



IBP1823\_06

## LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FORMAS DE ESTOCAGEM SUBTERRÂNEA DE GÁS NATURAL NO MUNDO

Mário Jorge F. Confort<sup>1</sup>, Berenice D. Maculan<sup>2</sup>, Cheila G. Mothé<sup>3</sup>

### Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

### Resumo

A estocagem subterrânea de gás natural tem sido empregada em diversos países para equilibrar, eficientemente, a oferta e a demanda de um mercado que variam conforme a época do ano e, de forma ainda mais significativa, em regiões de clima frio onde a sazonalidade da necessidade de gás é marcante. A estocagem é usada, principalmente na América do Norte e na Europa, para garantir, igualmente, a segurança do suprimento. É possível armazenar o energético de diversas formas, sendo que as mais utilizadas, mundialmente, são: reservatórios depletados ou exauridos de petróleo ou gás natural, cavidades ou cavernas salinas, aquíferos e minas desativadas. A escolha do tipo de estocagem mais adequado dependerá tanto das estruturas geológicas disponíveis como do próprio objetivo do armazenamento: manter grandes volumes estocados ou garantir alta taxa de entrega em casos de picos de demanda. O presente trabalho tem, como objetivo, realizar um levantamento das diferentes formas de armazenamento empregadas nos principais países onde existe grande número de instalações ou grandes volumes de gás natural estocados, de forma a procurar estabelecer relações entre elas e as características dessas nações em relação à produção ou consumo do energético.

### Abstract

Underground natural gas storage has been in use in several countries in order to meet, efficiently, seasonal fluctuations in demand, which changes, even more significantly, in cold nations. In North America and Europe, it is also employed to assure gas supply. Natural gas can be storage in different ways: depleted oil and gas fields, salt caves, aquifers and deactivated mines. The choice of the most suitable type of storage will depend on the available geological structures as well as its purposes: store great volumes or assure high deliverability rates, in case of peak demands. This work aims to make a survey on the different ways of storage used in countries where there are great volumes of natural gas stored underground or many storage facilities operating and, in addition to that, try to establish relations among them and the characteristics of those nations as producers or consumers of the fuel.

### 1. Introdução

A estocagem subterrânea ou estocagem geológica é um eficiente processo que visa adequar o constante suprimento de gás natural, geralmente proveniente de grandes dutos, às demandas variáveis dos mercados, as quais dependem de fatores diversos tais como o clima, a estação do ano e as vantagens econômicas que podem ser auferidas ao se controlar o volume de gás ofertado (TEK, 1996).

Uma instalação de estocagem subterrânea visa suprir picos incomuns de demanda, muito frequentes em estações mais frias de países de clima temperado, e garantir o fornecimento em casos de interrupção do suprimento

<sup>1</sup> Engenheiro Químico – ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e EQ – Escola de Química – da UFRJ.

<sup>2</sup> Engenheira Química – ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

<sup>3</sup> Engenheira Química, DSc. – EQ – Escola de Química da UFRJ.

provocadas por problemas técnicos ou fatores políticos. Esses objetivos variam de acordo com o país, suas características climáticas e, também, de acordo com a produção, reservas e consumo nacionais do energético.

Embora inexistente no Brasil, o uso da estocagem subterrânea no mundo é tão antigo quanto o desenvolvimento dos grandes gasodutos. Em 1915, foi realizado, com sucesso, o primeiro armazenamento subterrâneo de gás natural em Welland County, no Canadá. Logo em seguida, em 1916, os Estados Unidos construíram sua primeira instalação para estocagem geológica de gás natural. Desde então, o número de instalações tem se multiplicado pelo mundo, chegando a cerca de 630 em 2001.

## 2. Tipos de Estocagem Subterrânea de Gás Natural

A estocagem subterrânea de gás natural tem sido desenvolvida, principalmente, em três tipos de estruturas geológicas: campos depletados ou exauridos de óleo ou gás natural, aquíferos e cavidades em domos salinos. Cada uma dessas estruturas possui características físicas e econômicas próprias tais como porosidade, permeabilidade, capacidade de retenção (físicas), custos de instalação e manutenção do sítio, taxas de retirada (*deliverability*) e capacidade de realização de ciclos (armazenar/injetar e retirar o gás). E são estas características que guiam a sustentabilidade dessas instalações, bem como sua finalidade: atender demandas sazonais ou picos de emergência. Os critérios operacional e comercial que devem ser sempre considerados são: a capacidade de armazenamento (tempo e volume) e a taxa de entrega/ taxa de retirada (fluxo: volume/tempo). Além disso, esses diversos tipos de instalações possuem diferentes capacidades de armazenamento total de gás e gás de trabalho (*working gas*, que corresponde ao volume armazenado que pode ser efetivamente movimentado) e diferentes necessidades de gás de colchão (*cushion gas*, que é o volume de gás que não pode ser recuperado e que serve para manter a pressão no reservatório) (TEK, 1996).

O armazenamento em campos depletados é a forma mais simples e comum de estocagem geológica. Consiste-se de um reservatório que já produziu petróleo ou gás, formado por estruturas rochosas permeáveis e porosas confinadas por rochas selantes de baixa permeabilidade e/ou água. Este tipo de estocagem é o mais fácil de ser implementado, uma vez que já se tem um acervo de conhecimento geológico significativo proveniente das investigações sísmicas realizadas nas etapas de exploração e produção do campo. No entanto, nem todo reservatório depletado pode vir a ser utilizado para estocagem de gás. Novas análises sísmicas são necessárias, uma vez que a estocagem requer alta permeabilidade, já que as taxas de retirada de gás são bem maiores que as anteriormente praticadas durante a produção. Existem estocagens em campos depletados tanto próximas a áreas produtoras como a regiões consumidoras (TIRATSOO, 1972).

Aquíferos são estruturas utilizadas quando não existem campos depletados de óleo ou gás disponíveis, uma vez que é mais custoso desenvolvê-las e mantê-las para a estocagem. São geralmente preteridos, pois sua estrutura geológica, capa selante, porosidade e permeabilidade não são conhecidas a priori, além de ser necessário construir toda a instalação, ou seja, poços, compressores etc., equipamentos estes que, em campos depletados, podem ser reaproveitados da fase de produção. Aquíferos têm sido desenvolvidos em áreas próximas aos mercados consumidores.

O desenvolvimento de uma caverna ou domo salino para estocagem de gás é o mais caro, se comparado ao custo de preparo de um campo depletado ou aquífero. Sua operação e manutenção, no entanto, são mais fáceis, dentre as três estruturas consideradas. Estas instalações de estocagem caracterizam-se por sua alta taxa de entrega e o grande número de ciclos que podem realizar por ano, além de serem extremamente importantes para suprir picos diários de demanda.

Existem ainda outros tipos de estruturas utilizadas para armazenamento subterrâneo de gás natural, como cavernas rochosas e minas desativadas. No entanto, sua utilização ainda é pouco significativa e, portanto, não serão consideradas no escopo do presente trabalho.

## 3. A Estocagem Subterrânea de Gás Natural no Mundo

A América do Norte e a Europa foram os continentes onde a estocagem subterrânea surgiu e mais se desenvolveu no mundo. Não é surpreendente, portanto, que tais regiões abriguem, atualmente, a quase totalidade das instalações de armazenamento existentes.

As Tabelas 1 e 2, a seguir, adaptadas de (TIRATSOO, 1972) e (CEDIGAZ, 2000) apresentam a distribuição da quantidade e dos tipos de instalações de armazenamento existentes no mundo em 1969 e em 1999. Em ambas as épocas, os EUA figuram como o país com a maior quantidade de instalações em operação no mundo.

Devido ao baixo custo de implementação, maior disponibilidade de dados sísmicos e maior rapidez de instalação, nos dois períodos considerados, predominam as estocagens subterrâneas realizadas em campos depletados,

seguidas pelos aquíferos e cavidades salinas. Como será visto adiante, muitas vezes esta distribuição se repete quando são consideradas, isoladamente, determinadas regiões do globo ou países.

Nota-se que, tanto em 1969 como em 1999, embora sua participação tenha diminuído devido à utilização mais intensa do armazenamento em cavidades salinas, os campos depletados foram predominantes, perfazendo, respectivamente, 82,6% e 77,1% do total. Instalações em cavidades salinas cresceram, em número, no mesmo período, de 1,4% para 9,8% do total enquanto que a participação dos aquíferos caiu de 16,0% para 12,5%.

Tabela 1. Tipos de estocagem subterrânea de gás natural no mundo em 1969

País	Campos Depletados	Aquíferos	Cavidades Salinas	Total
EUA	275	43	1	319
Canadá	12	-	3	15
Áustria	1	-	-	1
Grã-Bretanha	-	-	1	1
Checoslováquia	-	1	-	1
França	-	4	-	4
Alemanha	-	6	-	6
Itália	4	-	-	4
Polônia	2	-	-	2
Romênia	1	-	-	1
Ex-URSS	4	4	-	8
<b>Total</b>	<b>299</b>	<b>58</b>	<b>5</b>	<b>362</b>

Fonte: TIRATSOO, 1972.

Tabela 2. Tipos de estocagem subterrânea de gás natural no mundo em 1999

País	Campos Depletados	Aquíferos	Cavidades Salinas	Total
EUA	342	39	29	410
Canadá	32	-	7	39
Áustria	5	-	-	5
Bélgica	-	1	-	1
Dinamarca	-	1	1	2
França	-	12	3	15
Alemanha	13	9	16	38
Itália	9	-	-	9
Holanda	3	-	-	3
Espanha	2	-	-	2
Grã-Bretanha	1	-	1	2
Bulgária	1	-	-	1
Croácia	1	-	-	1
República Checa	3	1	-	4
Hungria	5	-	-	5
Polônia	4	-	1	5
Romênia	4	-	-	4
Eslováquia	1	-	-	1
Ex-URSS	34	12	1	47
Austrália	4	-	-	4
<b>Total</b>	<b>464</b>	<b>75</b>	<b>59</b>	<b>602</b>

Fonte: CEDIGAZ, 2000.

As subseções a seguir apresentam algumas características dos tipos de estocagem subterrânea de gás natural nos principais países onde esta técnica é empregada. Como critério, foram selecionadas nações que possuem grande número de instalações em operação ou grandes volumes armazenados.

### 3.1. Estados Unidos

Além de grande produtor e importador, os EUA possuem o maior mercado de gás do mundo, cujos setores residencial e comercial representam cerca de 36% do total do consumo nacional, o qual apresenta forte sazonalidade na demanda. A infra-estrutura norte-americana de transporte e armazenamento é bem desenvolvida e tem, como

características principais, ampla abertura e alta competitividade. O país se encontra em primeiro lugar, tanto em número de instalações de estocagem operantes como em volume de gás estocado e capacidade de entrega. Em 2003, havia aproximadamente 110 bilhões de m<sup>3</sup> de gás de trabalho estocados em 415 sítios, operados por 110 diferentes agentes econômicos. A Figura 1, cujos dados são de 2000 (AIE, 2001), apresenta a distribuição dos tipos dessas instalações, por quantidade de sítios e por volume de gás de trabalho armazenado. Há predomínio do tipo campos depletados e, conseqüentemente, maior volume armazenado nesta estocagem que, geralmente, também possui, como característica, maior capacidade de armazenamento. A participação dominante dos campos depletados deve-se, também, ao fato de os EUA serem, historicamente, um dos maiores produtores de petróleo e gás, e terem, portanto, boa disponibilidade de reservatórios exauridos. A implementação de grande número de estocagens em aquíferos e cavidades salinas foi resultado, por sua vez, do domínio da técnica de armazenagem e do mercado consumidor forte e bem distribuído no extenso território norte-americano. Em termos de regulação, os EUA se caracterizam pela desvinculação das atividades de transporte/estocagem das de fornecimento de gás (*unbundling*) e pelo livre acesso às instalações (*FERC – Order 636*).

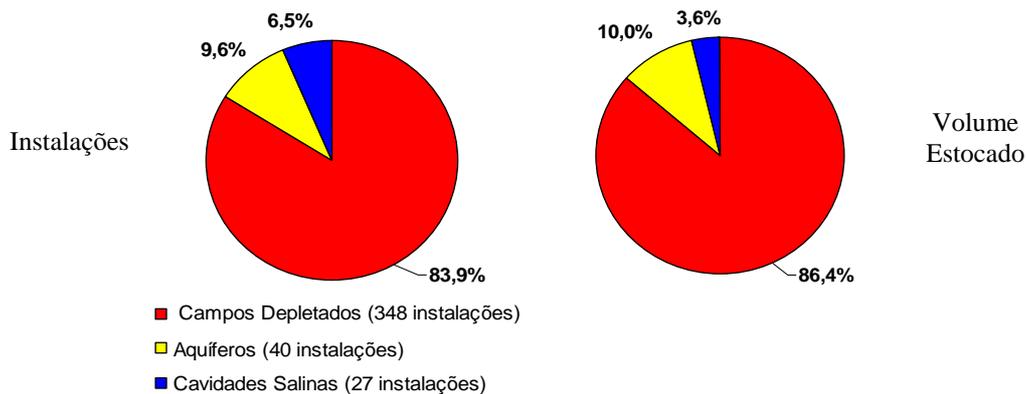


Figura 1. Distribuição dos tipos de estocagem nos EUA, por instalações (esq.) e volume estocado (dir.) em 2000

Fonte: Adaptado de AIE, 2001.

### 3.2. Canadá

A produção de gás no Canadá, concentrada no oeste do país, abastece consumidores no leste de seu território e nos Estados Unidos. Trata-se de um mercado profundamente desregulado, cujo setor residencial, assim como nos EUA, apresenta forte sazonalidade. A demanda cinco vezes maior registrada no inverno levou o país a desenvolver uma robusta infra-estrutura de armazenamento subterrâneo. Em 2000, havia 39 instalações, espalhadas nas regiões de produção (*upstream*) e consumo (*downstream*), sendo 32 delas construídas em campos depletados e 7 em cavidades salinas, conforme a distribuição apresentada pela Figura 2, a seguir. A capacidade estocada (gás de trabalho) do Canadá atingiu, em 2000, cerca de 17,2 bilhões de m<sup>3</sup> (AIE 2001). Como nos EUA, existem diversos operadores das instalações.

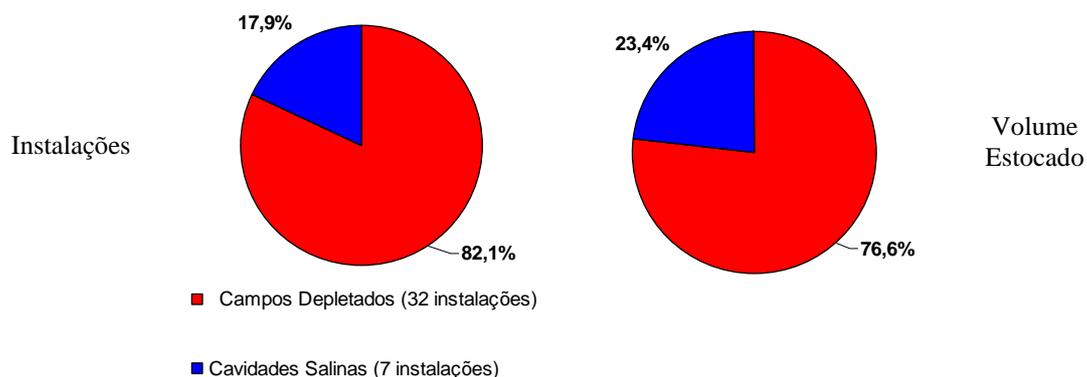


Figura 2. Distribuição dos tipos de estocagem no Canadá, por instalações (esq.) e volume estocado (dir.) em 2000  
Fonte: Adaptado de AIE, 2001.

### 3.3. Alemanha

Devido ao crescimento do consumo residencial de gás natural e à conseqüente necessidade de equilibrar a oferta e a demanda, a capacidade de armazenamento subterrâneo na Alemanha registrou forte crescimento na década de 90. O país apresenta mais gás estocado que qualquer outra nação européia, além de ser o único a possuir número significativo de todos os três tipos de armazenamento. Ao final de 2004, existiam 43 instalações de armazenamento subterrâneo na Alemanha (15 em campos depletados, 8 em aquíferos e 20 em cavernas salinas) estocando cerca de 20,2 bilhões de m<sup>3</sup> de gás de trabalho, além de outras 15 em fase de projeto ou construção. A Figura 3 apresenta a distribuição das instalações e volumes de acordo com o tipo de estocagem empregada (NLFB,2005). Note-se que, embora existam mais armazenagens em cavidades salinas, há maior volume estocado em campos depletados, uma vez que estes últimos, caracteristicamente, possuem maior capacidade e menor potencial de taxa de entrega.

O objetivo da estocagem subterrânea na Alemanha nunca foi, oficialmente, declarado como estratégico e, além disso, pode ser dividido em dois tipos: grandes volumes para realizar ajustes sazonais, geralmente controlados por companhias supra-regionais, e estocagens para atendimento a picos diários de demanda, geralmente operadas por companhias de atuação local. O acesso a estes sítios é estabelecido por acordos livremente negociados entre as partes interessadas e, em caso de conflitos em relação a tarifas ou condições de acesso, a disputa é levada à autoridade federal antitruste (*Bundeskartellamt*). Como nos EUA e Canadá, os armazenamentos na Alemanha também são mantidos por diversos operadores.

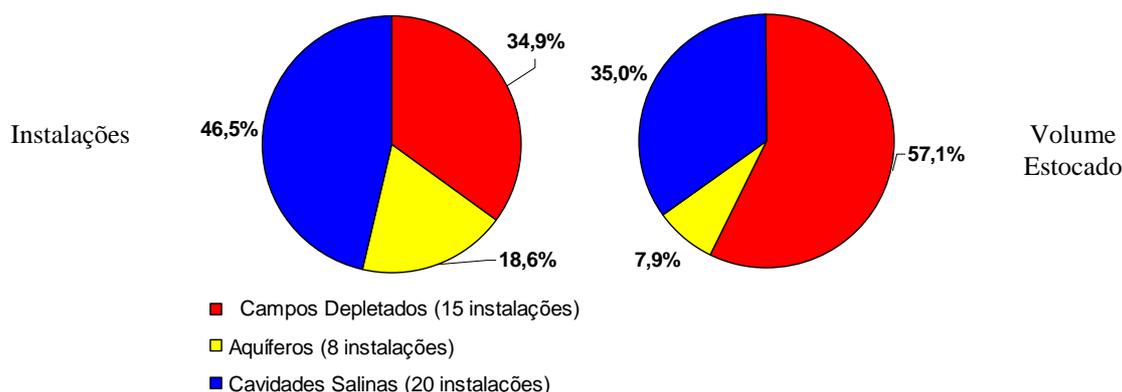


Figura 3. Distribuição dos tipos de estocagem na Alemanha, por instalações (esq.) e volume estocado (dir.) em 2004  
Fonte: Adaptado de NLFB, 2005.

### 3.4. França

Assim como os outros países vistos até aqui, a França apresenta forte sazonalidade na demanda pelo energético. O país confia fortemente, portanto, em sua capacidade de estocagem para atender tanto a flutuações sazonais como para suprir picos diários de demanda. Em 2004, predominavam as estocagens em aquíferos, com 12 instalações, e 3 estruturas construídas em cavidades salinas, totalizando 15 armazenamentos subterrâneos em território francês. Como as estocagens em cavidades salinas são limitadas, cabe aos aquíferos a função de balanço entre a oferta e a demanda. A Figura 4 apresenta a distribuição, por tipo de estocagem, das instalações em 2004 (GDF, 2004) e do volume de gás de trabalho estocado em 2000 (AIE, 2001). Vale ressaltar que o número de instalações não mudou durante este período e que, em 2000, a França estocava 10,49 bilhões de m<sup>3</sup> em seus sítios.

O alto investimento do país no desenvolvimento de custosas armazenagens em aquíferos é resultado, também, de sua forte dependência em relação às importações de gás, que chegaram a perfazer, em 2000, cerca de 97% do total de volume consumido. Portanto, soma-se à sazonalidade, o forte caráter estratégico do armazenamento francês.

Diferentemente dos EUA, Canadá e Alemanha, apenas dois agentes operam as estocagens na França: a Gaz de France (GDF) e a Total Infrastructures Gaz de France (TIGF). No entanto, a Lei nº 03, votada pelo Senado, em agosto de 2004, provê acesso negociado para terceiros, cujas taxas e condições gerais são negociadas entre os operadores e consumidores (AFG,2004).

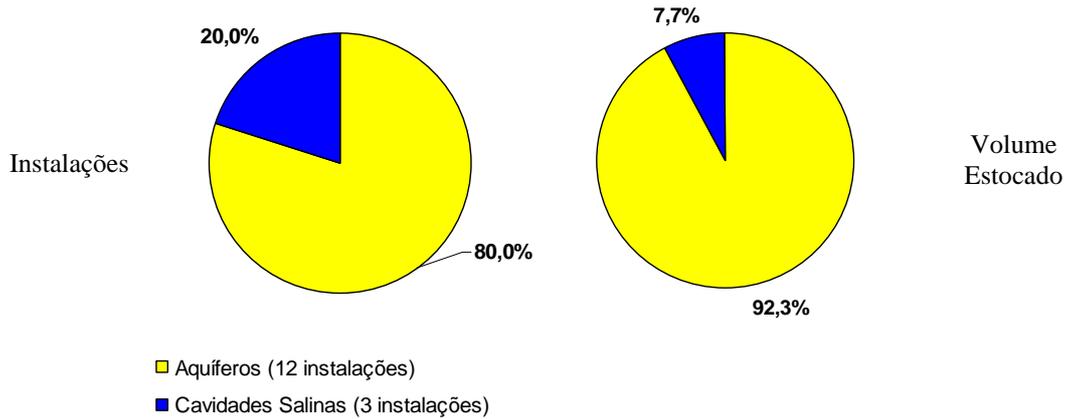


Figura 4. Distribuição dos tipos de estocagem na França, por instalações, 2004 (esq.) e volume estocado, 2000 (dir.)  
 Fonte: Adaptado de GDF, 2004 e AIE, 2001.

### 3.5. Itália

A Itália também possui um mercado de gás natural bem desenvolvido, com a forte participação de 35 % dos setores comercial e residencial. As variações sazonais nas vendas são extremamente amplas, das quais 62% se concentram nos meses mais frios, levando o país a depender fortemente de estoques do energético para equilibrar as flutuações na demanda do energético.

A Itália possuía em 2005, 10 armazenamentos subterrâneos, todos em campos depletados de óleo e gás, concentrados no nordeste do país. Este número não se alterou desde 2000, quando, nos mesmos 10 sítios, eram estocados 12,7 bilhões de m<sup>3</sup> de gás (STOGIT, 2005, EDISON, 2005, AIE, 2001). Por possuir estocagem somente em campos depletados, não foi necessário elaborar gráficos de distribuição para o caso italiano.

Em 1996, foi instituído, pelo decreto legislativo nº 625, o acesso negociado às instalações de estocagem e, em 2000, as atividades de armazenamento subterrâneo foram separadas de outras integrantes da cadeia de mercado do gás natural pelo decreto legislativo nº 164 (*unbundling*). No entanto, somente duas empresas operavam essas instalações em 2005: a Stocaggio Gas Italia SpA (Stogit), pertencente ao grupo ENI, e a Edison SpA. De acordo com o relatório da AEEG de 2005, os processos de concessão de novas estocagens em 2004 incluíam armazenamentos inclusive em aquíferos. No entanto, nenhuma delas foi ainda implementada (AEEG,2005).

### 3.6. Rússia e Ucrânia

Embora não apresentem um número tão expressivo de instalações como os EUA, estes países da Ex-União Soviética possuem grandes volumes de gás de trabalho estocados, colocando a Rússia e a Ucrânia em 2º e 3º lugar, respectivamente, no ranking mundial em capacidade de armazenamento, atrás apenas dos norte americanos. Em ambos, é forte a presença da estatal russa Gazprom.

A Rússia possuía, em 2001, 22 instalações de armazenamento, sendo 16 em campos depletados e 6 em aquíferos, que encerravam 73 bilhões de m<sup>3</sup> de gás de trabalho. A Ucrânia, por sua vez, possuía 13 instalações armazenando, aproximadamente, 36 bilhões de m<sup>3</sup>, sendo 11 em campos depletados e 2 em aquíferos. (GAZPROM 2005, CEDIGAZ 2000, IGU 2003). A figura 5, a seguir, apresenta a distribuição percentual dos tipos de estocagem na Rússia e na Ucrânia.

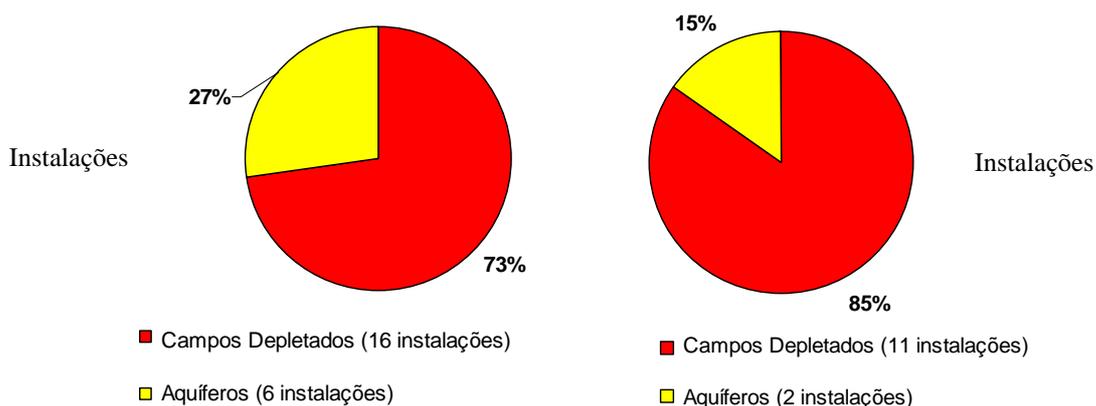


Figura 5. Distribuição dos tipos de estocagem na Rússia (esq.) e na Ucrânia (dir.) em 2001  
Fonte: Adaptado de GAZPROM 2005, CEDIGAZ 2000, IGU 2003.

#### 4. Analogias entre as estocagens subterrâneas no mundo e os recentes estudos no Brasil

Em 2004, o consumo de gás natural no Brasil, 6,4 % do total de energia utilizada, pode ainda ser considerado baixo, se comparado à média mundial de 23,7% ou à média dos países considerados neste trabalho (MME, 2005) (BP, 2005). No entanto, a participação do gás na matriz energética tem aumentado significativamente nos últimos anos, acompanhada de desenvolvimento na infra-estrutura de tratamento, movimentação e distribuição.

Tendo em vista este crescimento, bem como o início da operação do Gasbol em 1999 e conseqüente aumento da dependência do Brasil em relação ao gás boliviano, suas recentes crises e incertezas em relação à garantia do abastecimento e o racionamento elétrico em 2001, estudos recentes têm sido feitos de forma a prospectar estruturas geológicas que possam servir como armazenagens estratégicas do energético (APPI, 2005). Estes estudos, de caráter econômico-tecnológico preliminar, buscaram identificar estruturas próximas a mercados consumidores mais desenvolvidos e ao Gasbol, o que levou a aquíferos situados na Bacia do Paraná, no estado de São Paulo.

Assim, dentre os países avaliados, possivelmente a estrutura da indústria de gás brasileira, caso venha a ser desenvolvida, mais se assemelhará à francesa, ou seja: predominância da utilização da estocagem em aquíferos próximos a zonas consumidoras, distantes de áreas produtoras e de objetivo estratégico, assegurando o suprimento de gás estrangeiro proveniente de grandes gasodutos, mesmo que estes venham a falhar. Não se aplicaria, no entanto, a sazonalidade climática, importante fator de estímulo na França para o desenvolvimento de suas instalações e o fato de o Brasil ter aumentado nas últimas décadas sua produção de gás.

Em relação a reservatórios depletados de óleo e gás, os campos *onshore* da Região Nordeste poderiam vir a ser alvos de pesquisas. Não foram encontrados, no entanto, estudos que avaliassem seu potencial.

#### 5. Conclusões

As nações avaliadas possuem, como característica comum, o alto nível de desenvolvimento de seus mercados de gás, sejam como grandes produtores (EUA, Canadá, Rússia), importadores (EUA, Alemanha, França, Itália), consumidores (EUA, Canadá, França, Alemanha, Itália, Rússia) ou exportadores (Rússia, Canadá). Além disso, em muitos deles, especialmente nos EUA, Canadá e Rússia, o início do desenvolvimento da infra-estrutura de gás remonta ao começo do século XX. Estes dois fatores reunidos mostraram-se importantes estímulos para o aparecimento e crescimento da técnica da estocagem subterrânea nestes países.

No entanto, a característica mais comum a todas as nações analisadas refere-se à sazonalidade da demanda relacionada às típicas variações climáticas das zonas temperadas do planeta. A intensa participação dos setores comercial e residencial na matriz de consumo de gás dos países verificados, setores estes sensíveis ao clima por utilizarem o energético para aquecimento de ambientes, mostrou-se como um dos maiores incentivos para o investimento em pesquisa e instalação de sítios de armazenamento de gás natural subterrâneos. Finalmente, tem-se a disponibilidade de estruturas geológicas como fator viabilizador do desenvolvimento dessas instalações.

A utilização de campos depletados mostrou-se predominante nas grandes nações produtoras de gás natural: EUA, Canadá e Rússia. Na Itália e na Alemanha, esse tipo de estocagem também se mostrou importante e, de fato, estes países possuem produção significativa do energético na Europa, atingindo, respectivamente, 17,7 e 13,7 bilhões de m<sup>3</sup> em 2004 (BP, 2005). São números modestos se comparados ao Reino Unido e à Noruega, que registraram 102,9 e 73,1 bilhões de m<sup>3</sup> no mesmo ano. No entanto, seu destaque não é tão expressivo na área de armazenamento devido à localização *offshore* desta produção no Mar do Norte.

Aquíferos foram predominantes na França, que necessita de estoques estratégicos e não possui campos *onshore* depletados aproveitáveis como estocagens. As cavidades salinas apareceram em mercados competitivos (EUA, Canadá e Alemanha). Especialmente nos EUA, a alta taxa de entrega das armazenagens em cavidades salinas são importantes para arbitrar os preços do gás natural, aumentando-se a oferta e promovendo a queda de seu preço ou o inverso. Em relação à regulação da atividade de estocagem, foi comum a figura do livre acesso ou acesso negociado em nações como os EUA, a Alemanha, a França e a Itália.

Pelo exposto, pôde-se perceber a importância da estocagem subterrânea na formação das mais desenvolvidas infra-estruturas de transporte e comercialização de gás natural do mundo. É interessante, portanto, a continuidade de

estudos para verificar a disponibilidade de estruturas geológicas em países onde esta técnica possa vir a ser vantajosa para o mercado de gás natural, como no Brasil.

## 6. Referências Bibliográficas

- AEEG, Autorità per l'energia elettrica e il Gas, *Relazione Annuale Sullo Stato dei Servizi e Sull'Attività Svolta*, disponível em <http://www.autorita.energia.it> em junho de 2006, p.252-256, 2005.
- AFG, Association Française du Gaz, *Transmission & Storage, the players and the rules of the game*, disponível em <http://www.afgaz.fr/uk/page.php?rub=metiers&id=123> em junho de 2006, 2006.
- AIE, Agência Internacional de Energia, *Flexibility in Natural Gas Supply and Demand*, disponível em <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/gasflexibility2002.pdf>, em junho de 2006, p. 252-260, 2002.
- APPI, C.J., IYOMASA, W. S., GORAIEB, C. L., *Estocagem Subterrânea de Gás Natural, Tecnologia para Suporte ao Crescimento do Setor de Gás Natural no Brasil*, publicação do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Páginas e Letras Editora Ltda, 2005.
- BP, British Petroleum, *The BP Statistical Review of World Energy 2004*, disponível no site [www.bp.com/statisticalreview2004](http://www.bp.com/statisticalreview2004), em abril de 2006, 2005.
- CEDIGAZ, Centre International d'Information sur le Gaz Naturel et tous Hydrocarbures Gazeux, *Natural Gas In The World 2000 Survey*, p.85-87, 2000.
- EDISON, Edison SpA, *2005 Annual Review Strategy: Growth*, disponível em [www.edison.it/english/pdf/annualreview\\_05\\_eng.pdf](http://www.edison.it/english/pdf/annualreview_05_eng.pdf), em junho de 2006, p.8, 2005.
- FERC, Federal Energy Regulatory Commission, *Current State of and Issues Concerning Underground Natural Gas Storage*, disponível em [www.ferc.gov/EventCalendar/Files/20041020081349-final-gs-report.pdf](http://www.ferc.gov/EventCalendar/Files/20041020081349-final-gs-report.pdf), em junho de 2006, p. 4-6,11, 2004.
- GAZPROM, *Gazprom in figures 2000-2004*, disponível em <http://www.gazprom.com/documents/Statistika%20En.pdf>, em junho de 2006, p.23, 2005.
- GDF, Gaz de France, *Annual Report 2004*, disponível em <http://www.gazdegrance.com> em junho de 2006, p.27-28,44, 2004.
- IGU, International Gas Union, *ABCs of Underground Gas Storage*, disponível em <http://www.igu.org>, em abril de 2006, p.7-8, 2003.
- MME, Ministério de Minas e Energia, *Balanço Energético Nacional 2005, ano base 2004*, 2005
- NLFB, Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, *Untertag-Erdgasspeicherung in Deutschland*, disponível em <http://www.nlfb.de/index.htm?rohstoffe/downloads/>, em junho de 2006, p. 402-403, 2005.
- STOGIT, *Stocaggi Gas Italia SpA has 8 storage fields located throughout Italy, constituting an integrated services system for the market*, disponível em [http://www.stocaggigasitalia.com/english/dove\\_siamo/dove\\_siamo.html](http://www.stocaggigasitalia.com/english/dove_siamo/dove_siamo.html), 2006.
- \_\_\_\_\_, *History*, disponível em [www.stocaggigasitalia.com/english/stogit/storia.html](http://www.stocaggigasitalia.com/english/stogit/storia.html) em junho de 2006, 2006.
- TEK, M.R., *Natural Gas Underground Storage: Inventory and Deliverability*, Pennwell Publishing Co., p.3, 10-12, 1996.
- TIRATSOO, E.N., *Natural Gas*, 2nd edition, Scientific Press, Beaconsfield, England, p. 175-177, 1972.