



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS ARARANGUÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

MARCIO GOMES CAMARGO

EXTRAÇÃO DE GÁS EM FOLHELHO POR FRATURAMENTO HIDRÁULICO:  
ANÁLISE E PERCEPÇÃO DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS.

Araranguá  
2024

MARCIO GOMES CAMARGO

EXTRAÇÃO DE GÁS EM FOLHELHO POR FRATURAMENTO HIDRÁULICO:  
ANÁLISE E PERCEPÇÃO DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Energia e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Reginaldo Geremias, Dr.  
Coorientador: Prof. Luiz Fernando Scheibe, Dr.

Araranguá

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.  
Dados inseridos pelo próprio autor.

Camargo, Marcio Gomes

Extração de gás em folhelho por fraturamento hidráulico  
: análise e percepção de impactos socioeconômicos e  
ambientais / Marcio Gomes Camargo ; orientador, Reginaldo  
Geremias, 2024.  
208 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em  
Energia e Sustentabilidade, Araranguá, 2024.

Inclui referências.

1. Energia e Sustentabilidade. 2. Gás em rochas  
folhelho. 3. Fraturamento hidráulico. 4. Fracking . I.  
Geremias, Reginaldo. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Energia e  
Sustentabilidade. III. Título.

**MARCIO GOMES CAMARGO**

**EXTRAÇÃO DE GÁS EM FOLHELHO POR FRATURAMENTO HIDRÁULICO:  
ANÁLISE E PERCEPÇÃO DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS.**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 04 de abril de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

---

Prof<sup>a</sup>. Carla D`Aquino, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof<sup>a</sup>. Vladia Cristina Gonçalves de Souza, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof<sup>o</sup>. Kapila Silvino Sopa Chissama, Dr.  
Instituto Superior Politécnico da Caála

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de “Mestre em Energia e Sustentabilidade” e aprovado em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade.

---

Prof<sup>o</sup>. Tiago Elias Allievi Frizon, Dr.  
Coordenador do Programa

---

Prof. Reginaldo Geremias, Dr.  
Orientador

Araranguá, 2024.

Este trabalho é uma homenagem à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e sua grandiosa história a favor do Ensino Superior Gratuito e de excelência.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Hilton e Helena, pela fortaleza de seus ensinamentos e por todo amor e dedicação em minha formação moral e intelectual.

À minha esposa, Luciane e meu filho Davi, pela eterna compreensão, amor e carinho com minhas ausências e devaneios.

Ao Prof. Dr. Reginaldo Geremias, meu farol, minha inspiração e fonte de dedicação incondicional ao longo desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe por suas orientações, clareza e humanismo.

Ao Grupo de Estudos em Energia e Sustentabilidade (GREENS) formado por meus colegas de mestrado, que compartilharam seus conhecimentos nas muitas oportunidades em que estivemos juntos nesta jornada.

À Professora Dra. Kátia Cilene Rodrigues Madruga pela linda experiência educacional com a qual nos inspirou em suas aulas.

Ao Prof. Dr. Helder Chipindo por ter nos proporcionado inesquecível experiência em Angola e seu integral apoio a esta pesquisa através do Instituto Superior Politécnico da Caála – ISPCAÁLA.

Aos amigos americanos da Geórgia e de Ohio, pela gentileza em nos acompanhar por uma intensa jornada pelos EUA em busca do *fracking* americano.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC que, através do fomento, viabilizou a aplicação dessa pesquisa além das fronteiras nacionais e catarinenses.

Aos servidores e a todos os professores da UFSC que, com muito carinho, sempre estiveram presentes em nossa jornada acadêmica.

A todos que, embora não citados, tenham contribuído com este trabalho, a minha imensa gratidão.

## RESUMO

O avanço tecnológico na perfuração de poços de petróleo e gás por fraturamento hidráulico (*fracking*) viabilizou a possibilidade de aproveitamento energético desses hidrocarbonetos presentes em rochas impermeáveis (folhelhos), através da extração não convencional em países como Estados Unidos, Angola, Argentina e Brasil. Contudo, significativos impactos ambientais negativos são observados na extração desses recursos energéticos, os quais incluem vazamentos, poluição atmosférica e sonora, uso excessivo de água, contaminação do lençol freático, desmatamento, geração de sismos, reativação de falhas geológicas pré-existentes, entre outros. A presente pesquisa teve como objetivo geral realizar estudos dos possíveis impactos negativos e análise preliminar de percepção de riscos socioeconômicos e ambientais decorrentes da extração por fraturamento hidráulico de gás natural em rocha folhelho, com foco nos blocos exploratórios em Santa Catarina. Para tanto, foram realizadas como principais etapas: i) Estudo do estado da arte das temáticas da investigação, por meio da revisão bibliográfica; ii) Estudos e análise de percepção de riscos nos EUA; iii) Estudos e análise de percepção de riscos em Huambo-Angola; vi) estudos e análise de percepção de riscos nos municípios que compõem os blocos exploratórios em Santa Catarina. Os principais resultados indicam que, em Santa Catarina, não há informações técnicas suficientes que comprovem a existência de gás maduro em rochas folhelho. Além disso, a pesquisa apontou as regiões do Estado, indicadas como áreas passíveis de exploração, como sensíveis socioambientalmente e já intensamente comprometidas com as demandas econômicas instaladas. Nos estudos de riscos nos EUA, constatou-se que a utilização da técnica da exploração por *fracking* é uma atividade em plena expansão e está presente em muitos dos Estados americanos. Apesar dos esforços pontuais realizados por organizações não governamentais, grande parte da própria sociedade americana apoia as ações em desenvolvimento, contudo, este apoio pode depender da legislação em cada Estado. Quanto aos estudos em Angola, os resultados apontam para uma resistência moderada do público investigado. Contudo, devido à crise econômica que vive o país, existem indicativos que direcionam para uma aceitação da operação em troca de benefícios econômicos. Conclui-se que existe farto material bibliográfico disponível, reportando graves consequências negativas das operações por *fracking* nos países que o executam. Entretanto, esta técnica ainda é aceita, já que é considerada primordial para a economia destes países.

**Palavras-chave:** Gás em rochas folhelho; Fraturamento hidráulico; Impactos socioeconômicos; Estados Unidos; Angola; Santa Catarina.

## ABSTRACT

Technological advances in the drilling of oil and gas wells through hydraulic fracturing have enabled the exploitation of hydrocarbons present in impermeable rocks (shales), facilitating unconventional extraction in countries such as the United States, Angola, Argentina, and Brazil. However, significant negative environmental impacts are associated with the extraction of these energy resources. These impacts include leaks, air and noise pollution, excessive use of water, groundwater contamination, deforestation, generation of earthquakes, and reactivation of pre-existing geological faults, among others. The general objective of this research was to study the potential negative impacts and conduct a preliminary analysis of the perception of socioeconomic and environmental risks arising from the extraction of natural gas through hydraulic fracturing from shale rock, focusing on exploratory blocks in Santa Catarina. To achieve this, the following main steps were undertaken: i) study of the state of the art of the research themes through a bibliographic review; ii) studies and analysis of risk perception in the USA; iii) studies and analysis of risk perception in Huambo, Angola; and iv) studies and analysis of risk perception in the municipalities that make up the exploratory blocks in Santa Catarina. The main results indicate that in Santa Catarina, there is insufficient technical information to confirm the existence of mature gas in shale rocks. Furthermore, the research highlighted the regions of the state indicated for potential exploration as socio-environmentally sensitive and already significantly burdened by existing economic demands. In risk studies conducted in the USA, it was found that the use of the fracking exploration technique is rapidly expanding and is present in many American states. Despite specific efforts by non-governmental organizations, a significant portion of American society supports the ongoing actions, although this support may depend on the legislation of each state. In Angola, the results indicate moderate resistance from the public surveyed. However, due to the economic crisis the country is experiencing, there are indications of potential acceptance of fracking operations in exchange for economic benefits. In conclusion, there is abundant bibliographic material available reporting serious negative consequences of fracking operations in the countries that utilize this technique. However, fracking is still accepted, as it is considered essential for the economy of these countries.

**Keywords:** Gas in shale rocks; Hydraulic fracturing; Socioeconomic impacts; United States; Angola; Santa Catarina

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estimativas de reservas de gás em reservatórios não convencionais nas américas. Valores expressos em trilhões de pés cúbicos (Tcf).....	18
Figura 2 - Blocos exploratórios da Bacia do Paraná, no Estado de Santa Catarina..	21
Figura 3 - Linha do tempo sobre <i>fracking</i> no Brasil.....	24
Figura 4 - Mapa com áreas nos EUA com atividades de exploração e exploração através do <i>fracking</i> .....	31
Figura 5 - Mapa com a localização dos poços (em cor violeta) no Estado de Ohio..	32
Figura 6 - Localização próxima do poço n° 1.....	32
Figura 7 - Localização próxima do poço n° 2.....	33
Figura 8 - Localização próxima do poço n° 3.....	33
Figura 9 - Localização próxima do poço n° 4.....	34
Figura 10 - Localização próxima do poço n° 5.....	34
Figura 11 - Mapa com a localização das cidades visitadas nos EUA.....	35
Figura 12 - Mapa com roteiro de viagem e localização das cidades que foram visitadas em Angola.....	37
Figura 13 - Contorno das áreas referentes aos blocos exploratórios da Bacia do Paraná em Santa Catarina.....	39
Figura 14 - Localização dos municípios visitados em Santa Catarina.....	42
Figura 15 - Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2021.....	47
Figura 16 - Repartição da oferta de “Outras renováveis” distribuídas em 8 categorias de fontes de energia.....	48
Figura 17 - Distribuição de energia no Brasil por tipo de consumidor.....	48
Figura 18 - Distribuição da Matriz elétrica brasileira em 2021.....	49
Figura 19 - Percentual da participação de energia renovável na matriz elétrica brasileira em 2022.....	49
Figura 20 - Total de emissões de CO <sub>2</sub> antrópicas associadas à matriz energética brasileira em 2021.....	50
Figura 21 - Ciclo de transformação da matéria orgânica.....	53
Figura 22 - Querogênio formado em rochas sedimentares.....	54
Figura 23 - Sistema de geração de hidrocarbonetos de forma convencional e não convencional.....	56
Figura 24 - Microfotografia de uma rocha reservatório.....	58

Figura 25 - Armadilhas estruturais.....	59
Figura 26 - Armadilhas estratigráficas.....	60
Figura 27 - Extração de hidrocarbonetos com técnicas convencional e não convencional.....	62
Figura 28 - Mapa do <i>fracking</i> dos EUA por estado em 2021. Unidade descrita em bilhões de pés cúbicos.....	73
Figura 29 - Localização da formação de Vaca Muerta.....	75
Figura 30 - Planta de perfuração de um poço de <i>fracking</i> na Argentina.....	76
Figura 31 - Produção média diária de hidrocarboneto de Angola.....	81
Figura 32 - Bacias sedimentares de Angola.....	82
Figura 33 - Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina.....	87
Figura 34 - Aquíferos Serra Geral e Guarani.....	87
Figura 35 - Regiões Hidrográficas de Santa Catarina.....	89
Figura 36 - Abrangência municipal da Bacia do Rio do Peixe.....	93
Figura 37 - Poço de <i>fracking</i> na Pennsylvania nos EUA.....	102
Figura 38 - Manifestação contra a exploração de gás natural por <i>fracking</i> na Pennsylvania nos EUA.....	103
Figura 39 - Poço de <i>fracking</i> na Pennsylvania nos EUA.....	104
Figura 40 - Efluente de retorno e armazenamento de produtos químicos a serem utilizados em uma planta de extração de <i>fracking</i> na Bacia de Vaca Muerta.....	107
Figura 41 - Poços de petróleo e gás nos EUA.....	122
Figura 42 - Entrada da Trilha dos Apalaches.....	123
Figura 43 - Cachoeira do parque de Dawsonville, GA.....	124
Figura 44 - Mirantes da Trilha dos Apalaches.....	125
Figura 45 - Alice Park Beach.....	126
Figura 46 - Fachada do museu <i>Orton Geological Museum</i> .....	128
Figura 47 - Painel com representação da formação geológica de Ohio.....	129
Figura 48 - Painel: fósseis da formação geológica de Ohio.....	130
Figura 49 - Acesso a poços de exploração de <i>fracking</i> inativos em Ohio.....	131
Figura 50 - Anatomia do negacionismo das mudanças climáticas nos Estados Unidos, por estado (A) e por Estado (B).....	133
Figura 51 - II Simpósio Internacional de Inovação e Empreendedorismo, ISPCAÁLA, Angola.....	136
Figura 52 - Respostas da pergunta 1 do questionário:.....	137

Figura 53 - Respostas da pergunta 2a do questionário.....	138
Figura 54 - Respostas da pergunta 2b do questionário.....	139
Figura 55 - Resposta da pergunta 3a do questionário.....	139
Figura 56 - Respostas da pergunta 3b do questionário.....	140
Figura 57 - Resposta da pergunta 4 do questionário.....	140
Figura 58 - Respostas da pergunta 5 do questionário.....	141
Figura 59 - Comuna localizada entre Luanda e Huambo.....	142
Figura 60 - Respostas da pergunta 6 do questionário.....	142
Figura 61 - Venda de biomassa em estrada da Província de Huambo.....	143
Figura 62 - Respostas da pergunta 7 do questionário.....	144
Figura 63 - Comércio de manga na comunidade no interior de Angola, cidade de Caála.....	145
Figura 64 - Respostas da pergunta 8 do questionário.....	145
Figura 65 - Respostas da pergunta 9 do questionário.....	146
Figura 66 - Respostas da pergunta 10 do questionário.....	147
Figura 67 - Respostas da pergunta 11 do questionário.....	148
Figura 68 - Resposta da pergunta 12 do questionário.....	149
Figura 69 - Resposta da pergunta 13 do questionário.....	150
Figura 70 - Infraestrutura de transporte e seu percentual nos municípios analisados. .....	153
Figura 71 - Via de acesso à cidade de Joaçaba.....	154
Figura 72 - Rio do Peixe que faz fronteira entre Joaçaba e Herval D'Oeste.....	156
Figura 73 - Infraestrutura em saúde nos municípios analisados.....	158
Figura 74 - Unidade de Saúde Básica de Bom Sucesso, localizada na zona rural de Iomerê.....	159
Figura 75 - Unidade de Saúde Básica – UBS, Dico Fagundes e unidade de Farmácia básica localizada em Matos Costa.....	161
Figura 76 - Infraestrutura em educação nos municípios analisados.....	162
Figura 77 - Municípios com metas a serem cumpridas quanto a oferta de vagas na Educação Infantil.....	163
Figura 78 - Infraestrutura em segurança pública nos municípios investigados.....	164
Figura 79 - Residência isolada entre os municípios de Água Doce e Treze Tílias..	166
Figura 80 - Unidade de criação de suínos entre Água Doce e Treze Tílias.....	167

Figura 81 - Infraestrutura em patrimônio e planejamento nos municípios investigados .....	168
Figura 82 - Igreja em madeira com característica alemã.....	169
Figura 83 - Monumento de Frei Bruno localizado no município de Joaçaba.....	170
Figura 84 - Casa com valor histórico e cultural localizado em comunidade rural de lomerê.....	171
Figura 85 - Monumento aos Tropeiros localizado no Portal de entrada do município de Porto União.....	172
Figura 86 - Poço de captação de água da prefeitura de lomerê, localizado na zona rural.....	173
Figura 87 - Características ambientais nos municípios investigados.....	174
Figura 88 - Equipamentos públicos de lazer, localizados no município de Tangará. ....	175
Figura 89 - Rio das Antas e que divide o município em duas partes.....	176
Figura 90 - Rio do Peixe que divide o município de Caçador em duas partes.....	177
Figura 91 - Tipologia construtiva predominante nos municípios investigados.....	178
Figura 92 - Imagem da parte central do município de Joaçaba.....	179
Figura 93 - Imagem panorâmica do centro do município de Treze Tílias.....	180

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diretrizes organizacionais com principais temas observados durante a viagem exploratória.....	40
Quadro 2 – Relações entre reservatórios e os fluidos à base de água.....	66
Quadro 3 – Tipos de fluidos à base de água utilizados na extração em poços de <i>fracking</i> .....	66
Quadro 4 – Tipos de fluidos para o fraturamento a base de espuma, de óleo, de ácido, de metanol, de emulsão, e de fluídos criogênicos.....	68
Quadro 5 - Métodos de fraturamento hidráulico menos utilizados.....	69
Quadro 6 - Potenciais vantagens e desvantagens das tecnologias de extração de gás de xisto.....	69
Quadro 7 - Cronograma Geral de Estratégias de Exploração de Hidrocarbonetos de Angola 2020/2025.....	83
Quadro 8 - Perfil econômico e demográfico das 19 cidades com potencial de exploração por <i>fracking</i> .....	90
Quadro 9 - Substâncias perigosas utilizadas no processo de fratura de poços de <i>fracking</i> em Vaca Muerta.....	109
Quadro 10 - Resíduos gerados à montante na bacia de Vaca Muerta.....	111
Quadro 11 - Percepção de riscos e suas relações diretas e indiretas.....	113
Quadro 12 - Percepção de riscos e suas relações diretas e indiretas, com correlação direta com os temas sugeridos.....	115
Quadro 13 - Diretrizes organizacionais com principais temas contemplados durante a viagem exploratória.....	152

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Roteiro de viagem aos EUA.....	35
Tabela 2 - Roteiro de viagem com destino a Angola na África.....	37
Tabela 3 - Planilha de planejamento de viagem em Santa Catarina.....	41
Tabela 4 - Dados da matriz energética de Santa Catarina em 2021 em comparação com dados nacionais.....	51
Tabela 5 - Componentes do gás natural (% em mol).....	61
Tabela 6 - Consumo de água para a operação do <i>fracking</i> , por província, entre os anos de 2010 a 2019.....	106

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
ISPCAÁLA	Instituto Superior Politécnico da Caála
BC	Biblioteca Central
Tcf	Trilhões de pés cúbicos
U.S.	Estados Unidos
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
MME	Ministério de Minas e Energia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
RH	Regiões Hidrográficas
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SAG	Sistema Aquífero Guarani
AAAS	Avaliação Ambiental de Área Sedimentar
SAMU	Serviço de atendimento móvel de urgência
EUA	Estados Unidos da América
OH	Ohio
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
BEM	Balanço Energético Nacional
TWH	Terawatt-hora
Mt CO <sub>2</sub> -eq	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
IEA	Energy Information Administration
MWh	Quiolowatt hora
Tep	Tonelada equivalente em petróleo
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
TR	Transformação termoquímica
SIGEP	Comissão Brasileira De Sítios Geológicos e Paleobiológicos
UNESP	Universidade Estadual Paulista
GLP	Gás liquefeito de petróleo
Mcf	Milhões de pés cúbicos
USD	Moeda oficial dos Estados Unidos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	29
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
3.1	ESTUDO DO ESTADO DA ARTE.....	30
3.2	ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS NOS EUA.....	30
3.3	ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS EM HUAMBO-ANGOLA.....	36
3.4	ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS EM SANTA CATARINA.....	38
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>44</b>
4.1	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	44
4.2	MATRIZ ENERGÉTICA DE SANTA CATARINA.....	50
4.3	SISTEMA DE GERAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS.....	51
4.4	SISTEMAS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO E GÁS.....	61
4.5	EXTRAÇÃO POR <i>FRACKING</i> NOS EUA E NA ARGENTINA.....	72
4.6	O DESAFIO DO <i>FRACKING</i> EM ANGOLA.....	77
4.7	<i>FRACKING</i> EM SANTA CATARINA.....	86
4.8	IMPACTOS DAS OPERAÇÕES POR <i>FRACKING</i> .....	101
4.9	PERCEPÇÃO DE RISCOS DO <i>FRACKING</i> .....	112
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>120</b>
5.1	ESTUDOS E PERCEPÇÃO DE RISCOS NOS EUA.....	121
5.2	ESTUDOS E PERCEPÇÃO DE RISCOS EM HUAMBO – ANGOLA.....	134
5.3	ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS EM SANTA CATARINA.....	151
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>186</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>190</b>
	<b>ANEXO 1.....</b>	<b>201</b>

## 1 INTRODUÇÃO

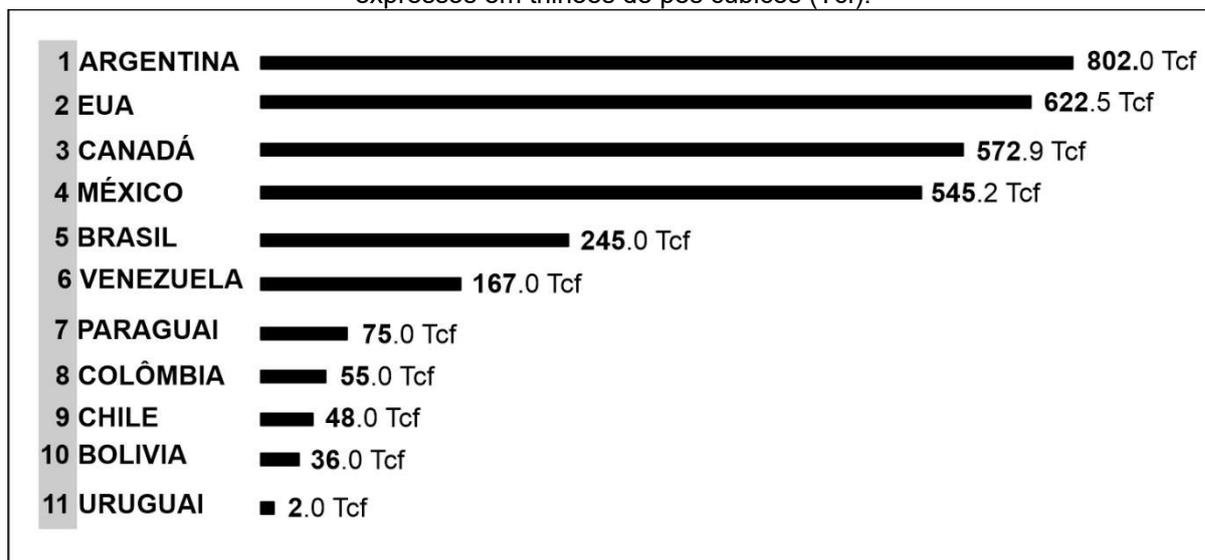
O uso de energia é indispensável à vida humana, aos ecossistemas e às sociedades. As fontes de energias não renováveis vêm da matéria orgânica dos seres que se acumularam no subsolo da terra, formando as chamadas fontes fósseis de energia, as quais incluem o petróleo, carvão mineral, gás natural, xisto betuminoso, entre outras. Quanto às energias renováveis, tem-se como principais fontes as centrais hidrelétricas, eólicas, a energia das marés e das ondas, a captação fotovoltaica da radiação solar, o calor do fundo da terra (geotermal), a biomassa, entre outras subcategorias (Goldemberg; Lucon, 2006).

Neste contexto, o gás natural obtido em rochas folhelho se enquadra como uma fonte não renovável. O gás de rocha folhelho é um hidrocarboneto que tem origem na formação em rochas sedimentares de folhelho, argilosas e rochas afins (Museu De Minerais, 2023a).

O gás natural obtido em rochas folhelho é dito “recurso energético não convencional” porque, diferentemente do gás e óleo convencionais, que migram com facilidade das rochas onde são formados e armazenados, esse recurso não convencional está “confinado” em camadas geológicas de baixa permeabilidade em grandes profundidades, variando entre 1000 e 5000 mil metros de profundidade, as quais exigem o uso de técnicas específicas com o objetivo de extraí-lo (Álvarez-Ramos *et al.*, 2020a; Pérez Castellón *et al.*, 2016).

As principais reservas estimadas de gás no sistema não convencional nas américas estão distribuídas, conforme Figura 1.

Figura 1 - Estimativas de reservas de gás em reservatórios não convencionais nas américas. Valores expressos em trilhões de pés cúbicos (Tcf).



Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de United States.; U.S. Energy Information Administration.; Independent Statistics & Analysis., 2013

A extração de gás em rochas folhelho se dá através da técnica do fraturamento hidráulico, também denominada de *fracking*, que consiste na perfuração vertical e, posteriormente, horizontal do subsolo. A etapa subsequente compreende a injeção de um fluido, composto por água, areia e produtos químicos, sob alta pressão, objetivando fraturar as rochas onde estão armazenados os hidrocarbonetos, para posteriormente serem coletados através do poço (PÉREZ CASTELLÓN et al., 2016).

Muito utilizado nos Estados Unidos da América, a extração desse tipo de recurso petrolífero não convencional já rendeu ao país americano, segundo a *U.S Energy Information Administration*, a liderança mundial na extração dessa fonte energética. No contexto internacional, o gás em rochas folhelho tornou os EUA mais independente do petróleo vindos de regiões como o oriente médio (Grecu, 2018; Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural. Comitê Temático de Meio Ambiente - Brasil, 2016; Theodori, 2018).

Na América do Sul, a Argentina destaca-se como o caso de extração de gás em rochas folhelho de maior sucesso. A reserva de Vaca Muerta é descrita como a segunda fonte de gás e a quarta de petróleo não convencionais em todo o mundo (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Com a rápida deterioração do setor petrolífero argentino a partir de 2009 e com a significativa baixa nas reservas de gás do país, a extração do gás em rochas

folhelho, através do fraturamento hidráulico, mostrou-se promissora. A província de Vaca Muerta está localizada na bacia de Neuquén, Argentina. Essa bacia se estende pelas províncias de Neuquén, Río Negro, Mendoza e La Pampa no norte da Patagonia, tendo uma extensão de 30 mil km<sup>2</sup>. Nessa área, existe uma formação geológica, onde é realizada a extração de hidrocarbonetos através de fraturamento hidráulico (Skalany, 2018).

A África também se destaca na extração de combustíveis fósseis. Segundo a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), em 2023, Angola ocupou o segundo maior produtor de petróleo e gás da África. Esse potencial está na pauta de países como a China, que possui interesses comerciais, também neste segmento, por conta de sua estratégia de expansão mundial, e vem reforçando suas parcerias com países produtores de petróleo e gás. Nesse contexto, algumas universidades de Angola vêm coletando informações com o Governo angolano e com a comunidade estrangeira no sentido de entender melhor os riscos socioambientais que impõe a técnica do fraturamento hidráulico (Angola, 2021).

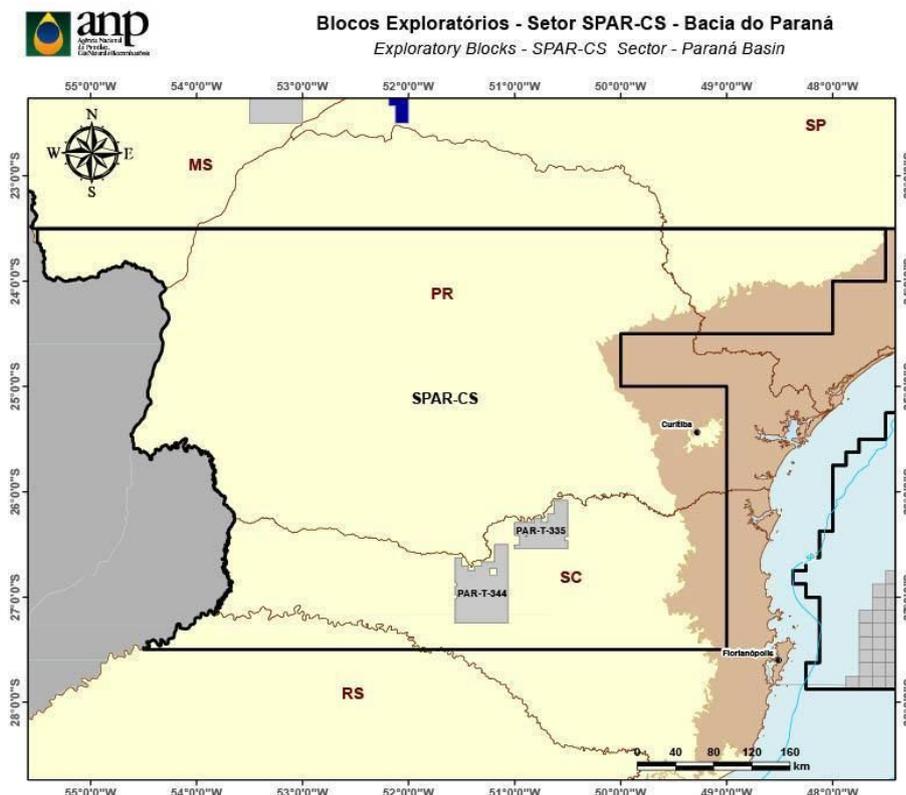
Ainda que a viabilidade de produção de recursos petrolíferos não convencionais não se restrinja apenas aos Estados Unidos, a replicação do fenômeno americano para outras regiões não é simples ou imediata. Supõe-se que, globalmente, 32% do total estimado para o gás natural se encontrem em folhelhos, enquanto para o óleo, o percentual estaria em torno de 10%, tanto como *shale* ou *tight oil*. No intuito de aumentar o conhecimento do potencial dos recursos petrolíferos não convencionais no subsolo brasileiro, o Ministério de Minas e Energia (MME), com o apoio de suas instituições vinculadas, tem trabalhado com o objetivo de fomentar a aquisição de dados geológicos e ainda avaliar as informações técnicas disponíveis (United States.; U.S. Energy Information Administration.; Independent Statistics & Analysis., 2013).

O Governo Federal Brasileiro iniciou, formalmente, o projeto para aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no país, por intermédio do Ministério de Minas e Energia e do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Nesse projeto, em sua primeira fase, houve o envolvimento de pesquisas internacionais a partir de termos de cooperação com os Estados Unidos e União Europeia (Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural, 2016).

Estudos preliminares realizados no âmbito do Plano Nacional Brasileiro de Energia apontaram para a possibilidade de produção de até 156 TCF (sigla em inglês para “trilhões de pés cúbicos”) de gás não convencional até o ano de 2050. Essa produção estaria concentrada e sustentada em volumes recuperáveis nas bacias terrestres do Recôncavo, Parnaíba, de São Francisco Parecis, Potiguar, Amazonas, Solimões e Paraná (Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural, 2016).

Segundo levantamentos do Governo Federal, realizados através da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Bacia Hidrográfica do Paraná se configura como uma das bacias mais promissoras na extração do gás em reservas não convencionais. Essa bacia contempla uma área equivalente a 1.500.000 km<sup>2</sup>, abrangendo, parcialmente, os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Tocantins e ainda, estendendo-se pelos territórios da Argentina, Paraguai e Uruguai. Dentro da Bacia do Paraná, as regiões catarinenses do Alto Vale do Rio do Peixe, o Planalto Norte e o Meio Oeste foram as áreas classificadas pelo potencial de geração do gás e identificadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), como blocos exploratórios PAR-T-344 e PAR-T-335 (Brasil, 2021) conforme Figura 2.

Figura 2 - Blocos exploratórios da Bacia do Paraná, no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Brasil (2021).

A expectativa da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), é que as empresas vencedoras dos leilões dos blocos exploratórios se comprometam em coletar informações em regiões ainda pouco conhecidas geologicamente com barreiras tecnológicas a serem vencidas, possibilitando o surgimento de novas bacias produtoras de gás natural e de recursos petrolíferos convencionais e não convencionais. O potencial da Bacia do Paraná, que inclui Santa Catarina, é, em parte, desconhecido e, por isso, os leilões irão incluir também a projeção de pesquisas e prospecção do potencial pelos seus vencedores. Estima-se, porém, que a bacia tenha capacidade de multiplicar em muitas vezes o volume de reservas comprovadas de gás no Brasil, atualmente em 459,4 bilhões de metros cúbicos (Governo Federal, 2013). Entretanto, esses valores são apenas estimativas, as quais precisariam ser comprovadas.

Apesar do governo brasileiro estar disposto a explorar as reservas não convencionais nacionais de petróleo e gás, há os impactos negativos desse tipo de procedimento de extração, os quais incluem: geração de sismos induzidos; reativação de falhas pré-existentes e a criação de campos de tensões que se

propagam ao longo do terreno; possíveis vazamentos de gases que fogem pelas falhas; poluição atmosférica e sonora; contaminação do lençol freático; desmatamento; imigração de pessoas (Álvarez-Ramos *et al.*, 2020a; Liu, H.; Zhang, Z.; Zhang, 2022).

Por conta das muitas incertezas na técnica de extração do gás em rocha folhelho por fraturamento hidráulico, países como a Alemanha, França, Espanha e Bulgária já proibiram esse procedimento exploratório em seus territórios (Instituto Internacional Arayara, 2024).

O que mais preocupa pesquisadores e ambientalistas brasileiros é o quanto pode ser segura a extração do gás em rocha folhelho através da técnica de fraturamento hidráulico, isso considerando que o país é extremamente dependente de suas reservas hidrológicas. Os aquíferos do Brasil se fazem presentes, praticamente, em todo o subsolo do continente nacional. O aquífero Guarani, por exemplo, é um importante recurso hídrico das regiões Sul e Sudeste no Brasil, abrangendo desde a Bacia Sedimentar do Paraná até a Bacia do Chaco/Paraná. Esse aquífero também se estende ao Paraguai, Uruguai e Argentina. No Brasil, essa reserva aquática está presente no subsolo do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), as reservas de água do aquífero Guarani são estimadas em 45 mil quilômetros cúbicos e desse total, aproximadamente, 65% está localizado no Brasil (Wendland; Gomes; Troeger, 2015b).

As áreas apontadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e que indicariam a presença de hidrocarbonetos em subsolo catarinense são, também, compostas por importantes aquíferos. Essas Regiões Hidrográficas catarinenses, denominadas de RH2, RH3 e RH5, apresentam seu desenvolvimento econômico baseado na pecuária, na agricultura e na indústria, registrando, nas últimas décadas, um acréscimo no uso das reservas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral, demonstrando a sua dependência econômica e social pelas águas subterrâneas e fluviais (Brasil, 2021; Regina de Britto *et al.*, 2015; Scheibe, 2011; Scheibe *et al.*, 2018).

Segundo Scheibe e colaboradores (2018), a região Oeste de Santa Catarina e Paraná, bem como a região Norte e Noroeste do Rio Grande do Sul, tem como

principal fonte de águas subterrâneas o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG). A utilização das águas subterrâneas deste aquífero tem crescido exponencialmente.

Outro ponto que deve ser observado, como crítico à atividade através do *fracking*, é a curta vida útil de um poço explorado, que se restringe a poucos anos, promovendo constantes mudanças na infraestrutura, o que ocasiona turbulência econômica local, uma vez que é necessária a migração constante para outras áreas de extração. Um poço de gás no sistema não convencional alcança seu auge logo nos primeiros anos, decaindo após esse período e tornando-se inviável, enquanto um poço de petróleo tradicional pode continuar produzindo por mais de trinta anos (Lage; Processi; Souza; Dores; Galoppi, 2013).

Os impactos socioambientais podem se estender além das fronteiras locais, se comportando como um fator negativo para as sociedades regionais. A contaminação de uma bacia hidrográfica pode, facilmente, transcender municípios, estados e países inviabilizando a vida e a saúde de centenas de milhares de pessoas (Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas, 2017; Liu, H.; Zhang, Z.; Zhang, 2022).

Conforme pode-se observar na Figura 3, uma linha do tempo se formou desde o ano de 2013 com a intenção do Governo Federal Brasileiro em avançar na extração do gás natural através do *fracking*. A Administração Nacional ofereceu, através de oferta pública, 240 blocos de leilão localizados nas bacias do Parnaíba, Paraná, Recôncavo e Sergipe-Alagoas, com o objetivo de realizar perfis de poços exploratórios de combustíveis, amostragens e análises específicas. Nesse ato, forte oposição ao *fracking* surgiu através de manifestos por todo o país, com o receio das expectativas de impacto socioambientais (Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural, 2016).

Figura 3 - Linha do tempo sobre *fracking* no Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A 12ª Rodada de Licitações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) no Brasil foi autorizada pela Resolução CNPE nº 6/2013 e publicada no Diário Oficial da União em 7 de agosto de 2013. A agência realizou a sessão pública de apresentação de ofertas no dia 28 de novembro de 2013, disponibilizando 240 blocos com risco exploratório, localizados em 13 setores de 7 bacias sedimentares brasileiras. A rodada de licitação teve a participação de 26

sociedades empresariais, das quais 25 pagaram taxas de participação, no valor de R\$ 2,8 milhões de reais. Deste total, 21 empresas foram habilitadas a participar da rodada e 12 apresentaram ofertas e obtiveram êxito no certame (Brasil, 2013).

Dos blocos ofertados, 72 foram arrematados, totalizando 47.427,60 km<sup>2</sup> de área. As assinaturas dos contratos aconteceram nos dias 15 de maio, 6 de junho e 26 de setembro de 2014, onde foram assinados 62 contratos de concessão relativos à 12<sup>a</sup> Rodada de Licitações (Brasil, 2013).

Em 10/04/2014 foi publicado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a resolução nº 21, onde estabelece procedimentos a serem cumpridos pelos detentores de direitos de extração e produção de petróleo e gás natural que executarão a técnica do fraturamento hidráulico em reservatório não convencional no Brasil.

Após as assinaturas dos contratos, liminares judiciais foram concedidas impedindo o avanço do processo de extração. Devido a este instrumento jurídico, proferido nos autos da Ação Civil Pública nº 5005509-18.2014.404.7005, foram suspensos os efeitos dos contratos dos blocos PAR-T-300 e PAR-T-309, assinados no dia 15 de maio de 2014, além dos contratos de concessão dos blocos PAR-T-271, PAR-T-272, PAR-T-284, PAR-T-285, PAR-T-286, PAR-T-297, PAR-T-298, PAR-T-308 e PAR-T-321. Todos os blocos estão localizados no setor SPAR-CS da bacia do Paraná (Brasil, 2013).

Em 17 de março de 2016, o juiz federal da 1<sup>a</sup> Vara Federal da Seção Judiciária em Sergipe determinou a publicação do seguinte texto:

O Ministério Público Federal de Alagoas e de Sergipe ajuizaram Ação Civil Pública, distribuída à 1<sup>a</sup> Vara Federal da Seção Judiciária de Sergipe sob o n. 080036679.2016.4.05.8500, que objetiva a suspensão dos efeitos decorrentes da 12<sup>a</sup> Rodada de Licitações realizada pela ANP, somente em relação à exploração de gás de folhelho, conhecido como "gás de xisto", na modalidade *fracking* (fraturamento hidráulico), na Bacia Sergipe-Alagoas, em razão dos potenciais riscos ao meio ambiente, à saúde humana e à atividade econômica regional, enquanto não houver a realização de Estudos de Impacto Ambiental e a devida publicidade da AAS Avaliação Ambiental de Áreas Sedimentares (Brasil, 2013).

Em cumprimento à decisão judicial, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), imediatamente, se submeteu a ela.

Em 9 de junho de 2017, foi proferida sentença nos autos da Ação Civil Pública nº 5005509-18.2014.404.7005, por meio da qual foram confirmados os termos da liminar conforme se observa a seguir:

Confirmo os demais termos da liminar, e julgo parcialmente procedentes os pedidos formulados na exordial, extinguindo o feito com resolução de mérito, forte no art. 487, I, do Código de Processo Civil, para o fim de declarar a nulidade do procedimento licitatório e dos respectivos contratos firmados referentes às áreas da Bacia do Rio Paraná (setor SPAR-CS), bem como determinar à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP que se abstenha de realizar procedimentos licitatórios e/ou celebrar contratos de concessão nas áreas da Bacia do Rio Paraná (setor SPAR-CS), sem a realização prévia da Avaliação Ambiental de Áreas Sedimentares - AAAS em relação à Bacia Hidrográfica do Paraná (Brasil, 2013)

O Ministério Público Federal do Estado da Bahia também ajuizou ação civil pública, sob o n. 0030652-38.2014.4.01.3300, objetivando a suspensão dos contratos referentes aos setores SREC-T2 e SREC-T4 decorrentes da 12ª Rodada de Licitações, exclusivamente em relação à possibilidade de extração de recursos não convencionais *fracking* até que seja criada regulamentação específica do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), acerca da técnica de *fracking*, bem como até que sejam realizadas as avaliações ambientais de áreas sedimentares da bacia do recôncavo, conforme decisão abaixo transcrita (Brasil, 2013). Segue o texto da liminar:

CONCEDO A MEDIDA LIMINAR requerida para a SUSPENDER exclusivamente em relação à atividades que envolvam a exploração de gás xisto por meio de fraturamento hidráulico os efeitos decorrentes da 12ª rodada de licitação promovida pela Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis ANP que disponibilizou blocos na Bacia do Recôncavo para a exploração de gás de xisto por meio de fraturamento hidráulico Setor SRECT2 e SRECT4 assim como dos contratos dela decorrentes enquanto não houver prévia regulamentação do CONAMA e não for realizada a Avaliação Ambiental de Áreas Sedimentares AAAS na forma da Portaria Interministerial nº 1982012; b) impedir a ANP de realizar novos procedimentos licitatórios relativos à exploração de gás xisto na Bacia do Recôncavo assim como de autorizar a firmação de contratos relativos a tal atividade enquanto não executadas as diligências descritas no item anterior; c) determinar que a ANP dê publicidade à presente demanda consignando a sua existência nos contratos de concessão cujos efeitos se pretendem suspender assim como no seu site institucional e no Brasil Rounds Licitações de Petróleo e Gás (Brasil, 2013).

Ao final dessas manifestações judiciais no âmbito da Ação Civil Pública nº 0005610-46.2013.4.01.4003, foi proferida decisão:

DEFIRO O PEDIDO DE LIMINAR para DETERMINAR a imediata suspensão de todos os atos decorrentes da arrematação do bloco PN-T-597 pertencente à Bacia do Parnaíba, no que se refere à exploração do gás de xisto (gás não convencional), e que a Agência Nacional do Petróleo - ANP e a União se abstenham de realizar outros procedimentos licitatórios com finalidade de exploração do mesmo gás na bacia de Parnaíba, enquanto não for realizada a Avaliação Ambiental de Área Sedimentar - AAAS, prevista na Portaria Interministerial de nº 198, de 05/04/2012 do Ministério de Minas e Energia (Brasil, 2013).

Vários Estados da federação brasileira, através de leis estaduais ou municipais, tentaram criar barreiras à extração do *fracking*. Em Santa Catarina, também houve movimentos neste sentido. A Assembleia Legislativa do Estado, se antecipou a discussão sobre a extração do gás folhelho no Estado e criou a Lei nº 17.766 de 13/08/2019 (Santa Catarina, 2019).

O referido texto legal proíbe a extração e produção de óleo e gás de xisto pelos métodos de fratura hidráulica, sendo permitido, apenas, na condição de que seja produzido um Termo de Referência do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), através de demonstração técnica de que não há riscos efetivos ou potenciais (Santa Catarina, 2019).

Em 2020, o Governo Federal, na tentativa de trazer à sociedade uma discussão sobre o tema da extração do *fracking*, criou o Decreto nº 10.336, de 5 de maio de 2020. Neste instrumento legal chamado de “Projeto Poço Transparente”, o Governo tenta criar condições para que algumas unidades de extração modelo sejam viabilizadas, ampliando o acesso público às informações sobre o assunto (Brasil, 2020). Em 28 de março de 2022 o Ministério de Minas e Energia publicou a divulgação do Edital para Qualificação de Projetos para Execução de Poço Transparente. No dia 09 de dezembro de 2022 houve a sequência do projeto do Poço Transparente através da Resolução Presidencial nº 28. Entre outros assuntos, a Resolução determina que o Ministério de Minas e Energia e o Ministério da Economia, em conjunto com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Empresa de Pesquisa Energética, elaborem e publiquem edital para qualificação de projetos visando à execução de Poço Transparente de que trata o Decreto nº 10.336, de 05 de maio de 2020, submetendo-a consulta pública.

A partir destes pressupostos e levando-se em consideração que, no Brasil, estão em andamento projetos que apontam a possibilidade de exploração por

fraturamento hidráulico de gás natural em rocha folhelho, a presente investigação se propõe a efetuar estudos dos possíveis impactos negativos e análise preliminar de percepção de riscos advindos do *fracking*, com foco no Estado de Santa Catarina.

A expectativa é de que a presente pesquisa ofereça contribuições relevantes para um melhor entendimento da temática e sirva como subsídio para a tomada de decisões voltadas à extração do gás natural em rochas folhelho.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa teve como objetivo geral realizar estudos dos possíveis impactos negativos e análise preliminar de percepção de riscos socioeconômicos e ambientais decorrentes da extração por fraturamento hidráulico de gás natural em rocha folhelho, com foco nos blocos exploratórios em Santa Catarina.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desta investigação compreenderam:

- i. Obter um melhor conhecimento e contribuir para o estado da arte dos estudos voltados à extração do gás natural em rochas folhelho por fraturamento hidráulico (*fracking*);
- ii. Compreender os possíveis impactos socioeconômicos e ambientais negativos da extração por *fracking* em Santa Catarina;
- iii. Efetuar estudos preliminares de percepção de riscos socioeconômicos e ambientais da extração por *fracking* nos Estados Unidos, Província de Huambo (Angola) e em Santa Catarina;
- iv. Oferecer subsídios aos poderes públicos e à comunidade para a tomada de decisões voltadas à extração do gás natural em rochas folhelho.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ESTUDO DO ESTADO DA ARTE

Nessa etapa, foi efetuado o estudo do estado da arte das temáticas relacionadas à investigação, as quais compreenderam: matriz energética brasileira; matriz energética de Santa Catarina; sistema petrolífero de geração de petróleo e gás; rocha xisto e rochas folhelho; sistemas de extração de óleo e gás, extração por *fracking* nos EUA e na Argentina; o desafio do *fracking* em Angola; *fracking* em Santa Catarina; impactos das operações por *fracking*; percepção de riscos do *fracking*.

Esses estudos foram feitos por meio da revisão da literatura, tendo como fontes livros, artigos científicos, documentos e relatórios governamentais, entre outros.

Foram utilizadas bases de dados, as quais incluem *Science Direct*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), sites governamentais e de organismos não governamentais.

#### 3.2 ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS NOS EUA

Considerando que os EUA é o maior produtor de gás por *fracking* no planeta, houve a necessidade de entender melhor como esta operação impacta a sociedade americana em seu modo de vida, na economia, na natureza, na infraestrutura entre outros fatores. Para isso, foi planejada uma viagem exploratória com o propósito de compreender e perceber, preliminarmente, os principais riscos envolvidos no processo de exploração do gás natural, em rochas folhelho, extraídas pela técnica do *fracking*. A viagem exploratória ao país americano ocorreu entre os dias 20 de outubro a 05 de novembro de 2023.

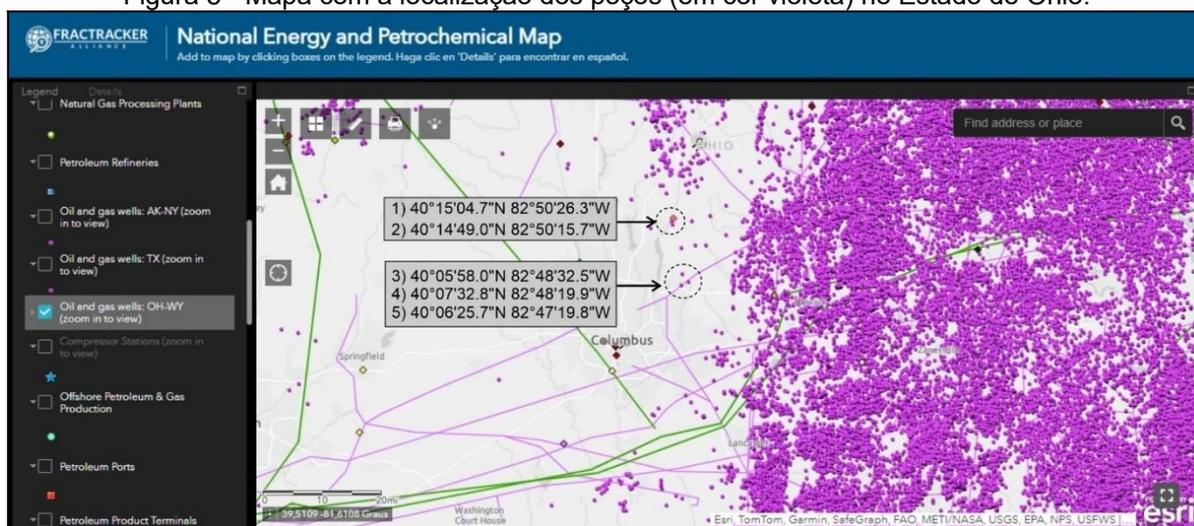
Para cumprir esta etapa foi pré-definido que seria importante visitar um estado americano em que a atividade de exploração e exploração, praticamente, não é realizada e outro no qual essa atividade é intensa.

Com base nos dados da Figura 4, identificou-se quais estados americanos têm atividades de *fracking* e quais não tem. Essa informação é demonstrada através



No total, foram selecionados cinco pontos determinados no Estado de Ohio e georreferenciados (Figura 5), conforme a seguir: Poço 1 ( $40^{\circ}15'04.7''\text{N}$   $82^{\circ}50'26.3''\text{W}$ ); Poço 2 ( $40^{\circ}14'49.0''\text{N}$   $82^{\circ}50'15.7''\text{W}$ ); Poço 3 ( $40^{\circ}05'58.0''\text{N}$   $82^{\circ}48'32.5''\text{W}$ ); Poço 4 ( $40^{\circ}07'32.8''\text{N}$   $82^{\circ}48'19.9''\text{W}$ ); Poço 5 ( $40^{\circ}06'25.7''\text{N}$   $82^{\circ}47'19.8''\text{W}$ ).

Figura 5 - Mapa com a localização dos poços (em cor violeta) no Estado de Ohio.



Fonte: Fractracker.

As Figuras 6, 7, 8, 9 e 10, apresentam, respectivamente, fotos dos locais próximos aos referidos poços.

Figura 6 - Localização próxima do poço n° 1.



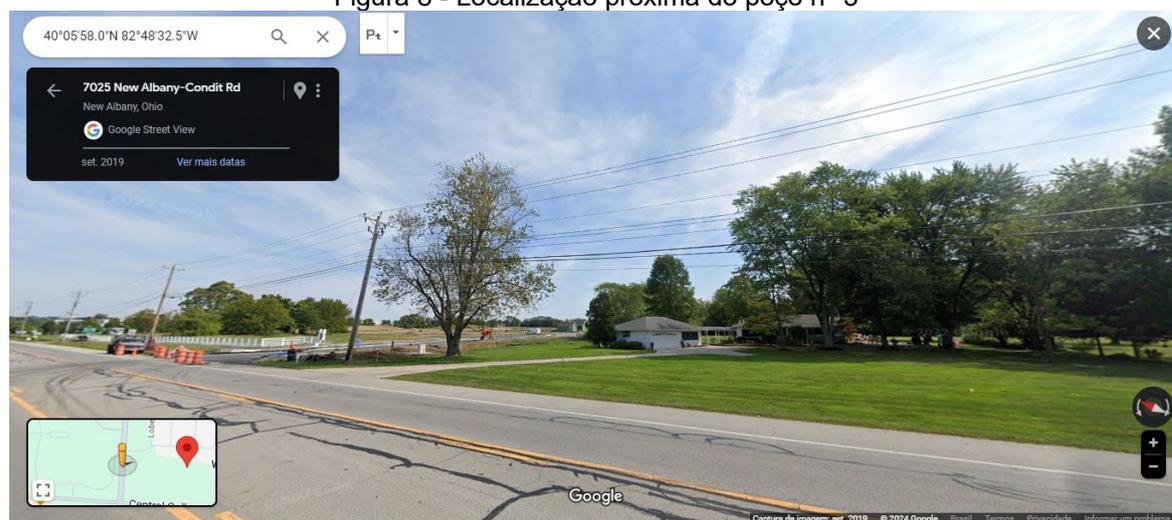
Fonte: Fractracker.

Figura 7 - Localização próxima do poço n° 2



Fonte: Fractracker

Figura 8 - Localização próxima do poço n° 3



Fonte: Fractracker.

Figura 9 - Localização próxima do poço n°4



Fonte: FracTracker.

Figura 10 - Localização próxima do poço n° 5.



Fonte: FracTracker.

Uma vez definidos os locais a serem contemplados na viagem, foi necessário criar um roteiro mínimo para cálculo de custos e demais definições. Na Tabela 1 é demonstrado o roteiro finalizado.

Um maior detalhamento não foi possível, em função das indefinições das condições climáticas e da disponibilidade dos guias.

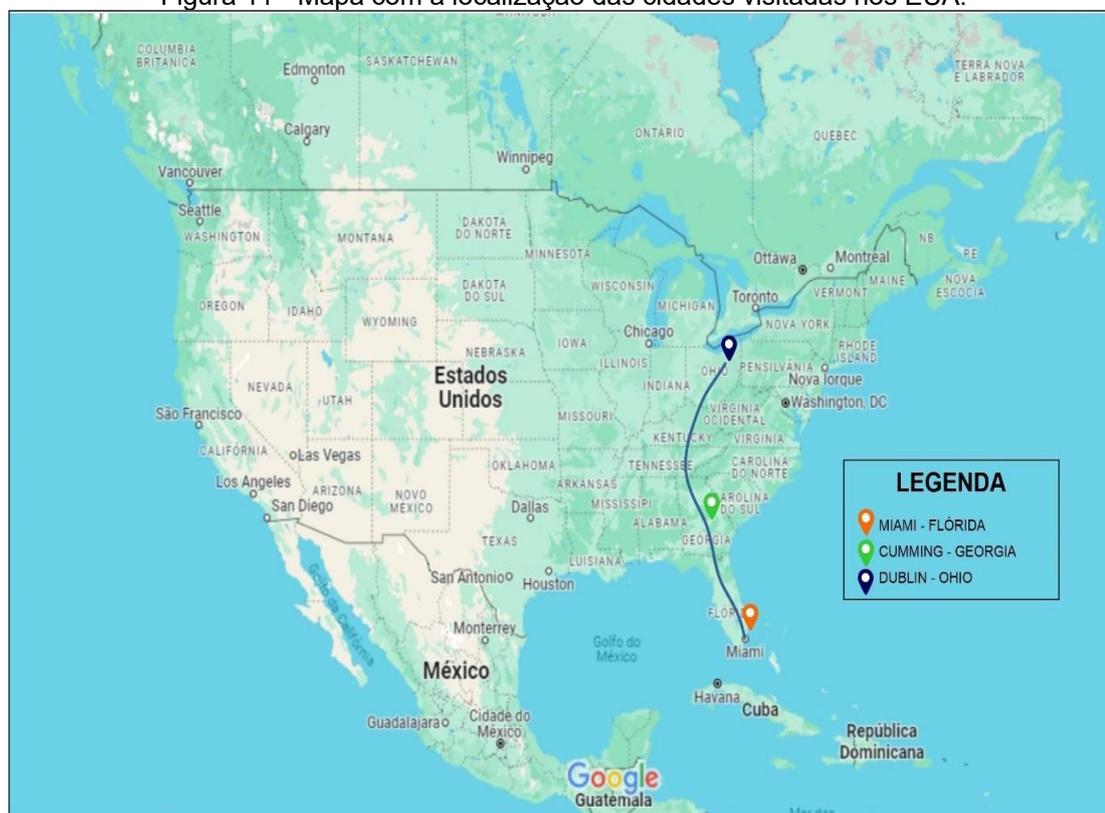
Tabela 1 - Roteiro de viagem aos EUA.

DATA	TRAJETO (Origem-Destino)		TEMPO	VIA
20/10/23	Capivari De Baixo	São Paulo	1h 15m	Aérea
20/10/23	São Paulo	Panamá	7hs	Aérea
21/10/23	Panamá	Miami (Flórida)	4hs	Aérea
22/10/23	Miami (Flórida)	Cumming (Geórgia)	10h23m	Terrestre
26/10/23	Cumming (Geórgia)	Dublin (Ohio)	6hs	Terrestre
31/10/23	Dublin (Ohio)	Miami (Flórida)	3hs	Aérea
03/10/23	Miami (Flórida)	Panamá	4hs	Aérea
04/10/23	Panamá	São Paulo	7hs	Aérea
05/10/23	São Paulo	Capivari De Baixo	1h 15m	Aérea

Fonte: Elaborada pelo autor

A viagem nos EUA teve como primeiro destino a Geórgia (Figura 11), inicialmente através da cidade Cumming. A princípio, o objetivo foi entrar em contato com a comunidade local e observar o seu modo de vida, além obter informações sobre como os cidadãos americanos deste Estado observam o avanço da exploração e exploração do gás natural através do *fracking* nos EUA e na Geórgia.

Figura 11 - Mapa com a localização das cidades visitadas nos EUA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para contemplar esta etapa, foi definida uma visita ao parque ambiental de Dawsonville, uma referência em preservação ambiental e animal da Geórgia. Outros objetivos foram traçados, incluindo incursões a pequenos centros urbanos, mananciais de água, fazendas e pequenas vilas rurais. No total, foram 4(quatro) dias no Estado da Geórgia.

A segunda etapa da viagem iniciou no dia 26 de outubro de 2023 na cidade de Dublin em Ohio e visou abordar um Estado com grande parque industrial voltado à exploração do gás natural por *fracking*.

Foi prevista uma visita agendada ao Museu de *Orton Geological Museum* da *Ohio State University*, localizada em Columbus, o que se concretizou conforme o previsto. No Museu, foi possível levantar informações importantes sobre a formação geológica da região, além de conhecer a história da mineração nos EUA.

No Estado de Ohio cumpriu-se boa parte das atividades previstas, contudo houve imprevistos. O pesquisador, por não conhecer os hábitos do cidadão americano, desconhecia a necessidade de agendamento prévio com os moradores locais, uma vez que, ao contrário do Brasil, a maioria dos americanos residentes no meio rural não está habituada com visitas não programadas.

Outra dificuldade, foi na identificação dos locais escolhidos inicialmente. Por se tratar de zonas rurais, o acesso às casas não foi possível na maioria das vezes.

### 3.3 ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS EM HUAMBO-ANGOLA

Em função do intenso intercâmbio que o Instituto Superior Politécnico da Caála (ISPCAÁLA), localizado na cidade de Caála na Província de Huambo em Angola tem com a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, na presente etapa foi efetuada uma visita exploratória no referido país, com o intuito de realizar uma pesquisa preliminar de percepção de riscos, como contribuição à presente investigação.

A viagem a Angola teve um papel fundamental na compreensão dos motivos que levam o país africano a acreditar que o *fracking*, mesmo sendo uma operação questionada no mundo, possa contribuir para o desenvolvimento do país. Observar como a sociedade de Angola se organiza, como a economia se posiciona diante do assunto, foi imprescindível para se entender essas motivações.



Uma vez chegado ao local de destino, deu-se sequência às atividades planejadas. As mesmas ocorreram durante o II Simpósio Internacional de Inovação e Empreendedorismo, realizado de 29 a 31/03/2023, no Instituto Superior Politécnico da Caála (ISPCAALA). Na ocasião, o mestrando elaborou, previamente, um material didático de apresentação oral e proferiu uma palestra no evento, sob o título “Extração de gás em folhelho por fraturamento hidráulico: percepção e análise de impactos socioeconômicos, geográficos, ambientais e urbanísticos”. O referido material didático continha conteúdos relacionados aos fundamentos teóricos da técnica exploratória de gás em estudo e seus impactos socioambientais, bem como o mapeamento das reservas de hidrocarbonetos em Angola. Além disso, foram abordadas informações contidas no Decreto Presidencial de Angola nº 282/2020, que prevê a prospecção, pesquisa, avaliação e desenvolvimento, produção e venda de gás natural em Angola, além da estratégia geral de atribuições e concessões petrolíferas para 2020 a 2025.

Posteriormente, os pesquisadores do ISPCAALA aplicaram, aos presentes no simpósio, um questionário com 13 perguntas, abordando temas relacionados à percepção de riscos socioambientais decorrente da técnica exploratória de gás em rochas folhelho por fraturamento hidráulico na província de Huambo (Anexo 1).

As etapas de preparação, aplicação, compilação dos resultados do questionário e elaboração de um relatório foram efetuadas pelos pesquisadores do ISPCAALA, parceiros desta investigação. O relatório foi disponibilizado à equipe executora do presente estudo e serviu de referência para a análise preliminar de percepção de riscos relacionados à técnica do *fracking* naquele país.

### 3.4 ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS EM SANTA CATARINA

Na presente etapa, foram feitos estudos preliminares de percepção de potenciais riscos socioeconômicos, geográficos, ambientais e urbanísticos decorrentes da possível exploração de gás em rochas folhelho, através da técnica do fraturamento hidráulico no Estado de Santa Catarina. A região pertence à Bacia Hidrográfica do Paraná e contempla áreas apontadas pela ANP como passíveis de exploração.

A fração de território catarinense inserida na Bacia do Paraná e escolhida para este estudo foi: Região Hidrográfica do Alto Vale do Rio do Peixe, Região

Hidrográfica do Planalto Norte e Região Hidrográfica do Meio Oeste. Estas áreas foram selecionadas em função do hipotético potencial de geração de petróleo e gás, identificado pela ANP como blocos exploratórios PAR-T-344 e PAR-T-335, conforme já demonstrado na Figura 2.

Este levantamento aponta a Bacia Hidrográfica do Paraná como uma das bacias mais promissoras na extração do gás em reservas não convencionais, apesar de não existir, até o presente momento, comprovação de que efetivamente estas reservas sejam viáveis ou mesmo que existam.

A Figura 13 indica os municípios com possibilidade de exploração do gás em rocha folhelho pela técnica do *fracking* previsto pela ANP. São eles: Ibiam, Tangará, Ibicaré, Luzerna, Herval D' Oeste, Joaçaba, Água Doce, Treze Tílias, Salto Veloso, Macieira, Arroio Trinta, Iomerê, Videira, Rio das Antas, Caçador, Calmon, Matos Costa, Irineópolis, Timbó Grande, Canoinhas e Porto União.

Figura 13 - Contorno das áreas referentes aos blocos exploratórios da Bacia do Paraná em Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para contemplar esta etapa, inicialmente, foi identificada a necessidade de uma visita exploratória que fornecesse informações complementares aos dados já obtidos através referencial teórico.

O primeiro passo foi elaborar um quadro com diretrizes dos principais assuntos a serem observados durante a viagem. Estes assuntos foram divididos por temas e organizados, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Diretrizes organizacionais com principais temas observados durante a viagem exploratória.

CIDADE	ESTADUAIS (Tipo: P-pavimentado, NP-não pavimentado)	MUNICIPAIS	FERROVIA	AEROPORTO	FEDERAIS	HOSPITAIS	SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGENCIA (SAMU)	PRONTO ATENDIMENTO	UNIVERSIDADE	COLÉGIO ESTADUAL	COLÉGIO MUNICIPAL	GUARDA MUNICIPAL	PC	BOMBEIRO	PM	PATRIMÔNIO HIST. (a- monumento, b-prédio hist, c-ligreja)	LAGOS	PARQUEM (a-plantão, b-plantaio)	NASCENTES	PLANO DIRETOR	LEI DE ZONEAMENTO	PREDOMINANCIA URBANA	RIO (com largura acima dos 3m)	PREDOMINANCIA RURAL	RESERVA AMBIENTAL	PARQUE NACIONAL/ ESTADUAL	RESIDENCIAL BAIXA	RESIDENCIAL ATÉ 3 PAVTOS	RESIDENCIAL ACIMA DE 3 PAVTOS	COMERCIAL	INDUSTRIAL
	Infraestrutura em transportes	Infraestrutura em saúde	Infraestrutura em educação	Infraestrutura em segurança	Arquitetura e planejamento	Meio ambiente	Tipologia construtiva predominante																								
Água Doce																															
Arroio Trinta																															
Caçador																															
Calmon																															
Canoinhas																															
Herval D'Oeste																															
Ibiam																															
Ibicaré																															
Iomerê																															
Irineópolis																															
Joaçaba																															
Luzerna																															
Macieira																															
Matos Costa																															
Porto União																															
Rio das Antas																															
Salto Veloso																															
Tangará																															
Timbó Grande																															
Treze Tilias																															
Videira																															

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sete eixos principais foram traçados e subdivididos em outros 31 assuntos necessários à compreensão da realidade local dos municípios contemplados com a visita exploratória. Esses indicativos visaram apontar o nível de infraestrutura que cada município possui, facilitando as análises e compreensões sobre os estudos de percepção de riscos e as abordagens durante a viagem. No primeiro eixo, intitulado de “infraestrutura em transportes”, se procurou identificar se o município visitado possui rodovias federais, rodovias estaduais, aeroportos ou ferrovia. No segundo eixo, intitulado de “infraestrutura em saúde”, se procurou verificar se o município possui os sistemas básicos de saúde como: hospitais, Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) e pronto atendimentos. No terceiro eixo, intitulado de

“infraestrutura em educação”, se buscou identificar quais tipos de estabelecimentos educacionais o município disponibiliza a seus cidadãos como: universidade, colégios estaduais ou colégios municipais. No quarto eixo, intitulado de “infraestrutura em segurança”, se procurou identificar se o município possui a estrutura básica em segurança como: guarda municipal, polícia civil, polícia militar e unidade de corpo de bombeiros. No quinto eixo, intitulado de “arquitetura e planejamento”, se buscou saber se o município possui patrimônios histórico e cultural, lagos ou lagoas que estejam aptas à captação de água, nascentes catalogadas e monitoradas, Lei de Plano Diretor e Lei de Zoneamento e Ocupação do Solo. No sexto eixo, intitulado de “meio ambiente”, as informações levantadas buscaram esclarecer se há no município a predominância de áreas urbanas ou rurais, se existem rios com larguras superiores a 3 metros e se existem reservas ambientais catalogadas. Por fim, no sétimo e último eixo, intitulado de “tipologia construtiva predominante”, se procurou obter informações quanto às edificações e a predominância de seu uso se comercial ou industrial.

Uma vez identificados os municípios a serem visitados, elaborados os instrumentos necessários para a coleta de dados, a próxima etapa constituiu-se em traçar um roteiro de viagem. O desenho do trajeto foi elaborado, levando em conta as características das rodovias, locais de hospedagens, pontos de alimentação e abastecimento de combustível. Todo o trajeto foi realizado em 7 (sete) dias, contemplando 21 municípios em um total de 1454 km percorridos, conforme Tabela 3. Para isso, foram consideradas as distâncias entre as cidades e o tempo estimado a percorrer entre elas.

Tabela 3 - Planilha de planejamento de viagem em Santa Catarina

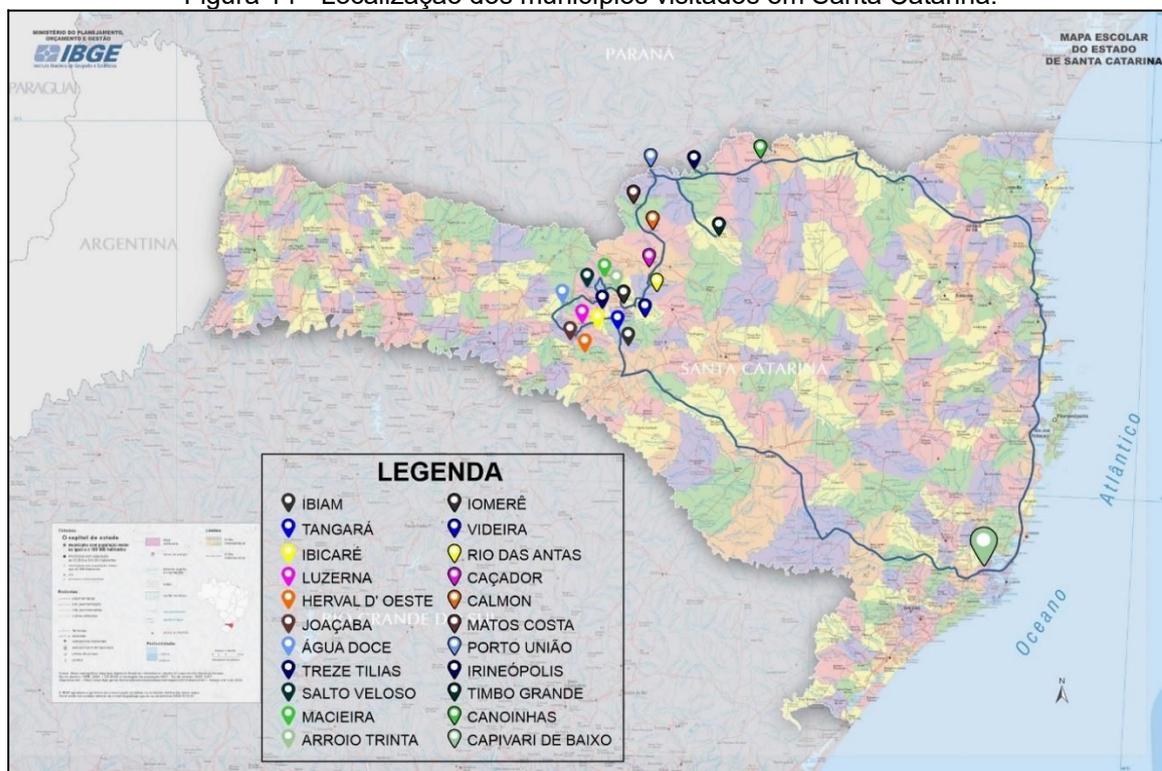
TRECHO	TRAJETO		TEMPO	KM
	(Origem-Destino)			
1	Capivari De Baixo	Ibiam	6h 23m	362
2	Ibiam	Tangará	46m	21
3	Tangará	Ibicaré	52m	37
4	Ibicaré	Luzerna	14m	14
5	Luzerna	Herval D' Oeste	10m	8
6	Herval D' Oeste	Joaçaba	9m	5
7	Joaçaba	Água Doce	1h 20m	74
8	Água Doce	Treze Tílias	1h	52
9	Treze Tílias	Salto Veloso	21m	15
10	Salto Veloso	Macieira	17m	13
11	Macieira	Arroio Trinta	19m	14

TRECHO	TRAJETO (Origem-Destino)		TEMPO	KM
12	Arroio Trinta	Iomerê	21m	19
13	Iomerê	Videira	12m	12
14	Videira	Rio Das Antas	17m	20
15	Rio Das Antas	Caçador	18m	20
16	Caçador	Calmon	31m	32
17	Calmon	Matos Costa	17m	18
18	Matos Costa	Porto União	55m	38
18	Porto União	Irineópolis	39m	38
20	Irineópolis	Timbo Grande	1h 47m	73
21	Timbo Grande	Canoinhas	1h 50m	87
22	Canoinhas	Capivari De Baixo	6h	482
				<b>Total= 1454</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

A viagem ocorreu entre os dias 01 a 07/10/2023, totalmente por via terrestre com o suporte do orientador. O roteiro de viagem teve o objetivo de maximizar o tempo de exploração e encontrar a logística mais eficiente para cumprir esta etapa, conforme Figura 14.

Figura 14 - Localização dos municípios visitados em Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como se tratava de uma viagem exploratória com foco em estudos de percepção de riscos, foram incluídos no roteiro paradas em pontos estratégicos da

infraestrutura em municípios relevantes para a organização regional, como entroncamentos de rios, aeroportos, centros urbanos nas cidades de Caçador, Joaçaba e Porto União. Também houve a tentativa de imersão junto às comunidades locais, nas cidades mapeadas, com valor cultural reconhecido, com o intuito de perceber informações ocultas na maioria das pesquisas bibliográficas levantadas. Para tanto, foram planejadas incursões em comunidades fora do eixo arterial das rodovias previamente planejadas com o propósito de identificar ricas experiências das comunidades locais. Já na área geológica de interesse da ANP, houve oportunidade de observar possíveis afloramentos de rochas sedimentares com ajuda de locais. Esta etapa foi concluída com sucesso e os dados coletados conforme o previsto.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Na presente seção está descrito o estudo do estado da arte prevista na Metodologia desta investigação. Foram abordados os principais conteúdos relacionados à pesquisa, a saber: matriz energética brasileira e em Santa Catarina, o sistema petrolífero de geração de petróleo e gás, os sistemas de extração de óleo e gás, a extração por *fracking* nos Estados Unidos e na Argentina, os desafios do *fracking* em Angola e em Santa Catarina.

### 4.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Ministério de Minas e Energia (MME) é responsável por formular os princípios básicos e definir as diretrizes da política energética nacional. Criada em 2004, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao MME é uma empresa pública, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, e do Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004. Entre suas competências, está a de elaborar e publicar o Balanço Energético Nacional (BEN).

A Empresa de Pesquisa Energética elabora e publica, anualmente, o Balanço Energético Nacional (BEN). O BEN tem por finalidade apresentar a contabilização relativa à oferta e ao consumo de energia no Brasil, contemplando as atividades de extração de recursos energéticos primários, sua conversão em formas secundárias, importação e exportação, a distribuição e o uso final da energia (Empresa De Pesquisa Energética, 2022).

O Balanço Energético Nacional é uma base de dados ampla e sistematizada, atualizada em ciclos anuais. De grande importância para os estudos relacionados ao planejamento energético nacional, o BEN também se apresenta como relevante instrumento de pesquisa para estudos setoriais, apresentando estatísticas confiáveis, muitas vezes reveladoras de tendências, da oferta e do consumo de energia. O documento é uma referência para os dados de energia do país. O Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2022 – ano base 2021, apresenta as informações consolidadas quanto ao uso da energia no Brasil em 2021 (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

De acordo com o relatório do BEN, a oferta interna de energia total disponibilizada no Brasil atingiu 301,5 Mtep (tonelada equivalente de petróleo),

registrando um avanço de 4,5% em relação ao ano anterior (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

A participação das energias renováveis na matriz energética teve uma queda, causada pela fonte de energia hidráulica, ocasionada pela escassez hídrica e pelo acionamento das usinas termelétricas. Por outro lado, o incremento das fontes eólica e solar na geração de energia elétrica e o biodiesel contribuíram para que a matriz energética brasileira se mantivesse em um patamar renovável de 44,7%, muito superior ao observado no resto do mundo (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

Quanto à oferta interna de energia elétrica, verificou-se um crescimento de 25,7 TWh (Terawatt-hora), correspondente a 3,9% em relação ao ano de 2020. O principal incremento ficou por conta do avanço da geração à base de gás natural, na ordem de 46,2%. Na geração de energia hidráulica, houve uma redução de 8,5%, acompanhando a queda na importação de 6,5%, onde a principal origem é a usina de Itaipu. Por outro lado, a geração eólica atingiu 72 TWh de crescimento, somando 26,7%. A potência eólica alcançou 20.771 MW (megawatt), uma expansão de 21,2%. Já a geração solar chegou a 16,8 TWh (geração centralizada e MMD), o percentual das energias renováveis na matriz elétrica ficou em 78,1% em 2021 (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

Acompanhando a tendência já verificada na oferta, o consumo final energético e não energético avançou 3,5% em relação ao ano anterior (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

Ao analisar o setor industrial, a EPE observou um acréscimo de 3,0 milhões de Tep em valores absolutos. Um crescimento de 11,8% do uso de carvão mineral foi observado em relação a 2020, devido ao aumento na produção de aço por redução a coque de carvão mineral. Houve um avanço de 6,2% do uso da lixívia ocasionada pelo aumento de 6,7% da produção de celulose. Em linha com as demais fontes, o gás natural, utilizado em diversos segmentos industriais, teve um consumo superior ao de 2020 na faixa de 20,8%. Com exceção do segmento de Alimentos e Bebidas, que apresentou um recuo de 10,5%, todos os demais segmentos industriais registraram um aumento de consumo energético em 2021 (Brasil, 2022).

Em relação ao consumo de energia nos transportes em 2021, observou-se uma recuperação de 7,3% em relação a 2020. Os destaques foram os aumentos de

32,8% do querosene de aviação, de 9,8% da gasolina e de 9,1% do óleo diesel. Já o etanol hidratado perdeu participação em relação à gasolina automotiva, passando a representar 40% do consumo, contra 43% em 2020. No caso do transporte de cargas rodoviário, o biodiesel cresceu 6,5%. Como consequência, o setor de transportes do Brasil apresentou uma matriz energética composta por 23% de fontes renováveis em 2021, contra 25% do ano anterior (Brasil, 2022).

Quanto ao Consumo final por fonte energética, a eletricidade no país em 2021 avançou 4,2%. Os setores que mais contribuíram em valores absolutos foram o Industrial com um aumento de 15,0 TWh (7,5%), seguido pelo Comercial que cresceu 4,8 TWh (5,7%), pelo Agropecuário, com incremento de 1,4 TWh (4,2%) e pelo Residencial, com um crescimento de 1,6 TWh (1,1%) (Ben, 2022). O consumo final de Etanol no país em 2021 teve um recuo de 3,5%. No segundo ano, abalado pela pandemia da COVID19, a recuperação dos níveis de consumo de gasolina C foi mais rápida em relação ao etanol hidratado (Ministério de Minas e Energia, 2022). Por sua vez, o consumo final de Biodiesel no país em 2021 teve acréscimo de 5,3%. O aumento do percentual de mistura mandatória no diesel oriundo de petróleo foi de 13% em volume no primeiro trimestre do ano. Em maio, este percentual foi reduzido para 10%, em setembro foi incrementado para 12% e, por fim, em novembro, retornou para 10% (Ministério de Minas e Energia, 2022).

Quanto ao total das emissões antrópicas no ano de 2021, associadas à matriz energética brasileira, os dados apontam o valor de 445,4 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO<sub>2</sub>-eq), sendo que a maior parte, 197,8 Mt CO<sub>2</sub>-eq, foram geradas no setor de transportes (Ministério de Minas e Energia, 2022).

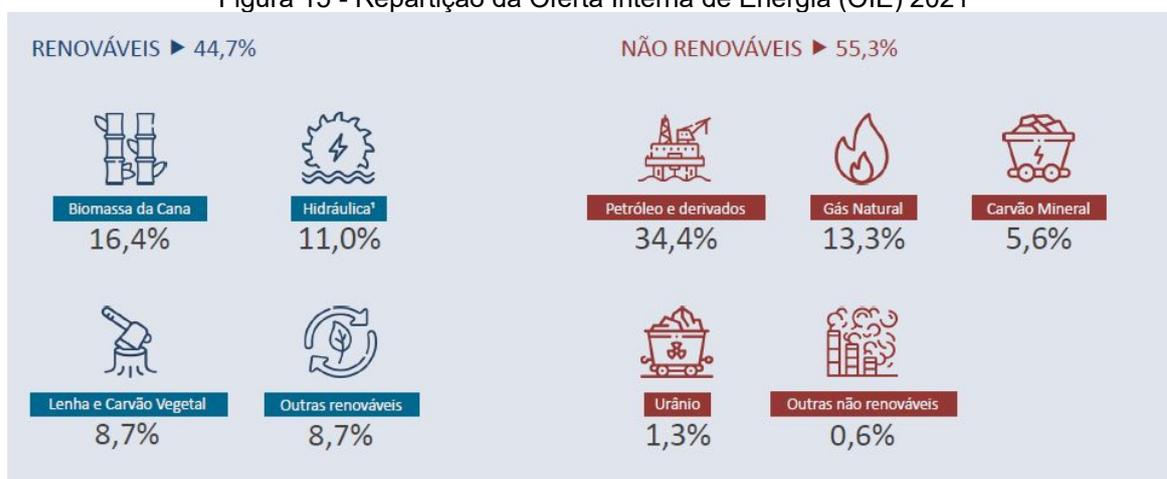
Em termos de emissões por habitante, de acordo com os últimos dados divulgados pela Agência Internacional de Energia (IEA em inglês) para o ano de 2019, cada brasileiro, produzindo e consumindo energia em 2021, emitiu, em média, 1,9 t CO<sub>2</sub>-eq, o equivalente a 13% de um americano, 32% de um cidadão da União Europeia e 27% chinês (Ministério de Minas e Energia, 2022).

Ainda com base nos dados da IEA de 2019, a intensidade de carbono na economia brasileira equivale a 32% da economia chinesa, 57% da economia americana e 95% da economia da União Europeia. Para cada tonelada equivalente de petróleo (tep) disponibilizado, o Brasil emite o equivalente a 89% das emissões da União Europeia, 65% dos EUA e 49% da China. O setor elétrico brasileiro emitiu,

em média, apenas 118,5 kg CO<sub>2</sub> para produzir 1 MWh, um índice muito baixo quando se estabelece comparações com países da União Europeia, EUA e China (Ministério de Minas e Energia, 2022).

Quanto à repartição de oferta de energia no Brasil, entre renováveis e não renováveis se conclui, através da Figura 15, que as matrizes não renováveis são ainda as mais expressivas, assumindo um valor de 55,3% contra 44,7% das renováveis.

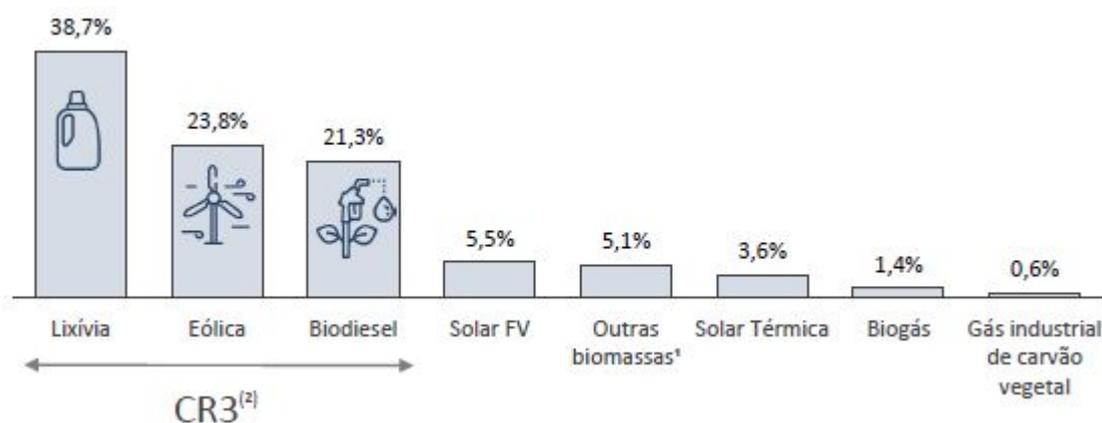
Figura 15 - Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2021



Fonte: Brasil, 2022

Quanto à repartição da oferta de “outras energias renováveis”, se observa na Figura 16 que se dá entre 8 categorias de fontes de energia com maiores participações da lixívia, energia eólica e biodiesel, que somados são equivalentes a mais de 80% de “outras renováveis”.

Figura 16 - Repartição da oferta de “Outras renováveis” distribuídas em 8 categorias de fontes de energia.



Fonte: Brasil, 2022

Na sequência, a Figura 17 aponta que os maiores consumidores de energia no Brasil em 2021 foram, sobretudo, o setor industrial e de transporte de carga e de passageiros, respondendo por, aproximadamente 65%, do consumo de energia no país. Neste período, observou-se um acréscimo no consumo de energia de 3,4% em 2021 em relação a 2020. Neste cenário, o setor de transportes apresentou o maior avanço entre os setores e se tornou, novamente, o líder no País em termos de consumo energético (Ministério de Minas e Energia, 2022).

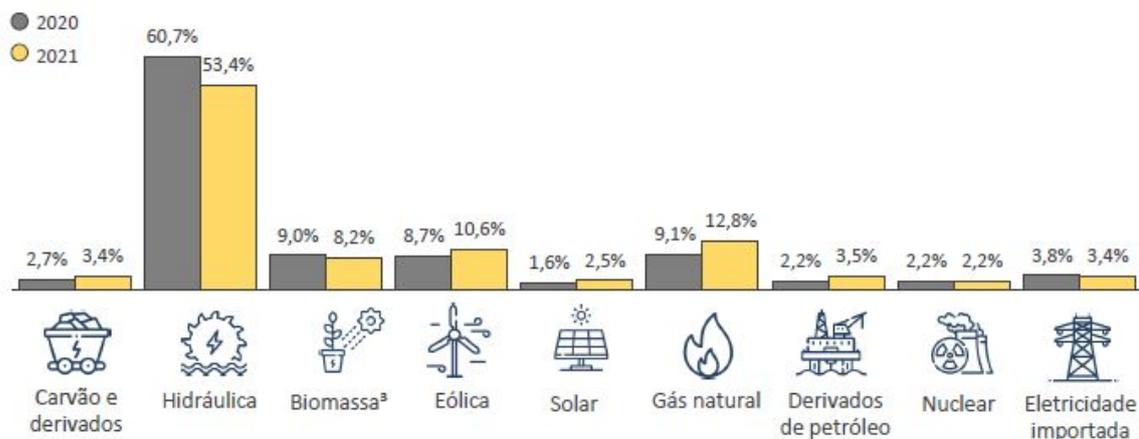
Figura 17 - Distribuição de energia no Brasil por tipo de consumidor.



Fonte: Brasil, 2022

Quanto à matriz elétrica brasileira em 2021 (Figura 18), foi possível analisar que houve mudanças em função da escassez hídrica ocorrida ao longo do ano. A escassez de chuvas no ano citado provocou uma redução do nível dos reservatórios das principais hidrelétricas do país e a consequente redução da oferta de hidrelétricas. Esta queda foi compensada pelo aumento da oferta de outras fontes, como o carvão vapor (+47,2%), gás natural (+46,2%), eólica (+26,7%) e solar fotovoltaica (+55,9%) (Ministério de Minas e Energia, 2022).

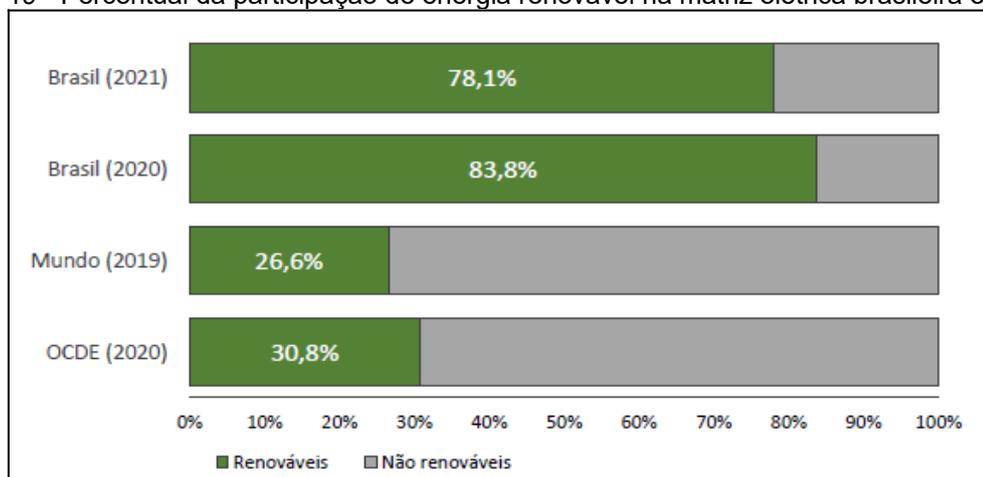
Figura 18 - Distribuição da Matriz elétrica brasileira em 2021.



Fonte: Brasil, 2022

Na Figura 19, é possível concluir que a participação das energias renováveis na matriz elétrica brasileira atingiu 78,1% de renovabilidade em 2021. Esse movimento foi provocado pela queda da oferta hidráulica, que foi, em parte, compensada pelo aumento da geração termelétrica, principalmente movida a gás natural (Ministério de Minas e Energia, 2022).

Figura 19 - Percentual da participação de energia renovável na matriz elétrica brasileira em 2022.



Fonte: Brasil, 2022

Na Figura 20, é possível observar que as emissões na produção e no uso da energia no ano de 2021 atingiram um total de emissões de CO<sub>2</sub> antrópicas associadas à matriz energética brasileira de 445,4 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

Figura 20 - Total de emissões de CO<sub>2</sub> antrópicas associadas à matriz energética brasileira em 2021.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2022

## 4.2 MATRIZ ENERGÉTICA DE SANTA CATARINA

A matriz energética Catarinense é composta, principalmente, pela exploração do carvão mineral, da geração de energia eólica, solar, pequena central hidrelétrica (PCH), Usinas Hidrelétrica (UHE) gás natural, petróleo e energia térmica.

Na Tabela 4, é possível realizar uma comparação em relação à produção de fontes fósseis de energia em Santa Catarina e no Brasil quanto à: Produção de energias fósseis; Produção de energia (Eletricidade e álcool); Geração de eletricidade por fonte; Consumo de eletricidade por fonte; Capacidade instalada de geração de energia e por fim reservas prováveis e potencial hidráulico.

Tabela 4 - Dados da matriz energética de Santa Catarina em 2021 em comparação com dados nacionais

Produção de Energia - Fósseis												
	PRODUÇÃO DE PETRÓLEO 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>				PRODUÇÃO DE GÁS NATURAL 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>				PRODUÇÃO DE CARVÃO MINERAL 10 <sup>3</sup> t			
	2019	2020	2021	% 21/20	2019	2020	2021	%21/20	2019	2020	2021	% 21/20
BRASIL	161.775	171.074	168.784	5,7%	44.724	46.650	48.819	4,3%	5.410	5.481	6.663	21,6%
SANTA CATARINA									2.670	2.712	3.297	21,6%

Produção de Energia - Eletricidade e Álcool								
	GERAÇÃO ELÉTRICA GWh				PRODUÇÃO DE ÁLCOOL 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>			
	2019	2020	2021	% 21/20	2019	2020	2021	%21/20
BRASIL	626.328	621.251	656.109	5,6%	35.176	32.627	29.980	-8,1%
SANTA CATARINA	22.971	16.590	20.602	24,2%				

Geração de Eletricidade por Fonte								
	Geração total	Hidro	Eólica	Solar	Nuclear	Termo	Bagago de Cana	Lenha
BRASIL	656.109	362.828	72.286	16.752	14.705	189.548	34.342	2.224
SANTA CATARINA	20.602	13.784	535	429	-	5.854	44	484

Geração de Eletricidade por Fonte								
	Lixívia	Out. Fontes renováveis	Carvão vapor	Gás natural	Gás de coqueria	Óleo	Óleo diesel	Out. Fontes não renováveis
BRASIL	15.144	3.308	17.585	86.861	1.666	9.665	8.579	10.173
SANTA CATARINA	371	51	4.791	11	-	80	22	-

Consumo Residencial de Eletricidade											Gwh
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
BRASIL	117.646	124.908	132.302	131.198	132.895	134.440	137.810	142.572	148.845	150.473	
SANTA CATARINA	4.699	4.924	5.387	5.262	5.439	5.557	5.815	6.136	6.479	6.647	

Consumo Residencial de Gás Liquefeito de Petróleo											mil m <sup>3</sup>
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
BRASIL	10.464	10.673	10.696	10.706	10.758	10.812	10.689	10.636	11.031	10.674	
SANTA CATARINA	377	362	359	372	376	372	367	360	459	351	

Capacidade Instalada de Geração Elétrica																MW		
	HIDRO			TERMO			EÓLICA			SOLAR			NUCLEAR			TOTAL		
	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	SP	SP	APE	TOTAL		
BRASIL	104.317	5.033	109.350	24.109	20.757	44.866	20.769	2	20.771	4.570	62	4.632	1.990	155.756	25.854	181.610		
SANTA CATARINA	3.506	910	4.416	892	259	1.151	242	242	7	9	0	4.647	1.171	5.818				

Capacidade Instalada de Mini e Micro Geração Distribuída			MW
CAPACIDADE INSTALADA		SERVIÇO PÚBLICO	APE
BRASIL	8.965		8.965
SANTA CATARINA	487	0,0	487

Capacidade Instalada em Autoprodutores										MW
	ENERGÉTICO				COMERCIAL					
	TERMO	EOLICO	SOL	TOTAL	HIDRO	TERMO	EÓLICO	SOL	TOTAL	
BRASIL	740,3	1,8	1,1	742,1	70,3	1.318,0	0,2	43,3	1.431,7	
Santa Catarina	0,1	0,0	0,0	0,1	29,2	20,6	0,0	1,2	51,1	

Reservas Provasdas e Potencial Hidráulico						
	PETRÓLEO (m <sup>3</sup> )		GÁS NATURAL (m <sup>3</sup> )		POTENCIAL HIDRÁULICO MW	
	10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> bbl	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	TOTAL	OPERAÇÃO (% do total)	CONSTRUÇÃO (% do total)
BRASIL	1.896	13.219	377.265	246.241	44	0,55
Santa Catarina				7.400	57	2,08

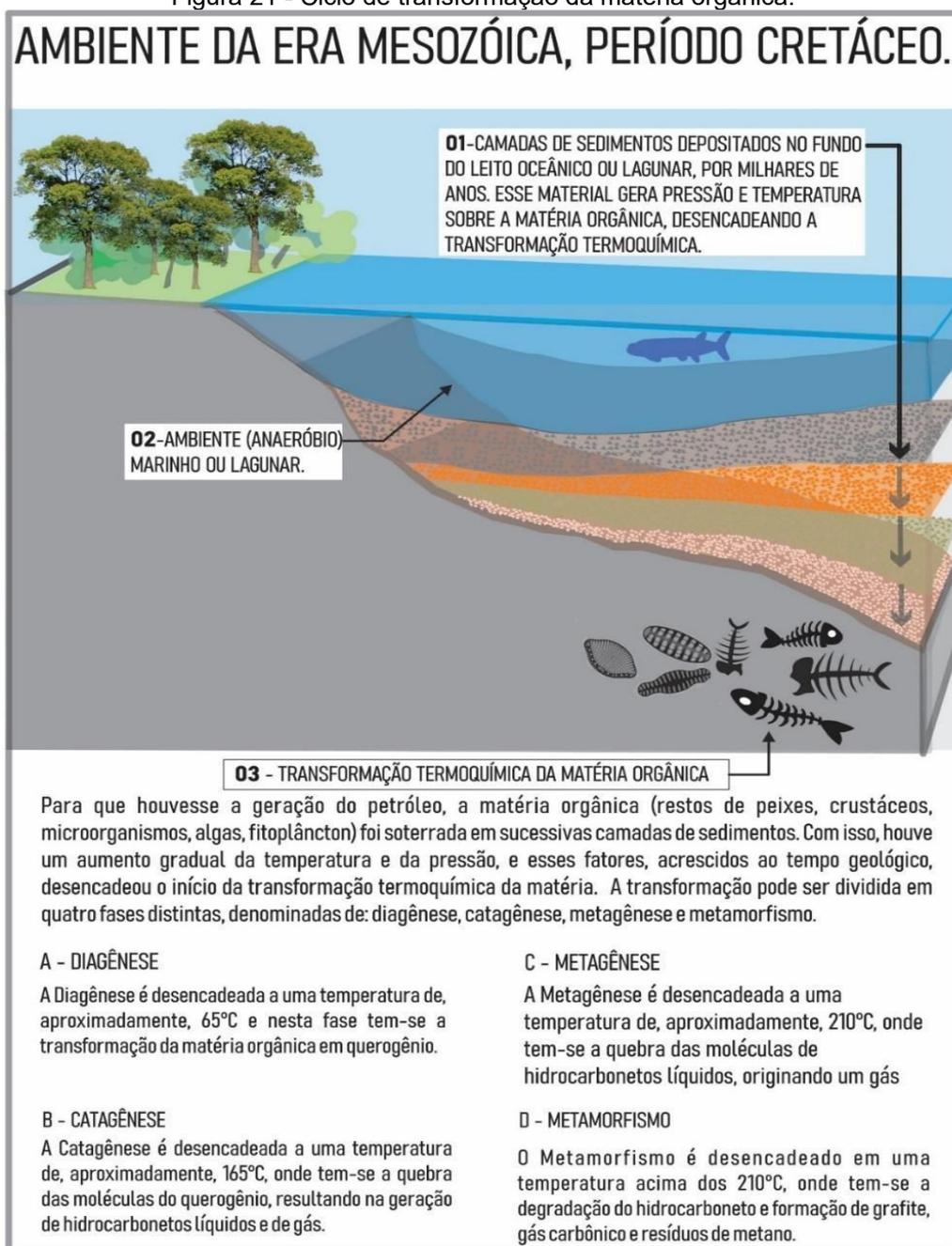
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2022

### 4.3 SISTEMA DE GERAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS

O petróleo vem do latim *petra* (pedra) e *oleum* (óleo) que em estado líquido é uma substância inflamável e oleosa, de consistência menos densa que a água, possuindo cheiro e cor que varia entre castanho-claro e negro. O petróleo é formado, essencialmente, por hidrocarbonetos e contém centenas de compostos químicos. A constituição do tipo de matéria orgânica original, o processo térmico e sua intensidade definirão se o hidrocarboneto gerado estará no estado líquido ou gasoso (Thomas, 2004).

Acredita-se que o petróleo teve origem na Era Mesozóica (Figura 21, item 01), principalmente, no período Cretáceo, a partir da matéria orgânica marinha ou lagunar (Thomas, 2004).

Figura 21 - Ciclo de transformação da matéria orgânica.



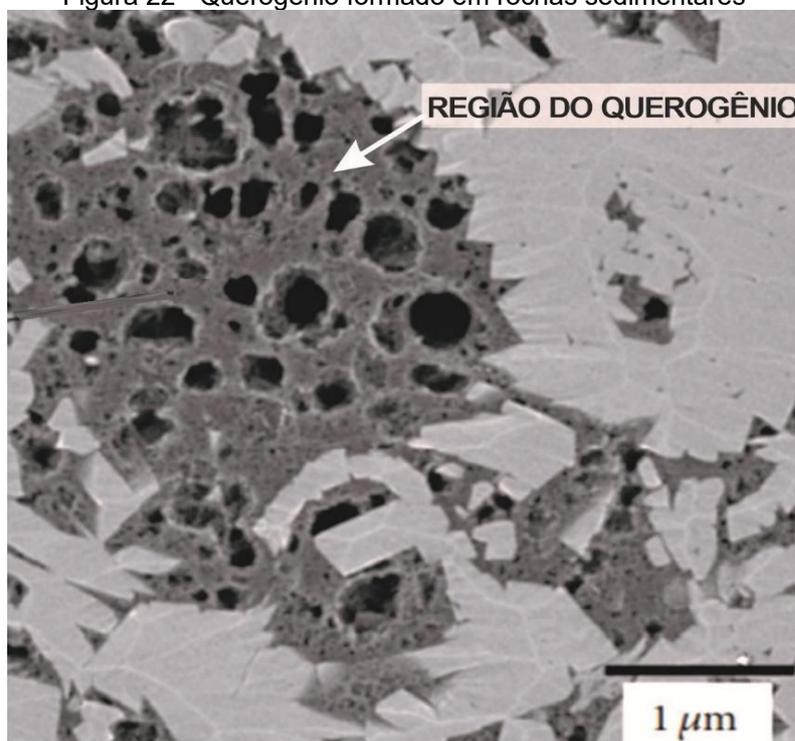
Fonte: Elaborado pelo autor.

A tese mais aceita é que esta matéria orgânica tenha sido depositada em um ambiente com baixo nível de oxigênio, que, aos poucos, e ao longo das Eras Geológicas, foi sendo acumulada e coberta por camadas de outros sedimentos, sofrendo a ação gradual do aumento da pressão e da temperatura (Figura 21, item 02). A interação dos fatores matéria orgânica, sedimentos e condições termoquímicas foi fundamental para se criar um ambiente ideal para a formação do petróleo (Thomas, 2004).

Os restos da vida marinha, aprisionados por longos períodos e milhares de anos, foram submetidos a um processo de modificação de suas estruturas orgânicas, através de uma relação direta com a temperatura. A transformação termoquímica (TR) da matéria orgânica passou por quatro fases distintas (Figura 21, item 03): Diagênese, Catagênese, Metagênese e Metamorfismo (Thomas, 2004a).

A Diagênese é uma etapa onde predomina a atividade bacteriana, em temperatura de até 65°C, que provoca a reorganização celular, transformando a matéria orgânica em querogênio (Figura 22), definido como a parte ou fração insolúvel da matéria orgânica existente nas rochas sedimentares (Thomas, 2004a).

Figura 22 - Querogênio formado em rochas sedimentares



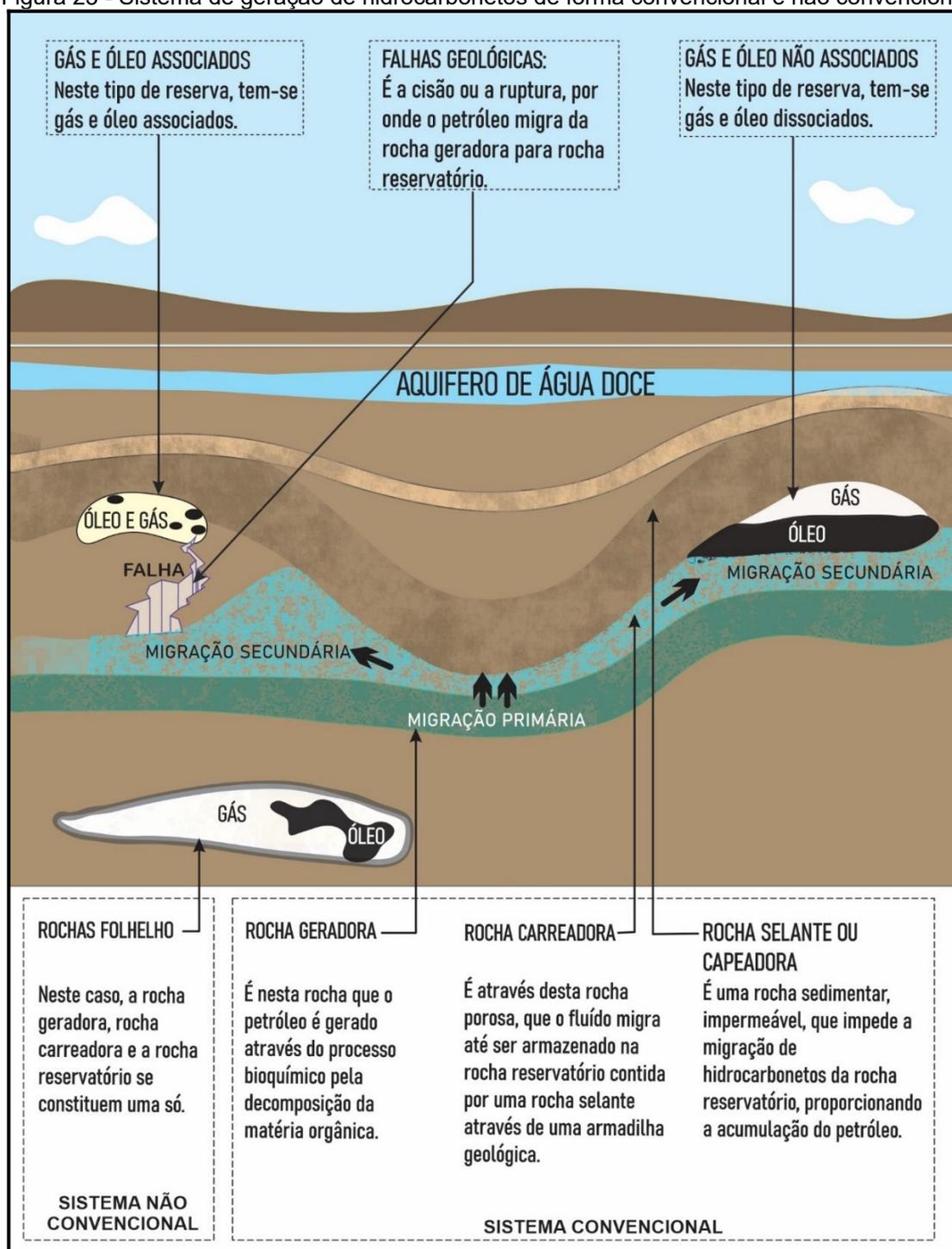
Fonte: Adaptado de Salama *et al.*, 2017a.

Na fase da Catagênese, acontece a quebra das moléculas de querogênio, tendo-se como resultado a obtenção de hidrocarbonetos líquidos e gás. Já no processo subsequente, denominado de Metagênese, tem-se a continuação desses efeitos termoquímicos de quebra das moléculas de hidrocarbonetos. Por fim, na etapa do Metamorfismo, observa-se o aumento da temperatura, que é determinante e que culmina na degradação do hidrocarboneto, o que destrói o depósito (Thomas, 2004a).

A geração de petróleo, como processo, é a resultante da captação de energia solar, através da fotossíntese e a transformação da matéria orgânica acrescida do fluxo de calor vinda do interior da terra. No sistema de geração convencional tem-se, de forma distinta, a rocha geradora, rocha carreadora, rocha reservatório, rochas selantes ou capeadora. Acrescentam-se a isto, outras três condições importantes e necessárias à constituição do petróleo: a migração, o sincronismo e a acumulação. Por sua vez, no sistema não-convencional, a rocha geradora, carreadora e reservatório constitui-se em uma só, como o que ocorre em rochas folhelho (Thomas, 2004).

Na Figura 23, é possível observar o sistema petrolífero de geração de hidrocarbonetos explotáveis de forma convencional e não convencional.

Figura 23 - Sistema de geração de hidrocarbonetos de forma convencional e não convencional



Fonte: Elaborado pelo autor.

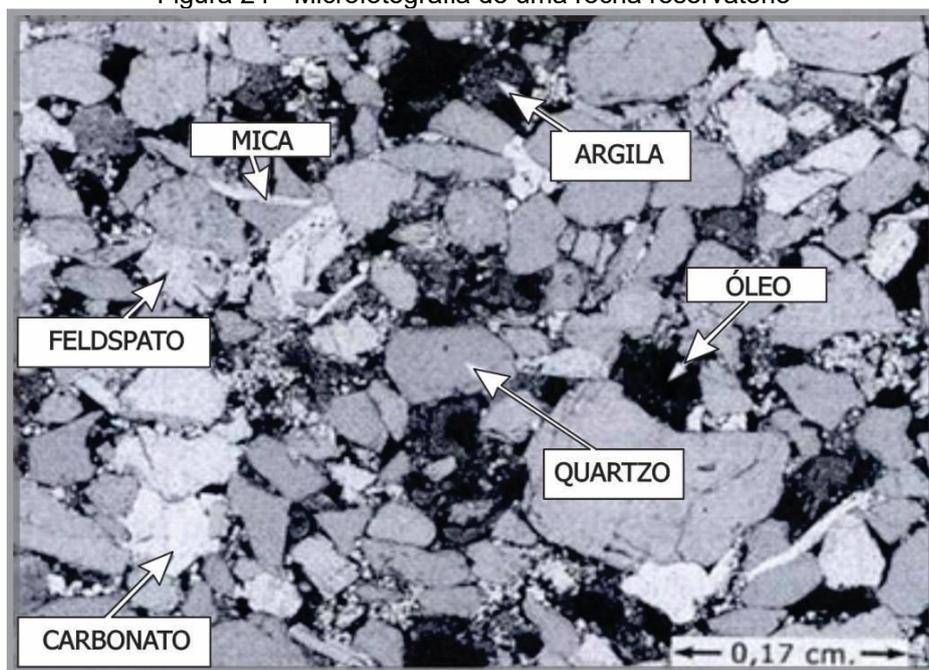
No sistema de formação explotável na forma convencional, todo o processo se inicia na rocha geradora e posterior migração para uma rocha reservatório, por meio de uma rocha carreadora. Esses eventos acontecem à medida que a matéria orgânica sofre o craqueamento, ou seja, a quebra de suas moléculas dentro da rocha geradora. Após, ocorre a transformação da matéria orgânica em querogênio e

a liberação de água, fazendo com que os poros das rochas sejam pressurizados, criando micro fraturamentos, por onde ocorre o transporte dos hidrocarbonetos originados. Esse ciclo se desenvolve, porque os hidrocarbonetos criados na rocha geradora possuem um volume maior que a matéria orgânica original. Além disso, são fluídos de menor densidade e tendem a se deslocar para locais de menor pressão, características que facilitam o fluxo através de um meio de baixa permeabilidade. Uma vez que o petróleo ou gás tenham sido gerados e sofrido migração, eles podem acumular-se em uma rocha reservatório (Thomas, 2004a).

Os reservatórios que abrigam o sistema petrolífero são importantes para que se possa estudar a caracterização das jazidas do petróleo armazenado, suas propriedades e as dos fluídos contidos na rocha, bem como a interação desses fluídos dentro da rocha e as leis físicas que regem os movimentos no seu interior. Além disso, essas características podem indicar as quantidades de fluidos existentes no meio poroso, sua distribuição, capacidade de se moverem e a quantidade que pode ser extraída. As propriedades básicas dos reservatórios são a compressibilidade, a saturação, a permeabilidade e a mobilidade (Gauto, 2016a; Thomas, 2004a).

Rochas reservatórios (Figura 24), apresentam espaços vazios no seu interior (porosidade) que devem estar interconectados, conferindo-lhes a características de permeabilidade, para que seja possível a acumulação do petróleo e/ou gás. Com o auxílio de uma imagem de microfotografia, é possível observar a presença de minerais como feldspato, mica, argila, quartzo, carbonatos e óleo. Podem constituir rocha reservatório os arenitos, calciarenitos ou outras rochas dotadas de porosidade intergranular e permeáveis (Gauto, 2016; Thomas, 2004).

Figura 24 - Microfotografia de uma rocha reservatório

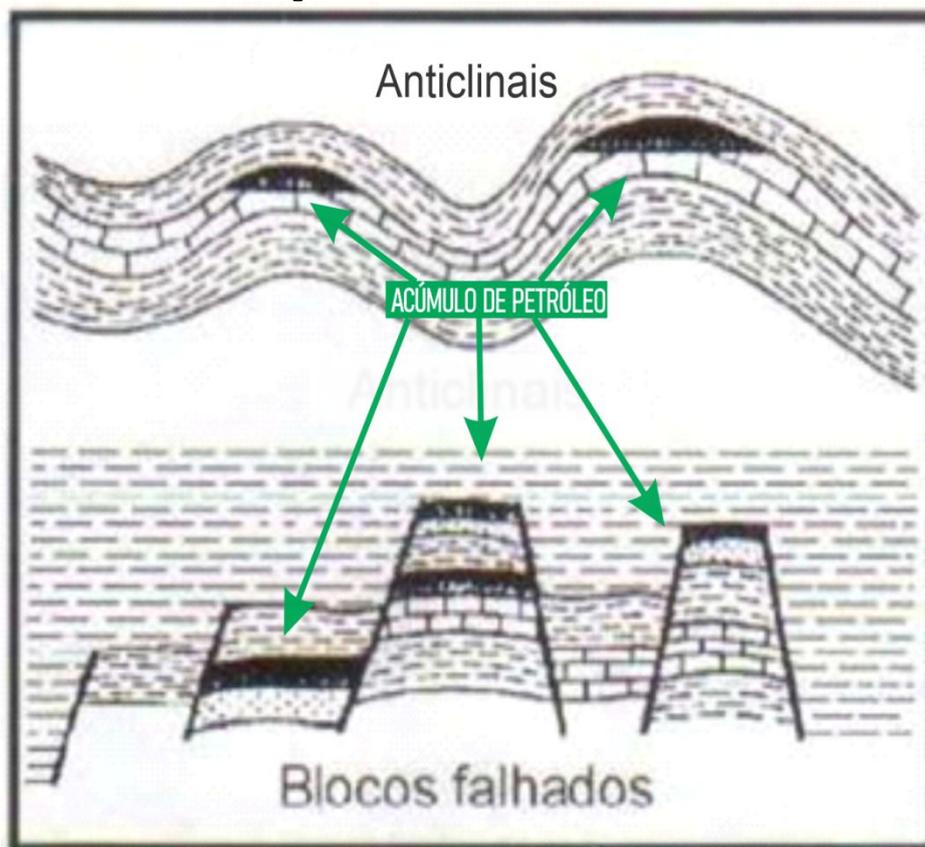


Fonte: Adaptado de Thomas, 2004

Para que o petróleo acumulado na rocha reservatório permaneça confinado, necessita-se que uma barreira seja criada, através de uma rocha selante ou capeadora, na bacia sedimentar, e acumulado em estruturas chamadas de “armadilha” geológica ou *traps* (do inglês, *traps*). A armadilha significa qualquer situação em que possa haver concentração de hidrocarbonetos e que estes sejam aprisionados. Essas estruturas geológicas são classificadas em estruturais, estratigráficas e mistas ou combinadas e devem ser formadas por rochas selantes que possuem baixa permeabilidade e que são dotadas de plasticidade. As rochas folhelhos são consideradas rochas selantes (Thomas, 2004a).

As armadilhas estruturais (Figura 25) são aquelas armadilhas geológicas mais prontamente descobertas em uma bacia e que detêm os maiores volumes de petróleo. Elas estão presentes nas formações de dobras e nas de falhas (blocos falhados e rochas anticlinais) (Thomas, 2004a).

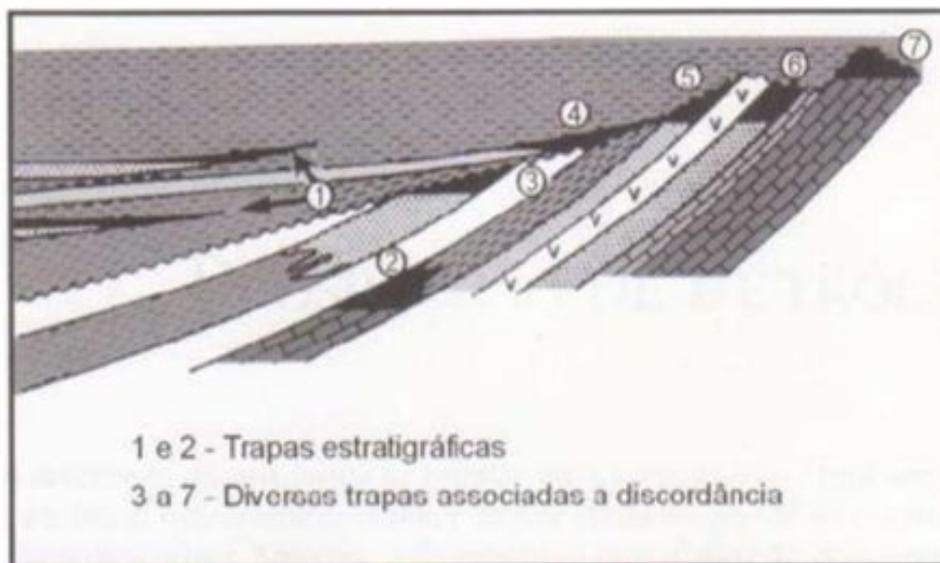
Figura 25 - Armadilhas estruturais.



Fonte: Adaptado de Thomas, 2004a.

As armadilhas estratigráficas ou mistas não têm relação direta com os esforços operantes nas bacias sedimentares, apenas são determinadas por interações de fenômenos paleogeográficos. Na Figura 26, observam-se variações de discordâncias geológicas laterais associadas às armadilhas e diversas trapas associadas a discordâncias geológicas (Thomas, 2004).

Figura 26 - Armadilhas estratigráficas.



Fonte: Thomas, 2004a.

As armadilhas combinadas ou mistas compreendem as situações em que as acumulações de hidrocarbonetos possuem controle, tanto dos elementos estruturais, quanto estratigráficos.

Nos reservatórios naturais, o gás e o petróleo encontram-se associados ou não (Figura 23), podendo, ainda, conter pequenas quantidades de diluentes e contaminantes. A não associação do gás natural descreve a caracterização de uma mistura de hidrocarbonetos simples encontrada no estado gasoso, em condições ambientais normais de pressão e temperatura. Como todo gás natural, a sua composição consiste, principalmente, em 98% de gás metano, com quantidades variáveis de nitrogênio, dióxido de carbono, gás sulfídrico, hélio, etano, propano, butano, pentano, hexano e heptano (Thomas, 2004). Quando a mistura de hidrocarbonetos se apresenta no estado gasoso, recebe o nome de gás natural ou apenas gás. Quando no estado líquido, o petróleo recebe o nome de óleo cru ou, simplesmente, óleo (Rosa; Carvalho; Xavier, 2006).

Na Tabela 5, pode-se observar os componentes que fazem parte do gás natural.

Tabela 5 - Componentes do gás natural (% em mol).

<b>Componentes</b>	<b>Campos de gás natural</b>	<b>Gás natural liberado do óleo</b>
Nitrogênio	Traços – 15%	Traços – 10%
Dióxido de carbono	Traços – 5%	Traços – 4%
Gás sulfídrico	Traços – 3%	Traços – 6%
Hélio	Traços – 5%	Não
Metano	70 – 98%	45 – 92%
Etano	1-10%	4-21%
Propano	Traços – 5%	1-15%
Butanos	Traços – 2%	0,5-2%
Pentanos	Traços – 1%	Traços – 3%
Hexanos	Traços – 05%	Traços – 2%
Heptanos +	Traços – 0,5%	Traços – 1,5%

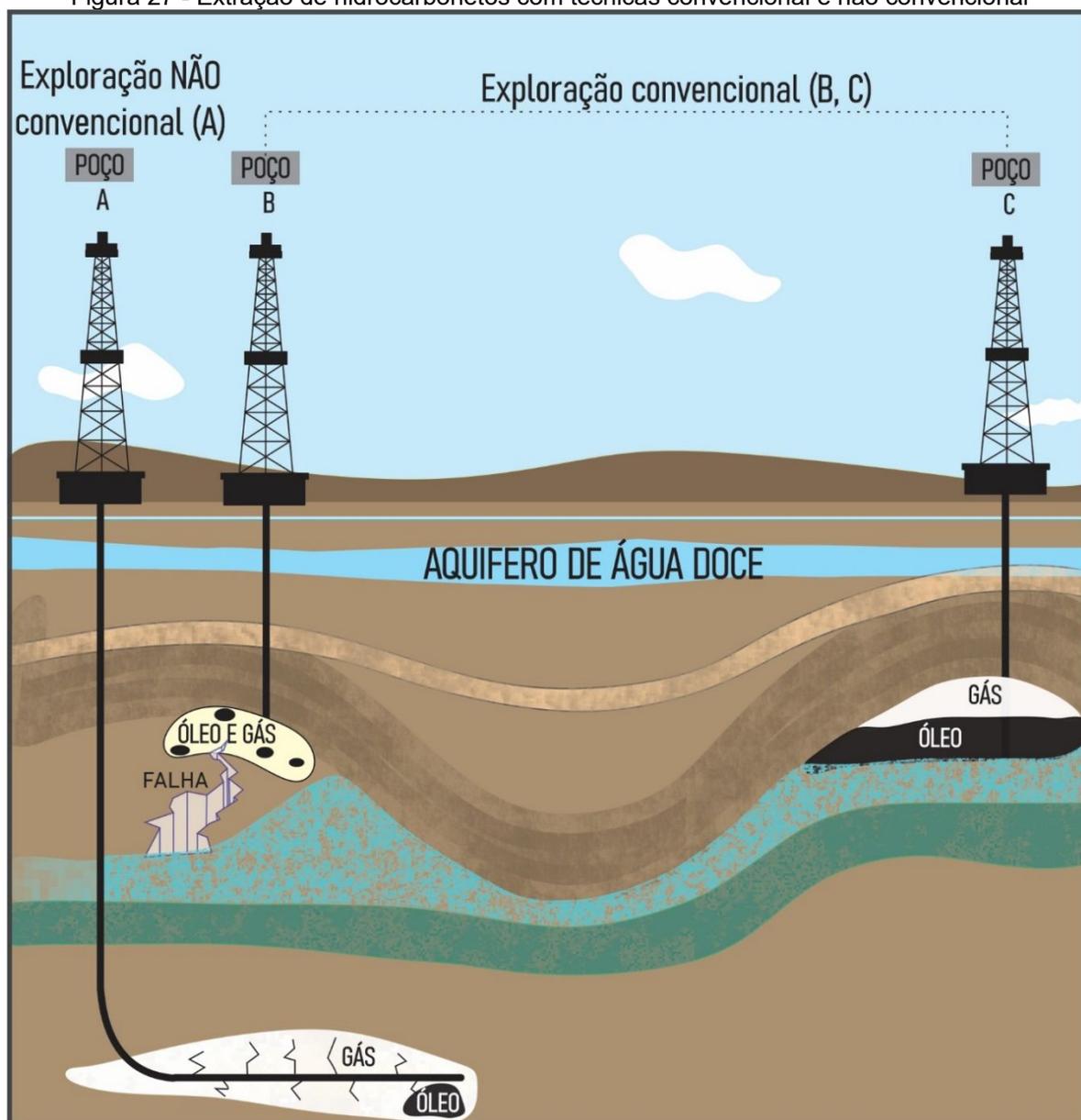
Fonte: Adaptado de Thomas, 2004a

No sistema petrolífero de formação não-convencional, o processo de geração, migração e acumulação, aqui descritos, ocorre em uma mesma rocha e tem-se como exemplo a rocha folhelho, a qual pode conter óleo e gás armazenados (Thomas, 2004a).

#### 4.4 SISTEMAS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO E GÁS

Um sistema de extração de petróleo e gás, para fins comerciais, pode ser definido como “convencional” e “não convencional” (Figura 27). Os recursos petrolíferos originados nos dois sistemas são da mesma composição química. Ambos se caracterizam por uma mistura gasosa de hidrocarbonetos provenientes de matéria orgânica fossilizada. O que, definitivamente, distingue os dois sistemas de reservatórios é a forma como são explorados.

Figura 27 - Extração de hidrocarbonetos com técnicas convencional e não convencional



Fonte: elaborado pelo autor

O sistema é considerado convencional se a extração de hidrocarbonetos atinge taxas de fluxo viáveis, gerando volumes econômicos, apenas com o emprego de processos normais e usuais de recuperação de petróleo e gás. Nestes processos, os hidrocarbonetos acumulados devem ser extraídos por meio da diferença de pressão e sem o emprego de técnicas sofisticadas (Brasil, [s.d.]).

Em geral, é possível se obter um sucesso e extração de hidrocarbonetos entre 10 a 20% do conteúdo total existente no reservatório (Pérez Castellón *et al.*, 2016).

A extração não convencional necessita de um longo e dispendioso estudo e análise de dados geológicos e geofísicos das bacias sedimentares. Uma vez

concluídos esse processo, a etapa subsequente consiste em perfurar um poço vertical profundo. Após a perfuração vertical, deve-se realizar outra perfuração, na qual o poço é direcionado, horizontalmente, para seguir os contornos das camadas de rochas produtoras de petróleo e gás. Nesta fase, vários métodos são utilizados, tais como o fraturamento hidráulico (*fracking*). Esta técnica de fraturamento utiliza água, aditivos químicos e areia que são injetados em alta pressão na formação subterrânea, com o objetivo de fraturar a rocha para que o óleo e gás presos possam fluir (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020; Magoon; Dow, 1994).

Além da complexidade da extração, para cada poço perfurado, há necessidade de 10 a 30 milhões de litros de água a serem bombeados em formações subterrâneas. Enquanto grande parte desta água pode permanecer no subsolo, quantidades substanciais fluem de volta à superfície após o fraturamento hidráulico e, por estarem carregados com produtos químicos, precisam sofrer tratamento. Este efluente que retorna contém concentrações de produtos químicos usados no fraturamento e contaminantes dissolvidos da rocha (Lave; Lutz, 2014).

O sistema de perfuração pode ser empregado em terra (*onshore*) ou em águas profundas (*offshore*) através de plataformas. Para tanto, são empregadas tecnologias de perfuração, de avaliação de formações, de completação, de avaliação de reservatórios, de elevação e de processamento primário de fluidos (Thomas, 2004a).

A operação através do *fracking* apresenta taxas de extração notavelmente altas durante os primeiros meses, seguidas por um declínio vertiginoso após os primeiros anos. Conseqüentemente, manter a produção de gás em rochas folhelho requer perfuração constante de novos poços, adutoras e vias de acesso (Lave; Lutz, 2014).

Dentre os recursos não convencionais, tem-se o óleo em folhelho, folhelho betuminoso, arenitos gaseíferos, metano de carvão, hidratos de gás e gás em rochas folhelho.

O óleo em folhelho (*shale oil*) é caracterizado como óleo natural encontrado em reservatórios de rochas folhelho, em condições próprias de maturação para óleo. Os folhelhos oleígenos apresentam altas concentrações de matéria orgânica em sua composição, podendo conter, em média, 3-10% de carbono orgânico, geralmente na forma de betume (óleo) ou querogênio (Álvarez-Ramos *et al.*, 2020a; Pérez Castellón *et al.*, 2016).

O folhelho betuminoso (*oil shale*) é uma rocha rica em matéria orgânica, porém encontra-se em baixo estágio de maturação térmica. Nesta circunstância, ainda assim, é possível a geração de óleo, por meio da extração da parte orgânica do folhelho, através do processo Petrosix, desenvolvido pela PETROBRÁS e aplicado em São Mateus do Sul (PR), e caracterizado por aquecimento ou pirólise, a temperaturas de, aproximadamente, 500°C (Álvarez-Ramos *et al.*, 2020a; Pérez Castellón *et al.*, 2016).

Os arenitos gasíferos (*tight gas sandstones*) podem ser encontrados em bacias sedimentares com baixas permoporosidades (Álvarez-Ramos *et al.*, 2020a; Pérez Castellón *et al.*, 2016).

Os arenitos oleígenos (*oil sand*) são rochas (arenitos) impregnadas de óleo que pode ser extraído por processo pós mineração (Pérez Castellón *et al.*, 2016).

O metano de carvão (*coalbed methane*) são gases gerados e armazenados em carvão. Os hidratos de gás (*gas hydrates*) ou clatrato são um sólido cristalino composto de água e gases de peso molecular significativamente pequeno, geralmente acumulados nos oceanos ou no permafrost (Clennell, 2000a).

O gás em rochas folhelho extraído de reservatórios “*shale gas*” é um hidrocarboneto que tem origem na formação de rochas argilosas de origem sedimentar. Essas rochas constituíram-se em rochas reservatórios, que podem datar de diferentes eras geológicas. Elas são de origem sedimentar bem estratificada, laminar e detrítica, cujos componentes apresentam granulometria de siltes e argilas (Thomas, 2004a).

Em decorrência do alto volume de fluídos injetado em um poço de *fracking*, se faz necessária uma melhor descrição dos mesmos. Em termos de ciência aplicada e engenharia, a hidráulica é uma divisão da ciência com foco específico em propriedades físicas dos fluidos, principalmente, líquidos, em movimento. Considerando esta definição, pode-se classificar como “fraturamento hidráulico” a todos os métodos que usam líquidos (assim como emulsões e espumas) como meio de fraturamento (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020).

As primeiras operações de fraturamento hidráulico foram realizadas com óleo cru gelificado e depois com querosene gelificado. Antes do ano de 1952, várias operações foram realizadas com óleos brutos. Com o objetivo de reduzir custos, eram utilizados esses líquidos, pois permitiam um maior volume de fluídos e uma redução dos custos de produção. No ano de 1953, a água começou a ser utilizada

como líquido de fraturamento e vários meios gelificantes, que são substâncias que proporcionam o aumento da viscosidade. Os surfactantes foram misturados como aditivos para limitar as emulsões com o líquido de fraturamento (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020).

Com o passar do tempo, outros estabilizantes de argila foram empregados, permitindo um maior aproveitamento da água em um número cada vez maior de locais de perfuração em diferentes formações, aumentando, assim, a utilização da água em mais estruturas subterrâneas (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020).

Líquidos aquosos, água e soluções salinas foram utilizados como base líquida em, aproximadamente, 96% de todas as operações de fraturamento. Na década de 1970, foi observado um considerável desenvolvimento em líquidos de fraturamento, no qual foram utilizados meios de reticulação à base de metal, com o objetivo de melhorar a espessura dos líquidos de fraturamento à base de água para formações com maior grau de calor. O fluido de fraturamento, como regra, é formado por três elementos básicos: base líquida, aditivos e propante. No fraturamento hidráulico, não há um único método de extração que funcionou, totalmente, para todos os campos de extração. Cada poço tem suas propriedades próprias que precisam ser encontradas e analisadas (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020).

O fraturamento “slickwate” consiste em um método ou sistema de hidrofraturação que envolve a adição de produtos químicos à água para aumentar o fluxo de fluido, sendo amplamente utilizado em reservatórios de xisto canadenses e norte-americanos. É adequado para formações complexas que são frágeis e têm fraturas naturalmente formadas e com tolerância à água, uma vez que as formações frágeis necessitam do uso de propante de melhor desempenho para atingir a permeabilidade (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020).

Em geral, os fluidos à base de água são a maneira mais fácil e econômica de fraturar um reservatório de rochas folhelho. No entanto, pode-se observar que substitutos para fluidos à base de água têm alcançado resultados melhores do que o uso de água em muitas formações. Pode-se citar, como exemplo, as espumas, as quais eram amplamente aplicadas na década 1970 em poços convencionais esgotados, em que o fraturamento com água não era adequado.

Em algumas formações, as relações entre os reservatórios e os fluidos à base de água podem ser desfavoráveis à extração de hidrocarbonetos (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020).

Os mesmos autores enumeram em que condições estas relações são desfavoráveis, as quais estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Relações entre reservatórios e os fluidos à base de água

Fatores	Aspectos desfavoráveis
Tolerância à água dos reservatórios	A estrutura mineral de base de uma determinada formação de xisto influencia a eficiência da produção de petróleo, gás e água. Por exemplo, gás liquefeito de petróleo (GLP), CO <sub>2</sub> , fluidos à base de óleo e espumas de alta qualidade são sugeridos para reservatórios com baixa tolerância à água para evitar o movimento desnecessário de partículas e inchaço do solo. Em muitas formações de xisto, a eficiência do propante reduz, significativamente, com a aplicação de água porque as relações formação-fluido amolecem o xisto resultando na sedimentação do propante.
Aprisionamento de água	Em reservatórios de gás subsaturados, a intrusão de água pode ser muito prejudicial ao rendimento do gás.
Transplante de propante	Espuma e outros fluidos sem água gelificados podem transportar o propante com muito mais eficiência do que a água pura fluida. Em graus de espuma (fração de volume de gás caracteristicamente maior que 0,5), a rede entre as bolhas de gás resulta em uma alta liberação de energia que causa uma alta viscosidade efetiva. Na espuma (menores que 0,5), no entanto, a rede entre as bolhas é insignificante, de modo que a viscosidade do fluido é semelhante ao do fluido base (que normalmente é gelificado).
Acessibilidade e preço da água	As empresas são restringidas pelas máquinas e pelos fluidos facilmente acessíveis no local. Em zonas suscetíveis à escassez de água, a água doce pode ser difícil de encontrar. Em alguns países, a regulamentação local, inclusive, controla o consumo de água. Por outro lado, a disponibilidade e o preço do gás liquefeito de petróleo (GLP), CO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> são dependentes do local. A maioria das despesas depende da acessibilidade do fluido. A utilização de uma enorme quantidade de gases envolve a preparação de muitos caminhões, especiais de armazenamento e unidades de bombeamento específicas. Além disso, a aplicação de GLP exige procedimentos de segurança extras.

Fonte: Liew; Danyaro; Zawawi, 2020

Na operação de fraturamento hidráulico à base de água, não existe um único tipo de fluido que possa ser a solução para todos os casos e, portanto, é relevante selecionar o tipo de fluido a ser usado com prudência, uma vez que este fator decidirá quais aditivos químicos deverá ser escolhido. O Quadro 3 apresenta os tipos e descrição dos fluidos à base de água utilizados na extração em poços de *fracking*.

Quadro 3 – Tipos de fluidos à base de água utilizados na extração em poços de *fracking*

Tipos de Fluidos	Descrição
Fraturamento <i>slickwater</i>	É a forma mais simples e comum de fluido à base de água usada na extração do gás em rochas de folhelho. O fluido contém, principalmente, água e areia. As vantagens mais significativas desta técnica é que é menos danosa ao gás, baixo custo e maior formação estimulada. Contudo, alguns fatores precisam ser considerados uma vez que, durante o fraturamento, pode ser incluída sedimentação de propante, alto consumo de água e resíduos de fratura.
Fluido linear/gel linear	O fluido linear é constituído pela mistura de polímeros acrescidos de água. Polímeros são partículas que se expandem e formam um gel de alta viscosidade quando adicionados a uma solução contendo água. O acréscimo da viscosidade faz com que o propante flua melhor do que com apenas água. Em geral, os polímeros utilizados são guar, hidroxipropilo guar (HPG), hidroxietilcelulose (HEC), carboximetil hidroxipropil1 guar (CMHPG) e carboximetil hidroxietil1 celulose (CMHEC). O gel linear pode não ter bom desempenho em rochas de baixa permeabilidade e formações de alta permeabilidade. Em formações de baixa permeabilidade, o gel linear forma um filtro espesso que pode reduzir a condutividade; em formações de alta permeabilidade, não forma filtro e resulta em grande perda de líquidos.
Fluido reticulado	Este fluido é feito para possibilitar que os polímeros gelificantes tenham maior desempenho, sem que haja um aumento da sua concentração. Os principais polímeros usados são HPG, CMHPG, zirconato e complexos de titanato de Guar. Esses fluidos são bastante estáveis e proporcionam um bom transporte de propante em altas temperaturas e têm reologia mais esperada. O gel reticulado de borato usa íons de borato para reticular os polímeros gelificantes que proporcionam um aumento da viscosidade maior do que o gel linear. Como guar e HPG são os polímeros mais aplicados, foi constatado que o HPG é mais estável quando exposto em temperaturas mais altas do que o guar.
Fluido de gel surfactante viscoelástico (VES)	Este fluido foi utilizado na década de 1980 com o propósito de diminuir o atrito e para o tratamento de poços, mas seu uso para fraturamento hidráulico é, comparativamente, mais recente. Inicialmente, os tensoativos são usados com sais inorgânicos para produzir estruturas ordenadas o que os tornam mais viscosos. Os surfactantes viscoelásticos (VES) têm como características: poucos aditivos são misturados sem a necessidade de umedecer os polímeros; nenhum biocida está incluído; nenhum surfactante de refluxo extra foi incluído, devido à baixa tensão interfacial natural; não envolve aditivos extras de controle de argila.
O fraturamento de zíper	Esse método pode ser feito pela perfuração de dois poços horizontais paralelos. Em seguida, ambos os poços são fraturados ao mesmo tempo, o que força as extremidades das fraturas. Além de economizar tempo e custo

	de perfuração, esta técnica reduz os custos operacionais. Esse procedimento induz fraturas mais profundas e efetivas do que apenas um único poço horizontal, permitindo que ambos os poços possam produzir mais hidrocarbonetos ao mesmo tempo. A alta pressão leva a fraturas a uma maior distância, uma vez que gera pressões que se estendem devidas à quantidade de propante e fluido bombeado.
Fraturamento hidráulico exotérmico	Neste método, são injetados produtos químicos durante a operação de fraturamento hidráulico, produzindo calor e gás. Esta onda de calor e volume gera uma pressão criando fraturas.
Fraturamento hidráulico por jateamento de pressão de água	Nesta abordagem, usa-se água e explosivos. O poço é perfurado até a profundidade que se deseja e explosivos em gel são injetados com água no poço, sendo selado, posteriormente, a uma pressão baixa o suficiente onde nenhuma fratura é formada. Ao acionar os explosivos, um jateamento de pressão de água é realizado. No processo, a rocha se rompe e fraturas circulares são criadas.

Fonte: Liew; Danyaro; Zawawi, 2020

Além do fraturamento hidráulico à base de água, pode-se citar, também, o fraturamento a base de espuma, de óleo, de ácido, de metanol, de emulsão, e de fluidos criogênicos. O Quadro 4 apresenta os tipos e descrição destes fluidos e o Quadro 5 descreve os métodos de fraturamento menos utilizados.

Quadro 4 – Tipos de fluidos para o fraturamento a base de espuma, de óleo, de ácido, de metanol, de emulsão, e de fluidos criogênicos.

Tipos de Fluidos	Descrição
Fluidos à base de espuma	As espumas também podem ser utilizadas como fluido de fraturamento. Devido às suas características viscosas e menos densas, as espumas são flexíveis. A viscosidade deste fluido depende do grau de espuma (a porção de gás da mistura geral) e textura de espuma (a consistência das bolhas na mistura). O CO <sub>2</sub> , em pesquisas recentes, se mostrou útil na operação de fraturamento. O fluido testado é composto por 75% de volume de espuma de gás N <sub>2</sub> em CO <sub>2</sub> líquido como o fluido de base estabilizado por uma solução solúvel em CO <sub>2</sub> espuma. A falta oferta de N <sub>2</sub> também diminui o custo do fluido.
Fluidos à base de óleo	É um tipo de fluido de fraturamento com alta viscosidade utilizado no fraturamento hidráulico. Esse método fornece a melhor solução para reservatórios que são muito reativos à água. No processo, o GLP é previamente gelificado para aumentar a capacidade de transporte de propante do fluido. Utiliza-se também areia fina e fulerenos de carbono como propantes flutuantes. Na sequência, se observa que a mistura se dissolve no reservatório, que pode ser recuperado, em geral no período de 24h de produção.
Fluidos à base de ácido	A diferença entre o fraturamento por propante e à base de ácido é o seu meio de criar fraturas. No caso do propante, a formação é quebrada, mecanicamente, através da alta pressão gerada, enquanto o fraturamento por ácido as fraturas são criadas, quimicamente, porém sendo necessária que a formação seja, parcialmente, solúvel em ácido (contendo calcário ou carbonato).
Fluidos à base de metanol	O metanol pode ser utilizado como fluido de fraturamento como forma de aumentar a viscosidade. Este fluido tem sido utilizado como aditivo para fraturamento, tais como redutor de atrito, inibidor de corrosão, intensificador de refluxo. O mesmo foi testado com sucesso em algumas formações de

	baixa permeabilidade, contudo sua aplicação exige intensas medidas de segurança.
Fluidos à base de emulsão	Uma emulsão é uma mistura de dois ou mais líquidos imiscíveis e podem ser aplicados ao processo de fraturamento. Esse processo resulta em danos à formação, devido ao aumento da saturação de água irreduzível. Fluidos à base de emulsão têm sido aplicados em alguns reservatórios de baixa permeabilidade.
Fluidos Criogênicos	Na década de 1960, o CO <sub>2</sub> líquido foi utilizado em processos de fraturamento. Inicialmente, teve seu uso apenas como um aditivo para processos de fraturamento e tratamento ácido para aumentar a recuperação de fluidos. Mas a ideia de seu uso como base-fluido apenas foi iniciada em 1981. O que torna o CO <sub>2</sub> líquido uma alternativa para o processo de fraturamento hidráulico são suas propriedades físicas. Nos processos de fraturamento, este fluido é armazenado a 2MPa e -35 °C, sendo, em seguida, misturado a um propante e bombeado para o poço. O fluido também é aquecido ao atingir o furo inferior. Após o processo, o fluido é coletado como um gás durante o refluxo.

Fonte: Liew; Danyaro; Zawawi, 2020

Quadro 5 - Métodos de fraturamento hidráulico menos utilizados

<b>Métodos de fraturamento hidráulico</b>	<b>Descrição</b>
Fraturamento pneumático	Neste processo de extração, um gás é injetado na formação rochosa a uma pressão acima da pressão de sobrecarga em um volume de fluxo maior que a permeabilidade natural encontrada na formação. Neste método não é incluído o uso do propante para preservar a estabilidade da fratura. É indicado incluir propante para profundidades maiores de 30 metros, uma vez que, com o aumento da pressão de sobrecarga, pode-se dificultar a autossustentação do poço.
Fraturamento com carregamento dinâmico ou fratura explosiva	Neste caso, os propelentes sólidos são queimados em pontos específicos do reservatório, através de um processo chamado de deflagração. Neste processo, ocorre a queima sem qualquer oxigênio de fontes externas. Este método de fraturamento cria um resultado diferente dos explosivos tradicionais, uma vez que a pressão de pico é menor e queima por mais tempo.
Fraturamento hidráulico térmico de CO <sub>2</sub>	É uma mistura de fraturamento hidráulico e fraturamento induzido por tensões térmicas. Neste método, uma enorme quantidade de CO <sub>2</sub> líquido é injetado, permanecendo em sua forma líquida no reservatório e, assim, resfriando a formação rochosa. Com a diminuição da temperatura, é criada uma tensão térmica que induz a fraturas
Corte mecânico da rocha	Trata-se de um sistema de serra de cabo que funciona como uma serra de fundo de poço. O processo é iniciado com a perfuração de um poço até que este atinja a profundidade necessária e, em seguida, é realizada a cimentação de um revestimento. O furo originado é então, perfurado e direcionalmente induzido a produzir uma forma de "J". Após, a coluna de perfuração é puxada para trás e um cabo de metal é fixado em uma extremidade do tubo de perfuração. O cabo sob certa tensão abraça o raio interno da curva do buraco e ele se move de um lado para o outro, sendo que as fraturas cortam a cada movimento descendente.
Metanogênese bacteriana aprimorada	Na maioria das vezes, existem partes da formação de xisto que não sofreram o soterramento suficiente para criar pressão e temperatura necessárias para transformar a matéria orgânica em hidrocarboneto ou carvão. Este processo descrito é chamado de metanização termogênica.
Aquecimento de Massa Rochosa	Neste método é realizado o aquecimento de rocha por injeção de vapor ou por outros meios apropriados, para aumentar a maturidade térmica da matéria orgânica e aumentar a permeabilidade da formação

Fonte: Liew; Danyaro; Zawawi, 2020

Os métodos e diferentes tecnologias de fraturamento aqui descritos são promissores, inclusive, alguns já estão disponíveis, comercialmente, enquanto outros permanecem em desenvolvimento ou estão na fase de conceito. O Quadro 6 apresenta, de forma sucinta, algumas vantagens e desvantagens das tecnologias de extração de gás de xisto.

Quadro 6 - Potenciais vantagens e desvantagens das tecnologias de extração de gás de xisto

<b>Tecnologia de extração de gás de xisto</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Fraturamento por Espuma	Redução do uso de água, de aditivos químicos usados. Diminuição de danos no reservatório. Capacidade de limpeza aprimorada.	Menor condutividade de fratura. Mais despesas necessárias. Reologia complicada. Maior pressão de bombeamento necessária.
Fraturamento por GLP	Mistura de alta pressão. Zero consumo de água. Compatibilidade total com o reservatório. Desempenho superior à água em geral (menor viscosidade, superfície e tensão interfacial). Menos energia necessária para fraturar rápido (dentro de 24h) e eficaz (perto de 100%) taxa de recuperação. Redução do risco relacionado a resíduos, queima e tráfego de caminhões. Menos aditivos químicos necessários.	Necessidade de uma grande quantidade de propano inflamável (apenas adequado para áreas com baixa densidade populacional). São necessárias mais despesas de investimento. Confiança na recuperação de fluidos para reduzir o custo total. A necessidade de ser liquefeito novamente quando recuperado.
Usando metanol para fraturar	Sem a necessidade do uso de água. Compatível com reservatórios com baixa tolerância à água.	Fluido perigoso: Baixo ponto de fulgor (11,6 °C)
Usando emulsão para fraturar	Dependendo do tipo de substância em emulsão, o fluido pode reduzir a utilização de água e aditivos químicos necessários. Melhor produtividade. Melhores propriedades reológicas. Compatível com formações de xisto.	Pode ter um alto custo a depender do conteúdo da emulsão.
Usando CO <sub>2</sub> líquido como o fluido base para fraturar	Baixo consumo de água. Menos aditivos químicos necessários. Auxilia no sequestro de carbono. Queda no dano do reservatório (ao reverter para gás, não ocorre inchaço da argila). Maior complexidade de microfraturas. Melhor recuperação de gás	Baixa viscosidade: precisa reduzir a concentração e o volume do propante. Transporte de CO <sub>2</sub> (2 MPa -30°C). O CO <sub>2</sub> é corrosivo com água. Despesas pouco claras (alto bombeamento e pressão necessária, embora menos tempo de equipamento requerido).

	substituindo o gás adsorvido na rocha. Limpeza rápida e eficaz. Baixa viscosidade permite que o menor uso de propante usado permitindo mais controle do produto.	
Usando N <sub>2</sub> líquido no fraturamento	Eliminação do consumo de água. Eliminação de aditivos químicos. Diminuição de danos no reservatório. Choque térmico induz fraturas. Requer menos propante. Material abundante.	Temperatura extremamente baixa. Alto custo. Difícil de executar, pois o N <sub>2</sub> líquido pode ser aquecido rapidamente e se tornar um gás mesmo que o isolamento seja usado.
Usando N <sub>2</sub> líquido no fraturamento	Eliminação de água em operação. Aditivos químicos não são necessários. Inexistência de danos no reservatório.	Pode ter um custo elevado. Dificuldade em obter o gás (hélio é o 71º mais abundante elemento na superfície da terra). Propante não pode ser usado.
Fraturamento pneumático	Eliminação de água no processo. Não há necessidade de aditivos químicos. Tem a possibilidade de obter maior permeabilidade (fraturas abertas, auto-sustentáveis, capazes de transmitir mais volume de fluido).	Faixa de profundidade econômica limitada. Capacidade limitada em levar o propante.
Fraturamento por explosivos	Eliminação de água no processo. Eliminação de aditivos químicos. Mais barato que o fraturamento hidráulico. Maior número de fraturas. Reservatório fraturado sem o uso de empacotadores. Menos danos por incompatibilidade de fluidos. Menor número de equipamento necessário. Permeabilidade mais homogênea alcançada.	Restrito para utilização de operações de fraturamento de porte médio. Nenhum propante usado, depende apenas do deslizamento de cisalhamento para evitar fechamento de fratura. Tem o potencial de induzir sismicidade.
Descargas eletro-hidráulicas de arco pulsado (PAED) em fraturamentos	Redução do consumo de água e menor utilização de aditivos químicos.	O aumento da permeabilidade é limitado a poucos metros da área tratada. Este método não se usa propante. Só pode ser usado para fraturamentos hidráulicos para pequenas e médias estimulações.
Tecnologia de estimulação e fraturamento de plasma (PSF)	Redução no consumo de água. Menor quantidade de aditivos químicos necessários. Executável com um número muito pequeno de caminhões (diminuição do tráfego).	A fratura restrita varia de o ponto em que é estimulado. Sem transportes de propante.
Fraturamento criogênico	Redução do consumo de água. Sem necessidade da utilização de aditivos químicos. Auxilia no sequestro de CO <sub>2</sub> . Menos danos ao reservatório (CO <sub>2</sub> retornaria para a fase gasosa no final do processo). Melhor recuperação de gás substituindo o gás adsorvido na	Grande quantidade de líquido. CO <sub>2</sub> necessário. Tempo de custo (a extração só poderia começar depois de dois anos de estimulação).

	rocha.	
Slot Drill	Eliminação de água da operação. Não há necessidade de aditivos químicos. O custo estimado é reduzido.	Facilmente superado pela operação de fraturamento hidráulico.
Bactéria aprimorada de metanogênese	Eliminação de água do processo. Eliminação de aditivos químicos necessários. Potencial para produzir a partir de formações ainda imaturas.	Custo operacional desconhecido.
Aquecimento da rocha de xisto	A porosidade de fratura pode não ser significativa, mas a permeabilidade à fratura é essencial para o desempenho do gás de xisto produção. Redução do uso de água. Zero aditivos químicos necessários. Desidratação de rocha: melhor porosidade e permeabilidade. Conversão de óleo pesado em óleo leve.	A rentabilidade é um desafio.

Fonte: Liew; Danyaro; Zawawi, 2020.

#### 4.5 EXTRAÇÃO POR *FRACKING* NOS EUA E NA ARGENTINA

O ciclo de vida do processo de *fracking* inicia na exploração e termina com o refino e processamento e transporte do produto final ao consumidor. O *fracking*, como conceito, foi introduzido em 1947. Apesar disso, é uma técnica relativamente nova, pois combina três diferentes tecnologias representadas no fraturamento hidráulico, perfuração direcional (horizontal) e blocos agrupados (Mehany, 2016a).

A produção de gás de xisto nos EUA tornou-se uma realidade comercial em meados do ano 2000, com a efetiva exploração da reserva de Barnett Shale, uma formação geológica rica em gás natural localizada na Bacia de Fort Worth, no nordeste do Texas (United States, 2016).

A produção de gás natural do Barnett Shale foi iniciada pela empresa Mitchell Energy and Development Corporation. Durante as décadas de 1980 e 1990, a Mitchell Energy experimentou métodos alternativos de fraturamento hidráulico no Barnett Shale e somente em 2000, a empresa havia desenvolvido uma técnica satisfatória de fraturamento hidráulico que produzia volumes comerciais de gás de xisto (United States, 2016).

Com o sucesso do início da exploração do gás natural por *fracking* em Barnett Shale, outras empresas iniciaram operações de perfuração comerciais. Com essa evolução nas técnicas de perfuração horizontal em 2005, a reserva de Barnett

já estava produzindo quase meio trilhão de pés cúbicos (Tcf) de gás natural por ano (United States, 2016).

Com o tempo e uma maior confiança desenvolvida pelas empresas exportadoras, apoiadas em bons resultados obtidos, os produtores começaram a desenvolver o projeto em outras formações de gás. Essas novas formações incluíam Haynesville no leste do Texas e norte da Louisiana, Woodford em Oklahoma, Eagle Ford no sul do Texas e os folhelhos de Marcellus e Utica no norte dos Apalaches (United States, 2013).

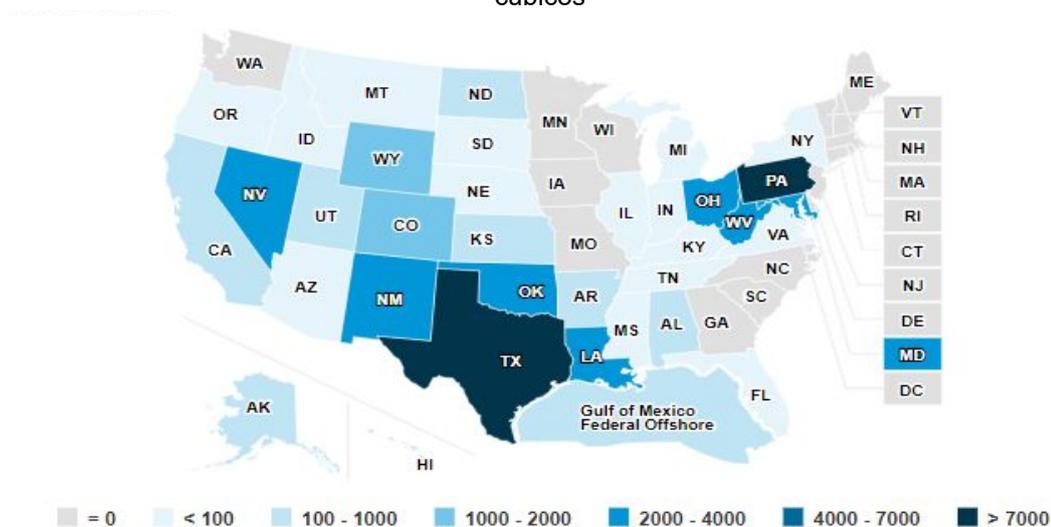
A produção de gás natural por *fracking* dos EUA em 2022 foi de cerca de 35,81 trilhões de pés cúbicos (Tcf), valor 10,8% maior do que o consumo total de gás natural no país. Embora a maior parte do consumo de gás natural nos EUA seja atendida com a produção doméstica, o país importa parte do gás natural para ajudar a suprir a demanda doméstica (United States, 2016).

Cinco dos 34 estados produtores de gás natural representaram cerca de 70,4% da produção total de gás natural dos EUA em 2021. Os principais estados produtores nos EUA são: Texas (24,6%), Pensilvânia (21,8%), Luisiana (9,9%), West Virginia (7,4%) e Oklahoma (6,7%) (United States, 2013).

Nas últimas décadas, a indústria de petróleo de gás nos Estados Unidos atingiu recordes de investimento anuais, ultrapassando \$200 bilhões e com empresas como Exxon Mobile e Chesapeake investindo um volume aproximado de \$120 bilhões só no ano de 2014 (Mehany, 2016).

A Figura 28 demonstra a distribuição da produção de gás natural através do *fracking* dos EUA por estado.

Figura 28 - Mapa do *fracking* dos EUA por estado em 2021. Unidade descrita em bilhões de pés cúbicos



Fonte: United States, 2023

Esse grande avanço dos EUA na produção de gás natural através do *fracking* é atribuído à descoberta de reservas de gás em rochas de folhelho. As perfurações ocorreram em todo os EUA e em Estados como a Pensilvânia, o Texas, Colorado Wyoming, Dakota do Norte. Em 2013, estimou-se que mais de 82.000 poços *fracking* foram perfurados desde 2005, com mais de 27% desses poços perfurados só em 2012 (MEHANY, 2016a).

Na América Latina, o único país que opera em escala comercial a extração de gás natural em reservas não convencionais é a Argentina, até a data em que este estudo foi realizado, sendo que, na presente seção, as principais informações foram extraídas de documentos da Fundação Meio Ambiente e Recursos Naturais (FARN) do país.

As instalações das plantas de *fracking* estão localizadas em Vaca Muerta, (Figura 29). Esta formação geológica está localizada na bacia de Neuquén, que inclui parte das províncias de Neuquén, Río Negro, Mendoza e La Pampa, contempladas pelas áreas de extração (Malargüe, Barranca, La Amarga Chica, Chos Malal, Zapala, Neuquén, Loma Campana, Loma La Lata e Gral. Roca), no norte da Patagônia Argentina. O primeiro poço aberto em Vaca Muerta foi no ano de 2010 na área de Loma La Lata, província de Neuquén (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Figura 29 - Localização da formação de Vaca Muerta



Fonte: Adaptado de *Google Maps* (2022).

A Figura 30 apresenta uma planta de perfuração de *fracking* situada na Argentina, com seus principais constituintes: torre ou equipamento de perfuração, alojamentos, piscina/depósito de efluentes residuais, depósito de areia e de produtos químicos, local para abastecimento de água, entre outros.

Figura 30 - Planta de perfuração de um poço de *fracking* na Argentina.



Fonte: Adaptado de Freepik.com (2022).

Na Argentina, o Estado Nacional e os Estados Provinciais promovem a operação de extração do *fracking* como um megaprojeto e principal fonte de gás e petróleo não convencional no país. Em 2013, a Agência de Informação Energética dos Estados Unidos (EIA) publicou avaliações de recursos de gás de xisto em regiões fora dos Estados Unidos e apontou que o país argentino possuiria 802 trilhões de pés cúbicos (TCF) de recursos tecnicamente recuperáveis de gás natural (equivalente a 21.654 milhões de m<sup>3</sup>). Isso representaria 67% das atuais reservas comprovadas de hidrocarbonetos convencionais da Argentina (estimado em 323 bilhões de metros cúbicos de gás natural, conforme informações da Secretaria de Energia). Os dados quantitativos descritos colocam o país como a segunda reserva de gás não convencional no mundo (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Até o primeiro semestre de 2020, mais de 2.000 poços foram perfurados nesta localidade. Os poços têm avaliação de impacto ambiental realizado por consultores contratados pelas próprias empresas de hidrocarbonetos (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Para garantir a operação do sistema *fracking*, a exemplo dos poços perfurados na Argentina, são necessários 25 estágios de fratura, onde se utiliza um volume injetado de fluidos na ordem de 33 a 35 milhões de litros. Estima-se que, ao menos, cerca de 6 milhões de litros desses líquidos retornam à superfície através da boca do poço. Todo o efluente que retorna deve ser depositado, temporariamente, em piscinas, e acondicionados para, posteriormente, ser tratado e ter sua disposição final concluída (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

A conclusão das 25 etapas do processo de fratura pode levar cerca de 35 a 40 dias e, ainda, devem ser adicionados mais 30 a 40 dias, tempo que levaria para perfuração de um poço horizontal de 5000 metros de comprimento final. São necessários a injeção de cerca de 30 a 35 milhões de litros de água, 6000 toneladas de areia e cerca de 10.000 litros de aditivos e a isso deve ser adicionado cerca de 6 a 12 milhões de litros de material que retorna à superfície e que deve ser tratado, aproximadamente 250 m<sup>3</sup> de lodo (com um coquetel de aditivos incorporados) e cerca de 800 a 900 m<sup>3</sup> de cascalhos de terra não extraídos por corte que pertencem à etapa de perfuração (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021)

#### 4.6 O DESAFIO DO *FRACKING* EM ANGOLA

A crise energética mundial e uma expansão acelerada de fontes de energia mais baratas e mais limpas estão mudando as estratégias globais por energia. A invasão Russa na Ucrânia, iniciada em 24 de fevereiro de 2022, foi outro fator que fez os preços dos produtos alimentares, da energia e de outros itens de necessidades básicas colaborassem para a pressão inflacionária nas economias africanas, que já haviam sido impactadas drasticamente pela pandemia da Covid-19 (International Energy Agency, 2022a; United States; U. S. Energy information Administration; Independent Statistics and Analysis, 2021).

A constatação é de que existe uma inversão de tendências positivas na melhoria do acesso à energia moderna, com um aumento de 4% do número de pessoas que vivem sem eletricidade em 2021 face a 2019. Estes problemas

contribuem para um aumento acentuado da pobreza na África Subsaariana, tendo o número de pessoas afetadas por crises alimentares quadruplicado em algumas zonas (International Energy Agency, 2022a).

Atualmente, o fornecimento de energia a preços acessíveis para todos os africanos é a prioridade. Contudo, para que haja o acesso universal à eletricidade a preços acessíveis, alcançado até 2030, será necessário contemplar cerca de 90 milhões de pessoas por ano, o triplo da taxa dos últimos anos. Atualmente, 600 milhões de pessoas, ou 43% da população total, não têm acesso à eletricidade, a maioria das quais na África Subsaariana (International Energy Agency, 2022a).

Nos dias atuais, cerca de 970 milhões de africanos não têm acesso a fontes de energia limpa para cozinhar. O gás de petróleo liquefeito (GPL) é inacessível para 30 milhões de pessoas em toda a África, que ainda se utilizam do uso tradicional de biomassa. Os países africanos possuem, atualmente, os mais baixos níveis de utilização de energia moderna *per capita* do mundo. A produção de gás e de petróleo nesta década estará centrada na exploração interna dos países africanos. A industrialização da África depende, em parte, da expansão da utilização de gás natural. Essa prospecção de petróleo e gás natural tem acontecido muito mais intensamente que anos atrás, uma vez que algumas reservas têm previsão de esgotamento nos próximos anos (International Energy Agency, 2022).

Alguns países como Angola e África do Sul tem tentado viabilizar a pesquisa de novos poços de hidrocarbonetos, através de medidas governamentais. Contudo, até à presente data, foram descobertos em África mais de 5 000 mil milhões de metros cúbicos (bcm) de recursos de gás natural, que ainda não foram aprovados para desenvolvimento (International Energy Agency, 2022).

Estes recursos poderão ser vitais para o continente africano na indústria de fertilizantes, aço, cimento e dessalinização da água. Por outro lado, as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da utilização destes recursos de gás nos próximos 30 anos seriam de cerca de 10 gigatoneladas. Se essas emissões fossem adicionadas ao total acumulado da África, atualmente, elevariam a sua participação nas emissões globais para 3,5% (International Energy Agency, 2022a).

Angola, atualmente, figura entre os maiores produtores de petróleo e gás da África, segundo informações que constam no relatório de fevereiro de 2023, da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) Angola (Organization Of the Petroleum Exporting Countries, 2023).

Angola é o segundo maior produtor total de combustíveis líquidos na África Subsaariana, depois da Nigéria, com base nos níveis de produção anual de 2021 (United States; U.S. Energy Information Administration; Independent Statistics & Analysis, 2022).

Somente no ano de 2019, Angola exportou cerca de 1,34 milhões barris/dia (b/d) de petróleo bruto, dos quais cerca de 83% foram para a região da Ásia-Pacífico. A China absorveu grande parte dessas exportações, com cerca de 950.000 b/d, seguida da Índia, que importou cerca de 116.000 b/d. Em 2019, os Estados Unidos importaram 30.000 b/d de petróleo de Angola. Contudo, Angola anunciou no dia 21 de dezembro de 2023 sua saída da Organização dos Países Produtores de Petróleo, após lhe ter sido atribuída uma quota de produção de 1,110 milhões de barris por dia (DW África, 2023).

Quanto ao gás natural, Angola produz pequenas quantidades e a maior parte da sua produção é queimada como subproduto das operações petrolíferas ou é reinjetada em campos petrolíferos para aumentar a recuperação de petróleo. A produção de gás natural seco do país africano foi de 218 mil milhões de pés cúbicos (Bcf) em 2018 (Organization Of The Petroleum Exporting Countries, 2023a).

Atualmente, não há indício nem informações oficiais de que Angola possa abrigar, em seu território, reservas de gás natural em formações não convencionais, rocha folhelho, cuja técnica utilizada, atualmente, é o *fracking*. Contudo, preocupado com o esgotamento de algumas de suas unidades de produção petrolíferas, o país angolano já considerou em seu Plano de Desenvolvimento Nacional estímulos e a intensificação da reposição de suas reservas (Angola, 2021).

Publicados através do Decreto Presidencial n° 282/2020, a Presidência da República de Angola aprovou um conjunto de dispositivos legais que viabilizam a prospecção, pesquisa, avaliação e desenvolvimento, produção e venda de gás natural em Angola, além da estratégia geral de atribuições e concessões petrolíferas para 2020-2025 (Angola, 2021).

Antes de entrar nos fatos atuais na indústria de hidrocarbonetos de Angola, é importante conhecer um pouco da história desta atividade econômica. Somente em 1910 se iniciou a exploração de petróleo em Angola e foi com a empresa petrolífera Canha & Formigai. Esta empresa perfurou o primeiro poço em 1915, que resultou na primeira descoberta comercial realizada em 1955. Porém, o início da atividade de refino comercial só foi possível em 1958. O primeiro campo de

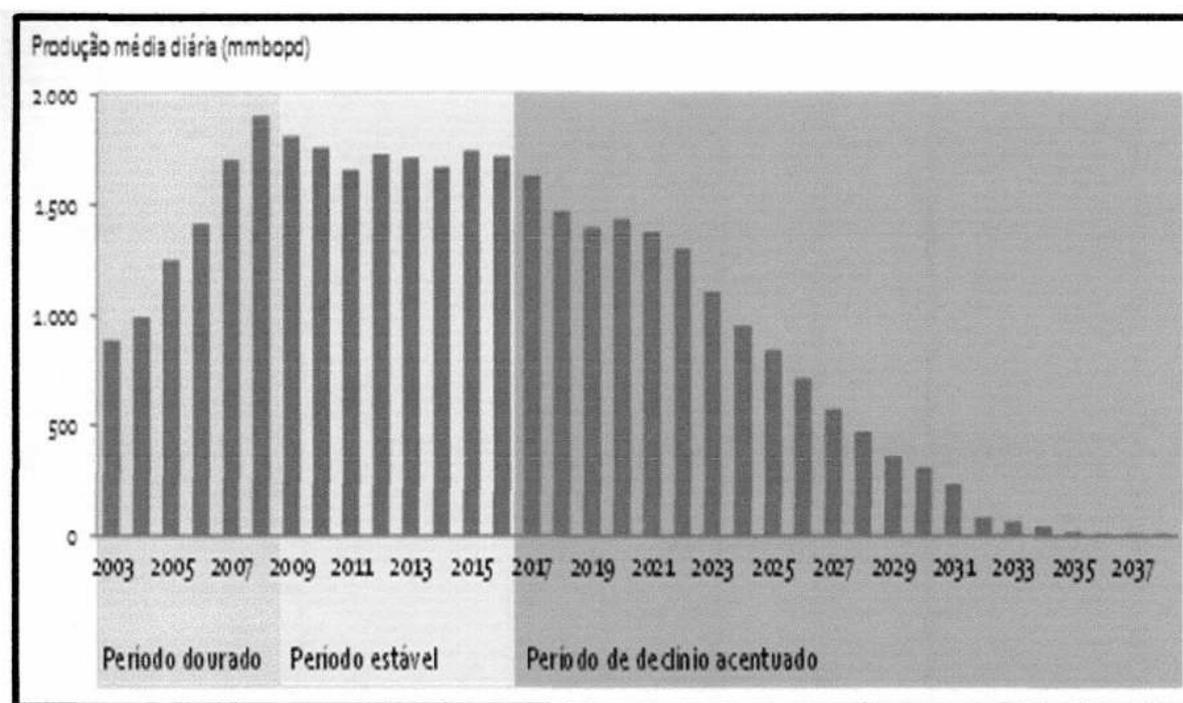
expressão, em termos de volume, denominado de Campo Tobias, só foi encontrado em 1961 pela Companhia Petrangol. A localização desta área foi no Campo Terrestre da Bacia do Kwanza. Já, a primeira descoberta em offshore, ocorreu somente em 1966 com o poço de Limba no Bloco 0 (Angola, 2021).

Os períodos entre os anos de 1980 a 2010 da indústria de hidrocarbonetos de Angola foram de grandes descobertas, principalmente, em águas profundas, como é o caso dos campos de Girassol, Benguela-belize-Tomboco, Grande Plutónio e do Plutão. Neste período, o país africano alcançou uma produção recorde, transformando Angola na segunda maior produtora de petróleo da África Subsaariana (Angola, 2021).

Com abundância das receitas vindas dos hidrocarbonetos, iniciada em 2017, Angola conseguiu um significativo desenvolvimento social e econômico, o que contribuiu com a significativa diversificação de sua economia. Essa reorganização também foi fator determinante para a criação da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, cuja responsabilidade foi de promover as concessões do setor no país. Alguns dispositivos governamentais foram criados para auxiliar no desenvolvimento do processo de mudança do setor petrolífero e pode-se citar: o Decreto Legislativo nº5/18, que estabelece o Regime Jurídico sobre as atividades de Pesquisa Adicional nas Áreas de Desenvolvimento de Concessões; o Decreto Legislativo Presidencial nº 7/18, que estabelece o Regime Jurídico e Fiscal das atividades de prospecção, pesquisa, avaliação, desenvolvimento, produção e venda de gás natural em Angola e o Decreto Presidencial nº 52/19 que aprova a Estratégia Geral de Atribuição de Concessões Petrolíferas para o período de 2019 a 2025 (Angola, 2021).

O Plano Estratégico de Exploração de Hidrocarbonetos de Angola 2020-2025 está alinhado com os objetivos do país africano e que prevê impulsionar a reposição das reservas petrolíferas de Angola, visando atenuar o declínio da produção de hidrocarbonetos. A Figura 31 apresenta a produção média diária de hidrocarboneto de Angola e sua previsão para até o ano de 2037. Os dados apontam um declínio a partir do ano de 2017 (Angola, 2021).

Figura 31 - Produção média diária de hidrocarboneto de Angola.

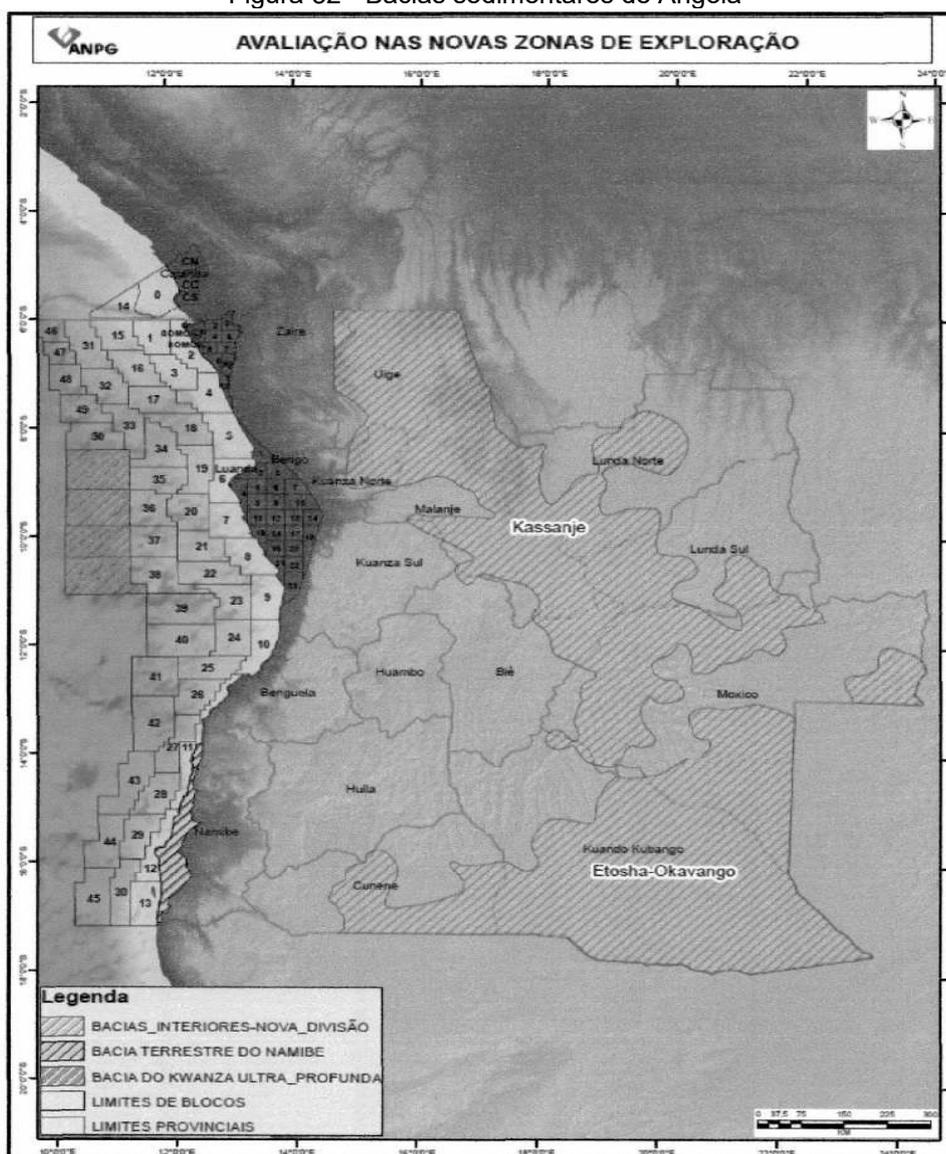


Fonte: Angola, 2021.

Alguns propósitos gerais foram elencados pelo governo angolano para suportar o planejamento proposto para 2020 a 2025, quais sejam: i) Promover a expansão de conhecimento geológico do país e do seu potencial petrolífero, incluindo os reservatórios não convencionais; ii) Assegurar o contínuo aumento dos recursos petrolíferos descobertos; iii) Fomentar a concorrência na indústria petrolífera e o investimento de risco, assegurando a justa remuneração e o retorno do mesmo; iv) Promover o investimento direto da indústria petrolífera nacional, disseminando o conhecimento, a inovação tecnológica e as práticas de governança universalmente aceitas; v) Promover a exploração do gás natural, através de programas mínimos dedicados a este recurso no âmbito geral da licitação petrolífera (Angola, 2021).

Sobre as bacias sedimentares em Angola (Figura 32), pode-se afirmar que são subdivididas em Bacias Intracratônicas (Bacia de Cassange e Bacia Etosha/Okavango), Bacias de margens passivas (Bacias do Baixo Congo, Kwanza, Benguela e Namibe) abrangendo as Zonas Terrestres, costeiras de águas rasa (Angola, 2021).

Figura 32 - Bacias sedimentares de Angola



Fonte: Angola, 2021

Angola, atualmente, possui as suas reservas de hidrocarbonetos distribuídas em quatro bacias costeiras: Baixo Congo, Kwanza, Benguela e Namibe. Contudo, existe uma histórica dependência da Bacia do baixo Congo. Portanto, o Governo de Angola aposta na exploração por via do conhecimento geológico, o que deverá proporcionar uma visão mais aprofundada do potencial de hidrocarbonetos líquidos e gasosos existentes em outras bacias sedimentares, tanto convencionais e não convencionais. O foco é, até o ano de 2025, a identificação de ocorrência de potencial de hidrocarbonetos nos reservatórios não convencionais (Angola, 2021).

A meta é avaliar potencial em reservatórios não convencionais dos 21 (vinte e um) blocos das Zonas Terrestres a serem colocados em licitação entre 2020 e 2023 e esses investimentos deverão ser realizados pelas futuras empresas

exploradoras como parte do programa mínimo (Angola, 2020). A Quadro 7 apresenta o cronograma geral da estratégia de exploração de hidrocarbonetos de Angola para o período de 2020/2025.

Quadro 7 - Cronograma Geral de Estratégias de Exploração de Hidrocarbonetos de Angola 2020/2025

ACTIVIDADES	PERÍODO																							
	2020				2021				2022				2023				2024				2025			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
<b>1. Disponibilidade e Acesso a Áreas das Bacias Sedimentares de Angola</b>																								
1.1 Disponibilidade a Superfície																								
1.2 Acessibilidade às Áreas																								
<b>2. Expandir o conhecimento geológico e o acesso aos recursos petrolíferos</b>																								
2.1 Reservatórios Não Convencionais																								
2.2 Domínio Crustal Oceânico																								
2.3 Prospecção, Pesquisa, Avaliação dos Recursos de Gás Natural (DLP 7/18)																								
<b>3. Assegurar a execução da estratégia geral de atribuição de concessões petrolíferas em Angola</b>																								
3.1 Rondas de Licitações																								
3.2 Ofertas Permanentes																								
<b>4. Intensificar a pesquisa nos Blocos, Concessões e Áreas Livres em todas as Bacias Sedimentares de Angola</b>																								
4.1 Incentivar a exploração dentro das áreas de desenvolvimento no âmbito dos DLP 05/18 entre 2020-2021, prevendo-se a fase de renegociação e resgate em 2022.																								
4.2 Promover a perfuração de oportunidades nas concessões, áreas livres e nas novas zonas de exploração																								

■ Ações Programadas

Fonte: Angola, 2021.

Uma das estratégias de exploração é estar alinhada e em concordância com o arcabouço do governo e seus dispositivos legais para tornar a atividade de exploração em *offshore* e *onshore* em sintonia com a identificação das reservas até sua produção.

Este planejamento tem um período, relativamente curto, considerando o tempo médio de identificação de reservas até o início de sua produção e também a dinâmica da indústria e sua necessidade de revisão contínua para a inserção de melhorias e metas.

Para alcançar esse objetivo o poder executivo lançou 4 (quatro) pilares: i) A disponibilidade e acessibilidade às áreas contidas nas Bacias Sedimentares de Angola destinadas a pesquisa e avaliação; ii) A expansão do conhecimento geológico e o acesso aos recursos de hidrocarbonetos; iii) A garantia do êxito da estratégia de concessões petrolíferas, conforme o Decreto Presidencial n° 52/19, de 18 de fevereiro; iv) A intensificação da pesquisa e avaliação das concessões e áreas livres nas Bacias Sedimentares de Angola (Angola, 2021).

Com relação às Bacias Sedimentares, estas estão distribuídas *offshore* em mar raso, profundo e ultra-profundo. Em *onshore*, tem-se as bacias distribuídas na zona costeira terrestre e bacias interiores. Para que o plano governamental seja implantado de forma sustentável, o governo ressalta que será preciso levar em conta os interesses econômicos, ambientais e culturais. Também deverá haver um equilíbrio de coexistência entre sem comprometer os ecossistemas (flora, fauna, pesca, arquitetura submarina). Há expectativas que um maior conhecimento sobre a geologia local proporcionará uma visão aprofundada do potencial de hidrocarbonetos líquidos e gasosos existentes nas Bacias Sedimentares Angolanas em reservatórios convencionais e não convencionais. Está previsto para o período entre 2020 a 2025 a criação de uma metodologia para avaliação das potencialidades dos reservatórios não convencionais nas Zonas Terrestres das Bacias Sedimentares de Angola, já evidenciados pelas exsudações e impregnações de betumes e ou lagos betuminosos em superfície (Angola, 2021).

No pacote de concessões do governo está inclusa a criação de mecanismos que visam a aquisição de dados sísmicos na modalidade multicliente, onde será possível a realização de estudos conjuntos com as empresas do setor e Universidades, com o objetivo de obter conhecimentos e informações tectônicas sedimentares da prospecção realizada nos blocos das bacias sedimentares até 2025 (Angola, 2021).

Segundo o Decreto Legislativo Presidencial de Angola nº 7, de 18 de maio de 2018, serão avaliados 33 (trinta e três) blocos na reserva do Baixo Congo, além de incentivar a exploração de gás natural na Bacia do Kwanza e Bacias Interiores em território angolano.

Buscando maximizar a exploração dos recursos petrolíferos do país, também está previsto concessões nos próximos 5 (cinco) anos com intensa atividade de pesquisa e avaliação em conjunto com reformas legislativas dispostas no Decreto Legislativo Presidencial nº 5/2018.

Em referência ao Decreto Presidencial N° 52/2019 pode-se dizer que permite a avaliação do potencial petrolífero em blocos nas Bacias no interior e devem ser licitadas a partir de 2023, com o objetivo de proceder os levantamentos geológicos, geofísicos e geoquímicos (Angola, 2021).

Caso as bacias mencionadas apresentam dados positivos, a expectativa é de que a descoberta representa um potencial de acréscimo entre 17,5 a 27 trilhões

de pés cúbicos de gás. As referidas autorizações de exploração deverão estar apoiadas em decisões governamentais condicionadas à realização de estudos de impacto ambiental. As estimativas é que sejam necessários investimentos na ordem de USD 867.000.000 (oitocentos e sessenta e sete milhões de dólares americanos). Esses valores estão previstos para suportar a aquisição de dados geofísicos na modalidade multicliente, o qual prevê-se atrair investimentos de cerca de USD 188.000.000 (cento e oitenta e oito milhões de dólares americanos) (Angola, 2021).

Contudo, em matéria de junho de 2021, o Jornal electrónico “Climaximo”, com sede em Lisboa -Portugal, faz um alerta para a possibilidade de exploração de gás natural através do *fracking* no delta do Okavango. A nascente do Delta surge no planalto de Benguela, em Angola com as águas do rio Cubango e seus afluentes e percorre um longo trajeto até Botswana, onde é denominado, rio Okavango, que, por fim, deságua nas planícies do deserto do Kalahari, formando o maior delta interior do planeta (Vieira, 2021).

Segundo o periódico, o Delta é reconhecido como uma das sete maravilhas naturais de África, sendo palco de um dos mais belos espetáculos naturais do planeta, onde, depois da primavera se reúnem, aproximadamente, 300.000 grandes mamíferos. O evento se dá na época em que a chuva nos planaltos de Angola alimenta as cheias do delta, levando vida à região do deserto do Kalahari (Vieira, 2021).

A região é constantemente pressionada pela ação humana e, pelo que a publicação indica, deverá lidar com uma nova ameaça. No horizonte está a exploração de gás natural através do *fracking* que abrange a faixa de Caprivi, no nordeste da Namíbia, e o noroeste do Botswana, na zona do delta do rio Okavango. A concessão foi adquirida pela empresa canadense Recon África. Segundo divulgação em seu próprio *site*, a empresa nega que tenha autorização para a exploração de *fracking* nesta região (Namibia; Reconafrica, 2021; Vieira, 2021).

Em publicação a empresa ressalta “A Recon África está atualmente conduzindo um programa de exploração de petróleo convencional, a convite do Governo da Namíbia e em parceria com a estatal NAMCOR”. Até o momento, a Recon África recebeu licença da Namíbia para explorar e confirmar o recurso. Se um recurso comercial for identificado, o próximo passo é solicitar a aprovação do governo para produção. A definição de produção convencional de óleo e gás é que ela é produzida naturalmente ou com bombas, não necessitando de fraturamento hidráulico *fracking*. O governo da Namíbia declarou que não aprovará a produção não convencional que inclua o *fracking* (Namibia; Reconafrica, 2021).

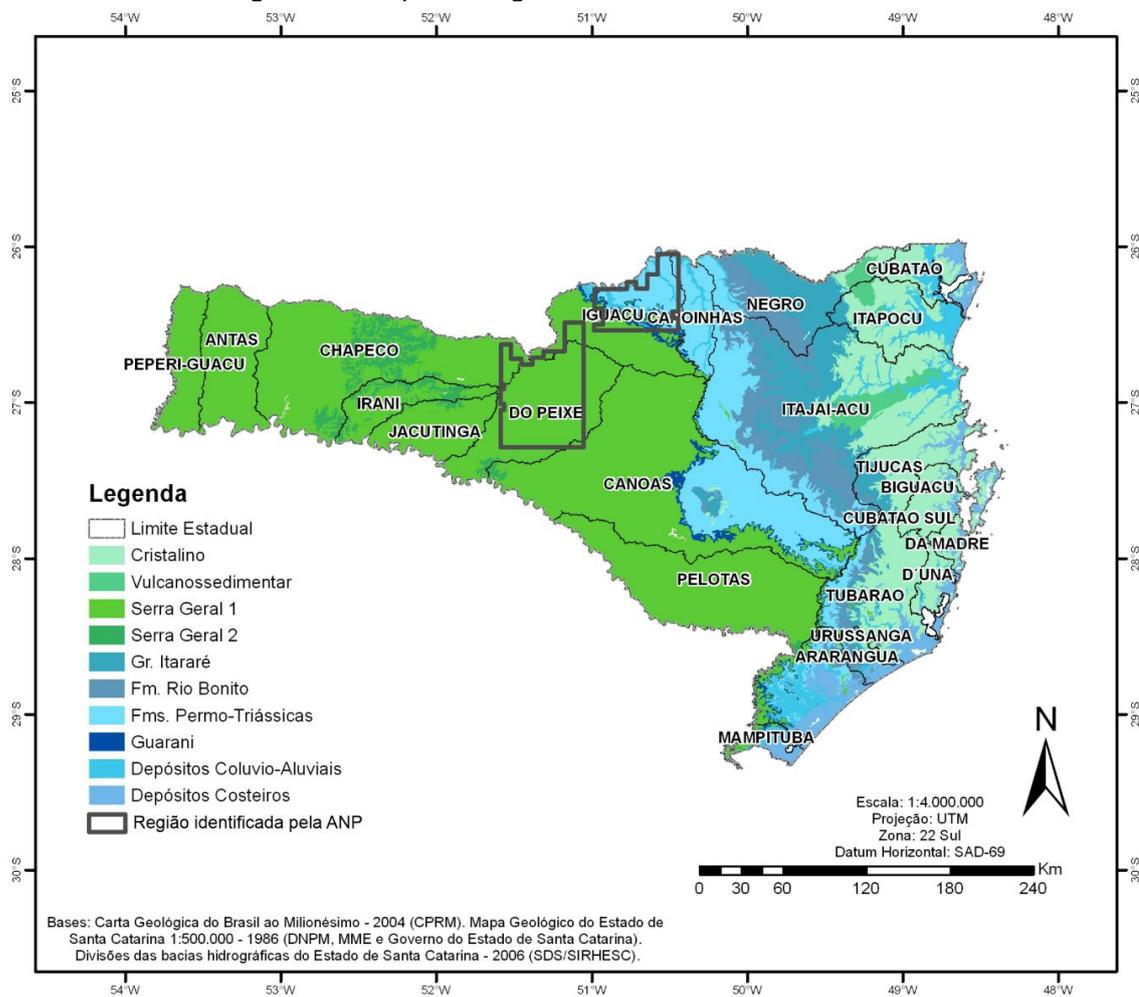
#### 4.7 FRACKING EM SANTA CATARINA

A economia de Santa Catarina é diversificada em cada região. O Estado é o 6º mais rico do país e representa uma contribuição estimada de 4% do PIB nacional. Este desempenho reflete uma atividade econômica forte na agroindústria, na indústria têxtil e moveleira, metal mecânica e no turismo (Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas, 2019).

Santa Catarina possui domínio hidrológico de diversos aquíferos. Nas áreas mapeadas pela ANP destacam-se a influência dos aquíferos Serra Geral 1 e Guarani (Scheibe *et al.*, 2018).

Nas Figuras 33 pode-se observar a configuração do Aquífero Guarani, que é considerado um dos mais importantes mananciais de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo (Santa Catarina. [s.d.]; Scheibe, 2011). Esse reservatório está localizado na Região Centro-Leste da América do Sul, entre 12º e 35º de latitude sul e entre 47º e 65º de longitude oeste, e ocupa uma área de 1,1 milhões de km<sup>2</sup>, estendendo-se pelo Brasil (840.000 km<sup>2</sup>), Paraguai (58.500 km<sup>2</sup>), Uruguai (58.500 km<sup>2</sup>) e Argentina (255.000 km<sup>2</sup>). A maior extensão do Aquífero Guarani dá-se em território brasileiro (2/3 da área total), abrangendo os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Regina de Britto *et al.*, 2015; Scheibe *et al.*, 2018).

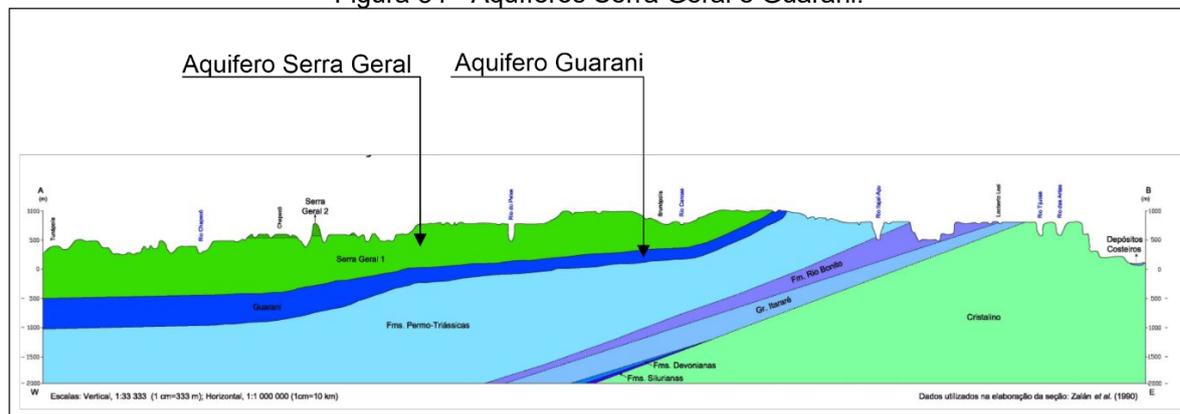
Figura 33 - Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina.



Fonte: Modificado de Scheibe, 2011.

Na Figura 34, tem-se o Sistema Aquífero Serra Geral, como o manancial mais próximo da superfície e o mais relevante para a agroindústria localizada em Santa Catarina. O Sistema Aquífero Guarani vem logo abaixo em profundidade.

Figura 34 - Aquíferos Serra Geral e Guarani.



Fonte: Adaptado de Scheibe, 2011.

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) é formado por derrames de basalto ocorridos nos períodos Triássico, Jurássico e Cretáceo Inferior (entre 200 e 132 milhões de anos). A espessura total do aquífero varia de valores superiores a 800 metros até a ausência completa de espessura em áreas internas da bacia. Por estar mais próximo à superfície, é o recurso hídrico subterrâneo mais explorado em SC.

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é um importante reserva para o abastecimento da população e para o desenvolvimento das atividades econômicas e de lazer e suas águas, em geral, são de boa qualidade, sendo que, em sua porção confinada, os poços têm cerca de 1.500m de profundidade e podem produzir vazões superiores a 700 m<sup>3</sup>/h. Estima-se que as reservas permanentes localizadas no SAG (água acumulada ao longo do tempo) sejam da ordem de 45.000 km<sup>3</sup> (Santa Catarina, 2024; Scheibe, 2011).

O Estado de Santa Catarina dividiu a influência hidrológica em 10 (dez) Regiões Hidrográficas, conforme Figura 35, sendo:

- RH1 - Região Hidrográfica Extremo Oeste;
- RH2 - Região Hidrográfica Meio Oeste;
- RH3 - Região Hidrográfica Vale do Rio do Peixe;
- RH4 - Região Hidrográfica Planalto de Lages;
- RH5 - Região Hidrográfica Planalto Canoinhas;
- RH6 - Região Hidrográfica Baixada Norte;
- RH7 - Região Hidrográfica Vale do Itajaí;
- RH8 - Região Hidrográfica Litoral Centro;
- RH9 - Região Hidrográfica Sul Catarinense;
- RH10 - Região Hidrográfica Extremo Sul Catarinense.

Figura 35 - Regiões Hidrográficas de Santa Catarina



Fonte: Santa Catarina, 2024.

A bacia hidrográfica é considerada como uma determinada região geográfica drenada por um conjunto de rios, córregos e ribeirões que deságuas suas águas em rios, lagos ou mares. Esse sistema é uma área de drenagem de todos os rios e córregos que convergem das partes mais altas dos terrenos para a parte mais baixa, em direção à foz do rio principal de uma determinada região (Santa Catarina, 2024).

Dentro das Bacias Hidrográficas, estão situados os aquíferos, que são formações geológicas constituídas por rochas capazes de armazenar e transmitir quantidades significativas de água. Essas estruturas são reservatórios naturais subterrâneos que variam de tamanhos podendo atingir milhares de km<sup>2</sup>, ou ainda apresentar espessuras de poucos metros a centenas de metros de profundidade (Santa Catarina, 2024).

Para que se possa entender os impactos em que as regiões identificadas pela ANP serão submetidas com a possível exploração do gás natural por *fracking*, foi elaborado o Quadro 8, que descreve o perfil econômico e demográfico das 19 cidades mapeadas pela ANP como possíveis área de exploração de gás natural em rochas folhelhos no Estado de Santa Catarina, cujas regiões Hidrográficas são RH2, RH3 e RH5.

Quadro 8 - Perfil econômico e demográfico das 19 cidades com potencial de exploração por *fracking*.

MUNICÍPIOS	DADOS GERAIS			
	Região	Área	População	Economia
Canoinhas	Norte Catarinense	1.140 Km <sup>2</sup>	55.016	-Agropecuária: 17,6%, -Indústria: 18,9%, -Serviços: 47,1%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 16,5%.
Irineópolis	Meio Oeste Catarinense	590 Km <sup>2</sup>	55.016	-Agropecuária: 50,18%, -Indústria: 5,9%, -Serviços: 27,8%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 15,5%.
Porto União	Meio Oeste Catarinense	845 km <sup>2</sup>	32.970	-Agropecuária: 10,1%, -Indústria: 21%, -Serviços: 44,4%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 24,5%.
Timbó Grande	Norte Catarinense	598 km <sup>2</sup>	7.342	-Agropecuária: 35,2%, -Indústria: 28,9%, -Serviços: 17,1%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 18,9%.
Matos Costa	Meio Oeste Catarinense	433 km <sup>2</sup>	2.761	-Agropecuária: 36,1%, -Indústria: 7,0%, -Serviços: 23,3%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 33,7%.
Calmon	Meio Oeste Catarinense	638 km <sup>2</sup>	3.443	-Agropecuária: 57,7%, -Indústria: 3,6%, -Serviços: 13,9%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 24,8%.
Caçador	Meio Oeste Catarinense	984 km <sup>2</sup>	73.720	-Agropecuária: 7,4%, -Indústria: 43,3%, -Serviços: 36,4%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 12,8%.
Rio das Antas	Oeste	317 km <sup>2</sup>	6.253	-Agropecuária: 47,0%, -Indústria: 11,1%, -Serviços: 22,3%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 19,5%.
Água Doce	Meio Oeste Catarinense	1.311 km <sup>2</sup>	6.508	-Agropecuária: 47,5%, -Indústria: 9,7%, -Serviços: 30,8%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 11,9%.
Macieira	Meio Oeste Catarinense	259 km <sup>2</sup>	1.778	-Agropecuária: 52,1%, -Indústria: 10,6 %, -Serviços: 14,3%,

MUNICÍPIOS		DADOS GERAIS			
				-Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 23,0%.	
Salto Veloso	Meio Oeste Catarinense	105 km <sup>2</sup>	4.390	-Agropecuária: 12,6%, -Indústria: 28,1 %, -Serviços: 44,8%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 14,5%.	
Arroio Trinta	Meio Oeste	94km <sup>2</sup>	3.556	-Agropecuária: 28,3%, -Indústria: 14,8 %, -Serviços: 35,0%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 21,9%.	
Treze Tílias	Meio Oeste catarinense	186 km <sup>2</sup>	8.787	-Agropecuária: 6,0 %, -Indústria: 49,5 %, -Serviços: 36,4%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 8,2 %.	
Iomerê	Meio Oeste Catarinense	114 km <sup>2</sup>	2.877	-Agropecuária: 45,3 %, -Indústria: 16,5 %, -Serviços: 19,2%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 19,0 %.	
Videira	Meio Oeste Catarinense	384 km <sup>2</sup>	55.466	-Agropecuária: 7,7 %, -Indústria: 31,3 %, -Serviços: 49,0%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 12,0 %.	
Ibiam	Meio Oeste Catarinense	147 km <sup>2</sup>	2.008	-Agropecuária: 41,00 %, -Indústria: 15,0 %, -Serviços: 16,2%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 27,7 %.	
Herval D'Oeste	Oeste Catarinense	217 km <sup>2</sup>	21.724	-Agropecuária: 9,0 %, -Indústria: 20,9 %, -Serviços: 44,3%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 25,8 %.	
Luzerna	Meio Oeste Catarinense	118 km <sup>2</sup>	5.794	-Agropecuária: 14,2 %, -Indústria: 30,0 %, -Serviços: 36,2%, -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 19,6 %.	
Tangará	Meio Oeste	388 km <sup>2</sup>	8.143	-Agropecuária – 24,2% -Indústria: 35,5% -Serviços: 28,6% -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 11,7%	
Ibicaré	Meio Oeste Catarinense	156 km <sup>2</sup>	3.269	-Agropecuária: 41,7% -Indústria: 7,7%	

MUNICÍPIOS		DADOS GERAIS		
				-Serviços: 31,9% -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 18,7%
Joaçaba	Meio Oeste catarinense,	94 Km <sup>2</sup>	30.146	-Agropecuária: 28,3%, -Indústria: 14,8% -Serviços: 35,0% -Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social: 21,9%

Fonte: Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas, 2019.

A Bacia RH 2 é formada pelo Rio Chapecó e Rio Irani, perfazendo uma área total 11.289 km<sup>2</sup>. A bacia do Rio Chapecó tem a extensão de 8.300 km<sup>2</sup> e recebe as águas dos rios Chapecozinho e Feliciano. A bacia do Rio Irani possui área de 1.595 km<sup>2</sup> e tem o Rio Xanxerê como um dos principais contribuintes.

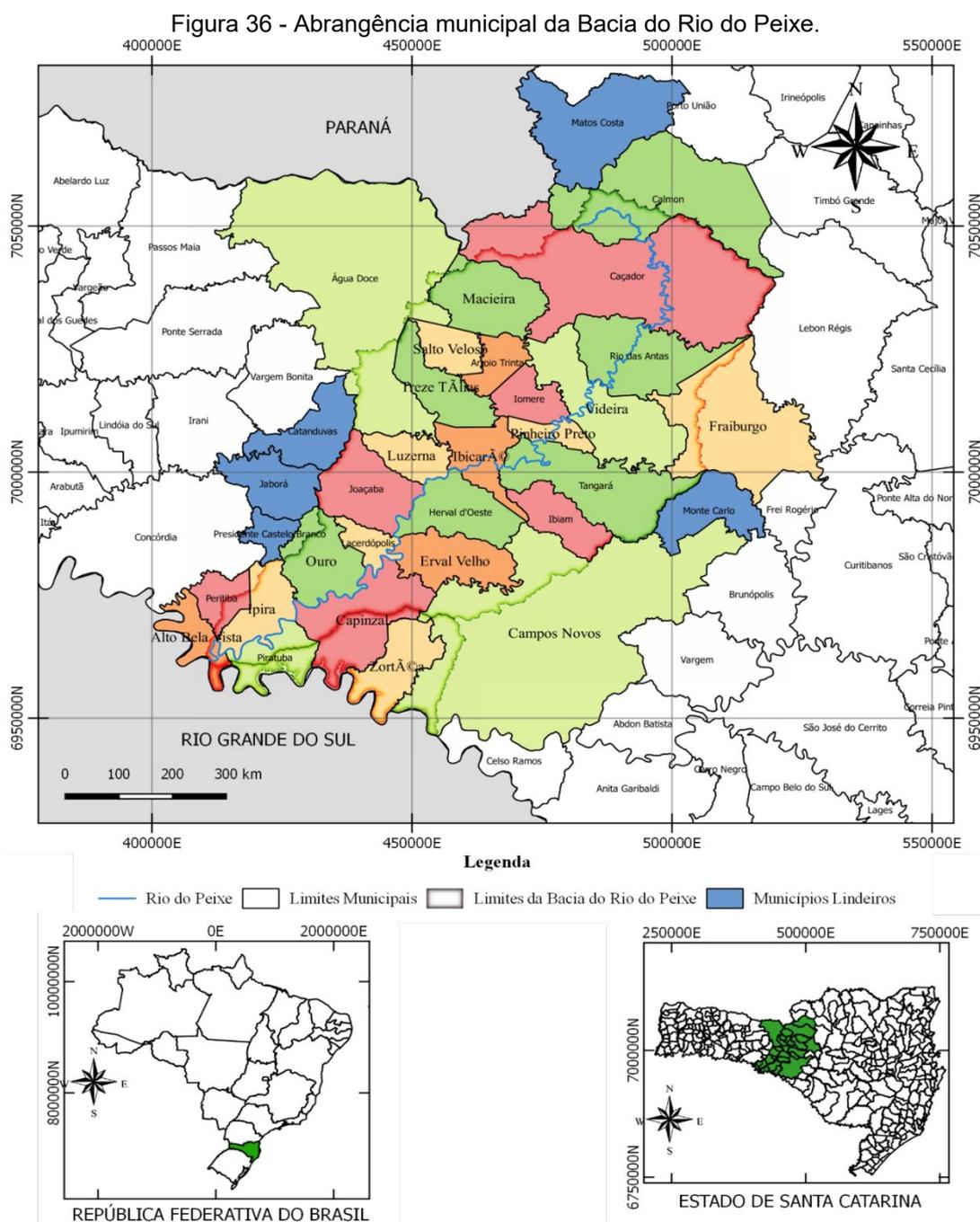
A bacia do Rio Chapecó drena 42 sedes urbanas, onde vivem cerca de 138.000 habitantes e estão situadas ao longo dos afluentes do médio curso do Rio Chapecó. Dentre os problemas constatados na Bacia RH2, tem-se: Despejo irregular de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários; A qualidade da água é crítica no meio rural, com forte presença da poluição provocada por dejetos de suínos, o que compromete grande parte dos recursos hídricos superficiais; intensos processos erosivos dos solos, o que leva à alta turbidez da água, como se observa no rio Chapecó; Intenso de agrotóxicos nesta região (Santa Catarina, 2007).

A Bacia RH 3 é formada no Vale do Rio do Peixe e é a que abarca a maioria dos municípios indicados pela ANP. A RH3 ocupa uma área total de 7.897 km<sup>2</sup> e suas principais bacias hidrográficas são compostas pelo Rio do Peixe e do Rio Jacutinga.

O Rio do Peixe, nasce no município de Calmon e percorre cerca de 290 km até sua foz no Rio Uruguai. No trajeto, o rio recebe as águas dos Rios Preto, São Pedro, Santo Antônio, Rios Bonito e Leão. O Rio Jacutinga nasce na vertente oposta do Rio Irani, tendo sua foz situada no lago formado pela barragem de Itá. A bacia também recebe outros afluentes diretos do rio Uruguai, como o riacho Grande e o Rio do Engano.

A bacia do Rio do Peixe percorre 24 municípios e seus principais problemas são o lançamento de esgotos domésticos e a intensa poluição causada por dejetos de suínos.

A abrangência municipal da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe é descrita na Figura 36. As cores identificam os municípios parcialmente inseridos com sede dentro da Bacia, municípios parcialmente inseridos com sede fora da Bacia, municípios totalmente inseridos dentro da Bacia além dos municípios limdeiros a Bacia.



Fonte: Regina de Britto *et al.*, 2015

A Bacia RH 5 se situa no Planalto das Canoinhas e comporta três bacias hidrográficas principais: Canoinhas, Timbó e pelos demais afluentes da margem esquerda do Rio Negro. O Rio Canoinhas drena, de montante para jusante, as sedes municipais de Monte Castelo, Major Vieira e Canoinhas. Os principais problemas enfrentados pela Bacia são: despejos domésticos; despejo de resíduos tóxicos da lavoura; desmatamento da mata ciliar e focos de erosão que favorecem o assoreamento do leito do rio.

Na zona rural da bacia do Rio Timbó, os principais problemas estão associados ao desmatamento generalizado, processos de erosão e aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, retirada de mata nativa e as atividades agropecuárias, assoreamento dos cursos d'água, como se verifica em diversos afluentes da bacia do Rio Negro, a exemplo dos Rios Preto e das Antas no município de Mafra.

Os municípios indicados pela ANP como possíveis áreas de exploração por *fracking* fazem parte de uma fração do estado catarinense muito importante para a economia do Estado. As Regiões do Meio Oeste, do Oeste e do Norte possuem características econômicas, sociais e ambientais sensíveis, considerando sua intensa dependência dos aquíferos e dos rios. Desta forma, cada município possui suas próprias características, conforme descritos nos textos que se seguem (Regina de Britto *et al.*, 2015).

Canoinhas, integra os municípios da região norte catarinense e destaca-se na produção histórica de erva-mate, que, atualmente, divide importância com outros produtos agrícolas e com a indústria de beneficiamento de papel. Sua Geografia possui cobertura vegetal classificada como floresta ombrófila mista, isto é, floresta com araucária ou pinheiro brasileiro. Existem ainda porções de floresta ombrófila mista aluvial nas planícies adjacentes aos rios, floresta ombrófila mista montanhosa na faixa entre 500 e 1.000m e floresta ombrófila mista alto Montana em altitudes acima de 1000m. Nos sub-bosques predomina a erva-mate, historicamente responsável por uma das maiores riquezas econômicas de Canoinhas. Seu relevo de planalto com superfícies planas a onduladas e montanhosas com desnudação periférica favorece muito a agricultura. O solo apresenta média e boa fertilidade em relevos praticamente planos, margeando rios ou locais de depressão. A textura é argilosa. Este solo apresenta viabilidade no manejo com restrições em determinadas áreas (Canoinhas, 2024).

Irineópolis integra os municípios da macrorregião do Meio Oeste, e sua economia tem como base o setor da Agropecuária. O município possui uma extensão territorial próxima a 590 km<sup>2</sup> e o comércio aparece como o principal setor na manutenção da empregabilidade da população local. Está inserido na região do Vale do Contestado e possui dentre os atrativos turísticos como o Museu Casarão Domit (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019).

Irineópolis destaca-se pelo extrativismo vegetal e a agricultura representa 85% da economia. Os principais produtos cultivados são arroz, batata-inglesa, trigo, feijão, fumo, mandioca, soja e milho (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019).

Porto União integra os municípios da macrorregião do Meio Oeste Catarinense e sua economia tem como base o setor de serviços e ocupa uma extensão territorial superior a 845 km<sup>2</sup>. A indústria se destaca como o principal setor empregador local.

O setor turístico de Porto União também é expressivo, se destacando por possuir cachoeiras e corredeiras naturais no interior do município. Um dos destaques é o Salto do Pintado, a 18 km da área central (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019b).

Timbó Grande integra os municípios da macrorregião do Norte Catarinense, e se destaca, economicamente, por sua agricultura pujante além da indústria moveleira.

Em relação à cultura, o município recebeu forte influência de colonização de índios, italianos, alemães, ucranianos e poloneses, ocupando uma extensão territorial superior a 598 Km<sup>2</sup> e a atividade industrial é a principal responsável pela manutenção dos empregos locais.

Dentre seus principais pontos de atração turísticas, podem ser relacionados: a Igreja Matriz, o Monumento Contestado, a Praça da Orla, além das belas cachoeiras da região e da barragem do Rio Timbó (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019c).

O município também possui intensa atividade agrária e grande parte do seu território é coberto por áreas de reflorestamento de pinus e eucaliptos.

Matos Costa integra os municípios da região do Meio Oeste e tem como destaque econômico o setor agropecuário que se destaca na apicultura, agricultura, suinocultura e no reflorestamento de pinus. Possui uma extensão territorial superior

a 433 Km<sup>2</sup> e a indústria é a principal responsável pela manutenção dos empregos locais. Matos Costa está na região turística do Vale do Contestado, de grande valor histórico. O município se destaca com atrações voltados ao turismo, mas, além disso, tem como pontos fortes cachoeiras, vales e planaltos de vegetação preservada (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019d).

Calmon integra os municípios do Meio Oeste Catarinense e é destaque econômico na agropecuária. Com uma extensão territorial superior a 638 Km<sup>2</sup>, a agricultura é a principal responsável pela geração de empregos. O município também tem importância cultural, natural e hídrico. Ele foi palco da Guerra do Contestado e ainda preserva grande patrimônio material deste episódio da história catarinense. O Rio do Peixe e as inúmeras quedas d'água e nascente são outros aspectos que torna a o município propício para as atividades de lazer (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019e).

Caçador integra os municípios do Meio Oeste Catarinense e é destaque econômico com sua forte agroindústria. Ocupa uma extensão territorial superior a 984 Km<sup>2</sup> e tem na indústria sua principal fonte de geração de emprego.

Caçador é, culturalmente, diversificado e suas etnias produzem grande riqueza nas tradições, costumes, idiomas, gastronomia e traços arquitetônicos importantes. A memória de Caçador tem na exploração de madeira o seu grande promotor de desenvolvimento que ainda se mantém viva através das grandes indústrias, da ferrovia e do rio. Se destaca na produção da olericultura (tomate, alho e cebola principalmente), a fruticultura de clima temperado (uva, maçã, milho, feijão, pimentão e outros) e as culturas anuais de milho, feijão, batata, arroz e fumo (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019f).

Rio das Antas integra os municípios da macrorregião do Oeste e sua economia tem como base o setor da agropecuária. Com uma extensão territorial superior a 317 km<sup>2</sup>, tem na agricultura seu principal setor na manutenção da empregabilidade. A Guerra do Contestado também marcou a cidade e pode ser identificada na sua cultura, museus e monumentos históricos. O turismo religioso é outro ponto forte através de suas igrejas, capelas e templos dedicados a diversas crenças (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019g, 2019h).

Água Doce integra os municípios da macrorregião do Meio Oeste Catarinense e sua economia se baseia na agropecuária, com destaque para a

criação de bovinos, ovinos, aves e suínos, além da produção de batata, soja, milho e maçã.

Está situado a mais de 1.300 metros de altitude e com um clima e solo de características únicas. Água Doce possui vinícolas com destaque na fabricação de vinhos finos, premiados internacionalmente. A altitude também proporciona condições ideais e favoreceu a construção do maior conjunto eólico de Santa Catarina, com 109 aerogeradores, que respondem por todo o abastecimento energético do município, além de contribuir, também, para a matriz energética do Estado.

O município de Água Doce possui uma área de 1.311 km<sup>2</sup> e diversos pontos turísticos como Monumento da Imbuia, além do ecoturismo (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019).

Macieira integra os municípios da Região do Meio Oeste e tem como destaque econômico o setor agropecuário. Ocupa uma extensão territorial superior a 259 Km<sup>2</sup>, sendo a agricultura e a indústria as principais responsáveis pela manutenção da empregabilidade da população (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019).

A agricultura é o principal pilar de sua economia, tendo como destaque a produção de milho, com safra anual de 4.500 toneladas. Em segundo lugar, vem o tomate, com produção de 5.000 toneladas/ano, e o pimentão, com 2.300 toneladas/ano. Os habitantes também se dedicam à criação de suínos, aves e gado leiteiro, com produção de 1.000.000 de litros de leite anuais.

Salto Veloso integra os municípios da macrorregião Meio Oeste e se destaca, economicamente, por grandes indústrias no ramo alimentício. Também é grande produtor de suínos, contando com um rebanho efetivo de 60 mil cabeças. O gado leiteiro é a segunda maior fonte de renda, presente em, praticamente, 40% das propriedades. Outras atividades são o confinamento de gado de corte, o reflorestamento, a produção de grãos, principalmente o milho, para consumo nas propriedades em forma de silagem.

Ocupa uma extensão territorial superior a 105 Km<sup>2</sup> Salto e tem na atividade industrial sua principal responsável pela manutenção de empregos.

O município tem importantes pontos turísticos, como o Monumento do Divino Pai Eterno e o Parque do Salto (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019i).

Arroio Trinta integra os municípios da região do Meio Oeste catarinense e se destaca, economicamente, pela atividade agrícola como a produção de pêssegos. O município tem forte herança da colonização italiana. Sua extensão territorial é superior a 94 Km<sup>2</sup> e tem no setor de serviços sua principal responsável pela geração de empregos. Algumas opções de entretenimento podem ser usufruídas pelos visitantes, como a visita à Casa de Cultura, que abriga o Museu Municipal, e às grutas destinadas ao turismo religioso. Também é possível realizar voos de parapente na Rampa do Mirante (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019i).

Treze Tílias integra os municípios que fazem parte da macrorregião do Meio Oeste e se destaca, economicamente, pela presença de uma grande indústria de laticínios, gerando relevância para a atividade agropecuária. Culturalmente, Treze Tílias tem forte influência da colonização austríaca e ocupa uma extensão territorial de 186 Km<sup>2</sup>. A atividade industrial é a principal fonte de empregos, além do turismo que está presente através do Museu Municipal Andreas Thaler, que registra a colonização do município, do Parque Lindendorf, do campo de mini golfe de Treze Tílias e dos Parques do Imigrante e Águas Tirolesas (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019j).

A preservação da cultura é apresentada através da escultura mantida desde o período da colonização e celebrada, anualmente, na Semana da Escultura. A principal festa é realizada em outubro, a Tirolfest. A Casa do Artesão é outro espaço importante para a exposição dos diferentes trabalhos desenvolvidos pelos artesãos do município, além de excelentes opções na gastronomia.

Iomerê integra os municípios da macrorregião do Meio Oeste e sua economia tem como base o setor de serviços e a agropecuária. Ocupa uma extensão territorial próximo a 114 km<sup>2</sup> e tem na indústria e na agricultura os principais setores na manutenção da empregabilidade. O destaque no turismo é a Festa Julina, realizada no aniversário do município, comemorado dia 20 de julho. A pesca pode ser também uma opção de lazer (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019b).

Videira integra os municípios do Meio Oeste e possui uma extensão territorial superior a 384 Km<sup>2</sup>, se destacando, através de uma economia diversificada, no comércio, na indústria e na agropecuária. No setor primário, o destaque é a fruticultura de pêssego, ameixa e uvas, sendo a maior produtora do

estado de frutas de caroço; na pecuária, destaca-se na criação de suínos, aves e bovinos de leite; e no comércio e indústria, o forte são as cantinas de vinho, indústrias de sucos e a Empresa Perdigão, um dos maiores frigoríficos da América Latina. Videira ostenta o título de Capital Catarinense da Uva, concedido pela Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina. Culturalmente, tem forte influência da colonização italiana e alemã (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019k).

O setor de serviços é o principal responsável pela geração de empregos da no município. Como principais atrações turísticas, estão a Igreja Matriz, a Casa do Telégrafo, a Estação Ferroviária e o Monumento de Videira. O lazer ao ar livre, e o Parque do Rio do Peixe são excelentes opções, bem como a Praça Nereu Ramos. Videira também abriga o Museu do Vinho Mário de Pelegrin e o Observatório Astronômico Municipal Domingos Furlin.

Ibiam integra a região dos municípios da macrorregião do Meio Oeste Catarinense e sua economia tem como base o setor da Agropecuária. O município também tem pujante agricultura, com plantação de milho e fumo, e pecuária de gado leiteiro, aves e suínos (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019). Ocupa uma extensão territorial próximo a 147 km<sup>2</sup> e abriga somente micro e pequenas empresas que fazem alavancar sua economia. O setor de serviços se destaca como o principal setor na geração de empregos. O município não possui relevantes atrativos turísticos

Herval D'Oeste integra os municípios da macrorregião do Oeste Catarinense e sua economia tem como base o setor de serviços, se destacando no setor agrícola, sobretudo, na produção de milho, alfafa e fumo.

Com uma extensão territorial próxima a 217 km<sup>2</sup>, sua Indústria e comércio aparecem como os principais setores na manutenção do emprego. O município de Herval D'Oeste é cortado pelo Rio do Peixe. Apresenta alguns pontos turísticos relevantes elevados, ideais para momentos de observação, como o morro da Cruz, do Serrano e a Serra do Tico-Tico. Existe ainda o Morro de Sede Sarandi com altitude de 1.210 metros. A Gruta de Sede Belém é outro ponto de visitação, sendo a maior gruta em pedra de Santa Catarina com 500 m<sup>2</sup> (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019l).

Luzerna integra os municípios da região do Meio Oeste e tem como destaque econômico o setor dos serviços. O município ocupa uma extensão

territorial superior a 118 Km<sup>2</sup> e tem na indústria seu principal responsável pela manutenção da empregabilidade da população local (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019m).

Um dos principais pontos turísticos é o Museu Frei Miguel, que abriga mais de 300 peças e, por sua história se destaca, em função de está situado na região do Contestado, que foi palco de uma das mais importantes guerras ocorridas em Santa Catarina. Um fator positivo é a biodiversidade e se estima que existam mais de 130 espécies de aves na região. O Rio é outra fonte de recursos naturais e abriga mais de 32 espécies de peixes (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019m).

Ibicareé integra os municípios da macrorregião do Meio Oeste Catarinense e sua economia está voltada à agropecuária, ocupando uma extensão territorial próxima a 156 km<sup>2</sup>. O setor de serviços é o principal setor empregador de mão de obra. O município tem o título de Capital Catarinense do Rodeio. Na praça principal da cidade existe a Praça do Rodeio, com um monumento alusivo ao tema sempre presente na vida do lugar.

Joaçaba integra os municípios da macrorregião do Meio Oeste e sua economia está voltada à prestação de serviços, que é responsável pela maioria das vagas de empregos. Sua extensão territorial é próxima a 242 km<sup>2</sup>.

Um dos principais atrativos de Joaçaba é o Teatro Alfredo Sigwalt, que abriga manifestações artísticas, desde teatro, dança, grandes espetáculos musicais, além espaço para exposições e oficinas. No turismo, o destaque fica com o monumento ao Frei Bruno, considerado o 3º maior das Américas, com 37 metros de altura. A cidade é destaque na mídia por promover um dos melhores carnavais do Sul do país. Joaçaba é referência regional em eventos, contando com mais de 20 auditórios (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019n).

Tangará integra os municípios da região macrorregião do Meio Oeste e sua economia tem como base o setor da indústria. Ocupa uma extensão territorial superior a 388 km<sup>2</sup> e distante cerca de 386 km da capital, Florianópolis. A indústria aparece como o principal setor na manutenção da empregabilidade da população local. O município é o principal produtor catarinense de uvas e possui várias vinícolas artesanais, propriedades rurais abertas à visitação, pousadas e restaurantes que servem a deliciosa culinária dos imigrantes italianos. Já o Morro Agudo é outra atração de destaque. Com 1.075 m de altura, é um dos melhores

pontos do Sul do Brasil para voos de parapente e asa-delta (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019o).

#### 4.8 IMPACTOS DAS OPERAÇÕES POR *FRACKING*

O processo de exploração pelo *fracking* apresenta expressivos impactos ambientais e sociais, além de incorrer em custos em relação à sustentabilidade e ao meio ambiente de forma considerada relevante. Além dos muitos impactos que precisam ser avaliados, também é necessário levar em consideração os custos originais do processo de *fracking*, que podem ser resumidos como: consumo de água, poluição do ar, contaminação da água, uso da infraestrutura e outros (Mehany, 2016a).

A seguir, estão relacionados os principais impactos ambientais do *fracking*, dividido em áreas diferentes: consumo de água; poluição do ar; contaminação da água; uso de infraestrutura e outros itens de exposição ao risco que podem ser ampliados pelo *fracking* (Mehany, 2016).

Em relação aos impactos sobre o consumo médio de água, para o fraturamento de um poço está estimado em, aproximadamente, 6 milhões de galões (~20 milhões de litros) de água pressurizada, misturada com volumes de produtos químicos, areia e outros materiais para manter as fissuras do poço abertas para extração de gás. De acordo com um estudo da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) de 2011, aproximadamente 35.000 poços fraturados nos EUA exigiram cerca de 70 a 140 bilhões de galões de água por ano. Essa quantidade de água utilizada equivale ao total usado, anualmente, e para sustentar 40 a 80 cidades com uma população de 50.000 ou cerca de 1 a 2 cidades de 2,5 milhões de pessoas (Mehany, 2016a).

A Figura 37 mostra uma unidade de *fracking* inserida em meio à vegetação, no Estado da Pennsylvania nos EUA.

Figura 37 - Poço de *fracking* na Pennsylvania nos EUA

Fonte: Ted Auch, FracTracker Alliance, 2019. Aerial support provided by LightHawk.

Em algumas regiões com escassez de água, pode haver uma competição pelo líquido, agravando ainda mais a situação das comunidades locais (Mehany, 2016a).

Em relação à poluição do ar, o gás natural tem em sua composição, principalmente, o metano, que é mais potente que o dióxido de carbono e existe grande probabilidade de escapar para a atmosfera durante o processo de *fracking*. No ano de 2012, a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), uma instituição ligada ao governo dos Estados Unidos da América que faz parte do Departamento de Comércio dos Estados Unidos, juntamente com a Universidade do Colorado, Boulder, realizaram um estudo atmosférico na bacia de Denver-Julesburg. Na ocasião foi constatado que as empresas que operam o *fracking* deixaram escapar para atmosfera média de 4% do gás produzido (Mehany, 2016a).

Em relação à contaminação da água, se constitui em uma das questões mais debatidas e se configura como potencial poluidor da indústria de petróleo e gás. Estão entre as principais causas de contaminação da água: as falhas no revestimento dos poços ocasionando vazamento de líquidos de refluxo de

faturamento; cimentação defeituosa do poço e a possível conexão de fraturas profundas com águas superficiais

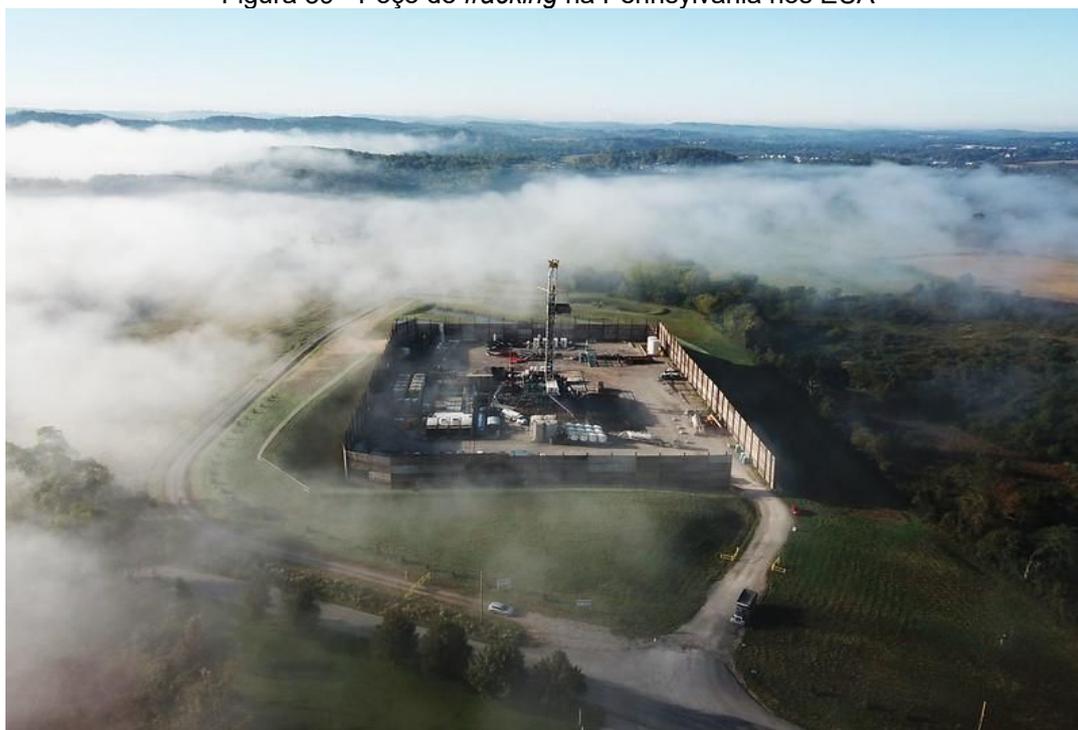
Pode ser atribuída a maior parte da contaminação da água no processo de fraturamento hidráulico a três razões relevantes: explosões acidentais, derramamentos superficiais de instalações de armazenamento e descarte inadequado de fluidos de fraturamento. Na Figura 38, é mostrada uma manifestação contra a exploração por *fracking*. Pessoas seguram uma faixa com os seguintes dizeres: “Seja o ancestral do qual seus descendentes se orgulhariam”. Na Costa Leste dos EUA houve vários casos relatados de contaminação real. Um estudo que analisou amostras de mais de 60 poços privados de água potável encontrou metano em 51 daqueles que cobrem o folhelho Marcellus no nordeste da Pensilvânia e o folhelho Utica no interior do estado de Nova York (Mehany, 2016).

Figura 38 - Manifestação contra a exploração de gás natural por *fracking* na Pennsylvania nos EUA.



Fonte: Sarah Carballo; Fracktracker Alliance, 2022

A Figura 39 mostra uma unidade de *fracking* na Pennsylvania nos EUA, sendo possível observar um grande muro em volta da unidade de exploração, demonstrando preocupação com as atividades no local.

Figura 39 - Poço de *fracking* na Pennsylvania nos EUA

Fonte: Mehany, 2016; Ted Auch; Fracktracker Alliance, 2021

Em relação aos impactos sobre a infraestrutura de uma região que abriga uma indústria de *fracking*, pode-se sugerir que seja um dos mais relevantes, subestimados e graves. Os transtornos gerados à população e à infraestrutura ocorrem durante o processo de fraturamento do poço, onde são consumidas grandes quantidades de água, produtos químicos e areia. Além disso, equipamentos pesados são transportados de suas fontes originais de extração até os locais de perfuração por um grande número de frotas de caminhões-tanque e caminhões-caçamba (Mehany, 2016a).

Esse movimento de transporte de equipamentos pesados acelera a deterioração da infraestrutura de estradas e pontes. O Departamento de Transporte do Texas (TXDOT) reportou uma estimativa preliminar de 2 bilhões de dólares em danos às estradas de escoamento de produtos rurais e locais do Texas pela atividade de perfuração, não incluindo os custos de manutenção de rodovias interestaduais e estaduais. Segundo estimativas do próprio TXDOT, são necessários 1.200 caminhões carregados para colocar um poço de gás em produção, o que equivale a um tráfego de cerca de 8 milhões de carros. Em Nova York, os impactos na infraestrutura de transporte foram estimados, preliminarmente, em 0,4 bilhões de dólares (Mehany, 2016).

No Estado da Pensilvânia, o desenvolvimento não convencional de petróleo e gás natural por *fracking* iniciou em meados dos anos 2000. Desde então, mais de 12 mil poços não convencionais foram construídos no estado e mais de 15 mil violações ambientais foram documentadas. Residentes locais relatam terem sofrido impactos significativos na saúde e danos irreparáveis nas suas propriedades (Fractracker Alliance, 2023).

Moradores locais reportam que as operações de *fracking* levaram ao declínio da qualidade do ar, à contaminação da água e do solo e a mudanças drásticas na paisagem física, além do desmatamento, fragmentação de habitats, construção de estradas e terras agrícolas danificadas (Fractracker Alliance, 2023).

A cidade de Denton, Texas, foi uma das mais impactadas pela exploração do *fracking* nos EUA: até 2014, já eram mais de 280 poços de gás ativos.

Em 1982, a empresa Mitchell Energy conectou o poço CW Slay 1 em Wise County, no Texas, aos seus oleodutos, inaugurando o início da produção de gás natural em escala comercial em Barnett Shale. Somente na virada do século 21, essa inovação tornou-se economicamente viável. Com poucos regulamentos federais e preços relativamente altos, a produção de petróleo e gás nos Estados Unidos cresceu, gerando polêmica sobre os custos e benefícios do *fracking* (Fry; Briggie; Kincaid, 2015a).

Por sua vez, dados da Secretaria de Meio Ambiente de Neuquén na Argentina informa que os incidentes ambientais em Vaca Muerta cresceram com a expansão da atividade: 863 eventos foram registrados em 2015, 868 em 2016, 703 em 2017 e 934 em 2018 (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Um relatório da Universidade Centro Nacional da Província de Buenos Aires para o Greenpeace Argentina, quanto aos impactos ambientais nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) nas operações de extração de hidrocarbonetos não convencionais de Vaca Muerta, considera diferentes cenários para as emissões nacionais. As perfurações e a movimentação do solo, juntamente com as substâncias liberadas na atmosfera pela extração de hidrocarbonetos, também são contribuintes para a degradação da qualidade do ar, impactando diretamente as populações que vivem nas proximidades de poços ou instalações de tratamento e refino de petróleo. A constante exposição a essas substâncias deixa os habitantes locais mais propensos a desenvolver doenças respiratórias e à absorção de substâncias tóxicas (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Na Tabela 6, é possível observar que no período de 2010 a 2020 foram utilizados mais de 23 bilhões de litros de água doce e, aproximadamente, 73,2 milhões de litros de aditivos químicos em Vaca Muerta, segundo informações do Ministério da Energia Federal Argentino e dos governos provinciais (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Tabela 6 - Consumo de água para a operação do *fracking*, por província, entre os anos de 2010 a 2019.

PERÍODO	CONSUMO DE ÁGUA (m <sup>3</sup> )			
	Neuquén	Río Negro	Mendoza	Total
2010	4704	-	-	4704
2011	24.124	-	-	24.124
2012	155.530	-	-	155.530
2013	688.898	18.211	-	707.108,44
2014	1.418.855	8491	-	1.427.345,67
2015	1.531.099	23.173	-	1.554.271,89
2016	2.403.351	41.987	1147	2.446.485,30
2017	4.569.968	86.919	4087	4.660.974,01
2018	4.091.748	87.409	21.107	4.200.263,81
2019	7.926.742	48.707	17.284	7.992.732,66

Fonte: Adaptado de Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a

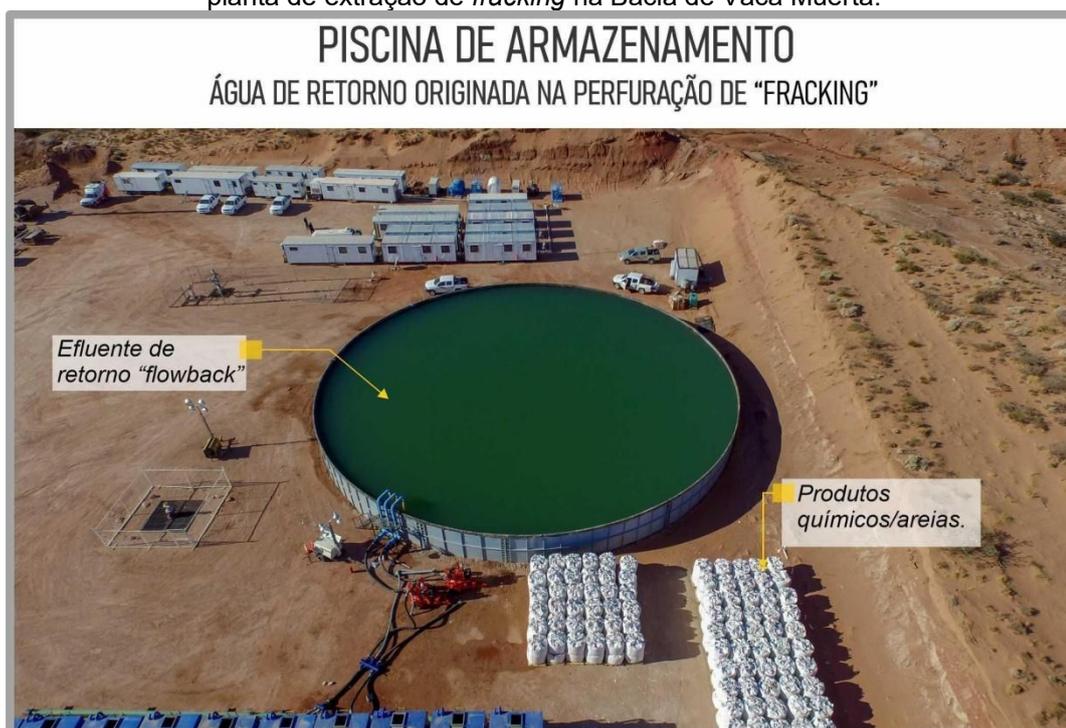
Nas operações de *fracking* em Vaca Muerta na Argentina, assim como em diversos poços de extração de gás em rochas folhelho, existem dois tipos de efluentes gerados após a fratura hidráulica, quais sejam, água de retorno e água de formação. A água de retorno, também chamada de *flowback*, é aquela que retorna à cabeça do poço em uma proporção entre 20 a 40% do total injetado. Esse volume de resíduo líquido é composto por água e substâncias tóxicas, resultantes do processo de limpeza pós-fratura. A água de formação é a que vem à superfície misturada com o refluxo. Sua proporção varia de acordo com o depósito e sua geologia depende dos processos de extração ou estimulação utilizados (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Dentre as preocupações ambientais quanto ao uso do *flowback* em Vaca Muerta, destaca-se a composição química, pois muitos dos aditivos utilizados pela indústria são tóxicos para a vida aquática e para a saúde humana. Segundo a indústria do *fracking*, esse componente constitui uma fração que varia entre 0,2 e 0,5% dos milhões de litros do volume total injetado. Outra preocupação é quanto à gestão dos efluentes manuseados na superfície do poço, a qual requer uma logística de captação na saída da boca, a instalação de elementos de proteção para evitar

acidentes na saída do poço, sua transferência, tratamento e disposição final (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

Na Figura 40, é possível observar as embalagens contendo os produtos químicos/areia a serem utilizados e efluentes de retorno em uma planta de extração de *fracking* na Bacia de Vaca Muerta na Argentina.

Figura 40 - Efluente de retorno e armazenamento de produtos químicos a serem utilizados em uma planta de extração de *fracking* na Bacia de Vaca Muerta.



Fonte: Adaptado de Freepik.com (2022)

Outra questão ligada, diretamente, aos efluentes, diz respeito à permanência no subsolo do resíduo líquido após a fratura que, em geral, é uma porcentagem maior do fluido de fratura injetado no poço. Há um consenso entre os operadores de *fracking* que indica que entre 20 a 40% do fluido de fraturamento *flowback* retorna à cabeça do poço. De acordo com os dados fornecidos pela Secretaria de Energia da Nação Argentina, sobre os volumes de água utilizados em Vaca Muerta, a produção total de *flowback* no período 2010-2019 está entre 4,9 e 9,7 bilhões de litros. As consequências ambientais no local ainda são desconhecidas, mas há possibilidade de migração desse fluido para a superfície, podendo chegar aos aquíferos (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

A indústria de extração do gás em Vaca Muerta contesta o perigo da utilização dos químicos usados como fluido nos poços locais, retratando que a

quantidade empregada é muito pequena. Essa mesma indústria evita descrever todos os químicos e mencionam apenas alguns produtos, alegando serem protegidos pelo sigilo comercial. Ainda, é desconhecida a reação dessas substâncias injetadas no subsolo, quando combinadas com as substâncias e elementos químicos presentes nas formações que fraturam. Há também alguns riscos em potencial que podem acontecer ao longo dos anos. Devido ao diferencial de pressão, parte das substâncias podem migrar por falhas para os estratos superiores e atingir os aquíferos ou ainda podem migrar através de poços abandonados de operações nas décadas de 1960 e 1970. De acordo com as informações disponíveis, as substâncias dispostas no Quadro 9 são as mais utilizadas e em volumes que podem causar danos consideráveis em caso de incidente que resulte em derramamento ou fuga para a atmosfera (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

Quadro 9 - Substâncias perigosas utilizadas no processo de fratura de poços de *fracking* em Vaca Muerta.

SUBSTÂNCIAS	DANOS													
	Pele, olhos e órgãos sensoriais	Sistema respiratório	Fígado e sist. gastrointestinal	Cérebro e sist. nervoso	Sistema imune	Rins	Sist. Cardiovascular e sanguíneo	Câncer	Mutações	Distúrbios do desenvolvimento	Distúrbios reprodutivo	Disruptor endócrino	outros	Danos ecológicos
Persulfato de amônio	x	x	x		x		x							x
Sílica cristalina, quartzo	x	x			x	x		x	x			x		
Diesel 2	x	x	x	x		x	x	x	x				x	x
Etanol (álcool acetilênico)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Álcool etoxilado	x	x	x											x
Etilenoglicol	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
Glutaraldeído	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Goma de guar	x	x			x									
Aromático pesado nafta de petróleo (solvente aromático)	x	x	x	x										
Enzima hemicelulase	x	x			x									
Metano	x	x	x	x							x			
Metanol	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Naftaleno	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Hidrodestilado leve óleo	x	x	x	x									x	x
Poli(oxi-1,2-etano-diil), alfa-(4-nonil-fenil)-omega-hidroxi	x	x	x	x		x			x	x	x		x	x
poliacrilamida	x	x	x	x										x
Carbonato de potássio	x	x	x			x	x	*						
Hidróxido de potássio	x	x	x					x	x				x	x
Carbonato de sódio	x	x	x		x		x						x	
Hidróxido de sódio	x	x	x										x	x
Persulfato de sódio	x	x	x	x	x									
Sulfonato	x	x	x											
Cloreto de amônio tetrametil	x	x	x	x			x				x		x	x
Tributil fosfato	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x

Fonte: Adaptado de Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a.

Legenda: \* Suspeita de causar um efeito adverso à saúde; \* Suspeita de promover câncer

A sismicidade é outro fator que tem sido levantado como consequência das perfurações de poços de *fracking* em Vaca Muerta. É possível que esses tipos de abalos sísmicos estejam associados à injeção de água e aditivos durante a perfuração. Isso se deve ao aumento da pressão dos poros das rochas ou à introdução de fluidos em falhas geológicas. Algumas investigações em curso não

são conclusivas quanto à causa da sismicidade, contudo evidências apontam o aumento do fenômeno em coincidência com o aparecimento de operações de fraturamento hidráulico em regiões onde nunca houve sismicidade percebida pela população. Um grupo de pesquisadores da Universidade Nacional de San Juan (Argentina) conduziram estudos com 11 sismógrafos, cujas conclusões não descartam a possibilidade de que os terremotos sejam induzidos pelo *fracking* na região.

No ano de 2015, a cidade de Sauzal Bonito registrou um terremoto de magnitude 4,2 na escala Richter. A partir de então, outros terremotos registrados na área causaram preocupação nas comunidades locais, o que gerou, em 2019, a primeira resposta institucional, que consistiu na assinatura de um convênio com o Instituto Nacional de Prevenção Sísmica (INPRES) para a instalação de mais de 20 sismógrafos projetados para detectar microssismos e localizá-los com maior precisão. Mesmo diante dos acontecimentos, até ao final de 2020 apenas dois aparelhos tinham sido instalados (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

A província de Neuquén registrou vários terremotos superiores a 4 graus, entre outros de grande magnitude. Porém, a administração da província informou que as declarações de impacto ambiental não levavam em consideração a incidência na atividade sísmica, nem consideraram o aumento desse risco em virtude da multiplicação de perfurações e fraturas, pois desconhecem estudos científicos que ligam, diretamente, a atividade sísmica com a atividade de hidrocarbonetos. Além disso, o subsecretário de Meio Ambiente da província de Neuquén reconheceu que, sem uma rede de estações sismológicas, não é possível conhecer os impactos da atividade de *fracking*.

A gestão dos resíduos na extração de hidrocarbonetos em Vaca Muerta tem sido objeto de questionamentos e gerado denúncias na Justiça Federal Argentina, por conta de incêndios de depósitos de petróleo e por uma interrogação sobre o futuro da gestão integrada de resíduos perigosos na operação, levando em conta os problemas enfrentados, não só pelas empresas de tratamento de resíduos, mas também pelas próprias empresas que extraem o gás natural e o petróleo. A perfuração de um poço de *fracking* produz resíduos, conforme Quadro 10, e que, na maioria das vezes, são gerados, ao mesmo tempo, os cascalhos de perfuração e as lamas de perfuração. Dentre esses resíduos, as mantas oleofílicas se destacam pelo

seu volume e, ao longo de uma década de atividades, a bacia de Vaca Muerta atingiu mais de 2.000 poços perfurados, cerca de 400.000 m<sup>3</sup> de lama de perfuração e gerou cerca de 1.000.000 m<sup>3</sup> de cascalhos (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

Quadro 10 - Resíduos gerados à montante na bacia de Vaca Muerta.

TIPO	RESÍDUOS PERIGOSOS	RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS
Líquidos	Óleos e lubrificantes, resíduo de reboco, água de lavagem, água de formação, refluxo, produtos químicos.	Efluentes cloacais, vasilhames e bombonas com produtos químicos.
Semisólidos	Lodo à base de óleo, corte associado, fundo de tanque, lodo à base de água contaminado por óleo, fundo de piscina e bateria, resíduos radioativos, resíduos patogênicos.	Lamas à base de água e cortes associados.
Sólidos	Terra em óleo, areia de fratura e cinzas.	Sucata de metal, plásticos, madeira, papel e papelão, produtos biodegradáveis, restos de areia de fraturamento e vidro.
Outros	Pilhas e baterias, tubos fluorescentes, isolantes elétricos, madeira, plásticos, metais, mantas oleofílicas.	Detritos e pneus.

Fonte: Adaptado de Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021

Quanto aos impactos socioambientais do projeto de operação de *fracking* em Vaca Muerta, é possível afirmar que uma série de obstáculos dificultam uma boa quantificação, contudo, de acordo com a Fundação Meio Ambiente e Recursos Naturais (FARN), pode-se observar que:

Mais de 30.000 trabalhadores diretamente envolvidos em tarefas de upstream e midstream, transporte de água, areia e substâncias químicas para locais, tarefas de serviço e reparo, extração de areia, etc. Populações localizadas na área de influência direta e indireta de extração e tratamento de óleo e resíduos sólidos, efluentes e emissões: Añelo (2.449 habitantes), Allen (27.433 habitantes), Estación Fernández Oro (8629 habitantes), Sauzal Bonito (275 habitantes) e outros. Segundo dados do censo nacional argentino de 2010. Os habitantes da Plaza Huincul (13.572) e Cutral Co (36.162), que recebem o petróleo Vaca Muerta, os resíduos tóxicos das operações de perfuração e mantas oleofílicas impregnadas com hidrocarbonetos (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

Com a ausência de um estudo prévio, é difícil indicar o impacto do *fracking* na saúde dos trabalhadores e comunidades. Contudo, doenças cancerígenas e mutagênicas foram evidenciadas, processos teratogênico, além de afecções do trato respiratório, órgãos e pele, ou ligadas ao sistema nervoso, em pessoas que

trabalham com resíduos nas operações hidrocarbonetos não convencionais, bem como naqueles que vivem próximos de instalações de tratamento, purificação e compressão de gás bruto

De acordo com Fundação Meio Ambiente e Recursos Naturais (2022).

Há também evidências de efeitos na saúde daqueles que consomem água de poços que podem ser ligados a fontes de água contaminados com hidrocarbonetos, como no Alto Valle de Río Negro, onde ocorreram com derramamentos na superfície que atingiram corpos d'água receptores. As consequências dessas doenças vão desde o nascimento com malformações até deficiências de vários tipos (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2022).

Como consequência da forte migração de trabalhadores para a indústria do *fracking*, foi observado um aumento significativo do custo de vida dos habitantes locais, que aumentou, desproporcionalmente, à sua renda, o que empobrece e deprecia a renda da população. Outros problemas, como a prostituição, o consumo de drogas, álcool, a instalação de casas de jogos e de entretenimento é outra questão preocupante, pois isso pode levar a mudanças nos hábitos de vida nessas comunidades, gerando riscos à saúde dos habitantes (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

De acordo com a Fundação Meio Ambiente e Recursos Naturais (FARN) da Argentina, outro impacto notável constatado é a fragmentação social decorrente da oposição entre produtores fruticultores e os que extraem gás e petróleo por *fracking*. Também aponta conflitos causados por derramamentos de contaminantes no solo e nos cursos hídricos, com consequente perda do uso da terra para cultivo.

#### 4.9 PERCEPÇÃO DE RISCOS DO *FRACKING*

Os riscos ambientais são inerentes ao processo de extração de hidrocarbonetos através do *fracking*. Os protestos em torno de locais de gás de xisto resultaram em uma proibição ou moratória no desenvolvimento de gás de xisto em alguns países e regiões como a Inglaterra. Os principais atores do *fracking* no planeta, atualmente, são EUA, Argentina e China.

Nos EUA, essa indústria, em geral, cresceu, apesar da oposição de comunidades e dos defensores do meio ambiente, além da proibição nos estados de Nova York, Vermont, Maryland e Washington (Tan *et al.*, 2022a).

Na China, para a produção do gás de folhelho, foram encontradas reservas recuperáveis substanciais, que aumentaram significativamente, impulsionadas por expressivos avanços tecnológicos, forte demanda por gás natural e apoio do governo Chinês. Na Europa, a extração por *fracking* tem sido lenta devido às dificuldades em conseguir o apoio popular necessário (Tan *et al.*, 2022a).

Neste contexto, a percepção de riscos desta atividade exploratória é um fator importante junto à opinião pública, principalmente considerando tecnologias controversas como a utilizada no *fracking*. Essa forma de perceber o risco pode ser considerada um fator crítico que molda atitudes e comportamentos. Portanto, para informar melhor a política de gás de xisto, é crucial entender quais riscos preocupam as pessoas e por quê.

Trabalhos da literatura sobre as percepções públicas de risco do desenvolvimento do processo de extração de hidrocarbonetos foram analisados. Um dos trabalhos de extrema relevância foi o desenvolvido por Tan *et al.*, (2022), sendo aqui dado destaque face à completude de suas informações. No referido material, os autores conceituam riscos como tendo algum elemento de incerteza e consequências indesejadas, podendo haver diferentes definições que as populações atribuem ao desenvolvimento do *fracking*. As percepções e suas caracterizações descritas pelos referidos autores estão descritas no Quadro 11.

Quadro 11 - Percepção de riscos e suas relações diretas e indiretas

PERCEPÇÃO DE RISCOS	DESCRIÇÃO
Percepção quanto aos impactos gerais	Parte dos estudos analisados relataram que o nível percebido dos impactos gerais do desenvolvimento do <i>fracking</i> foi moderado. Por exemplo, em um estudo que examinou as opiniões de uma amostra dos EUA, culminou com a percepção dos entrevistados em avaliar os riscos representados pelo <i>fracking</i> como um todo, como algo arriscado. Também são avaliados riscos específicos como ambientais, sociais, econômicos, de saúde e segurança.
Percepção quanto aos impactos ambientais	De uma forma geral, a maioria das pesquisas se concentrou nas percepções de risco ambiental do desenvolvimento do <i>fracking</i> . Alguns estudos abordaram as percepções de risco dos impactos ambientais de forma mais geral, enquanto outros se concentraram em impactos específicos. A pesquisa identificou que o público alvo tende a ficar neutro quando a abordagem é aspectos ambientais gerais. Quando o público é deparado com o questionamento sobre o nível de dano ambiental, entre os que foram afetados diretamente consideram preocupante o dano ambiental. Por outro lado, aqueles que, nos USA, têm suas terras arrendadas para as empresas de <i>fracking</i> discordam da ideia que essas técnicas causem prejuízos ambientais.
Percepção quanto aos impactos na	O impacto ambiental do desenvolvimento do <i>fracking</i> na água, especialmente no que diz respeito à quantidade e qualidade, foi um tema

<p>água</p>	<p>amplamente explorado em todos os estudos. O trabalho do autor demonstrou que a quantidade de água utilizada no processo de fratura de um poço de <i>fracking</i> foi algo muito explorado em todas as pesquisas. Pessoas que residem em lugares com dependência do lençol freático expressaram preocupações sobre a quantidade de água doce disponível para consumo e recreação, sobretudo comunidades cuja dependência da água subterrânea era maior. Além disso, o declínio da oferta dos recursos hídricos foi avaliado e associado a conflitos crescentes, com a competição entre o <i>fracking</i> e o consumo das famílias. As preocupações sobre a disponibilidade de água foram observadas em diferentes países. Dentre elas, estavam presentes preocupações com a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, águas superficiais e a água potável. Quanto à origem dessas preocupações, estão lembranças ou experiências anteriores, incluindo drenagem de mina de carvão e até experiências anedóticas anteriores. Também foram identificados medos com relação à contaminação por produtos químicos. Grande parcela do público que vive em locais próximos a locais de extração de gás de rochas folhelho expressou preocupação com o declínio da qualidade da água.</p>
<p>Percepção quanto aos impactos no ar</p>	<p>Este tipo de impacto foi também, expressivamente, manifestado como grande preocupação pelo público entrevistado, contudo houve menos manifestações que a preocupação com a água. Como preocupação quanto ao desenvolvimento da extração por <i>fracking</i>, foram percebidas como contribuintes a má qualidade do ar, como poeira nas estradas originadas pelo aumento do tráfego industrial, a queima de metano, poeira e escape de diesel de poços.</p>
<p>Percepção quanto aos impactos no solo</p>	<p>Considerado um impacto menos degradante que as contaminações da água e do ar, a contaminação do solo foi interpretada pela maioria das pessoas nas pesquisas como agente possivelmente poluidor na contaminação do solo e no declínio da sua fertilidade. As maiores preocupações relatadas incluem os impactos de resíduos despejados, ilegalmente, transbordamento de águas residuais. Foi levantado a preocupação de alguns moradores de que, uma vez que o solo seja contaminado, a recuperação pode levar muito tempo para que o solo contaminado recupere sua produtividade agrícola.</p>
<p>Percepção quanto aos impactos nas mudanças climáticas</p>	<p>Em geral, a exploração do gás através do <i>fracking</i> para mudança climática não foi percebida como uma questão importante pelos entrevistados nas regiões onde as operações de gás nos EUA e residentes em outros países como a Turquia</p>
<p>Percepção quanto aos poluição sonora e poluição luminosa</p>	<p>A poluição sonora e luminosa foi identificada como uma questão problemática percebida pelos residentes na região de Barnett nos EUA. Também, boa parte dos entrevistados na região de Haynesville, no noroeste da Louisiana, entende que o barulho e as luzes afetam sua qualidade de vida. Os moradores apontaram o aumento do tráfego das operações da plataforma de perfuração e as luzes dos equipamentos à noite para atividades de construção, algo que os incomoda.</p>
<p>Percepção quanto aos impactos ecológicos e estéticos</p>	<p>A exploração do hidrocarboneto através do <i>fracking</i> foi percebido como algo nocivo à vida selvagem e seus habitats naturais. As alterações negativas no ambiente estético e mudanças na paisagem natural foram percebidas como negativas. Os entrevistados explicaram esse entendimento negativo em função da possibilidade do despejo ilegal de resíduos, mostrando suas preocupações com a perda da vida selvagem e da floresta, assim como a possível interferência na reprodução e migração de animais e aves. A percepção dos moradores, pesquisados elevaram essas preocupações com impactos no turismo local. Parte dos entrevistados eram alunos e estes pertencentes à Pensilvânia expressaram</p>

	preocupação sobre a fragmentação da terra por campos de perfuração e construção de oleodutos.
Percepção quanto a Sismicidade induzida	A sismicidade induzida foi outro problema ambiental preocupante. Alguns entrevistados expressaram sua baixa aceitação para com a operação das operações de <i>fracking</i> baseado em suas experiências com tremores durante o processo de exploração. Especificamente, moradores de Los Angeles listaram os terremotos como sua principal preocupação, sugerindo uma ligação entre a história local de terremotos e o risco percebido de sismicidade. A preocupação com a sismicidade induzida variou entre os estudos e regiões.

Fonte: Tan *et al.*, 2022

Quanto à percepção sobre sismos, é possível afirmar que houveram relatos observados como a seguir.

Entre as 35 partes interessadas na região de Haynesville Shale, 10 mencionaram o potencial de terremotos devido ao desenvolvimento de gás de xisto [40]. Entre as 361 partes interessadas e impactadas de 24 estados dos EUA, 66 mencionaram terremotos [50]. Aproximadamente 40,4% do público do Reino Unido estava preocupado com o risco de terremotos devido ao fracking de gás de xisto (Tan *et al.*, 2022a).

Ainda no trabalho desenvolvido por Tan *et al.*, (2022), as percepções de riscos e suas caracterizações diretas e indiretas estão descritas no Quadro 12, onde há uma correlação com os temas sugeridos.

Quadro 12 - Percepção de riscos e suas relações diretas e indiretas, com correlação direta com os temas sugeridos

<b>PERCEPÇÃO DE RISCOS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Percepção quanto aos impactos sociais	Os impactos sociais se mostraram presentes na pesquisa e preocupam os entrevistados que alegaram que as regiões poderão ter problemas ligados ao rápido crescimento populacional, impactos na identidade da comunidade e no modo de vida rural, tensão nas relações sociais e aumento das desigualdades.
Percepção quanto ao rápido crescimento populacional	Muito embora a exploração do <i>fracking</i> traga rápido desenvolvimento, evitando a imigração, auxiliando na criação de empregos, também houve preocupações sobre uma série de problemas associados ao rápido crescimento populacional, devido ao influxo de recém-chegados.
Percepção quanto à escassez de habitação	A disponibilidade insuficiente de moradias foi percebida como sendo resultado do rápido aumento da população. Nas áreas rurais, as moradias locais foram percebidas como insuficientes para abrigar os recém-chegados. Os entrevistados reclamaram que a habitação é insuficiente, uma vez que as cidades não estavam preparadas para a chegada de um número tão intenso de trabalhadores. Enquanto os recém chegados podiam pagar aluguéis mais caros, os residentes locais, com renda inferior, tiveram dificuldades em encontrar casas com valores de aluguéis acessíveis, principalmente nas áreas diretamente afetadas pelas perfurações. A escassez de moradias foi vista como um fator inflacionário e responsável pelo aumento dos preços dos aluguéis.
Percepção quanto aos serviços públicos	A pressão sobre os serviços públicos locais não foi percebido como um problema importante, exceto por aqueles entrevistados que residiam em áreas com intensas atividades de perfuração. Mesmo assim, a tensão nos

	<p>serviços públicos locais foi percebida como outro problema resultante do crescimento da população, devido ao desenvolvimento da exploração do <i>fracking</i>. Alguns moradores relataram uma preocupação com o aumento da população em comunidades onde a extração de gás estava ocorrendo. Esse acréscimo de demanda ultrapassou o crescimento dos investimentos em serviços públicos, sobrecarregando assim as comunidades locais e seus recursos.</p>
<p>Percepção quanto aos danos nas vias públicas</p>	<p>A exploração do <i>fracking</i> foi percebido pelos pesquisados como responsável pelo aumento da pressão na infraestrutura local, em especial sobre as estradas, devido ao aumento do tráfego de caminhões pesados. Os principais problemas observados foram: estradas danificadas, fechamento de estradas durante os reparos e desgaste excessivo nas vias públicas.</p>
<p>Percepção quanto ao aumento da taxa de criminalidade e outros comportamentos inadequados</p>	<p>Alguns problemas que surgiram com a chegada da indústria do <i>fracking</i> e relatados foram: falta de respeito às leis, o aumento da taxa de criminalidade, uso de drogas ilegais e prostituição. A violação da lei local pelos imigrantes foi percebida como a violação mais importante. Segundo alguns moradores, essas infrações foram responsáveis pelo aumento em acidentes de trânsito e fatalidades como consequência do descumprimento por parte dos motoristas de caminhão. O aumento da taxa de criminalidade veio em segundo lugar e foi mencionado como um dos impactos sociais negativos associados ao desenvolvimento da indústria do <i>fracking</i>. Contudo, esse aumento não foi identificado por evidências. O uso de drogas ilegais e a prostituição foram identificados, pelos entrevistados, como responsáveis pelo aumento nas atividades relacionadas a drogas, álcool e gangues seria uma relação direta e mais provável devido ao rápido aumento de recém-chegados.</p>
<p>Percepção quanto aos impactos no caráter comunitário e no modo de vida rural</p>	<p>A chegada do <i>fracking</i> não mudou apenas a paisagem natural, mas também os atributos sociais das localidades, ou seja, o caráter da comunidade. A ruralidade era vista como uma identidade comunitária. Foi percebida pelos entrevistados um impacto no sentimento de pertencimento. Os residentes locais acreditavam que suas comunidades estavam, aos poucos, perdendo a paz e a tranquilidade, e os moradores nativos eram privados de privacidade e de um senso de lugar. Houve reclamações que os recém-chegados não respeitavam seu modo de vida local e se comportavam de maneira socialmente indesejável, segundo seus preceitos locais e alguns entrevistados relataram que o rápido influxo de pessoas seria responsável pela interferência direta com seu senso de paz e Liberdade.</p>
<p>Percepção quanto às tensões nas relações sociais</p>	<p>A entrada da indústria do <i>fracking</i> foi interpretada como responsável pelas tensões nas relações sociais, não apenas entre os recém-chegados e os locais, mas também entre os moradores locais que se beneficiam muito do desenvolvimento do gás de xisto e os locais que não. As tensões observadas entre os recém chegados e os moradores locais surgiram, principalmente, de interesses conflitantes e diferenças culturais. Os moradores locais percebiam os proprietários de direitos minerais, empresas de gás e seus funcionários como os únicos a serem beneficiados com a exploração mineral do gás, enquanto eles próprios eram impactados de forma negativa com os valores de propriedade mais depreciados e os preços crescentes nas localidades. Alguns moradores também levantaram a questão sobre o valor justo dos contratos de arrendamento. Outras questões foram levantadas pelos moradores como: alegações de que as empresas não cumpriam suas promessas com relação à reparação dos danos sofridos e não compensaram adequadamente os direitos minerais; alguns acusaram as empresas de usarem as informações de forma</p>

	<p>assimétrica para tirar vantagem dos proprietários de terras; moradores locais acreditavam que as empresas contratavam mais trabalhadores de fora da região do que locais que acabavam por ser elegíveis apenas empregos de baixa qualificação; as tensões desencadearam debates sobre os custos ambientais, de saúde e sociais que acabavam por serem suportados apenas por aqueles que não se beneficiaram, diretamente, da presença da indústria do <i>fracking</i>; as diferenças culturais dos recém-chegados com o modo de vida dos locais; tensão entre aqueles que optaram por arrendar suas terras para empresas de <i>fracking</i> e aqueles que não o fizeram; crises crescentes também foram observadas entre aqueles moradores que optaram por assinar o contrato antecipadamente e os que assinaram mais tarde, em alguns casos com indenizações maiores; alguns entrevistados relataram que as receitas geradas pelas explorações do <i>fracking</i> alocadas para reparos de estradas apenas privilegiam certas áreas, em detrimento de outras.</p>
Percepção quanto aos impactos na propriedade	<p>Quanto aos impactos negativos causados à economia local, pode se citar a queda no valor da propriedade e nas indústrias existentes. A poluição do ar e da água foram percebidos como as principais fontes causadoras de danos aos animais. Foram observados problemas de reprodução em gado e animais de estimação expostos a água contaminada de poços e rios ou fluidos de fraturamento, a morte e incapacidade de gado que bebeu água contaminada especialmente em regiões em que o gado e as aves eram as principais fontes de renda. Um fator de percepção interessante aconteceu no quesito valor de imóveis. Para aqueles que residiam próximos do local de exploração percebiam negativamente a valorização do seu imóvel e, ao contrário, para aqueles que vivem longe dos locais de extração de gás de xisto expressaram a expectativa de um aumento nos valores dos imóveis.</p>
Percepção quanto aos impactos nas indústrias existentes	<p>A grande expansão da indústria do <i>fracking</i> foi vista pelos entrevistados como prejudicial a outras indústrias, como o turismo e agricultura devido à deterioração da qualidade ambiental (por exemplo, perda de vida selvagem). Outros proprietários de terras expressaram sua preocupação com os impactos na agricultura como resultado da competição pelo uso da terra, além do impacto da poeira no rendimento das colheitas. Alguns residentes locais na China estavam preocupados com as possíveis perdas associadas à mortandade de peixes, que provavelmente teria como resultado o vazamento de águas residuais nos viveiros existentes na região.</p>
Percepção quanto aos impactos percebidos na saúde	<p>As percepções de risco do desenvolvimento da exploração do <i>fracking</i> na saúde de humanos foram observados em todos os estudos. Alguns riscos incluem estresse, depressão e ansiedade. Outros riscos identificados foram os impactos nos sistemas respiratório superior, gastrointestinal, dermatológico, vascular, reprodutivo, pulmonar, endócrino, urinário, cardíaco, nervoso central, muscular, esquelético e imunológico, bem como câncer, queimação nos olhos, dores de cabeça, náuseas e dificuldade reprodutiva. Os riscos citados foram supostos por aqueles que suspeitam ter sido afetados pelo desenvolvimento da indústria do <i>fracking</i> e por mulheres que experimentaram desafios reprodutivos. Outros entrevistados disseram que sabiam que havia riscos à saúde, mas não souberam descrever quais eram exatamente. Alguns entrevistados tendiam a atribuir as causas dos riscos à saúde à poluição ou fontes de poluição como à poluição da água, ar, solo, ruído e/ou luz. Foram citadas algumas fontes de poluição como a causa, incluindo poços de descarte de águas residuais, despejo e vazamento de águas residuais, inundações de poços, e até mesmo viver próximo a operações de <i>fracking</i>.</p>
Percepção quanto aos impactos na saúde animal	<p>A percepção dos moradores da região de Marcellus acreditavam que seu gado foi afetado pelo desenvolvimento do <i>fracking</i>. Outra parte dos entrevistados da região de Haynesville identificaram que a vida selvagem</p>

	estava ameaçada. Como fator principal de contaminação e causa de danos aos animais estão a poluição do ar e da água. Na África do Sul, os entrevistados acreditavam que o gado ficaria doente ao beber água poluída pelo <i>fracking</i> .
Percepção quanto aos riscos de segurança	Quanto à percepção de riscos de segurança, dois foram observados: o aumento do tráfego de motoristas imprudentes e vazamentos de gás e explosões.
Percepção quanto ao aumento do tráfego e motoristas imprudentes	O processo produtivo de um campo de <i>fracking</i> envolve o consumo de um grande volume de água e aditivos, sendo que parte desses líquidos são descartados. Todo material líquido é transportado, principalmente, por caminhões. O público entrevistado percebeu que o acréscimo de tráfego nas estradas locais gerou também um elevado número de imprudências motoristas de caminhão elevando os riscos dos usuários.
Percepção quanto aos vazamentos e explosões de gás	Apesar da baixa probabilidade da explosão em unidades de <i>fracking</i> ocorrer, um dos principais riscos observados por moradores foi justamente esse, principalmente por pessoas que residiam próximas aos locais de exploração. As pessoas se preocupavam com as possíveis consequências de possíveis vazamentos de gás e explosões. Fatores que influenciam as percepções de risco: Os principais fatores que influenciam as percepções de risco do desenvolvimento do <i>fracking</i> podem variar de acordo com contexto e realidade do local, o estágio de desenvolvimento da planta de exploração, o nível individual e a demografia. Fatores contextuais: Os fatores contextuais que influem na percepção de riscos podem envolver temas como a localização geográfica da planta de exploração do <i>fracking</i> , o estágio em que se encontra a exploração do gás, o desenvolvimento do processo, a história da extração no período, a cobertura da mídia e transparência sobre o assunto e de como ele é tratado, a capacidade de resposta do governo local. Localização geográfica: A percepção de riscos foi diferente em todas as regiões pesquisadas. No Reino Unido os entrevistados estavam mais propensos a associar impactos negativos com o desenvolvimento da indústria do gás do que pesquisados nos EUA. Segundo a pesquisa, as localizações geográficas em que se encontra localizado o poço de <i>fracking</i> podem diferir em dimensões sociais, econômicas e culturais, bem como no ritmo de desenvolvimento do gás. Estágio do desenvolvimento do gás: Observou-se que o estágio de desenvolvimento da planta de <i>fracking</i> influencia as percepções de risco. Este estágio se concentra em duas dimensões do desenvolvimento: o nível de maturidade e o nível de intensidade, que influenciam tanto no tipo de risco percebido pela população pesquisada quanto no nível de percepção do risco. Poços de exploração, cujo nível de instalação do poço é considerado maduro, tiveram manifestações de pesquisados que expressaram preocupações sobre saúde e segurança associadas à colocação de poços de injeção para descarte de salmoura. Por outro lado, onde as atividades de exploração e produção estavam no início, não relataram preocupações semelhantes. O nível de percepção de risco varia entre regiões com diferentes níveis de maturidade no desenvolvimento da planta. Verificou-se que o nível de percepção de risco está associado ao nível de intensidade no desenvolvimento apenas não ficando claro a correlação e se ela é positiva ou negativa. Fatores de nível individual: Fatores como idade, gênero e etnia também influenciam nas percepções de risco do desenvolvimento de gás de xisto. Quanto a idade, a pesquisa observou que pessoas mais velhas relataram níveis mais baixos de preocupação, ao contrário pessoas mais jovens demonstram mais preocupação. Quanto ao gênero os homens geralmente expressaram níveis mais baixos de percepção de risco do que as mulheres e quanto a etnia os não-brancos expressaram mais preocupação com a qualidade ambiental associada ao desenvolvimento do <i>fracking</i> . Experiência pessoal:

	Quanto à experiência pessoal observou-se que ela pode ser amplificadora ou um atenuador das percepções de risco a depender da experiência do entrevistado. Experiências negativas com perigos naturais aumentou os níveis de percepção de risco. Ao contrário, as experiências positivas dos indivíduos com a indústria do <i>fracking</i> atenuaram as percepções de risco.
--	--

Fonte: Tan *et al.*, 2022

Constata-se, portanto, que são diversas as abordagens que estão envolvidas na análise de percepção de riscos decorrentes desta técnica de exploração em estudo. Estes aspectos são de extrema relevância e serviram de base para os resultados de percepção de riscos analisados nesta dissertação, os quais serão apresentados nas seções que se seguem.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção descreve, analisa e discute os resultados obtidos na etapa dos estudos preliminares de percepção de potenciais riscos socioeconômicos e ambientais decorrentes da exploração de gás em rochas folhelho, através da técnica do fraturamento hidráulico nos Estados Unidos, em Huambo (Angola) e no Estado de Santa Catarina (Brasil).

Estes estudos foram feitos por meio de diferentes estratégias, como visitas *in loco*, conversas informais e registros fotográficos realizados pelo pesquisador, além da comparação com a literatura apresentada no Referencial Teórico (Seção 4).

O primeiro território a ser abordado na pesquisa foi o berço do *fracking* no mundo, que são os Estados Unidos da América. No país, esta técnica foi iniciada há mais de 150 anos e, atualmente, possui o maior número de poços ativos, de um total estimado em 1,3 milhão de instalações de petróleo e gás. Neste sentido, é imprescindível entender como os seus habitantes percebem os impactos desta operação em seu dia-a-dia e como as suas consequências afetam a suas vidas (Fractracker Alliance, 2016a).

O país de Angola foi o segundo território a ser abordado nesta Dissertação. Conforme já descrito, a Universidade Federal de Santa Catarina possui intensa cooperação com instituições de ensino e pesquisa do referido país, inclusive sobre a temática desta investigação. Além disso, Angola tem avançado em sua legislação na intenção de explorar suas reservas de gás natural através do *fracking*, sendo que, assim como o Brasil, ainda não possui poços em operação.

O terceiro território analisado foi o Estado de Santa Catarina que, assim como o Brasil, ainda não possui poços de exploração ou exploração de gás natural através da técnica do *fracking*. Contudo, há intenção do Governo Federal em oferecer áreas no país para exploração, como já mencionado nesta dissertação e descritas em documentos emitidos pela ANP. O autor deste estudo identificou os municípios, possivelmente, impactados e que fazem parte de um mapeamento disponível em edital de ciclo de ofertas permanentes, principal modalidade de licitação realizada para exploração e produção de petróleo e gás natural no Brasil e,

recentemente, realizado em 13/12/2023, no 4º ciclo de ofertas permanentes de concessão (OPC).

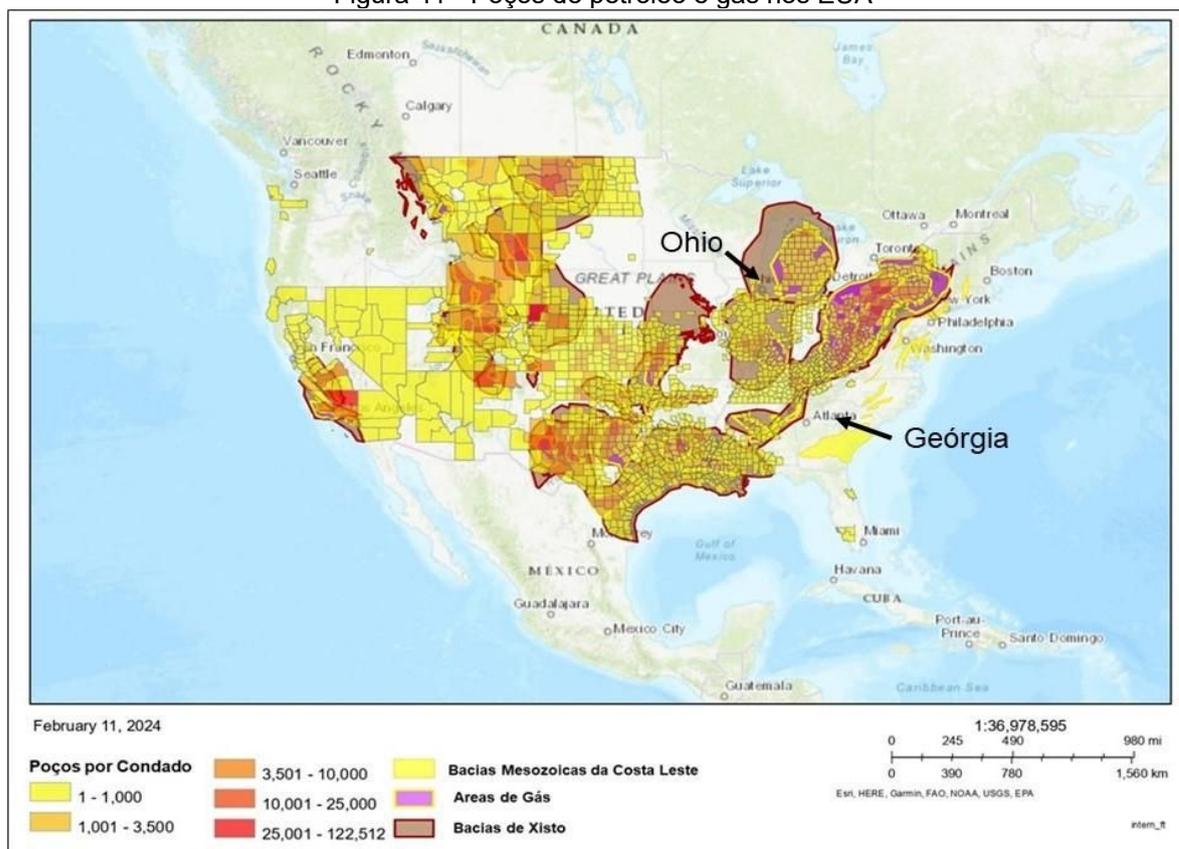
## 5.1 ESTUDOS E PERCEPÇÃO DE RISCOS NOS EUA

Os Estados Unidos é, atualmente, o país com o maior avanço na exploração, no desenvolvimento e na produção de reservas não convencionais de gás extraídos por *fracking* (Lage *et al.*, 2013). O país americano iniciou a produção de extração de gás natural por *fracking* há algumas décadas, mas foi a partir da primeira década dos anos 2000, que ocorreu a sua expressiva expansão, crescendo cerca de 45% ao ano entre 2005 e 2010, atingindo 141 bilhões de metros cúbicos (bcm) (Lage; Processi; Souza; Dores; Galoppi, 2013).

Levando em conta a importância americana nesse contexto, esta pesquisa procurou, preliminarmente, obter uma melhor compreensão de como os norte-americanos percebem os riscos desta atividade. Também se procurou analisar algumas preocupações sobre os potenciais riscos ambientais da exploração do *fracking*, especialmente dos residentes dos Estado da Geórgia e de Ohio.

Para tanto, conforme descrito na seção da Metodologia, o autor da presente pesquisa efetuou uma viagem àquele país, com vistas a explorar os riscos percebidos e associados ao desenvolvimento de gás de xisto. Foi feita visita na Geórgia, um Estado, aparentemente, sem as reservas de gás de folhelhos, e no Estado de Ohio com intensa atividade de *fracking*, conforme constatado na Figura 41 (Fractracker Alliance, 2016a).

Figura 41 - Poços de petróleo e gás nos EUA



Fonte: Adaptado de Esri, [s.d.].

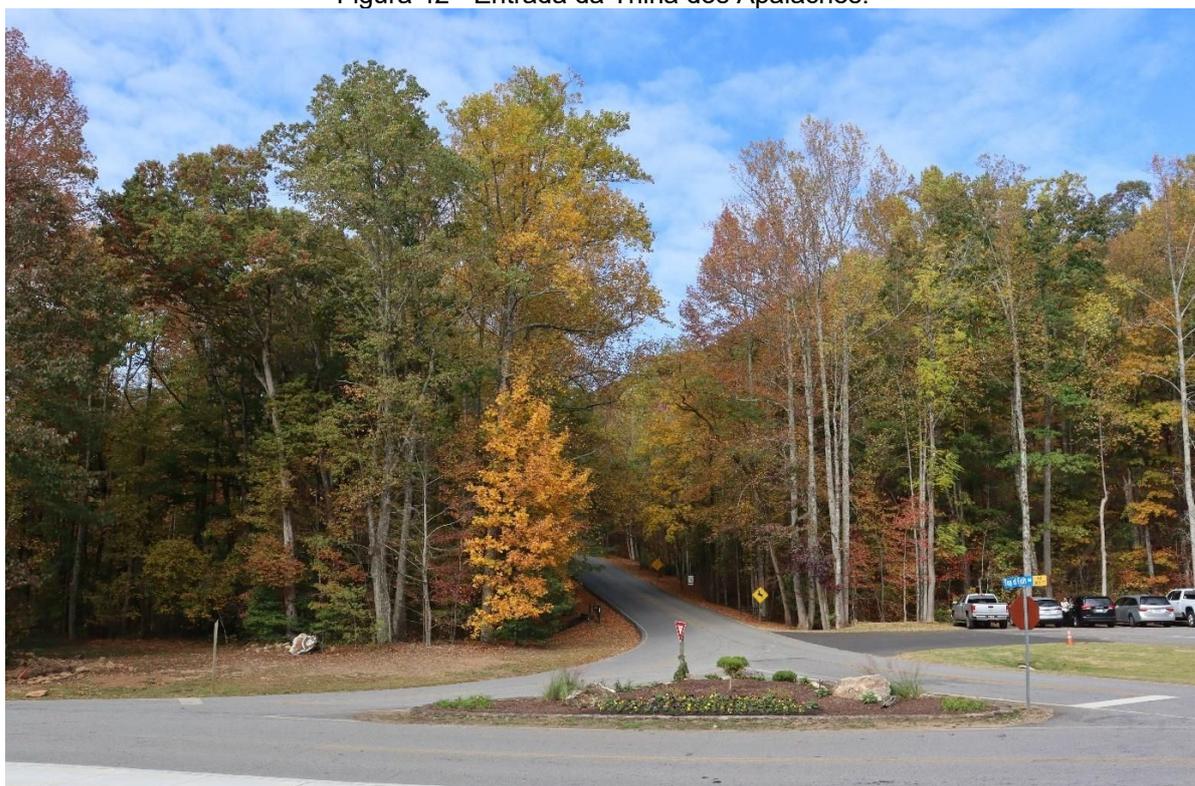
Para um melhor entendimento de como os residentes locais compreendem a exploração por *fracking* e suas consequências em seu território, foi necessário realizar o percurso por via terrestre e com foco em elementos visuais, percebendo a paisagem e o modo de vida.

O primeiro Estado a ser investigado foi a Geórgia e consistiu em abordar alguns cidadãos americanos, natos, por alguns dias visitando lugares que estes julgaram importantes para a manutenção de seu modo de vida.

A Trilha dos Apalaches (Figuras 42, 43 e 44) foi o primeiro destino. Esse atrativo turístico e ambiental compreende um total de 2.193,1 milhas em 14 estados e atrai mais de 3 milhões de visitantes a cada ano (Appalachian Trail Conservancy, 2023).

Nessa trilha, muitas famílias fazem o percurso ao menos uma vez ao ano e consideram importante para as crianças, além da busca pelo equilíbrio para a vida.

Figura 42 - Entrada da Trilha dos Apalaches.



Fonte: do autor

Figura 43 - Cachoeira do parque de Dawsonville, GA.



Fonte: do autor

Figura 44 - Mirantes da Trilha dos Apalaches.



Fonte: do autor

Ainda no Estado da Geórgia, moradores apontam para riqueza hidrográfica como algo importante para a comunidade e fazem questão de valorizar o Mary Alice Park Beach (Figura 45), localizado na cidade de Cumming. O lago é, frequentemente visitado, principalmente por idosos e jovens.

Figura 45 - Alice Park Beach.



Fonte: do autor

Pessoas de diversas comunidades de Cumming relatam que a região é muito calma e que imigrantes a buscam por tranquilidade e saúde. Atualmente, existem muitas casas abandonadas deixadas por pessoas que faleceram ou perderam o interesse por residir ali. Por outro lado, há relatos que, há alguns anos, pessoas estão vindo morar em grandes condomínios. As propriedades, antes abandonadas, estão se tornando gigantescas estruturas urbanas.

Também há agricultores em propriedades no interior que plantam vegetais sem agrotóxicos e criam vacas para produção de leite. O sistema consiste no cliente ir até a fazenda e encher sua própria vasilha com o produto. Não há ninguém para atender e o comprador, simplesmente, deixa sua garrafa vazia e leva uma cheia e paga por sistema eletrônico.

Alguns proprietários, questionados se têm conhecimento do que é a exploração por *fracking*, afirmam que sim. Alguns sentem medo de que essas empresas cheguem até Cumming. Temem por suas terras e a contaminação de seus rios e riachos.

A organização não governamental *Fractracker* afirma que não existe, ao certo, o número de quantos poços de *fracking* possam existir, atualmente, nos EUA, mas que há expectativas de que grande parte desses poços possam estar

espalhados por milhares de quilômetros de tubulações pelo país, atendendo uma demanda interna, cada vez mais crescente nos estados americanos (Fractracker Alliance, 2016).

Na sequência da viagem, já ao norte do país, no Estado de Ohio, foi cumprida a última etapa do cronograma.

Ohio é um estado altamente industrializado que possui recursos naturais em abundância. O nome do Estado é em homenagem ao rio que forma sua fronteira sul, uma região reconhecida por grandes lagos. Ohio é apontado como o décimo maior produtor de gás natural do país. O estado atende cerca de 5% da produção dos EUA e possui cerca de 5% das reservas de gás natural do país (United States; U.S. Energy Information Administration, 2023).

Segundo dados da *US Energy Information Administration (EIA)*, as retiradas brutas de gás natural por *fracking* atingiram um pico de 2,65 bilhões de pés cúbicos em 2019 (United States; U.S. Energy Information Administration, 2023).

A primeira parada foi no *Orton Geological Museum* (Figura 46), situado no Campus da *Ohio State University* em Columbus. O principal objetivo foi entender a geologia da região e como ela se formou, dando origem às jazidas sedimentares, atualmente explorados como campos de extração de gás natural.

Figura 46 - Fachada do museu *Orton Geological Museum*.



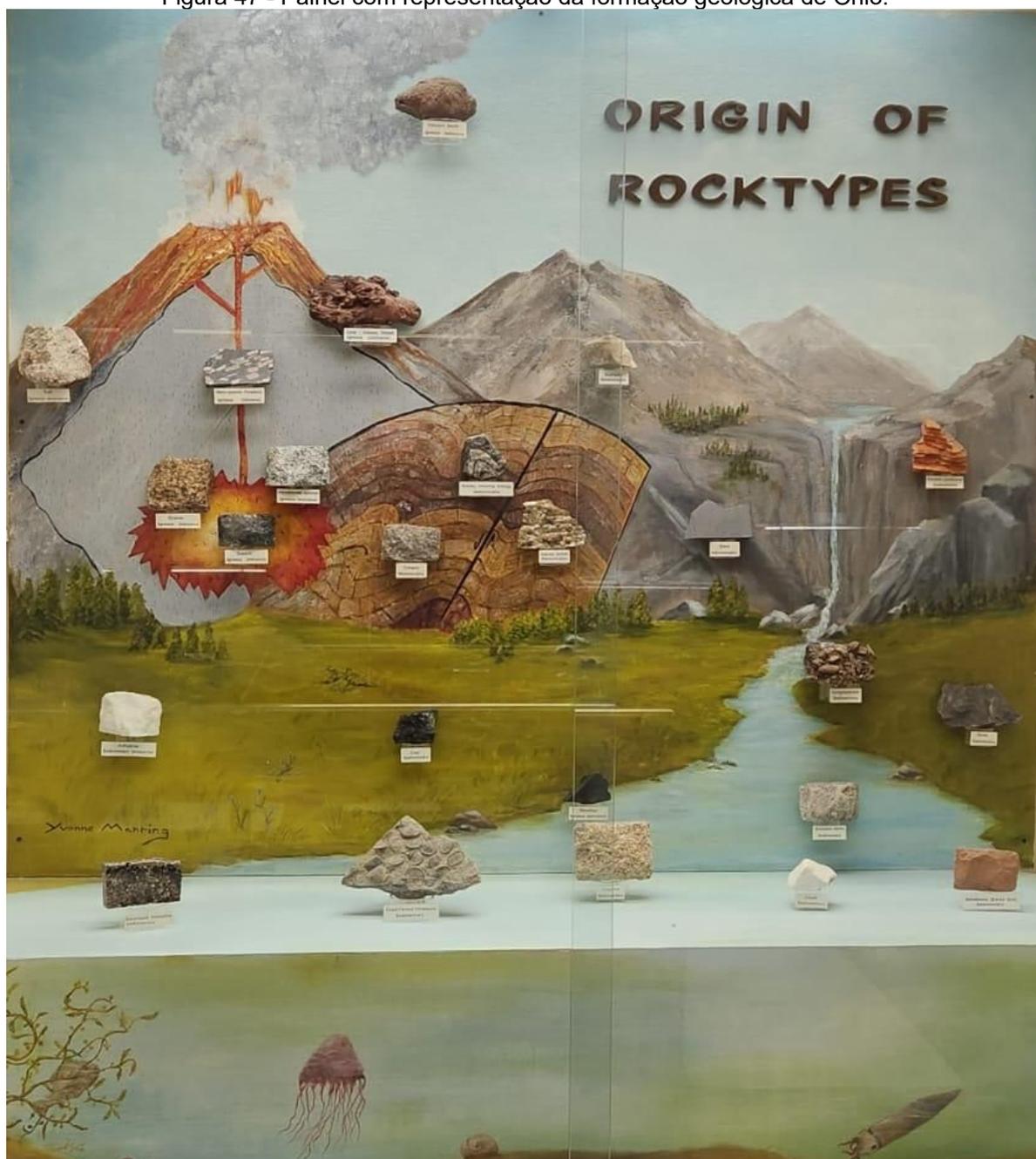
Fonte: *Orton Geological Museum*.

*Orton Hall* é um dos imóveis do campus da *Ohio State University* e foi edificado em 1893 e está no Registro Nacional de Locais Históricos dos EUA. O prédio foi construído para abrigar o Museu Geológico Orton, a Biblioteca Universitária, salas de aula e escritórios, sendo o primeiro edifício erguido em Ohio para abrigar um museu (United States; U.S. Energy Information Administration, 2023).

O acervo que formou o núcleo do Museu Geológico de Orton foi montado já a partir de 1874 e a coleção do Museu Geológico de Orton contém mais de 57.000 peças de rochas, minerais e fósseis catalogados (United States; U.S. Energy Information Administration, 2023).

A coleção do Museu Orton é o repositório de mais de 7.000 tipos de fósseis com nomes e exemplares ilustrados de fósseis. São cerca de 500 exemplares expostos na Galeria do Museu (Figuras 47 e 48). Também estão presentes inúmeros artigos de pesquisa e mais de 50 Teses e Dissertações (United States; U.S. Energy Information Administration, 2023).

Figura 47 - Painel com representação da formação geológica de Ohio.



Fonte: do autor

Figura 48 - Painel: fósseis da formação geológica de Ohio.



Fonte: do autor

Na sequência da viagem, procurou-se encontrar alguns campos de exploração de *fracking* inativo e para isso foi definida a cidade de Dublin. A escolha dos locais, como apontado na seção da Metodologia, foi com base em dados geográficos disponibilizados pela organização não governamental Fracktracker.

O percurso foi realizado com o auxílio de moradores locais. Infelizmente, não houve acesso ao interior das propriedades, pois havia a necessidade de pré agendamento, o que não foi previsto no planejamento. Os moradores locais não têm o hábito de receber visitas sem que para isso haja um prévio contato.

No meio rural não há facilidades em realizar abordagens, a exemplo de uma casa situada em área urbana, onde existe uma campainha. As casas e instalações nos campos são afastadas do acesso principal e como os EUA é um país armamentista existe o risco de algum incidente.

Contudo, os lugares previamente definidos foram visitados, mas como os poços estavam localizados no interior da propriedade, não foi possível registrar as tubulações ou a paisagem.

Anteriormente à viagem, foi buscado o contato com empresas que realizam trabalhos de extração de gás na região, mas nenhuma delas forneceu autorização para entrevistas ou visitas.

A Figura 49 apresenta os registros dos acessos de alguns poços de exploração de *fracking* inativos visitados.

Figura 49 - Acesso a poços de exploração de *fracking* inativos em Ohio.



Fonte: do autor

Para melhor perceber como parte da sociedade americana residente no Estado de Ohio se posiciona quanto à exploração do *fracking*, buscou-se encontrar fontes de informações sobre o assunto durante o período da visita exploratória em Dublin. A percepção foi clara de que grande parte da sociedade residente aprova a exploração e são contra a ideia das energias renováveis.

O Escritório Agrícola, Extensão da Universidade Estadual de Ohio publicou em seu *site* em janeiro de 2023, uma decisão do Ohio Power Siting Board (OPSB) que negou um pedido de projeto solar no Estado de Defiance, devido à oposição geral de cidadãos locais e órgãos governamentais contra o projeto. Isto demonstra que a energia solar em Ohio continua a encontrar oposição das comunidades locais (Hall, 2023).

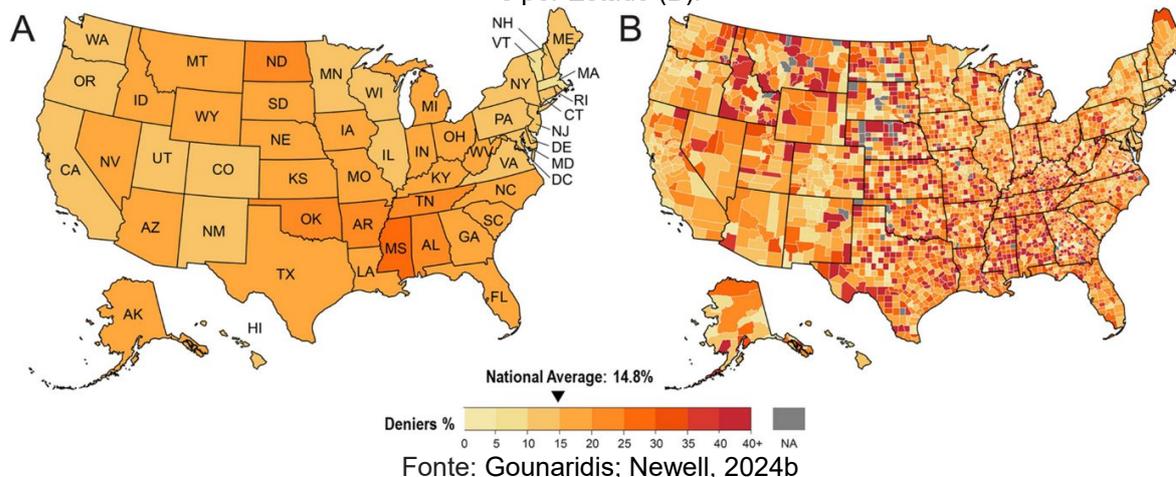
Por outro lado, a Comissão de Gestão de Terras de Petróleo e Gás em Columbus, Ohio, em 15 de novembro de 2023, votou pela exploração por *fracking* em vários parques estaduais e áreas de vida selvagem para petróleo e gás. A decisão foi tomada por uma comissão governamental, apesar de uma investigação sobre alegações de possível apoio de um grupo industrial que representa empresas de energia.

Preliminarmente, teve-se a impressão de que grande parte da sociedade de Ohio não procura saber como é gerido o controle de produtos químicos na indústria de *fracking*. Essa falta de preocupação pode levar à exposição de produtos químicos tóxicos utilizados secretamente na perfuração do *fracking*. Isto estaria acontecendo através de múltiplos caminhos, como vazamentos, derramamentos, emissões atmosféricas e migração subterrânea na produção de petróleo e gás (Horwitt, 2019).

Há sérias informações divulgadas pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), que indicam que estes produtos químicos podem ter efeitos graves para a saúde, como a toxicidade sanguínea, toxicidade para o desenvolvimento, toxicidade hepática e de neurotoxicidade (Horwitt, 2019).

O modo de vida do cidadão residente nos EUA, especialmente no Estado de Ohio, é diferenciado e propicia a seus habitantes uma certa riqueza. O PIB de Columbia, OH foi medido no ano de 2022 pelo US Bureau of Economic Analysis dos EUA em 45.189 dólares. Assim, foi percebida uma relação com a falta de urgência no combate às mudanças climáticas na visão de parte da população dos EUA. Esse retrato negacionista do clima foi mensurado em trabalho da literatura e 14,8% dos americanos, realmente, não acreditam que as alterações climáticas sejam reais, conforme Figura 50 (Gounaridis; Newell, 2024a).

Figura 50 - Anatomia do negacionismo das mudanças climáticas nos Estados Unidos, por estado (A) e por Estado (B).



A negação com relação aos efeitos das mudanças climáticas nos Estados Unidos existe e as estimativas variam entre 12% e 26% da população. Essa percepção negacionista se mostra mais aprofundada em alguns estados e regiões. As razões para esta negação são muitas e vão desde a afiliação política, ideologia, remuneração salarial, educação e exposição a fenômenos climáticos extremos. Esse sentimento de não aceitação na mudança do clima é mais prevalente nas economias onde há intensa dependência dos combustíveis fósseis, nas comunidades rurais e nas populações onde a desconfiança na ciência é evidenciada (Gounaridis; Newell, 2024a).

A negação climática é mais elevada na parte Central dos EUA e no Sul, com mais de 20% das populações de Oklahoma, Mississippi, Alabama e Dakota do Norte. A negação varia significativamente dentro dos estados. No Estado de Shasta, na Califórnia, a negação das alterações climáticas é de 52% (Gounaridis; Newell, 2024a).

Avaliando, também, outras questões para além das preocupações ambientais individuais incluindo a contribuição corporativa, a percepção do autor deste trabalho foi de que há uma resistência por parte do cidadão dos EUA em relação aos gastos com programas com Environmental, Social and Governance (ESG).

O ESG que, atualmente, simboliza uma abordagem mais ética sobre as questões ambientais, de governança e social tem causado intensos embates, inclusive judiciais nas Cortes Americanas.

Os críticos dos gestores de fundos de investimento argumentam que uma decisão do antigo presidente da Câmara dos Deputados Americana, Bill de Blasio, de retirar os fundos de pensões públicos de milhares de milhões de dólares em investimentos em combustíveis fósseis colocou a sua reforma em risco. Neste caso, os petionários alegam que os gestores de ativos violaram os seus deveres ao incluir riscos relacionados com o clima e ao avaliar a responsabilidade financeira das empresas de energia (Tan *et al.*, 2022a).

Assim, os fatos supõem que são persistentes os movimentos por parte de todos da sociedade dos EUA, envolvendo os muitos interesses em torno da produção de energia, e o *fracking* está inserido nesse contexto, pois representa uma grande atividade econômica.

Os EUA é um país com muitas riquezas e isso é expresso na qualidade de vida da maioria de seus habitantes. Assim, a percepção de riscos pode variar de acordo com o benefício que cada um usufrui. Quando um proprietário recebe uma remuneração pela utilização de suas terras pela indústria do *fracking*, ele tende a se importar menos com os impactos (Tan *et al.*, 2022a).

Nos EUA, um proprietário pode sofrer com os problemas derivados das operações do *fracking* causados pela exploração em terras de vizinhos que têm o direito de vender esse benefício. As consequências negativas podem ser sentidas a grandes distâncias e, portanto, o impacto na vizinhança pode ser estendido a quilômetros ou mesmo através da contaminação de córregos e rios (Fractracker, [s.d.]).

## 5.2 ESTUDOS E PERCEPÇÃO DE RISCOS EM HUAMBO – ANGOLA

Conforme já descrito, como parte dessa pesquisa, foi realizado um estudo de percepção de riscos em Angola na África. Esse trabalho acadêmico teve como suporte o estreito relacionamento internacional entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o Instituto Superior Politécnico as Caála (ISPCAÁLA).

Alguns fatores motivaram essa iniciativa, dentre os quais, a semelhança geológica dos dois continentes. Segundo a teoria proposta em 1912 pelo alemão Alfred Wegener, que observou o recorte da costa leste da América do Sul, comparou-o com o da costa oeste da África e notou algumas semelhanças, como se

os dois lados tivessem estado unidos no passado (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023b).

O conceito de Deriva Continental surgiu com os primeiros mapas do atlântico sul com os contornos da América do Sul e da África. Em 1620, Francis Bacon, filósofo inglês, apontava o encaixe perfeito entre estas duas costas e propunha, pela primeira vez, a hipótese da união desses continentes no passado (Pérez-Malvárez *et al.*, 2006b).

Assim, é de se esperar que ambos os continentes tenham reservas de hidrocarbonetos, como petróleo e gás. Recentemente, tanto o Brasil, quanto Angola, têm demonstrado preocupações quando à sua produção de hidrocarbonetos.

Há um reconhecimento que, em função da expectativa de queda na produção prevista para as próximas décadas em Angola, o país africano faça alterações em sua legislação, objetivando a abertura de novas frentes e novas tecnologias, visando a abertura de seu mercado para empresas com experiência na extração de gás através de sistemas não convencionais (Organization of the Petroleum Exporting Countries, 2023a).

No Brasil, novas áreas de exploração e exploração foram leiloadas, recentemente, ampliando as perspectivas de acréscimo na produção. A ANP realizou, no dia 13 de dezembro de 2023, o 4º Ciclo da Oferta Permanente de Concessão (OPC) e do 2º Ciclo da Oferta Permanente de Partilha (OPP). No 4º Ciclo da OPC, foram arrematados 192 blocos exploratórios (Brasil., 2024).

O reflexo dessa dinâmica de interesses levou o autor dessa Dissertação a Angola em uma viagem realizada entre os dias 29 a 31/03/2023, a convite do ISPCAÁLA, para II Simpósio Internacional de Inovação e Empreendedorismo (Figura 51). Neste evento, aproveitando a oportunidade, foi elaborado um questionário pelos pesquisadores do ISPCAÁLA, contendo 13 perguntas, com o Tema sobre “Percepção de risco de impactos socioeconômicos, geográficos, ambientais e urbanísticos decorrentes da extração de gás em folhelho por fraturamento hidráulico *fracking*” em Angola.

Figura 51 - II Simpósio Internacional de Inovação e Empreendedorismo, ISPCAÁLA, Angola



Fonte: do autor

O questionário aplicado teve perguntas objetivas sobre o tema, com foco em quatro dimensões: qualidade de vida, impactos ambientais, impactos sociais e impactos econômicos.

Como mencionado na Metodologia, antes de o ISPCAÁLA aplicar o questionário, foi realizada uma palestra introdutória ao assunto pelo pesquisador deste trabalho e, portanto, a plateia teve a oportunidade de se inteirar previamente do assunto sobre os riscos da atividade do *fracking*.

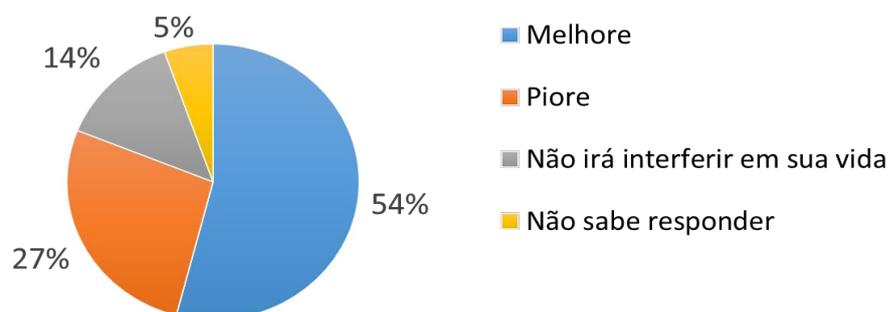
Após esta palestra, os pesquisadores do ISPCAÁLA aplicaram o referido questionário, e, posteriormente, elaboraram um relatório contendo os resultados nas respostas obtidas dos respondentes.

Nos textos que se seguem, são descritas as respostas e discussão dos respondentes, e a análise pelo pesquisador desta investigação, tendo como base o Relatório contendo as perguntas e respectivas respostas, disponibilizado ao investigador pelos pesquisadores ISPCAÁLA.

Quanto às repostas da pergunta 1 do questionário (Figura 52), cuja dimensão é “qualidade de vida” e o tema “aspectos gerais”, do total dos

entrevistados, a maioria indica que sua vida poderá melhorar, caso haja a instalação de uma unidade de perfuração de poço de gás natural por *fracking* em sua cidade.

Figura 52 - Respostas da pergunta 1 do questionário:  
(Caso haja a instalação de uma unidade de perfuração de poço de gás natural por “fracking” em sua cidade, você espera que sua qualidade de vida)

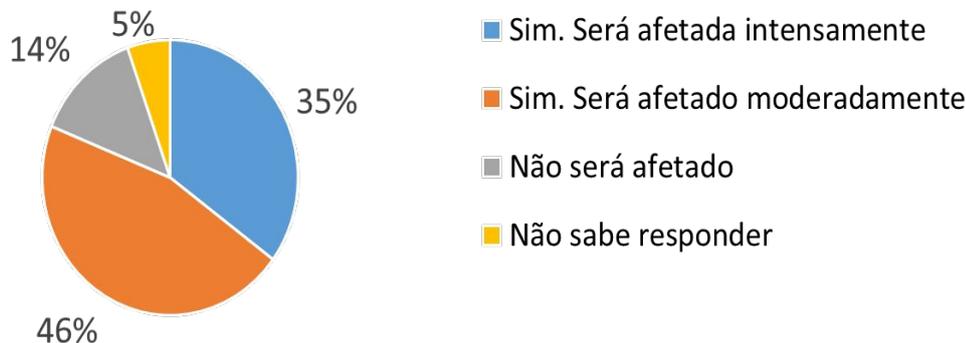


Fonte ISPCAÁLA.

Os resultados apontam que a maioria do público investigado aceita os riscos em detrimento de um acréscimo econômico. Essa conclusão pode ser reflexo das dificuldades econômicas vividas por grande parte da população. A elevada pobreza e a falta de trabalho de boa qualidade levam Angola a ter 80% de seus trabalhadores vivendo na informalidade. O desemprego entre os jovens também é alto e chega a 50% (The World Bank, 2023).

Quanto às respostas da pergunta 2a do questionário (Figura 53), cuja a dimensão é “impactos ambientais” e o tema “aspectos gerais”, do total dos entrevistados, a maioria indicou que, caso houvesse a instalação de uma unidade de perfuração de poço de gás natural por *fracking* na Centralidade de Huambo, o local onde residem, terá algum dano ambiental de forma moderada.

Figura 53 - Respostas da pergunta 2a do questionário.  
(Caso haja a instalação de uma unidade de perfuração de poço de gás natural por *fracking* na Centralidade de Huambo, você acredita que o local onde você mora terá algum dano ambiental?)



Fonte: ISPCAÁLA.

A relativização do impacto ambiental refletido nessa resposta pode estar relacionada à compreensão do conceito sobre meio ambiente. A vida cotidiana dos habitantes de Huambo envolve inúmeros desafios existenciais, como a incidência de doenças como a cólera, o sarampo e a malária (Fundo Das Nações Unidas para a Infância Angola, 2024). Além disso, o clima formado apenas por duas estações (seca e chuva) também impõe uma vida composta por apenas duas e longas estações do ano, acrescentando mais um desafio a suas vidas.

Na mesma pergunta 2 (2b), foi questionado ao entrevistado “quanto tempo você leva de sua casa até a centralidade de Huambo?”. Observou-se, nas respostas que grande parte dos entrevistados indicaram estarem entre 10 minutos e uma hora de suas residências (Figura 54).

Esta indagação teve a intenção de compreender se a proximidade entre a sua residência e o local que, hipoteticamente, seria objeto da exploração, afetaria sua compreensão sobre a intensidade do risco. Percebeu-se que não houve essa relação. Este dado pode estar relacionado ao fato de que a instalação da indústria do *fracking* na região ainda não ocorreu.

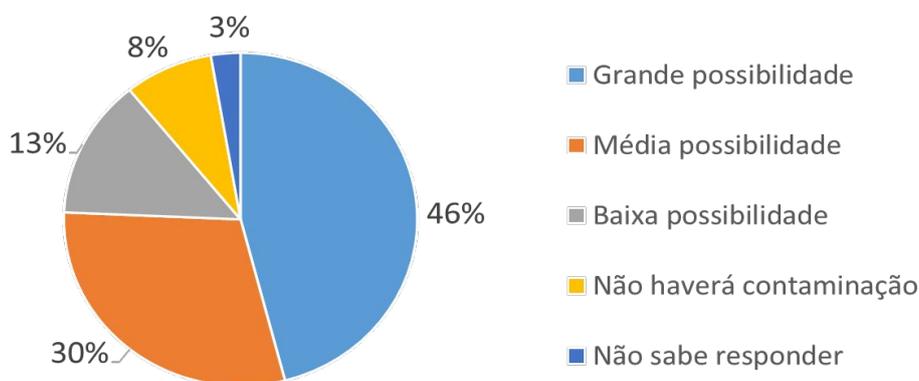
Figura 54 - Respostas da pergunta 2b do questionário  
(Quanto tempo você leva de sua casa até a Centralidade de Huambo?)



Fonte: ISPCAÁLA.

Quanto às respostas da pergunta 3a do questionário (Figura 55), cuja a dimensão é “impactos ambientais” e o tema “água”, a maior parte dos entrevistados indicou que têm grandes preocupações sobre a contaminação da água que abastece sua localidade.

Figura 55 - Resposta da pergunta 3a do questionário.  
(Em sua opinião, caso um poço de *fracking* seja instalado em sua cidade, qual a possibilidade de contaminar a água que você consome?)



Fonte: ISPCAÁLA.

Um inquérito promovido pelo Afrobarometer, indica que 13% dos angolanos obtêm água para o consumo doméstico de chafariz ou poço com tubo ou manivela. Na capital Luanda, menos de metade dos habitantes dispõe de água. Essa situação é mais intensa nas regiões do Leste, do Norte e do Centro Norte do país (Ovilongwa Estudos de Opinião Pública, 2022).

Na mesma pergunta 3 (3b) foi questionado aos entrevistados quanto à distância de sua residência ao possível ponto de extração do gás por *fracking* e a maioria dos entrevistados indicou que leva menos de 10 minutos de suas residências ao centro da cidade onde reside (Figura 56).

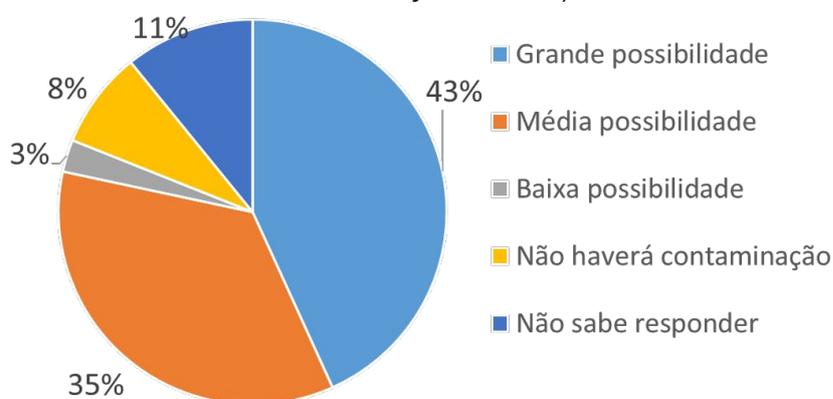


Fonte: ISPCAÁLA.

Este resultado pode indicar que, quanto menor a distância entre a residência do entrevistado e a unidade de extração, maior a preocupação relacionada entre a instalação do poço de *fracking*.

Quanto às respostas da pergunta 4 do questionário (Figura 57), cuja dimensão é “impactos ambientais” e o tema “solo”, a maioria dos entrevistados indicou que tem grandes preocupações sobre a contaminação do solo.

Figura 57 - Resposta da pergunta 4 do questionário.  
(Em sua opinião, caso um poço de *fracking* seja instalado em sua cidade, qual a possibilidade de contaminação do solo?)



Fonte: ISPCAÁLA.

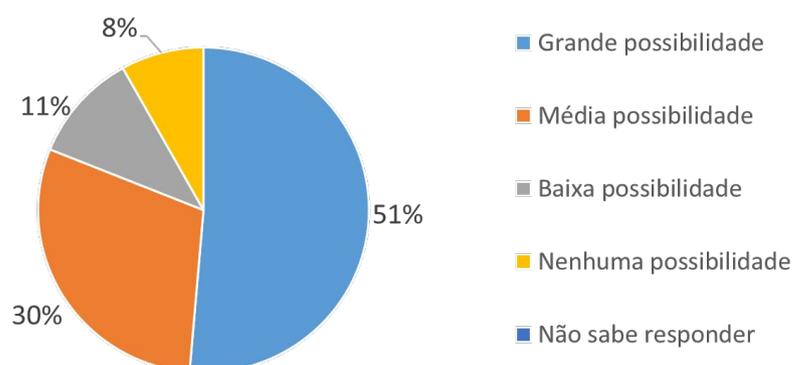
Severas alterações climáticas estão mudando a percepção do clima no planeta e em Angola não é diferente. Esta preocupação acrescida à vulnerabilidade social do país africano já é percebida pelas populações locais.

Neste ano de 2024, Angola enfrenta a seca mais severa dos últimos 40 anos, o que impacta a segurança alimentar de 1,58 milhões de residentes no país. Um Relatório do Banco Mundial de 2022 sobre Segurança Hídrica e Resiliência à Seca no Sul de Angola, aponta impactos econômicos causados pela seca em todos os sectores que são estimados em mais de USD 749 milhões. Os segmentos mais impactados são a agricultura, pecuária e pescas (The World Bank, 2023).

Com tantos problemas que atingem o seu meio de subsistência, percebe-se que os entrevistados estão alertas a mais um possível obstáculo à sua vida.

Quanto às respostas da pergunta 5 do questionário (Figura 58), cuja dimensão é “impactos ambientais” e o tema “ar”, os entrevistados, majoritariamente, indicaram que, caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, existe grande possibilidade de que haja contaminação do ambiente atmosférico (ar respirável).

Figura 58 - Respostas da pergunta 5 do questionário.  
(Em sua opinião, caso um poço de *fracking* seja instalado em sua cidade, qual a possibilidade de contaminação do ambiente atmosférico (ar respirável)?)



Fonte: ISPCAÁLA.

Huambo já vive um clima seco boa parte do ano e, acrescido a isso, o intenso movimento de veículos causa uma sensação ruim ao se respirar. Na Província de Huambo existem duas estações bem definidas que indicam o início das chuvas e o período de seca. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia e

Geofísica de Angola -INAMET, na época da seca, o clima tem baixa umidade do ar, onde a percepção da poluição é maior (Figura 59).

Outras regiões de Angola também sofrem com a poeira e a queima da vegetação para produção de carvão vegetal ou mesmo para o manejo de caça.

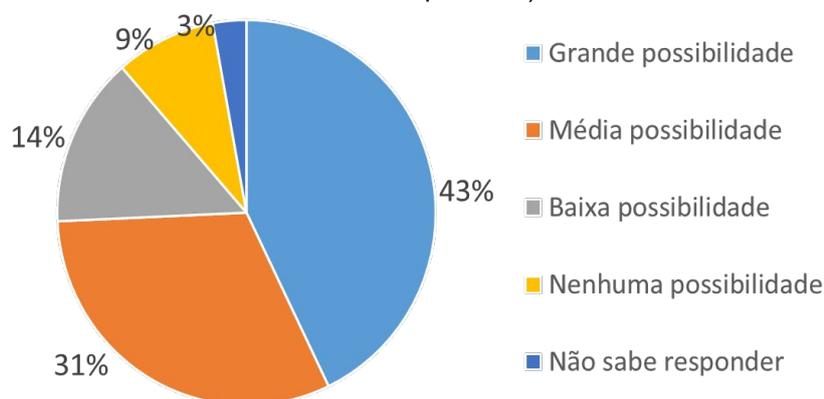
Figura 59 - Comuna localizada entre Luanda e Huambo.



Fonte: do autor

Quanto às respostas da pergunta 6 do questionário (Figura 60), cuja dimensão é “impactos ambientais” e o tema “mudança climática”, grande parte dos entrevistados indicou que, caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, existe grande possibilidade de que haja contribuição para a mudança climática.

Figura 60 - Respostas da pergunta 6 do questionário  
(Em sua opinião, a exploração de gás natural por *fracking* pode interferir na mudança climática no planeta?)



Fonte: ISPCAÁLA.

O resultado sobre esse posicionamento dos entrevistados pode estar relacionado à intensa divulgação na mídia sobre o assunto mudança climática, mas também pela simples observação do ambiente ao seu redor.

De 2001 a 2022, Huambo perdeu área equivalente a 26% de sua cobertura arbórea (GLOBAL FOREST WATCH, 2024).

A venda de madeira para exportação em Angola (Figura 61) é uma realidade, mas a transformação da floresta em biomassa (carvão) é o que sustenta muitas famílias do meio rural.

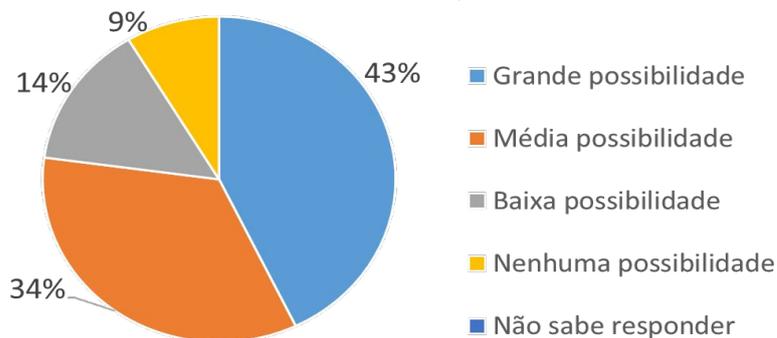
Figura 61 - Venda de biomassa em estrada da Província de Huambo.



Fonte: do autor

Quanto às respostas da pergunta 7 do questionário (Figura 62), cuja dimensão é “impactos ambientais” e o tema “fauna”, a maioria dos entrevistados indicou que, caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, existe grande possibilidade de que haja interferência na vida animal.

Figura 62 - Respostas da pergunta 7 do questionário.  
(Em sua opinião, a exploração de gás natural por *fracking* pode interferir na vida animal no local onde você mora?)



Fonte: ISPCAÁLA

Este resultado está em consonância com um dos principais problemas de Angola no meio rural, quais sejam, as queimadas. A vida silvestre, assim como a vegetação, é consumida, anualmente, pelos agricultores e por caçadores furtivos. Angola é formada por cinco tipos de zonas naturais, identificadas pelas florestas húmida e densa.

Um exemplo é a Floresta do Maiombe, onde é possível encontrar raríssimos exemplares de madeiras. As Savanas, normalmente associadas às matas, como é o caso das Lundas, uma das 18 Províncias de Angola, e são compostas por árvores ou arbustos (Embaixada da República de Angola, 2024).

Segundo um morador local, a percepção de que o problema, realmente, existe fica evidente na época das secas, onde parte da população usa as queimadas como estratégia para caçar pequenos animais.

A pobreza das comunidades do interior dificulta a conscientização e o controle das queimadas, mas na época das chuvas existe um alívio que é comemorado, principalmente, pelas crianças que aproveitam para consumir e vender frutas de época como mangas (Figura 63).

Figura 63 - Comércio de manga na comunidade no interior de Angola, cidade de Caála.



Fonte: do autor

Quanto às respostas da pergunta 8 do questionário (Figura 64), cuja dimensão é “impactos sociais” e o tema “violência e exploração sexual”, os entrevistados, em sua maioria, indicaram que, caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, a violência tende a aumentar.

Figura 64 - Respostas da pergunta 8 do questionário.  
(Com a possível chegada da indústria do *fracking*, um grande número de pessoas e trabalhadores migram para o local ou cidade da instalação. Neste caso, considerando o nível de violência de sua cidade ou região, você acredita que a violência e exploração sexual irá).



Fonte: ISPCAÁLA.

Este resultado pode estar relacionado ao grande índice de pobreza, ao desemprego, ao consumo exagerado de bebidas alcoólicas, ao analfabetismo e

deficiências estruturais na área da educação, além da delinquência juvenil (Costa *et al.*, 2022).

A percepção da violência, segundo a pesquisa, já existe e o receio de que este índice aumente ainda mais pode ter motivado as respostas. A violência em Angola é generalizada, principalmente, contra as mulheres. Este é um desafio diário no contexto da sobrevivência e da reprodução social. Muitas mulheres pobres de Luanda classificam a violência num nível relativamente baixo diante da hierarquia de seus problemas.

Quanto às respostas da pergunta 9 do questionário (Figura 65), cuja dimensão é “impactos sociais” e o tema “moradia”, majoritariamente indicaram que caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, não haverá residências o suficiente para abrigar essas pessoas imigrantes.

Figura 65 - Respostas da pergunta 9 do questionário.  
(Com a implantação de um poço de *fracking*, um grande número de pessoas migra para o local ou cidade onde está instalada a exploração do gás. Neste caso, você acredita que sua cidade ou localidade possui residências o suficiente para abrigar essas pessoas?)



Fonte: ISPCAÁLA.

Segundo o Ministério das Obras Públicas, Urbanismo e Habitação, Angola necessita de cerca de quatro milhões de casas para suprir o déficit habitacional. O reflexo da falta de moradia, principalmente nas grandes cidades, evidencia a preocupação questionada na pergunta da pesquisa.

Quanto às respostas da pergunta 10 do questionário (Figura 66), cuja dimensão é “impactos sociais” e o tema “serviços públicos (saúde, segurança, distribuição de água, esgoto e infraestrutura)”, obteve-se, da maioria, a opinião de que, caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, ela não estará preparada para suportar a demanda por serviços públicos.

Figura 66 - Respostas da pergunta 10 do questionário.  
(Com a implantação de um poço de *fracking*, a demanda por serviços públicos aumenta por conta da migração de pessoas. Neste caso, você acha que sua cidade está preparada?)



Fonte: ISPCAÁLA.

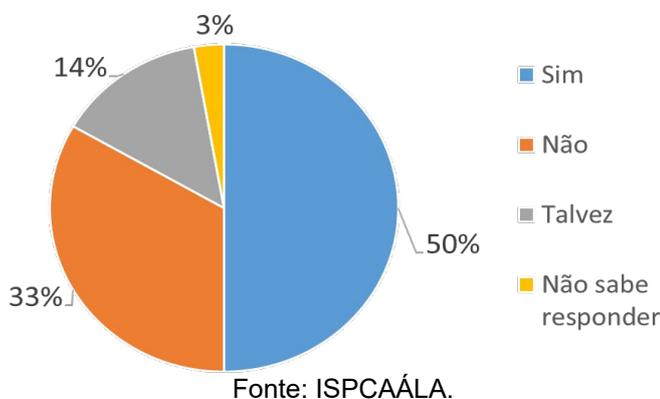
Em Angola, a água potável canalizada é restrita a poucas áreas urbanas. As desigualdades no país são visíveis. O acesso se restringe ainda mais quando se trata de zonas rurais. O saneamento básico tem sido um problema, cuja consequência são os casos de mortes por doenças como a cólera (Luciano; Frigo; Cpingana, 2023).

A maior parte dos angolanos não percebe os benefícios da infraestrutura governamental, sendo natural a preocupação dos pesquisados identificados na pesquisa.

A segurança é outro fator que preocupa os cidadãos. O excesso de violência promovida pela própria força de segurança faz o cidadão considerar que a criminalidade não seja sua única preocupação. Os problemas do uso de força desproporcional por parte das autoridades, são relatados por todo o país (Amnistia Internacional, 2023).

Quanto às respostas da pergunta 11 do questionário (Figura 67), cuja dimensão é “impactos sociais” e o tema “água”, mais da metade dos entrevistados indicou que, caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, há possibilidade de faltar água.

Figura 67 - Respostas da pergunta 11 do questionário.  
(Um poço de *fracking* exige grande quantidade de água e produtos químicos, que são injetados durante o processo produtivo. Neste caso, levando em conta a quantidade disponível de água em sua cidade ou região, você acha que existe a possibilidade de faltar água para o consumo de sua família?)



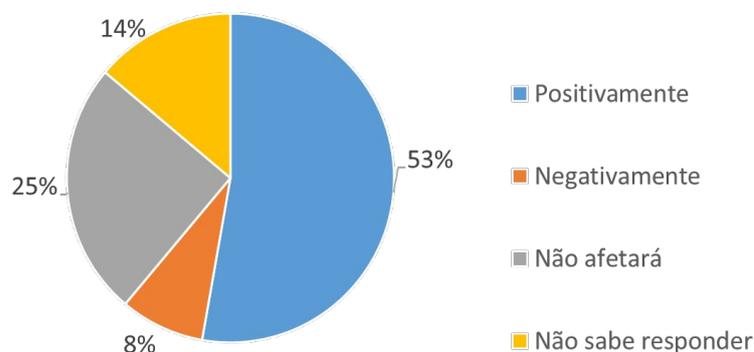
A escassez de água no interior de Angola tem se agravado com as mudanças climáticas. Na cidade de Lubango, localizada na Província vizinha na bacia do Rio Canunene, a água para a população provém de uma combinação de “furos” verticais e nascentes naturais. Os poços artesianos, denominados de furos, estão localizados em uma reserva natural da região. Mas, a mudança climática tem afetado nascentes naturais e os furos, que têm registrado redução dos níveis de água.

Outro fator que preocupa, é o elevado crescimento da população, além da diminuição das chuvas. A Empresa Provincial de Águas e Saneamento de Huíla, que supervisiona o abastecimento de água, relata que 2023 foi o mais difícil dos últimos 30 anos (The World Bank, 2024).

A Escola Básica municipal denominada de “98” é frequentada por cerca de 1500 alunos. Nesta unidade escolar, o jardim não resistiu à seca. Os funcionários enchem os contentores sempre que há água disponível e essa reserva ajuda a escola a satisfazer as suas necessidades básicas. Normalmente, se consegue, mas, com muitos dias sem o líquido, não há outra alternativa a não ser fechar os banheiros (The World Bank, 2024).

Quanto às respostas das perguntas 12 do questionário (Figura 68), cuja dimensão é “impactos econômicos” e o tema “turismo”, mais da metade dos entrevistados indicou que, caso seja instalado um poço de *fracking* em sua cidade, o turismo pode ser impactado positivamente.

Figura 68 - Resposta da pergunta 12 do questionário  
(Com a possível chegada da indústria do *fracking* em sua cidade ou região, você acredita que isso poderá afetar o turismo?)



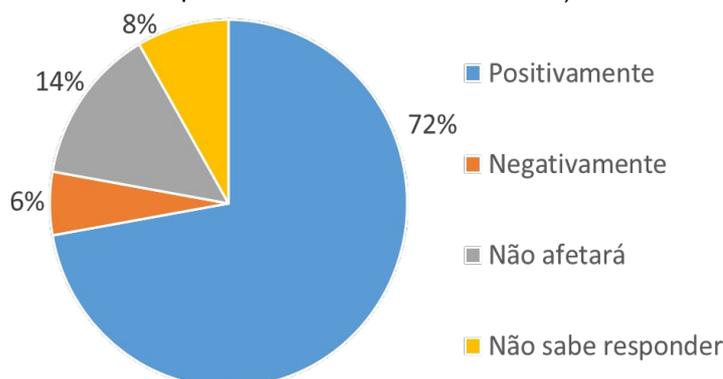
Fonte: ISPCAÁLA.

A Província de Huambo é um importante promotor do turismo nacional de Angola. Designada de "Nova Lisboa", Huambo é a capital da província e segue um estilo urbanístico trazido por Portugal. Dentre as diversas razões para visitar a cidade do Huambo, destaca-se a variedade de montanhas características, proporcionada pela elevada altitude acima do nível do mar (Welcome to Angola, 2023).

Como Huambo não possui grandes indústrias e o turismo se mostra uma importante fonte de renda, o receio dos entrevistados em perder parte desse potencial é registrada na pesquisa.

Por fim, quanto às respostas da pergunta 13 do questionário (Figura 69), cuja dimensão é "impactos econômicos" e o tema "economia local", a maioria dos entrevistados indicou que seria positiva, para sua cidade, a possível chegada da indústria do *fracking*.

Figura 69 - Resposta da pergunta 13 do questionário.  
(Com a possível chegada da indústria do *fracking* em sua cidade ou região você acredita que isso poderá afetar a economia local?)



Fonte: ISPCAÁLA.

Nas questões que antecederam essa pergunta percebe-se que as privações de infraestrutura, saúde e a possibilidade de prejuízos ao meio ambiente são consideradas. Contudo, quando o tema envolve a economia, estas possibilidades aparecem em segundo plano, o que indica que a percepção dos entrevistados está mais relacionada às suas necessidades econômicas e sociais.

A indústria do *fracking* pode ser positiva para aqueles que tendem a serem diretamente beneficiados, mas para o restante da população as consequências tendem a serem mais abrangentes.

O resultado geral das respostas obtidas do questionário aplicado, segundo o relatório, aponta que os entrevistados estão fortemente impactados pelas condições econômicas da região e que muitas de suas respostas podem estar ligadas por expectativas quanto aos novos investimentos que a indústria do *fracking* pode gerar.

Outro dado relevante, é que a indústria do *fracking* pode ser positiva para aqueles que tendem a serem mais beneficiados. Quanto maior a distância da residência do entrevistado ao local a ser impactado, menos ele se mostra preocupado com os impactos, contudo, como a operação da região ainda não existe este item não apareceu como instrumento de oposição.

A escassez de água é outro ponto que os entrevistados indicaram preocupação, possivelmente em função da dificuldade na obtenção deste bem de consumo indispensável.

Trabalho futuros serão necessários para um melhor entendimento sobre a percepção de riscos de impactos socioeconômicos, geográficos, ambientais e urbanísticos decorrentes da extração de gás em folhelho por fraturamento hidráulico na região em estudo.

### 5.3 ESTUDOS DE PERCEPÇÃO DE RISCOS EM SANTA CATARINA

Como descrito na metodologia e com base na literatura, alguns aspectos impactados negativamente durante uma operação de *fracking* são facilmente percebidos pela comunidade local onde são realizadas as operações de exploração de gás natural com essa tecnologia. As áreas apontadas pela ANP como objeto de

possível exploração contemplam, de forma geral, cerca de 21 municípios de Santa Catarina.

Para melhor compreender como cada risco poderia interferir na vida dos habitantes desses municípios, foram analisados 7 (sete) temas: infraestrutura de transporte, infraestrutura de saúde, infraestrutura de educação, estrutura em segurança, arquitetura e planejamento, meio ambiente e análise de tipologia construtiva.

Todos os riscos apontados como relevantes foram desmembrados e analisados com o objetivo de entender a importância de cada impacto e como ele pode ser percebido, confrontado com a estrutura em diversas áreas que os municípios possuem atualmente.

No Quadro 13 está o preenchimento das diretrizes organizacionais com principais temas contemplados durante a viagem exploratória, conforme já previsto no Quadro 1 da Seção 3.4 da Metodologia.

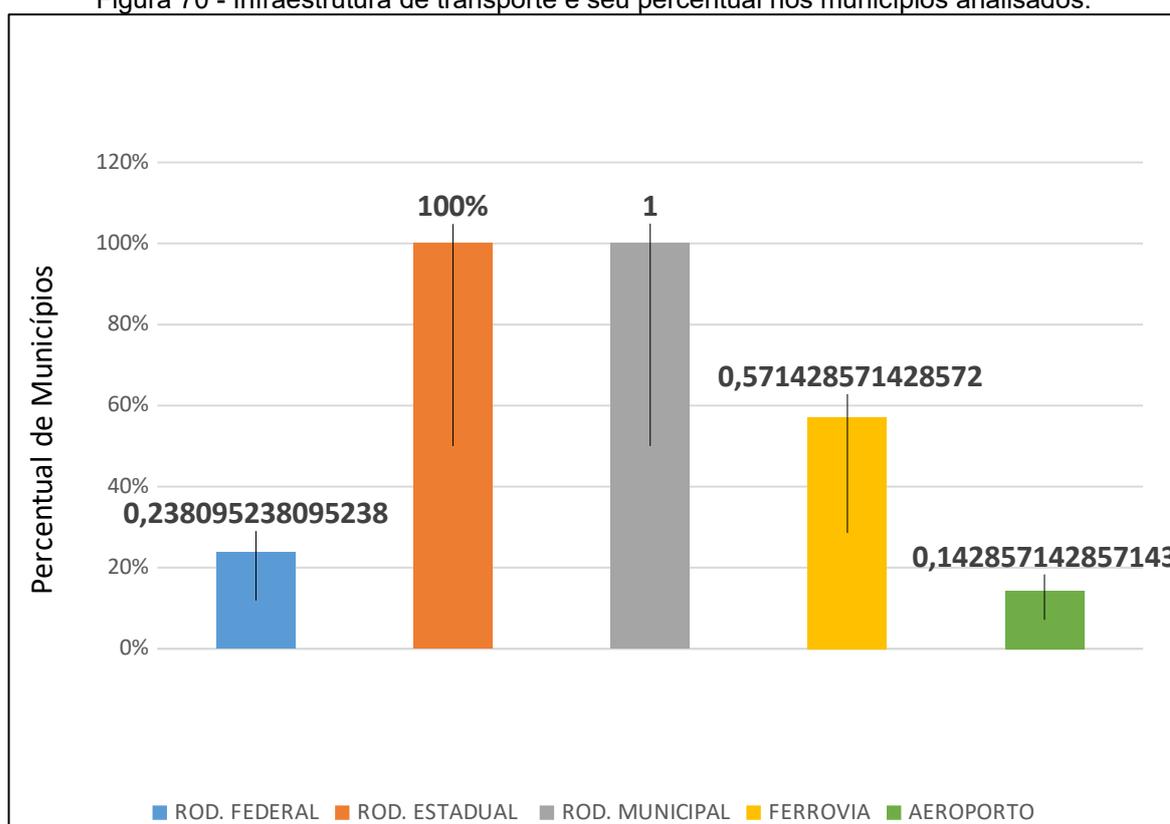
Quadro 13 - Diretrizes organizacionais com principais temas contemplados durante a viagem exploratória

CIDADE	ESTADUAIS	MUNICIPAIS	FERROVIA	AEROPORTO	FEDERAIS	HOSPITAIS	SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGENCIA (SAMU)	PRONTO ATENDIMENTO	UNIVERSIDADE	COLÉGIO ESTADUAL	COLÉGIO MUNICIPAL	GUARDA MUNICIPAL	POLÍCIA CIVIL	BOMBEIRO	POLÍCIA MILITAR	PATRIMÔNIO HISTÓRICO	LAGOS	PLANALTO	NASCENTES	PLANO DIRETOR	LEI DE ZONEAMENTO	PREDOMINANCIA URBANA	RIO (com largura acima dos 3m)	PREDOMINANCIA RURAL	RESERVA AMBIENTAL	PARQUE NACIONAL/ ESTADUAL	RESIDENCIAL BAIXA	RESIDENCIAL ATÉ 3 PAVTOS	RESIDENCIAL ACIMA DE 3 PAVTOS	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
	INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES			INFRAESTRUTURA EM SAÚDE			INFRAESTRUTURA EM EDUCAÇÃO			INFRAESTRUTURA EM SEGURANÇA				ARQUITETURA E PLANEJAMENTO				MEIO AMBIENTE				TIPOLOGIA CONSTRUTIVA PREDOMINANTE										
Água Doce	X	X			X	X	X			X	X		X					X		X	X			X	X	X						
Arroio Trinta	X	X				X	X	X		X	X		X			X		X	X	X	X			X		X		X			X	X
Caçador	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X
Calmon	X	X	X			X	X			X	X		X			X		X	X	X	X			X		X					X	X
Canoinhas	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X				X	X
Herval D'Oeste	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X					X			X	X
Ibiam	X	X				X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X				X	X
Ibicaré	X	X	X			X	X			X	X		X		X			X	X	X	X			X			X				X	
Iomerê	X	X	X			X				X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Irineópolis	X	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X				X	X
Joaçaba	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X		X			X	X
Luzerna	X	X				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				X	X	X
Macieira	X	X				X				X	X		X					X	X	X	X			X								
Matos Costa	X	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X									
Porto União	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X
Rio das Antas	X	X	X			X				X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X									
Salto Veloso	X	X				X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
Tangará	X	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X				X	X
Timbo Grande	X	X				X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X								
Trzeze Tilias	X	X				X	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X
Videira	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X

Fonte: elaborado pelo autor

Em relação à infraestrutura de transporte disponível nos municípios elencados pela ANP como áreas com potencial de exploração de gás natural por *fracking* (Figura 70), pode-se constatar que a maioria apresenta a predominância de sistemas rodoviários e baixo percentual de aeroportos. Este perfil se mostra semelhante à matriz de transporte terrestre nacional, que é de 57,66% (“PLANO NACIONAL DE LOGISTICA”, [s.d.]).

Figura 70 - Infraestrutura de transporte e seu percentual nos municípios analisados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As regiões estudadas durante a pesquisa se configuram como grandes produtoras de grãos e de proteína animal, além de forte movimentação comercial. (SEBRAE, [s.d.]). As rodovias se tornam indispensáveis à vida da agroindústria, que depende destas vias para o escoamento de sua produção, que tem como destino os principais portos do Estado e do País (Plano Nacional de Logística, [s.d.]).

Com uma topografia colinosa, vários municípios percorridos possuem estradas e rodovias, na sua maioria, estreitas, formadas por pistas de rolamento simples e sem duplicação, como, por exemplo, a via de acesso ao município de Joaçaba (Figura 71).

Figura 71 - Via de acesso à cidade de Joaçaba.



Fonte: do autor

Caso fosse realizada uma análise comparativa e levando-se em conta os riscos percebidos na pesquisa de Tan *et al* (2022), pode-se supor que a possível chegada de uma unidade de extração de gás natural por *fracking* na região causaria uma sobrecarga do sistema viário.

Uma unidade industrial de *fracking* é composta por necessidades logísticas de grande impacto e que mobilizam altos volumes de água, areia, tubulações, produtos químicos, pessoas entre outros. Todo esse material sendo transportado pelas frágeis e estreitas estradas da região implicaria em dificuldades no trânsito dos demais veículos e, rapidamente, poderia levar à exaustão a camada asfáltica existente (Liew; Danyaro; Zawawi, 2020).

Caso as unidades de extração por *fracking* sigam o mesmo formato constatado na bibliografia, essas estruturas deverão ser localizadas, em sua maioria, em áreas remotas, causando danos sensíveis às estradas vicinais que já sofrem com a baixa frequência de manutenção. Outras consequências poderiam ser observadas como poeira em excesso, acidentes de trânsito e poluição originada pela queima de combustível (Tan *et al.*, 2022a).

A pressão sobre as pontes e pontilhões, muito comuns nas pequenas cidades, será outro aspecto que poderá trazer danos e dificuldades às comunidades locais.

Vias contornando morros, subidas e descidas íngremes são características da paisagem local que já provocam algum congestionamento. Vários desvios e trechos com manutenções foram observados durante a expedição, o que leva a crer que com a intensificação e aumento de volume de veículos lentos poderiam acarretar no esgotamento da capacidade instalada das vias arteriais formadas por rodovias federais, estaduais e locais.

O grande número de poços necessários para a sustentabilidade da operação do *fracking* gera uma entrelaçada malha de poços, próximos entre si, que por sua vez demandam a construção de novas estradas. Estas novas vias, atualmente inexistentes da região catarinense pesquisada, provavelmente, deverão ser incorporadas à malha local, elevando os custos com manutenção da municipalidade com mais este item orçamentário ao final do processo de exploração (Pérez Castellón *et al.*, 2016).

A mobilidade urbana da maioria dos municípios objetos deste estudo é extremamente deficitária e, com muita dificuldade, atende aos residentes locais. Municípios como Herval D' Oeste e Joaçaba (Figura 72), ambas margeadas pelo extenso Rio do Peixe, tiveram seu contorno urbano definido pelo traçado desse veio caudal. Os principais equipamentos urbanos e de suporte são compartilhados por ambos e, caso haja um excesso de demanda, mudanças estruturais serão, certamente, necessárias.

Figura 72 - Rio do Peixe que faz fronteira entre Joaçaba e Herval D'Oeste.



Foto do autor.

Foi possível observar a presença de estreitas calçadas, cujo espaço é disputado por pedestres, cadeirantes e ciclistas, instalação de postes, sendo as mesmas, quase sempre, margeadas por vias intensamente movimentadas por veículos. Nestes municípios, com vias de mobilidade de dimensões reduzidas, a disputa por espaço tende a gerar acidentes e conflitos. Ao percorrer Joaçaba, constantemente, percebe-se sons estridentes de veículos em marcha lenta, tentando subir as íngremes ladeiras da cidade. Caso haja um acréscimo de caminhões nessas vias, o que seria esperado pela intensa operação da indústria do *fracking*, pode-se ter como resultado deformidades no piso das vias, assim como incômodo ocasionados por ruídos.

Porto União e Caçador são considerados municípios de pequeno porte e, dentre as localidades que compõem o mapa da ANP como áreas passíveis de exploração, são os que mais dispõem de infraestrutura viária. Contudo, as rodovias estaduais, que proporcionam o acesso aos mesmos, se mostraram repletas de buracos e deformidades (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019b).

Em função da grande quantidade de agroindústrias presentes na Região Oeste e Meio Oeste de Santa Catarina, a quantidade de caminhões em circulação é intensa. Em paralelo às necessidades das indústrias agrícolas e pecuária, o turismo

se apresenta como grande impulsionador da economia regional (Silvestro; Mello; Dorigon, 2011).

É possível encontrar inúmeras casas coloniais ao longo das estradas catarinenses cujos municípios foram visitados. Foi também comum identificar, durante o percurso, a presença de igrejas e outras estruturas que foram construídas no século passado. Essas estruturas preservadas guardam um pouco da história do Estado e são responsáveis por garantir o turismo desses municípios (Santa Catarina, 2022; Santa Catarina, 2023). Desta forma, sugere-se que há a possibilidade desse patrimônio ser impactado pelos sismos induzidos em zonas de *fracking*, caso haja a instalação dessa indústria.

A possível degradação nas estradas que levam e trazem os seus moradores a estes sítios e comunidades, não só poderá impor consequências negativas às vias, mas tem o potencial de afugentar o turismo de procura pela natureza tranquila e pouco alterada por atividade antrópica (Tan *et al.*, 2022a).

Outro fator, que por vezes é negligenciado, é a poluição luminosa, sendo que na indústria do *fracking* não é diferente da maioria das indústrias de hidrocarbonetos. Essas estruturas industriais, em geral, trabalham em três turnos e isso indica que a movimentação de veículos leves e pesados deve se impor dia e noite. Além do incômodo da circulação de tráfego leve e pesado, existe ainda o grave problema da iluminância, que pode diretamente afetar animais silvestres facilmente encontrados na região em estudo (Tan *et al.*, 2022a).

Ainda sobre a infraestrutura viária, as ferrovias poderiam se configurar como importantes meios de transporte para a indústria do *fracking*, colaborando no transporte de equipamento e materiais, mas esta malha é reduzida, o que dificultaria sua utilização (Brasil, 2022).

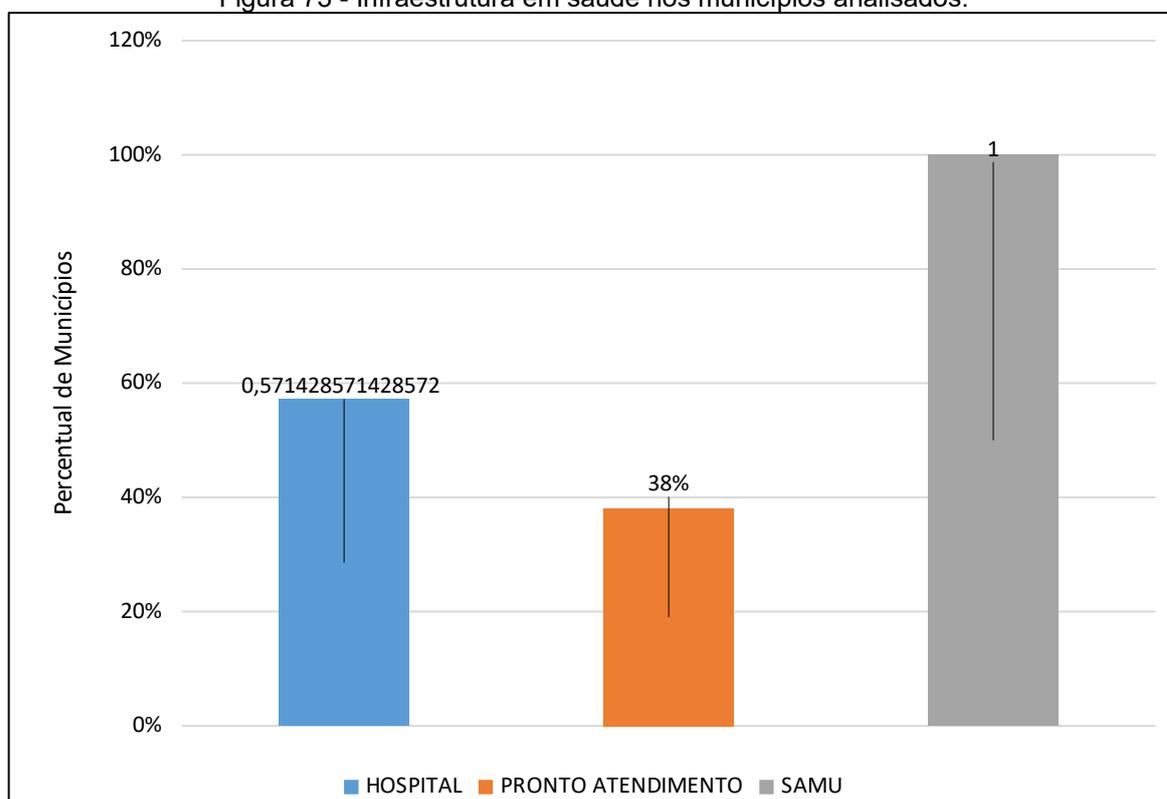
Quanto aos aeroportos regionais, que atualmente operam com horários de voos reduzidos, estes poderão sentir a necessidade de aumentar sua oferta em virtude do possível aumento da demanda. Neste sentido, não é possível aferir se existe possibilidades de ampliação dessas estruturas com a finalidade de absorver este volume adicional.

Considerando os fatores citados, onde o acréscimo de tráfego poderia causar graves danos à já comprometida infraestrutura dos municípios, deve-se levar em consideração ainda que a agroindústria já desperta uma intensa demanda pelas mesmas condições necessárias à indústria do *fracking*. Condicionar apenas

investimentos à exploração de hidrocarbonetos pode não ser suficiente para que os municípios possam no futuro arcar com os custos de manutenção de todas as infraestruturas criadas (Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina, 2022).

A Figura 73 apresenta a infraestrutura disponível em saúde nos municípios com áreas de potencial de exploração de gás natural por *fracking*. O serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) se destaca pela sua disponibilidade na totalidade dos municípios. Mais da metade dos municípios também conta com o apoio de hospitais, além da presença de postos de pronto atendimento (Santa Catarina, 2023).

Figura 73 - Infraestrutura em saúde nos municípios analisados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar do SAMU não dispor de uma unidade física em todos os municípios investigados, a disponibilidade de seu serviço é prestada por administrações localizadas em municípios próximos.

A presença de hospitais, sejam eles públicos ou privados, também atingiu um índice relevante neste levantamento, estando presentes em mais da metade dos municípios. Na ausência de hospitais, as administrações municipais contam com

Unidades de Pronto Atendimento (UPA) (Santa Catarina. Secretaria de Estado da Saúde, 2020).

Não foram contabilizados, nesta coleta de dados, as unidades básicas de saúde, contudo estas estruturas se configuram como as mais numerosas, principalmente no interior dos municípios, a exemplo da Unidade de Saúde Bom Sucesso, localizada na zona rural de Iomerê e identificado na Figura 74.

Figura 74 - Unidade de Saúde Básica de Bom Sucesso, localizada na zona rural de Iomerê.



Foto do autor.

A identificação ou mesmo o início da exploração de uma jazida de gás natural em reservas de folhelho em uma determinada localidade pode ocorrer. Essas reservas poderão estar localizadas em áreas muito isoladas ou ainda intensamente urbanizadas. A bibliografia identifica muitas diferenças na percepção dos riscos, a depender da localização onde reside o indivíduo. Quanto mais longe do ponto central da operação, menos ele pode perceber os riscos (Tan *et al.*, 2022a).

A sobrecarga no sistema de saúde pode ser o primeiro indício de que a infraestrutura de uma região pode estar subdimensionada para a excepcionalidade das demandas decorrentes da instalação de unidades de exploração de gás por *fracking* (Tan *et al.*, 2022a).

Existem instrumentos na legislação brasileira, como a Lei do Estatuto das Cidades, nº 10.257, de 10 de julho de 2000, que traz a possibilidade de aplicação do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), a indústrias ou empreendimentos que possam a vir a exercer interferências significativas no meio urbano. Contudo, a Constituição Federal de 1988 não traz a obrigatoriedade para municípios abaixo de 20 mil habitantes.

O EIV é um documento que pode ser complementar a outros aparatos normativos e possui, dentre um de seus papéis mais importantes, a inserção da comunidade na discussão dos benefícios e possíveis problemas que o futuro empreendimento pode causar e, ainda, se constitui em instrumento de planejamento, controle urbano e subsidiando as decisões do Poder Público (Santa Catarina, 2024).

É através do EIV, que se poderia identificar o quanto uma estrutura em saúde pode não estar, adequadamente, dimensionada tendo em vista o impacto de uma indústria como a do *fracking*, em função do acréscimo de trabalhadores ou imigrantes temporários. Assim como na saúde, pode-se também citar a rede de esgotos e água, a coleta de lixo, entre outros (Santa Catarina, 2024).

Os riscos contidos em uma unidade de *fracking*, assim como na maioria das indústrias de extração de hidrocarbonetos, são bem conhecidos e incluem explosões, desmoronamentos, intoxicação, queimaduras, inalação de químicos, acidentes de trabalho e de trânsito entre muitos outros que devem fazer parte do plano de contingência da empresa operadora do sistema (Lis-Plesinska, 2023).

Contudo, existem certos acidentes que necessariamente devem estar cobertos por uma unidade de saúde mais especializada ou mesmo hospital com a presença de alas específicas como a de queimados ou mesmo leitos de Unidades de Tratamento Intensivo (UTI).

Ao percorrer os municípios das regiões estudadas, não foi possível constatar, através de relatos de populares, uma baixa oferta dos serviços de saúde especializados, mas há divergência, uma vez que o Plano de Ação Regional da Rede de Atenção às Urgências, reporta um planejamento neste sentido, contemplando 53 novas unidades da macrorregião do Meio Oeste (Santa Catarina. Secretaria de Estado da Saúde, 2020).

Alguns municípios, como a de Matos Costa, possuem estruturas de saúde centrais conjugadas com a farmácia básica (Figura 75), facilitando o acesso da

população a serviços de saúde, contudo, em caso de emergência, são incapazes de atender casos graves.

Figura 75 - Unidade de Saúde Básica – UBS, Dico Fagundes e unidade de Farmácia básica localizada em Matos Costa.



Foto do autor.

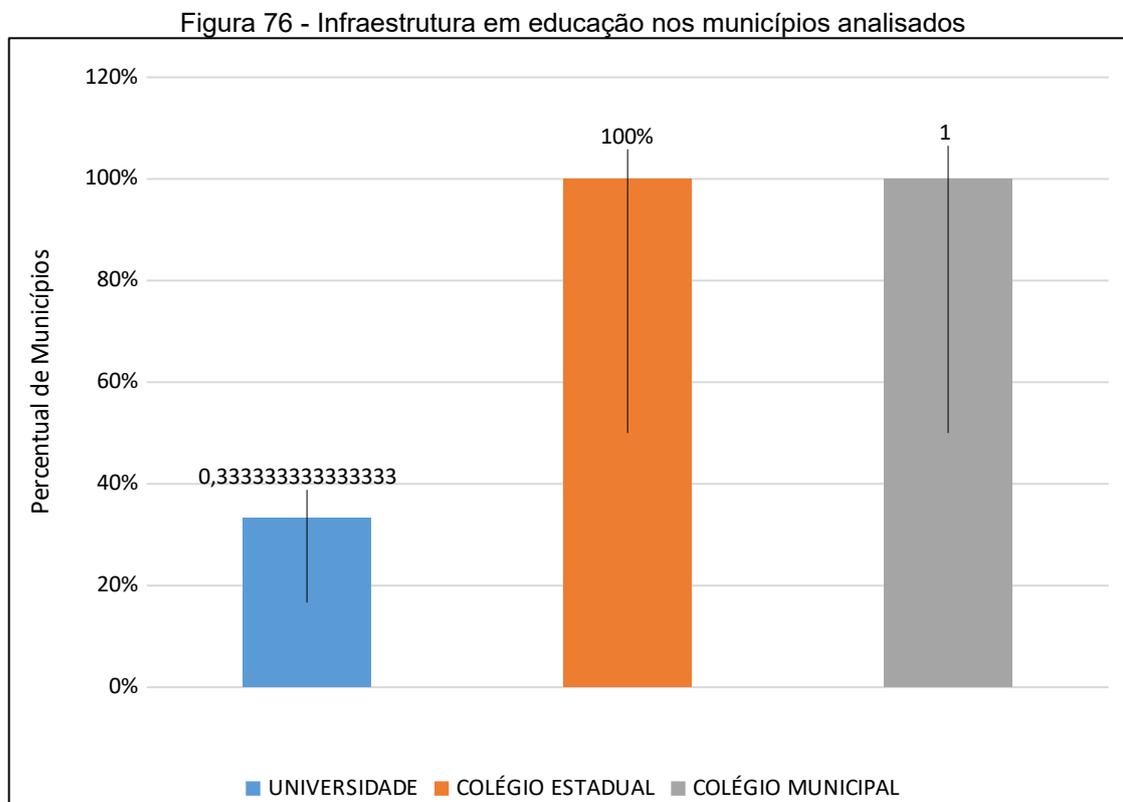
Em casos de acidentes graves, em quantidade elevada, com emergências envolvendo agentes químicos ou queimaduras, por exemplo, em se confirmando o receio da população, haveria intensa demanda por leitos de UTI.

A migração de trabalhadores de outras regiões, estados ou mesmo países para a Região, no caso de implantação da indústria do *fracking*, poderia também contribuir para o acréscimo da demanda por saúde na rede municipal e estadual, podendo causar uma superlotação das estruturas existentes, dificultando o atendimento à população local.

Também foram constatados, através de relatos de moradores, a escassez da mão de obra especializada em saúde, assim como em diversas áreas produtivas.

Um tema também relevante para a análise de estudos de percepção de riscos é a infraestrutura de educação. Na Figura 76, é possível identificar a presença da estrutura educacional municipal, estadual e universitária em cada município e o percentual que cada um possui. Em destaque, está a presença de escolas estaduais

e municipais na totalidade dos municípios pesquisados. Quanto à quantidade de universidades, ainda existem um número reduzido.

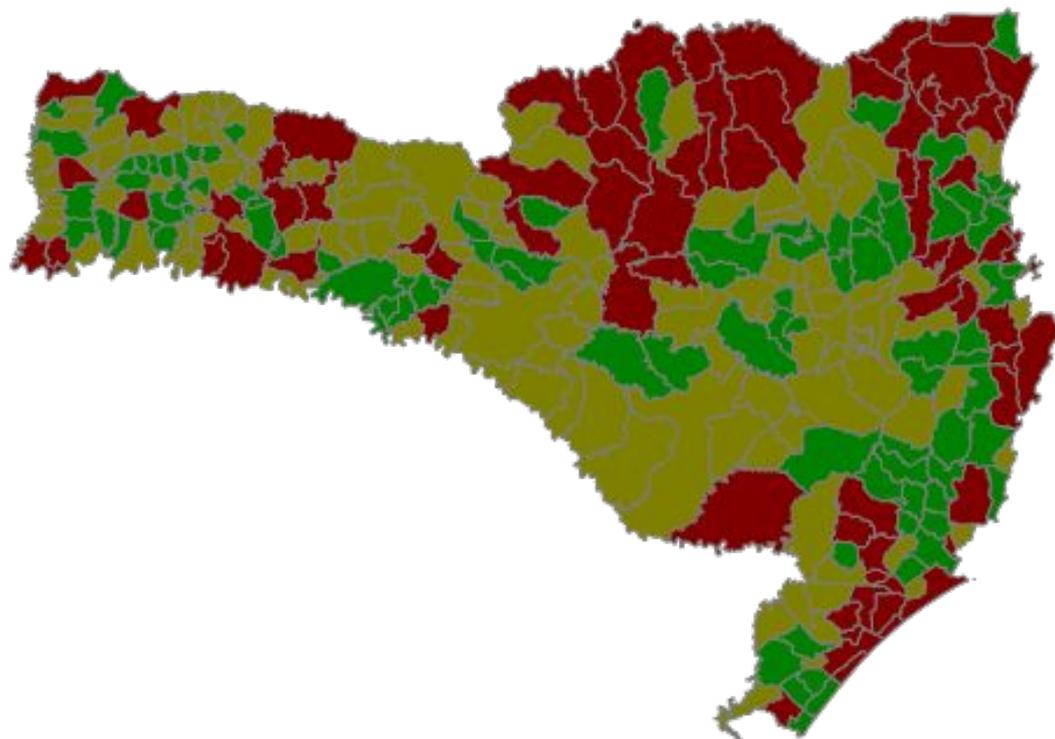


Todos os municípios possuem escolas básicas, com uma adequada estrutura escolar. Quanto à presença de universidades, ainda se têm poucas unidades concentradas em centros urbanos mais populosos e respondem por apenas um terço do total dos municípios investigados. No universo dos dados obtidos, quanto à presença de universidades, ressalta-se que parte delas são faculdades semipresenciais.

Durante a investigação, não foram identificadas preocupações quanto a um possível acréscimo na demanda por vagas em escolas estaduais ou municipais. Contudo, ainda existem metas a serem cumpridas em alguns municípios, especialmente quanto à educação infantil. Na Figura 77 podem ser identificadas as necessidades de criação de vagas em escolas estaduais, conforme legenda de cores: Em verde – Meta Cumprida; em amarelo, até 100 vagas devem ser criadas; em vermelho devem ser criadas mais de 100, para suprir a demanda.

A estrutura atual na maioria dos municípios, foi identificada como não satisfatória quanto à quantidade de vagas para a educação infantil (Santa Catarina. Tribunal de Contas, 2024).

Figura 77 - Municípios com metas a serem cumpridas quanto a oferta de vagas na Educação Infantil.



Fonte: Tribunal de Contas de Santa Catarina

Legenda: Verde – Meta Cumprida; Amarelo – Até 100 vagas a serem criadas; Vermelho – Mais de 100 vagas a serem criadas.

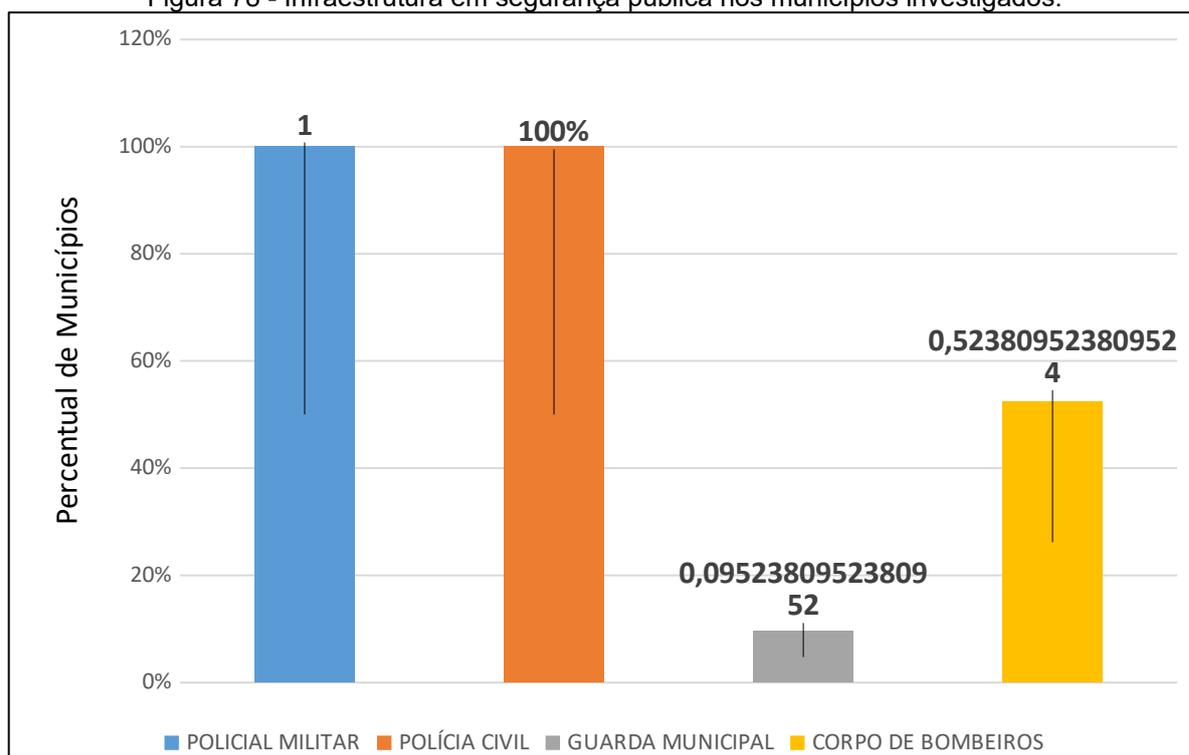
Não houve clareza na investigação se os municípios estão preparados, financeiramente, ou se possuem estruturas físicas para ampliar a rede escolar infantil.

Existem relatos de casos na Argentina, onde ocorre a exploração do gás de folhelho através do *fracking*, que, com a chegada dessa indústria, houve intensos conflitos entre residentes locais e os advindos de outras regiões. A disputa não foi só pela terra, mas sobretudo pelos recursos do estado, onde inclui-se o acesso a serviços como de educação (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

Em relação ao aspecto da infraestrutura da segurança pública analisado nesta pesquisa, percebe-se a evidente presença das forças policiais do Estado em todos os municípios visitados, as quais trabalham, diretamente, na segurança

ostensiva e de investigação (Figura 78). As unidades do Corpo de Bombeiros, por outro lado, não possuem unidades físicas em todos os municípios, estando presentes apenas em pouco mais da metade dos municípios visitados, por meio dos Batalhões Militares e de Bombeiros Voluntários. Observa-se, também, a presença da Guarda Municipal como instrumento complementar de segurança local e ainda com um percentual bastante pequeno.

Figura 78 - Infraestrutura em segurança pública nos municípios investigados.



Fonte: do autor

Muitos municípios compartilham suas unidades com outras administrações municipais, atendendo o cidadão de uma forma ampliada em casos de emergências e urgências (Santa Catarina, 2024).

A importância das polícias e bombeiros dentro de uma organização territorial municipal é evidenciada como mantenedora da ordem e da prevenção no combate a incêndios e outras fatalidades.

Na pesquisa conduzida por Tan e colaboradores (2022), é reportado que um dos principais relatos de percepção de riscos demonstrado pelos entrevistados está no rápido crescimento populacional quando da chegada de uma indústria de *fracking*. Em geral o imigrante é trazido como parte da estrutura organizacional da empresa que se instala. Há também a contratação de moradores locais em outras

funções de trabalho na nova empresa, mas o que se poderá questionar é se haverá mão de obra o suficiente para atender às indústrias e empresas já instaladas, acrescidas da nova demanda motivada pelo *fracking*. Em se replicando os modelos na região catarinense, é possível que sejam, também, percebidos os mesmos problemas identificados na bibliografia.

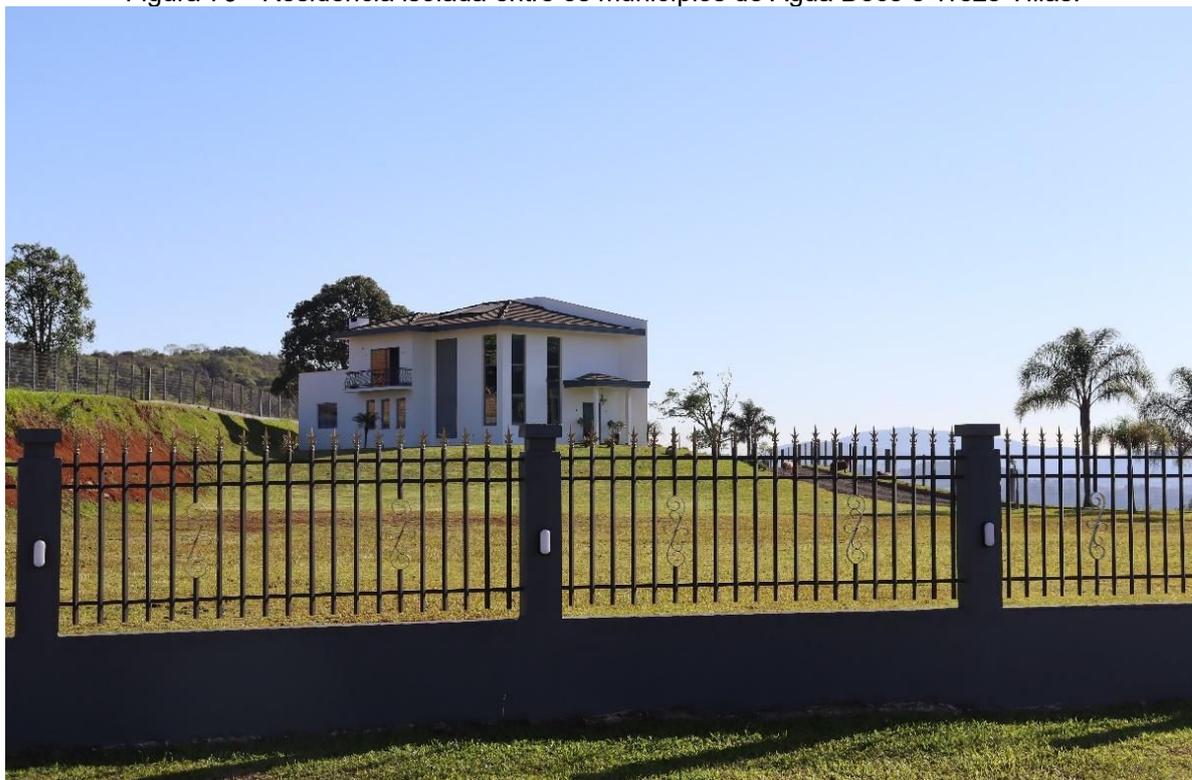
A região analisada na presente investigação é composta por municípios com base em uma economia voltada à agroindústria que, como relatado por moradores durante a expedição, já não obtêm mão de obra suficiente para atender à demanda local por trabalhadores. Santa Catarina vive o pleno emprego (Federação Das Indústrias do Estado de Santa Catarina, 2023).

É de se esperar que a possível instalação de uma indústria de hidrocarbonetos na região, traga consigo, uma grande e complexa operação e que a disputa por mão de obra ocorra rapidamente, trazendo intenso crescimento populacional e por consequência impactos na identidade da comunidade e no modo de vida rural e urbano, tensão nas relações sociais e aumento das desigualdades. Nesta hipotética realidade é de se questionar se o efetivo da estrutura da segurança pública está devidamente dimensionado ou novos investimentos serão necessários (Tan *et al.*, 2022a).

Outros problemas que já existem e são comumente encontrados nos municípios podem ser potencializados como o alcoolismo, a prostituição, pequenos e grandes delitos, furtos entre outros. Neste sentido, observando o modo de vida das pessoas dos diversos municípios visitados é possível sugerir que, além da segurança pública, outras estruturas devam ser redimensionadas, como serviços sociais, atendimentos psicológicos, apoio familiar entre outros (Tan *et al.*, 2022a).

Outra característica predominante nos vilarejos e comunidades visitadas é o isolamento. Residências isoladas, como os municípios de Água Doce e Treze Tílias, apresentadas na Figura 79, são facilmente identificadas nas estradas do interior das regiões percorridas e poderão estar suscetíveis à abordagem da violência.

Figura 79 - Residência isolada entre os municípios de Água Doce e Treze Tílias.



Fonte: do autor

O isolamento pode ser um problema a ser enfrentado pelas forças de segurança da região. Mesmo que haja um acréscimo de efetivos de policiais militares e um Plano de Segurança Pública na Região, não há garantias de que consigam atender uma ocorrência em residências isoladas a tempo hábil, isso, levando em consideração a significativa presença da população em áreas remotas (Santa Catarina, 2020).

Estas edificações foram fartamente identificadas ao longo do caminho percorrido entre os vários municípios das áreas pesquisadas. A localização dessas residências ocorre, em maior parte, em função de instalações de unidades agroindustriais e de criação de suínos como demonstrado na Figura 80.

Figura 80 - Unidade de criação de suínos entre Água Doce e Treze Tílias.

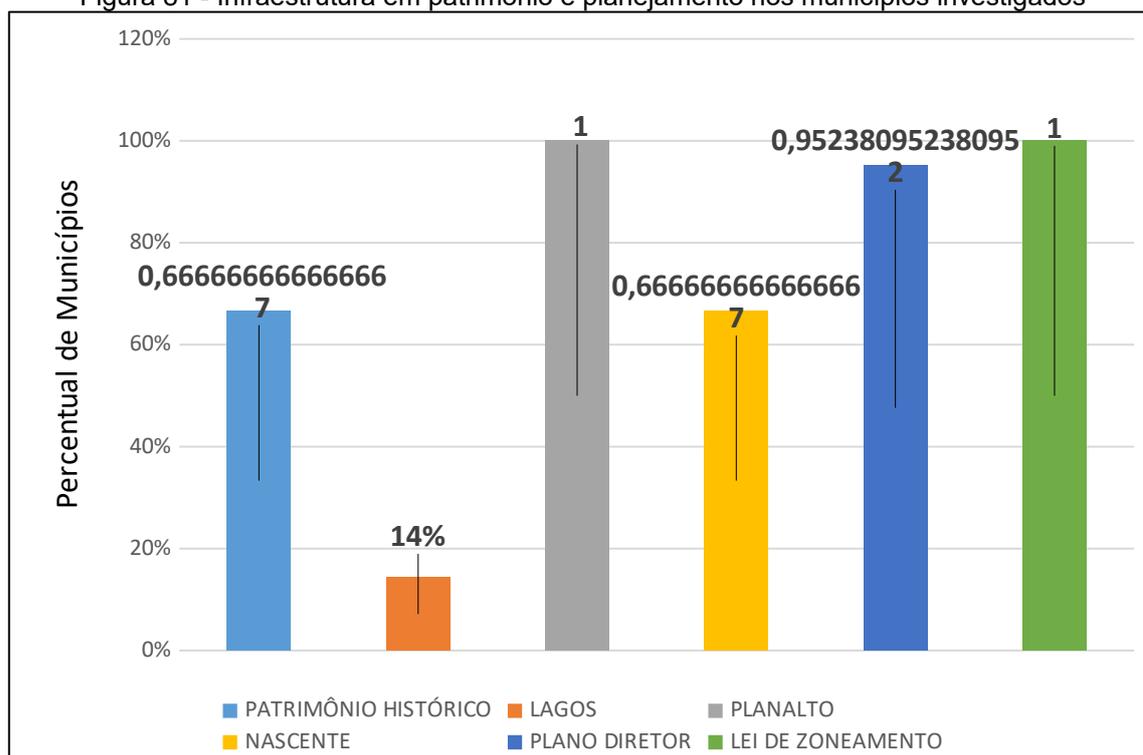


Fonte: do autor

Os povoados localizados nas áreas isoladas e que foram percebidos durante o trajeto, em sua maioria, são formados por pequenos produtores rurais e colaboradores que atuam nas indústrias instaladas. Os depoimentos ouvidos apontaram que, atualmente, existe uma sensação de segurança, mesmo que a localização da viatura policial mais próxima possa estar a quilômetros de distância (Santa Catarina, 2020).

Outro ponto relevante levantado junto aos municípios percorridos durante a viagem, foi quanto à existência de estrutura municipal em arquitetura e planejamento. A Figura 81 apresenta dados sobre a existência de patrimônio histórico artístico e cultural, lagos e lagoas relevantes para o abastecimento de água e lazer, características da paisagem, Planos Diretores e Leis de Zoneamento. Esses Instrumentos de cultura, lazer e organização administrativa podem descrever algumas características relevantes e indispensáveis na compreensão da diversidade e tradição local.

Figura 81 - Infraestrutura em patrimônio e planejamento nos municípios investigados



Fonte: Elaborado pelo autor.

No levantamento realizado, se pode observar que mais da metade dos municípios possuem algum tipo de patrimônio histórico artístico e cultural ou ainda monumentos relevantes para a história das cidades (Santa Catarina, 2022).

Os registros de lagos ou lagoas não se mostraram representativos no abastecimento das cidades e no interior.

Pelo levantamento, percebe-se que todos municípios visitados estão dispostos em relevo determinado como planalto, com mais da metade delas com registro de nascentes com alguma importância para as comunidades locais (Santa Catarina, 2023).

Em termos de organização urbana, grande parte dos municípios já possui Lei de Plano Diretor e de Zoneamento Territorial Urbana ou estão em fase de aprimoramento da legislação.

O Estado de Santa Catarina apresenta três grandes unidades de relevo: a planície litorânea ou costeira, os planaltos e serras do leste (incluindo as serras litorâneas) e o planalto ocidental (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023).

Municípios como Herval D'Oeste, Joaçaba, Luzerna, entre outros, dispõem de uma topografia local com expressivas formas colinosas em composição com

morros e depressões. Essa região guarda em sua história riqueza imensurável e expressa em seus inúmeros monumentos, arquitetura e paisagem, como esta relíquia da cultura alemã (Figura 82), encontrada em um perímetro de estrada localizado entre Joaçaba e Ibicaré.

Figura 82 - Igreja em madeira com característica alemã.



Fonte: do autor

Símbolo da fé e cultura local, o Monumento de Frei Bruno também está presente na paisagem de Joaçaba (Figura 83).

Figura 83 - Monumento de Frei Bruno localizado no município de Joaçaba.



Fonte: do autor

Um olhar mais atento em comunidades na zona rural, também, permite encontrar exemplares de arquitetura germânica que estão nas raízes dos povoados locais, como retratado na Figura 84.

Figura 84 - Casa com valor histórico e cultural localizado em comunidade rural de Iomerê.



Fonte: do autor

Conforme já descrito, os impactos do *fracking* podem provocar mudança visual do ambiente natural e interferência nos atributos sociais das localidades, comprometendo a apropriação de uma identidade local, que pode estar relacionada à arquitetura, um modo de viver ou mesmo o caráter da comunidade (Tan *et al.*, 2022a).

Essa identidade é algo que foi percebido em grande parte das cidades e comunidades visitadas, levantando a questão de quanto do caráter local pode ser perdido ou alterado com bruscas intervenções, como as habitualmente percebidas na indústria do *fracking* (Tan *et al.*, 2022a).

O Monumento aos Tropeiros dos municípios de Porto União (Figura 85) é um exemplo de motivo que une as comunidades da região e que consolidam um forte elo entre as culturas (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro E Pequenas Empresas, 2019b).

Figura 85 - Monumento aos Tropeiros localizado no Portal de entrada do município de Porto União

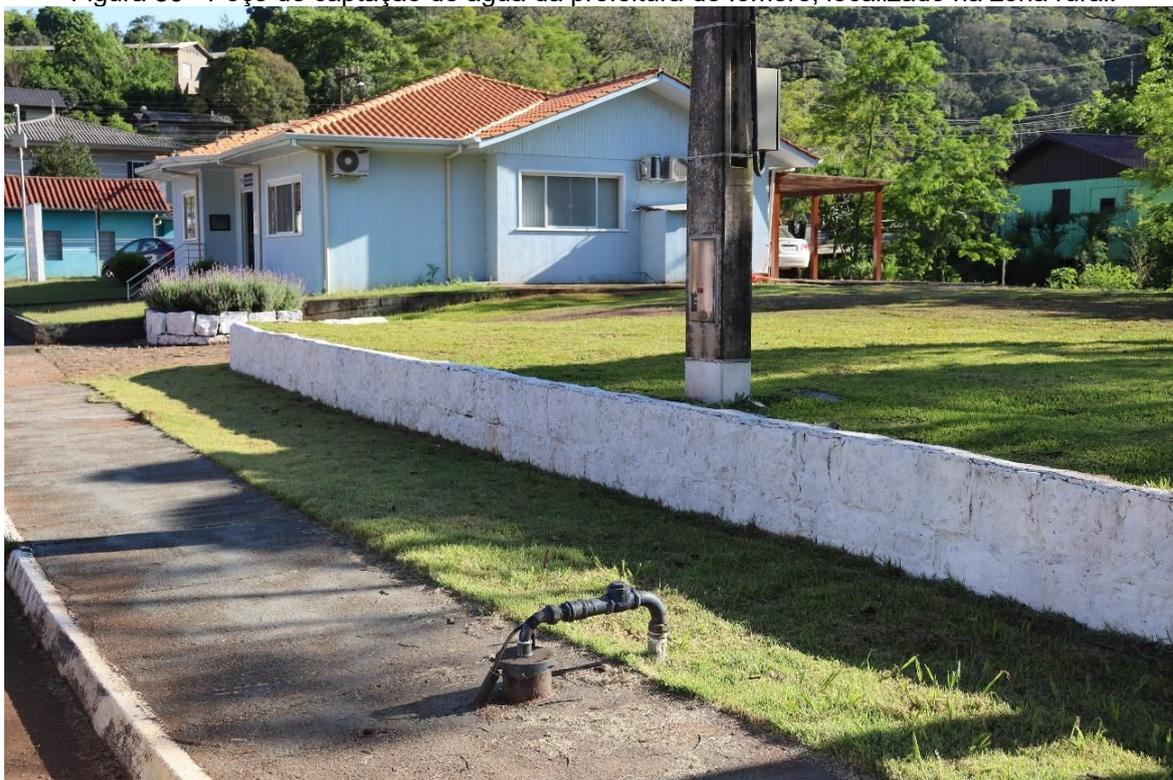


Fonte: do autor

Em Santa Catarina existem municípios inteiros que são abastecidos por extensos lagos, lagoas ou mesmo barragens. No caso da região que contempla as cidades visitadas, a maior fonte de captação de água potável são os rios, em especial o Rio do Peixe e seus afluentes (Comitê de Gerenciamento Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe e Bacias Contíguas, 2024).

Também é muito comum, nas comunidades mais isoladas, a captação por poços profundos, conhecidos como “poços artesianos” (Figura 86). Esses sistemas são amplamente difundidos e intensamente utilizados como fonte confiável de água potável.

Figura 86 - Poço de captação de água da prefeitura de Iomerê, localizado na zona rural.



Fonte: do autor

Outro aspecto observado na pesquisa, foi a legislação urbana dos municípios. A identificação da legislação pertinente nesses lugares pode ajudar a respaldar decisões municipais no âmbito da regulação empresarial, uso do solo entre outros. O instrumento muito relevante, nesses casos, é o Plano Diretor, que influencia na política urbana, instituído pela Constituição Federal de 1988 e regulamentado pela Lei Federal n.º 10.257, de 10 de julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade.

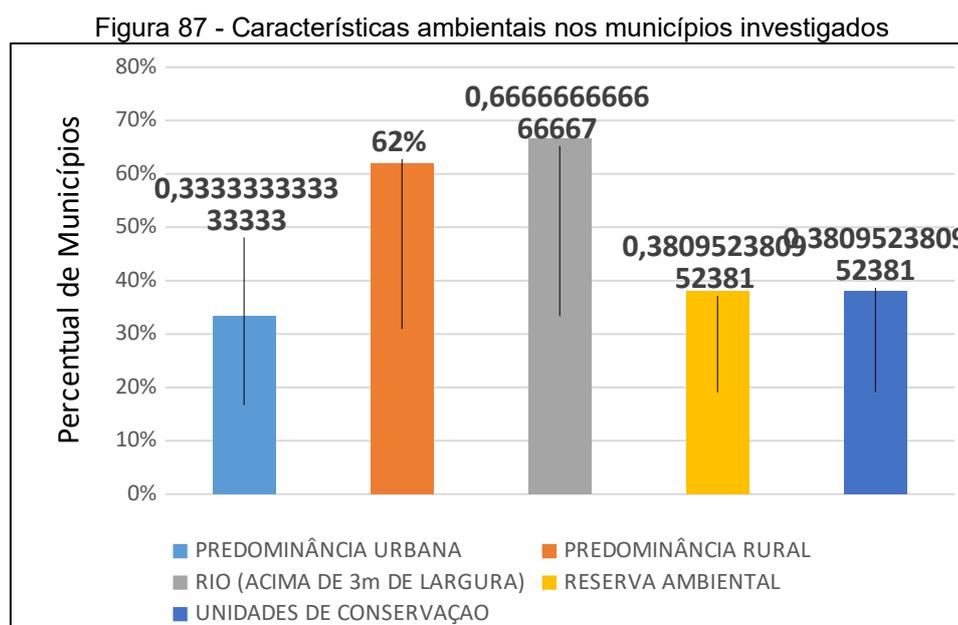
Essas Leis devem ser revistas, no mínimo a cada 10 anos, e isso poderia auxiliar os municípios da região como um possível contraponto a indústria de hidrocarbonetos.

Na pesquisa executada por Tan e colaboradores (2022), identificou-se que quanto mais benefícios o proprietário tem com a operação da indústria do *fracking*, menos ele percebe seus problemas. No Brasil, a Lei 10.257/01 (Estatuto das Cidades) (Brasil, 2001) estabelece normas que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Assim, a comunidade pode se sobrepor ao desejo individual do proprietário caso o mesmo tenha interesse econômico (aluguel e/ou indenização) na instalação da atividade.

Uma operação de extração de gás natural é complexa e envolve a contratação de um número expressivo de trabalhadores especializados ou não. Sendo assim, a oferta de trabalho sempre aumenta de forma exponencial em um primeiro momento na região, levando a uma aparente prosperidade (Tan *et al.*, 2022b). Assim, o município que dispuser de Leis como a do Plano Diretor poderá melhor gerir o diálogo em prol do coletivismo social.

Essas regiões e cidades visitadas estão muito bem organizadas e culturalmente comprometidas com o bem-estar das comunidades e isso foi percebido nas inúmeras conversas informais que o autor desta investigação teve ao longo das visitas.

Com objetivo de compreender um pouco mais sobre os aspectos ambientais, foi preciso levantar informações a respeito do perfil urbano e rural das populações, dos rios e unidades de conservação nos municípios pesquisados (Figura 87). As informações obtidas tratam de assuntos relevantes para a compreensão da dinâmica dos municípios e como seus territórios estão cobertos por unidades de conservação. Os dados foram obtidos por meio de coleta de informações junto às prefeituras, na base de dados do IBGE e através de levantamento no site do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA).



Fonte: do autor

O primeiro dado relevante está no quantitativo de habitantes que residem em zonas urbanas e rurais. Majoritariamente, as pessoas estão no interior das cidades e pode-se dizer que a vida social organizada está intimamente ligada e dependente

dos serviços prestados pela municipalidade, tais como, o fornecimento de água, esgoto, coleta de lixo, iluminação pública, saúde entre outros.

A bibliografia aponta que a pressão sobre os serviços públicos locais, em geral, não é percebida por quem reside imediatamente próximo às usinas de extração do gás (Tan *et al.*, 2022), uma vez que as operações de *fracking* podem acontecer em áreas mais afastadas dos meios urbanos.

As populações podem perceber os sinais de sobrecarga dos sistemas quando se inicia uma disputa pelos serviços públicos existentes, levando a possíveis sobrecargas dos seus benefícios (Tan *et al.*, 2022a).

Considerando as limitações estruturais dos serviços atualmente oferecidos à população da região pesquisada, pode-se supor que será um desafio para o Poder Público atender a um acréscimo da demanda na dimensão necessária à indústria do *fracking* (Yu *et al.*, 2018a).

Outros equipamentos públicos como praças, quadras poliesportivas, a exemplo da Figura 88, possivelmente, serão intensamente demandadas.

Figura 88 - Equipamentos públicos de lazer, localizados no município de Tangará.



Fonte: do autor

A Figura 89 e a Figura 90 exemplificam dois municípios da região que, atualmente, são cortados por rios e que estão suscetíveis ao isolamento territorial em casos de desastres.

Figura 89 - Rio das Antas e que divide o município em duas partes



Fonte: do autor

Figura 90 - Rio do Peixe que divide o município de Caçador em duas partes



Fonte: do autor

Municípios como Caçador cresceram às margens do Rio do Peixe e sua história remonta aos tempos da Guerra do Contestado (em 1912), indicando como o meio urbano já está consolidado nas margens do rio (Beltrão, 2016).

Como visto, municípios que nascem com a condição semelhante à Caçador, Porto União, Rio das Antas terão extrema dificuldade em constituir um plano efetivo de contingências, adaptado a indústria do *fracking*.

Quanto à existência de Unidades de Conservação no perímetro identificado pela ANP, conforme já apresentado na Figura 87, observa-se que o número de delimitações Estaduais e Federais não é significativo, em termos de quantidade de área territorial. Portanto, a indústria do *fracking* não terá dificuldade em realizar a escolha de suas áreas de exploração e exploração.

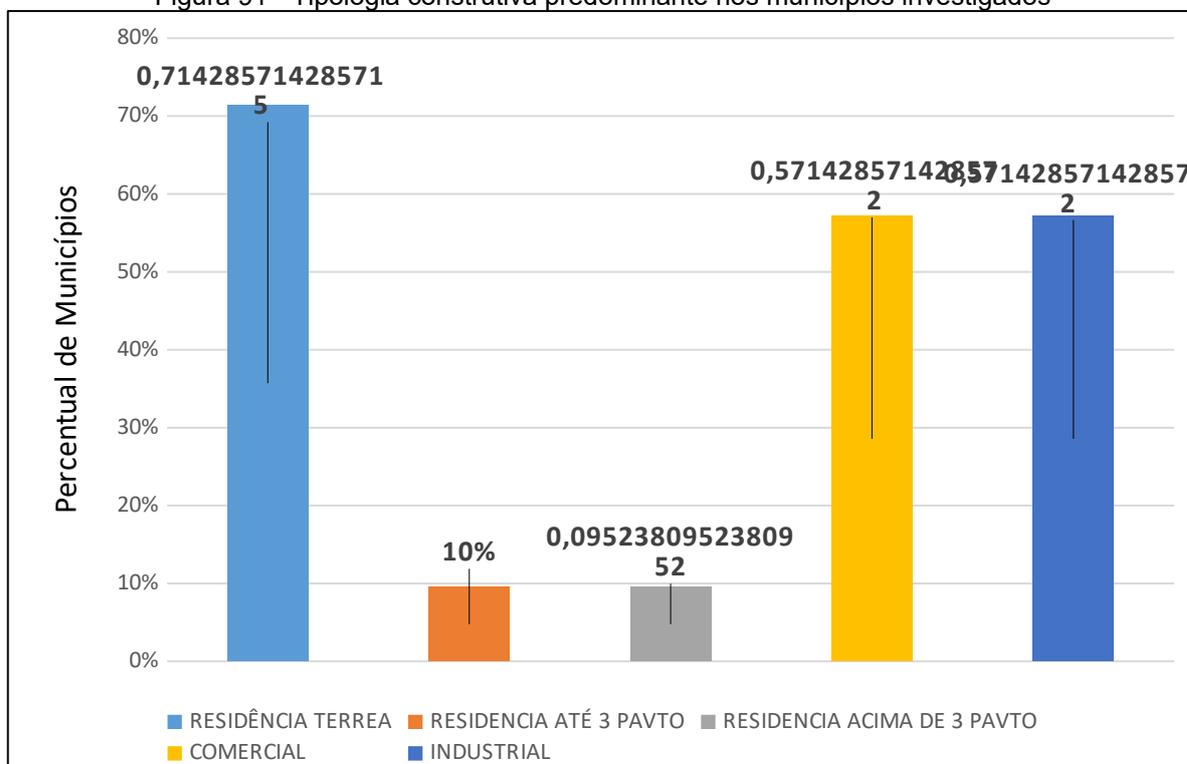
A preocupação quanto à exploração do gás natural de folhelhos através da técnica do *fracking* permeia os municípios da região e inúmeras preocupações e receios são levantados. Ireneópolis, inclusive, já produziu legislação municipal a respeito do assunto. A Lei municipal nº 2041/2019 dispõe:

Dispõe sobre a proibição da concessão de alvará e/ou licença para o uso do solo e para o tráfego de veículos em vias públicas, a outorga e o uso de

águas, a queima de gases na atmosfera, a vedação da concessão de anuência prévia em licenciamentos e outorgas de água com a finalidade de exploração e/ou exploração dos gases e óleos não convencionais (gás de xisto, gás metano carbonífero e outros) pelos métodos de fraturamento hidráulico ou fracking, refraturamento hidráulico, petrosix (convencional), gás de carvão ou coalbedmethane e areia betuminosa ou tarsands na esfera da competência municipal, bem como proíbe a instalação, reforma ou operação de atividades, serviços, empreendimentos e obras de produção, comercialização, transporte, armazenamento, utilização, importação, exportação, destinação final ou temporária de resíduos, ou quaisquer outros produtos usados para o fraturamento hidráulico ou fracking, refraturamento hidráulico, petrosix (convencional), gás de carvão ou coalbedmethane e areia betuminosa ou tarsands e componentes e afins, gás metano carbonífero e similares, metais pesados e radioativos, em todo o território do município de Irineópolis, no estado de Santa Catarina, estabelece penalidades e dá outras providências (Ireneópolis, 2019).

A tipologia construtiva predominante nos municípios visitados (Figura 91) também teve abordagem investigada neste trabalho, uma vez que fornecem dados relevantes e que substanciam conclusões mais assertivas. A análise da existência de áreas industriais e mesmo de zonas intensamente comerciais corroboram para o desenho das cidades.

Figura 91 - Tipologia construtiva predominante nos municípios investigados



Fonte: do autor

Os resultados obtidos mostram que, quase em sua totalidade, as residências dos municípios são de gabarito de até 3 (três) metros, ou seja, de imóveis térreos.

Por outro lado, parte muito inferior das residências são de 1 (um) a 3 (três) pavimentos e da mesma forma imóveis acima dos 3 (três) pavimentos. Analisando outros dados, percebe-se relevantes movimentações econômicas nos municípios investigados e que estão voltadas a atividades comerciais e industriais, contemplando uma zona industrial existente e operacional.

Percorrendo os municípios, observou-se a tendência de verticalização com edifícios e certo adensamento urbano. Por outro lado, municípios menores e menos populosos ainda dispõem de mais espaço urbano, onde a pressão imobiliária é menor. Isso se reflete na existência da tipologia térrea como predominante.

Um exemplo, é o município de Joaçaba (Figura 92), que, segundo dados do censo do IBGE de 2019, possui 30.404 habitantes. Um município considerado polo e com urbanização verticalizada em seu centro urbano.

Figura 92 - Imagem da parte central do município de Joaçaba.



Fonte: do autor

Diferente de Joaçaba, neste perfil está, por exemplo, o município de Treze Tílias (Figura 93), que, segundo o censo do IBGE de 2020, possui 7.991 habitantes e se caracteriza por habitações térreas.

Figura 93 - Imagem panorâmica do centro do município de Treze Tílias.



Fonte: do autor

Segundo Tan *et al.* (2022) a disponibilidade insuficiente de moradias é percebida como consequência do rápido (embora efêmero) aumento da população, principalmente, nas áreas localizadas no interior das regiões ocupadas pelo *fracking*.

Quando se observa os municípios do interior da região da pesquisa, onde suas populações são reduzidas, imagina-se que caso haja uma rápida demanda por moradias a primeira consequência, além da escassez, pode ser o aumento do valor dos aluguéis. O contrário também pode ser verdadeiro, caso haja um problema causado pela indústria do *fracking*, a desvalorização dos imóveis tende a seguir uma queda do valor dos aluguéis (Tan *et al.*, 2022a).

Algumas distorções podem haver com o rápido crescimento ocasionado pela forte imigração. No primeiro momento, é possível que haja uma intensa valorização dos imóveis e isso pode estimular o mercado imobiliário a executar novos projetos, elevando o número de habitações oferecidas. Como se observou na bibliografia, uma indústria de *fracking* atinge seu esgotamento em tempo de produção em menos de 10 anos, ao contrário da indústria petrolífera que pode produzir por décadas (Lage; Processi; Souza; Dores; Galoppi, 2013).

A consequência natural é o êxodo da maioria dos trabalhadores, gerando um excesso de imóveis desocupados.

As propriedades rurais identificadas ao longo da expedição são intensamente produtivas e seus moradores interconectados à vizinhança por costumes incentivados pelo sistema agroindustrial. Com a locação das terras para uma indústria de *fracking*, o proprietário do imóvel tende a ser beneficiado pelo pagamento da remuneração da terra, contudo há uma tendência de que as terras vizinhas percam valor de mercado em função de possíveis problemas com a operação. Essa análise é baseada na bibliografia que reporta fatos casos ocorridos nos países que operam o *fracking* (Tan *et al.*, 2022a) e em especial, nos EUA.

Durante visita a algumas prefeituras dos municípios mapeados pela ANP, funcionários dessas instituições relataram que acompanharam as publicações da agência e se disseram preocupados com uma possível instalação dessa indústria.

Houve pessoas que participaram de reuniões promovidas por autoridades e organismos não governamentais em 2017, quando na mesma época foram vistos comboios de caminhões vibradores na região. As máquinas eram de uma empresa dos EUA, a Global Geophysical Services, contratada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), para a aquisição de dados sísmicos na Bacia do Paraná. A Coalizão Não *Fracking* Brasil pelo Clima, Água e Vida, à época, publicou artigo e realizou reuniões com alguns representantes dos municípios da região, alertando os moradores para a nocividade das operações de extração por *fracking*.

As usinas de extração de gás por *fracking* não se utilizam de áreas industriais para realizarem suas operações de extração, uma vez que as reservas de gás podem estar situadas em qualquer lugar dentro do perímetro mapeado pela exploração inicial. Assim, as áreas industriais encontradas nos municípios visitados, têm poucas chances de serem aproveitadas para este fim. Os recursos minerais, por princípio constitucional, constituem propriedades distintas do solo e pertencem à União (Artigo 176 da Constituição Federal Brasileira).

A partir dos estudos de percepção de riscos do *fracking* nos EUA, Angola e Santa Catarina, se pode apontar algumas considerações.

A reflexão mais relevante, talvez tenha sido perceber, *in loco*, a dimensão das desigualdades humanas nos EUA, em Angola e no Brasil. São tragédias sociais que transformam países como a Angola em guetos de pobreza e miséria, conduzindo a busca pelo crescimento econômico como uma obsessão governamental ou condição fundamental para a manutenção do Estado.

Angola, um dos países pesquisados, é extremamente dependente da sua indústria petrolífera. Desta forma, o seu crescimento econômico é uma questão de sobrevivência. Por outro lado, o Brasil tem em suas reservas de petróleo e gás um instrumento monetário estratégico que colabora no equilíbrio fiscal do país com suas receitas originadas pelos lucros da Empresa de Petróleo Brasileiro S.A (Petrobrás).

Já os EUA o gás extraído por *fracking* é um fator geopolítico que lhe permite independência quanto às variações dos preços do petróleo e do gás, independente das cotações do barril de petróleo internacional.

Observa-se que os muitos interesses econômicos revelam que o crescimento norteia, quase sem exceção, o planejamento orçamentário dos países visitados. Contudo, existe um componente desafiador que é a escassez dos recursos naturais, sendo que a sua extração e uso, sem limites, pode comprometer a qualidade da vida no planeta.

A fome do continente africano gera necessidades muito diferentes daquelas percebidas em outras nações. As carências fisiológicas de comunidades angolanas, por exemplo, não são compatíveis de comparação com as de um cidadão americano ou europeu.

A percepção é de que o cidadão comum dos EUA, Angola ou Brasil não está, totalmente, consciente dos impactos de seu consumo e que a população de cada um dos países entende seu problema ambiental, mas essa percepção pode variar de acordo com a posição social que o indivíduo ocupa.

As viagens exploratórias realizadas nos EUA, Angola e no Brasil revelaram que existem distorções relevantes de produção e consumo na exploração de hidrocarbonetos. O Brasil extrai petróleo (crú) e gás em quantidades superiores às necessidades de seu consumo, sendo que a produção excedente é comercializada, gerando receitas financeiras para a Petrobrás, e seu principal acionista, que é o Governo Brasileiro. Portanto, o país, assim como Angola, produz e exporta muito

petróleo cru, mas volta a comprar os seus derivados refinados de outros países que fazem esse processo. Essa dinâmica nem sempre é justa, uma vez que a extração de matérias-primas não tem o mesmo valor agregado do hidrocarboneto refinado.

Em termos mundiais, há uma forte preocupação com os desequilíbrios socioambientais e como suas consequências poderão afetar as futuras gerações. Isso eleva as incertezas quanto ao futuro do planeta que as próximas gerações deverão herdar. As perspectivas apontam para uma terra intensamente debilitada e exaurida de seus principais recursos naturais. Assim, uma relevante percepção diz respeito às preocupações das sociedades pesquisadas, com a afirmação de que o crescimento se configura com única solução real para a prosperidade das mesmas.

Um dado importante observado nesta investigação está relacionado à visão de que parte dos cidadãos dos EUA não percebe os efeitos das mudanças climáticas e suas consequências. Por outro lado, esta percepção existe na população angolada, muito em função de suas muitas carências. São realidades distintas, mas que trazem como consequência os mesmos problemas, como a exaustão dos recursos naturais em troca de um futuro inserto das gerações vindouras.

Em geral, as propagandas documentadas a favor da extração de hidrocarbonetos através de técnicas como o *fracking* exploram os resultados bem sucedidos do negócio. Contudo, outras questões que envolvem os riscos também deveriam ser abordadas com a mesma ênfase, o que não pareceu claro nas comunidades investigadas.

Antes da pandemia do “Corona vírus” ser anunciada em 31 de dezembro de 2019 pela Organização Mundial da Saúde (OMS), o planeta seguia caminhando em busca da transição energética. Com o surgimento do primeiro caso na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China, a maioria dos países em todo mundo fechou suas fronteiras e mantiveram as suas populações confinadas. Isto gerou uma drástica queda no valor do barril de petróleo, cotado em 31 de dezembro de 2019 em 67,77 dolares. As populações mais afetadas, com essa queda, foram aquelas cuja dependência da venda do hidrocarboneto é mais expressiva, gerando queda na receita estatal e inflação, como no caso de Angola.

Em 05 de maio de 2023, após três anos, a Organização Mundial da Saúde (OMS) anunciava o final da pandemia e da adoção da emergência global e o planeta parecia voltar à normalidade após essa tragédia global. Porém, em 24 de fevereiro

de 2022, ocorreu a invasão da Ucrânia pela Rússia, onde o barril do petróleo saltou para mais de 100 dólares, abalando, drasticamente, o mercado mundial de hidrocarbonetos. Além disso, o gás natural russo deixou de ser comercializado nos países da Europa que anteriormente se posicionavam na direção da transição energética. Assim, com a falta do gás russo, se obrigaram a adotar medidas emergenciais, tais como acionamento de usinas nucleares e termoelétrica à carvão de diesel, na tentativa de suprir a falta do gás natural.

Constatou-se que, não só os preços dos combustíveis fósseis afetaram a vida das populações mais pobres, mas também o aumento dos preços dos cereais, que tem na Ucrânia um grande produtor. Assim, um mundo cada vez mais dividido tem gerado graves distorções sociais, levando a um aumento da fome, principalmente, nos continentes mais fragilizados socialmente.

Neste contexto, em um mundo globalizado e cada vez mais complexo, diversos países vêm adotando ações para estimular o crescimento econômico. No Brasil e Angola, em especial, a necessidade de exportação é conduzida fortemente com objetivo de manter suas taxas de crescimento.

Outra percepção decorrente desta pesquisa é a de que a exploração de recursos naturais em países pobres, nem sempre conseguem transformar suas riquezas em benefícios para suas populações. Esta característica é inerente ao sistema capitalista e seus modos de produção e consumo. Neste contexto, entende-se que a busca pelo crescimento econômico, por si só, não dá conta de alcançar o bem estar da sociedade de um país. Este cenário macroeconômico parece decretar que os países pobres continuem pobres e os ricos ainda mais ricos. Essa distorção foi evidenciada nesta pesquisa, quando comparada as expectativas e as percepções da realidade em cada país.

Não está claro os caminhos que a humanidade pode, ainda, trilhar para que seus povos alcancem a felicidade, ou mesmo, que tenham suas necessidades básicas atendidas. Entretanto, parece necessário que um novo trajeto deve ser buscado na tentativa de que as futuras gerações possam avançar em termos socioambientais.

O crescimento econômico traz uma falsa ilusão de evolução e prosperidade, pois os seus fundamentos são baseados no estímulo ao consumo. Os fundamentos do desenvolvimento, por outro lado, demonstram maior tolerância e equilíbrio social,

econômico e ambiental, como pode ser observado em países que apresentam este perfil.

Os hidrocarbonetos extraídos pela técnica do *fracking* a tempo encanta o mercado e seus investidores de petróleo e gás. Porém, apesar desse procedimento exploratório ter potencial para ser uma ótima solução energética, também levanta preocupações quando às consequências ambientais imprevisíveis, principalmente, para os aquíferos essenciais para a manutenção da agricultura e pecuária no Brasil.

Por fim, outra percepção constatada nesta pesquisa, é de que, apesar da humanidade viver em tempos ativos de globalização, ela se torna, a cada dia, refém do capitalismo. Porém, entende-se que a evolução dos países depende da evolução das pessoas e de seus modos de vida.

## 6 CONCLUSÕES

O presente trabalho se propôs a realizar estudos dos possíveis impactos negativos e análise preliminar de percepção de riscos socioeconômicos, geográficos, ambientais e urbanísticos decorrentes da extração por fraturamento hidráulico de gás natural em rocha folhelho, com foco nos blocos exploratórios em Santa Catarina.

Para tanto, foi efetuada a revisão bibliográfica das principais temáticas da pesquisa, além de estudos preliminares de percepção de riscos socioambientais na extração de gás em rocha folhelho por fraturamento hidráulico em Santa Catarina, Estados Unidos e Província de Huambo em Angola.

A partir da execução das diferentes etapas da investigação, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- i. A técnica do *fracking* consiste na extração de gás de formações rochosas, em folhelhos de origem sedimentares, buscando acessar recursos naturais através da utilização de técnicas ditas não convencionais. Esse procedimento exploratório exige alta tecnologia e se diferencia dos métodos tradicionais empregados na indústria petrolífera;
- ii. Vários impactos negativos estão associados à técnica de fraturamento hidráulico, os quais incluem vazamentos, poluição atmosférica e sonora, uso abusivo de água, contaminação do lençol freático, desmatamento, geração de sismos, reativação de falhas geológicas pré-existentes, entre outros;
- iii. As áreas mapeadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) em Santa Catarina como com potencial de exploração de *fracking* são apenas expectativas da agência sem a identificação conclusiva da existência de reservas de gás em estado maduro. As mesmas estão situadas em áreas geologicamente não adequadas para a aplicação do *fracking*, já que a possível rocha geradora, o Folhelho Pirobetuminoso do Irati, é extraído nas instalações da Petrobras, em São Mateus do Sul (PR), através de mineração de superfície, e submetido a retortagem;

- iv. Os municípios inseridos pela ANP, dentro das áreas objeto de exploração por *fracking*, não dispõem de plano de contingência, em casos de acidente ou incidentes para ocorrências com hidrocarbonetos. Também não foram identificadas as condições técnicas ideais para operações da indústria petrolífera, ao se levar em consideração a infraestrutura atual em transporte, saúde, educação, segurança, planejamento urbano e meio ambiente;
- v. O aproveitamento energético de possíveis jazidas de gás poderia trazer alguns benefícios econômicos a Santa Catarina, contudo existem riscos inerentes ao *fracking* que podem reportar desde defeitos na construção dos poços de gás até infiltrações em falhas geológicas podendo acarretar na contaminação do lençol freático de forma irreversível;
- vi. Os municípios catarinenses abordados nessa pesquisa são intensamente dependentes do Rio do Peixe e poços artesianos, indicando intensa fragilidade hídrica. O alto consumo de água, potencializado pelo número expressivo de agroindústrias, acrescido do intenso consumo do líquido por parte da indústria do *fracking* poderia levar a região ao colapso hídrico;
- vii. A maioria dos municípios catarinenses descritos neste trabalho possui um tecido urbano composto por traços e contornos orgânicos, com pouco ou nenhum planejamento. Essa assimetria tem potencial de ser, negativamente, determinante em casos de acidentes com a indústria do *fracking* em termos de logística;
- viii. Santa Catarina tem nas regiões Oeste e Meio Oeste forte vocação para a agricultura, pecuária, agroindústria, turismo e serviços. A unicidade desses setores é umbilical quando se observa a sua dependência do meio ambiente. A legislação atual das cidades, também não demonstrou subsídios robustos suficientes para dar conta das novas e complexas demandas da indústria do *fracking*;

- ix. Existem diferenças acentuadas de percepção de riscos entre os Estados nos EUA em termos de aceitação do *fracking*. A indústria do fracking nos EUA tem evoluído rapidamente e vem se tornando mais segura, todavia não o suficiente para evitar que graves acidentes e contaminações continuem acontecendo, agravadas pelo sigilo imposto pelas empresas produtoras, quanto aos componentes químicos utilizados na perfuração dos poços;
- x. Os estudos quanto à normativa americana incidente sobre o processo de licenciamento ambiental de unidades de *fracking* permitiram constatar a existência de diferentes interpretações sobre a temática dos riscos socioambientais nos diferentes estados. A pesquisa também indica que o exemplo norte americano não contempla apenas dados positivos; ao contrário, vem colecionando conflitos sociais e muitas perguntas. Os números positivos do aumento da produção nos EUA avançam, mas também avançam incertezas e desilusões dentre seus cidadãos;
- xi. Angola não possui unidades de exploração por *fracking*, contudo o país detém a vice liderança na produção convencional de hidrocarbonetos na África subsaariana. A rápida exaustão na produção nos poços em atividade levou o Governo de Angola a procurar novas alternativas para manter sua produção de petróleo e gás, sendo que o país africano está disposto a instalar rapidamente a exploração por *fracking* por meio do avanço de sua legislação;
- xii. A pesquisa realizada pelo Instituto Superior Politécnico da Caála - ISPCAÁLA indica que o público pesquisado tem média resistência quanto à utilização da técnica de extração de gás por *fracking* e que está disposto a suportar as consequências da operação de forma a alavancar a economia. Quando abordados sobre temas considerados sensíveis como a escassez da água ou mesmo a violência, os pesquisados indicaram, em maioria, contrariedade ao *fracking*;
- xiii. Por fim, consagra-se a ideia, amplamente defendida por organismos não governamentais, de que Santa Catarina não está preparada para avançar na exploração e exploração do *fracking*. Em que pese os interesses da indústria

petroleira e dos governos, ainda não estão amplamente quantificados os custos que a sociedade deverá pagar ao assumir a exploração não convencional. As atividades de *fracking* terão extrema dificuldade em avançar em Santa Catarina, uma vez que já foram constituídas Leis com parâmetros protetivos contra a exploração não convencional.

## REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ-RAMOS, C. *et al.* A brief systematic review of the literature on the economic, social and environmental impacts of shale gas exploitation in the United Kingdom. **Energy Reports**, v. 6, p. 11–17, 1 dez. 2020.

AMNISTIA INTERNACIONAL. **Repressão em Angola: torturas, mortes e uso de força excessiva pelas autoridades**. Disponível em: <<https://www.amnistia.pt/donativo-violencia-policia-angola/>>. Acesso em: 13 fev. 2024.

ANGOLA. **Decreto Presidencial nº 282, de 27 DE OUTUBRO DE 2020. Luanda: Diário da República** Angola, 1 dez. 2021. Disponível em: <[https://mirempet.gov.ao/fotos/frontend\\_11/gov\\_documentos/dp\\_283\\_20-modelo\\_definicao\\_precos\\_derivados\\_petroleo\\_11413095885ff5e4752407d.pdf](https://mirempet.gov.ao/fotos/frontend_11/gov_documentos/dp_283_20-modelo_definicao_precos_derivados_petroleo_11413095885ff5e4752407d.pdf)>. Acesso em: 9 mar. 2024

APPALACHIAN TRAIL CONSERVANCY. **Interactive Map**. Disponível em: <<https://appalachiantrail.org/explore/hike-the-a-t/interactive-map/>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

BELTRÃO, T. **Há 100 anos, o fim da sangrenta Guerra do Contestado**. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2016/07/01/ha-100-anos-o-fim-da-sangrenta-guerra-do-contestado>>. Acesso em: 4 fev. 2024.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **12ª Rodada de Licitações de Blocos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/rodadas-anp/rodadas-concluidas/concessao-de-blocos-exploratorios/12a-rodada-licitacoes-blocos>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Blocos Exploratórios - Setor SPAR-CS - Bacia do Paraná**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/rodadas-anp/oferta-permanente/opc/arquivos/mapas/blocos-ap/bacias-terrestres/spar-cs.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural. **2010**, [s.d.].

BRASIL. Ministério dos Transportes. Subsecretaria de Fomento e Planejamento. INFRASA. **Mapa Ferroviário: anuário estatístico 2010-2020**. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/wp-content/uploads/2023/07/MapaFerroviario.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

BRASIL. Programa de Parceria de Investimentos. **4º ciclo da oferta permanente de concessão tem recorde de blocos arrematados; 2º ciclo no regime de partilha licita o bloco de Tupinambá**. Disponível em: <<https://ppi.gov.br/4o-ciclo-da-oferta->

permanente-de-concessao-tem-recorde-de-blocos-arrematados-2o-ciclo-no-regime-de-partilha-licita-o-bloco-de-tupinamba/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

BRASIL. Secretaria-geral. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto nº 10.336, de 05 de maio de 2020**. Dispõe sobre a qualificação do projeto de poço transparente em reservatório de baixa permeabilidade de petróleo e gás natural, no âmbito no Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10336.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10336.htm)>. Acesso em: 26 dez. 2023.

CANOINHAS. **Localização**. Disponível em: <<https://pmc.sc.gov.br/pagina-3661/>>. Acesso em: 1 jan. 2024.

CLENNELL, M. B. Hidrato de gás submarino: natureza, ocorrência e perspectivas para exploração na margem continental brasileira. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, n. 3, p. 397–409, 2000.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE E BACIAS CONTÍGUAS. **Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <<https://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-rio-do-peixe/bacia-hidrografica-rio-do-peixe>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

COSTA, M. G. *et al.* A delinquência juvenil em Angola: um olhar para educação, desigualdades sociais e económicas dos jovens, caso do município do Bailundo. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 2, p. 37–61, 28 fev. 2022.

DW ÁFRICA. **Angola anuncia saída da OPEP devido a limites à produção**. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-002/angola-anuncia-sa%C3%ADda-da-opep-devido-a-limites-%C3%A0-produ%C3%A7%C3%A3o/a-67791578>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

EMBAIXADA DA REPÚBLICA DE ANGOLA. **Dados Geográficos**. Disponível em: <<https://www.embangola.at/dados.php?ref=dados-geograficos>>. Acesso em: 13 fev. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2022**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

ESRI. **Oil and Gas Wells in the US**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[https://utility.arcgisonline.com/arcgis/rest/directories/arcgisoutput/Utilities/PrintingTools\\_GPSTools/x\\_\\_\\_\\_x6YoLK\\_gFnbqAtauryrit5g.x\\_\\_\\_\\_x\\_ags\\_0ae27a27-c8e5-11ee-bde0-0e206d5cb93d.pdf](https://utility.arcgisonline.com/arcgis/rest/directories/arcgisoutput/Utilities/PrintingTools_GPSTools/x____x6YoLK_gFnbqAtauryrit5g.x____x_ags_0ae27a27-c8e5-11ee-bde0-0e206d5cb93d.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2024.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Com pavimentação precária, BRs em SC comprometem segurança e economia**.

Disponível em: <<https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/com-pavimentacao-precaria-brs-em-sc-comprometem-seguranca-e-economia>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **SC tem o quarto maior saldo de empregos em outubro**. Disponível em: <<https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/sc-tem-o-quarto-maior-saldo-de-empregos-em-outubro>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

FERNANDO SCHEIBE, L. *et al.* **O SISTEMA AQUÍFERO INTEGRADO GUARANI/SERRA GERAL (SAIG/SG) COMO UNIDADE DE GESTÃO Em Santa Catarina, a Rede está estruturada em seis grandes Metas: Localização do SAIG/SG, mapa e perfil hidrogeológico do Estado de Santa Catarina**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[www.rgsg.com.br](http://www.rgsg.com.br)>.

FRACTARCKER.ORG. **34 states in U.S. have active oil & gas activity - based on 2016 analysis**. Disponível em: <<https://www.fractracker.org/2017/03/34-states-active-drilling-2016/>>. Acesso em: 12 jan. 2024.

FRACTRACKER. **How Spills, Holes, and Cracks Release Fracking Chemicals Into the Environment - FracTracker Alliance**. Disponível em: <<https://www.fractracker.org/2023/08/how-spills-holes-and-cracks-release-fracking-chemicals-into-the-environment/>>. Acesso em: 11 fev. 2024.

FRACTRACKER ALLIANCE. **Oil and Gas Drilling 101**. Disponível em: <<https://www.fractracker.org/resources/oil-and-gas-101/>>. Acesso em: 30 dez. 2023.

FRACTRACKER ALLIANCE. **Mapa das bacias de xisto nos eua. Fracktracker Alliance**, 2023. Disponível em: <<https://maps.fractracker.org/latest/?webmap=b26c43968bf8435388cbd4b33f2c4b3d>>. Acesso em: 10 fev. 2024

FRY, M.; BRIGGLE, A.; KINCAID, J.; Fracking and environmental (in)justice in a Texas city. **Ecological Economics**, v. 117, p. 97–107, 1 set. 2015.

FUNDACIÓN AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. **Efectos, impactos y riesgos socioambientales del megaproyecto Vaca Muerta**. Buenos Aires: [s.n.]. Disponível em: <[https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2021/02/DOC\\_IMPACTOS-VACA-MUERTA\\_links.pdf](https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2021/02/DOC_IMPACTOS-VACA-MUERTA_links.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2024.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA ANGOLA. **Emergências**. Disponível em: <<https://www.unicef.org/angola/emergencias>>. Acesso em: 12 fev. 2024.

GAUTO, M. **Petróleo e gás: princípios de exploração, produção e refino**. Ed. Bookman ed. Porto Alegre: [s.n.].

GLOBAL FOREST WATCH. **Huambo, Angola Deforestation Rates & Statistics**. Disponível em: <<https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/AGO/9/?map=eyJjYW5Cb3VuZCI6dHJ1ZX0%3D>>. Acesso em: 12 fev. 2024.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**, v. 72, p. 06–15, dez. 2006.

GOUNARIDIS, D.; NEWELL, J. P. The social anatomy of climate change denial in the United States. **Scientific Reports**, v. 14, n. 2097, p. 1–12, 8 mar. 2024a.

GOUNARIDIS, D.; NEWELL, J. P. The social anatomy of climate change denial in the United States. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 2097, 8 mar. 2024b.

GOVERNO FEDERAL. RESOLUÇÃO N° 6. 2013.

HALL, P. K. **Two more large-scale solar projects in Ohio turned down due to community opposition**. Disponível em: <<https://farmoffice.osu.edu/blog/fri-01202023-403pm/two-more-large-scale-solar-projects-ohio-turned-down-due-community>>. Acesso em: 18 fev. 2024.

HORWITT, D. **Ohio's Secret Fracking Chemicals: records show widespread use of secret fracking chemical poses risks to water supplies, health in te Buckeye State**. Disponível em: <<https://www.fracktracker.org/projects/ohio-secret-chemicals/>>. Acesso em: 18 fev. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES SOCIAIS E ECONÔMICAS. **Fracking e exploração de recursos não convencionais no Brasil: riscos e ameaças**. Rio de Janeiro: IBASE, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relevos: unidades de relevo**. Disponível em: <[https://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas\\_brasil/brasil\\_unidades\\_de\\_relevo.pdf](https://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_unidades_de_relevo.pdf)>. Acesso em: 3 fev. 2024a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A terra**. Disponível em: <<https://atlascolar.ibge.gov.br/a-terra/formacao-dos-continentes>>. Acesso em: 12 fev. 2024b.

INSTITUTO INTERNACIONAL ARAYARA. **Importação de gás de fracking argentino é contrassenso em relação às pautas ambientais e climáticas, advertem especialistas - Instituto Internacional Arayara**. Disponível em: <<https://arayara.org/importacao-de-gas-de-fracking-argentino-e-contrassenso-em-relacao-as-pautas-ambientais-e-climaticas-advertem-especialistas/>>. Acesso em: 8 mar. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlooks special report Africa energy outlook 2022**. Paris: IEA, 2022.

IRENEÓPOLIS. **Lei nº 2.041, de 17 de outubro de 2019. Dispõe sobre a proibição da concessão de alvará e/ou licença para o uso do solo e para o tráfego de veículos em vias públicas, a outorga e o uso de águas [...]**. Ireneópolis, 2019. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/sc/i/irineopolis/lei-ordinaria/2019/205/2041/lei-ordinaria-n-2041-2019-dispoe-sobre-a-proibicao-da-concessao-de-alvara-e-ou>>

licença-para-o-uso-do-solo-e-para-o-trafego-de-veiculos-em-vias-publicas-a-outorga-e-o-uso-de-aguas-a-queima-de-gases-na-atmosfera-a-vedacao-da-concessao-de-anuencia-previa-em-licenciamentos-e-outorgas-de-agua-com-a-finalidade-de-exploracao-e-ou-exploracao-dos-gases-e-oleos-nao-convencionais-gas-de-xisto-gas-metano-carbonifero-e-outros-pelos-metodos-de-fraturamento-hidraulico-ou-fracking-refraturamento-hidraulico-petrosix-convencional-gas-de-carvao-ou-coalbedmethane-e-areia-betuminosa-ou-tarsands-na-esfera-da-competencia-municipal-bem-como-proibe-a-instalacao-reforma-ou-operacao-de-atividades-servicos-empreendimentos-e-obras-de-producao-comercializacao-transporte-armazenamento-utilizacao-importacao-exportacao-destinacao-final-ou-temporaria-de-residuos-ou-qualsquer-outros-produtos-usados-para-o-fraturamento-hidraulico-ou-fracking-refraturamento-hidraulico-petrosix-convencional-gas-de-carvao-ou-coalbedmethane-e-areia-betuminosa-ou-tarsands-e-componentes-e-afins-gas-metano-carbonifero-e-similares-metais-pesados-e-radioativos-em-todo-o-territorio-do-municipio-de-irineopolis-no-estado-de-santa-catarina-estabelece-penalidades-e-da-outras-providencias?r=p>. Acesso em: 5 fev. 2024

LAGE, E. S. *et al.* Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, mar. 2013.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D.; SOUZA, L. D. W.; DORES, P. B.; GALOPPI, P. P. S. Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, p. 1–56, mar. 2013.

LAVE, R.; LUTZ, B. Hydraulic fracturing: a critical physical geography review. **Geography Compass**, v. 8, n. 10, p. 739–754, 1 out. 2014.

LIEW, M. S.; DANYARO, K. U.; ZAWAWI, N. A. W. A. A comprehensive guide to different fracturing technologies: a review. **Energies**, v. 13, n. 3326, p. 1–20, 1 jul. 2020.

LIS-PLESINSKA, A. Towards critical ethnographies of resource risks: Regulatory science on shale industry risks in the global North contexts of Brussels and California. **Geoforum**, v. 139, n. 103676, p. 1–10, 1 fev. 2023.

LIU, H.; ZHANG, Z.; ZHANG, T. Shale gas investment decision-making: green and efficient development under market, technology and environment uncertainties. **Applied Energy**, v. 306, n. 118002, p. 1–12, 15 jan. 2022.

LUCIANO, B. H.; FRIGO, E. P.; CPINGANA, I. N. C. **Parâmetros de qualidade da água abastecida para o consumo público no município Lobito (Angola)**. Anais do III Congresso Nacional On-line de Conservação e Educação Ambiental. **Anais...Online: Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, 18 dez. 2023. Disponível em: <https://ime.events/coneamb2023/pdf/28721>.

MAGOON, L. B; DOW, W. G. **The petroleum systems: from source to trap**. **AAPG Memoir 60**. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1994. v. 60

MEHANY, M. S. H. M. **Identifying cost centers and environmental impacts needs assessment for fracking life cycle in the United States**. Procedia Engineering. **Anais**...Elsevier Ltd, 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL BRAZILIAN ENERGY BALANCE**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 26 dez. 2023.

MUSEU DE MINERAIS, M. E. R. H. E. **Minerais**. Disponível em: <<https://museuhe.com.br/minerais/>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

NAMIBIA; RECONAFRICA. **Reconafrika's first of three wells confirms a working petroleum system in the Kavango Basin, Namibia**. Namibia: [s.n.]. Disponível em: <<https://reconafrika.com/wp-content/uploads/ReconAfrica-Press-Release-041521.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ORGANIZATION OF THE PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES. **Angola facts and figures**. Disponível em: <[https://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/147.htm](https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/147.htm)>. Acesso em: 28 dez. 2023a.

ORGANIZATION OF THE PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES. **OPEC montly oil market report**. Austria: [s.n.].

OVILONGWA ESTUDOS DE OPINIÃO PÚBLICA. **RELATORIO AFR**. Huambo: [s.n.]. Disponível em: <[https://www.afrobarometer.org/wp-content/uploads/2022/05/Comunicado\\_Angolano-s-experimentam-experimentam-agravamento-da-pobreza-Afrobarometer-2maio22.pdf](https://www.afrobarometer.org/wp-content/uploads/2022/05/Comunicado_Angolano-s-experimentam-experimentam-agravamento-da-pobreza-Afrobarometer-2maio22.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2024.

PÉREZ CASTELLÓN, A. *et al.* **Principio de precaución: herramienta jurídica ante los impactos del fracking**. México: [s.n.].

PÉREZ-MALVÁEZ, C.; *et al.* Noventa y Cuatro años de la teoría de la deriva continental de Alfred Lothar Wegener. **Interciencia**, v. 31, n. 7, p. 536–543, jul. 2006.

PLANO NACIONAL DE LOGISTICA. p. 63, [s.d.].

PROGRAMA DE MOBILIZAÇÃO DA INDÚSTRIA NACIONAL DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL. Comitê Temático de Meio Ambiente: Brasil. **Aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no Brasil**. Brasília: [s.n.].

REGINA DE BRITTO, A. *et al.* **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. [s.l.: s.n.].

ROSA, A. J.; CARVALHO, R. S.; XAVIER, J. A. D. **Engenharia de Reservatórios de Petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

SALAMA, A. *et al.* Flow and transport in tight and shale formations: a review. **Geofluids**, v. 2017, p. 1–22, 1 jan. 2017.

SANTA CATARINA. **Lei nº 17.766, de 13 de agosto de 2019.** Estabelece normas e critérios básicos de precaução e preservação do solo, do meio ambiente, fauna e flora, proteção e defesa da saúde, mediante combate preventivo e controle da poluição, conservação da natureza e dos recursos naturais para as presentes e futuras gerações e estabelece diretrizes às atividades especificamente impactantes no Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Assembleia Legislativa de Santa Catarina, , 2019. Disponível em: <[http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2019/17766\\_2019\\_lei.html](http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2019/17766_2019_lei.html)>. Acesso em: 26 dez. 2023

SANTA CATARINA. Agência de Notícias. **SAMU completa 18 anos de serviços prestados aos catarinenses.** Disponível em: <<https://estado.sc.gov.br/noticias/samu-completa-18-anos-de-servicos-prestados-aos-ctarinenses/>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

SANTA CATARINA. Colegiado Superior de Segurança Pública e Perícia Oficial. **Plano estadual de segurança pública e defesa social II: 2021-2030.** Florianópolis: Conselho Estadual de Segurança Pública e Defesa Social de Santa Catarina, 2020.

SANTA CATARINA; Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Endereços e contatos.** Disponível em: <<https://www.cbm.sc.gov.br/index.php/institucional/enderecos-e-contatos>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

SANTA CATARINA. Fundação Catarinense de Cultura. **Tombamentos estaduais Santa Catarina: FCC.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.cultura.sc.gov.br/a-fcc/sobre/1399-patrimonio-cultural>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

SANTA CATARINA; Fundação Catarinense de Cultura. **Bens tombados:** projeto “ô de casa”. Disponível em: <<https://www.cultura.sc.gov.br/a-fcc/sobre/1399-patrimonio-cultural>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

SANTA CATARINA. Portal do Estado. **Geografia de Santa Catarina: SC é o menor estado em território do Sul do país.** Disponível em: <<https://estado.sc.gov.br/conheca-sc/geografia/>>. Acesso em: 1 jan. 2024.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Saúde. **Plano de atenção regional da rede de atenção às urgências:** macrorregião do meio oeste. Florianópolis: SES/SC, 2020. Disponível em: <<https://www.saude.sc.gov.br/index.php/informacoes-gerais-documentos/redes-de-atencao-a-saude-2/rede-urgencias-rue/planos-de-acao-regionais-2/par-2020/18114-par-macrorregiao-do-meio-oeste/file>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Estudo de Impacto de Vizinhança.** Disponível em: <<https://www.seduh.df.gov.br/eiv/>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável. **Mapa de domínios hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina.**

FlorianópolisSDE, 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/Marcio/Downloads/Relatorio (2).pdf>. Acesso em: 10 fev. 2024

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Cartilha de águas subterrâneas: para usar de forma racional é preciso entender profundamente**. Florianópolis: [s.n.].

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL. DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS. GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Recursos hídricos de Santa Catarina**. Florianópolis: [s.n.].

SANTA CATARINA. Tribunal de contas. **Espaço TCE Educação**. Disponível em: <<https://servicos.tce.sc.gov.br/tceeducacao/>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

SARAH CARBALLO; FRACTRACKER ALLIANCE. **Environmental Justice**. Disponível em: <<https://flickr.com/photos/fractracker/albums/72177720305148733/with/52618623372>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

SCHEIBE, L. F. **O Sistema aquífero integrado Guarani/Serra Geral e o uso das águas subterrâneas no oeste de Santa Catarina**. FlorianópolisPPGG/GCN/UFSC, , 14 set. 2011.

SCHEIBE, L. F.; *et al.* **O sistema aquífero integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SC) como unidade de gestão**. Florianópolis: [s.n.]. Disponível em: <[www.rgsg.com.br](http://www.rgsg.com.br)>.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO À MICRO E PEQUENA EMPRESA. **Cadernos de Desenvolvimento**: Ibiã. Florianópolis: SEBRAE, 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO À MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadernos de Desenvolvimento**: Riqueza. Florianópolis: SEBRAE, 2019a.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO À MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadernos de Desenvolvimento**: Iomerê. Florianópolis: SEBRAE, 2019b.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadernos de desenvolvimento**: Irineópolis. Florianópolis: SEBRAE, 2019a.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadernos de desenvolvimento**: Porto União. Florianópolis: SEBRAE, 2019b.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadernos de desenvolvimento**: Timbó Grande. Florianópolis: SEBRAE, 2019c.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadernos de desenvolvimento**: Matos Costa. Florianópolis: SEBRAE, 2019d.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadernos de desenvolvimento**: Calmon. Florianópolis: SEBRAE, 2019e.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Caçador. Florianópolis: SEBRAE, 2019f.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Rio das Antas. Florianópolis: SEBRAE, 2019g.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Água Doce. [s.l.: s.n.]. Disponível em:  
<<https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Agua%20Doce%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2024h.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Macieira. Florianópolis: SEBRAE, 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Arroio Trinta. Florianópolis: SEBRAE, 2019i.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Treze Tílias. Florianópolis: SEBRAE, 2019j.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Videira. Florianópolis: SEBRAE, 2019k.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Herval do Oeste. Florianópolis: SEBRAE, 2019l.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Luzerna. Florianópolis: SEBRAE, 2019m.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Joaçaba. Florianópolis: SEBRAE, 2019n.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.  
**Cadernos de desenvolvimento:** Tangara. Florianópolis: SEBRAE, 2019o.

SILVESTRO, M. L.; MELLO, M. A.; DORIGON, C. A Agricultura familiar do oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v. 14, n. 2, p. 41–44, 2011.

SKALANY MIRIAM. **Informe estimulación por fractura hidráulica en formaciones no convencionales**. Gobierno de Mendoza, p. 01–78, 2018.

TAN, H.; *et al.* Public risk perceptions of shale gas development: A comprehensive review. **Energy Research & Social Science**, v. 89, 1 jul. 2022a.

TAN, H. *et al.* **Public risk perceptions of shale gas development: A comprehensive review**. **Energy Research and Social Science**. [S.l.]: Elsevier Ltda. 1 jul. 2022b. Disponível em: <[doi.org/10.1016/j.erss.2022.102548](https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102548)>. Acesso em: 25 jan. 2024.

TED AUCH; FRACTRACKER ALLIANCE. **TAuch\_Infrastructure-Drilling\_Gaia\_FrackPad-Unknown\_Operat... | Flickr**. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/fractracker/51538614822/in/album-72157713805087661/>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

THE WORD BANK. **No sul de Angola, uma corrida para gerir a escassez de água e, ao mesmo tempo, promover o crescimento económico**. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/pt/news/immersive-story/2023/08/01/in-southern-angola-a-race-to-manage-scarce-water-while-promoting-economic-growth>>. Acesso em: 13 fev. 2024.

THE WORLD BANK. **Angola: aspectos gerais**. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/pt/country/angola/overview>>. Acesso em: 12 fev. 2024.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 4ª edição ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

UNITED STATES; U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION; INDEPENDENT STATISTICS AND ANALYSIS. **Angola - 2021 primary energy data in quadrillion Btu**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/international/overview/country/ago>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

UNITED STATES; U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Ohio state energy profile**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/state/print.php?sid=OH>>. Acesso em: 11 fev. 2024.

UNITED STATES.; U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION.; INDEPENDENT STATISTICS & ANALYSIS. Technically recoverable shale oil and shale gas resources: an assessment of 137 shale formations in 41 countries outside the United States. **EIA**, jun. 2013.

UNITED STATES; U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION; INDEPENDENT STATISTICS & ANALYSIS. Country analysis executive summary: South Africa. **EIA**, 2022.

UNITED STATES.; U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION; INDEPENDENT STATISTICS AND ANALYSIS. **Hydraulic fracturing accounts for about half of current U.S. crude oil production**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25372>>. Acesso em: 27 dez. 2023.

UNITED STATES.; U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION; INDEPENDENT STATISTICS AND ANALYSIS. **Natural gas explained: where our natural gas comes from**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/where-our-natural-gas-comes-from.php>>. Acesso em: 27 dez. 2023.

VIEIRA, P. **Parar o fracking no delta do Okavango**. Disponível em: <<https://arquivo.climaximo.pt/2021/07/02/parar-o-fracking-no-delta-do-okavango-pedro-vieira/>>. Acesso em: 28 dez. 2023.

WELCOME TO ANGOLA. **O que fazer em Huambo: Nova Lisboa**. Disponível em: <<https://welcometoangola.co.ao/directorio/o-que-fazer-no-huambo/>>. Acesso em: 13 fev. 2024.

WENDLAND, E.; GOMES, L. H.; TROEGER, U.; Recharge contribution to the Guarani aquifer system estimated from the water balance method in a representative watershed. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 595–609, 2 jul. 2015.

YU, C. H.; *et al.* Local residents' risk perceptions in response to shale gas exploitation: evidence from China. **Energy Policy**, v. 113, p. 123–134, 1 fev. 2018.

**ANEXO 1**



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DA CAÁLA - ISPCAALA**

**PERCEÇÃO DE RISCO DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS, GEOGRÁFICOS,  
AMBIENTAIS E URBANÍSTICOS DECORRENTES DA EXTRAÇÃO DE GÁS EM FOLHELHO POR  
FRATURAMENTO HIDRÁULICO (“FRACKING”)**

**QUESTIONÁRIO**

**HUAMBO**

**2023**

**Pergunta 1****Dimensão: Qualidade De Vida****Tema: Aspectos Gerais**

Caso haja a instalação de uma unidade de perfuração de poço de gás natural por “fracking” em sua cidade, você espera que sua qualidade de vida:

- ( ) Melhore
- ( ) Piora
- ( ) Não irá interferir em sua vida
- ( ) Não sabe responder

**Pergunta 2****Dimensão: Impactos Ambientais****Tema: Aspectos Gerais**

Caso haja a instalação de uma unidade de perfuração de poço de gás natural por “fracking” na Centralidade de Huambo, você acredita que o local onde você mora terá algum dano ambiental?

- ( ) Sim. Será afetado intensamente
- ( ) Sim. Será afetado moderadamente
- ( ) Não será afetado
- ( ) Não sabe responder

Quanto tempo você leva de sua casa até a Centralidade de Huambo?

- ( ) Menos de 10 minutos
- ( ) Entre 10 minutos e uma hora
- ( ) Entre 1 hora e 3 horas
- ( ) Mais que 3 horas

**Pergunta 3****Dimensão: Impactos Ambientais****Tema: Água**

Em sua opinião, caso um poço de “fracking” seja instalado em sua cidade, qual a possibilidade de contaminar a água que você consome?

- Grande possibilidade
- Média possibilidade
- Baixa possibilidade
- Não haverá contaminação
- Não sabe responder

Quanto tempo você leva de sua casa até o centro de sua cidade?

- Menos de 10 minutos
- Entre 10 minutos e uma hora
- Entre 1 hora e 3 horas
- Mais que 3 horas

#### **Pergunta 4**

**Dimensão: Impactos Ambientais**

**Tema: Solo**

Em sua opinião, caso um poço de “fracking” seja instalado em sua cidade, qual a possibilidade de contaminação do solo?

- Grande possibilidade
- Média possibilidade
- Baixa possibilidade
- Nenhuma possibilidade
- Não sabe responder

#### **Pergunta 5**

**Dimensão: Impactos Ambientais**

**Tema: Ar Respirável**

Em sua opinião, caso um poço de “fracking” seja instalado em sua cidade, qual a possibilidade de contaminação do ambiente atmosférico (ar respirável)?

- Grande possibilidade
- Média possibilidade
- Baixa possibilidade
- Nenhuma possibilidade

( ) Não sabe responder

**Pergunta 6**

**Dimensão: Impactos Ambientais**

**Tema: Mudança Climática**

Em sua opinião, a exploração de gás natural por “fracking” pode interferir na mudança climática no planeta?

- ( ) Grande possibilidade
- ( ) Média possibilidade
- ( ) Baixa possibilidade
- ( ) Nenhuma possibilidade
- ( ) Não sabe responder

**Pergunta 7**

**Dimensão: Impactos Ambientais**

**Tema: Fauna**

Em sua opinião, a exploração de gás natural por “fracking” pode interferir na vida animal no local onde você mora?

- ( ) Grande possibilidade
- ( ) Média possibilidade
- ( ) Baixa possibilidade
- ( ) Nenhuma possibilidade
- ( ) Não sabe responder

**Pergunta 8**

**Dimensão: Impactos Sociais**

**Tema: Violência e exploração sexual**

Com a possível chegada da indústria do “fracking”, um grande número de pessoas e trabalhadores migram para o local ou cidade da instalação. Neste caso, considerando o nível de violência de sua cidade ou região, você acredita que a violência e exploração sexual irá:

- ( ) Aumentar
- ( ) Baixar
- ( ) Não alterar

( ) Não sabe responder

**Pergunta 9**

**Dimensão: Impactos Sociais**

**Tema: Moradia**

Com a implantação de um poço de “fracking”, um grande número de pessoas migra para o local ou cidade onde está instalada a exploração do gás. Neste caso, você acredita que sua cidade ou localidade possui residências o suficiente para abrigar essas pessoas?

( ) Sim

( ) Não

( ) Não sabe responder

**Pergunta 10**

**Dimensão: Impactos Sociais**

**Tema: Serviços públicos (saúde, educação, distribuição de água, esgoto e infraestrutura)**

Com a implantação de um poço de “fracking”, a demanda por serviços públicos aumenta por conta da migração de pessoas. Neste caso, você acha que sua cidade está preparada?

( ) Sim

( ) Não

( ) Não sabe responder

**Pergunta 11**

**Dimensão: Impactos Sociais**

**Tema: Água**

Um poço de “fracking” exige grande quantidade de água e produtos químicos, que são injetados durante o processo produtivo. Neste caso, levando em conta a quantidade disponível de água em sua cidade ou região, você acha que existe a possibilidade de faltar água para o consumo de sua família?

( ) Sim

( ) Não

- Talvez
- Não sabe responder

**Pergunta 12**

**Dimensão: Impactos Econômicos**

**Tema: Turismo**

Com a possível chegada da indústria do “fracking” em sua cidade ou região, você acredita que isso poderá afetar o turismo?

- Positivamente
- Negativamente
- Não afetará
- Não sabe responder

**Pergunta 13**

**Dimensão: Impactos Econômicos**

**Tema: Economia Local**

Com a possível chegada da indústria do “fracking” em sua cidade ou região você acredita que isso poderá afetar a economia local?

- Positivamente
- Negativamente
- Não afetará
- Não sabe responder