



Possibilidade e rentabilidade da utilização do gás de xisto em Portugal

CARLOS FERNANDO OLIVEIRA DE LIMA

Outubro de 2014



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Possibilidade e rentabilidade da utilização do gás de xisto em Portugal

Carlos Fernando Oliveira de Lima

Possibilidade e rentabilidade da utilização do gás de xisto em Portugal

Candidato: Carlos Fernando Oliveira de Lima, N° 1080802, 1080802@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Doutor Leonardo José da Silva Ribeiro, lsr@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Mecânica- Energia

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



29 de outubro de 2014

*Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram ao longo da minha vida na minha
formação.*

Agradecimentos

Ao Doutor Leonardo Ribeiro pela orientação, disponibilidade e conselhos para a realização desta tese.

Aos meus pais e avós pelo investimento feito na minha formação, por sempre acreditarem em mim e pelo incentivo nos momentos mais difíceis.

À minha namorada Eunice, que sempre que possível contribui e me incentivou para a realização desta tese.

Ao meu irmão e aos amigos Ricardo Borges, Carla Rodrigues, Vando Castro e Joana Graça pelos momentos de convívio, pelo apoio e conselhos nos momentos difíceis.

Aos amigos que fiz ao longo da licenciatura, em especial Daniel Castro, Nuno Domingues e Nuno Passos, que sempre demonstraram interesse e incentivo na realização desta tese.

Aos amigos que fiz ao longo do mestrado, em especial João Diamantino.

Por fim, a todos os professores e amigos que passaram na minha vida e de forma directa ou indirecta contribuíram na minha formação tanto académica como pessoal.

A todos estes agradeço e dedico este trabalho.

Resumo

A elaboração desta tese tem como finalidade o estudo da possibilidade e rentabilidade da utilização de gás de xisto em Portugal.

O gás de xisto e o seu processo de fracturação hidráulica são considerados as revoluções energéticas do século XXI, devido ao que ocorre actualmente nos Estados Unidos. Nos Estados Unidos, a exploração e produção deste gás, permitiu obter uma fonte de energia mais barata e a recuperação socioeconómica do país. No entanto, o processo de fracturação hidráulica traz riscos tanto ao ambiente como à saúde, pelo que existe hesitação por parte de alguns países em avançar para a exploração do gás de xisto.

Tendo isto em conta, Portugal é um dos países onde existem reservas de gás de xisto e pretende-se saber se será ou não rentável a sua exploração. Para tal foram realizadas pesquisas relacionadas com o gás de xisto. Foi analisada a existência de gás de xisto e óleo de xisto em Portugal e no Mundo, e ainda aqui, a abordagem de cada país relativamente às suas reservas e ao avanço para exploração das mesmas.

A composição química comum do gás de xisto foi determinada com base em estudos de bacias já exploradas nos Estados Unidos e, posteriormente realizada a comparação com a composição química do gás natural convencional.

Um dos tópicos abordados foram as aplicações do gás de xisto que, devido à semelhança da composição química com o gás natural convencional, serão as mesmas. Sendo que, actualmente, nos Estados Unidos o gás de xisto substitui o gás natural nos sectores industrial, doméstico e na geração de energia ecléctica.

Foram explicadas as várias etapas do processo de extracção de gás de xisto, nomeadamente o processo de fracturação hidráulica e o fluido neste processo utilizado. O processo de fracturação hidráulica e, nomeadamente os aditivos do fluido por este processo utilizado são os causadores das preocupações e contestação da população, devido aos riscos ambientais que surgem deste processo. Contudo, o gás de xisto tem os seus benefícios como por exemplo, a substituição de carvão e petróleo que emitem maiores quantidades de

gases com efeitos de estufa, e a diminuição da pegada ecológica devido ao método de múltiplas perfurações horizontais.

No final deste estudo, conclui-se que a utilização de gás de xisto em Portugal poderá ser viável; sendo a sua proveniência das formações existentes no país, ou, no caso de não ser rentável a sua exploração ser feita a importação do gás de xisto.

Palavras-Chave

Gás de xisto, Extração de gás de xisto, Fracturação hidráulica, Aditivos químicos, Poluição

Abstract

The development of this thesis aims to study the possibility and profitability of shale gas in Portugal.

Shale gas and the hydraulic fracturing process are considered the energy revolutions of the 21st century; due to what is currently happening in the United States. In the United States the exploration and production of this gas, allowed to get a cheaper source of energy and the socioeconomic recovery of the country. However, the hydraulic fracturing process brings risks to the environment and to health, so there is hesitation by some countries to move towards to shale gas exploration.

Portugal is a country with shale gas reserves and is intended to know if its exploration is profitable. Search related to shale gas was performed. Shale gas and shale oil existence was analyzed in Portugal and worldwide, and also the approach of each country in relation to their shale gas reserves and their exploration.

The shale gas chemical composition was determined based on studies related to explored basins in the United States and, then was made a comparison with the chemical composition of conventional natural gas.

One of the studied topics was the shale gas applications, due to the similarity of shale gas chemical composition to natural gas chemical composition, the applications are the same. Currently, in the United States shale gas replaces natural gas in the industrial and domestic sectors, and at the generation of electrical power.

The several stages of shale gas extraction were explained, namely the hydraulic fracturing process. The hydraulic fracturing process and, the additives used in its fluid are the cause of population concerns and contestation. The shale gas production processes greenhouse gases emission into atmosphere, earthquakes may occur and the contamination of drinking water is the most worrying. Despite all this, shale gas as its benefits such as, the replacement of coal and oil that emit more amounts of greenhouse gas, and the reduction of the ecological footprint due to the multiple horizontal drilling method.

At the end of this stud, was conclude that shale gas uses in Portugal may be practicable; being the source of shale gas from the shale formations of the country, or, if the exploration isn` profitable the shale gas may be imported.

Keywords

Shale gas, Shale gas extraction, Hydraulic fracturing, Chemical additives, Pollution

Índice

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABELAS	XVIII
NOMENCLATURA	XXV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJECTIVOS	6
1.2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	7
2. EXISTÊNCIA DE GÁS DE XISTO EM PORTUGAL E NO MUNDO	9
2.1. AMÉRICA	13
2.1.1 América do Norte	13
2.1.1.1 Canadá	15
2.1.1.2 México	16
2.1.1.3 Estados Unidos da América	18
2.1.2 América do Sul	22
2.1.2.1 Argentina	23
2.1.2.2 Bolívia	25
2.1.2.3 Brasil	27
2.1.2.4 Chile	29
2.1.2.5 Colômbia	31
2.1.2.6 Paraguai	33
2.1.2.7 Uruguai	35
2.1.2.8 Venezuela	37
2.2. ÁFRICA	39
2.2.1 Argélia	40
2.2.2 Egipto	42
2.2.3 Líbia	44
2.2.4 Marrocos	46
2.2.5 Tunísia	48
2.2.6 África do Sul	50
2.3. ÁSIA	52

2.3.1	Arábia Saudita	53
2.3.2	China	54
2.3.3	Índia	56
2.3.4	Indonésia	58
2.3.5	Jordânia	60
2.3.6	Mongólia	62
2.3.7	Paquistão	64
2.3.8	Síria	66
2.3.9	Tailândia.....	67
2.3.10	Turquia.....	69
2.4.	EUROPA.....	71
2.4.1	Europa Oriental	72
2.4.1.1	Bulgária	74
2.4.1.2	Hungria	76
2.4.1.3	Kaliningrado	77
2.4.1.4	Lituânia.....	79
2.4.1.5	Moldávia.....	81
2.4.1.6	Polónia.....	82
2.4.1.7	Roménia	84
2.4.1.8	Rússia	86
2.4.1.9	Ucrânia	88
2.4.2	Europa Ocidental.....	90
2.4.2.1	Áustria	91
2.4.2.2	Alemanha.....	92
2.4.2.3	Dinamarca	95
2.4.2.4	Espanha	97
2.4.2.5	França	99
2.4.2.6	Holanda	101
2.4.2.7	Noruega	103
2.4.2.8	Portugal	104
2.4.2.9	Reino Unido	106
2.4.2.10	Suécia	108
2.5.	OCEÂNIA	110
2.5.1	Austrália	110
3.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GÁS DE XISTO	113
3.1.	TRATAMENTO GÁS DE XISTO	117
4.	APLICAÇÕES DO GÁS DE XISTO.....	118
4.1.	GÁS NATURAL E SUAS APLICAÇÕES	118
4.2.	GÁS DE XISTO E SUAS APLICAÇÕES	124
5.	EXTRACÇÃO DO GÁS DE XISTO, NOMEADAMENTE POR FRACTURA HIDRÁULICA	126
5.1.	HISTÓRIA DA FRACTURAÇÃO HIDRÁULICA	127

5.2.	PROCESSO DE EXTRACÇÃO DO GÁS DE XISTO POR FRACTURAÇÃO HIDRÁULICA	128
5.2.1	Perfuração Vertical	129
5.2.2	Perfuração Horizontal	133
5.2.3	Fracturação Hidráulica	135
5.2.3.1	Perfuração da tubagem de produção	135
5.2.3.2	Fractura da formação de xisto	138
5.2.3.3	Remoção do fluido de fracturação e do gás de xisto	141
5.3.	COMPOSIÇÃO DO FLUIDO DE FRACTURAÇÃO HIDRÁULICA	143
5.4.	CUSTOS DA FRACTURAÇÃO HIDRÁULICA	145
6.	POLUIÇÃO ENVOLVIDA NA EXTRACÇÃO DE GÁS DE XISTO.....	149
6.1.	IMPACTO PAISAGÍSTICO	151
6.2.	EMIÇÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS	152
6.3.	ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS.....	153
6.4.	TERRAMOTOS	154
6.5.	PRODUTOS QUÍMICOS, RADIOACTIVIDADE	155
6.6.	IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA	156
6.7.	BENEFÍCIOS ECOLÓGICOS.....	157
7.	CONCLUSÃO.....	158
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	163

Índice de Figuras

Figura 1. Produção de gás natural nos Estados Unidos, (adaptado de: US Energy Information Administration / US Environmental Protection Agency, 2010).....	2
Figura 2. Previsão do crescimento da produção de gás de xisto até 2040, (Fonte: US Energy Information Administration, 2014).	3
Figura 3. Exemplo da perfuração, (Fonte:US Energy Information Administration).....	4
Figura 4. Bacias de xisto no mundo, (Fonte:U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	10
Figura 5. Bacias/formações de xisto no Canadá, (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; Drilling Contractor).	15
Figura 6. Bacias/formações de xisto no México, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	17
Figura 7. Bacias/formações de xisto nos Estados Unidos, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	19
Figura 8. Principais bacias /formações de produção dos Estados Unidos (Fonte:” <i>Review of Emerging Resources:U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays</i> ”, U.S.Energy Information Administration, Julho 2011).....	21
Figura 9 . Bacias/formações de xisto na Argentina, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	23
Figura 10. Bacias/formações de xisto na Bolívia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	25
Figura 11. Bacias/formações de xisto no Brasil, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	27
Figura 12. Bacias/formações de xisto no Chile, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	29
Figura 13. Bacias/formações de xisto na Colômbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	31
Figura 14. Bacias/formações de xisto no Paraguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	33
Figura 15. Bacias/formações de xisto no Uruguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	35
Figura 16. Bacias/formações de xisto na Venezuela, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	37
Figura 17. Bacias/formações de xisto na Argélia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	40
Figura 18. Bacias/formações de xisto no Egípto, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	42

Figura 19. Bacias/formações de xisto na Líbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	44
Figura 20. Bacias/formações de xisto em Marrocos, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	46
Figura 21 . Bacias/formações de xisto na Tunísia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	48
Figura 22. Bacias/formações de xisto na África do Sul, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	50
Figura 23. Bacias/formações de xisto na China, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	55
Figura 24. Bacias/formações de xisto na Índia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	56
Figura 25. Bacias/formações de xisto na Indonésia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	58
Figura 26. Bacias/formações de xisto na Jordânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	60
Figura 27. Bacias/formações de xisto na Mongólia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	62
Figura 28. Bacias/formações de xisto no Paquistão, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	64
Figura 29. Região de Aleppo, Síria. (Fonte: Syrian Oil & Gas News).	66
Figura 30. Bacias/formações de xisto na Tailândia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	67
Figura 31. Bacias/formações de xisto na Turquia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	69
Figura 32. Mapa Europa com bacias de xisto, (Fonte: IEA, International Energy Agency).	71
Figura 33 . Bacias/formações de xisto na Bulgária, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	74
Figura 34. Bacia de Pannonian, Hungria, (adaptado de: IEA, International Energy Agency).	76
Figura 35. Bacias/formações de xisto no Kaliningrado, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	77
Figura 36. Bacias/formações de xisto na Lituânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	79
Figura 37. Bacias/formações de xisto na Moldávia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	81
Figura 38. Bacias/formações de xisto na Polónia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	83
Figura 39. Bacias/formações de xisto na Roménia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	84
Figura 40. Bacias/formações de xisto na Rússia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	86

Figura 41. Bacias/formações de xisto na Ucrânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	88
Figura 42. Bacia de Pannonian, Austria, (adaptado de: IEA, International Energy Agency).	91
Figura 43. Bacias/formações de xisto na Alemanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	94
Figura 44. Bacias/formações de xisto na Dinamarca, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	95
Figura 45. Bacias/formações de xisto em Espanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	97
Figura 46. Bacias/formações de xisto de França, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	99
Figura 47. Bacias/formações de xisto da Holanda, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	101
Figura 48. Bacias/formações de xisto da Noruega, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	103
Figura 49. Bacia Lusitânica, Portugal, (adaptado de: IEA, International Energy Agency).	105
Figura 50. Bacias/formações de xisto do Reino Unido, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	107
Figura 51. Bacias/formações de xisto da Suécia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	108
Figura 52. Bacias/formações de xisto da Austrália, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	111
Figura 53. Consumo interno bruto na UE em 2011 e projecção para 2013, (adaptado de: “Desafios e políticas no domínio da energia”, Comissão Europeia 22 de Maio de 2013).	119
Figura 54. Importação de Petróleo / Gás Natural na Europa, (adaptado de: “Desafios e políticas no domínio da energia”, Comissão Europeia 22 de Maio de 2013).	120
Figura 55. Consumo de gás natural per capita 2013, (adaptado de: BP Statistical Review of World Energy 2014).	120
Figura 56. Consumo de gás natural por sector nos Estados Unidos em 2012, (adaptado de: “Natural Gas Consumption by End Use”, 2013 Energy Information Administration).	121
Figura 57. Estrutura do consumo de gás natural em Portugal, (adaptado de: “Caracterização do Sector do Gás Natural em Portugal”, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, Janeiro 2007).	123
Figura 58. Evolução dos preços da electricidade para a indústria, (adaptado de: “Desafios e políticas no domínio da energia”, Comissão Europeia 22 de Maio de 2013).	124
Figura 59. Processo de Fracturação Hidráulica, (adaptado de: “Hydraulic fracturing – how it works”, Thomson Reuters, 2 de Janeiro de 2013).	128
Figura 60. Perfuração vertical, (adaptado de: GALP Energia – Perfuração, actualizado 2 Junho 2011).	129

Figura 61. Perfuração Vertical, (adaptado de: “ <i>Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development</i> ”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative; Mark Zoback, Saya Kitasei, Brad Copithorne; Julho de 2010).	131
Figura 62. Perfuração Vertical, visualização de revestimentos, (adaptado de: “ <i>Protecting Groundwater during Hydraulic Fractring</i> ”,energyfromshale.org).....	132
Figura 63. Perfuração Horizontal, (adaptado de: “ <i>Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development</i> ”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative; Mark Zoback, Saya Kitasei, Brad Copithorne; Julho de 2010).....	134
Figura 64. Múltiplas perfurações horizontais, (adaptado de: “ <i>New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing</i> ”, Total.com).....	135
Figura 65. Perfurador, (adaptado de: “ <i>Perforating Gun</i> ”,LANDSEA products, lsea.com).....	136
Figura 66. Perfurador e fendas na formação rochosa, (adaptado de: “ <i>Fracking: Everything You`ve Always Wanted to Know</i> ”, munknee.com).....	137
Figura 67. Isoladores entre fracturações hidráulicas, (adaptado de: “ <i>Fracking: Everything You`ve Always Wanted to Know</i> ”, munknee.com).....	137
Figura 68. Fendas criadas na formação de xisto pela injeção do fluido de fracturação, (adaptado de: “ <i>New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing</i> ”, Total.com).....	138
Figura 69. Múltiplas fendas provocadas pelo processo de fracturação hidráulica e posicionamento do sismómetro, (adaptado de “ <i>Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development</i> ”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative; Mark Zoback, Saya Kitasei, Brad Copithorne; Julho de 2010).	140
Figura 70. Remoção do fluido de fracturação, depósitos de armazenamento, (adaptado de: “ <i>Protecting Groundwater during Hydraulic Fractring</i> ”,energyfromshale.org).	142
Figura 71. Composição típica do fluido de fracturação hidráulica, (adaptado de: “ <i>Modern Gas Shale Development in the United States</i> ” ,Ground Water Protection Council 2009).....	143

Índice de Tabelas

Tabela 1. Países onde se verifica a existência de bacias / formações de xisto (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; ShaleGasEurope.eu; ShaleWorld.com; Shale Gas- Global Perspective KPMG International).....	10
Tabela 2. Gás de xisto e óleo de xisto recuperáveis por continente, (adaptado de U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	11
Tabela 3. Países com mais recurso tecnicamente recuperável, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	11
Tabela 4. Países da América do Norte onde se verifica a existência de gás de xisto e óleo de xisto, (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; ShaleGasEurope.eu; ShaleWorld.com; Shale Gas- Global Perspective KPMG International).13	
Tabela 5. Recurso recuperável na América do Norte discriminada por países que contribuem para esses valores, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	14
Tabela 6. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações do Canadá, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	16
Tabela 7. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações do México, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	17
Tabela 8. Recurso tecnicamente recuperável nas bacias / formações dos Estado Unidos em 2011, (Fonte:” <i>Review of Emerging Resources:U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays</i> ”, U.S.Energy Information Administration, Julho 2011).....	20
Tabela 9. Comparação de recurso existente nos Estados Unidos nos anos 2011 e 2013, (adaptado de: U.S.Energy Information Administration).....	20
Tabela 10. Estimativa de recurso recuperável da América do Sul por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	22
Tabela 11. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Argentina, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	24
Tabela 12. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Bolívia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	26
Tabela 13. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Brasil, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	28

Tabela 14. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Chile, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	30
Tabela 15. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Colômbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	32
Tabela 16. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações partilhadas por Colômbia e Venezuela, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	32
Tabela 17. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Paraguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	34
Tabela 18. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes na bacia de Chaco dividida por Paraguai e Bolívia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	34
Tabela 19. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Uruguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	36
Tabela 20. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Venezuela, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	38
Tabela 21. Estimativa de recurso recuperável de África por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	39
Tabela 22. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Argélia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	41
Tabela 23. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Egipto, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	43
Tabela 24. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Líbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	45
Tabela 25. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações em Marrocos, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	47
Tabela 26. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Tunísia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	49
Tabela 27. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na África do Sul, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	51

Tabela 28. Estimativa de recurso recuperável da Ásia por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	52
Tabela 29. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na China, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	55
Tabela 30. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Índia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	57
Tabela 31. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Indonésia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	59
Tabela 32. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Jordânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	61
Tabela 33. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Mongólia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	63
Tabela 34. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Paquistão, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	65
Tabela 35. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Tailândia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	68
Tabela 36. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Tailândia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	70
Tabela 37. Países da Europa onde se verifica a existência de gás de xisto e óleo de xisto, (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; ShaleGasEurope.eu; ShaleWorld.com; Shale Gas- Global Perspective KPMG International).72	72
Tabela 38. Estimativa de recurso recuperável da Europa Oriental por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	72
Tabela 39. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Bulgária e Roménia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	75
Tabela 40. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes da Bulgária, na bacia/formação MesianPlataform, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	75
Tabela 41. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Kaliningrado e Lituânia, (adaptado: de U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	78

Tabela 42. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Kaliningrado, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	78
Tabela 43. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Kaliningrado e Lituânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	80
Tabela 44. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Lituânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	80
Tabela 45. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Polónia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	83
Tabela 46. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Roménia e Bulgária, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	85
Tabela 47. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes na Roménia, na bacia de MoesianPlataform, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	85
Tabela 48. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Rússia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	87
Tabela 49. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Ucrânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	89
Tabela 50. Estimativa de recurso recuperável da Europa Ocidental por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	90
Tabela 51. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Alemanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	94
Tabela 52. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Dinamarca, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	96
Tabela 53. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações em Espanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	98
Tabela 54. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de França, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	100
Tabela 55. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Holanda, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).	102

Tabela 56. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações do Reino Unido, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	107
Tabela 57. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Suécia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	109
Tabela 58. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Austrália, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).....	111
Tabela 59. Composição química típica do gás de xisto, (adaptado de: AECOM; “ <i>Shale gas measurement and associated issues</i> ” de Dr. Darin L. George e Edgar B. Bowles; “ <i>Composition Variety Complicates Processing Plans for US Shale Gas</i> ” de Keith Bullin e Peter Krouskop).....	114
Tabela 60. Composição química típica do gás natural, (adaptado de: UnionGas, EnbridgeGas, NaturalGas.org, Oil&GasJournal).....	115
Tabela 61. Composição química gás natural utilizado em Portugal, (adaptado de: EDP gás).....	116
Tabela 62. Composição do fluido de fracturação hidráulica, (adaptado de: “ <i>Modern Gas Shale Development in the United States</i> ” ,Ground Water Protection Council 2009 e “ <i>Shale Gas – The Facts about the Environmental Concerns</i> ” International Gas Union (IGU); Junho de 2012).....	144
Tabela 63. Custos das várias etapas de um processo de extracção de gás de xisto, (adaptado de “ <i>The Economic Impact of the Value Chain of a Marcellus Shale Well</i> ”, University of Pittsburgh; William E. Hefley, Shaun M. Seydor, Michelle K. Bencho, Bill Birsic, Eric Clemens; Agosto de 2011).....	147

Nomenclatura

Compostos químicos

CH_4 – Metano

C_2H_6 – Etano

C_3H_8 – Propano

C_4H_{10} – Butano

C_6H_{14} – Hexano

CO – Monóxido de carbono

CO_2 – Dióxido de carbono

H_2O – Água

H_2S – Ácido sulfídrico

SO_x – Óxidos de enxofre

NO_x – Óxidos de azoto

Unidades

m – Metro

m^2 – Metro quadrado

m^3 – Metro cúbico

L – Litro

\$ – Dólar

€ – Euro

ppm – Partes por milhão

Abreviaturas

- EIA – *Energy Information Administration*
- ARI – *Advanced Resource International*
- EPA – *Environmental Protection Agency*
- IEA – *International Energy Agency*
- UE – *União Europeia*
- ERSE – *Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos*
- CNG – *Compressed Natural Gas*
- COVNM – *Compostos Orgânicos Voláteis Não - Metânicos*
- COV's – *Compostos Orgânicos Voláteis*
- MDEA – *Metildietanolamina*

1. Introdução

A elaboração desta tese tem como finalidade realizar um estudo relativamente à possibilidade e rentabilidade da utilização de gás de xisto em Portugal.

O gás de xisto, mais conhecido internacionalmente como “*shale gas*”, trata-se de um gás natural não convencional, semelhante ao gás natural. Encontra-se preso dentro de formações xistosas, formadas por rochas sedimentares de granulação fina, que podem ser ricas em recursos nomeadamente petróleo e gás natural.¹

Este gás e o seu método de extracção por fracturação hidráulica, foram talvez as grandes evoluções energéticas do século XXI, e têm causado uma autêntica revolução ao nível energético e grande contestação em todo o mundo.

A contestação existente relativa à extracção do gás de xisto por fracturação hidráulica, deve-se, sobretudo aos danos ambientais que poderão ocorrer durante e após a realização do processo.

É nos Estados Unidos da América que se verifica a grande revolução do gás de xisto, sendo este país líder de produção do mesmo.

¹ EIA, U.S. Energy Information Administration, “*What is shale gas and why is it important?*”, actualizado 5 Dezembro 2012.

A exploração deste recurso foi por muitos considerada a salvação económica do país, pois levou (i) à criação de postos de trabalho, (ii) à descida do custo do gás, (iii) à redução da importação de gás natural liquefeito e (iv) ao crescimento da indústria.

No ano 2000, o gás de xisto representava apenas 1% da produção total de gás natural. Actualmente, o gás de xisto representa 44% da produção total de gás de natural nos Estados Unidos.² O governo americano previa que em 2035 o gás de xisto produzido representasse 45% do total produzido. Um relatório da U.S. Energy Information Administration datado de 2010, fazia essa previsão.

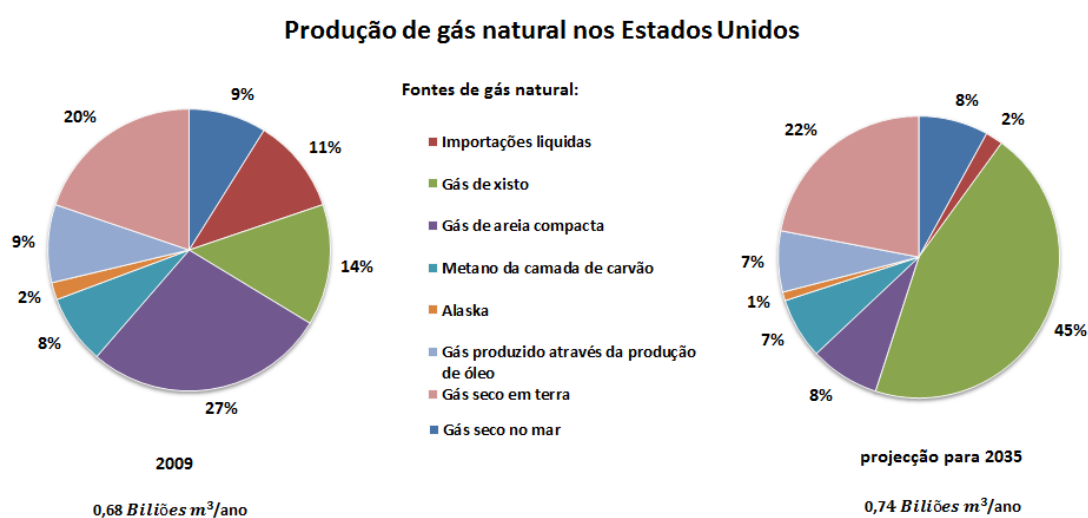


Figura 1. Produção de gás natural nos Estados Unidos, (adaptado de: US Energy Information Administration / US Environmental Protection Agency, 2010).

Um novo relatório realizado pela mesma entidade datado de 2014, faz uma previsão até ao ano 2040. Neste novo relatório verifica-se que a quantidade estimada de produção de gás de xisto para o ano 2035 é superior à do relatório anterior. Na figura 2 é possível ver as projecções estimadas neste novo relatório.

²YERGIN, Daniel, “O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos” , Project Syndicate 26 Dezembro 2013.

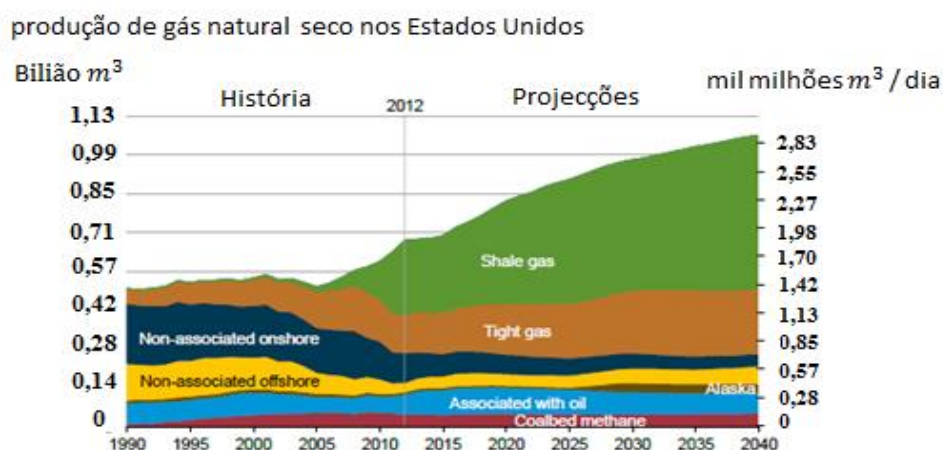


Figura 2. Previsão do crescimento da produção de gás de xisto até 2040, (Fonte: US Energy Information Administration, 2014).

Analisando as imagens apresentadas, percebemos que, poucos anos passados entre realização dos relatórios, a produção do gás de xisto cresceu substancialmente. Será de esperar que a produção de gás de xisto atinja os 45% do total de produção antes do previsto.

Estes factos preocupam fortemente outros países, nomeadamente fora do continente americano, pois podem perder indústria para os Estados Unidos devido ao custo da energia. Comparando por exemplo com a Europa, onde os preços da energia estão em constante subida, o preço do gás é cerca de três vezes menor nos Estados Unidos.

Isto faz com que países de todos os continentes tenham já realizado estudos relativos à possibilidade de utilizarem este recurso energético, de modo a perderem a dependência energética perante outros e se tornarem países sustentáveis.

Apesar de o gás de xisto ser uma fonte de rentabilidade, outros países vêem este gás de outra perspectiva. No caso da China, recorrer ao gás de xisto deve-se ao facto de ser uma fonte de energia mais limpa que o carvão, uma vez que o país tem graves problemas de poluição do ar devido à utilização do carvão como fonte de energia. A mudança para o gás de xisto significaria uma mudança para uma fonte de energia mais limpa reduzindo, deste modo, o problema da poluição.³

³YERGIN, Daniel, “O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos”, Project Syndicate 26 Dezembro 2013.

Outra forte aposta dos Estados Unidos, passa pelo óleo de xisto, proveniente das mesmas bacias/formações que o gás de xisto. Nesta área verifica-se um crescimento de cerca de 56% desde 2008, sendo expectável que os Estados Unidos ultrapassem Rússia e Arábia Saudita na produção de petróleo tornando-se assim o maior produtor de petróleo do mundo.

O grande entrave para que a exploração de gás de xisto e óleo de xisto sejam realizadas por todo o mundo deve-se ao processo de fracturação hidráulica. Este processo implica a perfuração vertical do solo como no método convencional de extracção de gás e petróleo, e a perfuração horizontal do solo, que é feita orientando a broca para uma posição horizontal quando a perfuração vertical se aproxima da formação de xisto; como demonstra a figura 3; posteriormente dá-se a injeção, a alta pressão, do fluido de fracturação, podendo essa pressão por vezes atingir os 1000 bar; o fluido de fracturação é constituído por água, areia e aditivos químicos para a libertação dos recursos.

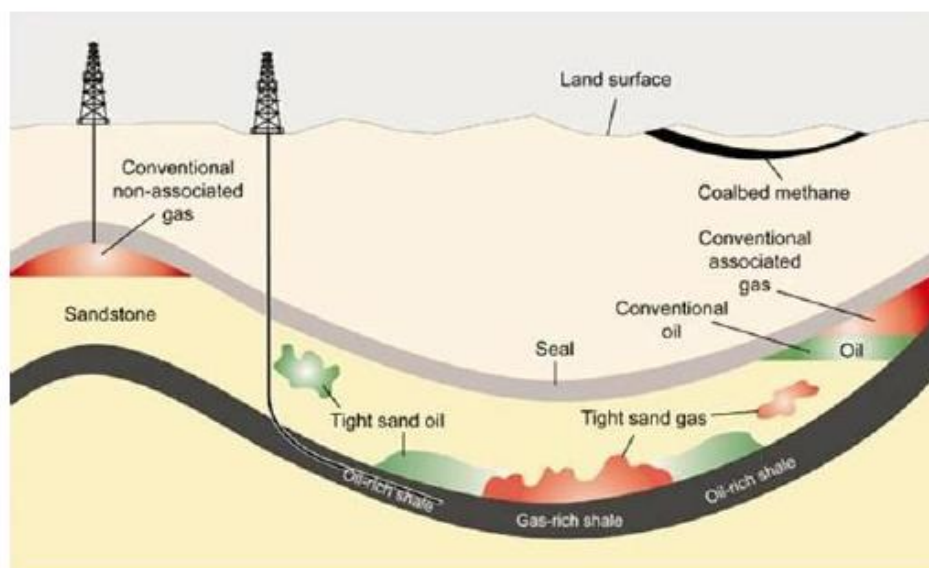


Figura 3. Exemplo da perfuração, (Fonte:US Energy Information Administration).

Em certos casos, este processo provoca (i) microssismos na ordem de 1 a 3 na escala de Richter, (ii) contaminação de água com fluido de fracturação hidráulica, águas residuais/lamas e (iii) libertação de gases com efeito de estufa. Como tal, em prol da sustentabilidade, alguns países como o caso da França, baniram este método e qualquer outro que seja prejudicial para o ambiente.

No Reino Unido protestos são realizados constantemente pela população, para que se recorra a fontes de energia renováveis e não a este tipo de energias.

Porém, existem países que, devido aos benefícios económicos, estão tentados a recorrer ao gás de xisto como fonte de energia. Tendo isso em conta, a Comissão Europeia pretende que os Estados-membros da União Europeia sigam alguns princípios mínimos para a extracção do gás de xisto e óleo de xisto,⁴ entre os quais, por exemplo, a utilização de químicos não nocivos ao Ambiente.

Quanto a Portugal, razão pela qual é realizada esta tese, sabe-se que existem formações geológicas propensas à formação de gás e petróleo, nomeadamente na Bacia Lusitânica.⁵

⁴europa.eu, Press releases database. www.europa.eu.

⁵LNEG, investigação para sustentabilidade. www.lneg.pt.

1.1. Objectivos

O objectivo desta tese, é a realização de um estudo relativamente à possibilidade e rentabilidade da utilização de gás de xisto em Portugal. Para realizar tal estudo serão abordados os seguintes tópicos:

- Existência de gás de xisto em Portugal e no mundo;
- Caracterização química do gás de xisto;
- Aplicações do gás de xisto;
- Extração do gás de xisto, nomeadamente por fractura hidráulica;
- Poluição envolvida na extração de gás de xisto.

1.2. Organização da dissertação

A dissertação será composta por 7 capítulos. O Capítulo 1, referente à introdução onde se fala do objectivo da realização da dissertação, o que é o gás de xisto e um pouco da sua perspectiva nos Estados Unidos, país líder de produção deste gás e impulsionador desta revolução energética.

O Capítulo 2 incidirá sobre a existência do gás de xisto em Portugal e no Mundo. Serão estudados países onde se verifica a existência deste recurso e a sua abordagem perante o mesmo. Serão também apresentadas as quantidades de recursos existente e desse mesmo o possível de extrair. Isto para o gás de xisto e óleo de xisto.

Nos capítulos seguintes, nomeadamente Capítulo 3 e Capítulo 4, será realizada uma comparação da composição química entre o gás de xisto e o gás natural, e as aplicações deste gás.

O Capítulo 5 incidirá sobre a extracção do gás de xisto, nomeadamente por fractura hidráulica. Serão aqui explicados os vários passos do processo de extracção, a composição do fluido utilizado e alguns custos de extracções já realizadas. No Capítulo 6 estudar-se-á a poluição envolvida neste processo.

Por fim, Capítulo 7, onde será feito um breve resumo de todos os pontos anteriores e serão tiradas as conclusões relativas à viabilidade do gás de xisto em Portugal.

2. Existência de gás de xisto em Portugal e no mundo

Neste capítulo, com dados retirados maioritariamente de “*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado em Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International, abordar-se-ão os países que têm formações / bacias de xisto e o estimado de extrair de gás de xisto e óleo de xisto.

Em todo o mundo verifica-se a existência de formações / bacias de xisto tal como demonstra a figura seguinte.

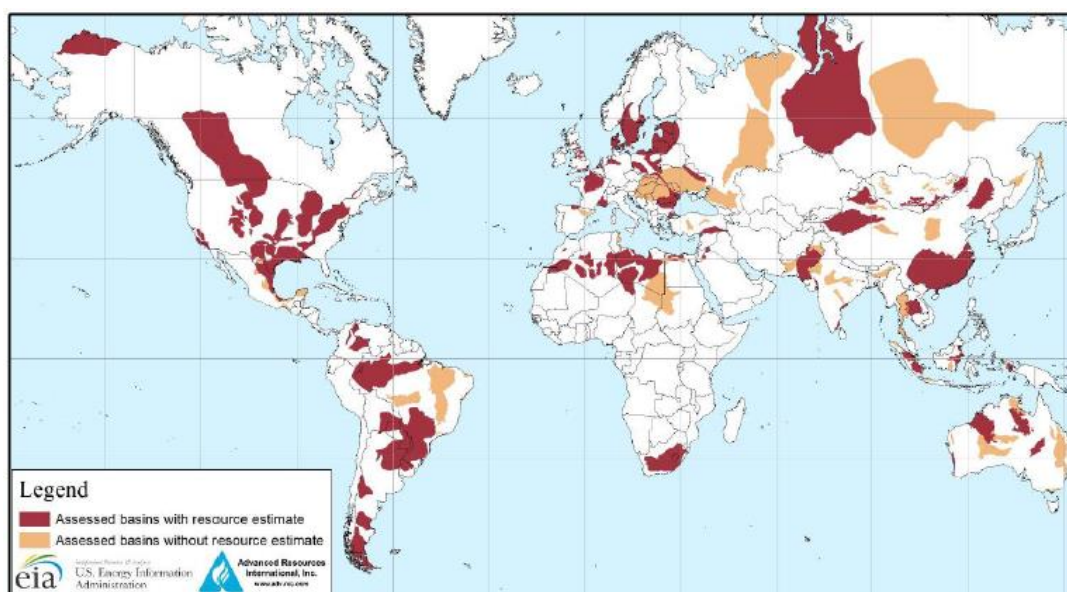


Figura 4. Bacias de xisto no mundo, (Fonte: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Para melhor compreensão, apresenta-se a seguinte tabela indicando os países onde se verifica a existência de formações/bacias de xisto, incluindo Portugal. Existem outros países abrangidos por bacias/formações, mas cujo potencial não é significativo ou não tencionam explorar o seu território, por essa razão não são aqui representados.

Tabela 1. Países onde se verifica a existência de bacias / formações de xisto, (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; ShaleGasEurope.eu; ShaleWorld.com; Shale Gas- Global Perspective KPMG International).

Continentes:	América:		África:	Ásia:	Europa:		Oceânia:
	América do Norte:	América do Sul:			Europa Oriental:	Europa Ocidental:	
Países:	Canadá México Estados Unidos da América	Argentina Bolívia Brasil Chile Colômbia Paraguai Uruguai Venezuela	Argélia Egipto Libia Marrocos Tunísia África do Sul	Arábia Saudita China Índia Indonésia Jordânia Mongólia Paquistão Síria Tailândia Turquia	Bulgária Hungria Kaliningrado Lituânia Moldávia Polónia Roménia Rússia Ucrânia	Áustria Alemanha Dinamarca Espanha França Holanda Noruega Portugal Reino Unido Suécia	Austrália

Antes de passar a uma análise pormenorizada apresenta-se a tabela seguinte, onde se encontra a estimativa de gás de xisto e óleo de xisto recuperáveis nos continentes existentes. Entenda-se por recuperáveis, o gás de xisto e óleo de xisto, possível de extrair das bacias/formações.

Tabela 2. Gás de xisto e óleo de xisto recuperáveis por continente, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Continente:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
América	104,99	20,57
África	38,51	6,02
Ásia	39,72	9,73
Europa	25,30	14,08
Oceânia	12,37	2,77
Total	220,89	53,17

Da tabela anterior retira-se que a maior reserva, tanto de gás de xisto como de óleo de xisto, se encontra no continente americano. Daí não ser surpresa o sucesso dos Estados Unidos na exploração destes recursos. Esta tabela serve para demonstrar o total de gás de xisto e óleo de xisto recuperáveis; nem tudo o que existe numa bacia e formação pode ser extraído.

De seguida é apresentada uma tabela com os países que mais contribuem para os valores da Tabela 2.

Tabela 3. Países com mais recurso tecnicamente recuperável, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Recurso tecnicamente recuperável:				
País:	gás (Bilião m³):		País:	óleo (mil milhões m³):
Estados Unidos	32,88		Rússia	11,86
China	31,60		Estados Unidos	7,58
Argentina	22,68		China	5,12
Argélia	20,02		Argentina	4,29
Canadá	16,20		Líbia	4,13
México	15,43		Austrália	2,77
Austrália	12,37		Venezuela	2,35
África do Sul	11,02		México	2,08
Rússia	8,07		Paquistão	1,45
Brasil	6,94		Canadá	1,40
Outros	43,68		Outros	10,14
Total	220,89		Total	53,17

No seguimento deste estudo e sempre que possível será discriminado, país a país, o existente e o recuperável dos recursos nas várias bacias/formações.

Como é possível ver na tabela anterior, onde se verifica a maior existência de gás de xisto é nos Estados Unidos, sendo estes actualmente os maiores produtores de gás de xisto. Verifica-se também que as maiores reservas se encontram no continente americano tal como visto anteriormente. Quanto à Europa, a Rússia tem a maior reserva de gás de xisto mas de momento não faz qualquer tipo de exploração.

No que diz respeito ao óleo de xisto, o país com a maior reserva não são os Estados Unidos, apesar de estar perto de se tornar o maior produtor de petróleo, mas sim a Rússia. Rússia e Estados Unidos têm as maiores reservas de óleo de xisto e acredita-se que a Rússia poderá explorar este recurso para que os Estados Unidos não se tornem o líder na área do petróleo e não causem danos económicos, por comercializarem um recurso mais barato.

2.1. América

O continente americano é aquele onde há as maiores reservas mundiais de gás de xisto e óleo de xisto e onde já se fazem produções dos mesmos a nível comercial. Para melhor análise dos países onde há existência dos recursos foi por mim feita uma divisão entre América do Norte e América do Sul, considerando por conveniência que México pertence à América do Norte. Sendo que esses países são:

Tabela 4. Países da América do Norte onde se verifica a existência de gás de xisto e óleo de xisto, (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; ShaleGasEurope.eu; ShaleWorld.com; Shale Gas- Global Perspective KPMG International).

América:	
América do Norte:	América do Sul:
Canadá México Estados Unidos da América	Argentina Bolívia Brasil Chile Colômbia Paraguai Uruguai Venezuela

2.1.1 América do Norte

Na América do Norte existem 3 países com bacias/formações de xisto; é aí que se encontra o impulsionador da considerada revolução energética, os Estados Unidos.

As maiores reservas de gás de xisto e óleo de xisto encontram-se na América do Norte; a tabela seguinte mostra a estimativa de recurso recuperável na América do Norte discriminada por países que contribuem para esses valores.

Tabela 5. Recurso recuperável na América do Norte discriminada por países que contribuem para esses valores, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

País:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Canadá	16,20	1,40
México	15,43	2,08
Estados Unidos	32,88	7,58
Total	64,51	11,06

Como mostra a tabela anterior os Estados Unidos são quem mais contribui para os valores apresentados, tendo praticamente o mesmo que Canadá e México juntos no que toca a gás de xisto, e o dobro dos mesmos dois países juntos relativamente ao óleo de xisto.

2.1.1.1 Canadá

No Canadá, entre as regiões de British Columbia e Nova Scotia, verifica-se a existência de 12 bacias e 13 formações de xisto.⁶ Algumas delas já foram exploradas, enquanto para outras ainda se faz o estudo para a obtenção do gás de xisto.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias/formações no Canadá.

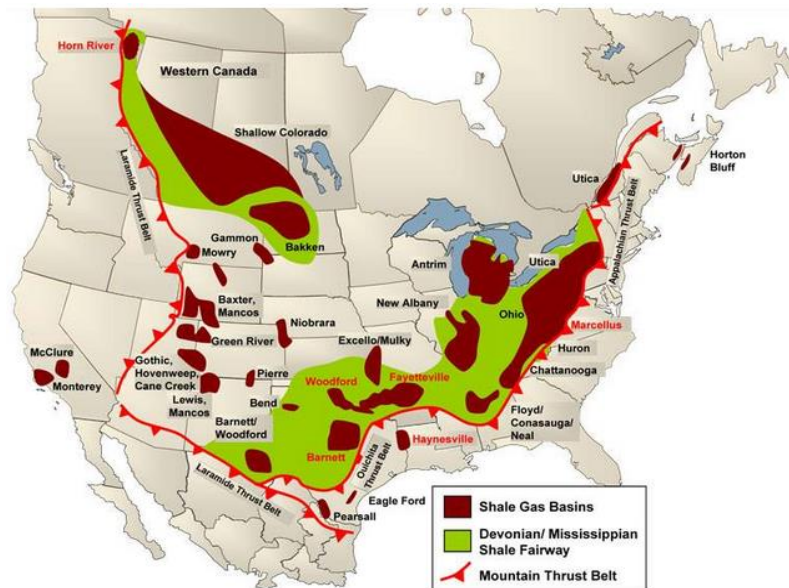


Figura 5. Bacias/formações de xisto no Canadá, (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; Drilling Contractor).

⁶“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias/formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 6. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações do Canadá, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
Horn River	Muskwa / Otter Park	10,65	0,00	2,66	0,00
	Evie / Klua	4,36	0,00	1,10	0,00
Cordova	Muskwa / Otter Park	2,29	0,00	0,57	0,00
Liard	Lower Besa River	14,89	0,00	4,47	0,00
Deep Basin	Doig Phosphate	2,86	0,00	0,71	0,00
Alberta Basin	Banff / Exshaw	0,14	1,75	0,00	0,05
East and West Shale Basin	Duvernay	13,68	10,65	3,20	0,64
Deep Basin	North Nordegg	2,04	3,18	0,37	0,13
NW Alberta Area	Muskwa	4,02	6,68	0,88	0,33
Southern Alberta Basin	Colorado Group	8,10	0,00	1,22	0,00
Williston Basin	Bakken	0,45	3,50	0,06	0,25
Appalachian Fold Belt	Utica	4,39	0,00	0,88	0,00
Windsor Basin	Horton Bluff	0,48	0,00	0,08	0,00
Total		68,36	25,76	16,20	1,40

2.1.1.2 México

No México verifica-se a existência de 5 bacias e 8 formações de xisto. A principal bacia é a bacia de Burgos, pertencente à formação de Eagle Ford. Esta formação representa dois terços da matéria existente no país. Como tal, foi aqui que foi perfurado o primeiro poço no ano 2011.

Em Fevereiro de 2013 havia 6 poços perfurados a produzir gás de xisto. Havia ainda um sétimo, mas que foi abandonado devido à não produtividade.^{7,8}

⁷“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁸LAVALLER, Alberto Cisneros, ”Shale Gas in Latin America”, Global Business Consultants Outubro 2012.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações de xisto no México.

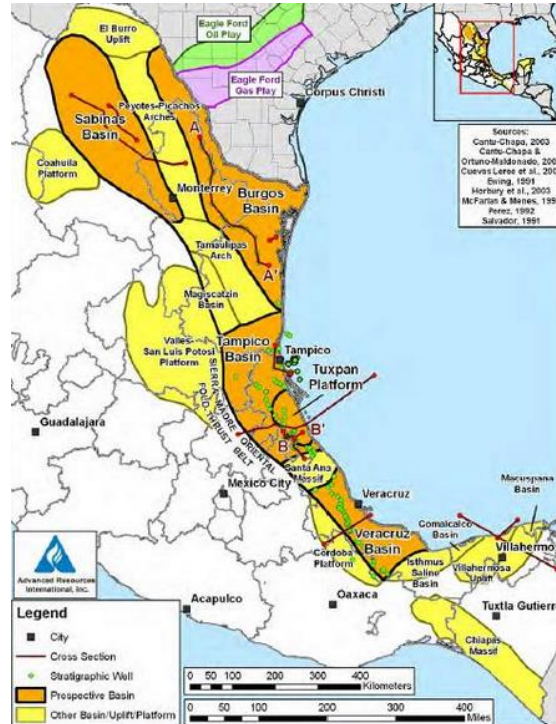


Figura 6. Bacias/formações de xisto no México, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

A tabela seguinte apresenta as bacias/formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 7. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações do México, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Burgos	Eagle Ford Shale	34,60	16,85	9,71	1,00
	Tithonian Shales	5,72	0,00	1,42	0,00
Sabinas	Eagle Ford Shale	14,19	0,00	2,83	0,00
	Tithonian La Casita	3,34	0,00	0,68	0,00
Tampico	Pimienta	4,28	21,94	0,65	0,87
Tuxpan	Tamaulipas	0,25	2,07	0,03	0,08
	Pimienta	0,28	1,91	0,03	0,08
Veracruz	Maltrata	0,59	1,11	0,08	0,05
Total		63,26	43,88	15,43	2,08

2.1.1.3 Estados Unidos da América

Os Estados Unidos são os impulsionadores da exploração do gás de xisto e óleo de xisto, tendo mesmo a nível mundial as maiores reservas de gás de xisto e a segunda maior reserva de óleo de xisto.⁹ A exploração destes recursos fez dos Estados Unidos os líderes de produção de gás de xisto e óleo de xisto.

A primeira extracção de gás a partir de formações de xisto ocorreu em Fredonia, Nova Iorque, em 1820. Mas o uso desse gás era limitado a pequenas operações; por esta altura o gás de xisto não tinha grande impacto no consumo americano de energia.

O processo de fracturação hidráulica era utilizado em 1940 nos Estados Unidos para a extracção de gás natural proveniente do calcário e arenito. Na década de 70, os Estados Unidos passavam por uma crise de produção de gás natural. Sabendo do potencial de gás existente nas suas terras, nos finais dos anos 70 os Estados Unidos aplicam o processo de fracturação hidráulica às formações de xisto. O sucesso deste processo só se viria a verificar anos mais tarde devido a inovações tecnológicas aplicadas. Apenas no ano 2000 ocorreu a produção de gás de xisto em larga escala, ou seja, para fins comerciais, em BarnettShale e nas bacias FortWorth e Permian.

Devido ao sucesso verificado outras empresas começaram de imediato a explorar novos territórios.¹⁰

No ano 2000 o gás de xisto representava apenas 1% da produção de gás natural. Em 2010, a sua produção era superior a 20%, tendo o governo definido a meta de atingir os 45% em 2035; e como visto anteriormente essa meta poderá ser atingida num futuro mais próximo.

⁹“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

¹⁰TREMBATH, Alex, JENKINS, Jesse, NORDHAUS, Ted, SHELLNBREGER, Michael, “*Where the Shale Gas Revolution Came From*”, Breakthrough Institute Energy & Climate Program, Maio 2012.

Relativamente ao óleo de xisto, também foi visto que nos Estados Unidos houve um crescimento de cerca de 56% desde 2008, prevendo-se mesmo que os Estados Unidos se tornem os maiores produtores de petróleo do mundo, ultrapassando a Arábia Saudita e Rússia.

O sucesso dessas explorações levou à revolução que hoje conhecemos, não só nos Estados Unidos mas no mundo.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações nos Estados Unidos.

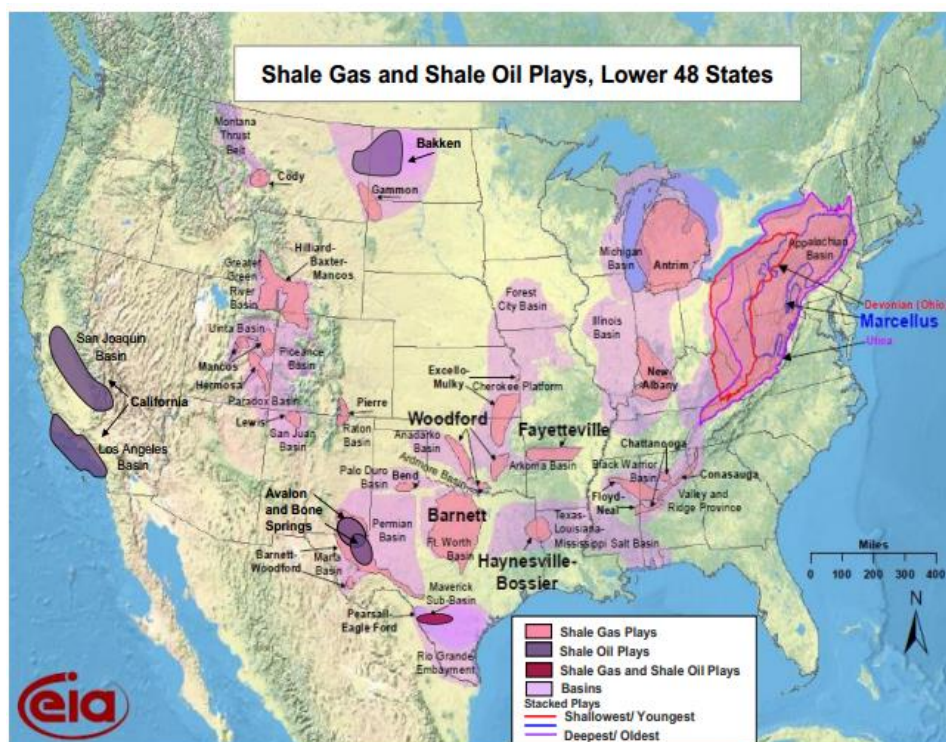


Figura 7. Bacias/formações de xisto nos Estados Unidos, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Em 2011, verificavam-se nos Estados Unidos as seguintes explorações de onde se obtiveram os seguintes dados:

Tabela 8. Recurso tecnicamente recuperável nas bacias / formações dos Estado Unidos em 2011, (Fonte: "Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays", U.S. Energy Information Administration, Julho 2011).

Bacias/Formações:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Marcelus	11,62	0,00
Big Sandy	0,21	0,00
Low Thermal Maturity	0,38	0,00
Greater Silstone	0,24	0,00
New Albany	0,31	0,00
Antrim	0,56	0,00
Cincinnati Arch	0,04	0,00
Haynesville	2,12	0,00
Eagle Ford	0,59	0,53
Floyd-Neal & Conasauga	0,12	0,00
Fayetteville	0,91	0,00
Woodford	0,63	0,00
Cana Woodford	0,16	0,00
Barnett	1,23	0,00
Barnett Woodford	0,91	0,00
Hilliard-Baxter-Mancos	0,11	0,00
Lewis	0,33	0,00
Williston-Shallow Niobrara	0,19	0,00
Mancos	0,60	0,00
Avalon & Bone Springs	0,00	0,25
Bakken	0,00	0,57
Monterey/Santos	0,00	2,45
Total	21,25	3,81

Fazendo uma comparação entre os valores obtidos em 2011 e em 2013 obtemos o seguinte:

Tabela 9. Comparação de recurso existente nos Estados Unidos nos anos 2011 e 2013, (adaptado de: U.S. Energy Information Administration).

2011			
Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
24,41		21,25	3,81

2013			
Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
131,50	151,67	32,88	7,58

Como podemos ver pelas tabelas anteriores, apesar da enorme produção de gás de xisto e óleo de xisto feita pelos Estados Unidos, verifica-se que as quantidades de recurso existente não diminuíram, pelo contrário, aumentaram. Isto significa, possivelmente, que neste período foram exploradas novas formações/bacias onde se obtiveram resultados satisfatórios.

Como causa destes resultados poderá estar a descoberta de gás de xisto e óleo de xisto num dos Estados do país, o Alasca. No Alasca, foi descoberto em 2012 a existência de uma grande reserva de gás de xisto e óleo de xisto com os seguintes valores, 2,27 biliões de m³ de gás de xisto e 0,32 mil milhões de m³ de óleo de xisto.^{11,12}

De referir, que todo este potencial verificado advém, em grande parte, de apenas 6 formações dentre as várias exploradas, sendo estas as representadas na figura seguinte:

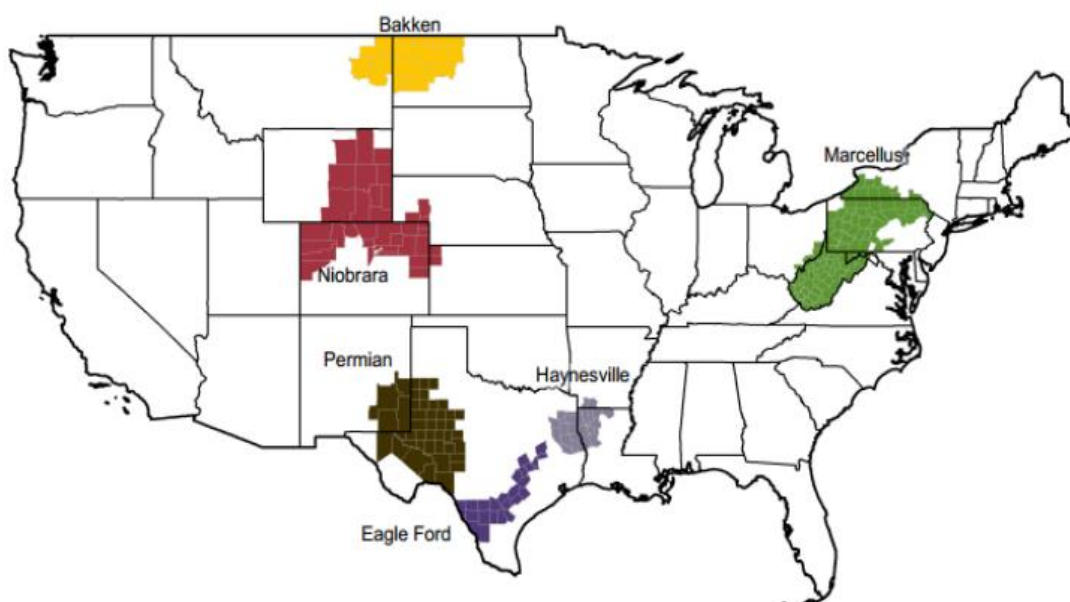


Figura 8. Principais bacias /formações de produção dos Estados Unidos (Fonte:”*Review of Emerging Resources:U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays*”, U.S.Energy Information Administration, Julho 2011).

¹¹Oil and Natural Gas Shales of Alaska, Geology.com.

¹²HOBSON, Margaret Kriz, E&E Publishing, 26 Setembro 2013.

2.1.2 América do Sul

Na América do Sul são 8 os países onde foram encontradas reservas de gás de xisto e óleo de xisto. A tabela seguinte apresenta a estimativa de recurso recuperável dos países em questão.

Tabela 10. Estimativa de recurso recuperável da América do Sul por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

País:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Argentina	22,68	4,29
Bolívia	2,92	0,60
Brasil	6,94	0,86
Chile	1,36	0,37
Colômbia	0,57	0,86
Paraguai	0,23	0,08
Uruguai	0,06	0,10
Venezuela	5,72	2,35
Total	40,48	9,51

Como se pode verificar, é na Argentina que se encontram as maiores reservas da América do Sul e, tal como os Estados Unidos na América do Norte, na América do Sul, a Argentina possui cerca de metade da reserva existente, o que torna a Argentina e os Estados Unidos duas das grandes potências mundiais. Também é possível verificar que Brasil e Venezuela, em comparação com outros que não Argentina, têm reservas consideráveis, das quais poderão retirar grande proveito.

De referir que, em comparação com a América do Norte, apenas Argentina tem reservas superiores ao Canadá e ao México.

Para vários dos países da lista apresentada, a exploração deste recurso permitirá a possibilidade de existência de um crescimento interno, saindo em alguns casos de situações económicas bastante complicadas. Alguns destes países já fazem a exploração das suas bacias e outros já têm acordos para tal.

2.1.2.1 Argentina

Na Argentina, verifica-se a existência de 4 bacias e 6 formações de xisto, sendo a formação de maior potencial a de Vaca Muerta, para a qual já existe desde 2013 um acordo para a perfuração da bacia Neuquen.^{13,14} A Argentina é considerada uma das grandes potências em gás de xisto, sendo considerada a terceira maior reserva do mundo.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Argentina.



Figura 9 . Bacias/formações de xisto na Argentina, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

¹³“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

¹⁴LAVALLER, Alberto Cisneros, ”Shale Gas in Latin America”, Global Business Consultants, Outubro 2012.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 11. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Argentina, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
Neuquen	Los Molles	27,81	9,70	7,79	0,59
	Vaca Muerta	34,04	42,93	8,72	2,58
San Jorge Basin	Aguada Bandera	7,19	0,00	1,44	0,00
	Pozo D-129	5,21	2,70	0,99	0,08
Austral-Magallanes Basin	L. Inoceramus-Magnas Verdes	17,13	20,83	3,65	1,05
Parana Basin	Ponta Grossa	0,45	0,00	0,08	0,00
Total		91,83	76,15	22,68	4,29

2.1.2.2 Bolívia

A Bolívia tem apenas uma bacia, a de Chaco, e uma formação de xisto, a de Cordobes, a qual divide com o Paraguai.¹⁵ Sendo a Bolívia um país pouco desenvolvido e pobre, em comparação com os restantes países da América do Sul, este recurso poderá ser importante para o crescimento económico do país.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Bolívia.



Figura 10. Bacias/formações de xisto na Bolívia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

¹⁵“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 12. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Bolívia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local:		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Chaco Basin	Los Monos	12,94	11,92	2,92	0,60
Total		12,94	11,92	2,92	0,60

2.1.2.3 Brasil

O Brasil tem cerca de 18 bacias pouco exploradas em terra; existem apenas dados geológicos para 3 bacias e 3 formações de xisto.

O Brasil é o oitavo país que mais consome energia no mundo, sendo grande parte dessa energia de proveniente de fontes renováveis. Até à data apenas é realizado o estudo das bacias, não havendo ainda previsão para a exploração das mesmas.¹⁶

Na Figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações no Brasil.

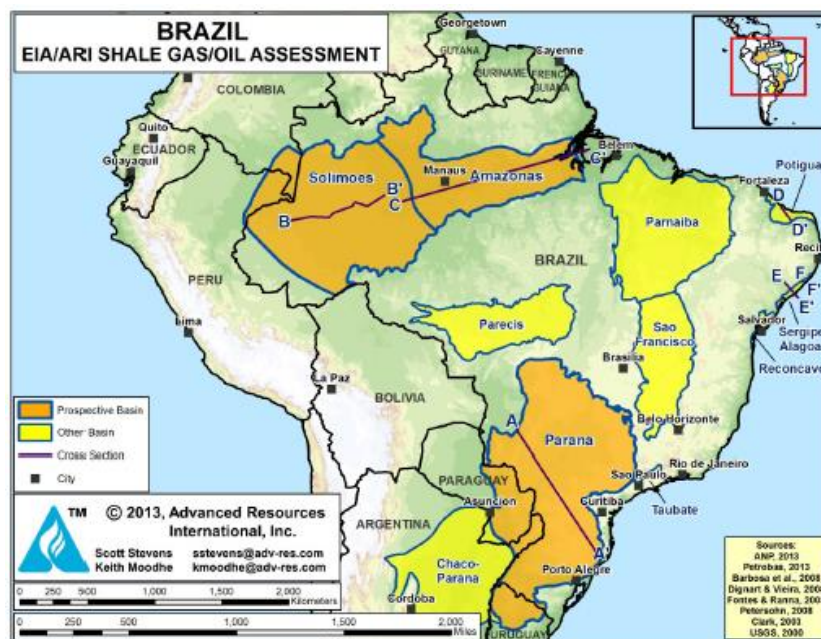


Figura 11. Bacias/formações de xisto no Brasil, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

¹⁶“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 13. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Brasil, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Parana Basin	Ponta Grossa	12,74	17,01	2,27	0,68
Solimoes Basin	Jandiatuba	9,15	1,11	1,84	0,05
Amazonas Basin	Barreirinha	14,36	3,02	2,83	0,13
Total		36,25	21,15	6,94	0,86

2.1.2.4 Chile

No Chile há apenas uma bacia e uma formação, bacia essa, partilhada com a Argentina onde se encontra grande parte da mesma. Existe a possibilidade de exploração da bacia juntamente com a Argentina.¹⁷ Tendo em conta que o crescimento económico no Chile, o qual é acompanhado pelo crescimento do consumo de energia, poderá ser viável para o país recorrer ao gás de xisto para dar resposta ao consumo de energia.¹⁸

Na Figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações no Chile.

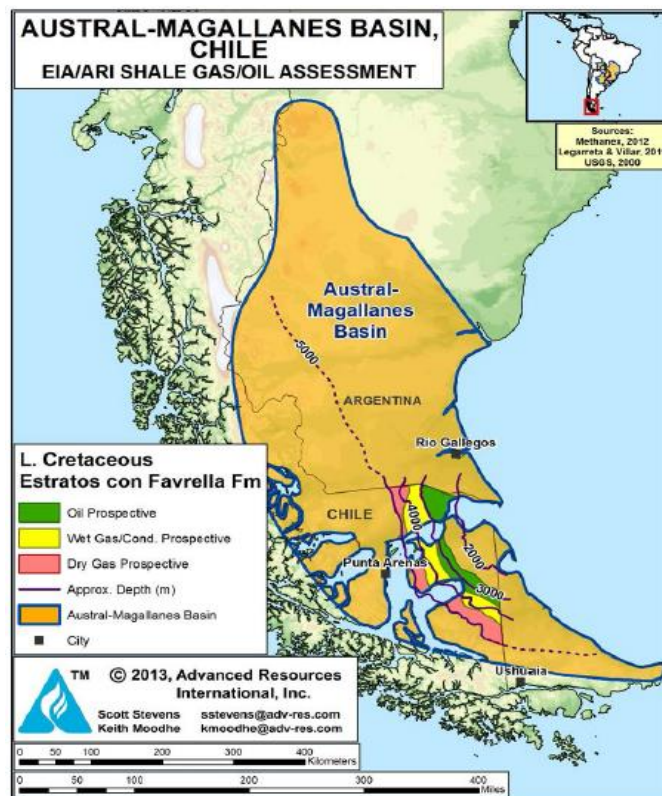


Figura 12. Bacias/formações de xisto no Chile, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

¹⁷“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

¹⁸“Shale Gas and Chile’s Energy Future”, Business Chile Magazin, Agosto 2013.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 14. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Chile, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Austral -Magallanes Basin	Estratos com Favrella	6,46	7,47	1,36	0,37
Total		6,46	7,47	1,36	0,37

2.1.2.5 Colômbia

Na Colômbia verifica-se a existência de 3 bacias e 3 formações de xisto; uma bacia/formação é dividida com a Venezuela. Ainda não foi feito qualquer tipo de extração pois ainda se discutem os impactos ambientais e procuram ver os resultados obtidos pelos restantes países, nomeadamente Argentina e Estados Unidos.^{19,20}

Na figura seguinte é possível a localização das principais bacias / formações na Colômbia.

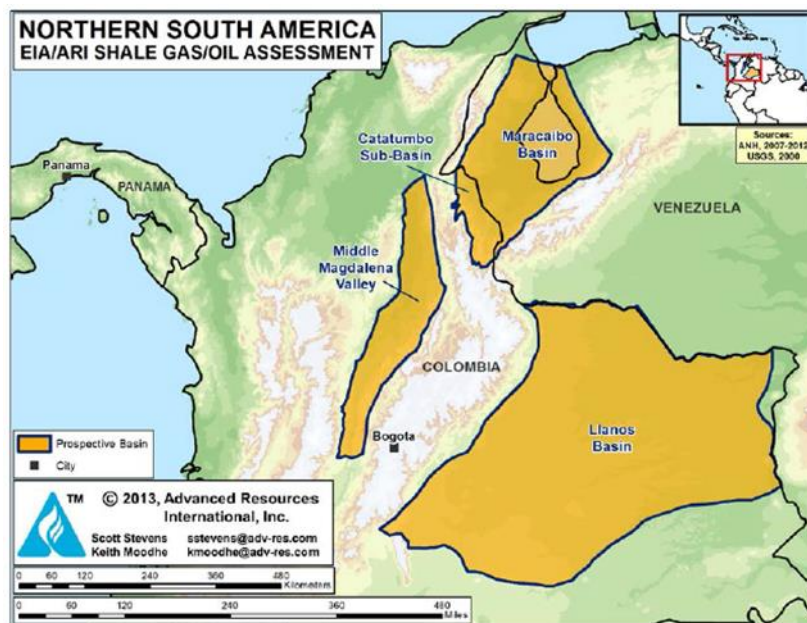


Figura 13. Bacias/formações de xisto na Colômbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

¹⁹“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

²⁰Shale Colombia 2013, Unconventional Oil & Gas Development Congress.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes apenas na Colômbia e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 15. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Colômbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Middle Magdalena Valley	La Luna / Tablazo	3,82	12,56	0,51	0,76
Llanos	Gacheta	0,51	2,07	0,06	0,10
Total		4,33	14,63	0,57	0,86

A tabela seguinte apresenta a bacia / formação partilhada por Colômbia e Venezuela e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 16. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações partilhadas por Colômbia e Venezuela, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Maracaibo Basin	La Luna / Capacho	27,47	47,22	5,72	2,35
Total		27,47	47,22	5,72	2,35

2.1.2.6 Paraguai

No Paraguai, verifica-se a existência de 2 bacias e 2 formações de xisto. As bacias do Paraguai são a bacia de Chaco, que pertence em grande parte à Bolívia, e a bacia de Paraná que pertence maioritariamente à Argentina e ao Brasil. De momento não existe exploração das bacias, mas estuda-se a possibilidade de extracção na bacia de Chaco para a produção de petróleo.^{21,22}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações no Paraguai.



Figura 14. Bacias/formações de xisto no Paraguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

²¹“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

²²VERDU, Bernard F., ” Unconventional Gas In Paraguay”, Grupo Monte Cristo, Maio 2012.

As tabelas seguintes apresentam as bacias / formações do Paraguai, sendo a segunda tabela relativa à bacia de Chaco, a qual é dividida com a Bolívia.

Tabela 17. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Paraguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Parana Basin	Ponta Grossa	1,30	2,23	0,23	0,08
Total		1,30	2,23	0,23	0,08

Tabela 18. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes na bacia de Chaco dividida por Paraguai e Bolívia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Chaco Basin	Los Monos	12,94	11,92	2,92	0,60
Total		12,94	11,92	2,92	0,60

2.1.2.7 Uruguai

No Uruguai existe apenas uma bacia e uma formação de xisto. Não se realiza qualquer tipo de extracção, mas está em estudo o potencial desta energia para o país.²³

Na figura seguinte é possível a localização das principais bacias / formações no Uruguai.



Figura 15. Bacias/formações de xisto no Uruguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

²³“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 19. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Uruguai, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Parana Basin	Cordobes	0,37	2,23	0,06	0,10
Total		0,37	2,23	0,06	0,10

2.1.2.8 Venezuela

Na Venezuela existe apenas uma bacia e uma formação de xisto, formação que, como visto anteriormente é dividida com a Colômbia. Na Venezuela não foram iniciadas explorações de gás de xisto e óleo de xisto, mas estes combustíveis são tidos como de elevado potencial.^{24,25}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Venezuela.

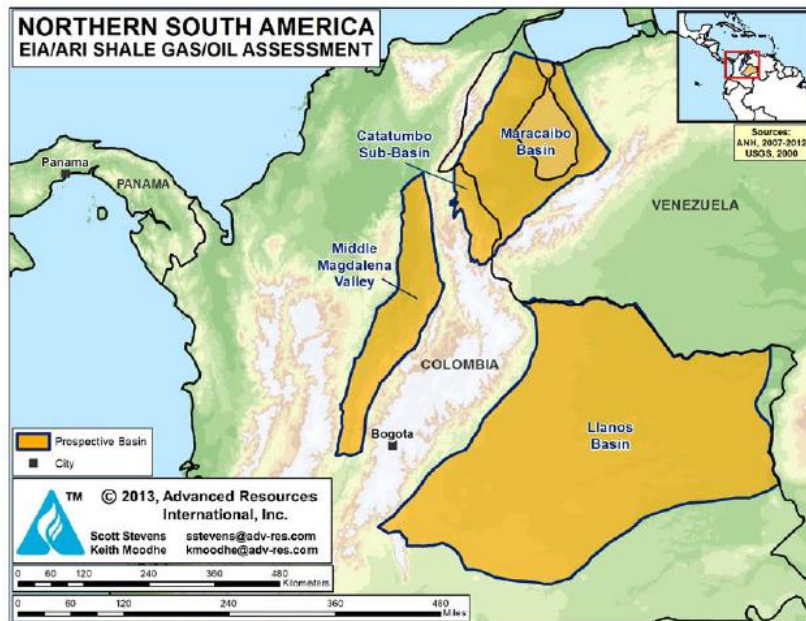


Figura 16. Bacias/formações de xisto na Venezuela, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

²⁴“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

²⁵LONGLEY, Hannah, BOTTS, Baker, “Latin America- a growing force in shale gas development?”, LLP, Agosto 2013.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 20. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Venezuela, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Maracaibo Basin	La Luna / Capacho	27,47	47,22	5,72	2,35
Total		27,47	47,22	5,72	2,35

2.2. África

Em África, foram considerados 6 países. Há outros países onde existem reservas de gás de xisto e óleo de xisto, mas (i) devido a estas reservas serem mínimas, (ii) esses países serem vizinhos de outro país com reservas mais elevadas e (iii) a formação/bacia ser comum a países vizinhos, os seus dados foram acrescentados ao do país de maior reserva. No caso da Mauritânia e do Sahara Ocidental, os seus dados são apresentados em conjunto com Marrocos.

A tabela seguinte apresenta os países africanos onde se verifica a existência de recurso.

Tabela 21. Estimativa de recurso recuperável de África por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

País:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Argélia	20,02	0,91
Egipto	2,80	0,73
Líbia	3,45	4,13
Marrocos	0,57	0,03
Tunísia	0,65	0,22
África do Sul	11,02	0,00
Total	38,51	6,02

Como se pode verificar, no tocante a gás de xisto, Argélia e África do Sul são os países com maiores reservas e onde começa a ser ponderado a exploração desse gás. Quanto ao óleo de xisto cerca de 80% da reserva total pertence à Líbia.

Fora do continente americano e ainda em alguns países do continente americano, existe forte contestação quanto ao método de extracção devido às questões ambientais. Essa contestação ocorre também nos países africanos, mas estes países para manterem o nível de consumo de energia actual, poderão ter de recorrer ao gás de xisto e ao óleo de xisto.

2.2.1 Argélia

Na Argélia há 7 bacias e 11 formações de xisto. A Argélia é um grande exportador de gás e óleo convencionais, mas as suas reservas começam a diminuir. Devido a este facto e tendo em conta que a Argélia tem uma das grandes reservas de xisto, o recurso ao gás de xisto e óleo de xisto começa a ser uma forte possibilidade para manter os níveis de exportação.^{26,27}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Argélia.

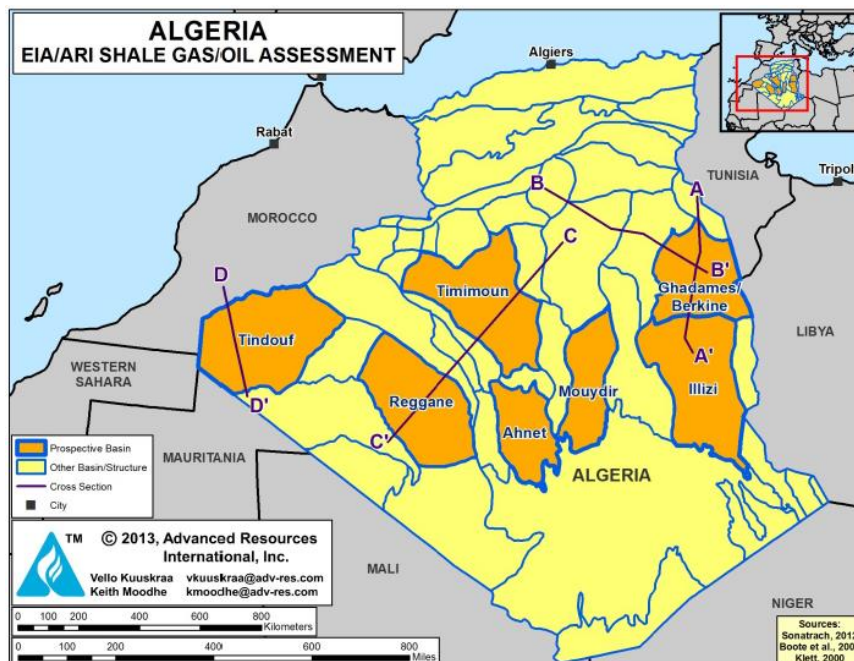


Figura 17. Bacias/formações de xisto na Argélia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

²⁶“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

²⁷“Algeria: Leveling the Playing Field for Shale Gas Exploration”, Março 2012, OilPrice.com / ShaleWorld.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 22. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Argélia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
Ghadames/Berkine	Frasnian	14,05	12,40	3,00	0,62
	Tannezuft	20,70	1,43	4,98	0,08
Illizi	Tannezuft	8,61	2,07	1,59	0,08
Mouydir	Tannezuft	1,36	0,00	0,28	0,00
Ahnet	Frasnian	1,42	0,79	0,25	0,03
	Tannezuft	7,25	0,00	1,44	0,00
Timimoun	Frasnian	13,22	0,00	2,63	0,00
	Tannezuft	8,35	0,00	1,67	0,00
Reggane	Frasnian	2,66	0,95	0,45	0,03
	Tannezuft	15,35	1,27	2,97	0,05
Tindouf	Tannezuft	3,82	0,32	0,74	0,02
Total		96,79	19,24	20,02	0,91

2.2.2 Egipto

No Egipto existem 4 bacias e 4 formações de xisto. O Egipto pondera recorrer ao gás de xisto e óleo de xisto para ter energia suficiente para a procura existente.²⁸

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações no Egipto.

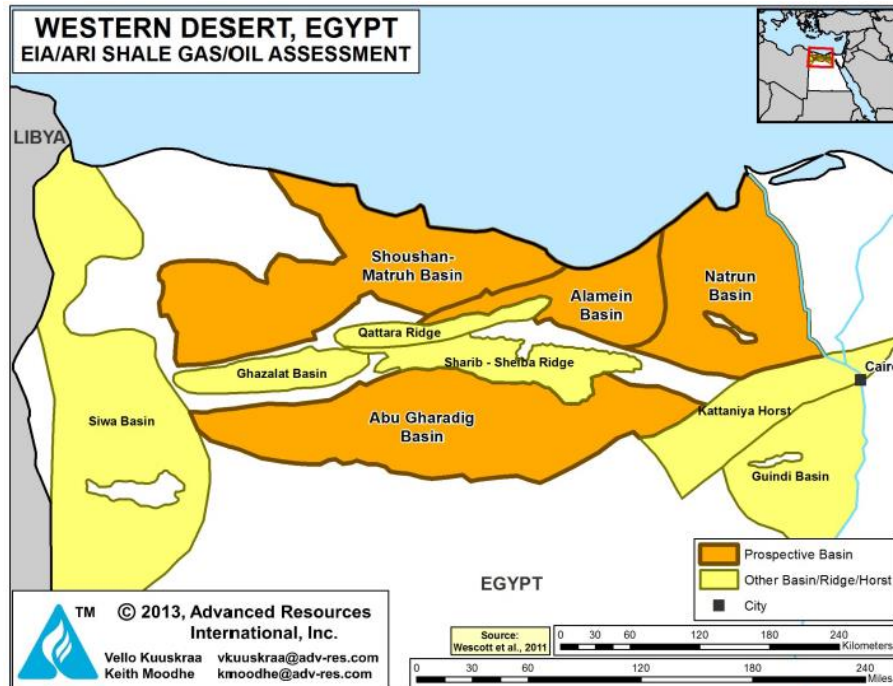


Figura 18. Bacias/formações de xisto no Egipto, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

²⁸“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 23. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Egipto, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Shoushan / Matruh	Khatatba	4,28	2,70	0,85	0,11
Abu Gharadig	Khatatba	9,23	7,47	1,84	0,30
Alamein	Khatatba	0,48	2,23	0,03	0,10
Natrun	Khatatba	1,19	5,72	0,08	0,22
Total		15,18	18,12	2,80	0,73

2.2.3 Líbia

Na Líbia existem 3 bacias e 5 formações de xisto; existe ainda outra bacia, a bacia de Kufra, mas não é possível quantificar a respectiva existência de gás e óleo, nem saber a que ponto será viável. A bacia de Sirte é uma bacia sobre a qual existem grandes esperanças visto ser rica em óleo de xisto.²⁹

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Líbia.

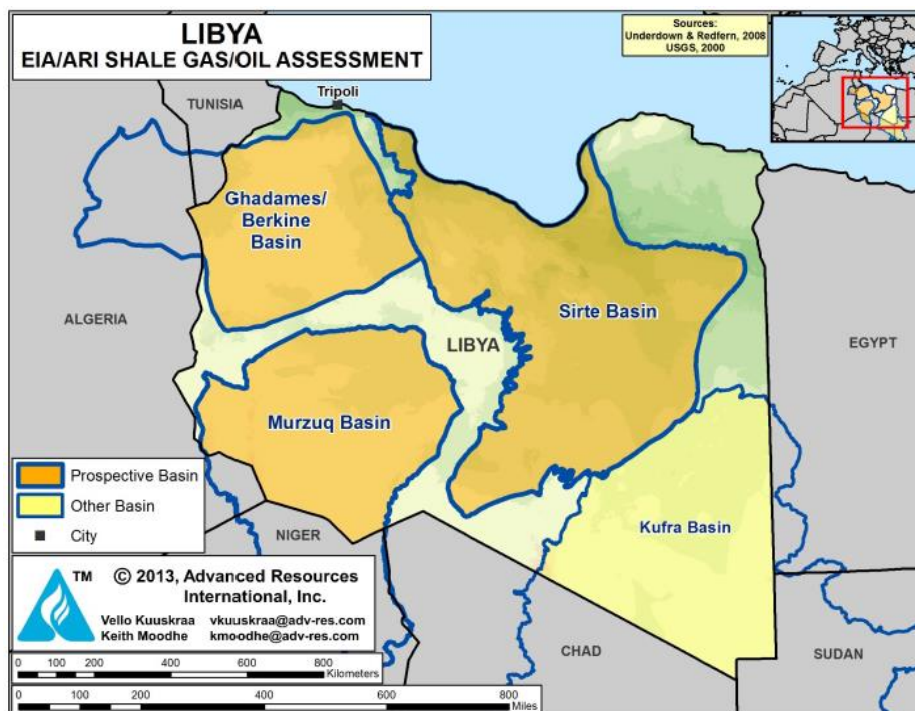


Figura 19. Bacias/formações de xisto na Líbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

²⁹“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 24. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Líbia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Ghadames	Tannezuft	6,80	16,53	1,19	0,83
	Frasnian	1,02	4,13	0,14	0,21
Sirte	Sirte/Rachmat Fms	9,91	64,55	0,79	2,58
	Etel Fm	8,44	8,11	1,27	0,32
Murzuq	Tannezuft	0,54	4,29	0,06	0,21
Total		26,70	97,62	3,45	4,13

2.2.4 Marrocos

Em Marrocos há 2 bacias e 2 formações de xisto. Neste caso, os dados recolhidos não representam apenas Marrocos, mas também a Mauritânia e o Sahara Ocidental. Isto deve-se ao facto de uma das bacias, a bacia de Tindouf, fazer parte da Mauritânia e do Sahara Ocidental.³⁰

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações em Marrocos.

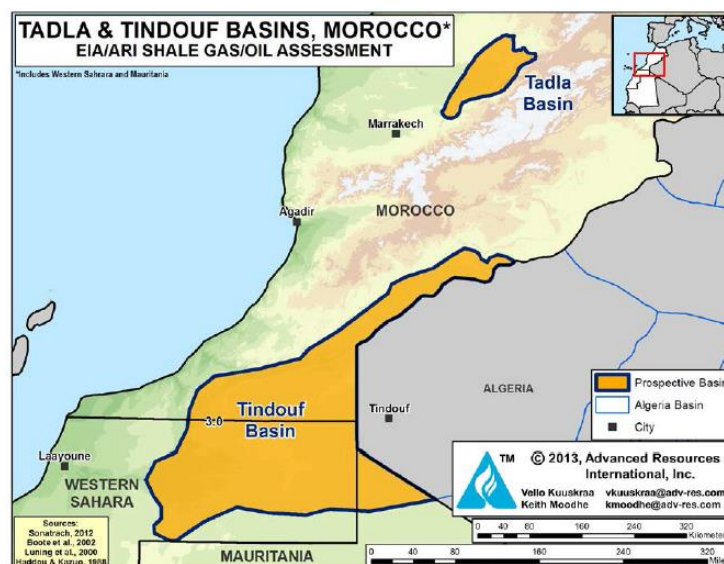


Figura 20. Bacias/formações de xisto em Marrocos, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

³⁰“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 25. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações em Marrocos, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Tindouf	LSilurian	2,12	0,79	0,48	0,03
Tadla	LSilurian	0,57	0,00	0,08	0,00
Total		2,69	0,79	0,57	0,03

2.2.5 Tunísia

Na Tunísia há 1 bacia e 2 formações de xisto; existe ainda outra bacia da qual ainda não foram recolhidos dados. A bacia conhecida é a de Ghadames, bacia de grandes dimensões, que se estende pela Tunísia, Argélia e Líbia. As formações existentes na Tunísia têm grande potencial. Foi executado um projecto para a extracção, mas devido aos impactos ambientais e ao grande protesto da população o projecto poderá ser suspenso.^{31,32}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Tunísia.

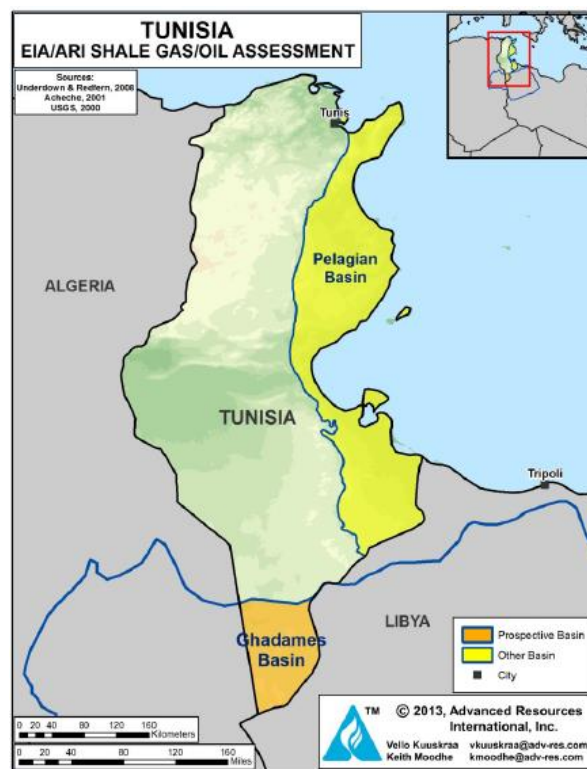


Figura 21 . Bacias/formações de xisto na Tunísia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

³¹“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

³²TESSLER, Andrew, ”*Unconventional Liquids and Gas extraction: the Tunisian context*”, Oxford Economics.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimativas.

Tabela 26. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Tunísia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Ghadames	Tannezuft	1,27	0,16	0,31	0,00
	Frasnian	1,95	4,45	0,34	0,22
Total		3,23	4,61	0,65	0,22

2.2.6 África do Sul

Na África do Sul há apenas 1 bacia e 3 formações de xisto. A bacia é a de Karoo, que ocupa cerca de dois terços do país.³³ De momento não existe extração, mas devido ao crescimento económico que o gás de xisto e óleo de xisto podem trazer ao país, existe a forte possibilidade de ocorrer futuramente um plano para a extração, apesar dos protestos devido ao método utilizado.³⁴

Na figura seguinte é possível a ver a localização das principais bacias / formações na África do Sul.

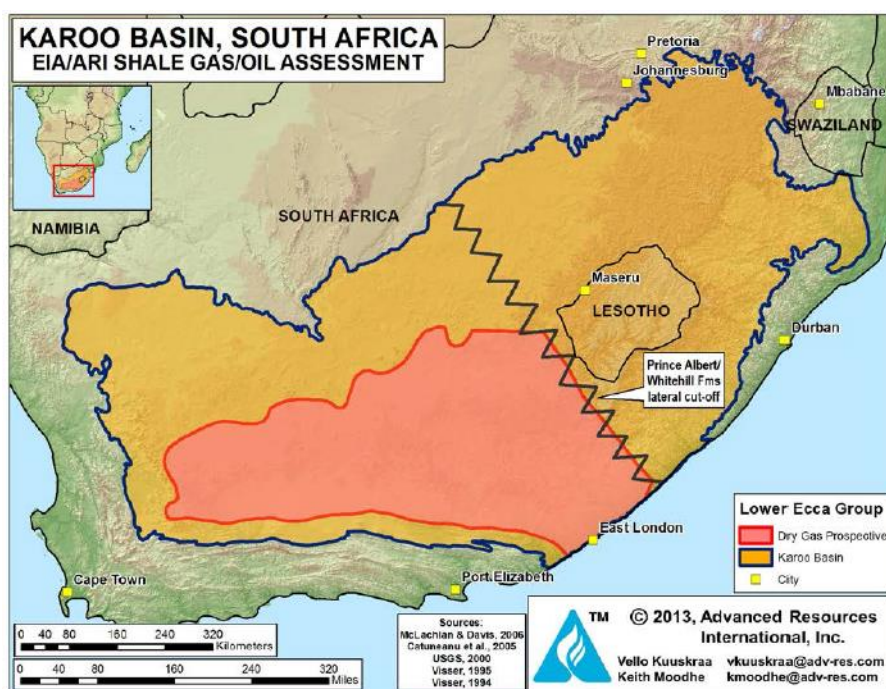


Figura 22. Bacias/formações de xisto na África do Sul, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

³³“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

³⁴GUZMAN, Timothy Alexander, ”Will South Africa Allow Shale Gas “Hydraulic Fracking” in the Karoo?”, Global Research, Março 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 27. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na África do Sul, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Karoo Basin	Prince Albert	10,90	0,00	2,72	0,00
	Whitehill	23,93	0,00	5,97	0,00
	Collingham	9,29	0,00	2,32	0,00
Total		44,12	0,00	11,02	0,00

2.3. Ásia

Na Ásia são 10 os países onde há, comprovadamente, gás de xisto e óleo de xisto. Nos restantes países asiáticos sabe-se que existem esses combustíveis, mas não se tem uma estimativa da quantidade de recurso recuperável, pelo que na tabela seguinte não constam.

Tabela 28. Estimativa de recurso recuperável da Ásia por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

País:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Arábia Saudita		
China	31,60	5,12
Índia	2,75	0,59
Indonésia	1,30	1,26
Jordânia	0,20	0,02
Mongólia	0,11	0,54
Paquistão	2,97	1,45
Síria		
Tailândia	0,14	0,00
Turquia	0,65	0,75
Total	39,72	9,73

Como se pode ver, a China é o país que maior reserva possui, não havendo mesmo na Ásia qualquer um que lhe seja comparável. Para encontrar país com reserva semelhante é necessário recordar os Estados Unidos ou Argentina, estando mesmo a China, quanto a reservas, entre estes dois países.

Na Ásia praticamente todos os países, tendo como exemplo os Estados Unidos, estão bastante interessados em explorar estes recursos, existindo mesmo alguns como é o caso da China, que já produzem e utilizam o gás de xisto.

2.3.1 Arábia Saudita

Na Arábia Saudita estima-se uma reserva com cerca de 17 biliões de m³. De momento, a energia proveniente do xisto é considerada como um recurso para utilizar apenas em caso de crise. Mas é ponderada a exploração deste recurso para a produção de energia numa central eléctrica em Jazan, para consumo interno, o que seria feito pela primeira vez.^{35,36}

³⁵HUDA, Shamsul, "Feasibility of KSA`s shale gas project", ArabNews.com, Fevereiro 2014.

³⁶HALL, Simon, "Saudi Arabia to Drill for Shale Gas This Year", The Wall Street Journal, Março 2013.

2.3.2 China

Na China há 7 bacias e 18 formações de xisto. As reservas de gás de xisto e óleo de xisto na China são, a par dos Estados Unidos, das maiores do mundo.³⁷ De momento, a China não está tão avançada como os Estados Unidos nos processos de extracção, devido ao seu terreno ser de mais difícil trabalho que o dos Estados Unidos. É de salientar que os Estados Unidos estão dispostos a ajudar na melhoria de projecto e processos na China.

A China, tendo como exemplo os Estados Unidos, recorreram de bom grado ao gás de xisto. Isto, porque a China utiliza como principal fonte de energia o carvão, que provoca muita poluição e cuja utilização os habitantes contestam. Tendo isto em conta, a China opta pela utilização do gás de xisto para produção de energia, pois resolveria em grande parte a questão da poluição do ar e o retorno financeiro seria bom, a exemplo do que ocorre nos Estados Unidos.³⁸

O Ministério de Recursos Terrestres estabeleceu como metas de produção de gás de xisto 6,5 mil milhões de m³ / ano até 2015, e 60 mil milhões de m³ / ano até 2020.

Estas metas pareciam inalcançáveis, mas um novo projecto da China PetrochemicalCorp., designado por “Sinopec’sFulingproject”, pode permitir atingir a meta de 2015 ou mesmo excedê-la.³⁹

³⁷“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

³⁸YERGIN, Daniel, “*O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos*”, Project Syndicate 26 Dezembro 2013.

³⁹GUO, Aibjung, “*China on Course to exceed 2015 Shale Target With Fuling Find*”, Bloombergnews.com, Março 2014.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na China.



Figura 23. Bacias/formações de xisto na China, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 29. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na China, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilão m³):	óleo (mil milhões m³):
Sichuan Basin	Qiongzhusi	14,16	0,00	3,54	0,00
	Longmaxi	32,45	0,00	8,13	0,00
	Permian	20,25	0,00	6,09	0,00
Yangtze Plataforma	L. Cambrian	5,13	0,00	1,27	0,00
	L. Silurian	11,75	0,00	2,94	0,00
Jiangnan Basin	Niututang / Shuijintuo	1,30	0,00	0,31	0,00
	Longmaxi	0,79	0,16	0,20	0,00
	Qixia / Maokou	1,13	0,79	0,28	0,03
Greater Basin	Mufushan	0,82	0,00	0,20	0,00
	Wufeng / Gaobaijian	4,08	0,79	1,02	0,03
	U. Permian	0,23	0,16	0,06	0,02
Tarim Basin	L. Cambrian	4,98	0,00	1,25	0,00
	L. Ordovician	10,68	0,00	2,66	0,00
	M.-U. Ordovician	7,50	4,93	1,73	0,25
	Ketuer	4,56	20,51	0,45	1,03
Junggar Basin	Pingdiquan / Lucaogou	4,87	17,33	0,48	0,86
	Triassic	5,30	21,30	0,54	1,07
Songliao Basin	Qingshankou	4,39	36,41	0,45	1,83
Total		134,36	102,39	31,60	5,12

2.3.3 Índia

Na Índia há 4 bacias e 4 formações de xisto. Existem ainda outras bacias, como se verifica na figura seguinte, mas sobre as quais não existem dados devido à não exploração. Na bacia de Cambay já foi furado um poço, tendo-se daí retirado uma pequena produção. Empresas que trabalham nos Estados Unidos estão interessadas em explorar o território indiano mas, tal como na China, as condições do terreno não são as ideais. O governo indiano está interessado em explorar este tipo de energia devido à necessidade energética existente.^{40,41}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Índia.

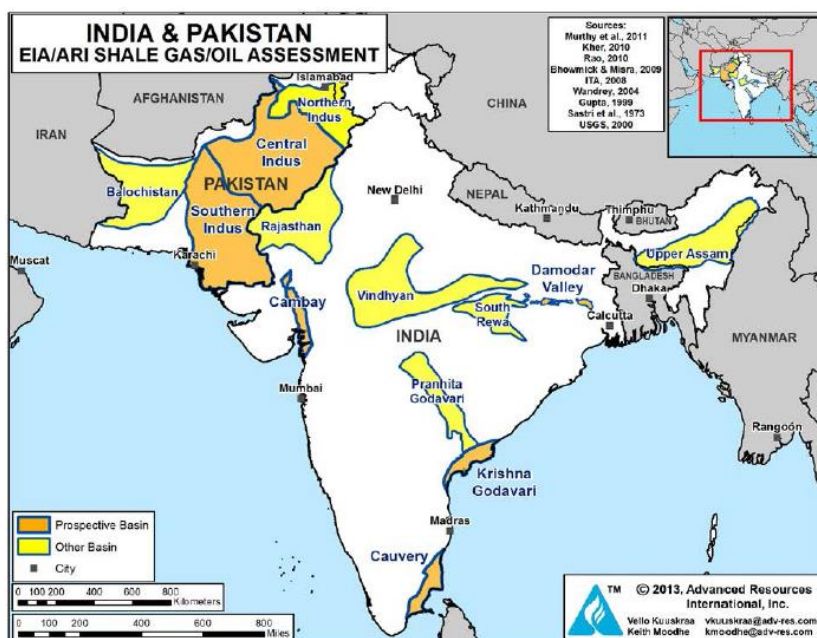


Figura 24. Bacias/formações de xisto na Índia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁴⁰“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁴¹“Shale Gas Key Considerations for India”, Ernest & Young 2013.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 30. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Índia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Cambay Basin	Cambay Shale	4,13	8,59	0,85	0,43
Krishna-Godavari	Permian - Triassic	10,79	3,18	1,61	0,10
Cauvery Basin	Sattapadi -Andimadam	0,85	1,27	0,14	0,03
Damodar Valley	Barren Measure	0,76	0,79	0,14	0,03
Total		16,54	13,83	2,75	0,59

2.3.4 Indonésia

Na Indonésia há 5 bacias e 7 formações de xisto. Actualmente, não é feita produção de gás ou óleo, mas em 2012 foram iniciados 4 projectos com a finalidade de iniciar a produção em 2018. Visto a Indonésia ser o quarto país mais habitado no mundo, as suas necessidades energéticas são elevadas e este tipo de energia poderá ser necessária no futuro, apesar de a Indonésia já ser um grande produtor de petróleo e gás natural. Dado o sucesso ocorrido nos Estados Unidos, o governo espera conseguir que os mesmos tragam a tecnologia para a Indonésia para exploração das suas reservas.^{42,43}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Indonésia.

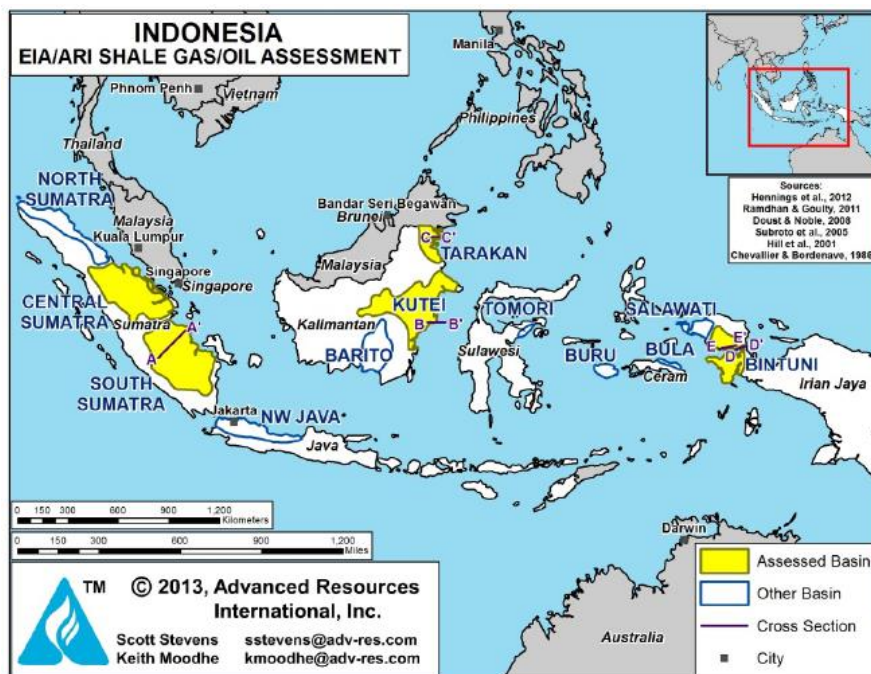


Figura 25. Bacias/formações de xisto na Indonésia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁴²“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁴³“Shale Gas Indonesia”, KPMG.com, Abril 2013.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 31. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Indonésia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
C. Sumatra	Brown Shale	1,16	10,97	0,08	0,45
S.Sumatra	Talang Akar	1,93	21,62	0,11	0,65
Tarakan	Naintupo	0,96	0,00	0,14	0,00
	Meliat	0,71	0,16	0,11	0,00
	Tabul	0,11	1,75	0,00	0,05
Kutei	Balikpapan	0,45	2,70	0,03	0,11
Bintuni	Aifam Group	3,23	0,00	0,82	0,00
Total		8,55	37,20	1,30	1,26

2.3.5 Jordânia

Na Jordânia há 2 bacias e 2 formações de xisto. O forte na Jordânia é o óleo de xisto, existindo reservas que ocupam cerca de 70% do país. O governo pretende prosseguir com a extracção dessas reservas de modo a reduzir os seus custos energéticos, criar postos de trabalho e fomentar o crescimento económico.⁴⁴

Na figura seguinte é possível a localização das principais bacias / formações na Jordânia.

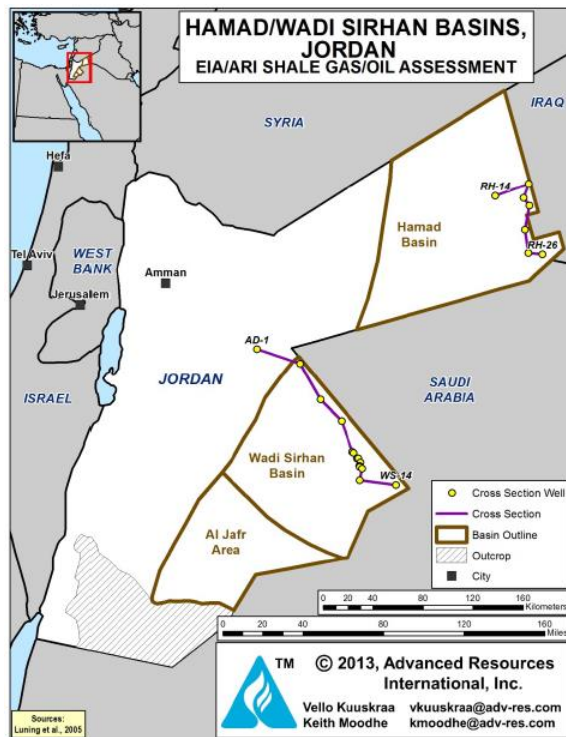


Figura 26. Bacias/formações de xisto na Jordânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁴⁴“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 32. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Jordânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Hamad	Batra	0,93	0,00	0,20	0,00
Wadi Sirhan	Batra	0,06	0,64	0,00	0,02
Total		0,99	0,64	0,20	0,02

2.3.6 Mongólia

Na Mongólia existem 2 bacias e 2 formações de xisto; há ainda outras bacias, das quais ainda não existe informação suficiente. Mongólia tem reservas limitadas de gás de xisto e óleo de xisto⁴⁵; no entanto, estas reservas são suficientes para a Mongólia pensar na comercialização, principalmente do óleo de xisto. Estas reservas podem ser o suficiente para o país explorar e crescer economicamente.⁴⁶

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Mongólia.

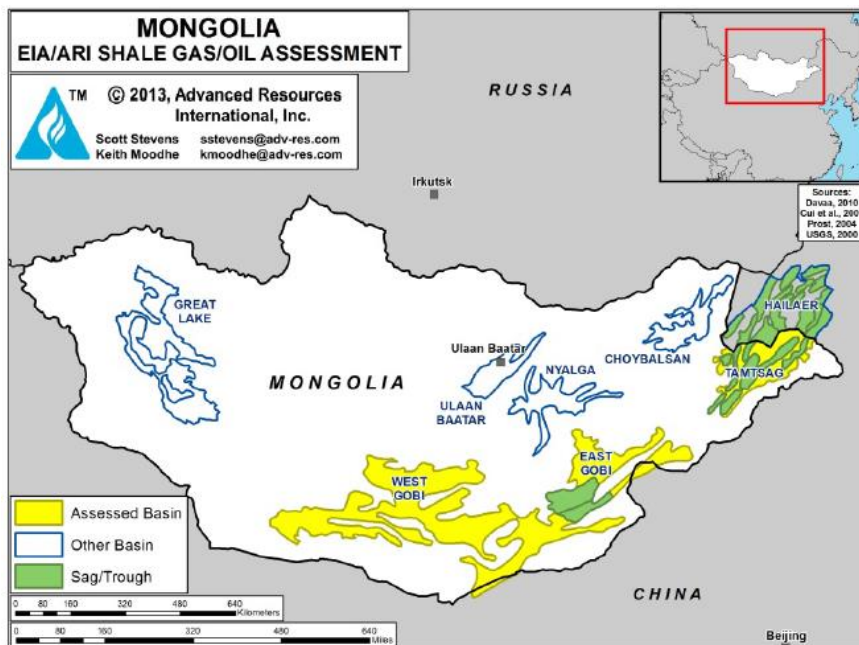


Figura 27. Bacias/formações de xisto na Mongólia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁴⁵“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁴⁶“Mongolia explores oil shale for energy security”, Oxford Business Group, Janeiro 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 33. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Mongólia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
East Gobi	Tsagaantsav	0,82	6,84	0,06	0,27
Tamtsag	Tsagaantsav	0,74	6,84	0,06	0,27
Total		1,56	13,67	0,11	0,54

2.3.7 Paquistão

No Paquistão existem 1 bacia e 2 formações de xisto; há ainda outras das quais não há dados suficientes devido à não exploração. O Paquistão terá uma reserva que ocupa mais de 70% do seu território, e crê-se que terá recursos suficientes para sustentar energeticamente o país durante 50 anos.⁴⁷ Para o crescimento do país e dar resposta aos consumos energéticos, estão em estudo projectos para o início da exploração das bacias.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações no Paquistão.

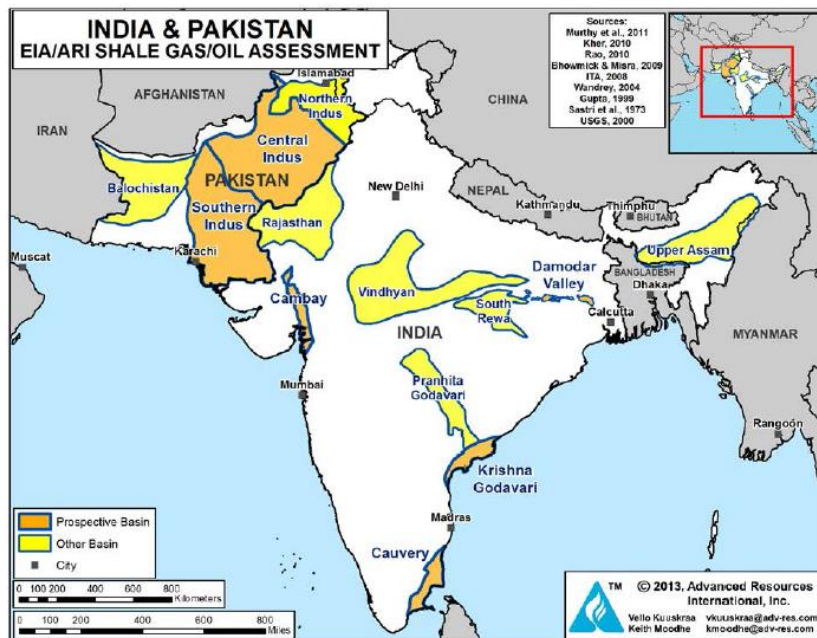


Figura 28. Bacias/formações de xisto no Paquistão, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁴⁷“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 34. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações no Paquistão, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Lower Indus	Sembar	15,04	23,05	2,86	0,92
	Ranikot	1,56	13,04	0,11	0,52
Total		16,59	36,09	2,97	1,45

2.3.8 Síria

Na Síria, na região de Aleppo, há conhecimento da existência de 105 mil milhões de m³ de óleo de xisto.

Em 2013 Israel conseguiu adquirir os direitos de exploração na Síria.

Visto a zona onde se verifica a existência de óleo de xisto ser uma zona onde não existem campos agrícolas ou habitações a sua exploração será viável.^{48,49}

Na figura seguinte é possível ver a região de Aleppo onde se encontra o grande potencial da Síria.



Figura 29. Região de Aleppo, Síria. (Fonte: Syrian Oil & Gas News).

⁴⁸”Syria has large deposits of shale oil”, dprogram.net, Dezembro 2012.

⁴⁹Syrian Oil & Gas News, Ministry Bulletin, Maio 2010

2.3.9 Tailândia

Na Tailândia existem uma bacia e uma formação de xisto. A Tailândia é um país do sudeste da Ásia com grandes perspectivas quanto ao gás de xisto e óleo de xisto. Até ao momento não foram feitas quaisquer abordagens no país quanto à exploração, mas os tailandeses pretendem inserir-se nos projectos dos Estados Unidos de modo a adquirirem conhecimento suficiente para posteriormente explorarem as bacias no seu país.⁵⁰

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Tailândia.

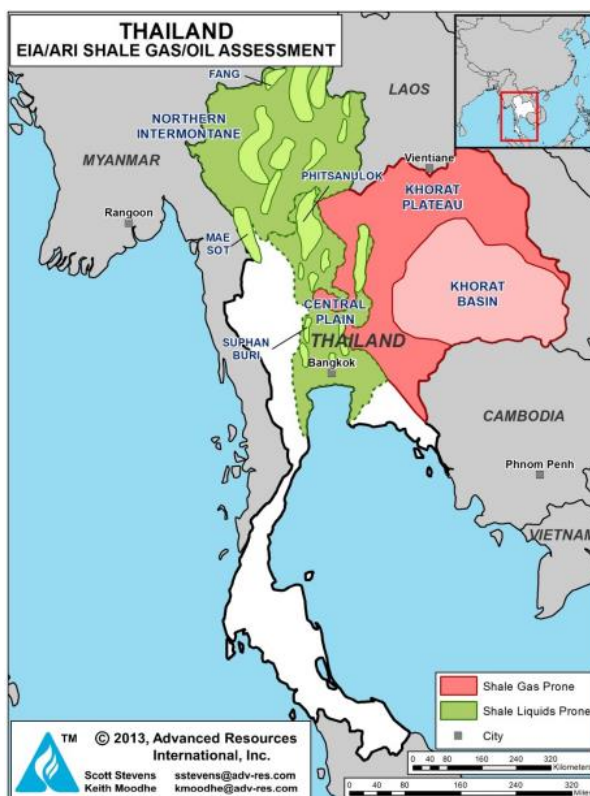


Figura 30. Bacias/formações de xisto na Tailândia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁵⁰“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 35. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Tailândia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
Khorat Basin	Nam Duk Fm	0,62	0,00	0,14	0,00
Total		0,62	0,00	0,14	0,00

2.3.10 Turquia

Na Turquia existem duas bacias e duas formações de xisto; há outras duas bacias não exploradas pelo que não existem dados sobre as mesmas. Na Turquia ambas as bacias têm explorações activas desde 2010, com o intuito de reduzir a energia importada e de modo a permitir o crescimento económico do país.⁵¹

Em 2013 os custos da Turquia com a importação de energia foram de 60 mil milhões de dólares. Turquia importa cerca de 98% do seu gás natural e cerca de 90% do óleo consumido. Como tal, e como referido anteriormente o governo pretende a produção de energia interna de modo a reduzir custos, dar segurança a nível energético e permitir o crescimento económico.⁵²

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Turquia.

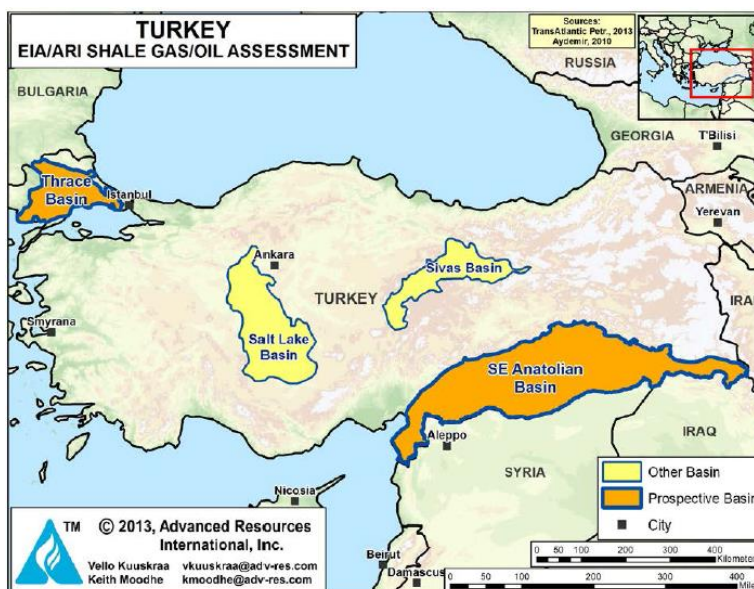


Figura 31. Bacias/formações de xisto na Turquia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁵¹“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁵²“5 Facts about Shale Gas in Turkey”, 21 de Julho de 2014, www.shaleworld.com.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 36. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Tailândia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
SE Anatolian	Dadas	3,68	14,47	0,48	0,73
Thrace	Hamitabat	0,96	0,32	0,17	0,02
Total		4,64	14,79	0,65	0,75

2.4. Europa

Na Europa são vários os países abrangidos por bacias/formações de xisto, como se pode verificar na figura seguinte.



Figura 32. Mapa Europa com bacias de xisto, (Fonte: IEA, International Energy Agency).

Para facilidade de análise dividiu-se o continente em Europa Oriental e Europa Ocidental. Alguns países devido à existência de gás de xisto e óleo de xisto ser mínima, a não estar planeada a sua exploração, não constam da lista de países analisados.

Os países analisados são os seguintes:

Tabela 37. Países da Europa onde se verifica a existência de gás de xisto e óleo de xisto, (Fontes: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013; ShaleGasEurope.eu; ShaleWorld.com; Shale Gas- Global Perspective KPMG International).

Europa:	
Europa Oriental:	Europa Ocidental:
Bulgária	Áustria
Hungria	Alemanha
Kaliningrado	Dinamarca
Lituânia	Espanha
Moldávia	França
Polónia	Holanda
Roménia	Noruega
Rússia	Portugal
Ucrânia	Reino Unido
	Suécia

2.4.1 Europa Oriental

Na Europa Oriental são 9 os países considerados e a estimativa de recurso recuperável é:

Tabela 38. Estimativa de recurso recuperável da Europa Oriental por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

País:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
Bulgária	0,20	0,03
Hungria		
Kaliningrado	0,06	0,19
Lituânia	0,00	0,03
Moldávia		
Polónia	4,11	0,29
Roménia	1,44	0,05
Rússia	8,07	11,86
Ucrânia	4,19	0,17
Total	18,07	12,62

Como se pode verificar na tabela anterior, Rússia, Polónia e Ucrânia são as maiores potências de gás de xisto da Europa Oriental; a Polónia é o país cuja população não se opõe à exploração das suas bacias; Ucrânia por sua vez, devido à crise que atravessa, poderá prosseguir para a fase de exploração de modo a tornar-se independente da Rússia, país fornecedor do gás e petróleo utilizados; a Rússia, como é sabido, é dos maiores produtores de gás natural e petróleo, mas dada a sua forte reserva não só de gás de xisto mas também de óleo de xisto, poderá passar também à produção de ambos de modo a continuar na liderança do mercado não se deixando afectar pelos Estados Unidos. A Rússia tem a maior reserva de óleo de xisto do mundo.

Tal como em África, na Europa o grande entrave para prosseguir com a exploração das bacias tem sido a contestação dos habitantes devido aos impactos ambientais.

2.4.1.1 Bulgária

Na Bulgária há 1 bacia e 2 formações de xisto; a bacia e as formações fazem também parte da Roménia pelo que os dados obtidos dizem respeito a ambos os países. Na Bulgária, foi iniciada a exploração e produção de gás de xisto, mas devido à contestação de organizações ambientais a exploração e produção, por decisão do governo pararam. Mesmo que surja outro método de extracção, que não a fracturação hidráulica, na Bulgária não devem continuar com a produção de gás de xisto.^{53,54}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Bulgária.

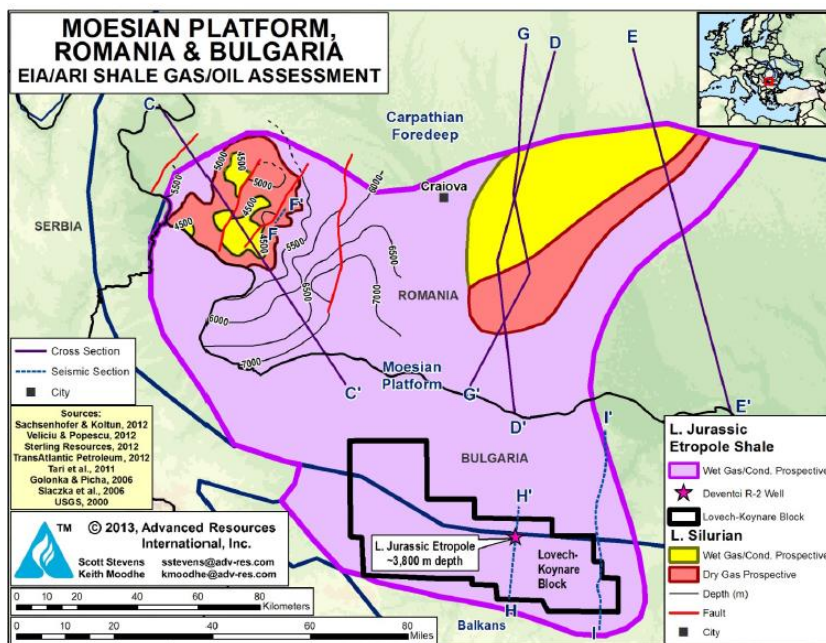


Figura 33 . Bacias/formações de xisto na Bulgária, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁵³ “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁵⁴ “Bulgaria bans shale gas drilling with “fracking” method”, BBC News Europe, Janeiro 2012.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas. Neste caso, já para Bulgária e Roménia.

Tabela 39. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Bulgária e Roménia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Moesian Platform	LSilurian	1,36	0,32	0,28	0,02
	Etopole	4,19	1,27	1,05	0,06
Total		5,55	1,59	1,33	0,08

Da bacia de MoesianPlatform, a Bulgária tem as seguintes quantidades:

Tabela 40. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes da Bulgária, na bacia/formação MesianPlataform, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013)

Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
1,87	0,64	0,20	0,03

2.4.1.2 Hungria

A Hungria dispõe na bacia de Pannonian de uma reserva de cerca de 0,1 biliões de m³ de gás de xisto. Devido às questões ambientais, a Hungria não pretende para já seguir com projectos de produção, mas sim importar dos Estados Unidos a energia necessária.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Hungria.



Figura 34. Bacia de Pannonian, Hungria, (adaptado de: IEA, International Energy Agency)

2.4.1.3 Kaliningrado

Em Kaliningrado há uma bacia e uma formação de xisto, que fazem também parte da Lituânia. Mas o maior potencial encontra-se em Kaliningrado, visto que todo o gás de xisto recuperável e cerca de 90% do óleo recuperável estão neste enclave Russo. Como se pode verificar na figura seguinte, praticamente toda a bacia se encontra em território do Kaliningrado.⁵⁵

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações no Kaliningrado.

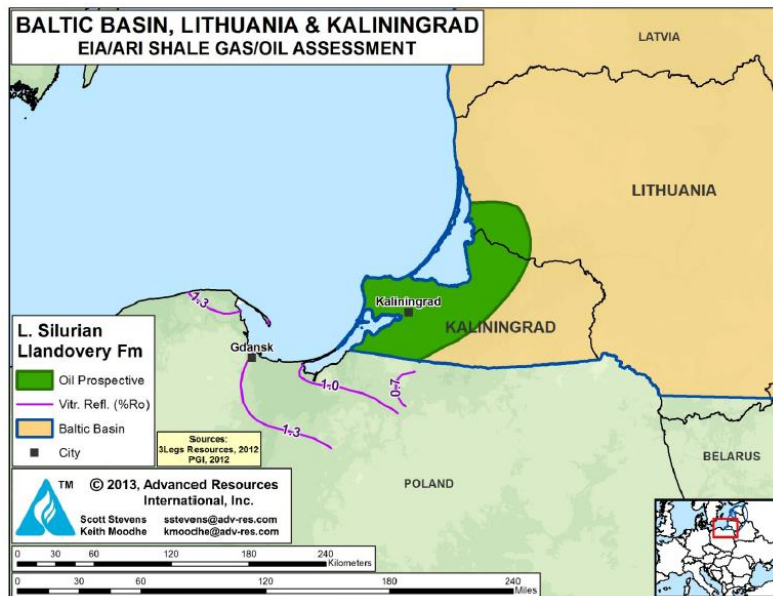


Figura 35. Bacias/formações de xisto no Kaliningrado, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁵⁵“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas. Neste caso, já para Kaliningrado e Lituânia.

Tabela 41. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Kaliningrado e Lituânia, (adaptado: de U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
BalticBasin	Llandovery	0,68	4,61	0,06	0,22
Total		0,68	4,61	0,06	0,22

Sendo, que o existente apenas em Kaliningrado é:

Tabela 42. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Kaliningrado, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
0,57	3,82	0,06	0,19

2.4.1.4 Lituânia

Como visto no ponto anterior, a Lituânia tem uma bacia e uma formação de xisto. Para a Lituânia as suas reservas não são boas, pois não pode extrair nada de gás e muito pouco de óleo relativamente ao existente.⁵⁶ Chegou a existir em 2013 uma empresa interessada na exploração, mas devido às dificuldades encontradas no terreno e também ao nível de legislação, acabaram por abandonar o projecto. Mas mantém-se a intenção do governo em explorar a bacia.⁵⁷

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Lituânia.

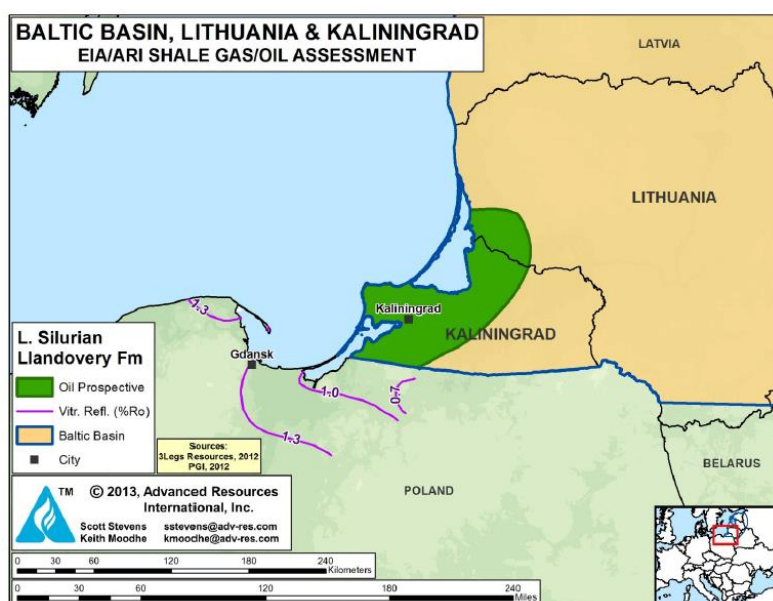


Figura 36. Bacias/formações de xisto na Lituânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁵⁶cc"Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁵⁷SYTAS, Andrius, "Chevron quit Lithuania shale gas exploration tender", Reuters.com, Outubro 2013.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas na Lituânia.

Tabela 43. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de Kaliningrado e Lituânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
BalticBasin	Llandovery	0,68	4,61	0,06	0,22
Total		0,68	4,61	0,06	0,22

Sendo, que o existente apenas na Lituânia é:

Tabela 44. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações na Lituânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
0,11	0,79	0,00	0,03

2.4.1.5 Moldávia

A Moldávia partilha a bacia Carpathian Foreland com a Ucrânia. A Ucrânia está disposta a ajudar a Moldávia na exploração da bacia em zonas fronteiriças, de modo a que ambos percam um pouco de dependência da Rússia a nível energético.⁵⁸

Na figura seguinte é possível a localização das principais bacias / formações na Moldávia.

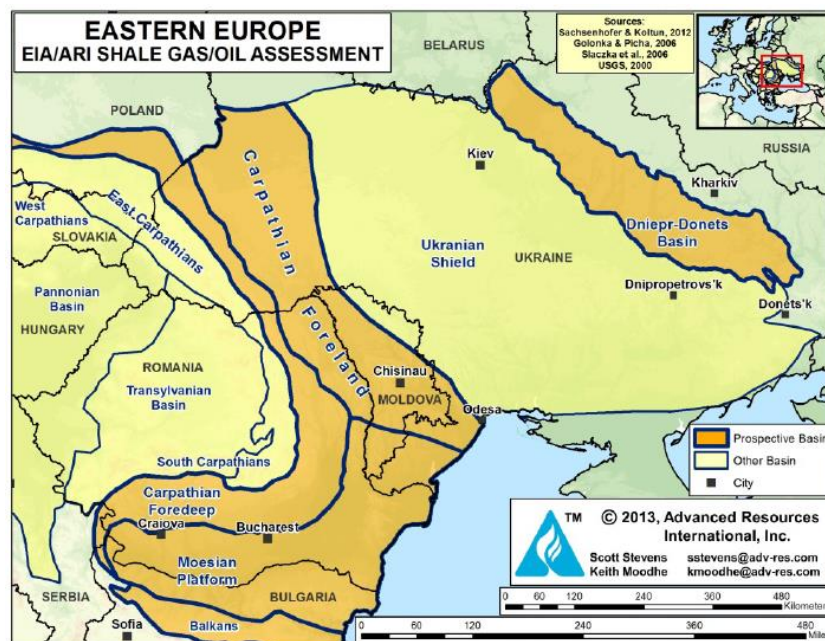


Figura 37. Bacias/formações de xisto na Moldávia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

^{58cc} Ukraine, Moldova discuss shale gas deposits”, NewEuropeOnline, Outubro 2011.

2.4.1.6 Polónia

Na Polónia há 5 bacias e 4 formações de xisto. Existem ainda outras bacias/formações, mas ainda não foram exploradas ou não existem dados suficientes.⁵⁹

A Polónia é um dos poucos países da Europa com infra-estruturas favoráveis à exploração das suas bacias e também um dos poucos cuja população não se opõe à exploração.

O início das operações deu-se em 2007, sendo o primeiro poço perfurado em 2010 na bacia Baltic. Até à data foram perfurados cerca de 50 poços para teste, mas foi utilizada a técnica de fracturação hidráulica. Alguns dos poços explorados deram já perspectivas de serem rentáveis na produção de gás de xisto a nível comercial. A Europa deposita grande esperança no recurso existente na Polónia, pois espera daí conseguir energia suficiente de forma a reduzir custos energéticos, tal como se verificou nos Estados Unidos.⁶⁰

⁵⁹“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁶⁰WASILEWSKI, Patryk, “*Poland to Accelerate Work on Setting Regulations for Shale Gas Industry*”, TheWallStreetJournal, Fevereiro 2014.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Polónia.

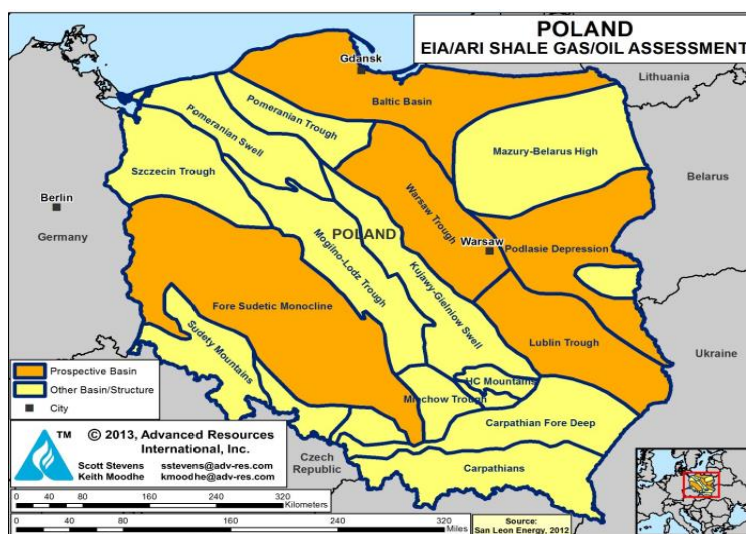


Figura 38. Bacias/formações de xisto na Polónia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 45. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Polónia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Baltic Basin / Warsaw Trough	Llandovery	15,06	3,97	2,97	0,19
Lublin	Llandovery	1,30	0,00	0,25	0,00
Podlasie	Llandovery	1,53	1,91	0,28	0,10
Fore Sudetic	Carboniferous	3,03	0,00	0,59	0,00
Total		20,93	5,88	4,11	0,29

2.4.1.7 Roménia

Na Roménia há 1 bacia e 2 formações de xisto, que fazem também parte da Bulgária pelo que os dados obtidos dizem respeito a ambos os países.⁶¹ Uma das formações, a de L.Silurian, faz também parte da Ucrânia. Tal como na Bulgária, a Roménia suspendeu em 2012 a exploração e produção do gás de xisto devido a causas ambientais. Esta situação poderá ser reversível assim que estudos europeus divulguem os resultados de pesquisa relativamente aos danos que a fracturação hidráulica pode causar na saúde, segurança e ambiente; isto também porque a Roménia, pretende ficar independente da Rússia relativamente à importação de energia.^{62,63}

Na figura seguinte é possível a localização das principais bacias / formações na Roménia.

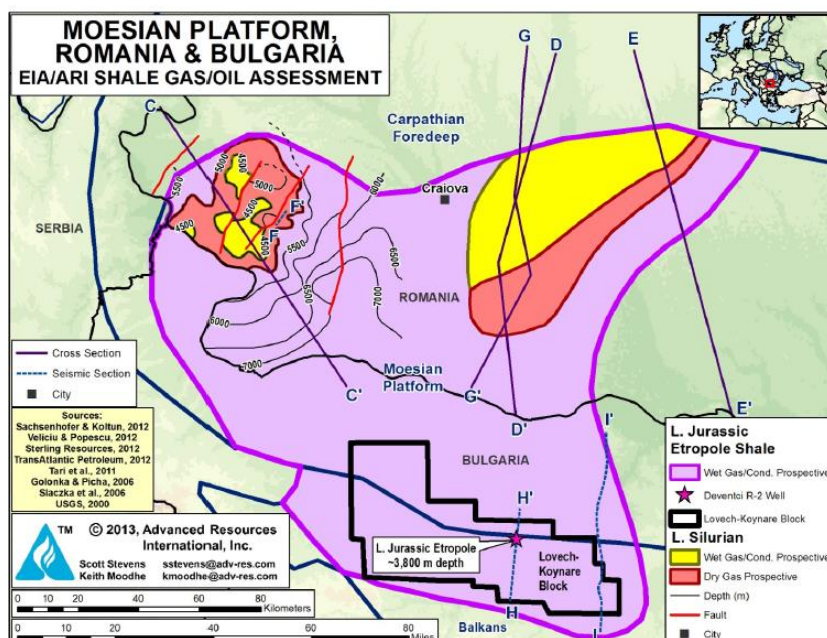


Figura 39. Bacias/formações de xisto na Roménia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁶¹“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁶²CRISTAL, Bogdan, “Chevron halts Romania shale work after protest”, Reuters.com, Dezembro 2013.

⁶³“The Shale Gas Dilemma of Romania”, EqualTimesNewsdesk, Janeiro 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas. Neste caso, já para Roménia e Bulgária.

Tabela 46. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Roménia e Bulgária, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Moesian Platform	LSilurian	1,36	0,32	0,28	0,02
	Etropole	4,19	1,27	1,05	0,06
Total		5,55	1,59	1,33	0,08

Sendo, que da bacia de MoesianPlatform, a Roménia tem os seguintes valores:

Tabela 47. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes na Roménia, na bacia de MoesianPlataform, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):
6,60	0,95	1,44	0,05

2.4.1.8 Rússia

Na Rússia há 1 bacia e 1 formação de xisto; há outras bacias que ainda não foram exploradas, pelo que não existem dados. A Rússia já é líder na produção de energia convencional, mas é o país euroasiático com maior potencial a nível de gás e óleo de xisto. Tem reservas suficientes para fazer frente, ou mesmo ultrapassar os Estados Unidos nesta revolução energética. A Rússia pretende explorar este recurso, e tornar-se líder na energia não convencional, tal como já o é na energia convencional. Existe já um acordo datado de Dezembro de 2012, para um programa piloto de exploração a decorrer até 2015. O grande entrave à exploração poderá ser as condições climáticas do país.^{64,65}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Rússia.

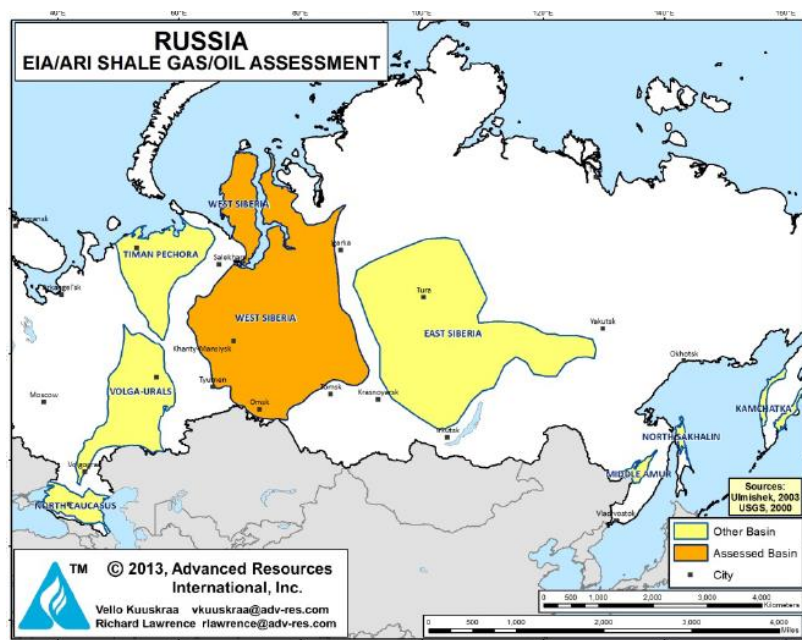


Figura 40. Bacias/formações de xisto na Rússia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁶⁴“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁶⁵COE, Charles, ” Russia takes step on shale”, NewsBase.com, Fevereiro 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 48. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Rússia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
West Siberian Central	Bazhenov Central	33,87	153,42	4,08	9,21
West Siberian North	Bazhenov North	20,53	44,20	3,99	2,66
Total		54,40	197,62	8,07	11,86

2.4.1.9 Ucrânia

Na Ucrânia há 2 bacias e 2 formações de xisto. A Ucrânia tal como a Polónia, tem das maiores reservas na Europa de gás de xisto e óleo de xisto. Dada a situação política da Ucrânia e o não entendimento com a Rússia, é de esperar que os ucranianos recorram a este recurso, não só para não dependerem da Rússia a nível energético, mas também para melhoria da economia interna. Desde finais de 2013 existe um acordo com a empresa Chevron para a exploração das bacias até 2015, contando com produção a grande escala para comercialização por volta de 2017.^{66,67}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Ucrânia.

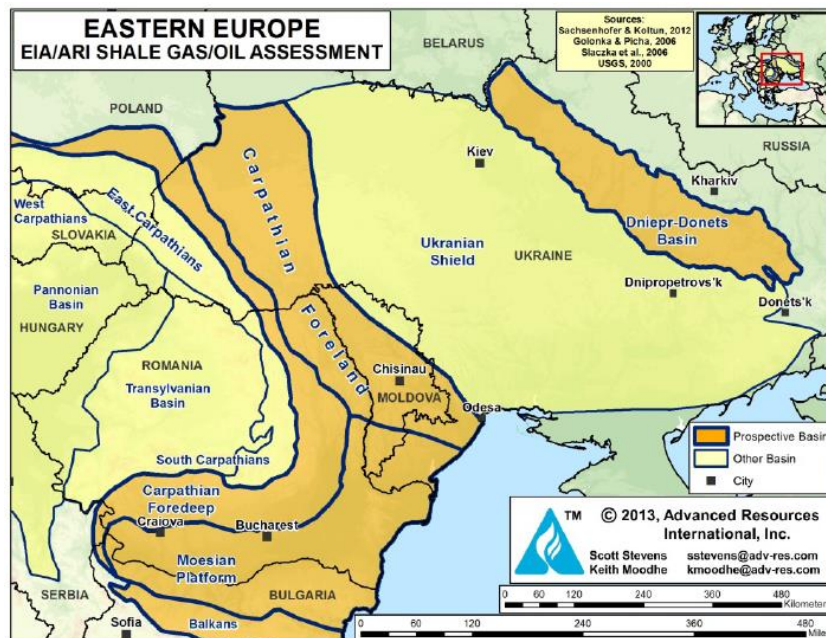


Figura 41. Bacias/formações de xisto na Ucrânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁶⁶“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁶⁷PARRY, Nat, ” Beneath the Ukraine crisis: Shale Gas”, GlobalResearch.com, Abril 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 49. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Ucrânia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Carpathian Foreland Basin	L. Silurian	10,25	0,00	2,04	0,00
Dniper - Donets	L. Carboniferous	8,83	3,66	2,15	0,17
Total		19,09	3,66	4,19	0,17

2.4.2 Europa Ocidental

Na Europa Ocidental são 10 os países onde se verificam bacias/formações de xisto, sendo esses países e as estimativas de recurso recuperável os seguintes:

Tabela 50. Estimativa de recurso recuperável da Europa Ocidental por país, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

País:	Recurso tecnicamente recuperável:	
	gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Áustria		
Alemanha	0,48	0,10
Dinamarca	0,91	0,00
Espanha	0,23	0,02
França	3,85	0,75
Holanda	0,74	0,48
Noruega		
Portugal		
Reino Unido	0,74	0,11
Suécia	0,28	0,00
Total	7,23	1,46

Alguns dos países apresentados na tabela não tem valor para o recuperável, pois ainda não foi feita exploração suficiente para obter dados.

Na Europa Ocidental, a grande potência seria a França, mas devido às questões ambientais e aos protestos existentes a exploração das suas bacias foi banida, mesmo que um novo processo de extracção seja descoberto. Isto verifica-se em grande parte dos países apresentados, apesar da situação vivida nos Estados Unidos fazer com que a exploração seja extremamente apeteável.

Em comparação com a Europa Oriental, as reservas da Europa Ocidental são bastante pequenas e por isso a grande esperança da Europa recai sobre Polónia, visto ser o país mais próximo da produção comercial. De qualquer forma, para rivalizar com o continente americano, ou mesmo só com Estados Unidos é necessário que Rússia inicie projectos de exploração e comercialização.

2.4.2.1 Áustria

Na Áustria existe a bacia de Viena. A Agência Internacional da Energia-IEA considera que a Áustria deveria avançar com a exploração do gás de xisto, pois conseguiria independência energética relativamente à Rússia; 22% da energia utilizada na Áustria advém do gás natural, que é, na sua grande parte, importado da Rússia. Estudos indicam que existe recurso para cerca de 30 anos de uso doméstico.^{68,69}

Na figura seguinte é possível a localização das principais bacias / formações na Áustria.



Figura 42. Bacia de Pannonian, Austria, (adaptado de: IEA, International Energy Agency).

⁶⁸WYNN, Gerard, “Austria should decide on use shale gas resources-IEA”, rtcc.org, atualizado Abril 2014

⁶⁹” OMV drops plans for shale gas exploration in Austria”, naturalgaseurope.com, Setembro 2012.

2.4.2.2 Alemanha

Na Alemanha há 1 bacia e 2 formações de xisto.⁷⁰ Na Alemanha apenas foram feitas perfurações horizontais para teste e é pouco provável que a Alemanha avance com a fracturação hidráulica. Primeiro, devido à contestação dos habitantes e, segundo, porque o governo, face a estas contestações, quer que sejam feitos estudos sobre a fracturação hidráulica e os perigos e impactos que possam ocorrer sobre o meio ambiente. E caso avancem para a exploração será feita sobre determinadas regras;⁷¹ essas regras já foram publicadas pelo Ministério Federal do Meio Ambiente e pelo Ministério Federal da Economia e surgem como protecção da saúde e da água potável, visto não se ter certezas quanto aos perigos existentes como referido anteriormente.

Resumidamente os pontos-chave incluem:

1. Projectos de fracturação hidráulica para a extracção de gás de xisto acima de 3000 m são proibidos pela “Lei da Água”. São permitidas medidas científicas de teste para a exploração de efeitos sobre o meio ambiente e do subsolo, se o fluido utilizado não apresentar perigo para a água;
2. Projectos de fracturação hidráulica para a extracção de gás convencional serão autorizados a continuar, visto este processo ser utilizado desde a década de 60 e não se verificarem perigos tanto para a saúde como para as águas. No entanto, o governo irá incutir regras quanto ao fluido utilizado para que não exceda determinados parâmetros;
3. Fracturação hidráulica não será permitida em zonas de protecção de águas, reservas de águas minerais, ou seja, tudo o que estiver relacionado com a produção de água potável. Do mesmo modo que não é permitido a utilização da fracturação hidráulica em áreas de protecção ambiental;

⁷⁰“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁷¹“*Fracking Falls Victim to German Coalition Building*”, naturalgaseurope.com, Novembro 2013.

4. Normas rigorosas que se aplicam a projectos que possam ser realizados em condições aceitáveis:
 - Quaisquer danos provocados pela fracturação hidráulica serão impostos às empresas;
 - Deve ser elaborado um relatório do estado inicial;
 - Deve ser realizada uma avaliação ambiental para todas as perfurações profundas;
 - A identidade das substâncias utilizadas e suas quantidades deve ser revelada;
 - Requisito de monitorização das águas subterrâneas e da superfície;
 - Retornos e integridade dos poços devem ser supervisionados;
 - Obrigação de comunicar às autoridades apropriadas;
 - Serão introduzidas autorizações legais para registos públicos de substâncias.
5. As normas anteriores aplicam-se também ao retorno do fluido utilizado na fracturação hidráulica e a depósitos de água. Detalhes como lidar com retornos e depósitos de água serão detalhados com base em tecnologia de ponta;
6. Estados federados podem introduzir outras opções regulatórias como parte do seu desenvolvimento regional.

Estas regras serão adoptadas após o intervalo legislativo de Verão de 2014.⁷²

⁷²“6 Principles for the Regulation of Fracking in Germany”, 12 de Julho de 2014, naturalgaseurope.com.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Alemanha.

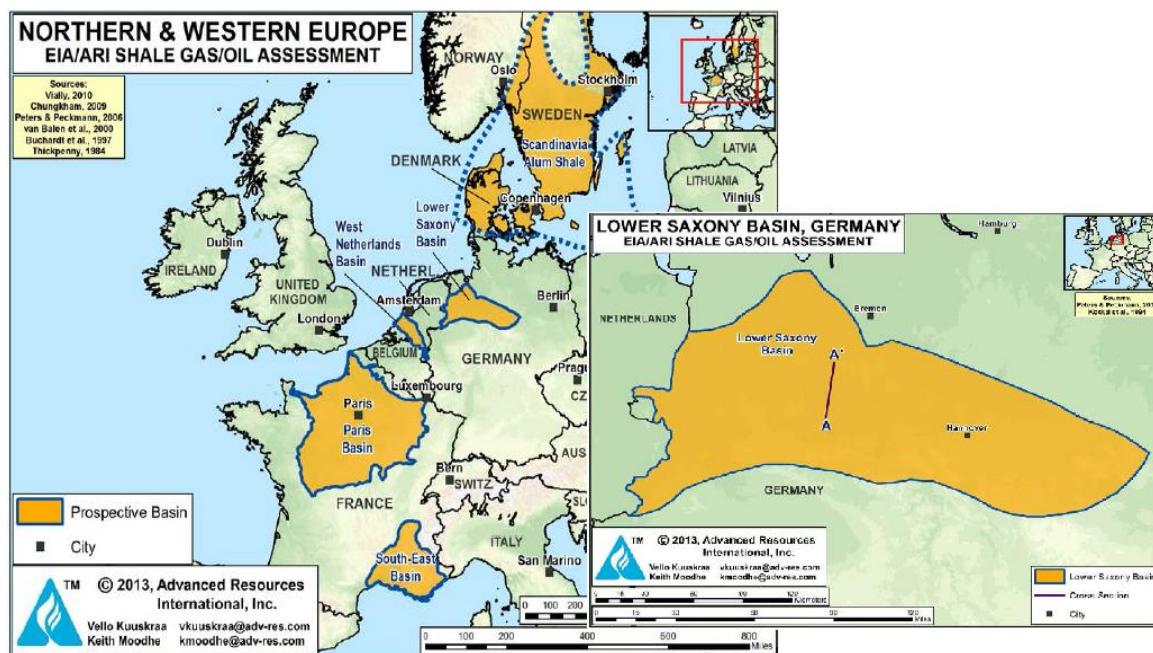


Figura 43. Bacias/formações de xisto na Alemanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 51. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Alemanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Lower Saxony	Posidonia	2,21	1,75	0,48	0,08
	Wealden	0,06	0,48	0,00	0,02
Total		2,27	2,23	0,48	0,10

2.4.2.3 Dinamarca

Na Dinamarca há apenas 1 bacia e 1 formação de xisto, que também fazem parte da Suécia.⁷³ A Dinamarca é já conhecida pela sua produção de óleo e gás convencional, mas a energia existente começa a não ser suficiente e com a previsão de o combustível fóssil acabar em 2015, a Dinamarca olha para o gás de xisto como uma boa transição. O início da exploração do gás de xisto teve início em 2010 e prolongar-se-á até 2016.⁷⁴

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Dinamarca.



Figura 44. Bacias/formações de xisto na Dinamarca, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁷³“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁷⁴“Shale Gas in Denmark”, total.com.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 52. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Dinamarca, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilião m³):	óleo (mil milhões m³):
Scandinavian Region	Alum Shale - Denmark	4,50	0,00	0,91	0,00
Total		4,50	0,00	0,91	0,00

2.4.2.4 Espanha

Em Espanha existem várias bacias, mas de momento apenas uma bacia e uma formação foram exploradas de modo a existir dados suficientes.⁷⁵ Espanha é um país que importa cerca de 99% de sua energia, gás e óleo nomeadamente. Dada a sua crise financeira actual, e a expectativa de que o país pode ter uma forte reserva de gás de xisto e óleo de xisto, o Governo, apesar dos protestos dos habitantes, criou leis de modo a que a exploração por fracturação hidráulica possa ser realizada. Entretanto, as restantes bacias vão sendo estudadas de modo a conhecer o seu potencial.⁷⁶

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações em Espanha.



Figura 45. Bacias/formações de xisto em Espanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁷⁵“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁷⁶BURGEN, Stephen, ” Spain´s oil deposits and fracking sites trigger energy gold rush”, TheGuardian.com, Março 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 53. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações em Espanha, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Cantabrian	Jurassic	1,19	0,48	0,23	0,02
Total		1,19	0,48	0,23	0,02

2.4.2.5 França

Em França há 2 bacias e 3 formações de xisto. Em França foi iniciada a exploração das bacias, mas devido à contestação da população relativamente aos perigos que a fracturação hidráulica traria ao país, as explorações foram suspensas.⁷⁷ Procuraram técnicas alternativas e foi encontrada uma técnica designada por técnica do fluoropropano. Esta técnica consistia na injeção do gás, tal como na extracção de gás e óleo convencionais onde injectam CO₂. Esta técnica já não seria prejudicial para a contaminação da água, mas visto este gás ser perigoso para a camada de ozono, o governo francês não aceitou este método. Assim, de momento não é viável a extracção de gás e óleo de xisto, até que haja um método que não provoque situações indesejadas.⁷⁸

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na França.

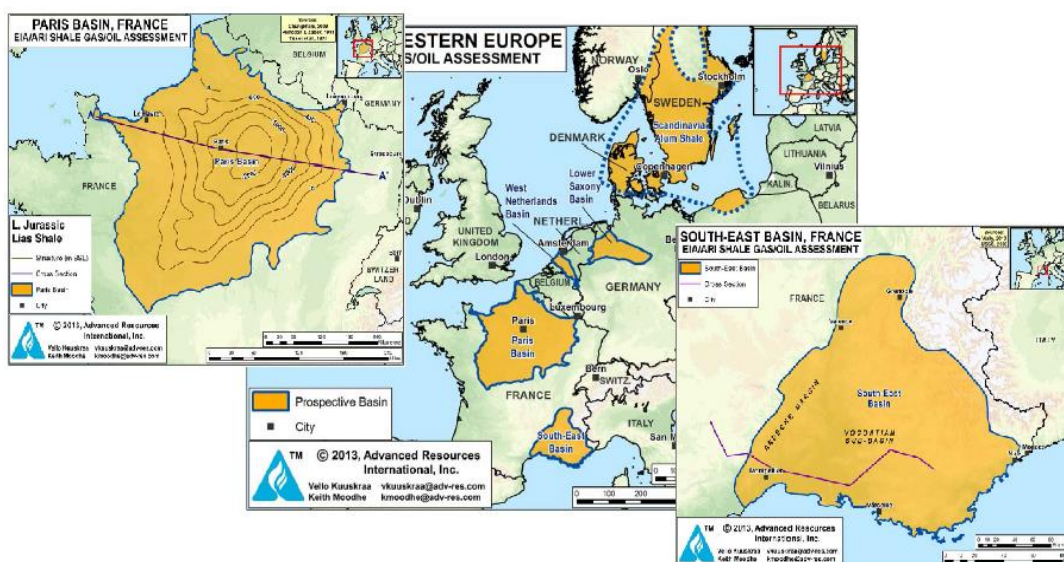


Figura 46. Bacias/formações de xisto de França, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁷⁷“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International

⁷⁸ROBERT, Aline, ” France explores “clean” shale gas extraction technique”, Euractiv.com, Fevereiro 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 54. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações de França, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Paris Basin	Lias Shale	0,68	6,04	0,06	0,24
	Permian-Carboniferous	18,86	12,56	3,60	0,51
Southeast Basin	Lias Shale	1,05	0,00	0,20	0,00
Total		20,59	18,60	3,85	0,75

2.4.2.6 Holanda

Na Holanda há 1 bacia e 3 formações de xisto; foram realizadas perfurações de teste, mas devido às questões ambientais foram suspensas tal como se verificou noutros países. Até à realização de novo estudo sobre os possíveis impactos ambientais da fracturação hidráulica não serão realizadas novas perfurações.^{79,80,81}

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Holanda.

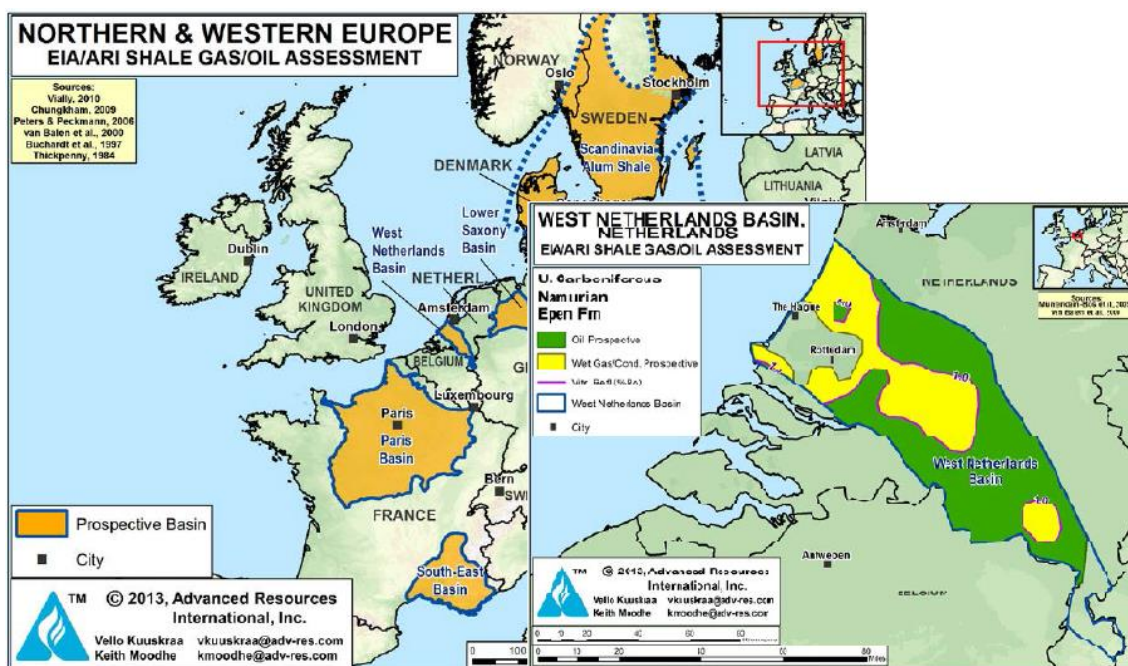


Figura 47. Bacias/formações de xisto da Holanda, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁷⁹“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁸⁰SCHAVEMAKER, Yvonne, ” Shale Gas in Netherlands”, SHIP-shale gas information.org, Maio 2012, atualizado Janeiro 2014.

⁸¹DE RIJKE, Michele, VAN DE SANDEN, Mariska, ”Shale Gas in Netherlans: Key industry updates”, Bird&Bird, Fevereiro 2014.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 55. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Holanda, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilião m ³):	óleo (mil milhões m ³):
West Netherlands Basin	Epen	2,66	7,47	0,42	0,38
	Geverik Member	1,44	0,95	0,28	0,05
	Posidonia	0,20	0,79	0,03	0,05
Total		4,30	9,22	0,74	0,48

2.4.2.7 Noruega

Na Noruega previa-se em 2011 a existência de 23,5 bilhões de m³ de gás de xisto recuperáveis na formação de AlumShale. Mas após exploração, verificou-se que o existente não é suficiente para produção, pelo que foi considerado em 2013 que não existia gás de xisto.⁸²

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Noruega.

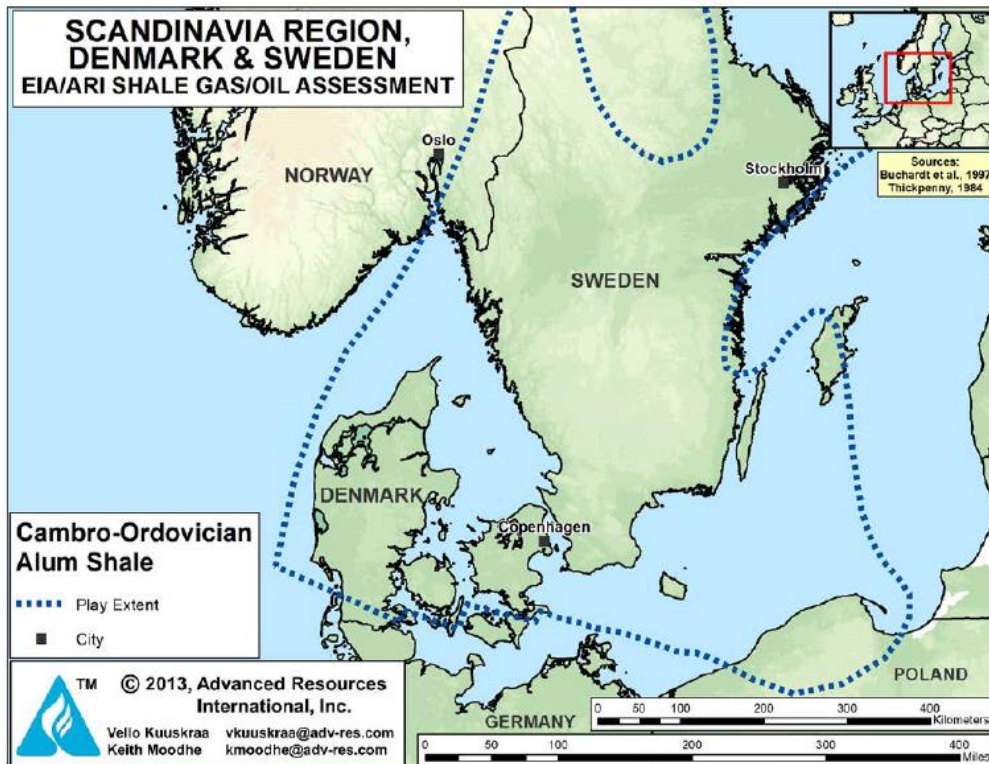


Figura 48. Bacias/formações de xisto da Noruega, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁸²“Shale Development in Norway”, Vision&Elkins Shale & Fracking Tracker.

2.4.2.8 Portugal

Em Portugal temos a bacia Lusitânica nas formações de Brenha e Candeeiros. Esta bacia é considerada suficiente para Portugal se tornar produtor de gás de xisto e óleo de xisto, tornando-se assim independente e melhorando a situação socioeconómica que atravessa. Em 2011, a bacia Lusitânica foi destacada por uma das maiores empresas de engenharia do mundo na área de óleo e gás, a empresa Schlumberger. De momento Portugal não é produtor de gás de xisto ou óleo de xisto. As empresas Galp e Mohave exploram os concelhos de Bombarral, Cadaval e Alenquer, sendo estas as zonas de maior potencial. O terreno tem sido analisado e têm sido realizadas perfurações para avaliar o potencial, mas de momento não existem dados relativos às quantidades existentes e se será economicamente viável em Portugal a exploração de poços.

Nas zonas em estudo verificam-se dificuldades de extracção pelos métodos convencionais, e existe ainda a questão da população que sente não existir transparência relativamente às explorações realizadas e futuras acções a decorrer nos locais. Existe ainda a questão de Portugal, tal como outros países da União Europeia, segundo o Pacote Energia-Clima 2020, não se desviar das energias renováveis em detrimento de combustíveis fósseis.⁸³

Como é óbvio, a reserva portuguesa não será significativa comparada com outros países da Europa, mas poderá ser o suficiente para consumo do país.

Caso se verifique que Portugal não tem reservas com viabilidade económica rentável, Portugal encontra-se em posição beneficiada para receber gás de xisto ou óleo de xisto proveniente dos Estados Unidos, o que poderá ser também de agrado para a economia portuguesa.^{84,85}

⁸³Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza, 28 de maio 2014.

⁸⁴NUNES, Filipe, “A factura da fractura hidráulica”, Jornal Mapa, Dezembro 2013.

⁸⁵”Margem Sul do Tejo Petróleo/Gás!?” , gasnaturalnaowordpress.com.

Na figura seguinte é possível ver a localização da bacia Lusitânica em Portugal.



Figura 49. Bacia Lusitânica, Portugal, (adaptado de: IEA, International Energy Agency).

2.4.2.9 Reino Unido

No Reino Unido há 2 bacias e 2 formações de xisto.⁸⁶ Foram realizadas algumas perfurações teste, mas estas provocaram pequenos sismos pelo que existiu de imediato protestos por parte da população, o que levou à suspensão dos testes para análise do sucedido.

O governo inglês acredita que o gás de xisto e óleo de xisto seria algo que traria benefícios à economia do país pois reduziria a importação de gás e óleo, o preço do gás a nível interno baixaria e a indústria poderia crescer não só, como também a nível interno. O Reino Unido tem uma forte reserva tal como a Polónia, mas as questões dos protestos aqui serão mais difíceis de inverter.

A empresa francesa Total tem um acordo para dar início à exploração e produção em 2014, tendo estes o objectivo de serem os maiores produtores no país em 2015.⁸⁷

⁸⁶“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, actualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁸⁷“*Total becomes the first major to enter into shale gas licences in the UK*”, total.com.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações no Reino Unido.

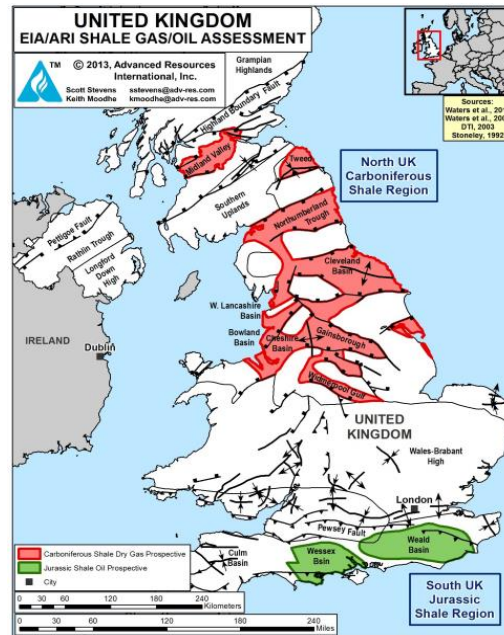


Figura 50. Bacias/formações de xisto do Reino Unido, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 56. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações do Reino Unido, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
N. UK Carboniferous Shale Region	Carboniferous Shale	3,57	0,00	0,71	0,00
S. UK Jurassic Shale Region	Lias Shale	0,23	2,70	0,03	0,11
Total		3,79	2,70	0,74	0,11

2.4.2.10 Suécia

Na Suécia há 1 bacia e 1 formação de xisto, as mesmas que a Dinamarca, como visto anteriormente. Entre 2008 e 2010, a empresa Shell realizou três perfurações, mas concluiu que não seria vantajoso a exploração das mesmas, pelo que as abandonaram.

Outras empresas continuam a explorar o território e têm obtido bons resultados, considerando que poderá ser uma boa opção no futuro.⁸⁸

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Suécia.

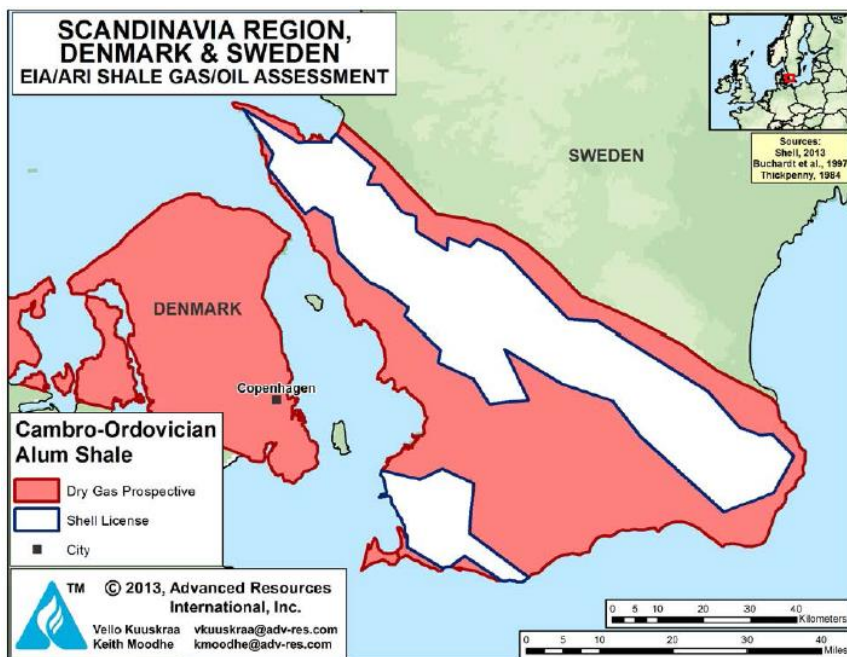


Figura 51. Bacias/formações de xisto da Suécia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

⁸⁸“Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 57. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Suécia, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):	gás (Bilhão m ³):	óleo (mil milhões m ³):
Scandinavian Region	Alum Shale - Sweden	1,39	0,00	0,28	0,00
Total		1,39	0,00	0,28	0,00

2.5. Oceânia

Neste continente apenas Austrália tem bacias/formações de gás de xisto.

2.5.1 Austrália

Na Austrália há 6 bacias e 11 formações de xisto.⁸⁹ Austrália é considerado o país mais evoluído e pronto para receber a fracturação hidráulica. Especialistas dizem que a grande revolução depois dos Estados Unidos será na Austrália devido às excelentes condições do país e às suas reservas. As explorações têm ocorrido e os resultados têm sido satisfatórios, pois demonstram grande potencial fazendo mesmo da Austrália uma das maiores reservas mundiais. Falta apenas a decisão do governo para a produção a nível comercial.^{90,91}

⁸⁹“*Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States*”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

⁹⁰CHAMBERS, Matt, “*Australia tipped to overtake China in shale boom*”, The Australian, Janeiro 2014.

⁹¹STAFFORD, James, “*Analysts pick Australia for next shale boom*”, Oilprice.com, Janeiro 2014.

Na figura seguinte é possível ver a localização das principais bacias / formações na Austrália.

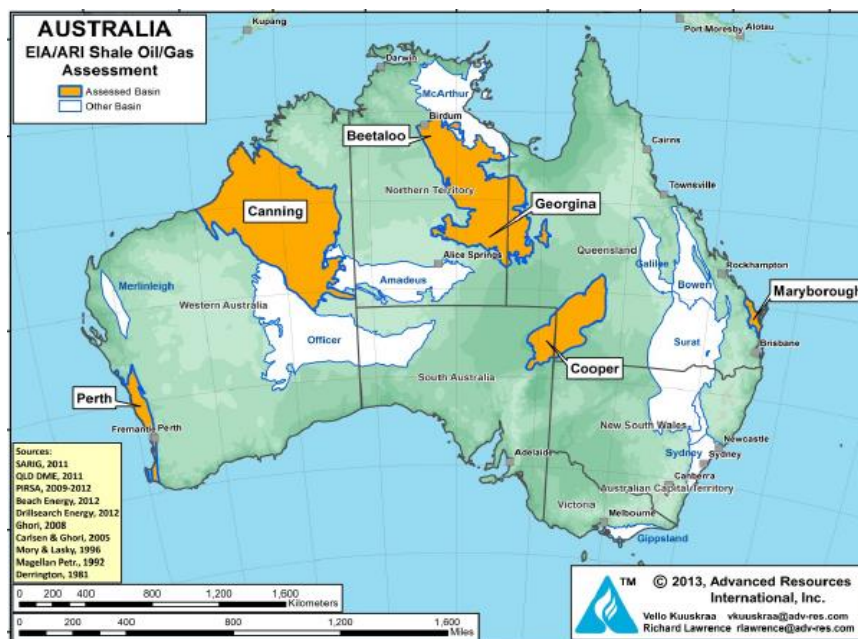


Figura 52. Bacias/formações de xisto da Austrália, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

A tabela seguinte apresenta as bacias / formações existentes e respectivas quantidades estimadas.

Tabela 58. Quantidades de gás de xisto e óleo de xisto existentes nas bacias/formações da Austrália, (adaptado de: U.S. Energy Information Agency, Advanced Resources International, Junho 2013).

Bacias:	Formações:	Estimativa de recurso existente no local :		Recurso tecnicamente recuperável:	
		gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):	gás (Bilhão m³):	óleo (mil milhões m³):
Cooper	Roseneath-Epsilon-Murteree (Nappamerri)	8,69	2,70	2,52	0,16
	Roseneath-Epsilon-Murteree (Patchawarra)	0,48	1,43	0,11	0,06
	Roseneath-Epsilon-Murteree (Tenappera)	0,03	0,48	0,00	0,02
Maryborough	Goodwood/Cherwell Mudstone	1,81	0,00	0,54	0,00
Perth	Carynginia	3,51	0,00	0,71	0,00
	Kockatea	1,25	2,23	0,23	0,08
Canning	Goldwyer	34,74	38,79	6,65	1,54
Georgina	L. Arthur Shale (Dulcie Trough)	1,16	0,48	0,23	0,02
	L. Arthur Shale (Toko Trough)	0,76	3,50	0,14	0,14
Beetaloo	M. Velkerri Shale	2,66	0,32	0,62	0,22
	L. Kyalla Shale	2,83	10,33	0,62	0,52
Total		57,94	60,26	12,37	2,77

3. Composição química do gás de xisto

O gás de xisto, mais conhecido internacionalmente como “*shale gas*”, trata-se de um gás natural não convencional semelhante ao gás natural convencional.⁹²

A composição química do gás de xisto é idêntica à composição química do gás natural convencional sendo que, em ambos, o composto predominante é o metano (CH₄); ainda em menores quantidades é possível existir na sua composição etano (C₂H₆), butano (C₄H₁₀), propano (C₃H₈) e outros hidrocarbonetos.⁹³ Pode ainda conter em pequenas quantidades vapor de água (H₂O), ácido sulfídrico (H₂S) e dióxido de carbono (CO₂); estes três compostos deverão ser removidos, sob tratamento, porquanto causam a corrosão de condutas.⁹⁴

⁹² EIA, U.S. Energy Information Administration, atualizado 5 Dezembro 2012.

⁹³ “*Types of Gas and its Use*”, PolishShaleGas.pl.

⁹⁴ WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, “*A new approach to treating shale gas*”, Optimized Gas Treating Inc. , Janeiro 2012.

De referir que a composição química de um gás pode variar consoante a região donde é extraído e tratamento que lhe é dado.⁹⁵

Numa mesma bacia é possível ter diferentes composições químicas de poço para poço, ou seja, num poço poderemos ter um elemento químico que não se aparece num outro poço. Ou poderemos ter os mesmos elementos, mas em diferentes quantidades.⁹⁶

A composição química do gás de xisto de seguida apresentada foi extraída dos seguintes estudos: GEORGE, Dr. Darin L. e BOWLES, Edgar B., “*Shale gas measurement and associated issues*”, AECOM; BULLIN, Keith e KROUSKOP, Peter, “*Composition Variety Complicates Processing Plans for US Shale Gas*”.

A Tabela 59 apresenta composição química típica do gás de xisto obtido em explorações realizadas nos Estados Unidos.

Tabela 59. Composição química típica do gás de xisto, (adaptado de: AECOM; “*Shale gas measurement and associated issues*” de Dr. Darin L. George e Edgar B. Bowles; “*Composition Variety Complicates Processing Plans for US Shale Gas*” de Keith Bullin e Peter Krouskop).

Composição química típica do gás de xisto		
Elemento:	Fórmula:	%:
Metano	CH ₄	75-97
Etano	C ₂ H ₆	2-18
Propano	C ₃ H ₈	0-4
Butano	C ₄ H ₁₀	0-5
Pentano	C ₅ H ₁₂	0-0.5
Dióxido de Carbono	CO ₂	0-3
Azoto	N ₂	0-7
Ácido Sulfídrico	H ₂ S	0-3
Água	H ₂ O	

⁹⁵“*Chemical composition of natural gas*”, Uniongas.com.

⁹⁶ WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, “*A new approach to treating shale gas*”, Optimized Gas Treating Inc., Janeiro 2012.

O gás natural como já referido, pode variar na sua composição química dependendo do local onde é extraído, tratamento que lhe é dado, entre outros factores.⁹⁷

A sua composição química é semelhante à composição química do gás de xisto, geralmente 90% da sua composição é metano (CH₄) e o restante é composto por etano (C₂H₆), butano (C₄H₁₀), entre outros.

A tabela seguinte apresenta a composição química típica do gás natural.

Tabela 60. Composição química típica do gás natural, (adaptado de: UnionGas, EnbridgeGas, NaturalGas.org, Oil&GasJournal).

Composição química típica do gás natural		
Elemento:	Fórmula:	%:
Metano	CH ₄	65-95
Etano	C ₂ H ₆	0-18
Propano	C ₃ H ₈	0-18
i-Butano	C ₄ H ₁₀	0-18
n-Butano	C ₄ H ₁₀	0-18
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0-1.5
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0-1.5
Azoto	N ₂	0-5.5
Dióxido de Carbono	CO ₂	0-8
Oxigéneo	O ₂	0-0.2
Ácido Sulfídrico	H ₂ S	0-5
Gases Raros	Ar, He, Ne, Xe	
Água	H ₂ O	

⁹⁷ "Chemical composition of natural gas", Uniongas.com.

Analisando as tabelas anteriores constata-se que os elementos em geral são os mesmos, mas a percentagem existente pode variar de elemento para elemento.

No caso de Portugal o gás natural utilizado tem a seguinte composição química.

Tabela 61. Composição química gás natural utilizado em Portugal, (adaptado de: EDP gás).

Composição química do gás natural em Portugal		
Elemento:	Fórmula:	%:
Metano	CH ₄	87,885
Etano	C ₂ H ₆	8,056
Propano	C ₃ H ₈	1,378
i-Butano	C ₄ H ₁₀	0,108
n-Butano	C ₄ H ₁₀	0,158
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0,022
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0,018
n-Hexano	C ₆ H ₁₄	0,021
Azoto	N ₂	1,088
Dióxido de Carbono	CO ₂	1,266

Como se pode verificar, a composição química do gás natural utilizado em Portugal é semelhante à composição química do gás de xisto.

3.1. Tratamento gás de xisto

O gás de xisto é considerado um gás “limpo”, ou seja, um gás que normalmente já se obtém com a qualidade necessária para ser transportado em condutas. Mas isso apenas é verdade em certos casos. Existem bacias/poços, como por exemplo a bacia de Barnett nos Estados Unidos, onde o gás extraído tem na sua composição química gases ácidos, como é caso do ácido sulfídrico (H_2S) e o dióxido de carbono (CO_2), que não são aconselháveis para as condutas pelo que o gás deve ser submetido a um tratamento para atingir valores padrão de composição química.^{98,99}

O desafio de tratar este gás é o baixo rácio entre ácido sulfídrico (H_2S) e o dióxido de carbono (CO_2), e atingir mas não exceder as especificações de CO_2 da conduta. Para atingir os valores necessários recorre-se a um solvente designado por n-Metildietanolamina (Mdea). Este solvente é também utilizado no tratamento do gás natural convencional. Utilizando este solvente, por processos de transferência de massa e transferência de calor é possível reduzir o ácido sulfídrico (H_2S) de centenas de ppm para as especificações da conduta, sem simultaneamente remover muito do dióxido de carbono (CO_2) existente.¹⁰⁰

O gás de xisto tem todo um processamento/tratamento a ser executado para além do referido. Para segurança do sistema, este é o primeiro tratamento a ser executado antes do restante processamento para posterior fornecimento dos compostos.

⁹⁸WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, *“Overcome challenges in treating shale gas”*, Optimized Gas Treating Inc. ,Janeiro 2012.

⁹⁹KAMAL, Shah, *“Transformation of Energy, Technologies in Purification and End Use of Shale Gas”*, IHI & C International Corporation, Houston, USA, 2013.

¹⁰⁰WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, *“A new approach to treating shale gas”*, Optimized Gas Treating Inc. , Janeiro 2012.

4. Aplicações do gás de xisto

A exploração e produção tanto de gás de xisto como de óleo de xisto têm como finalidade a substituição do gás natural e do petróleo nas suas diversas aplicações, visto o gás de xisto e o óleo de xisto serem, de momento, fontes de energia mais baratas.

4.1. Gás Natural e suas aplicações

Em todo o mundo se consome tanto gás natural como petróleo, sendo que muitos países simplesmente não produzem ou não produzem o suficiente desses combustíveis para os seus consumos internos. Como tal são obrigados a importar de países onde a sua produção é realizada a grande escala. Na Europa, o maior consumo energético é de gás natural e petróleo; seria de esperar que esta dependência se alterasse com recurso às energias renováveis ao longo dos anos, mas o aparecimento do gás de xisto, uma fonte de energia barata, pode retardar em certos casos o foco nas energias renováveis.

Na figura 53 é possível verificar os consumos energéticos da União Europeia, e como referido anteriormente gás e petróleo são os mais consumidos. Também se pode verificar numa projecção realizada, que em 2030 estes consumos reduziriam devido ao maior consumo de energias renováveis.

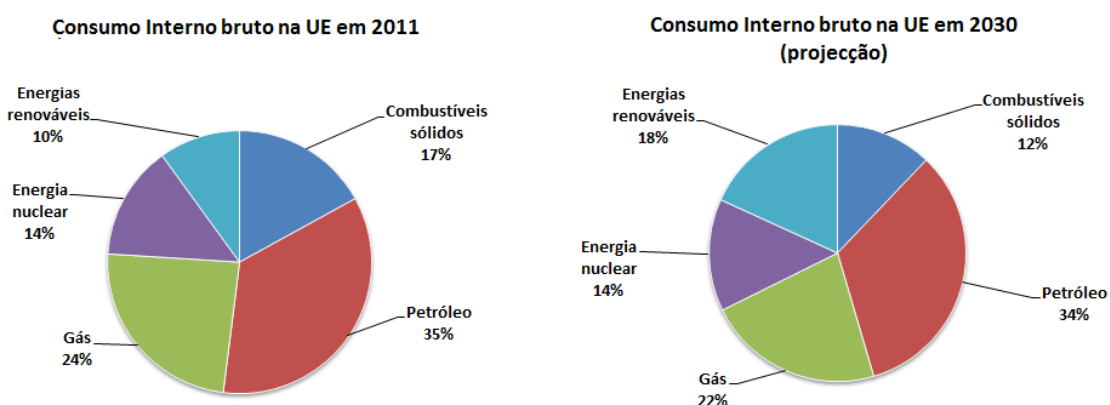


Figura 53. Consumo interno bruto na UE em 2011 e projecção para 2030, (adaptado de: “Desafios e políticas no domínio da energia”, Comissão Europeia 22 de Maio de 2013).

Tais consumos requerem que a União Europeia importe tanto petróleo como gás natural, e essa importação vem sobretudo de países líderes na sua produção como é o caso da Rússia. Deste modo muitos países tornam-se dependentes dos seus fornecedores o que impossibilita o crescimento económico do país.

A figura seguinte apresenta a importação feita pela União Europeia de gás natural e petróleo no ano de 2011. Pode verificar-se que os maiores exportadores desses combustíveis são a Rússia e Noruega, que representam cerca de metade do importado pela União Europeia.

No caso específico de Portugal, os principais fornecedores de gás natural são Argélia e Nigéria.¹⁰¹

¹⁰¹ ERSE, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.

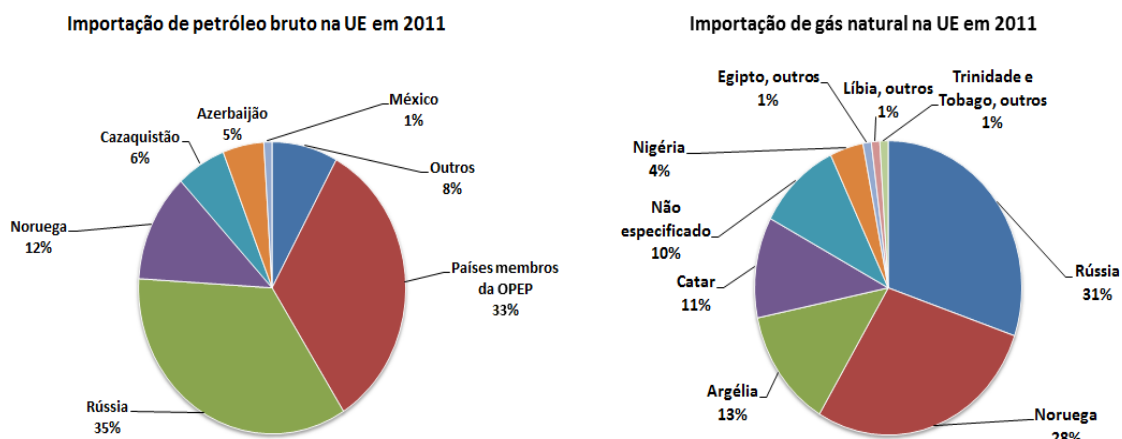


Figura 54. Importação de Petróleo / Gás Natural na Europa, (adaptado de: “Desafios e políticas no domínio da energia”, Comissão Europeia 22 de Maio de 2013).

Para melhor percepção dos consumos de gás natural no mundo, é apresentada a figura seguinte onde se pode comparar os consumos entre os vários países.

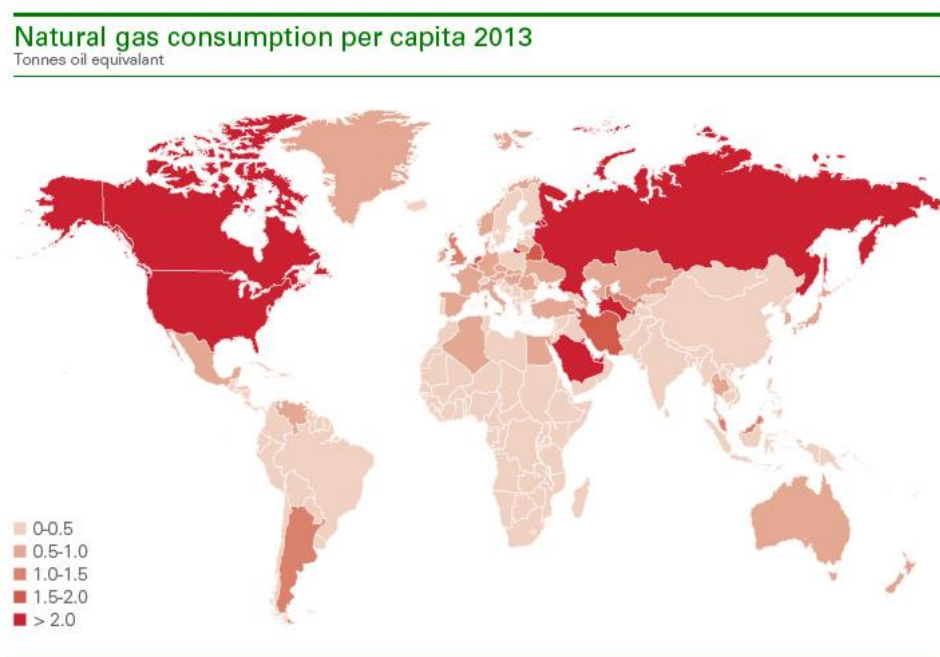


Figura 55. Consumo de gás natural per capita 2013, (adaptado de: BP Statistical Review of World Energy 2014).

Desta figura é possível verificar que Estados Unidos são dos maiores consumidores de gás natural, que importam de países como a Rússia.¹⁰²

Relativamente às aplicações do gás natural estas podem dividir-se por sectores.

No caso dos maiores consumidores de gás natural, os Estados Unidos, a aplicação do gás natural divide-se pelos seguintes sectores.

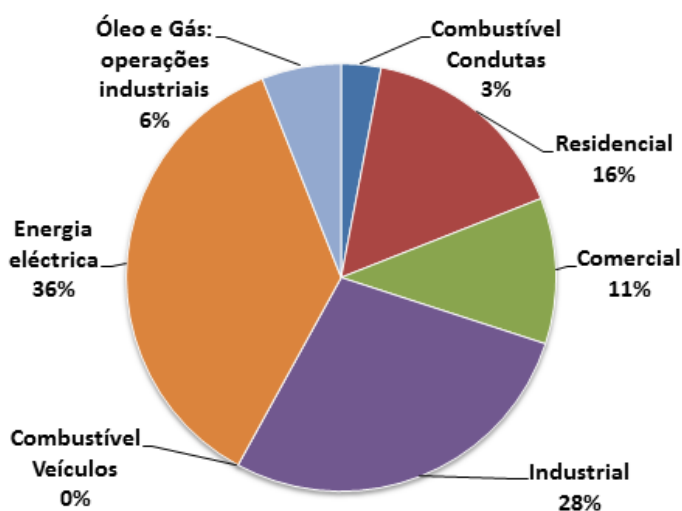


Figura 56. Consumo de gás natural por sector nos Estados Unidos em 2012, (adaptado de: “Natural Gas Consumption by End Use”, 2013 Energy Information Administration).

Em cada sector o gás natural é utilizado para diferentes finalidades, pelo que de seguida será visto sector a sector algumas das suas aplicações.¹⁰³

- No sector **residencial** o gás natural é distribuído através de condutas ou tanques de gás natural comprimido (CNG), e é utilizado maioritariamente para aquecimento de espaços e aquecimento de água. É também utilizado em fogões, fornos, entre outras aplicações.

¹⁰²YERGIN, Daniel, “O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos”, Project Syndicate 26 Dezembro 2013.

¹⁰³KING, Hobart, ”Uses of Natural Gas”, Geology.com.

- No sector **comercial** as aplicações do gás natural são as mesmas do sector residencial. Este combustível é maioritariamente utilizado para aquecimento de espaços e de águas.
- Na **geração de energia eléctrica** é onde se verifica a maior utilização de gás natural, pois de todos os combustíveis utilizados para produção de energia eléctrica, o gás natural é aquele que emite menos dióxido de carbono (CO₂).
- Quanto ao sector **industrial**, que tem forte sector de aplicação do gás natural, este gás é utilizado de várias formas e para vários fins; é utilizado como matéria-prima e como fonte de calor, para produzir fertilizantes, anticongelantes, plásticos, produtos farmacêuticos; e também para fabricar produtos químicos como o metano (CH₄), o butano (C₄H₁₀), o etano (C₂H₆) entre outros. Muitos processos industriais necessitam de calor para derreter ou secar um produto, e esta é também uma das aplicações do gás natural na indústria, como por exemplo na fabricação de vidro, aço, cerâmicas, etc.
- As companhias de produção e distribuição de **óleo e gás** são elas mesmas consumidoras de gás natural. Transportar o gás através de condutas requer estações de compressão para manter o gás pressurizado e a fluir. Estas estações necessitam de um combustível para tal, e por vezes esse combustível é o gás natural. Muitas refinarias de óleo utilizam também o gás natural para aquecimento e energia eléctrica.
- Outra aplicação do gás natural é como **combustível para veículos**. A sua aplicação aqui é reduzida; daí no gráfico da figura 56 a sua percentagem ser de 0%. Este é um sector de enorme potencial para a aplicação do gás natural, pois não só é uma fonte de combustível mais barata que gasolina ou gasóleo, como também é menos poluente. O grande entrave deve-se às poucas opções existentes para abastecer os veículos e as distâncias percorridas pelos mesmos ao utilizar este combustível.¹⁰⁴

¹⁰⁴KING, Hobart, "Uses of Natural Gas", Geology.com.

Por todo o mundo as aplicações dadas ao gás natural não são muito diferentes daquelas que os Estados Unidos lhes dão.

No caso de Portugal também é possível fazer uma análise por sectores. Através de relatórios realizados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) é possível ver a evolução dos consumos de gás natural de cada sector.

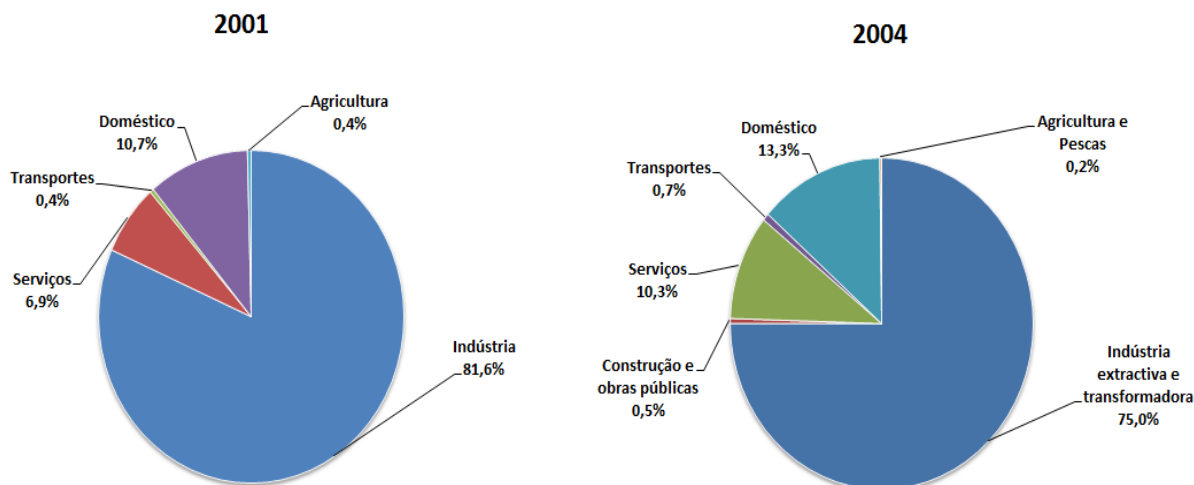


Figura 57. Estrutura do consumo de gás natural em Portugal, (adaptado de: “Caracterização do Sector do Gás Natural em Portugal”, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, Janeiro 2007).

Como se pode verificar de 2001 a 2004 o consumo de gás natural tem vindo a aumentar nos sectores domésticos e de serviços. Nos transportes, tal como nos Estados Unidos, a utilização de gás natural não é grande devido aos mesmos factores referidos acima a propósito dos Estados Unidos. O sector de maior consumo de gás natural em Portugal é o sector industrial.

4.2. Gás de xisto e suas aplicações

Dada a semelhança da composição química do gás de xisto com o gás natural, como visto no Capítulo 3, a exploração e produção do gás de xisto tem como finalidade substituir o gás natural convencional, visto ser mais barato no mercado da energia. As suas aplicações serão as mesmas que as do gás natural convencional, sendo que para já as suas principais aplicações são nos sectores doméstico, industrial e de geração de energia eléctrica.

Como já referido em capítulos anteriores, os Estados Unidos recorreram ao gás de xisto para sua independência energética e crescimento económico. Este crescimento deveu-se sobretudo ao baixo custo desta energia em comparação com o gás natural convencional.¹⁰⁵

Uma das fortes aplicações do gás natural é a produção de energia eléctrica; os Estados Unidos, ao utilizarem o gás de xisto na produção de energia eléctrica, conseguiram reduzir o seu preço como se pode verificar na figura seguinte.¹⁰⁶

Evolução dos preços a nível do utilizador final da electricidade para a indústria, excluindo impostos (2005 = índice 100)

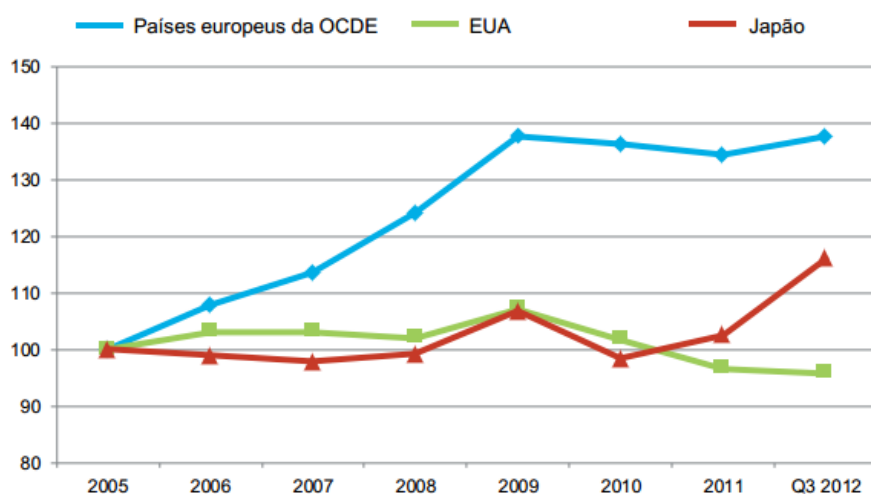


Figura 58. Evolução dos preços da electricidade para a indústria, (adaptado de: “Desafios e políticas no domínio da energia”, Comissão Europeia 22 de Maio de 2013).

¹⁰⁵YERGIN, Daniel, “O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos”, Project Syndicate 26 Dezembro 2013.

¹⁰⁶KING, Hobart, “Uses of Natural Gas”, Geology.com.

Como se pode verificar pela figura 58, os custos da electricidade para a indústria nos Estados Unidos têm vindo a descer ao contrário do que se verifica nos restantes países. A produção de gás de xisto nos Estado Unidos tem vindo a aumentar ao longo dos anos, o que leva também ao aumento da sua aplicação, nomeadamente na indústria. No gráfico da figura 58 é possível verificar esse facto, pois com o passar dos anos o preço da energia eléctrica nos Estados Unidos tem vindo a reduzir ao contrário dos outros países que utilizam o gás natural convencional e os preços da sua energia eléctrica aumentam.

5. Extracção do gás de xisto, nomeadamente por fractura hidráulica

Neste capítulo será abordado o surgimento da fracturação hidráulica, como também a descrição do processo.

Aqui será ainda abordado o fluido utilizado no processo de fracturação hidráulica, fluido esse, considerado um dos causadores de danos ambientais.

Para finalizar o capítulo serão abordados alguns custos relativos à implementação do processo em algumas explorações já a decorrer.

5.1. História da fracturação hidráulica

O processo de fracturação hidráulica era utilizado em 1940 nos Estados Unidos para a extracção de gás natural proveniente do calcário e arenito. Na década de 70, os Estados Unidos passavam por uma crise de produção de gás natural. Sabendo do potencial de gás existente nas suas terras, nos finais dos anos 70 os Estados Unidos aplicam o processo de fracturação hidráulica às formações de xisto. As técnicas convencionais de fracturação não apresentavam resultados para a extracção de gás de xisto, pelo que foi necessário realizar estudos para conhecer a geologia do xisto e assim, determinar qual o melhor meio para extrair o gás do seu interior das suas formações.

Em 1976, os engenheiros Joseph Pasini III e William K. Overby, Jr. do “Morgantown Energy Research Center”, patentearam a técnica de perfuração direccionada, mais tarde denominada de perfuração horizontal, que permitia perfurar o solo horizontalmente e, deste modo, recolher grandes quantidades de gás natural de forma mais eficiente.

Estudos realizados pela empresa Mitchell Energy nas décadas de 80 e 90, sobre a geologia do xisto, demonstraram o sucesso da técnica de múltipla fracturação horizontal em Barnett. Engenheiros desenvolveram um método de injeção de água, areia, químicos, entre outros elementos para a recuperação máxima de gás ao menor custo possível.

A combinação das técnicas de perfuração horizontal e fracturação hidráulica permitiu que o gás fosse retirado das formações de xisto de forma económica. Apenas no ano 2000 ocorreu a produção de gás de xisto em larga escala, ou seja, para fins comerciais, em BarnettShale e nas bacias FortWorth e Permian.¹⁰⁷

O sucesso verificado pelo processo de fracturação hidráulica para extracção de gás de xisto, causa nos dias de hoje uma revolução energética.

¹⁰⁷TREMBATH,Alex, JENKINS,Jesse, NORDHAUS,Ted, SHELLNBREGER,Michael,”*Where the Shale Gas Revolution Came From*”, Breakthrough Institute Energy & Climate Program, Maio 2012. Processo de fracturação hidráulica

5.2. Processo de extracção do gás de xisto por fracturação hidráulica

O processo de fracturação hidráulica, como demonstra a figura seguinte, consiste numa perfuração vertical abaixo do lençol de água subterrâneo, tal como no processo comum de extracção de gás; seguido das técnicas inovadoras que permitem a extracção do gás de xisto, nomeadamente a perfuração horizontal e a fracturação hidráulica; ou seja, após a perfuração vertical é realizada a perfuração horizontal. De seguida, é injectada a alta pressão, água juntamente com areia e químicos, que abrem fendas nas formações de xisto libertando o gás das mesmas.¹⁰⁸

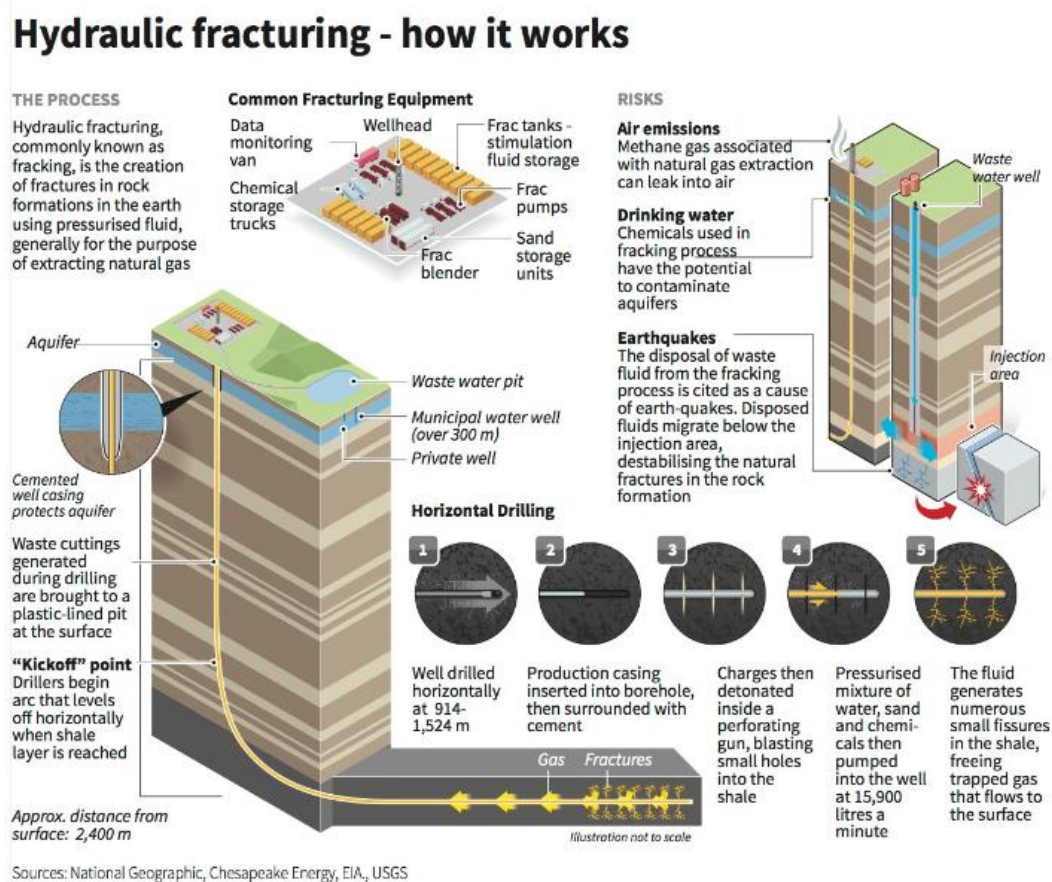


Figura 59. Processo de Fracturação Hidráulica, (adaptado de: “Hydraulic fracturing – how it works”, Thomson Reuters, 2 de Janeiro de 2013).

¹⁰⁸REUTERS, Thomson, “Hydraulic fracturing – how it works”, 2 de Janeiro de 2013.

Para melhor compreensão do processo representado na figura 59, o processo de fracturação hidráulica será seguidamente explicado passo a passo.

5.2.1 Perfuração Vertical

A extracção de gás e óleo inicia-se com as perfurações verticais e horizontais. A perfuração vertical do poço é realizada pelo processo tradicional de extracção de gás ou petróleo; é utilizada a torre de perfuração na qual existe uma haste rotativa onde se encontra a broca dotada de dentes de aço ou de uma coroa de diamante. A broca é escolhida em função da dureza da rocha a perfurar, do diâmetro do furo que se pretende abrir e da profundidade a atingir.^{109,110}

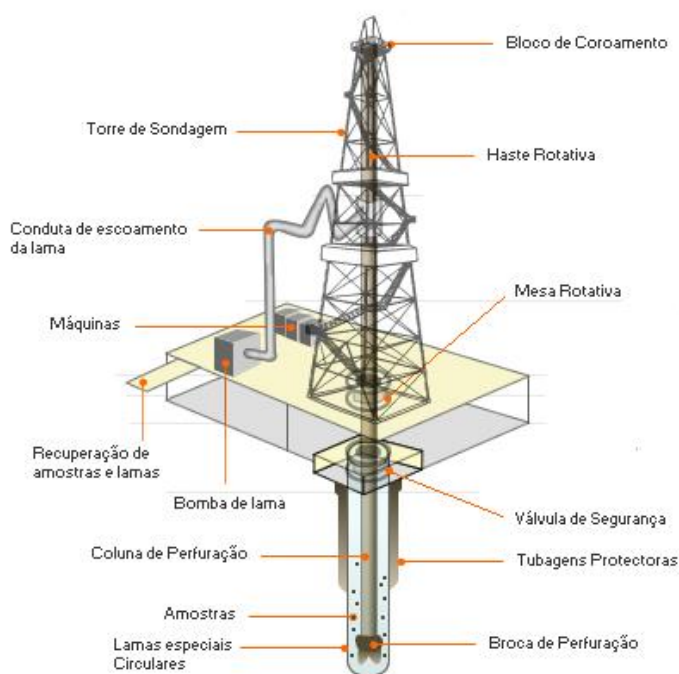


Figura 60. Perfuração vertical, (adaptado de: GALP Energia – Perfuração, actualizado 2 Junho 2011).

¹⁰⁹ www.galpennergia.com/PT/agalpennergia/os-nossos-negocios/Exploracao-Producao/fundamentos-engenharia-petroleo/Paginas/Perfuracao.aspx, actualizado 2 de Junho de 2011.

¹¹⁰ LIÉGEOIS, Jean-Paul, “*Le gaz de schistes: son exploitation*”.

O processo inicia-se por inserir no poço vertical um tubo condutor de aço para que o solo permaneça estável à medida que é furado. Para evitar que o furo colapse e também para evitar a contaminação das águas subterrâneas que se possam encontrar, são inseridas tubagens à medida que o solo é perfurado.¹¹¹

Após inserido o tubo condutor e perfurada parte do solo, é inserido um tubo de menor diâmetro e maior comprimento designado por “tubagem de superfície”; esta tubagem serve de protecção às camadas de água subterrâneas que possam existir.

Ainda para protecção das águas, antes de avançar com a perfuração do solo é revestido com cimento o espaço existente entre a superfície do poço e a superfície exterior tanto da tubagem de superfície como do tubo condutor.

Depois de concluído o processo de revestimento de cimento pode, por vezes, ser necessário instalar na superfície equipamentos de prevenção de rupturas, de modo a evitar que fluidos pressurizados que possam ser encontrados durante a perfuração venham para o exterior do poço através do espaço entre a tubagem de superfície e parede do poço.

Quando o cimento se encontra seco, a perfuração continua por uma curta distância entre os 3 e os 6m, para de seguida a integridade do cimento ser testada através da pressurização do poço.¹¹²

¹¹¹LIÉGEOIS, Jean-Paul, “*Le gaz de schistes:son exploitation*”.

¹¹²ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

Realizado o teste ao revestimento de cimento a perfuração contínua até ser necessário novo tubo denominado “tubagem intermédia”. A tubagem intermédia usa-se porque entre a tubagem de superfície e as formações de xisto o poço passa por vários metros de formações rochosas, as quais poderão conter hidrocarbonetos como gás natural, ou poderão conter água com forte concentração salina, ou ainda contaminantes. A tubagem intermédia protege desses contaminantes, tanto o poço como o gás extraído, assim como os lençóis de água subterrâneos que possam existir. Antes de passar à perfuração horizontal, é feito o revestimento em cimento entre as superfícies da tubagem intermédia e da tubagem de superfície.¹¹³

Visualmente, este processo será o que se pode ver nas figuras seguintes, estando na figura60 delimitado pelo quadrado a vermelho.

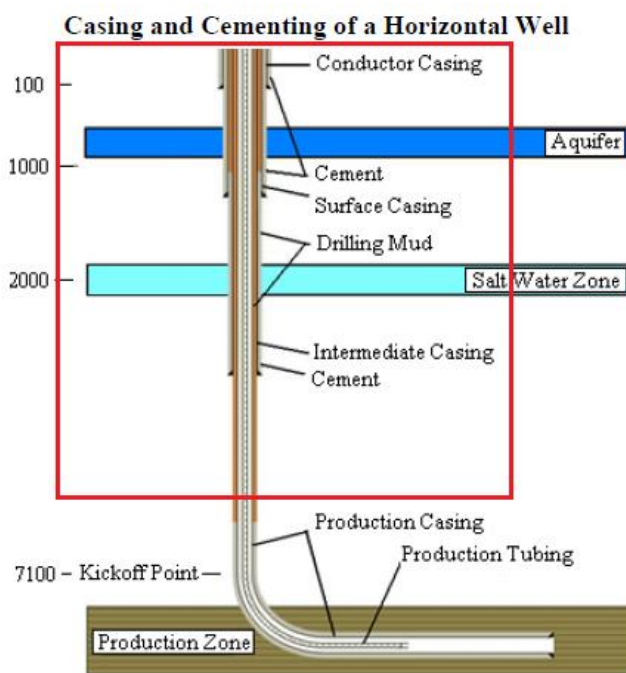


Figura 61. Perfuração Vertical, (adaptado de: “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative; Mark Zoback, Saya Kitasei, Brad Copithorne; Julho de 2010).

¹¹³ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

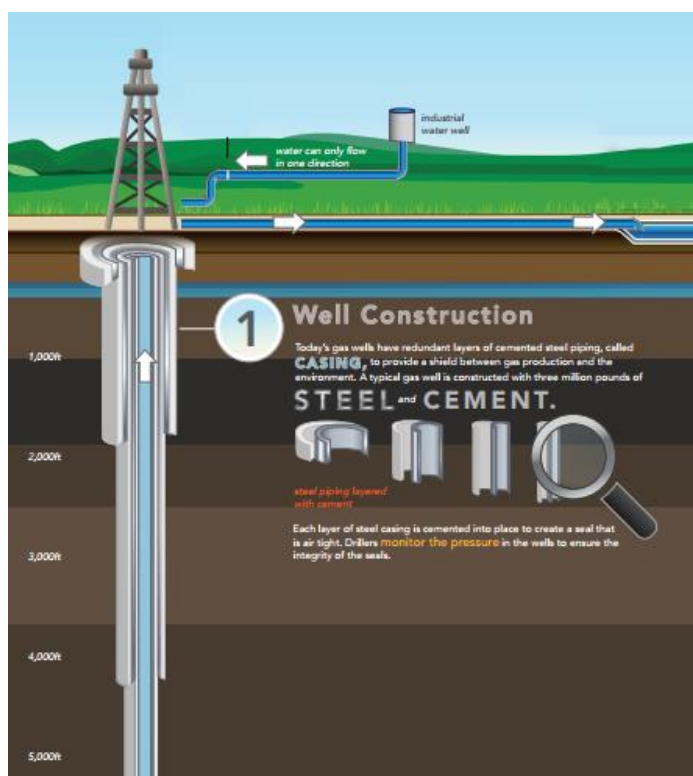


Figura 62. Perfuração Vertical, visualização de revestimentos, (adaptado de: “*Protecting Groundwater during Hydraulic Fracturing*”,energyfromshale.org).

Como se pode verificar pela figura 61 e figura 62, são inseridos várias tubagens sendo sempre o espaço entre estas isolado com cimento para que não haja possibilidade de ocorrerem fugas para a superfície, de contaminação das águas subterrâneas e do gás extraído do poço e do próprio ambiente. Os contaminantes são outros gases ou águas contaminadas que possam surgir durante a perfuração.

A perfuração vertical é feita até se atingir a zona alvo, ou seja, a zona rochosa de formação de xisto, podendo esta estar entre os 1500 a 3000m da superfície.¹¹⁴

¹¹⁴“*New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing*”, Total.com.

5.2.2 Perfuração Horizontal

Após a perfuração vertical segue-se o processo de perfuração horizontal. Quando a perfuração vertical se aproxima da formação de xisto ou da zona de produção, a broca é orientada para que a perfuração passe a fazer-se na horizontal de modo a que o poço atravesse a formação horizontalmente.

A perfuração horizontal pode atingir distâncias entre os 1000 e os 2000 m, o que permite maior contacto do poço com as formações que suportam o gás em relação à perfuração vertical.¹¹⁵

Após executada a perfuração horizontal do poço é inserida a tubagem de produção e, tal como nas tubagens adicionadas na perfuração vertical, é necessário revestir esta com cimento. É utilizado o mesmo processo visto na perfuração vertical, ficando aqui o cimento entre a superfície da tubagem de produção e a superfície do poço.¹¹⁶

Realizadas as perfurações vertical e horizontal o poço está concluído e pronto para as etapas seguintes: a furção da tubagem de produção e a fracturação hidráulica. A figura 63 demonstra o poço concluído e o processo de perfuração horizontal delimitado pelo rectângulo a vermelho.

¹¹⁵ “*New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing*”, Total.com.

¹¹⁶ ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

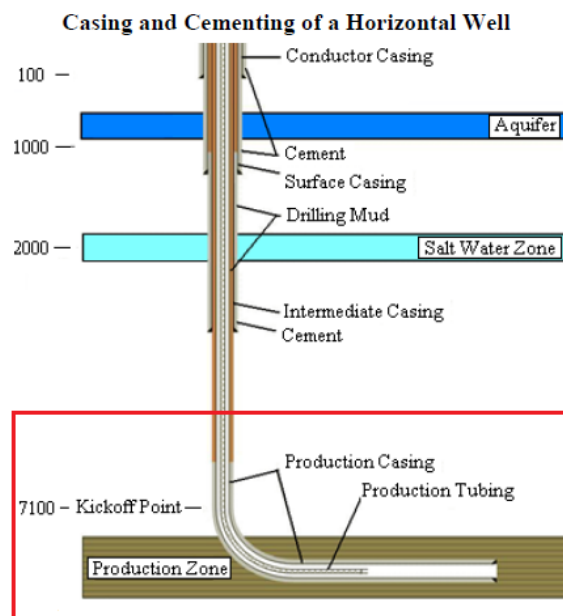


Figura 63. Perfuração Horizontal, (adaptado de: “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative; Mark Zoback, Saya Kitasei, Brad Copithorne; Julho de 2010).

O processo de perfuração horizontal permite realizar múltiplas perfurações horizontais a partir de um mesmo ponto. Assim reduz-se a pegada ecológica do processo, pois pode haver entre 10 a 15 poços num só local, ou seja, menos 10 a 15 locais ocupados para perfuração vertical, menos estradas de acesso ao local, menos plataformas, menor deposição de águas residuais, etc.^{117,118}

¹¹⁷“*New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing*”, Total.com.

¹¹⁸“*Why Multiple Horizontal Wells from centralized well pads should be used for the Marcellus Shale*”, West Virginia Surface Owners’ Right Organization; atualizado a 27 de Agosto de 2012.

A figura seguinte representa as múltiplas perfurações horizontais com origem num só local.

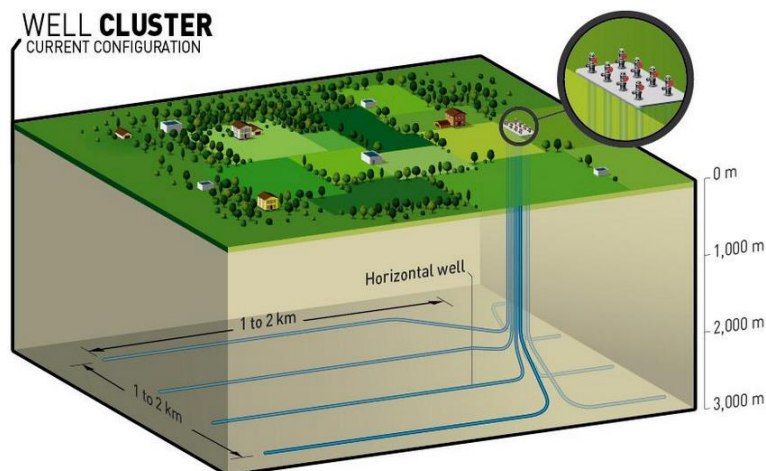


Figura 64. Múltiplas perfurações horizontais, (adaptado de: “*New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing*”, Total.com).

5.2.3 Fracturação Hidráulica

5.2.3.1 Perfuração da tubagem de produção

A fracturação hidráulica é um processo complicado devido ao longo comprimento que um poço horizontal pode ter. Para executar o processo de fracturação hidráulica é necessário furar a tubagem de produção, e para tal é utilizado um perfurador colocado no poço desde a superfície até ao local pretendido. Este perfurador contém pequenas cargas explosivas activadas através da recepção de uma corrente eléctrica. Com a explosão pequenos furos controlados são feitos na tubagem de produção e na formação rochosa, que permitem o fluido da fracturação hidráulica circular e retirar o gás das formações para o poço.¹¹⁹

¹¹⁹ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

A figura seguinte representa o perfurador.



Figura 65. Perfurador, (adaptado de: “Perforating Gun”,LANDSEA products, lsea.com).

Este método é realizado por etapas começando por colocar o perfurador na extremidade mais distante do poço na secção horizontal; as cargas explosivas existentes no perfurador ao receber o impulso de corrente eléctrica são activadas e, as explosões que ocorrem criam fendas na tubagem de produção e na formação de xisto, como demonstrado na figura 66. De seguida, é retirado o perfurador e injectado o fluido de fracturação hidráulica nas formações de xisto para que estas permaneçam abertas de modo a extrair o gás. É inserido um isolador, para isolar a secção fracturada e, para que todo o processo se repita as vezes necessárias ao longo da secção horizontal do poço, como demonstrado na figura 67. Por exemplo, um poço com comprimento horizontal de 1500 m pode ser hidráulicamente fracturado 10 a 15 vezes em intervalos de centenas de metros. Cada intervalo é isolado em sequência de modo a que apenas uma secção do poço seja hidráulicamente fracturada em determinado momento.^{120,121}

¹²⁰ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

¹²¹GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.

A figura 66 mostra o perfurador no poço após ocorridas as explosões. É possível ver também as fendas na formação rochosa criadas pelo perfurador.



Figura 66. Perfurador e fendas na formação rochosa, (adaptado de: “Fracking: Everything You’ve Always Wanted to Know”, munknee.com).

A figura 67 demonstra as várias explosões que ocorreram ao longo do poço com os respectivos isoladores colocados entre fracturações.

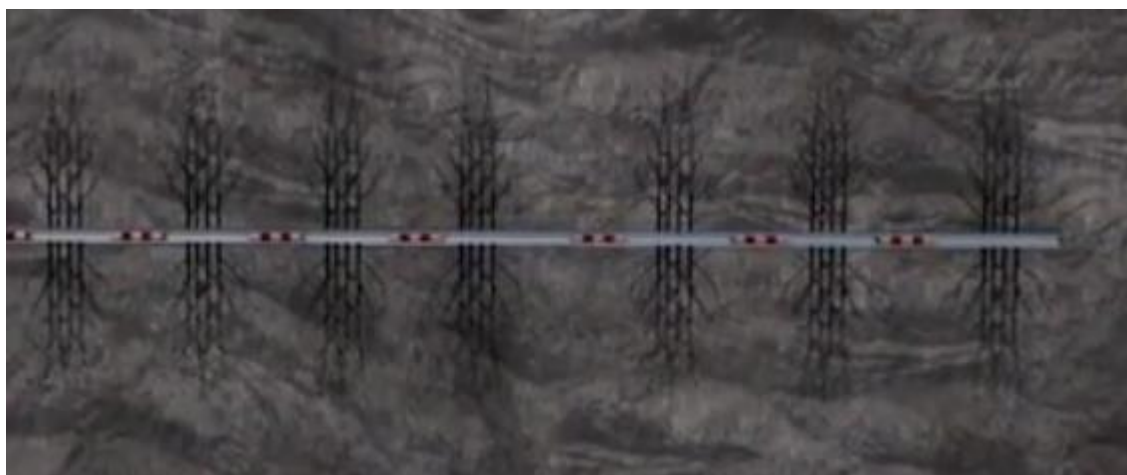


Figura 67. Isoladores entre fracturações hidráulicas, (adaptado de: “Fracking: Everything You’ve Always Wanted to Know”, munknee.com).

5.2.3.2 Fractura da formação de xisto

A fractura da formação de xisto consiste na injeção do fluido de fracturação hidráulica no poço a elevadas pressões, para que este através dos orifícios criados anteriormente na tubagem de produção crie uma rede de fendas na formação de xisto, como exemplificado na figura seguinte.^{122,123}

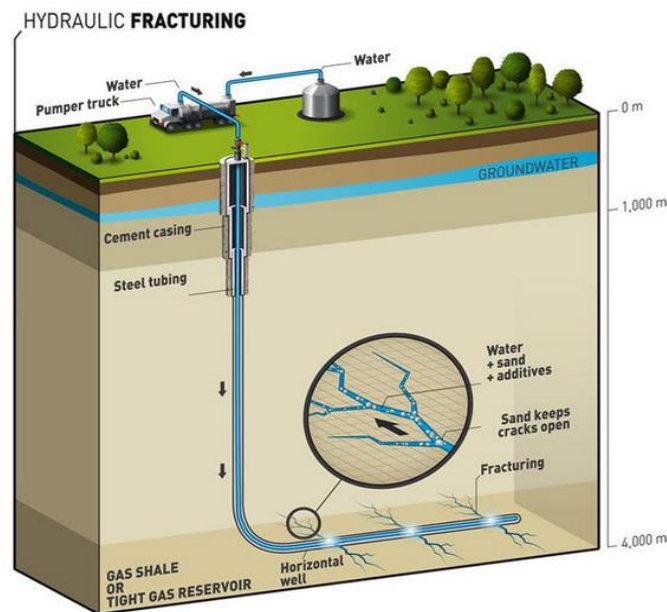


Figura 68. Fendas criadas na formação de xisto pela injeção do fluido de fracturação, (adaptado de: “*New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing*”, Total.com).

A pressão à qual o fluido é injetado tanto como a sua composição química, são adaptadas às necessidades de cada formação ou mesmo do poço, podendo essa pressão atingir 1000 bar.¹²⁴

¹²²ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

¹²³GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.

¹²⁴ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

A composição química do fluido será detalhada ainda neste capítulo mas geralmente este é composto por 90% a 95% de água, 5% a 10% de areia e 0,5% de aditivos químicos.¹²⁵

Após criadas as fendas pelo fluido, a areia mantém abertas as fendas para que o gás flua das formações para o poço.¹²⁶

Tipicamente, a fracturação hidráulica é concebida para se propagar 150 a 300 m nas direcções horizontais e verticais, mas tudo isto sob monitorização para que a pressão não seja demasiado elevada e, na direcção vertical, a fenda não se propague para além da camada de xisto que contém o gás.

A fracturação hidráulica como visto anteriormente, deve ser feita por etapas dividindo o poço em secções. A cada etapa do processo ocorrem micro-sismos, praticamente imperceptíveis, pois são apenas detectados por sismógrafos de alta sensibilidade colocados em poços de monitorização nas proximidades dos locais de extracção como demonstra a figura 69.¹²⁷

¹²⁵“*Shale Gas – The Facts about the Environmental Concerns*” International Gas Union (IGU); Junho de 2012.

¹²⁶GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.

¹²⁷ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

Schematic of Multi-stage Hydraulic Fracturing

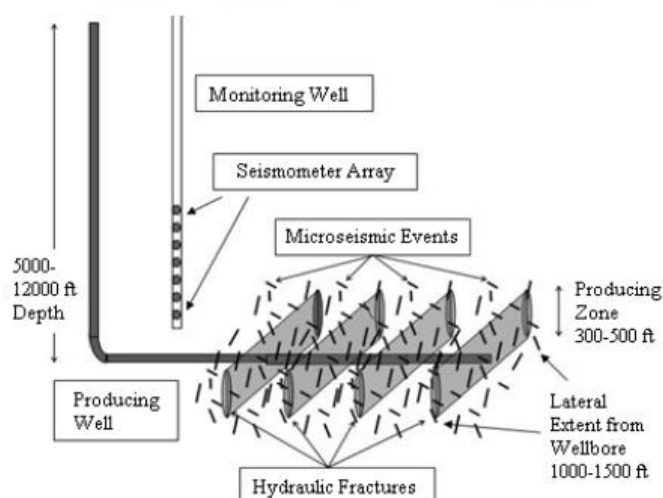


Figura 69. Múltiplas fendas provocadas pelo processo de fracturação hidráulica e posicionamento do sismómetro, (adaptado de “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative; Mark Zoback, Saya Kitasei, Brad Copithorne; Julho de 2010).

Além da monitorização dos microssismos são também monitorizados e ajustados todos os parâmetros para segurança tanto do ambiente como da instalação e trabalhadores. Deste modo, também se assegura o máximo rendimento do processo na extracção do gás.

Como demonstra a figura 69 este é um processo a decorrer por etapas, ou seja, são necessárias múltiplas fracturações hidráulicas. Cada injeção de fluido no poço é feita após a perfuração da tubagem de produção. Depois de injectado o fluido e este criar as fendas na formação de xisto para libertar o gás, é introduzido o isolador dessa secção para que todo o procedimento se repita em nova secção a extrair o gás de xisto.¹²⁸

¹²⁸GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.

5.2.3.3 Remoção do fluido de fracturação e do gás de xisto

Findas todas as etapas de fracturação hidráulica remove-se o fluido de fracturação. Em primeiro lugar são perfurados os isoladores de secção libertando o gás para o poço; de seguida é retirado o fluido de fracturação juntamente com o gás de xisto, sendo armazenados separadamente em tanques, um para líquido e um para gás. Pode surgir óleo nas formações de xisto que, ao ser retirado é armazenado no tanque de líquidos e posteriormente separado da água.¹²⁹

Cerca de 20 a 40% do fluido de fracturação não é possível recuperar, pelo que permanece na profundidade.¹³⁰

Toda a água recolhida é depositada em tanques como já referido para posteriormente ser reciclada e utilizada em novos processos de fracturação hidráulica. No caso de não ser reutilizada é depositada em poços de águas locais junto ao poço ou locais a determinar por entidades responsáveis.^{131,132}

¹²⁹ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

¹³⁰LIÉGEOIS, Jean-Paul, “*Le gaz de schistes: son exploitation*”.

¹³¹GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.

¹³²“*Protecting Groundwater during Hydraulic Fracturing*”, energyfromshale.org.

A figura seguinte ilustra a remoção do fluido de fracturação, bem como um dos poços de deposição do fluido utilizado e os reservatórios de armazenamento.

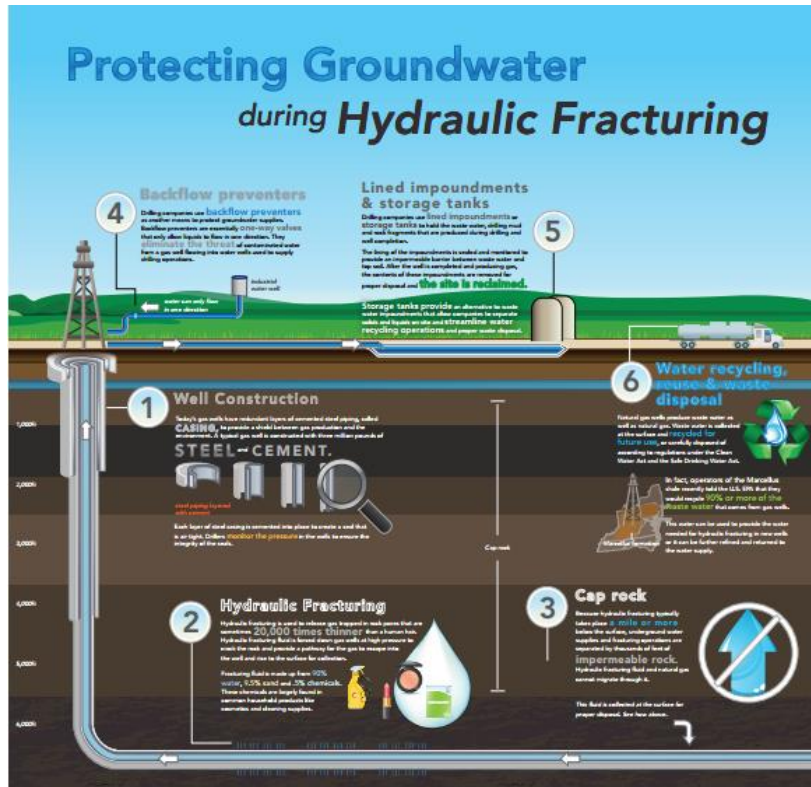


Figura 70. Remoção do fluido de fracturação, depósitos de armazenamento, (adaptado de: “Protecting Groundwater during Hydraulic Fracturing”, energyfromshale.org).

O gás recolhido é tratado, comprimido e de seguida transportado através de condutas para a rede de distribuição aos consumidores, ou através de camiões.¹³³

¹³³ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

5.3. Composição do fluido de fracturação hidráulica

O fluido de fracturação hidráulica tem como objectivo propagar e manter abertas as fendas na formação de xisto de modo a que o gás nesta existente seja libertado para o poço. Geralmente este é composto por 90% a 95% de água, 5% a 10% de areia e 0,5% a 2% de aditivos químicos. Os aditivos químicos existentes no fluido têm o objectivo de não permitir o crescimento de bactérias no poço, reduzir a fricção existente entre fluido e tubo, e melhorar a eficácia da fracturação.¹³⁴

Os aditivos químicos utilizados variam consoante a qualidade da água e da formação rochosa. A título de exemplo será seguidamente apresentada uma tabela com os compostos mais comuns no fluido de fracturação hidráulica, assim como o seu propósito. Nesta tabela serão também incluídas aplicações destes compostos em produtos/alimentação por nós utilizada no dia-a-dia.

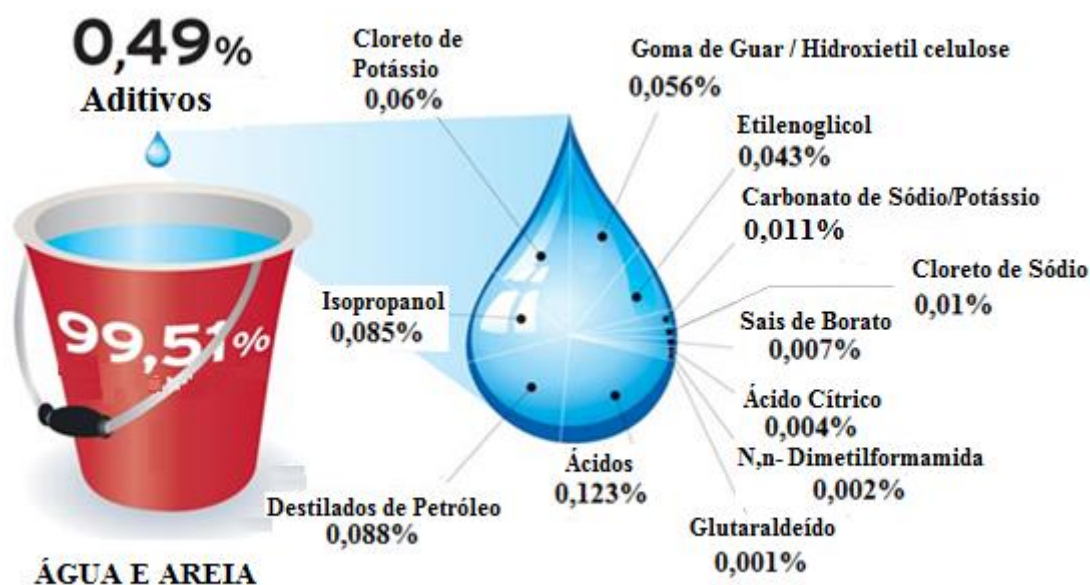


Figura 71. Composição típica do fluido de fracturação hidráulica, (adaptado de: “*Modern Gas Shale Development in the United States*” ,Ground Water Protection Council 2009).

¹³⁴ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

Tabela 62. Composição do fluido de fracturação hidráulica, (adaptado de: “*Modern Gas Shale Development in the United States*” ,Ground Water Protection Council 2009 e “*Shale Gas – The Facts about the Environmental Concerns*” International Gas Union (IGU); Junho de 2012).

Composto	Objetivo	Aplicações comuns
Ácidos	Ajuda a dissolver os minerais e inicia a fissura na rocha (pré-fractura)	Limpeza de piscinas
Glutaraldeído	Elimina bactérias existentes na água	Desinfectante e esterilizante hospitalar
Cloreto de Sódio	Permite uma quebra retardada das correntes de polímero em gel	Sal de mesa
N, n-Dimetilformamida	Previne a corrosão do tubo	Indústria farmacêutica, acrílicos e plásticos
Sais de Borato	Mantém a viscosidade do fluido à medida que a temperatura aumenta	Detergentes da roupa, sabão e cosméticos
Poliacrilamida	Mínimiza a fricção entre o fluido e o tubo	Tratamento de água
Destilados de petróleo	"Amacia" a água para minimizar a fricção	Removedores de maquiagem, laxantes e doces
Goma de guar	Engrossa a água para sustentar a areia	Espeçante utilizado em cosméticos, gelados, dentífricos
Ácido Cítrico	Evita a precipitação da oxidação dos metais	Aditivo alimentar utilizado em alimentos e bebidas
Cloreto de Potássio	Cria um fluido portador de água salgada	Substituto do sal de mesa baixo teor de sódio
Bissulfito de Amónio	Remove o oxigénio da água para proteger o tubo	Cosméticos, transformação de alimentos e bebidas, tratamento
Carbonato de sódio ou potássio	Mantém a efectividade de outros componentes, tais como agentes de	Detergentes, sabão, vidro e cerâmica
Areia ou Cerâmica	Permite que as fissuras se mantenham abertas para libertar o gás	Filtração de águas
Etilenoglicol	Evita incrustações na tubulação	Anticongelante, produtos de limpeza
Isopropanol	Utilizado para aumentar a viscosidade do fluido de fracturação hidráulica	Limpador de vidros, tinta de cabelo

Os aditivos utilizados no fluido de fracturação hidráulica são muito mais que estes, mas as empresas de exploração mantêm em segredo alguns dos aditivos por eles utilizados, sendo os anteriores apresentados os mais comuns.

O volume médio de fluido de fracturação hidráulica utilizado por poço é cerca de 11 400 m³. Cerca de 57 m³ do volume total corresponde aos aditivos do fluido.¹³⁵

¹³⁵“*Plan to Study the Potencial Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources*”, EPA – United States Environmental Protection Agency; Novembro 2011.

5.4. Custos da fracturação hidráulica

O processo de extracção de gás por fracturação hidráulica é um processo mais dispendioso que a e extracção de um gás convencional, isto porque a extracção de gás convencional envolve apenas perfuração vertical de um poço, enquanto na extracção de gás de xisto, além da perfuração vertical, existe ainda a perfuração horizontal e a fracturação hidráulica.

A título de exemplo, a bacia de Marcellus nos Estados Unidos, a perfuração vertical do poço custou 663 000 \$, cerca de 500 000 €, enquanto a perfuração horizontal do poço custou 1 214 000 \$, cerca de 907 000 €. A perfuração horizontal de um poço e a sua fracturação é um processo que, dependendo de poço para poço, demora cerca de duas a três semanas, e que custa entre 3 500 000 \$ a 4 500 000 \$, aproximadamente 2 600 000 € a 3 400 000 €.¹³⁶

Nestes valores estão incluídos os custos de fluido utilizado para a perfuração do poço e para a fracturação hidráulica. No caso da bacia de Marcellus foi utilizado um volume total de água de 14 687 m³ por poço. Correspondendo 303 m³ por poço ao volume de água utilizada para as perfurações e 14 384 m³ por poço ao volume de água utilizada para a fracturação hidráulica.¹³⁷

¹³⁶ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

¹³⁷MATTSON ,Earl D., PALMER, Carl D., CAFFERTY, Kara, “*Water Management Analysis of Hydraulic Fracturing using System Dynamic Models*”, Idaho National Laboratory, 30 de Março de 2011.

Os custos da exploração de uma bacia vão para além dos valores das perfurações e fracturação hidráulica mencionados anteriormente.

O desenvolvimento de um poço passa por várias etapas. Mantendo como exemplo a bacia de Marcellus e os Estados Unidos algumas das etapas necessárias que envolvem custos são:¹³⁸

- **Arrendamento dos minerais / Aquisição e Permissão** - neste passo é negociado com o proprietário do terreno o seu aluguer, e após a aquisição do mesmo é necessária a autorização do estado para avançar com o projecto;
- **Construção do local** - envolve toda a logística de construção de acessos, fornecimento de águas, local a perfurar, etc.;
- **Perfuração** - esta fase pode demorar 23 a 35 dias por poço, estando incluído o tempo de preparação de equipamento, perfuração e recolha dos resíduos de perfuração;
- **Fracturação hidráulica** - injeção do fluido de fracturação como visto neste capítulo;
- **Conclusão** - recolha do fluido, reciclagem do mesmo;
- **Produção** - extracção do gás, sistema de armazenamento e conduta, manutenção do poço.

¹³⁸HEFLEY, William E., SEYDOR, Shaun M., BENCHO, Michelle K., BIRSIC, Bill, CLEMENS, Eric, “*The Economic Impact of the Value Chain of a Marcellus Shale Well*”, University of Pittsburgh, Agosto de 2011.

Todas estas etapas do processo de extracção do gás de xisto têm um custo, que para o caso da bacia de Marcellus foi de aproximadamente 7 600 000 \$, cerca de 5 700 000 €. ¹³⁹

A tabela seguinte detalha os custos de cada etapa para melhor percepção dos custos.

Tabela 63. Custos das várias etapas de um processo de extracção de gás de xisto, (adaptado de “*The Economic Impact of the Value Chain of a Marcellus Shale Well*”, University of Pittsburgh; William E. Hefley, Shaun M. Seydor, Michelle K. Bencho, Bill Birsic, Eric Clemens; Agosto de 2011).

Descrição	Custo
Aluguer e Aquisição	1 640 000€
Permissão	7 500€
Construção do local	299 000€
Perfuração Vertical	495 200€
Perfuração Horizontal	907 000€
Fracturação Hidráulica	1 870 000€
Conclusão	150 000€
Produção	353 000€
Total	5 721 700€

O processo de extracção de gás de xisto por fracturação hidráulica permite recuperar cerca de 95% de gás existente numa formação. ¹⁴⁰

Um poço pode produzir até 10 anos, sendo por vezes necessário, apesar de não usual, nova fracturação para que este continue a produzir o gás. ¹⁴¹

¹³⁹HEFLEY, William E., SEYDOR, Shaun M., BENCHO, Michelle K., BIRSIC, Bill, CLEMENS, Eric, “*The Economic Impact of the Value Chain of a Marcellus Shale Well*”, University of Pittsburgh, Agosto de 2011.

¹⁴⁰ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

¹⁴¹LIÉGEOIS, Jean-Paul, “*Le gaz de schistes: son exploitation*”.

No caso da Europa, as etapas a seguir podem ser diferentes, bem como os custos associados. O processo de extracção de gás de xisto na Europa poderá ser mais dispendioso, podendo mesmo os custos serem o dobro dos verificados nos Estados Unidos devido à imaturidade da indústria nesta área, pelo que será necessário importar equipamentos e equipas experientes no processo.¹⁴²

¹⁴²MEDLOCK, Ken, “How Much Does a Shale Gas Well Cost?”, 6 de Agosto de 2013.

6. Poluição envolvida na extracção de gás de xisto

Tem sido dada extrema atenção ao gás de xisto sobretudo devido aos impactos negativos que a fracturação hidráulica tem sobre o ambiente. Casos de poluição do ar, contaminação da água e terremotos são atribuídos à extracção do gás de xisto. Por isso, na Europa existe tanta hesitação em avançar com a exploração do gás de xisto.¹⁴³

São vários os riscos e preocupações com a extracção do gás de xisto por fracturação hidráulica. Como visto em 5.4, um projecto de extracção de gás de xisto por fracturação hidráulica, inicia-se com a aquisição de terrenos; a etapa seguinte é a construção do local, e a partir daqui existe poluição/impacto ambiental.

¹⁴³ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

Alguns riscos que podem ocorrer e preocupações da população e Governos são:¹⁴⁴

- Contaminação de lençóis de águas subterrâneas;
- Poluição devido ao metano e o seu impacto na alteração do clima;
- Poluição do ar;
- Exposição a químicos tóxicos;
- Explosões devido a explosão do gás;
- Eliminação de resíduos;
- Grande volume de água utilizada em regiões com falta da mesma;
- Ocorrência de terremotos;
- Segurança de equipamentos e trabalhadores;
- Degradação de infra estruturas.

¹⁴⁴HOFFMAN, Joe, “*Potential Health and Environmental Effects of Hydrofracking in the Williston Basin, Montana*”, On the Cutting Edge – Professional Development for Geoscience Faculty.

6.1. Impacto paisagístico

A exploração do gás de xisto requer algum desenvolvimento na superfície, nomeadamente a construção de estradas de acesso, construção de plataformas que permitam o armazenamento de equipamentos, camiões, produtos químicos, areia ou cerâmica, água e depósitos para águas residuais, caso esta não seja depositada em poços de águas locais. Quando a densidade de poços é elevada podem ainda ser construídas condutas para transporte do gás para estações de compressão, podendo essas condutas ser superficiais ou subterrâneas.^{145,146}

A título de exemplo, na Pensilvânia uma plataforma com vários poços de exploração na fase de perfuração e fracturação tem cerca de 16 000 a 21 000 m². Após a fase de recuperação parcial a plataforma de produção passa a ter 4 000 a 12 000 m².¹⁴⁷

Este impacto paisagístico pode ser reduzido tal como a pegada ecológica do processo de extracção do gás de xisto, caso seja utilizado o método de múltiplas perfurações horizontais como visto em 5.2.2.

¹⁴⁵LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

¹⁴⁶ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

¹⁴⁷LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

6.2. Emissão de poluentes atmosféricos e contaminação dos solos

As emissões de poluentes atmosféricos podem ter diferentes origens, sendo alguns desses provenientes do funcionamento de camiões, de equipamentos de perfuração e do processamento e transporte de gás natural. Camiões e equipamentos de perfuração, funcionam com motores de combustão que, ao queimar combustível, emitem dióxido de carbono (CO₂). Além da emissão de dióxido de carbono, emitem também para a atmosfera monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM). Partículas de matéria poluem a atmosfera; o ruído emitido por equipamentos e camiões contribui para a poluição sonora.

Os tanques e poços de armazenamento de águas residuais são também uma fonte de emissão de poluentes devido à evaporação dos produtos químicos contidos na água. Uma descarga não controlada das águas residuais poderá contaminar o solo. O solo e atmosfera podem ser poluídos por fluxos de gás não controlados, erupções e derrames; erupções no poço provocam uma dispersão do fluido de perfuração ou de fracturação combinado com partículas da jazida. Os fluidos de fracturação contêm substâncias perigosas e o seu refluxo contém metais pesados e matérias radioactivas provenientes da formação de xisto, que contaminam solo e atmosfera.

Existe ainda o perigo de contaminação da atmosfera com metano (CH₄), que contribui muito mais que o dióxido de carbono (CO₂) para o Efeito de Estufa. A contaminação da atmosfera com metano pode ocorrer devido aos factores já vistos como as erupções, as águas residuais, mas também no processamento do gás e no seu transporte.^{148,149}

¹⁴⁸LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

¹⁴⁹ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010. Águas superficiais e subterrâneas.

6.3. Águas superficiais e subterrâneas

A preocupação com o impacto/poluição das águas na extracção de gás de xisto começa desde logo com as quantidades de água utilizadas. Para a extracção de gás de xisto são utilizadas grandes quantidades de água, que por vezes é escassa nos locais de exploração. Para a exploração de um poço são utilizados cerca de 15 000 m³ de água, e se a exploração tiver mais de um poço, este número aumenta proporcionalmente. A água é utilizada sobretudo na fracturação hidráulica, mas também para refrigerar a broca de perfuração e remoção de lamas provenientes da perfuração.

Além da preocupação da quantidade de água utilizada, existe ainda a preocupação com os riscos de contaminar fontes de água potável. A grande preocupação com a contaminação das águas advém do fluido de fracturação e do processo de fracturação hidráulica em si, pois o fluido de fracturação contém aditivos químicos que se podem misturar com águas subterrâneas através de fugas.

A contaminação das águas pode também ocorrer devido a derramamentos de lamas de perfuração, de refluxos e de águas residuais provenientes das jazidas que contêm metais pesados ou partículas radioactivas; também água saturada de sal proveniente da água residual pode contaminar e salinizar as fontes de água.

Podem ocorrer acidentes provocados pelas actividades à superfície, como por exemplo, a abertura de passagens entre as águas superficiais e as águas subterrâneas devido à passagem de camiões, fuga de fluido de fracturação ou de águas residuais nas tubagens ou em tanques de armazenamento pode contaminar as águas superficiais.^{150,151}

¹⁵⁰LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

¹⁵¹ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

Contaminação de águas subterrâneas pode também ocorrer devido a uma cimentação não adequada dos poços, o que permite fugas do fluido. Podem, também, ocorrer fugas através de fissuras ou fracturas naturais ou artificiais.

Existem nos Estados Unidos registos de águas contaminadas com metano (CH₄), que em quantidades extremamente concentradas podem provocar explosões.

6.4. Terramotos

Outro risco que merece atenção são os terramotos provocados pela fracturação hidráulica.

A injeção do fluido de fracturação ou de águas residuais reaproveitadas provoca microssismos. Segundo registos, estes microssismos encontram-se na ordem de 1 a 3 na escala de Richter, sendo estes praticamente imperceptíveis e que ocorrem várias vezes ao dia. Desde a utilização do processo de fracturação hidráulica que se verifica em certas zonas que a ocorrência destes microssismos decuplicou.^{152,153}

¹⁵²LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

¹⁵³ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

6.5. Produtos químicos, radioactividade

Os produtos químicos existentes no fluido de fracturação hidráulica apesar de alguns serem utilizados no nosso dia-a-dia, em grandes concentrações ou em conjugação com outros, são substâncias tóxicas, alergénicas, mutagénicas e cancerígenas. Assim, quem tem contacto directo com estas substâncias corre riscos, tal como corre riscos quem tem contacto com águas por este fluido contaminado.

Em qualquer formação geológica estão presentes materiais radioactivos como o urânio, o tório e o rádio em percentagens muito diminutas.

Através do processo de fracturação hidráulica, esses materiais radioactivos de origem natural são transportados para a superfície através do refluxo do fluido. Por vezes estes materiais radioactivos, através da fissura das rochas, transitam para as águas subterrâneas e para as águas de superfície. Geralmente, estes materiais acumulam-se nas condutas, tanques e poços. Os elementos de desintegração do rádio assentam como uma película na superfície interna das condutas, unidades de tratamento, bombas, válvulas, geralmente associados a fluxos de propileno, etano e propano que ocorrem na fase de processamento.

Visto estes materiais radioactivos se alojarem nos equipamentos de extração, os operários são aqueles que correm maiores riscos de saúde.¹⁵⁴

¹⁵⁴LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

6.6. Impactos na saúde humana

Os efeitos que se possam verificar na saúde humana são sobretudo devido ao impacto das emissões atmosféricas e na água.

Segundo estudos realizados, 75% dos químicos utilizados ao longo do processo afectam olhos, pele, órgãos sensoriais, bem como sistema respiratório e sistema gastrointestinal. Cerca de 40% a 50% pode afectar o sistema nervoso, o sistema cardiovascular e os rins; 37% pode afectar o sistema endócrino e 25% pode provocar cancro e mutações.¹⁵⁵

O principal sintoma são dores de cabeça existindo depois outros sintomas a longo prazo devido à exposição aos compostos orgânicos voláteis (COV's). O contacto com águas contaminadas é também perigoso. Por exemplo, crianças lavadas com essas águas podem ter problemas de saúde e alergias.

Poços de águas residuais e de fluidos não controlados são motivo de preocupação em caso de exposição cutânea.¹⁵⁶

¹⁵⁵HOFFMAN, Joe, “*Potential Health and Environmental Effects of Hydrofracking in the Williston Basin, Montana*”, On the Cutting Edge – Professional Development for Geoscience Faculty.

¹⁵⁶LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

6.7. Benefícios ecológicos

Apesar de todos os riscos e poluição causada pelo processo de fracturação hidráulica, são esperados alguns benefícios sobretudo caso sejam tomadas medidas para melhorar constantemente o processo.

O processo de múltiplas perfurações horizontais e fracturação hidráulica permite a redução da pegada ecológica, pois apenas é criada uma plataforma de extracção num local, enquanto em outros processos são necessárias varias plataformas em vários locais, o que leva a uma logística completamente diferente envolvendo mais acessos, mais veículos, etc.

Espera-se que, caso ocorra a substituição do petróleo e do carvão pelo gás de xisto as emissões de gases com efeito de estufa reduzam, visto a extracção de gás de xisto provocar menor emissão de gases com efeito de estufa do que o carvão e o petróleo ao longo de todo o processo de produção de combustível.

O risco de poluição e de ocorrer acidentes em grande escala comparado com a extracção de petróleo é reduzido.¹⁵⁷

¹⁵⁷LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.

7. Conclusão

A realização desta tese tinha como objectivo estudar a possibilidade e rentabilidade da utilização de gás de xisto em Portugal. Após toda a pesquisa realizada sobre o gás de xisto, conclui-se que este poderá suscitar um forte investimento de muitos países em todo o mundo, dadas as grandes reservas existentes tanto de gás de xisto como de óleo de xisto. A exploração deste recurso teve e tem grande sucesso nos Estados Unidos, sendo mesmo considerado por alguns a salvação económica do país. De momento permitiu aos Estados Unidos a criação de postos de trabalho, o desenvolvimento da indústria, pagar um preço reduzido pela energia eléctrica e a possibilidade da independência energética.

Estes motivos, levam países de todo o mundo a analisar as suas reservas e a possibilidade de exploração das mesmas. E verifica-se que existe potencial, nomeadamente na Europa onde Polónia e França são consideradas fortes potências para a produção do gás.

O grande entrave para que a exploração e extracção do gás de xisto se desenvolva a nível comercial fora dos Estados Unidos são as questões ambientais.

Como visto no capítulo 6 são vários os riscos a correr devido ao método utilizado para a extracção do gás de xisto, o processo de fracturação hidráulica. Ao longo do tempo para lidar com esta situação têm sido criadas leis nomeadamente nos Estados Unidos, como a

“Lei da Água Limpa”, “Lei do Ar Limpo” e “Lei da Água Potável”, para reduzir os riscos de poluição do ar, da contaminação das águas e para protecção da saúde.

Como é economicamente aliciante a exploração deste recurso, não só pela independência energética e crescimento económico, mas porque também muita da indústria pode ser perdida para países onde os custos de energia são menores, os Governos de vários países analisam os riscos que a fracturação hidráulica pode trazer.

No caso da União Europeia, o interesse em explorar o gás de xisto é elevado e, como tal, a Comissão Europeia traçou princípios mínimos a ser seguidos para a extracção do gás de xisto.

Países, como Alemanha, têm já regras para a extracção do gás de xisto, definidas pelo Ministério Federal do Meio Ambiente e pelo Ministério Federal da Economia para protecção da saúde e da água potável.

A grande esperança da Europa é a Polónia onde foram já perfurados poços com o método de fracturação hidráulica e estes foram considerados rentáveis. Espera-se que Polónia produza gás de xisto a nível comercial de modo a que, como os Estados Unidos, consiga reduzir o preço da energia.

Para além das questões económicas como factor positivo, está também a favor da exploração a possibilidade de utilização do gás de xisto como substituto do petróleo e do carvão, uma vez que o gás de xisto emite menores quantidades de gases com efeito de estufa que carvão ou petróleo emitem.

Actualmente, nos Estados Unidos o gás de xisto é utilizado para produção de energia eléctrica, utilizado no sector industrial e residencial. Dada a sua semelhante composição química com a do gás natural convencional pode substituir este nas suas várias aplicações.

Quanto à sua utilização em Portugal, motivo pelo qual esta tese foi realizada, existem reservas de gás de xisto na bacia Lusitaniana. As zonas de maior potencial são Bombarral, Cadaval e Alenquer, e estas encontram-se a ser exploradas.

Existem dificuldades de extracção pelos métodos convencionais, e verifica-se alguma desconfiança da população quanto à transparência da informação dada.

Como outros países da Europa, Portugal de acordo com o Pacote Energia Clima 2020 não pretende desviar-se das energias renováveis em detrimento de combustíveis fósseis, mas a questão monetária poderá levar a que isso aconteça.

Quanto às quantidades existentes em Portugal não foi possível determinar na pesquisa realizada, ou saber se o existente seria suficiente para Portugal produzir para consumo interno e tornar-se independente por alguns anos, como é o caso da Áustria que, segundo estudos, tem o suficiente para uso interno durante 30 anos.

Em comparação com outros países da Europa, certamente a quantidade existente em Portugal não será significativa pelo que, caso o investimento a realizar para a extracção do gás de xisto seja viável, será de esperar que Portugal use o produzido para consumo interno.

Caso se verifique que as reservas não são economicamente rentáveis, Portugal encontra-se em posição beneficiada de receber gás de xisto dos Estados Unidos, o que seria bom para a economia portuguesa. Um dos atuais fornecedores de gás natural e petróleo a Portugal é a Argélia. A Argélia poderá ter de recorrer às reservas de gás de xisto, pois as suas reservas de petróleo e gás natural começam a ser reduzidas, e este poderá também ser um dos fornecedores de gás de xisto a Portugal. E poderá ainda também ser fornecido pelos países dentro da Europa que prossigam para a produção do gás de xisto. Tendo também a possibilidade de ser fornecido por países próximos como França ou Espanha, este último tendo já definido regras para a extracção do gás de xisto.

De momento, tanto para Portugal como para outros países que não os Estados Unidos, um dos problemas será o custo do processo, devido à falta de experiência e à necessidade de importação de equipamento.

Em conclusão, a falta de dados relativamente às quantidades existentes de gás de xisto em Portugal não são suficientes para determinar se a sua exploração seria rentável. Caso seja rentável a produção de gás de xisto em Portugal, o país consegue independência energética e um crescimento socioeconómico. Portugal é um país onde a importância do consumo de gás natural é elevada, mas devido à crise económica que o país atravessa esse consumo tem vindo a diminuir. Esta redução no consumo deve-se sobretudo ao sector industrial que tem sido afectado drasticamente com o encerramento de empresas. Caso seja determinado que

não é rentável a produção deste gás em Portugal, a sua importação poderá ser útil e rentável devido ao baixo custo desta energia.

Referências Documentais

- [1] EIA,U.S.Energy Information Administration,“*What is shale gas and why is it important?*”, atualizado 5 Dezembro 2012.
- [2] YERGIN, Daniel,“*O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos*” , Project Syndicate 26 Dezembro 2013.
- [3] YERGIN, Daniel,“*O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos*” , Project Syndicate 26 Dezembro 2013.
- [4] europa.eu , Press realeses database. www.europa.eu.
- [5] LNEG investigação para sustentabilidade. www.lneg.pt.
- [6] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [7] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [8] LAVALLER, Alberto Cisneros, ”Shale Gas in Latin America” , Global Business Consultants Outubro 2012.
- [9] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [10] TREMBATH, Alex, JENKINS, Jesse, NORDHAUS, Ted, SHELLENBREGER, Michael, ”*Where the Shale Gas Revolution Came From*”, Breakthrough Institute Energy & Climate Program, Maio 2012.
- [11] Oil and Natural Gas Shales of Alaska, Geology.com.
- [12] HOBSON, Margaret Kriz, E&E Publishing, 26 Setembro 2013.
- [13] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [14] LAVALLER, Alberto Cisneros, ”Shale Gas in Latin America” , Global Business Consultants Outubro 2012.
- [15] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho

- 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [16] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [17] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [18] ”*Shale Gas and Chile’s Energy Future*”, Business Chile Magazin, Agosto 2013.
- [19] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [20] Shale Colombia 2013, Unconventional Oil & Gas Development Congress.
- [21] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [22] VERDU, Bernard F., ”Unconventional Gas In Paraguay”, Grupo Monte Cristo,, Maio 2012.
- [23] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [24] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [25] LONGLEY, Hannah, BOTTS, Baker, ”Latin America- a growing force in shale gas development?”, LLP, Agosto 2013.
- [26] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [27] ”Algeria: Leveling the Playing Field for Shale Gas Exploration”, Março 2012, OilPrice.com / ShaleWorld.
- [28] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho

- 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [29] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [30] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [31] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [32] TESSLER, Andrew, ”Unconventional Liquids and Gas extraction: the Tunisian context”, Oxford Economics.
- [33] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [34] GUZMAN, Timothy Alexander, ”Will South Africa Allow Shale Gas “Hydraulic Fracking” in the Karoo?”, Global Research, Março 2014.
- [35] HUDA, Shamsul, ”*Feasibility of KSA`s shale gas project*”, ArabNews.com, Fevereiro 2014.
- [36] HALL, Simon, ”*Saudi Arabia to Drill for Shale Gas This Year*”, The Wall Street Journal, Março 2013.
- [37] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [38] YERGIN, Daniel, “*O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos*”, Project Syndicate 26 Dezembro 2013.
- [39] GUO, Aibjung, ”China on Course to exceed 2015 Shale Target With Fuling Find”, Bloombergnews.com,, Março 2014.
- [40] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [41] “Shale Gas Key Considerations for India”, Ernest & Young 2013.
- [42] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho

- 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International
- [43] “*Shale Gas Indonesia*”, KPMG.com , Abril 2013.
- [44] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [45] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [46] ”Mongolia explores oil shale for energy security”, Oxford Business Group, Janeiro 2014.
- [47] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [48] ”Syria has large deposits of shale oil”, dprogram.net, Dezembro 2012.
- [49] Syrian Oil & Gas News, Ministry Bulletin, Maio 2010
- [50] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [51] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [52] ”5 Facts about Shale Gas in Turkey” , 21 de Julho de 2014, www.shaleworld.com.
- [53] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [54] ”Bulgaria bans shale gas drilling with “fracking” method”, BBC News Europe, Janeiro 2012.
- [55] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [56] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho

- 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [57] SYTAS, Andrius, "Chevron quit Lithuania shale gas exploration tender", Reuters.com, Outubro 2013.
- [58] "Ukraine, Moldova discuss shale gas deposits", NewEuropeOnline, Outubro 2011.
- [59] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [60] WASILEWSKI, Patryk, "Poland to Accelerate Work on Setting Regulations for Shale Gas Industry", TheWallStreetJournal, Fevereiro 2014.
- [61] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [62] CRISTAL, Bogdan, "Chevron halts Romania shale work after protest", Reuters.com, Dezembro 2013.
- [63] "The Shale Gas Dilemma of Romania", EqualTimesNewsdesk, Janeiro 2014.
- [64] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [65] COE, Charles, "Russia takes step on shale", NewsBase.com, Fevereiro 2014.
- [66] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [67] PARRY, Nat, "Beneath the Ukraine crisis: Shale Gas", GlobalResearch.com, Abril 2014.
- [68] WYNN, Gerard, "Austria should decide on use shale gas resources-IEA", rtcc.org , atualizado Abril 2014.
- [69] "OMV drops plans for shale gas exploration in Austria", naturalgaseurope.com, Setembro 2012.
- [70] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [71] "Fracking Falls Victim to German Coalition Building", naturalgaseurope.com, Novembro 2013.

- [72] "6 Principles for the Regulation of Fracking in Germany", 12 de Julho de 2014, naturalgaseurope.com.
- [73] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [74] "Shale Gas in Denmark", total.com.
- [75] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [76] BURGEN, Stephen, "Spain's oil deposits and fracking sites trigger energy gold rush", TheGuardian.com, Março 2014.
- [77] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [78] ROBERT, Aline, "France explores "clean" shale gas extraction technique", Euractiv.com, Fevereiro 2014.
- [79] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [80] SCHAVEMAKER, Yvonne, "Shale Gas in Netherlands", SHIP-shale gas information.org, Maio 2012, atualizado Janeiro 2014.
- [81] DE RIJKE, Michele, VAN DE SANDEN, Mariska, "Shale Gas in Netherlands: Key industry updates", Bird&Bird, Fevereiro 2014.
- [82] "Shale Development in Norway", Vision&Elkins Shale & Fracking Tracker.
- [83] Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza, 28 de maio 2014.
- [84] NUNES, Filipe, "A factura da fractura hidraulica", Jornal Mapa, Dezembro 2013.
- [85] "Margem Sul do Tejo Petróleo/Gás!?", gasnaturalnaowordpress.com.
- [86] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [87] "Total becomes the first major to enter into shale gas licences in the UK", total.com.
- [88] "Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States", atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.

- [89] “Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside The United States”, atualizado Junho 2013, realizado por U.S. Energy Information Agency e Advanced Resources International.
- [90] CHAMBERS, Matt, “*Australia tippes to overtake China in shale boom*”, The Australian, Janeiro 2014.
- [91] STAFFORD, James, “*Analysts pick Australia for next shale boom*”, Oilprice.com, Janeiro 2014.
- [92] EIA,U.S.Energy Information Administration,atualizado 5 Dezembro 2012.
- [93] “Types of Gas and its Use”, PolishShaleGas.pl.
- [94] WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, “*A new approach to treating shale gas*”, Optimized Gas Treating Inc., Janeiro 2012.
- [95] “Chemical composition of natural gas”, Uniongas.com.
- [96] WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, “*A new approach to treating shale gas*”, Optimized Gas Treating Inc., Janeiro 2012.
- [97] “Chemical composition of natural gas”, Uniongas.com.
- [98] WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, “*Overcome challenges in treating shale gas*”, Optimized Gas Treating Inc., Janeiro 2012.
- [99] KAMAL, Shah, “Transformation of Energy, Technologies in Purification and End Use of Shale Gas”, IHI & C International Corporation, Houston, USA, 2013.
- [100] WEILAND, Ralph, HATCHER, Nathan, “*A new approach to treating shale gas*”, Optimized Gas Treating Inc., Janeiro 2012.
- [101] ERSE, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.
- [102] YERGIN, Daniel, “*O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos*”, Project Syndicate 26 Dezembro 2013.
- [103] KING, Hobart, “*Uses of Natural Gas*”, Geology.com.
- [104] KING, Hobart, “*Uses of Natural Gas*”, Geology.com.
- [105] YERGIN, Daniel, “*O impacto mundial do gás de xisto dos Estados Unidos*”, Project Syndicate 26 Dezembro 2013.
- [106] KING, Hobart, “*Uses of Natural Gas*”, Geology.com.
- [107] TREMBATH, Alex, JENKINS, Jesse, NORDHAUS, Ted, SHELLNBREGER, Michael, “*Where the Shale Gas Revolution Came From*”, Breakthrough Institute Energy & Climate Program, Maio 2012.
- [108] REUTERS, Thomson, “*Hydraulic fracturing – how it works*”, 2 de Janeiro de 2013.
- [109] www.galenergia.com/PT/agalenergia/os-nossos-negocios/Exploracao-Producao/fundamentos-engenharia-petroleo/Paginas/Perfuracao.aspx, atualizado 2 de Junho de 2011.
- [110] LIÉGEOIS, Jean-Paul, “Le gaz de schistes: son exploitation”.
- [111] LIÉGEOIS, Jean-Paul, “Le gaz de schistes: son exploitation”.

- [112] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [113] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [114] “New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing”, Total.com.
- [115] “New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing”, Total.com.
- [116] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [117] “New Applications for Proven Techniques – Hydraulic Fracturing”, Total.com.
- [118] “Why Multiple Horizontal Wells from centralized well pads should be used for the Marcellus Shale”, West Virginia Surface Owners’ Right Organization; atualizado a 27 de Agosto de 2012.
- [119] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [120] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [121] GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.
- [122] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [123] GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.
- [124] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [125] “Shale Gas – The Facts about the Environmental Concerns” International Gas Union (IGU); Junho de 2012.
- [126] GORDMAN, Chad, “*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.
- [127] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

- [128] GORDMAN, Chad, ”*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.
- [129] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [130] LIÉGEOIS, Jean-Paul, ”Le gaz de schistes: son exploitation”.
- [131] GORDMAN, Chad, ”*Exploring the Hydraulic Fracturing Process*”, Cabot Oil & Gas Corporation.
- [132] “Protecting Groundwater during Hydraulic Fractring”, energyfromshale.org.
- [133] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [134] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [135] “Plan to Study the Potencial Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources”, EPA – United States Environmental Protection Agency, Novembro 2011.
- [136] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [137] MATTSON, Earl D., PALMER, Carl D., CAFFERTY, Kara, ”*Water Management Analysis of Hydraulic Fracturing using System Dynamic Models*”, Idaho National Laboratory, 30 de Março de 2011.
- [138] HEFLEY, William E., SEYDOR, Shaun M., BENCHO, Michelle K., BIRSIC, Bill, CLEMENS, Eric, “*The Economic Impact of the Value Chain of a Marcellus Shalle Well*”, University of Pittsburgh, Agosto de 2011.
- [139] HEFLEY, William E., SEYDOR, Shaun M., BENCHO, Michelle K., BIRSIC, Bill, CLEMENS, Eric, “*The Economic Impact of the Value Chain of a Marcellus Shalle Well*”, University of Pittsburgh, Agosto de 2011.
- [140] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [141] LIÉGEOIS, Jean-Paul, ”Le gaz de schistes: son exploitation”.
- [142] MEDLOCK, Ken, “How Much Does a Shale Gas Well Cost?”, 6 de Agosto de 2013.
- [143] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.

- [144] HOFFMAN, Joe, “Potential Health and Environmental Effects of Hydrofracking in the Williston Basin, Montana”, On the Cutting Edge – Professional Development for Geoscience Faculty.
- [145] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.
- [146] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [147] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.
- [148] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas, Junho de 2011.
- [149] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [150] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas; Junho de 2011.
- [151] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [152] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas, Junho de 2011.
- [153] ZOBACK, Mark, KITASEI, Saya, COPITHORNE, Brad, “*Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*”, World Watch Institute – Natural Gas and Sustainable Energy Initiative, Julho de 2010.
- [154] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt, EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas, Junho de 2011.

- [155] HOFFMAN, Joe, “Potential Health and Environmental Effects of Hydrofracking in the Williston Basin, Montana”, On the Cutting Edge – Professional Development for Geoscience Faculty.
- [156] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas, Junho de 2011.
- [157] LECHTENBOHMER, Stefan, ALTMANN, Matthias, CAPITO, Sofia, MATRA, Zsolt ,EINDRORF, Werner, ZITTEL, Werner, “*Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*”, European Parliament – Direção Geral das Políticas Internas, Junho de 2011.