



**Comitê para Revitalização das Atividades de
Exploração e Produção de Petróleo e Gás
Natural em Áreas Terrestres
REATE 2020**

**Relatório Subcomitê
Potencial de Petróleo e Gás *Onshore*
Indicação de Áreas para Avaliação da Estocagem
Subterrânea de Gás Natural - ESGN**



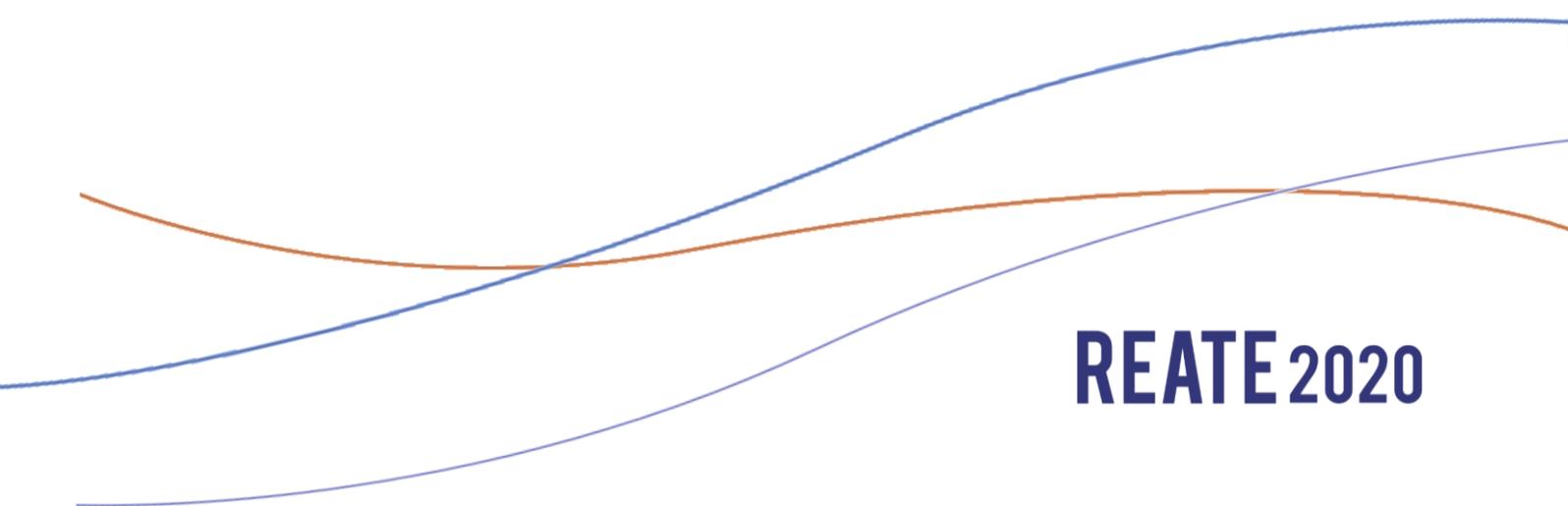
Relação dos Autores do Relatório

Coordenação	Empresa/Instituição	Associação
Marcos Frederico Farias de Souza	EPE	-
Regina Freitas Fernandes	EPE	-
Marcelo Ferreira Alfradique	EPE	-
Participantes	Empresa/Instituição	Associação
Adriana Queiroz Ramos	EPE	-
Claudia Maria Chagas Bonelli	EPE	-
Gabriel de Figueiredo da Costa	EPE	-
Katia Souza D'Almeida	EPE	-
Nathalia Oliveira de Castro	EPE	-
Pamela Cardoso Vilela	EPE	-
Pericles de Abreu Brumati	EPE	-
Raul Fagundes Leggieri	EPE	-
Roberta de Albuquerque Cardoso	EPE	-



SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	5
2. INTRODUÇÃO	5
3. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO	6
3.1 Aspectos Técnicos	6
3.2 Aspectos Econômicos	7
3.3 Aspectos Socioambientais	8
3.4 Critérios para Seleção	8
4. SELEÇÃO DE ÁREAS	9
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	12



REATE 2020

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar alguns critérios utilizados na literatura nacional e internacional para a seleção de áreas de interesse para estudos relacionados à Estocagem Subterrânea de Gás Natural em campos depletados. Com base nos critérios apresentados, são analisadas regiões que tenham maior aderência aos parâmetros indicados, e são elaborados mapas com foco nas áreas de maior interesse que possam servir como ponto de partida para a realização de estudos aprofundados pelas empresas interessadas. No Anexo I, podem ser encontrados alguns exemplos de empresas que operam instalações de ESGN ao redor do mundo. Algumas destas empresas possuem representações internacionais e têm instalações de ESGN distribuídas por diversos países além de seu país-sede.

2. INTRODUÇÃO

A atividade de Estocagem Subterrânea de Gás Natural (ESGN) tem o potencial de promover flexibilidade e serviços de balanceamento para os mercados de gás natural, além de uma maior segurança no suprimento, principalmente nos casos em que ocorrem variações sazonais e mesmo intradiárias na oferta e na demanda de gás. Pode também ser utilizada como estratégia para otimizar a compra e a venda de cargas de gás natural para arbitragem de preços, obtendo-se o insumo quando seu preço estiver mais baixo no mercado internacional, e tornando a vendê-lo quando está com preços mais elevados.

Em 2018, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicou um estudo¹ contendo uma compilação de referências da literatura sobre a atividade de ESGN, com foco em aspectos técnicos, econômicos e socioambientais envolvidos neste tipo de projeto. Neste trabalho, foram realizados também estudos de caso para análise da viabilidade econômica da ESGN em estudos de caso que abarcassem diferentes regimes de injeção e retirada, com um foco maior em campos depletados.

A ESGN especificamente em campos depletados, por sua vez, permite estabelecer uma nova atividade econômica em campos que tenham sido devolvidos ou para os quais a produção de gás natural não seja mais viável. Pode ainda reforçar os fluxos de caixa de projetos de Exploração e Produção (E&P) que tenham reservatórios em diferentes níveis de maturidade ou de depleção, como por exemplo no caso do Campo de Santana/BA. Neste caso, os reservatórios já depletados podem ser utilizados para armazenar o gás natural produzido pelos reservatórios ainda em produção, aprimorando a flexibilidade do projeto como um todo. Podem ainda ser ofertados serviços de estocagem para terceiros, que tenham ofertas ou demandas próximas.

¹ Veja em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-337/EPE,%202018%20-%20Estocagem%20Subterr%C3%A2nea%20de%20G%C3%A1s%20Natural.pdf>

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo apresentar de forma resumida alguns critérios utilizados na literatura nacional e internacional para a seleção de áreas de interesse para estudos relacionados à Estocagem Subterrânea de Gás Natural (ESGN) em campos depletados. Mais especificamente, são apresentados os critérios que foram mapeados no estudo elaborado pela EPE, com detalhamentos e contribuições adicionais apresentadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Com base nos critérios apresentados, são analisadas regiões que tenham maior aderência aos parâmetros indicados, e são elaborados mapas com foco nas áreas de maior interesse que possam servir como ponto de partida para a realização de estudos mais aprofundados pelas empresas interessadas.

3. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO

A seleção de áreas para estudos de viabilidade de ESGN em campos depletados é iniciada pela análise de aspectos técnicos, sobretudo geológicos e geofísicos, das regiões próximas ao local onde a injeção e a retirada de gás natural serão necessárias. De posse dos dados dos campos que apresentam a capacidade necessária de estocagem, são observadas questões técnicas referentes à infraestrutura já existente na região, passando-se então a uma análise econômica com foco nos custos envolvidos na implementação e na operação das estruturas necessárias. Em seguida, são analisados os aspectos socioeconômicos referentes às áreas, para atualização e detalhamento dos estudos realizados na operação do projeto de E&P durante sua vida útil, permitindo a realização do licenciamento ambiental.

3.1 Aspectos Técnicos

Considerando os aspectos técnicos envolvidos na escolha das áreas para realização de estudos de viabilidade detalhados, e que tenham relação com as características das bacias sedimentares e dos reservatórios em si, podem ser citados:

- sismicidade (ambiente tectônico);
- intensidade de fraturas;
- regimes hidrodinâmicos e geotérmicos;
- existência de recursos de petróleo e carvão;
- profundidade do topo e espessura efetiva do reservatório;
- qualidade do reservatório, geometria e conectividade dos poros;
- pressões, movimentações e interações entre fluidos, capacidade de selagem e estanqueidade, trapas;
- volume de poros e modelos 3D para estimativa da capacidade de estocagem; e
- modelos estrutural e estratigráfico; geometrias de camadas e de fraturas, ambientes de deposição e distribuições de fácies.

Já no que toca aos aspectos técnicos que devem ser observados na superfície, ou que tenham relação com a infraestrutura de gás natural upstream ou midstream existente na área do mesmo, podem ser citados:

- produção acumulada durante a vida útil do projeto;
- infraestrutura existente, com foco nos poços em operação ou descomissionados;
- existência de infraestrutura para compressão e tratamento do gás natural; e
- proximidade da infraestrutura de transporte e distribuição de gás natural.

3.2 Aspectos Econômicos

Com base nos sítios selecionados mediante sua viabilidade técnica, e nos projetos de engenharia conceituais ou projetos básicos das instalações de ESGN, podem ser observados os aspectos econômicos referentes ao projeto. De forma geral, percebe-se que maiores profundidades do reservatório podem aumentar a incerteza nos custos de investimento e de operação.

Na Tabela 1, são apresentados dados simplificados de custo para instalações de ESGN em campos depletados. Cabe ressaltar que estes custos não incluem o custo do gás de base, necessário para promover a pressão mínima necessária à retirada nas taxas desejadas. Este custo dependerá do preço cobrado pelo gás natural utilizado para formar o colchão no momento da implementação de cada projeto.

Tabela 1. Custos de ESGN em campos depletados

Tipo de ESGN	Profundidade (m)	Volume de gás útil (milhões de m ³)	Custo de investimento (U\$S ₂₀₁₂ /m ³)	Custo de operação (U\$S ₂₀₁₂ /m ³)
Campo Depletado	< 1.000	500 – 1.000	0,14 - 0,17	0,008 - 0,017
	1.000 - 2.000	500 – 1.000	0,10 - 0,30	0,01
	> 2.000	500 – 1.000	0,07 - 0,36	0,006 - 0,016

Fonte: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-337/EPE,%202018%20-%20Estocagem%20Subterr%C3%A2nea%20de%20G%C3%A1s%20Natural.pdf>

A necessidade de maiores quantidades de gás de base também tem alto impacto financeiro no projeto. Sendo assim, devido ao gás de base, observa-se que campos depletados com maior quantidade de gás natural ainda nos reservatórios (ou seja, menores percentuais de recuperação acumulada durante sua vida útil) teriam um menor custo de implementação. Os poços que foram usados para a produção e puderem ser adaptados para uso na injeção e retirada do gás natural do projeto de ESGN apresentam uma grande oportunidade de redução de custos, dado o grande impacto dos preços de poços nos custos de investimento.

Além disso, campos contendo gás natural com maior riqueza (propano e componentes mais pesados) ou maior quantidade de petróleo e condensado (menor RGO) poderiam requerer maior custo para processamento do gás natural após sua retirada, para especificação e injeção na malha de gasodutos.

3.3 Aspectos Socioambientais

No que toca aos aspectos socioambientais, projetos de ESGN em campos depletados já contam, de forma geral, com um alto nível de informações sobre os condicionantes do projeto, que foram coletadas no momento do licenciamento ambiental para o projeto de E&P.

Porém, projetos de engenharia tendem a modificar a densidade populacional das regiões onde se localizam, ocasionando a instalação de centros populacionais em seu entorno. Além disso, projetos de ESGN devem contar com monitoramento atmosférico adequado para avaliação de possíveis emissões fugitivas, além de monitoramento sísmico para avaliar os riscos de colapso do reservatório, dada a maior variação de pressão (que aumenta e diminui durante sua vida útil) do que em um projeto de E&P.

Sendo assim, podem ser citados como os principais aspectos socioambientais a serem considerados para ESGN em campos depletados:

- análise da população no entorno do projeto e estabelecimento de perímetro de segurança com possíveis desapropriações;
- monitoramento atmosférico com foco em emissões fugitivas;
- monitoramento sísmico com foco em avaliação dos riscos de colapso; e
- elaboração de planos de contingência para o caso de emergências.

3.4 Critérios para Seleção

Com base nos aspectos técnicos, econômicos e socioambientais mencionados, e nas características dos projetos de ESGN implementados internacionalmente, foram considerados os seguintes critérios para seleção de áreas de interesse para estudos de viabilidade de projetos de ESGN em campos depletados:

1. o campo deve ter sido devolvido ou estar em processo de devolução, e ter pelo menos um reservatório para o qual estejam disponíveis dados históricos de produção acumulada de gás natural;

2. a produção acumulada do campo durante sua vida útil deve ter sido de pelo menos 200 milhões de m³ de gás natural, possibilitando a instalação de uma ESGN com pelo menos 100 milhões de m³ de gás útil²; e
3. o campo deve estar localizado a uma distância de até 15 km da malha de gasodutos de transporte existente, simplificando a conexão aos clientes pela construção de dutos curtos³.

No presente estudo, foram realizadas análises simplificadas com base nas informações disponíveis nos Sumários Executivos dos campos, além dos Boletins Mensais da Produção (BMPs), ambos publicados pela ANP. De posse destes dados preliminares, os aspectos técnicos, econômicos e socioambientais poderão ser analisados mais detalhadamente por cada um dos agentes interessados, seguindo-se à elaboração de projetos conceituais e projetos básicos, para então ser avaliada a viabilidade do projeto de ESGN.

4. SELEÇÃO DE ÁREAS

Foram analisados 64 campos devolvidos ou em processo de devolução, consultados junto à ANP. Destes, 22 possuem Sumário Executivo publicado pela ANP, dos quais 1 não tem histórico de produção. Para outros 13 campos, o histórico de produção pôde ser consultado no BMP correspondente, totalizando 35 campos com histórico de produção disponível.

² Considerando de forma simplificada que 50% do volume total seria referente ao gás de base, e 50% seria a capacidade de gás útil, mantida a pressão mínima para assegurar a injeção e retirada nos níveis desejados.

³ Veja em:

http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/Concluidas/2017/n_22/Nota_007_2017_Revisao.pdf e <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2018/janeiro&item=ramp-716-2018>.

Na Tabela 2 são apresentados os campos analisados.

Tabela 2. Campos com histórico de produção disponível

Campo	Bacia	Estado	Produção Acumulada de Gás Natural (mil m ³)
BARRA DO IPIRANGA	Espírito Santo	Espírito Santo	1.387.101,56
RIO BARRA SECA	Espírito Santo	Espírito Santo	743.647,12
FAZENDA BOA ESPERANÇA	Recôncavo	Bahia	297.256,00
MORRO DO BARRO	Camamu	Bahia	31.843,97
DIAS D'ÁVILA	Recôncavo	Bahia	19.831,15
RIO ITAÚNAS LESTE	Espírito Santo	Espírito Santo	8.886,00
LAGOA PACAS	Alagoas	Alagoas	7.454,25
ILHA DA CAÇUMBA	Mucuri	Bahia	6.437,30
PITIGUARI	Potiguar	Rio Grande do Norte	6.178,17
CIDADE DE SEBASTIÃO FERREIRA	Alagoas	Alagoas	6.071,30
ARACUÃ	Sergipe	Sergipe	3.367,04
BEIJA-FLOR	Recôncavo	Bahia	2.932,37
RIO DOCE	Espírito Santo	Espírito Santo	2.707,77
RIACHO ALAZÃO	Potiguar	Rio Grande do Norte	805,59
MIRANGA LESTE	Recôncavo	Bahia	742,97
NOROESTE DO MORRO ROSADO	Potiguar	Rio Grande do Norte	548,02
NATIVO OESTE	Espírito Santo	Espírito Santo	458,55
MARIRICU OESTE	Espírito Santo	Espírito Santo	372,43
JAPUAÇU	Alagoas	Alagoas	193,40
RIO IBIRIBAS	Espírito Santo	Espírito Santo	147,16
GRAÚNA	Potiguar	Rio Grande do Norte	86,00
SÃO MANOEL	Potiguar	Rio Grande do Norte	32,16
RIO SÃO MATEUS OESTE	Espírito Santo	Espírito Santo	6,55
JACUPEMBA	Espírito Santo	Espírito Santo	0,86
MARITACA	Recôncavo	Bahia	0,69
CHAUÁ	Potiguar	Rio Grande do Norte	0,69
JURUÁ	Solimões	Amazonas	-
JAPIIM	Amazonas	Amazonas	-
JAÓ	Recôncavo	Bahia	-
CHOPIM	Potiguar	Rio Grande do Norte	-
SEBASTIÃO FERREIRA	Alagoas	Alagoas	-
MOSQUITO NORTE	Espírito Santo	Espírito Santo	-
LAGOA BRANCA	Tucano Sul	Bahia	-
CABOCLINHO	Potiguar	Rio Grande do Norte	-
ALBATROZ	Espírito Santo	Espírito Santo	-

Fonte: Sumários Executivos e Boletins Mensais da Produção, publicados pela ANP.

Observa-se que, destes 35 campos, apenas 3 tiveram uma produção acumulada de gás natural superior a 200 milhões de m³: Barra do Ipiranga/ES (1,4 bilhão de m³), Rio Barra Seca/ES (744 milhões de m³) e Fazenda Boa Esperança/BA (297 milhões de m³).

Na Figura 1, são apresentadas as localizações aproximadas dos três campos, bem como a infraestrutura existente de gás natural próxima aos mesmos.

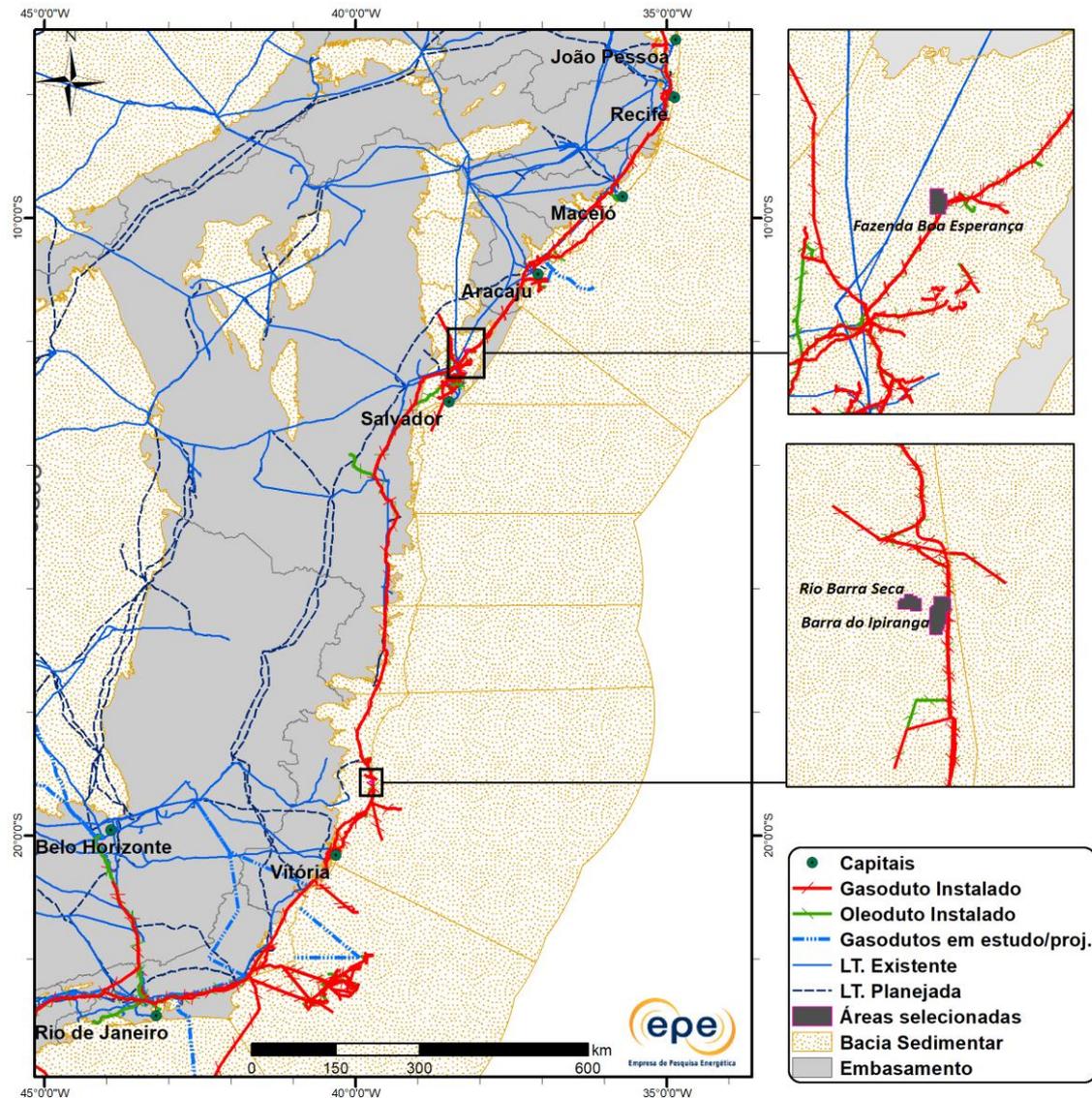


Figura 1: Localização das Áreas Seleccionadas.

Fonte: Elaboração Própria.

Todas as áreas seleccionadas pelos critérios anteriores se encontram a menos de 15 km da malha de gasodutos de transporte existente, portanto foram também consideradas adequadas ao terceiro critério. Considerando que a capacidade total de estocagem seria no mínimo igual à produção acumulada, e que aproximadamente 50% da capacidade total refere-se ao gás de base, seria possível implementar no sítios Barra do Ipiranga/ES, Rio Barra Seca/ES e Fazenda Boa Esperança/BA três instalações de estocagem com cerca de 700, 372 e 148 milhões de m³ de gás útil, respectivamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou de forma resumida alguns dos critérios técnicos, econômicos e socioambientais que devem ser observados para a análise de projetos de Estocagem Subterrânea de Gás Natural (ESGN). Também foram apresentados de forma resumida alguns critérios utilizados na literatura nacional e internacional para a seleção de áreas de interesse para estudos relacionados à ESGN em campos depletados.

Com base nas informações apresentadas, foram construídos três critérios simplificados de análise para a seleção de campos devolvidos ou em processo de devolução que pudessem servir como ponto de partida para a realização de estudos mais aprofundados pelas empresas interessadas.

Foram selecionadas como prioritários 3 campos: Barra do Ipiranga/ES, Rio Barra Seca/ES e Fazenda Boa Esperança/BA, com capacidades totais estimadas de pelo menos 1,4 bilhão de m³, 744 milhões de m³ e 297 milhões de m³, respectivamente. Todos eles se encontram em regiões com infraestrutura instalada, e estão a menos de 15 km da malha de gasodutos de transporte existente.

De posse destes dados preliminares, os aspectos técnicos, econômicos e socioambientais poderão ser analisados mais detalhadamente por cada um dos agentes interessados, seguindo-se à elaboração de projetos conceituais e projetos básicos, para então ser avaliada a viabilidade do projeto de ESGN.

ANEXO I – TABELA DE EMPRESAS

Empresa	Logotipo	País	Site
Astora GmbH & Co. KG		Alemanha	astora.de
Bulgartransgaz EAD		Bulgária	bulgartransgaz.bg
AS "Conexus Baltic Grid"		Letônia	conexus.lv
SNGN ROMGAZ SA – Filiala de Inmagazinare Gaze Naturale Depogaz Ploiești S.R.L.		Romênia	depogazploiesti.ro
Edison Stoccaggio S.p.A.		Itália	edisonstoccaggio.it
Enagás S.A.		Espanha	enagas.es
N.V. EnergyStock		Holanda	energystock.com
Fluxys Belgium S.A.		Bélgica	fluxys.com
Gas Storage Denmark A/S		Dinamarca	gaslager.energinet.dk

Empresa	Logotipo	País	Site
Gas Storage Poland sp. z o.o.		Polónia	gsp.pgnig.pl
Innogy Gas Storage, s.r.o.		República Tcheca	innogy-gasstorage.cz
Ital Gas Storage		Itália	italgasstorage.it
Magyar Földgáztároló Zrt.		Hungria	magyarfoldgazarolo.hu
MMBF Földgáztároló Zártkörűen Működő Részvénytársaság		Hungria	mmbf.hu
NAFTA a.s.		Eslováquia	nafta.sk
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.		Holanda	nam.nl
OMV Gas Storage GmbH		Áustria	omv-gas-storage.com
POZAGAS a.s.		Eslováquia	pozagas.sk
Podzemno skladište plina d.o.o.		Croácia	psp.hr
RAG Energy Storage GmbH		Áustria	rag-energy-storage.at

Empresa	Logotipo	País	Site
REN Armazenagem S.A.		Portugal	ren-armazenagem.pt
Stogit S.p.A.		Itália	snam.it
SSE Hornsea Ltd		Reino Unido	sse.com
Storengy S.A.		França	storengy.com
Swedegas AB		Suécia	swedegas.se
TAQA Energy B.V.		Holanda	taqaglobal.com
TERÉGA S.A.		França	terega.fr
Uniper Energy Storage GmbH		Alemanha	uniper-energy-storage.com
VNG Gasspeicher GmbH		Alemanha	vng-gasspeicher.de
Gazprom		Rússia	www.gazprom.com
John Wood Group PLC		Escócia	www.woodplc.com

Empresa	Logotipo	País	Site
Enbridge Inc.		Canadá	www.enbridge.com
Naturgy Argentina		Argentina	www.naturgy.com
TC Energy		Canadá	www.tcenergy.com
Kinder Morgan		EUA	www.kindermorgan.com
Wbi Energy		EUA	www.wbienergy.com
Nicor		EUA	www.nicorgas.com
Consumers Energy Company		EUA	www.consumersenergy.com
Southern California Gas Company		EUA	www.socalgas.com
Gulf South Pipeline		EUA	www.gulfsouthpl.com

Fonte: adaptado de <https://www.gie.eu/index.php/about-us/gie-members/gse-members> e <https://www.eia.gov/naturalgas/ngqs/#?report=RP7&year1=2018&year2=2018&company=Name>.



REATE 2020

PROGRAMA DE REVITALIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO E
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL EM ÁREAS TERRESTRES