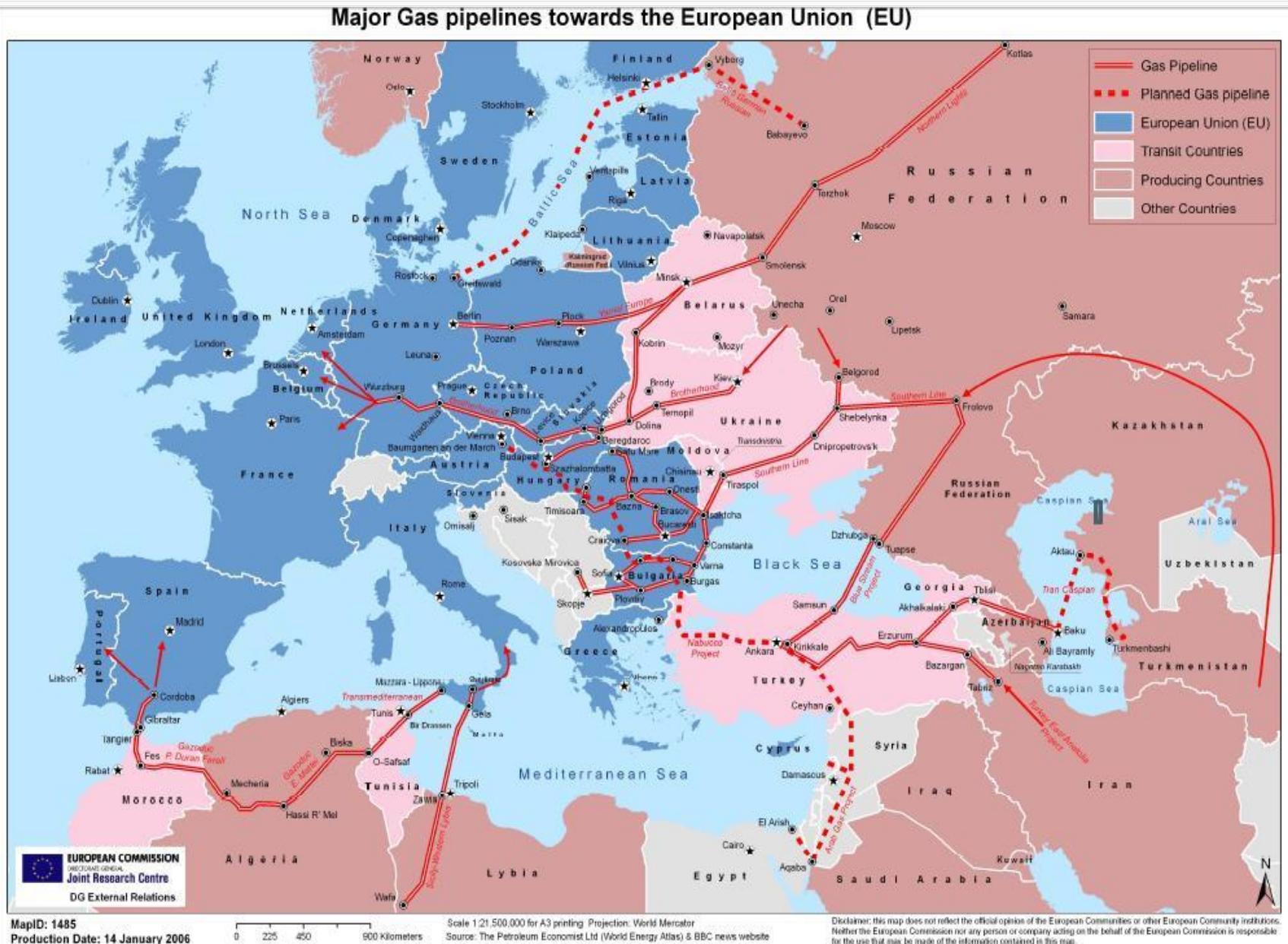
□ Vamos comparar a Estrutura de Gasodutos da América do Sul com a América do Norte e União Européia.

América do Norte – Dutos



GN – Transporte – Gasodutos

União Europeia – Gasodutos

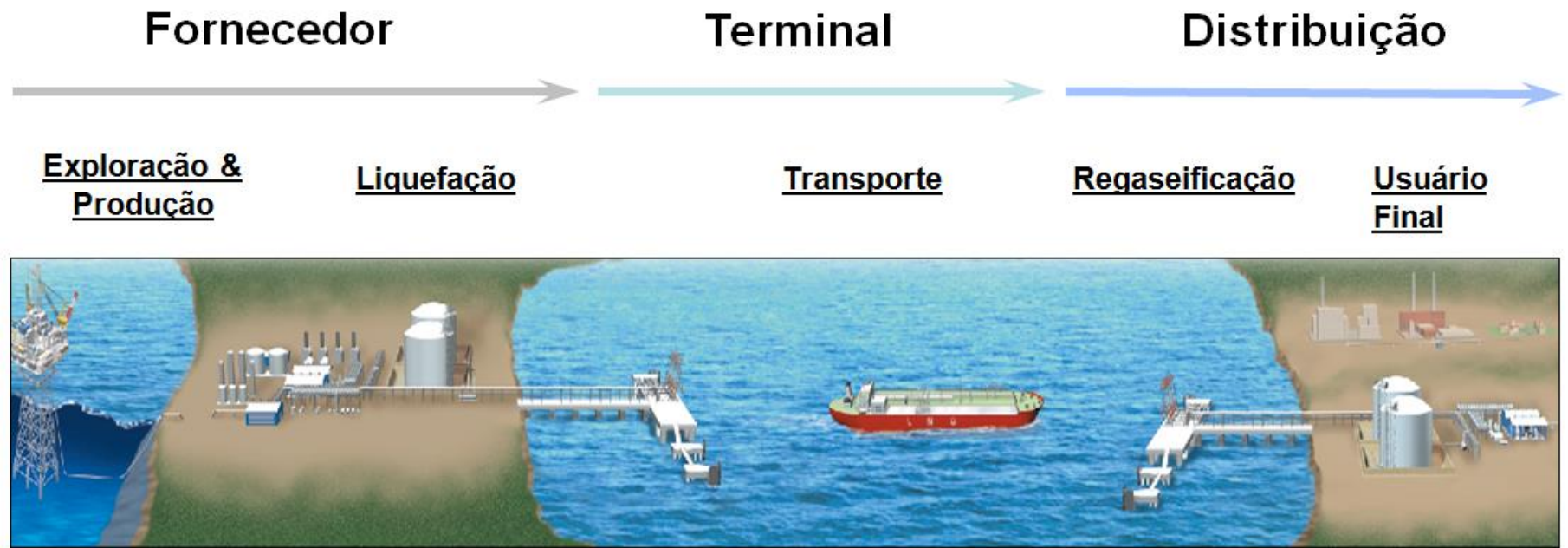


GN – Transporte – GNL

- ❑ É o Gás Natural, que após purificado, é levado aos estado líquido, reduzindo sua temperatura a -163°C ;
 - ❑ Criogenia:
 - Processo de produção, manutenção e utilização de temperaturas extremamente baixas ($< 46^{\circ}\text{C}$);
 - ❑ Redução de 600 vezes o volume;
 - ❑ Processo só é economicamente viável quando transporta-se grandes volumes, por longas distâncias;
-

GN – Transporte – GNL

□ GNL – Cadeia Produtiva & Logística

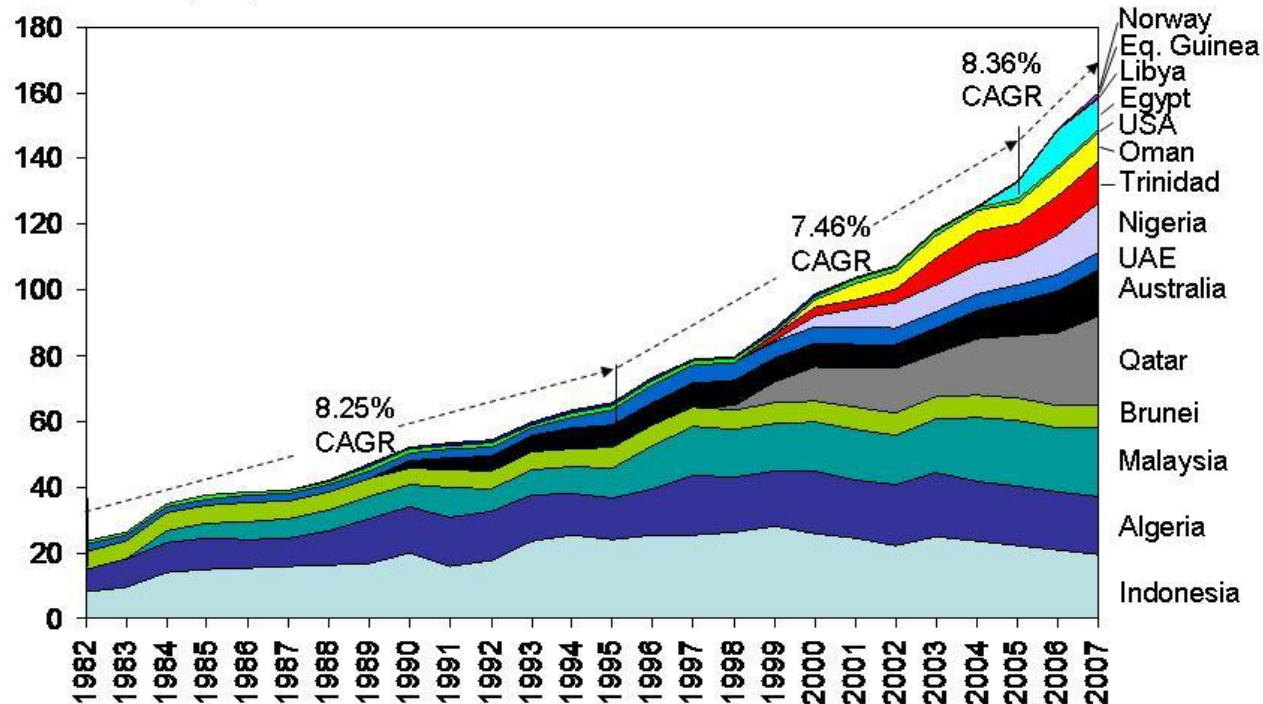


GN – Transporte – GNL

World LNG Export Growth by Country

(1982-2007)

Million Metric Tons (MMT)

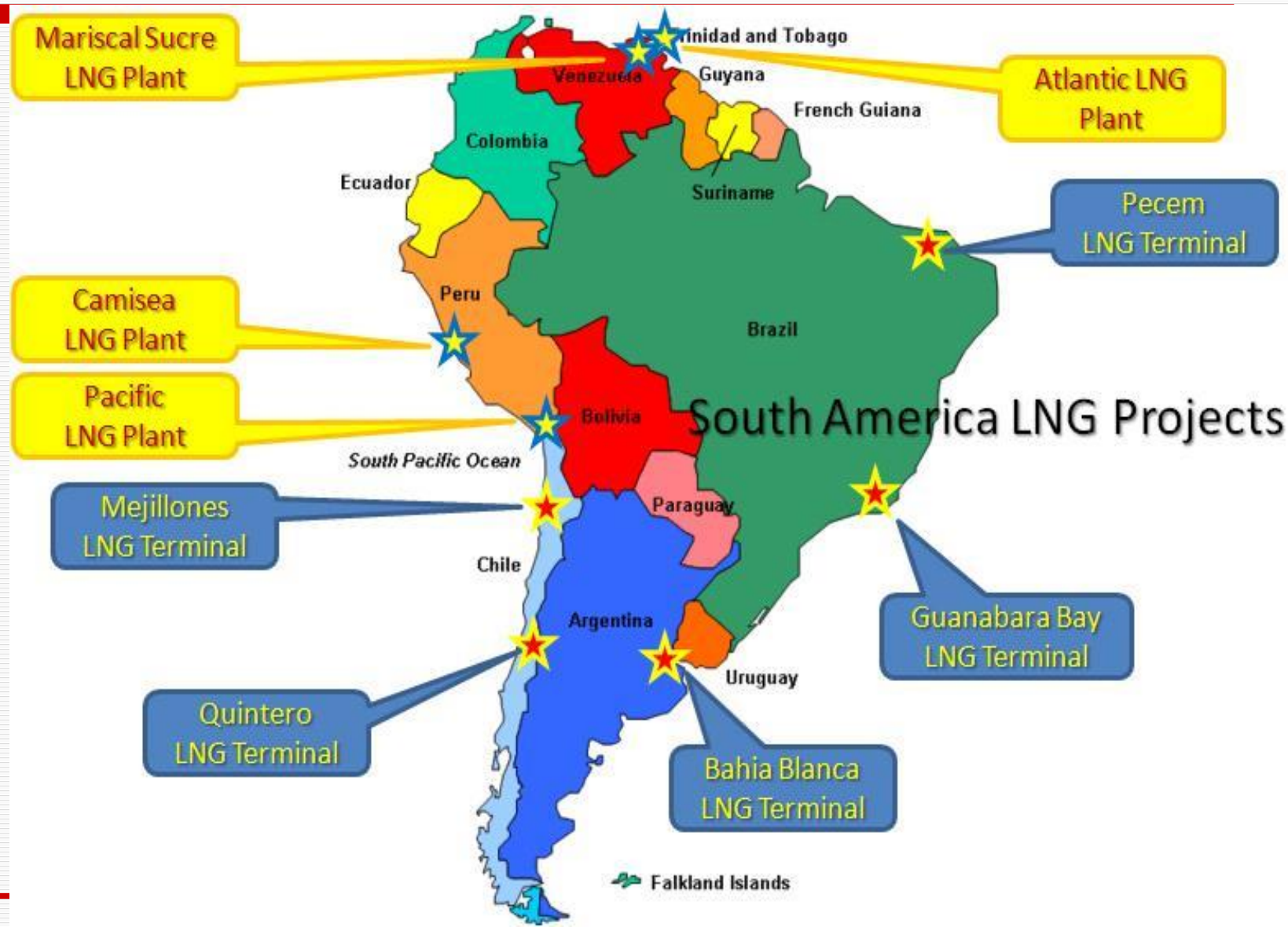


Abbreviations: LNG (liquefied natural gas), CAGR (compound annual growth rate).

Source: Zeus Virtual Energy Library (www.ZeusLibrary.com)

GN – Transporte – GNL

Gás Natural Liquefeito na América do Sul



GN – Transporte – GNL

- Principais Players do GNL:
 - Maior Consumidor/Importador: Japão
 - 2008 = $95.391 \times 10^6 \text{ m}^3$ de GNL;
 - Maiores Fornecedores/ Exportadores em 2008:
 - Qatar = $39.450 \times 10^6 \text{ m}^3$
 - Malásia = $30.770 \times 10^6 \text{ m}^3$
 - Indonésia = $27.537 \times 10^6 \text{ m}^3$
-

GN – Transporte – GNL

□ Comércio Mundial de GNL

■ Grande crescimento nos últimos anos:

□ Importação em 2004

■ $179.364 \times 10^6 \text{ m}^3$

□ Importação em 2008

■ $225.650 \times 10^6 \text{ m}^3$

□ Crescimento de 20,51%

□ No ano de 2006, a planta de liquefação no Qatar entra em operação, com capacidade máxima anual de $35.000 \times 10^6 \text{ m}^3$

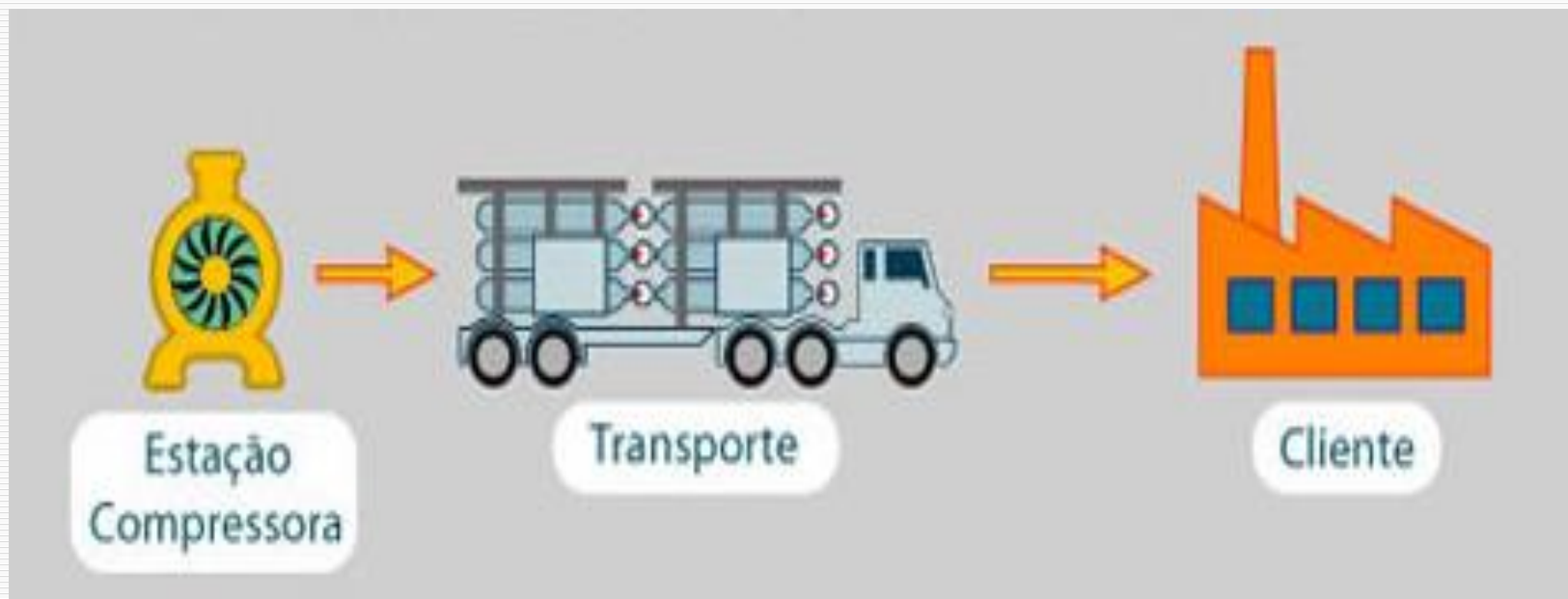
GN – Transporte - GNC

- ❑ O Gás Natural é armazenado em um conjunto de cilindros metálicos através de compressores especiais, a uma pressão de 250 atmosferas;
- ❑ Esse conjunto de cilindros (ou módulo, ou cesta, ou feixe de cilindros) é transportado até os pontos de consumo por meio de caminhões, carretas, balsas ou plataformas ferroviárias;



GN – Transporte - GNC

- A principal vantagem do GNC é a criação de novos mercados consumidores em localidades não servidas por gasodutos, possibilitando a utilização do Gás Natural em substituição a outros combustíveis;



GN – Transporte - GNC

- ❑ Aplicação do GNC como alternativa, utilizando uma rede secundária de distribuição;



Gás Natural – Principais Usos

□ Comercial e Residencial:

- Climatização
 - Aquecimento de água;
 - Refrigeração;
 - Cocção;
 - Geração de Energia Elétrica (CO-Geração);
-

Gás Natural – Principais Usos

☐ Transporte:

- Gás Natural Veicular: este sistema pode ser aplicado em diversos tipos de transporte;

- ☐ Carros de passeio

- ☐ Transporte de passageiros:

- Ônibus de linha;
- Vans;
- Lotações;

- ☐ Transporte de Cargas:

- Caminhões
 - Veículos Urbanos de Carga
-

Gás Natural – Principais Usos

☐ Geração de Energia:

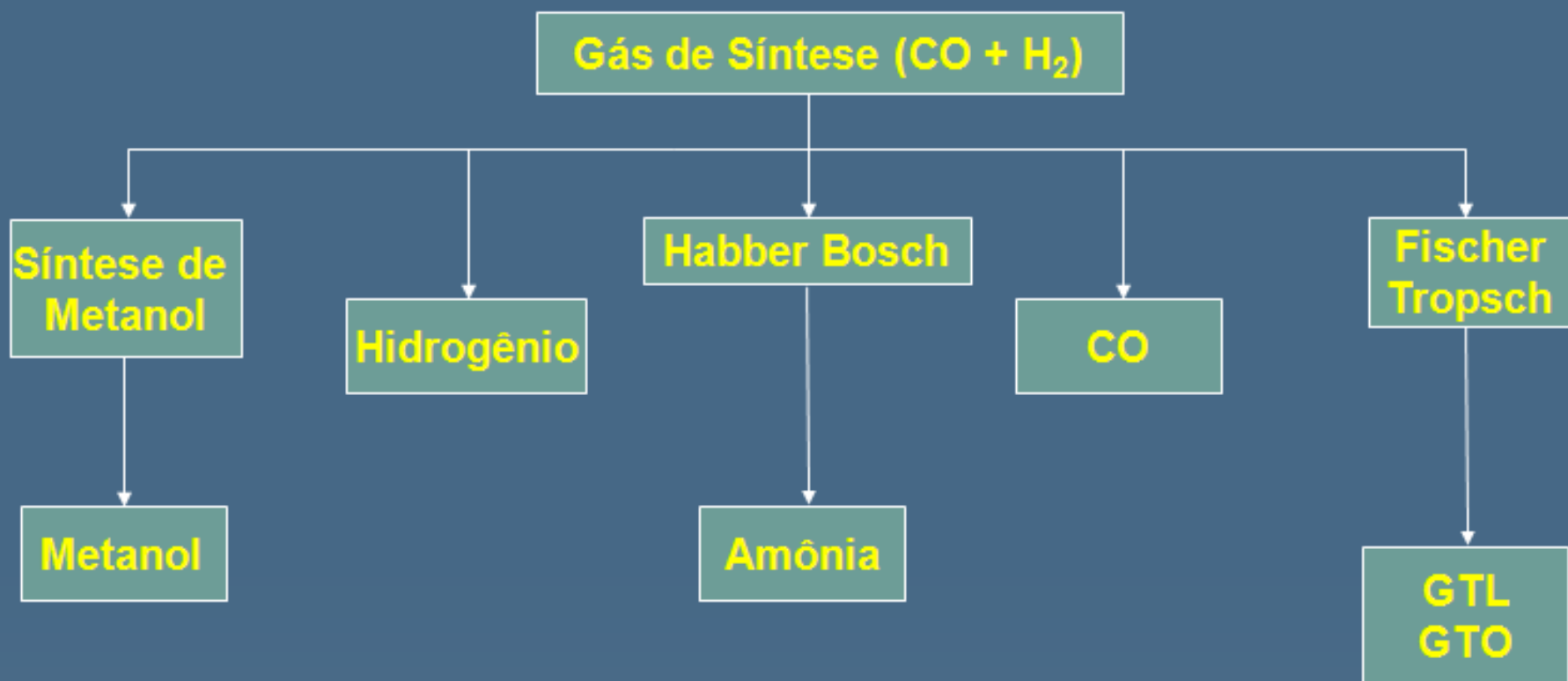
- Turbinas a Gás;
 - Motores a Gás;
 - Caldeiras e Turbinas a Vapor;
 - Célula Combustível;
 - Termoelétricas:
 - ☐ Ciclo Simples
 - ☐ Ciclo Combinado
 - Plantas de Co-geração
-

Gás Natural – Principais Usos

☐ Industrial

- Aquecimento e Tratamento de Processos:
 - ☐ Indústria de Cerâmica Branca;
- Siderurgia:
 - ☐ Fornos;
- Indústria de Processos:
 - ☐ Produção de Vapor;
 - ☐ Insumo industrial;
- Energia:
 - ☐ Planta de Cogeração;

Gás Natural – Matéria Prima



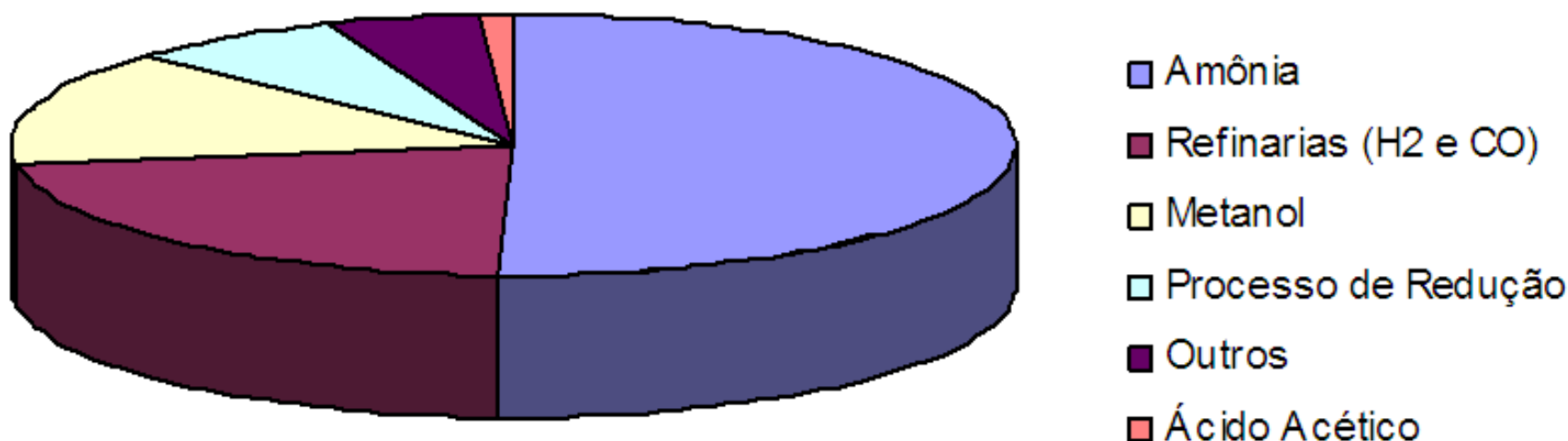
Fonte: GEROSA, 2007

Gás Natural – Rota Química

□ Produção do Gás de Síntese:

- Tecnologia amplamente dominada;
- Intermediário para vários produtos;

Principais Aplicações – Gás de Síntese



Gás Natural – Rota Química

☐ Processos de produção de gás de síntese:

■ Tecnologias e Rotas Existentes:

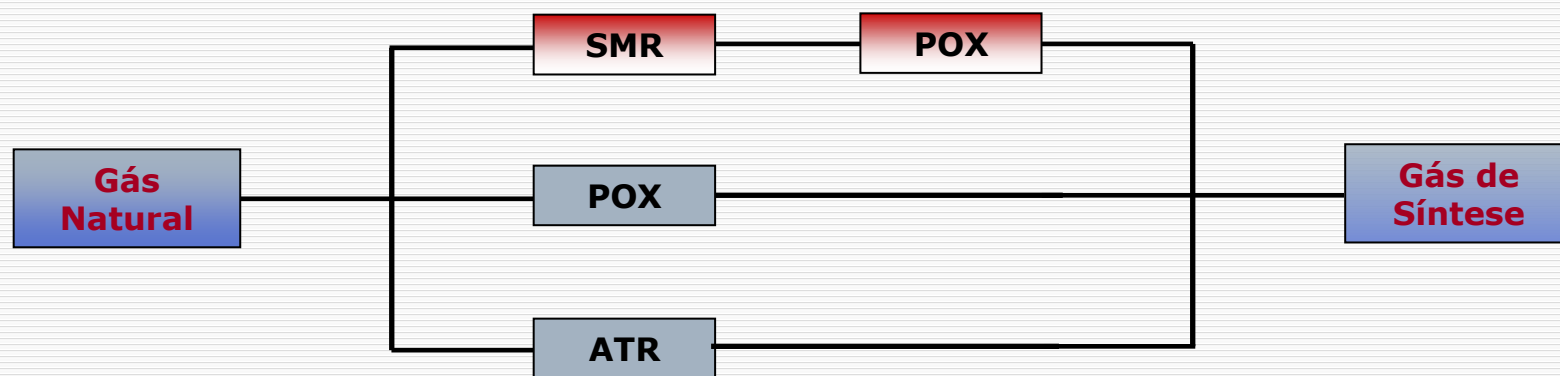
■ Reforma a vapor do metano (SMR);

■ Oxidação parcial do metano (POX):

☐ Catalítico e não-catalítico;

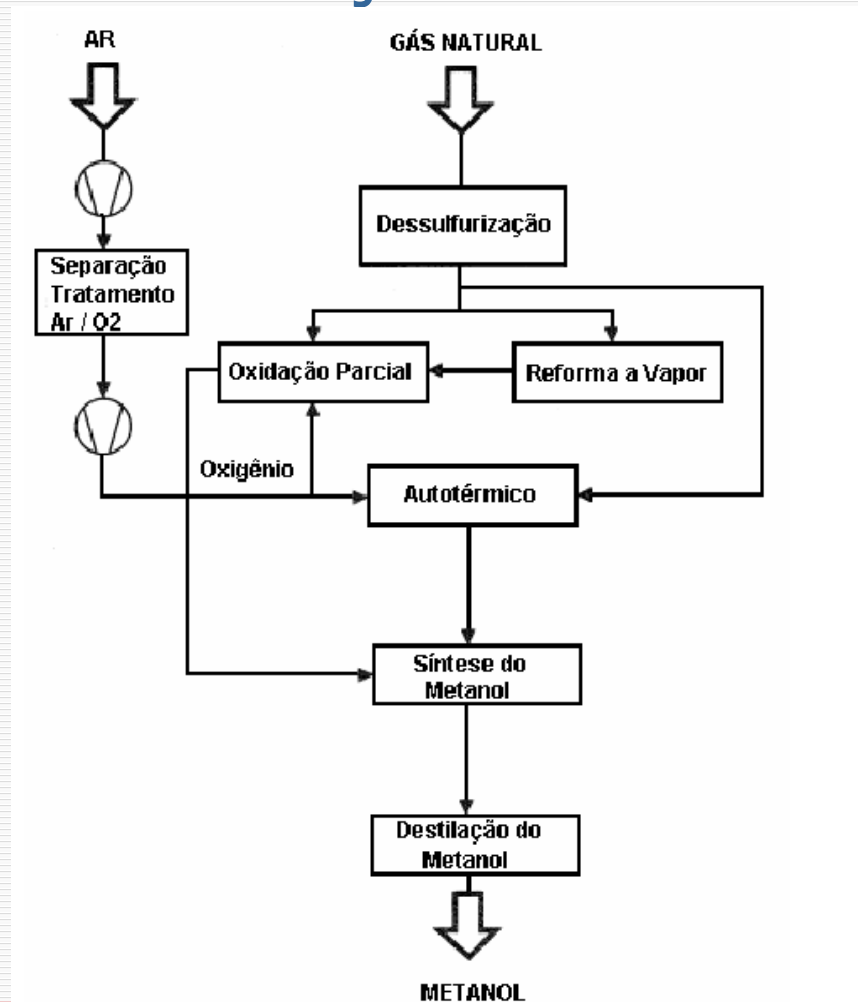
■ Reforma autotérmica (ATR):

☐ Combinação do POX com SMR;



Gás Natural – Rota Química

□ Processo de Produção do Metanol:



Gás Natural – Rota Química

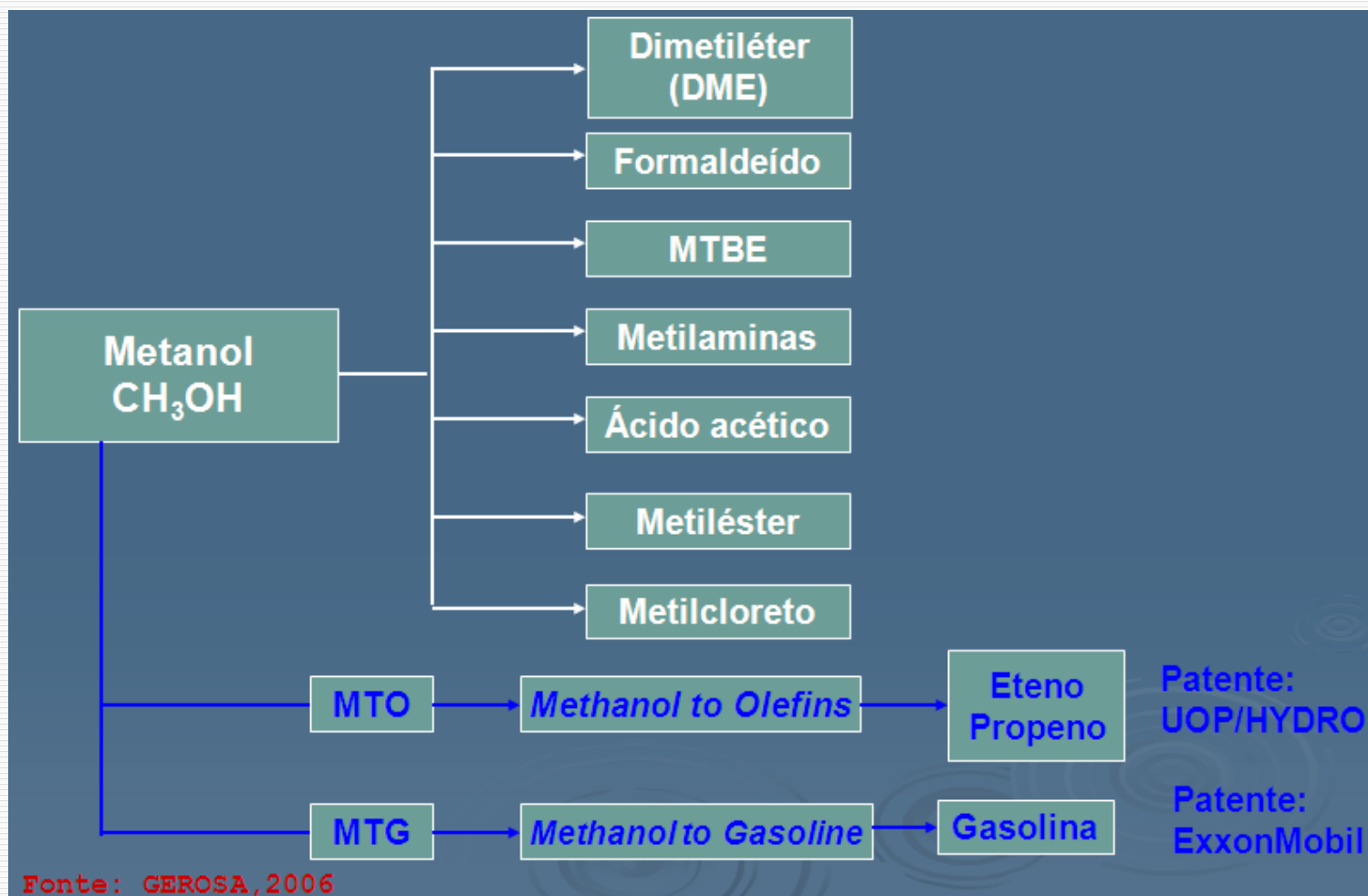
□ Processo de produção do metanol:

■ Comparativo de Tecnologias

Desenvolvedor e comparativo técnico	Capacidade (tonelada/dia)	Processo Base	Consumo (Gcal/ton)	Consumo de GN 1 m ³ metanol
Haldor Topsoe A/S	3.000	SMR	7,0 - 7,2	896,0 - 921,10
Lurgi AG	10.000	ATR	7,16	916,4
Toyo	5.000	SMR	7,16	916,4
UhdE GMB	1.250	SMR	7,0 - 8,0	896,0 - 1023,4

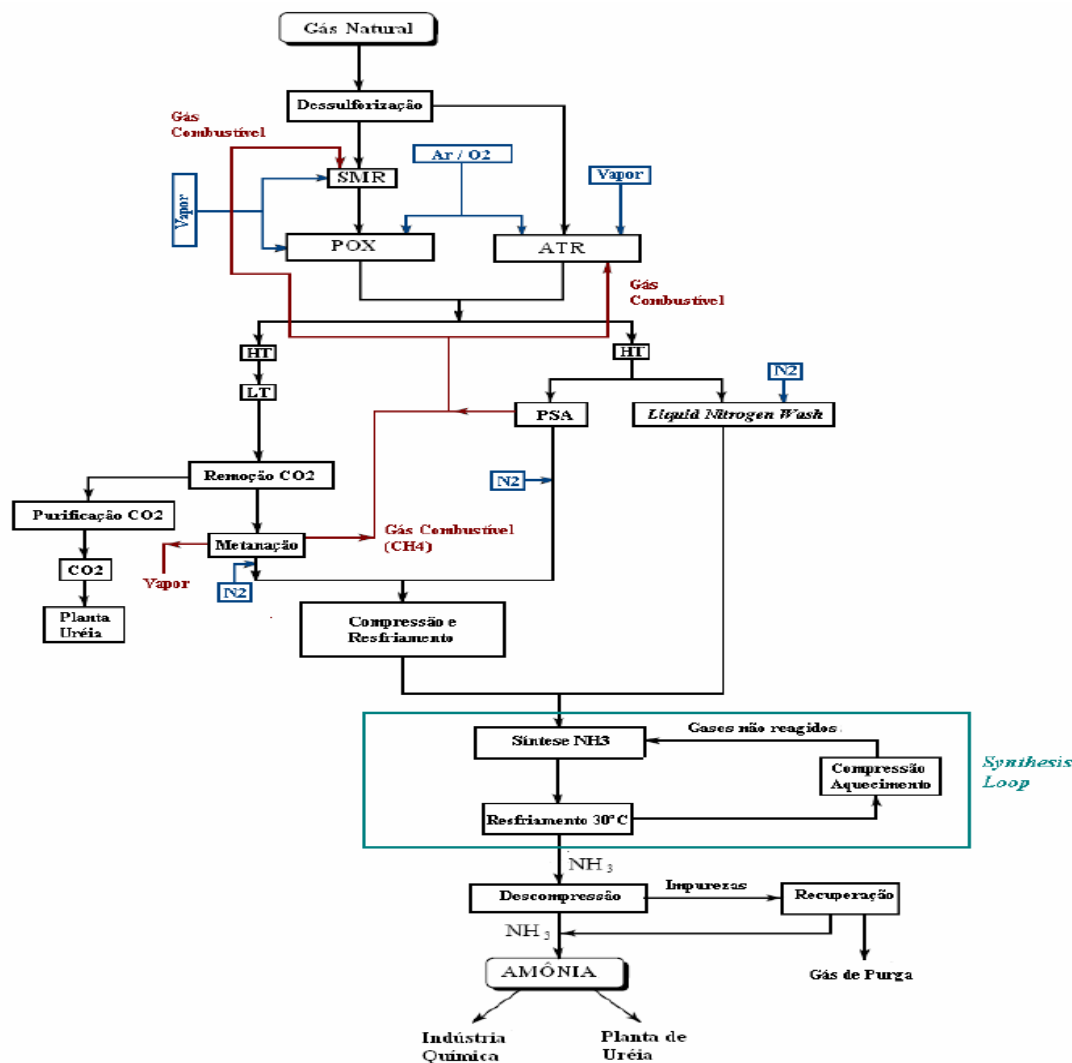
Gás Natural – Rota Química

□ Rota da Produção de Derivados de Metanol



Gás Natural – Rota Química

Produção de Amônia



Gás Natural – Rota Química

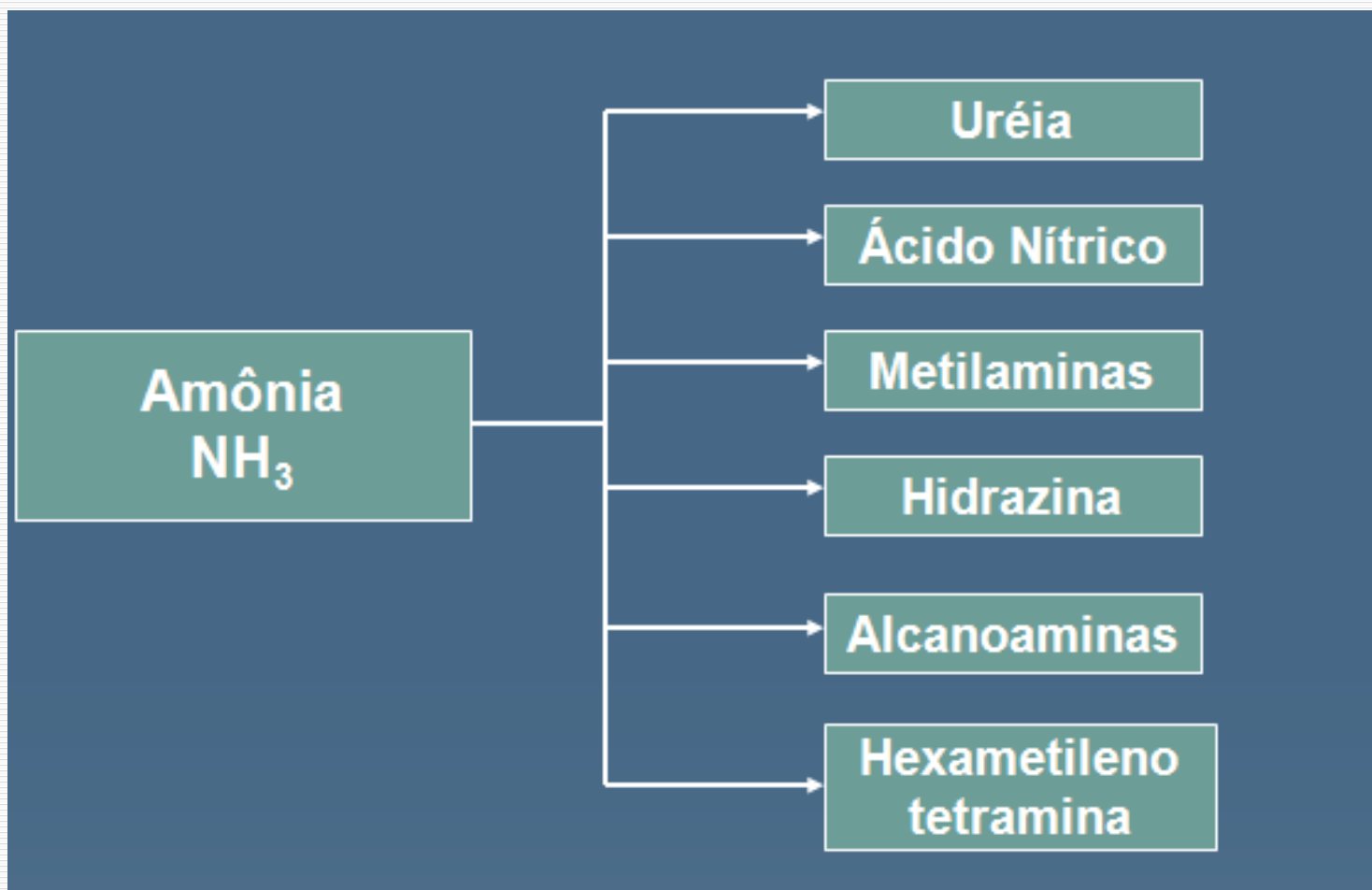
□ Processo de produção da amônia:

■ Comparativo de Tecnologias

Desenvolvedor e comparativo técnico	Capacidade (tonelada/dia)	Consumo (Gcal/ton)	Consumo de GN 1 m ³ amônia
Linde AG	1.350	6,7 - 7,2	0,78 - 0,84
UhdE GMB	10.000	7	0,82

Gás Natural – Rota Química

□ Derivados da Amônia



Gás Natural – Rota Química

☐ Produção de Hidrogênio:

- Obtenção direta a partir do gás de síntese;
 - Processos de Purificação:
 - ☐ *PSA – Pressure Swing Adsorption;*
 - Grau de pureza máximo: 99,999%;
 - Principais aplicações:
 - ☐ Síntese Amônia;
 - ☐ Refinarias – Hidrotratamento;
 - ☐ Gases Industriais;
 - Diversos setores: alimentícia, farmacêutica entre outras;
 - ☐ Célula Combustível;
-

Gás Natural – Rota Química

- Produção de Gas-To-Liquids (GTL);
 - Visa a obtenção de combustíveis sintéticos a partir do gás de síntese;
 - Processo:
 - Fischer-Tropsch
 - Principais Produtos:
 - **Diesel**;
 - Nafta;
 - Óleo Combustível
 - GLP
 - Lubrificantes;
-

Gás Natural – Rota Química

□ Principais plantas de GTL em operação:

□ Shell:

■ Bintulu/Malásia;

- 12.500 bl/dia de produtos GTL;

□ PetroSA (Mossgas):

■ Mossel Bay/África do Sul;

- 22.500 bl/dia de produtos GTL;

□ Oryx GTL – Sasol e Qatar Petroleum (*Joint Venture*):

■ Ras Laffan – Qatar;

- 34.000 bl/dia de produtos GTL;
 - 24.000 bl/dia de diesel GTL;
 - 9.000 bl/dia nafta;
 - 1.000 bl/dia de GLP;
-

Gás Natural – Rota Química



**Shell em
Bintulu –
Malásia**

12.500 barris



**PetroSA em
Mossel Bay -
África do Sul**

30.000 barris

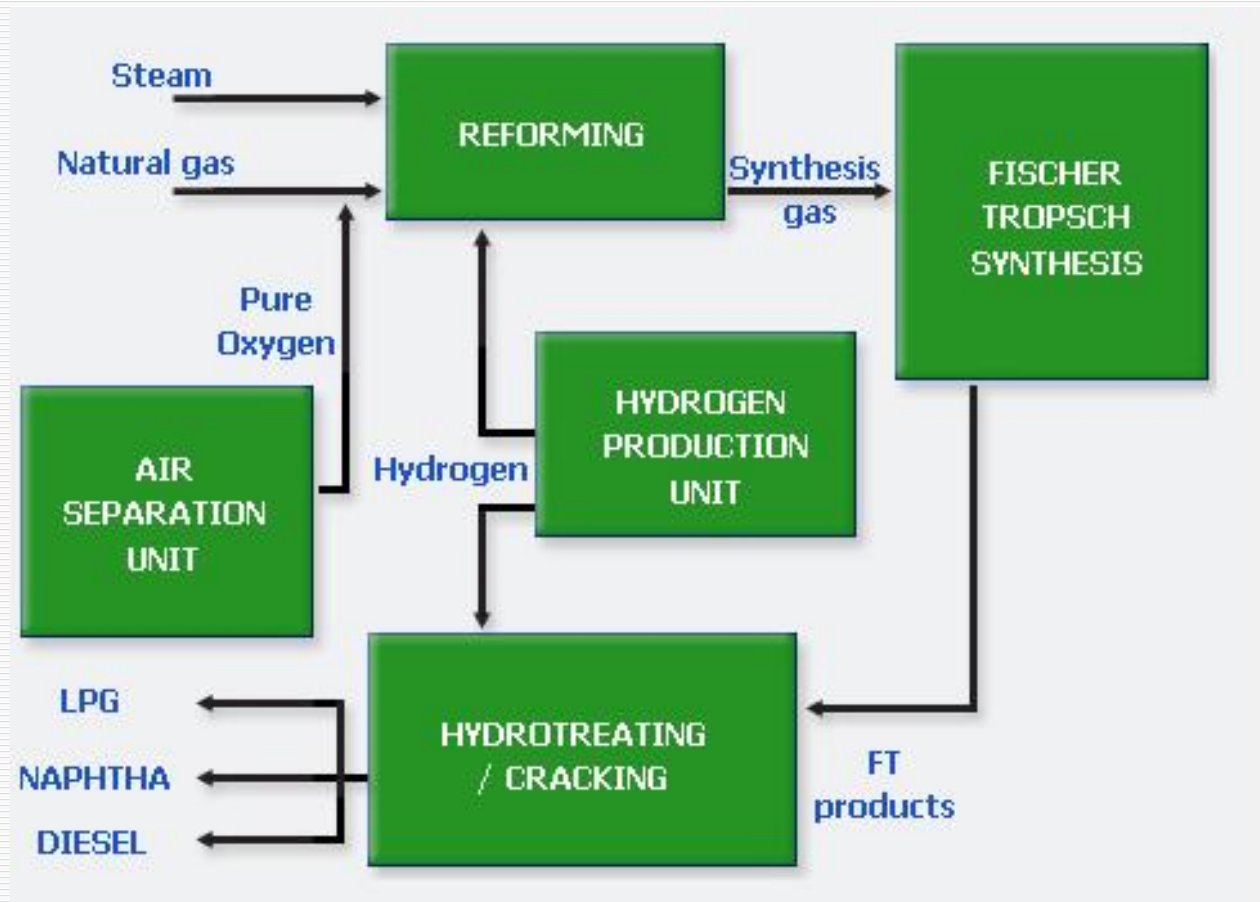
**Sasol/ExxonMobi
I/Qatar Oil em
Ras Laffan –
Catar**

34.000 barris



Gás Natural – Rota Química - GTL

□ O Processo GTL



275m³ Gás Natural = 1 barril produto GTL

Gás Natural – Rota Química

□ Etapas do Processo GTL

- **Gás Natural:** 96% do volume é utilizado como insumo e o restante como combustível;
 - ***Air Separation Unit:*** através de processos físicos e químicos separa o O₂ presente no ar atmosférico;
 - ***Reforma:*** consiste em algumas etapas como a dessulfurização do GN, pré-reforma. A obtenção do gás de síntese termina no reformador ATR.
-

Gás Natural – Rota Química

□ Etapas do Processo GTL

■ Etapas do Fischer-Tropsch:

- o pré-aquecimento do gás de síntese;
 - reação deste gás sob presença de catalisador, a baixas temperaturas (200-300C);
 - formação do *syncrude* + gas residual (*tail gas*);
 - processos físicos e químicos há a separação em parafínicos, água, gás residual e condensados;
 - Parafínicos + Condensados: enviados a uma unidade de hidrotratamento;
 - Gás residual: enviado a unidade de reforma de HC.
-

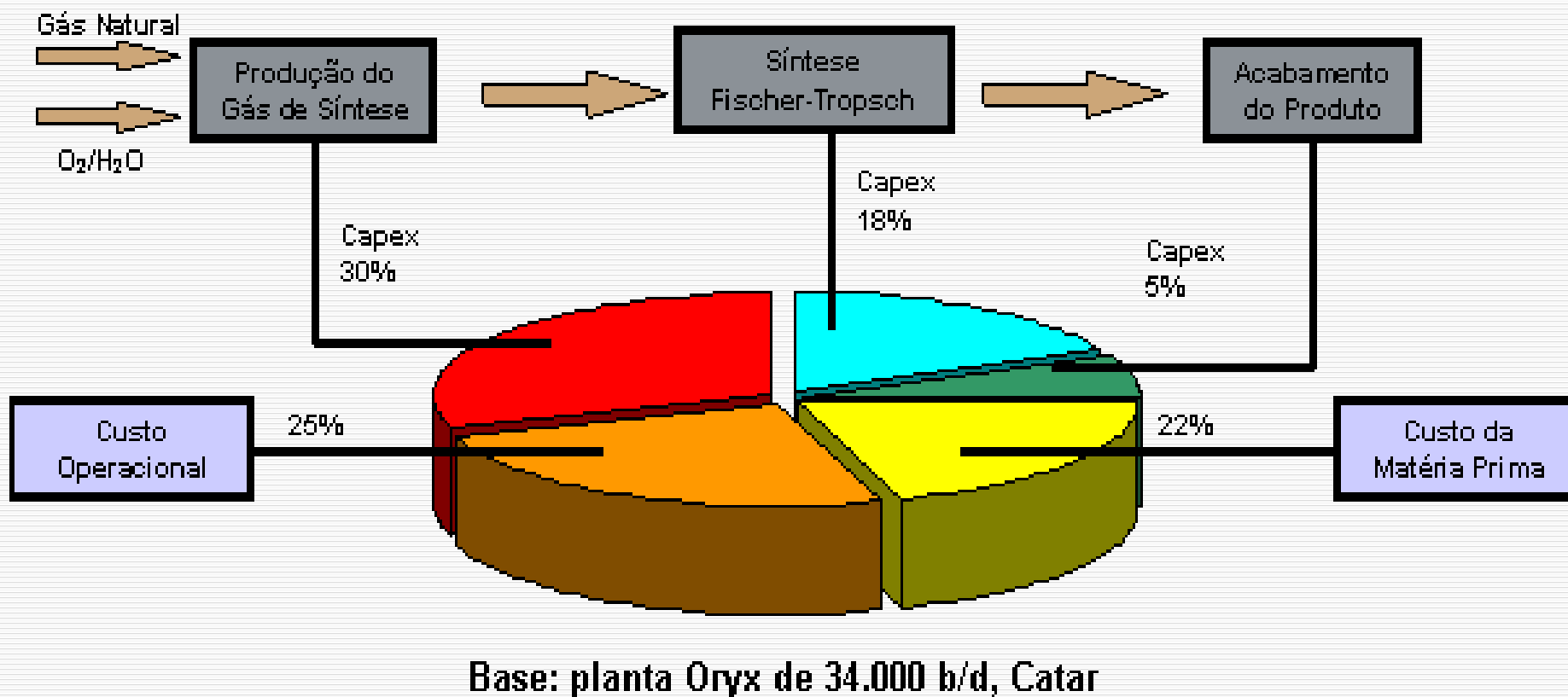
Gás Natural – Rota Química

☐ Características do Diesel GTL:

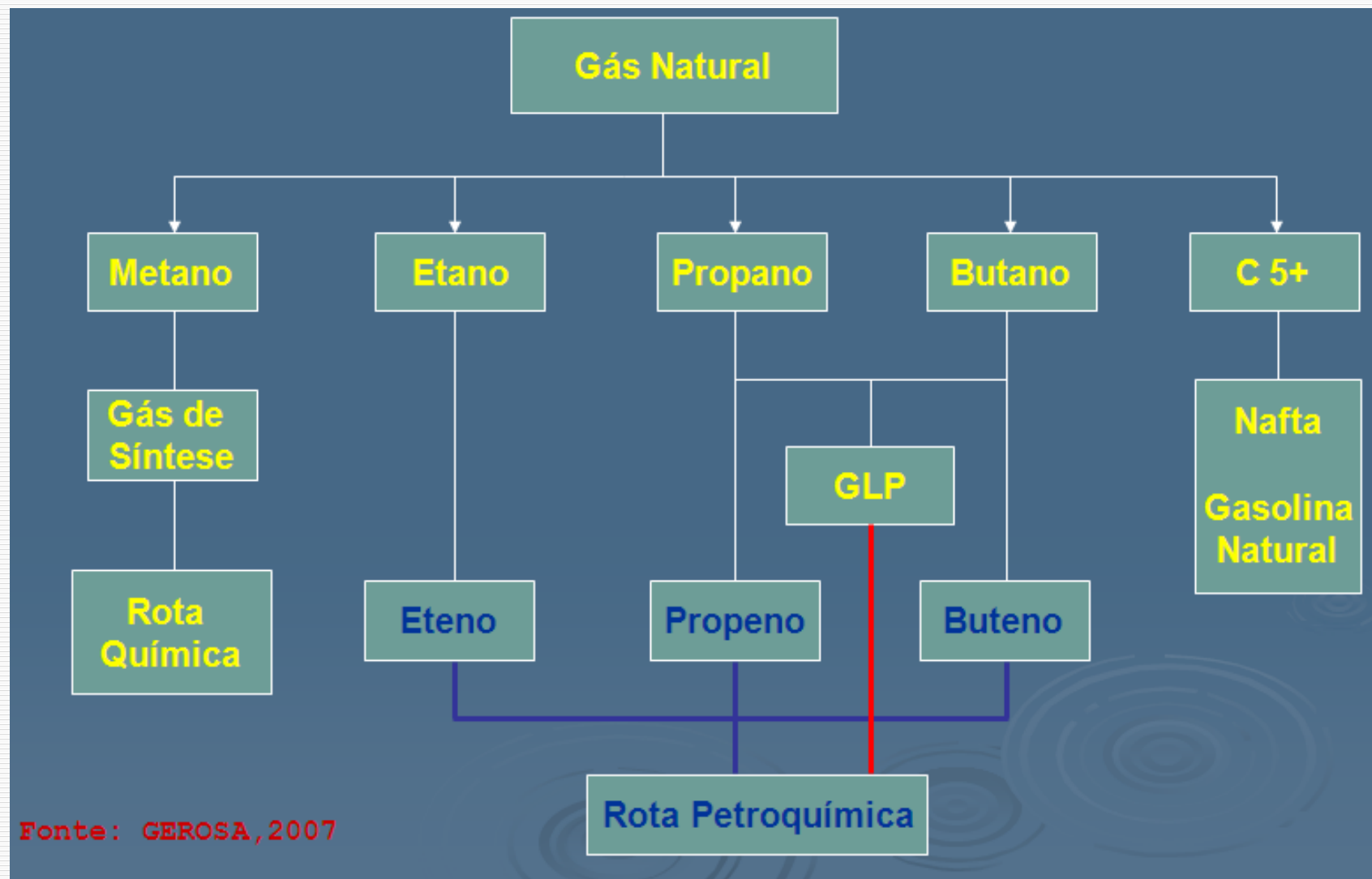
- Índice de Cetano elevado (acima de 70 - diesel convencional entre 48 e 50)
 - Baixíssima emissão de enxofre (< 1 ppm)
 - Baixíssima emissão de aromáticos (< 1% em volume)
 - Baixo ponto de névoa (-10C)
 - Baixas emissões (comparadas com o diesel médio americano, baseado em estudo do Southwest Research Institute):
 - ☐ 8% menos NO_x;
 - ☐ 30% menos particulados;
 - ☐ 38% menos HC;
 - ☐ 46% menos CO;
-

Gás Natural – Rota Química

□ Divisão de Investimentos da Rota GTL;



Gás Natural – Rota Petroquímica



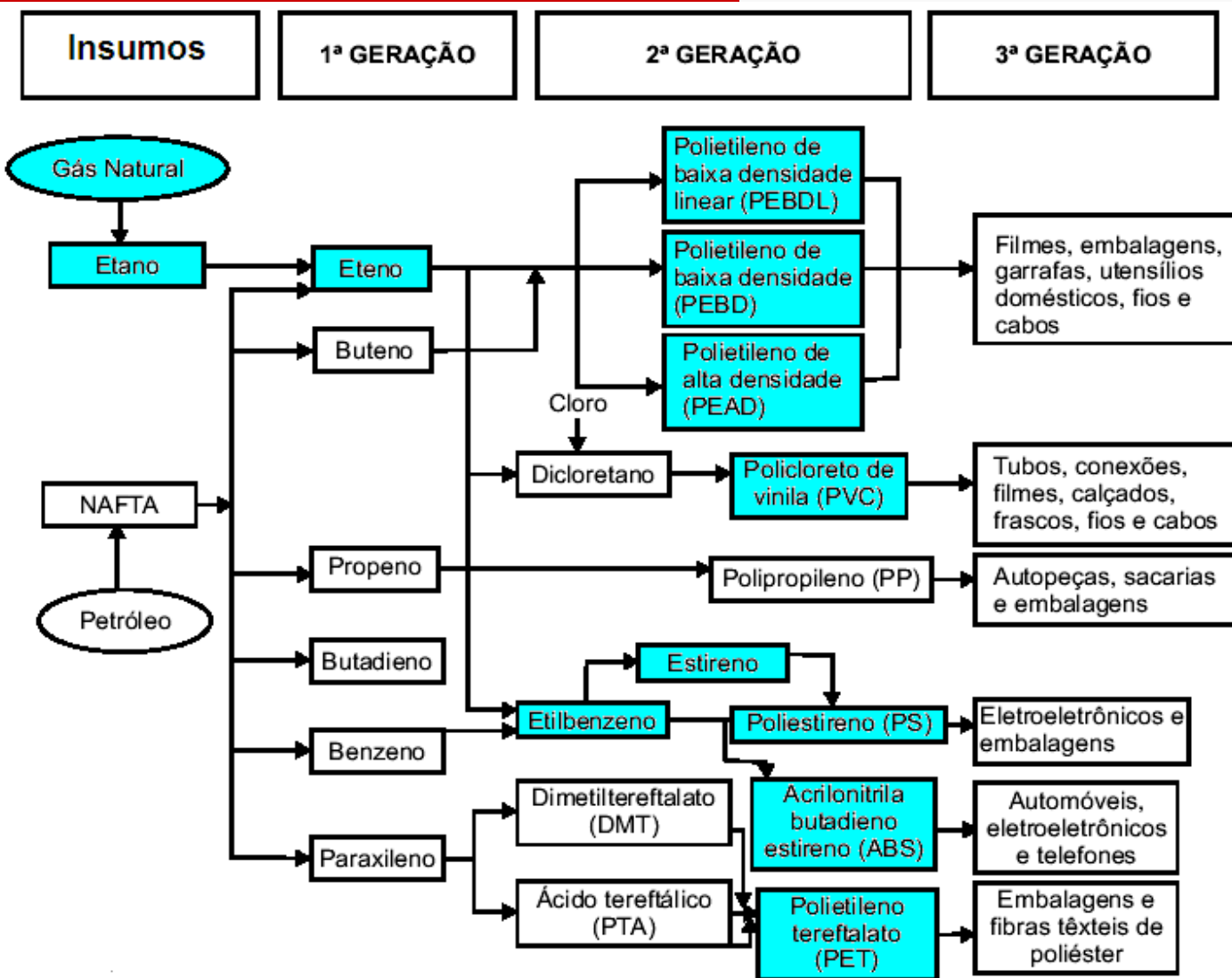
Fonte: GEROSA, 2007

Gás Natural – Rota Petroquímica

- Comparação entre os processos mais utilizados para a produção de eteno a partir do etano:

<i>Insumo</i>	Rendimento da Conversão			Consumo Energético (Kcal/kg)		
	ABB Lummus	KBR	Linde AG	ABB Lummus	KBR	Linde AG
Etano	-	84%	83%	3.300	-	3.800
Nafta	-	38%	35%	5.000	-	5.400
Gasoleo	-	32%	25%	-	-	6.000
GLP	-	-	45%	-	-	4.600

Gás Natural – Rota Petroquímica



OBRIGADA!!!

pmatai@usp.br

tatiana.gerosa@gmail.com

www.twitter.com/TatiEnergyNews

Dissertação de Mestrado: "O estudo da utilização do gás natural como insumo para a indústria química e petroquímica: modelagem de uma planta gás-química"

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-18072>
