

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITECNICA
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ENGENHARIA**

MARÍLIA PINTO FONSECA LINS

**O USO DA CAPTURA DE CARBONO PARA APLICAÇÕES INDUSTRIAIS NO
BRASIL.**

**SÃO PAULO
2017**

MARÍLIA PINTO FONSECA LINS

**O USO DA CAPTURA DE CARBONO PARA APLICAÇÕES INDUSTRIAIS NO
BRASIL.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Energias Renováveis, Geração Distribuída e
Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Javier Farago Escobar

SÃO PAULO

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Lins, Marília.

O uso da captura de carbono para aplicações industriais no Brasil. / M. Lins – São Paulo, 2017.
87p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.CO₂; 2. Dióxido de Carbono; 3. Reuso de CO₂ I.
Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos, pelo apoio, incentivo e
companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por me instruírem a sempre ser perseverante.

Ao meu orientador Prof. Dr. Javier Farago Escobar pela aposta, confiança, condução, disponibilidade e compartilhamento do conhecimento.

Ao Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira pela compreensão e auxílio para execução do trabalho.

Aos meus amigos por toda compreensão, consideração e companheirismo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com o desenvolvimento deste estudo.

*...se relacione com quem vai
construir junto a você
experiências harmoniosas e
construtivas... e lembre-se que
ninguém vence sozinho...*

Cersi Machado

RESUMO

Com o intuito de reduzir a quantidade de CO₂ presente na atmosfera, tecnologias estão sendo desenvolvidas no Brasil e no mundo. O reuso industrial de dióxido de carbono é uma alternativa que contribui para reduções de emissões de dióxido de carbono, através da captura e uso do mesmo. A problemática retratada é referente ao cenário das aplicações do carbono possível de ser capturado no setor industrial brasileiro o que identifica o potencial de cada segmento identificado como consumidor de carbono em seu processo produtivo. Pouco se encontra a respeito deste tema em referências brasileiras, assim, este estudo apresenta referências do cenário mundial e exhibe resultados da investigação sobre os potenciais atuais e futuros da demanda de CO₂ para cada setor produtivo brasileiro.

Palavras-chaves: dióxido de carbono, CO₂, captura de carbono, reuso de CO₂.

ABSTRACT

In order to reduce the amount of CO₂ present in the atmosphere, technologies are being developed for this purpose. Industrial reuse of carbon dioxide, is a segment that contributes to reductions in carbon dioxide emissions, contributes to carbon capture and use. The problem is related to the scenario of the applications of carbon captured in the Brazilian industrial sector and the potential of each segment identified as a carbon consumer in its production process. It is difficult to find out about this subject in Brazilian references, therefore this study presents references of the world scenario and shows results the investigation about current and future potential CO₂ demand for each brazilian productive sector.

Keywords: carbon dioxide, CO₂, carbon capture, CO₂ reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1:	Concentração média global de gases de efeito estufa.....	18
Figura 2.2:	Emissão global de CO ₂ por região.	19
Figura 2.3:	Histórico de emissões de CO ₂ no Brasil.....	20
Figura 2.4:	Emissões mundiais em CO ₂ equivalente por setor.	21
Figura 2.5:	Emissões em CO ₂ equivalente por setor no Brasil.....	22
Figura 3.1:	Representação da Captura e Armazenamento de Carbono.	26
Figura 4.1:	Histórico e previsão da oferta de CO ₂ não cativo no Brasil.	48
Figura 4.2:	Histórico e previsão do consumo de CO ₂ no Brasil.....	48
Figura 4.3:	Histórico e previsão de vendas de CO ₂ no Brasil.....	49
Figura 5.1:	Histórico e previsão de vendas do setor alimentício.....	51
Figura 5.2:	Histórico e previsão da oferta do setor de bebidas carbonatadas.....	52
Figura 5.3:	Histórico e previsão do consumo do setor de bebidas carbonatadas....	53
Figura 5.4:	Histórico e previsão de vendas do setor de bebidas carbonatadas.....	54
Figura 5.5:	Histórico e previsão da oferta do setor da indústria química.	55
Figura 5.6:	Histórico e previsão do consumo do setor da indústria química.....	56
Figura 5.7:	Histórico e previsão de vendas do setor da indústria química.....	57
Figura 5.8:	Histórico e previsão de vendas do setor de metalurgia.	58
Figura 5.9:	Histórico e previsão da oferta do setor de saúde.	59
Figura 5.10:	Histórico e previsão do consumo do setor de saúde.	60
Figura 5.11:	Histórico e previsão de vendas do setor de saúde.....	60
Figura 5.12:	Histórico e previsão da oferta do setor de soldagem.....	61
Figura 5.13:	Histórico e previsão do consumo do setor de soldagem.	62
Figura 5.14:	Histórico e previsão de vendas do setor de soldagem.	63
Figura 5.15:	Histórico e previsão de oferta do setor têxtil.....	64
Figura 5.16:	Histórico e previsão de consumo do setor têxtil.	64
Figura 5.17:	Histórico e previsão de vendas do setor têxtil.	65
Figura 5.18:	Histórico e previsão da oferta do setor de tratamento de água e efluente.	66
Figura 5.19:	Histórico e previsão do consumo do setor de tratamento de água e efluente.	67
Figura 5.20:	Histórico e previsão de vendas do setor de tratamento de água e efluente.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Principais riscos regionais das alterações climáticas.....	15
Tabela 3.1: Uso existente de aplicações para reutilização de CO ₂	35
Fonte: Elaborada pela autora, com base em (<i>Global CCS Institute</i> , 2011).....	39
Tabela 3.2: Uso emergente de aplicações para reutilização de CO ₂	39
Tabela 3.3: Potenciais atuais e futuros da demanda de CO ₂ para aplicações existentes.	43
Tabela 3.4: Futura demanda potencial de CO ₂ para aplicações emergentes.	44
Tabela 4.1: Informações do cenário atual do fornecimento de CO ₂	46

LISTA DE SIGLAS

ABIA	Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers</i>
CAT	<i>Climate Action Tracker</i>
CCS	<i>Carbon capture and storage</i>
CCUS	<i>Carbon capture, utilization and storage</i>
CFCs	Clorofluorcarbonetos
COP	Conferência das Partes
COP	Coeficiente de performance
ECBM	<i>Enhanced coal bed methane</i>
EOR	<i>Enhanced oil recovery</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
GEE	Gases de efeito estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PET	Politereflato de etileno
PIA	Pesquisa Industrial Anual
PIB	Produto Interno Bruto
PNMC	Política Nacional de Mudanças Climáticas
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

LISTA DE SÍMBOLOS

CO ₂	Dióxido de carbono
°C	Grau Celsius
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido nitroso
ppm	Partes por milhão
ppb	Partes por bilhão
%	Porcentagem
MtCO _{2eq}	Milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente
CO _{2eq}	Dióxido de carbono equivalente
C	Carbono
O	Oxigênio
Mtpa	Milhões de toneladas por ano
pH	Potencial hidrogeniônico
<	Menor
>	Maior
~	Aproximadamente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO.....	13
2	PANORAMA DO CO₂ E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	14
2.1	HISTORICO E PERSPECTIVAS.....	14
2.2	AQUECIMENTO GLOBAL E REPRESENTAÇÃO MUNDIAL DO CONSUMO DE CO ₂	17
3	APROVEITAMENTO DO CO₂.....	24
3.1	O CO ₂	24
3.2	REDUÇÃO DE CO ₂	25
3.3	REMOÇÃO DE CO ₂ (CAPTURA).....	26
3.4	O REUSO DE CO ₂	27
3.5	APLICAÇÕES DO CO ₂	28
3.5.1	Uso pela indústria de Combate a incêndio	28
3.5.2	Uso pelo setor de Bebidas	29
3.5.3	Uso pela indústria de Solventes	29
3.5.4	Uso pelos setores de Agricultura e de Papel e celulose	29
3.5.5	Uso pelo setor Pneumático	30
3.5.6	Uso pelo setor de Saúde	30
3.5.7	Uso pelo setor de Metalurgia.....	30
3.5.8	Uso pelo setor de Petróleo e Gás	31
3.5.9	Uso pela indústria Química	31
3.5.10	Uso pela indústria de tratamento de água e efluente	32
3.5.11	Uso pelo setor Eletroeletrônico	32
3.5.12	Uso pelo setor Alimentício.....	32
3.5.13	Uso pela indústria de Refrigeração	33
3.5.14	Uso pelo setor Marinho	33
3.5.15	Uso pelo setor de Mineração.....	33
3.5.16	Uso pelo setor Energético	34
3.5.17	Uso pela indústria Têxtil	34
3.6	PANORAMA MUNDIAL DA REUTILIZAÇÃO DE CO ₂	35
4	O MERCADO BRASILEIRO DE CO₂ NÃO CATIVO	45
5	O POTENCIAL DAS APLICAÇÕES DE CO₂ POR SETOR PRODUTIVO NO BRASIL	50
5.1	SETOR ALIMENTÍCIO	50

5.2	SETOR DE BEBIDAS.....	52
5.3	SETOR DA INDÚSTRIA QUÍMICA.....	54
5.4	SETOR DE METALURGIA.....	57
5.5	SETOR DE SAÚDE.....	58
5.6	SETOR DE SOLDAGEM.....	61
5.7	SETOR DA INDUSTRIA TÊXTIL.....	63
5.8	SETOR DE TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTE	65
6	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da quantidade de emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, o aumento do aquecimento global e os impactos, cada vez mais rigorosos, das mudanças climáticas, tornou-se necessário o desenvolvimento e aplicação de tecnologias limpas que não emitam gases de efeito estufa, que reduzam as emissões ou retirem de gases na atmosfera terrestre. Composto o conjunto de gases, o dióxido de carbono é um dos principais gases para sobrevivência dos seres vivos, que também pode ser prejudicial para a saúde do ambiente.

Representando 30% das emissões globais de gases de efeito estufa, e por consequência, dióxido de carbono, o setor industrial possui grandes oportunidades para redução, remoção e reutilização do carbono. Incentivando tecnologias para captura e armazenamento de carbono, existem diversas aplicações para reuso do dióxido de carbono em processos produtivos da indústria. Estas aplicações podem utilizar o carbono cativo (sistema fechado) ou o carbono não cativo (sistema aberto), para auxiliar no desenvolvimento de projetos de *Carbon Capture and Storage* (captura e armazenamento de carbono), evitando que grandes quantidades de emissões de gases de efeito estufa sejam liberadas para a atmosfera.

Este estudo retrata as aplicações de reuso do carbono não cativo em diversos segmentos da indústria, inicialmente abordando as tendências internacionais deste mercado, avaliando o potencial do mercado brasileiro, apresentando o panorama de cada setor produtivo, das práticas atualmente utilizadas e finalmente determinando projeções com o potencial até o ano de 2020.

1.1 OBJETIVO

O objetivo desta monografia é avaliar o potencial de reuso industrial de dióxido de carbono no Brasil por setor produtivo, em vista de auxiliar a tecnologia de *Carbon Capture and Storage*, e atender os planos globais de descarbonização.

2 PANORAMA DO CO₂ E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2.1 HISTÓRICO E PERSPECTIVAS

A elevação da temperatura média global vem provocando as mudanças climáticas já amplamente divulgadas e conhecidas, podendo ser por fenômenos naturais ou provocados pelos seres humanos. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) atribuiu a mudança climática à alteração do clima relacionada, direta ou indiretamente, à atividade humana que modifique a composição da atmosfera global e que é observada ao longo de períodos semelhantes, além da oscilação natural do clima. Essas variações são constatadas através dos índices pluviométricos (chuva), temperaturas dos oceanos, temperatura continental, umidade relativa do ar, nebulosidade, provisão de recursos naturais e outros fatores (Santos, 2014).

Com o objetivo de prover à população mundial a visão científica para conhecimento da mudança climática e os potenciais impactos ambientais e socioeconômicos, em 1988 foi criado o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), traduzido para o português como Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Atualmente, os estudos mais avançados sobre o tema são realizados pelo IPCC, que conta com o trabalho de cientistas de todas as partes do mundo. Através deste painel, IPCC, são publicados relatórios que alertam a sociedade sobre os efeitos que a mesma tem sobre a natureza (Funes, 2016).

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem provocado a elevação da temperatura média global. Os GEE são gases emitidos por seres vivos e processos industriais, que afetam a atmosfera. O efeito estufa é um fenômeno natural fundamental para a vida na Terra, provocado pela camada de gases que protege a superfície terrestre. A camada de gases retém parte da radiação solar que chega ao planeta, mantendo a temperatura ideal para sobrevivência. Sem este fenômeno, toda radiação retornaria para o espaço, tornando as condições climáticas com temperaturas baixas, impedindo a conservação da vida (WWF, 2017).

A partir do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, 2014, a Tabela 2.1 apresenta os principais riscos que as seguintes regiões estão disponíveis com o aumento da temperatura média global.

Tabela 2.1: Principais riscos regionais das alterações climáticas.

Região	Riscos
África	<ul style="list-style-type: none">- Escassez hídrica- Redução na produtividade do sistema agrícola- Aumento na transmissão de doenças
Europa	<ul style="list-style-type: none">- Inundações- Escassez hídrica- Incêndios florestais
Ásia	<ul style="list-style-type: none">- Inundações- Calor extremo- Escassez hídrica
Austrália e Nova Zelândia	<ul style="list-style-type: none">- Alteração na vida aquática- Inundações- Elevação do nível do mar
América do Norte	<ul style="list-style-type: none">- Incêndios florestais- Calor extremo- Inundações
América Central e do Sul	<ul style="list-style-type: none">- Inundações e deslizamentos de terra- Redução na produtividade do sistema agrícola- Aumento na transmissão de doenças
Regiões Polares	<ul style="list-style-type: none">- Alteração na composição do gelo- Escassez hídrica- Tendência de aquecimento
Ilhas Pequenas	<ul style="list-style-type: none">- Inundações- Redução na produtividade do sistema agrícola
Oceano	<ul style="list-style-type: none">- Alteração na vida aquática- Aumento no nível do mar- Redução da biodiversidade

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IPCC, 2014).

Os efeitos da elevação da temperatura são notados através de desequilíbrios ambientais na fauna, flora, regime de chuvas, escoamento de águas, vazão de rios, umidade dos solos, evapotranspiração, elevação e diminuição no nível do mar, desaparecimento de ilhas, diminuição da água potável, redução das safras agrícolas, aumento da frequência de tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, seca, nevascas, furações, tornados e tsunamis. Ocasionalmente

impactos severos para a população dos seres vivos, podendo ocasionar até a extinção de algumas espécies (IPCC, 2014).

No entanto, os setores acadêmico, industrial e governamental buscam alternativas para mitigar ações humanas que provoquem o aquecimento global.

Ganhando destaque na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que aconteceu em 1992, no Rio de Janeiro, também conhecida como Rio-92 ou ECO-92, o combate ao aquecimento global passou a fazer parte das agendas de sustentabilidade devido ao grande envolvimento dos países nas emissões. Este evento ocorrido na cidade do Rio de Janeiro reuniu dirigentes de vários países, que ratificaram o tratado da Convenção sobre o Clima, convertido em lei internacional.

Para continuidade dos trabalhos e metas estabelecidas pelos países, foi criada a Conferência das Partes (COP), pertencente ao UNFCCC, que se reúne anualmente para acompanhamento dos propósitos estabelecidos na RIO-92. Em um dos encontros nos anos seguintes obteve um marco para o seguimento, estabelecendo políticas e metas específicas através de um protocolo, cujo cumprimento tornou-se obrigatório para todos os envolvidos, desta forma, em 1997, foi adotado o Protocolo de Quioto. Como países desenvolvidos possuem maior responsabilidade nas emissões, o protocolo foi desenvolvido com o princípio de que os objetivos fossem comuns, porém, com distintas responsabilidades (UNFCCC, 2014).

Com metas previstas para finalização do Protocolo de Quioto em 2012, que não foram atingidas pelos países, e, em Doha, durante a COP 18, as metas foram adiadas para 2020, através da Alteração de Doha para o Protocolo de Quioto (UNFCCC, 2014).

O Protocolo de Quioto criou instrumentos para auxiliar no cumprimento das metas. Um destes instrumentos é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que apoia projetos que ocasionam redução de emissões, captura e armazenamento de carbono, reflorestamento, eficiência energética, redução, reaproveitamento e reciclagem de materiais ou utilização de fontes renováveis de energia (exceto grandes usinas hidrelétricas). As emissões evitadas ou reduzidas em cada projeto geram créditos de carbono, que possam ser comercializados no comércio de emissões (mercado de carbono) (UNFCCC, 2014).

Em 2015, ocorreu um novo acordo, o Acordo de Paris, ajustando com os 195 países envolvidos, o compromisso de manter o aumento da temperatura média global menor que 2°C, com esforço para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (UNFCCC, 2015). A ONU (Organização das Nações Unidas) afirma que o Acordo de Paris, ratificado pelas 195 partes da UNFCCC, durante a COP 21, é um marco decisivo para transformação na redução de riscos da mudança climática (ONU, 2015). Neste Acordo, cada país se compromete com metas, para as reduções de emissões, além de ratificar a união para combater as mudanças do clima no mundo e tornar os fluxos financeiros resistentes para uma diretriz de baixa emissão de gases de efeito estufa e desenvolvimento sustentável (UNFCCC, 2015).

Neste ano de 2017, ocorre a COP 23, em Bonn, na Alemanha, onde ainda prosseguem diálogos adesão de países ao Acordo de Paris (UNFCCC, 2017). Presume-se que nesta COP não ocorrerá marco considerável para a história da mudança do clima.

Atualmente existem frentes pelo mundo que se referem e desenvolvem métodos e tecnologias para captura, armazenamento e reuso de GEE, redução das emissões de gases de efeito estufa e alternativas para mitigação dos efeitos do aquecimento global.

Neste trabalho serão abordadas possíveis alternativas de reutilização do CO₂ para os processos produtivos.

2.2 AQUECIMENTO GLOBAL E REPRESENTAÇÃO MUNDIAL DO CONSUMO DE CO₂

Como mencionado anteriormente, as causas das mudanças climáticas podem ser naturais, como alterações na radiação solar ou dos movimentos orbitais da Terra, ou decorrentes das ações humanas. Segundo o IPCC, o maior responsável é o homem. Com a evolução, o consumo de combustíveis fósseis (originados de complexas transformações sofridas por organismos que viveram há milhões de anos, como por exemplo, o petróleo, gás natural e o carvão mineral) e a alta demanda agrícola, a emissão de GEE obteve aumento representativo,

desencadeando efeitos na natureza que impactam a sociedade de forma acelerada. O aumento da temperatura da atmosfera terrestre e dos oceanos ocasiona o aquecimento global, provocado pela elevação no volume de GEE.

Os gases de efeito estufa são compostos, principalmente, por dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e vapor de água. O dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico, é o gás de maior concentração nos GEE, como observado na Figura 2.1.

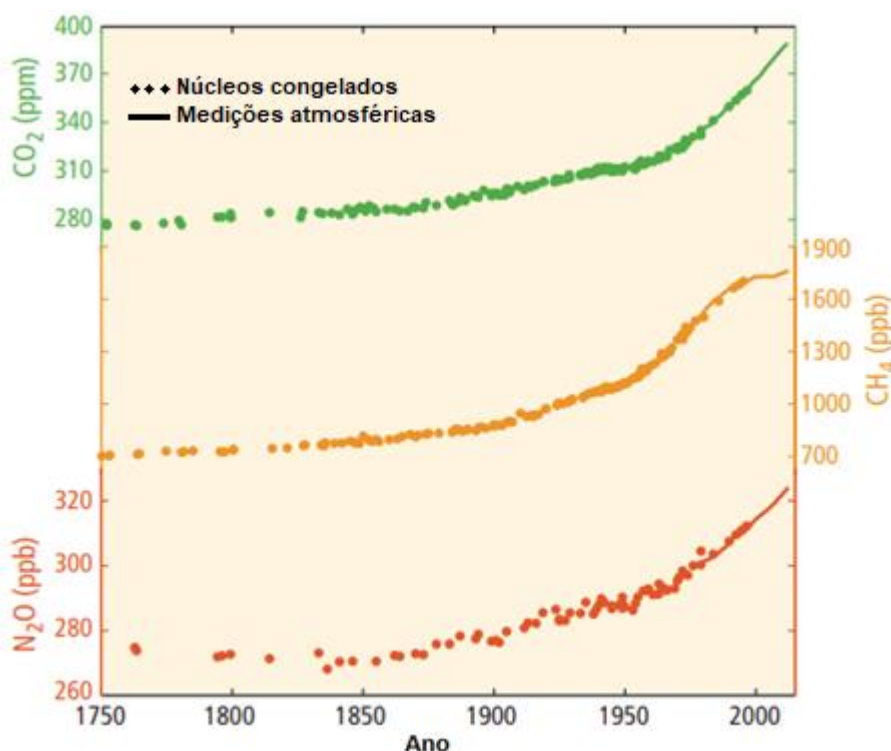


Figura 2.1: Concentração média global de gases de efeito estufa.

Fonte: IPCC, 2014.

Nos últimos séculos verificou-se a elevação da concentração de gases de efeito estufa da atmosfera, por se tratar da relação da quantidade de soluto por solução, esta concentração é representada pela unidade partes por milhão (ppm) ou parte por bilhão (ppb). Para os GEE, a representatividade do CO_2 é 173 vezes maior que a soma do CH_4 e N_2O , demonstrando o quanto este composto é relevante.

O crescimento da presença do CO_2 nos últimos anos tem preocupado a comunidade científica, pois esse componente, junto com o vapor de água, é um grande absorvedor das irradiações infravermelhas emitidas pela Terra, que aquecem

a atmosfera. Por tanto, quanto mais CO₂ na atmosfera, mais ela se aquecerá, afetando o ecossistema terrestre (Pacheco, 1990).

Na Figura 2.2 podemos observar as emissões globais por região para os últimos 12 anos.

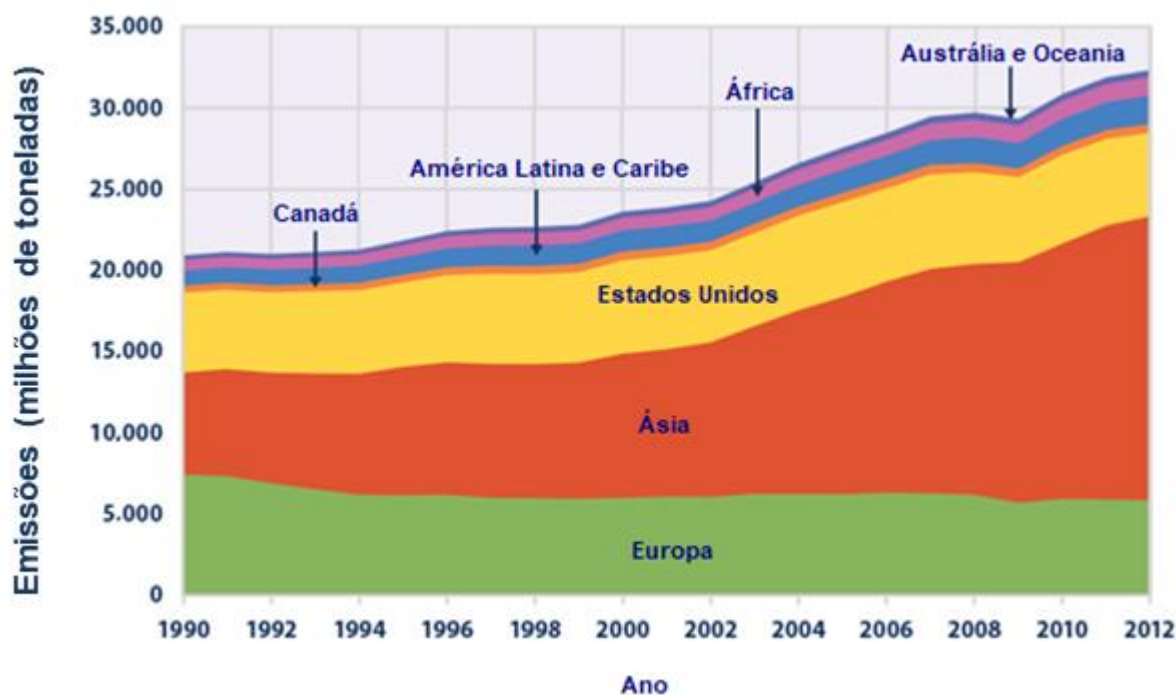


Figura 2.2: Emissão global de CO₂ por região.

Fonte: EPA, 2016.

A partir do ano de 1990 até o ano de 2012, o volume de emissões, em milhões de toneladas, cresceu, aproximadamente, 60%. Também se pode observar a representatividade das regiões e países que mais emitem CO₂. O Brasil está inserido na região da América Latina e Caribe, com a média de 334 milhões de toneladas de CO₂ por ano. Cabe ressaltar que países em desenvolvimento certamente apresetam aumento nas suas emissões, porém, menos expressivos comparados com as demais regiões do mundo.

Através do decreto nº. 7390, de 9 de dezembro de 2010, o Brasil instituiu a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), que oficializa o compromisso do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. Esta

política estabelece planos de ação para prevenção e controle do desmatamento nos biomas e pelos planos setoriais de mitigação de adaptação às mudanças climáticas.

Com a ratificação do Acordo de Paris, o Brasil estabeleceu metas (compromissos oficiais) de redução, em relação a 2005, de 37% de suas emissões de gases de efeito estufa até 2025 e 43% até 2030 (MMA, 2016).

Na Figura 2.3 observa-se as emissões de dióxido de carbono no Brasil nos últimos 12 anos.

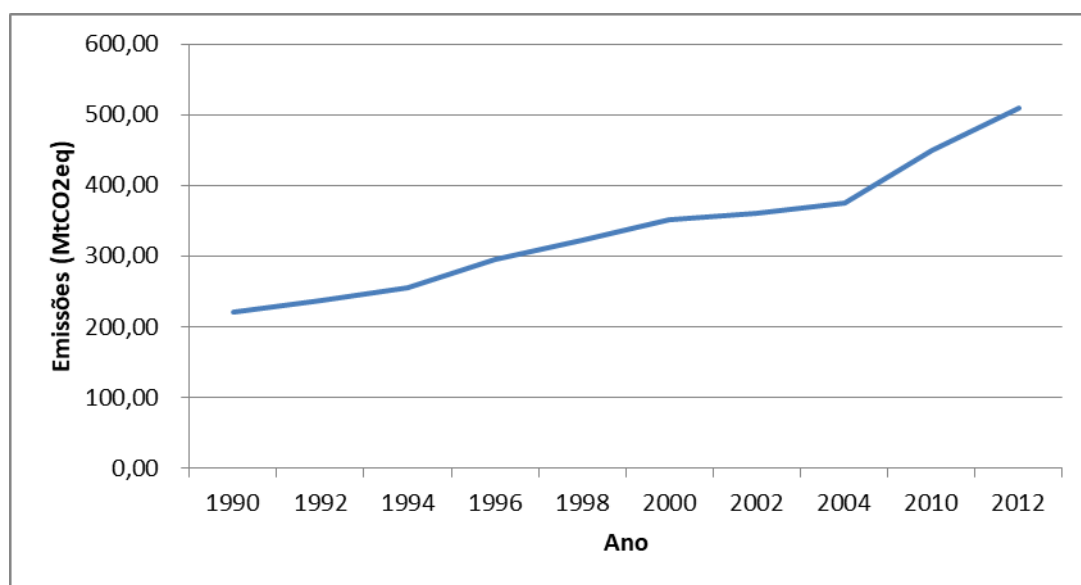


Figura 2.3: Histórico de emissões de CO₂ no Brasil.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (OECD, 2017).

Considerando o histórico de emissões de dióxido de carbono no Brasil, é possível observar o aumento ocorrido entre os anos 1990 e 2012. Com a permanência deste cenário no país, haverá a tendência de aumentar ainda mais sua contribuição para o aumento da quantidade de emissão de CO₂ na atmosfera, que hoje é de 509 Mt de CO₂eq, tornando necessário o estabelecimento de metas e acompanhamento das mesmas, para mitigar os efeitos do aquecimento global.

Segundo o Relatório de Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil (2011), o Brasil teve sua temperatura média elevada em 0,7°C nos últimos 56 anos, enquanto a média global aumentou 0,64°C.

Os fatores que contribuíram para o acréscimo de emissões globais são destacados em diferentes setores (energia, agricultura e florestal, transporte, uso da

terra, resíduo e indústria). Demonstrado na Figura 2.4, o setor de energia é o que mais emite CO₂, responsável por mais de 60% do todo, seguido pelo setor de agricultura.

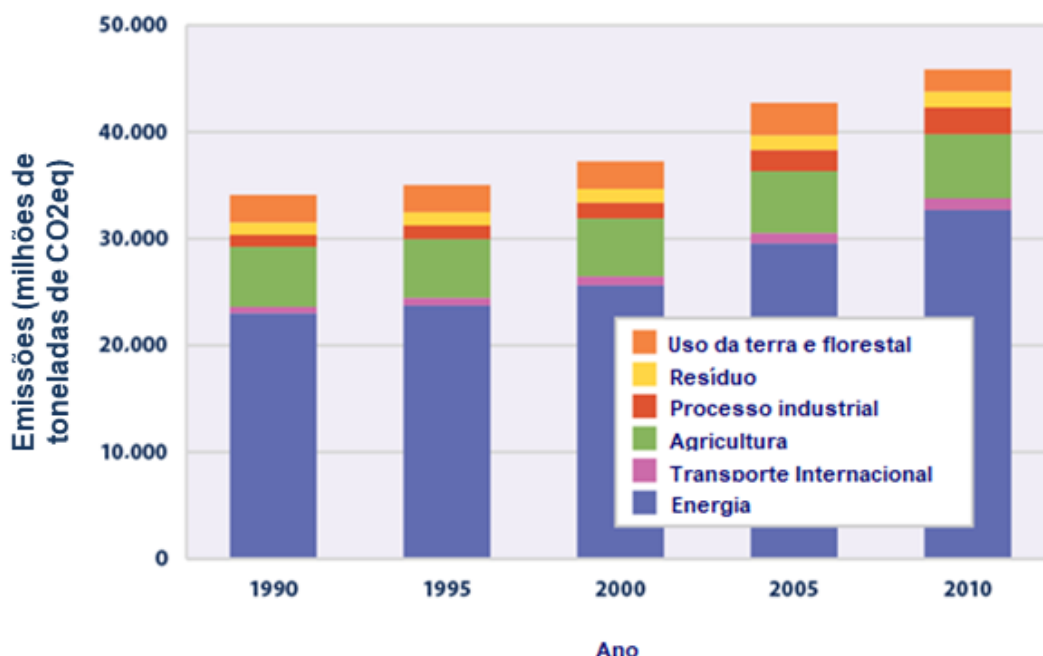


Figura 2.4: Emissões mundiais em CO₂ equivalente por setor.

Fonte: EPA, 2016.

Pode-se observar que o setor de agricultura e florestal tem reduzido sua participação na totalidade, porém, o setor industrial apresenta crescimento constante.

Através da queima do carvão mineral, gás natural e petróleo (matéria prima fóssil) para geração de eletricidade e calor, conduzem o setor energético para a posição de maior fonte de emissão no mundo. Nos setores de uso da terra, agricultura e florestal, suas emissões são provenientes do cultivo do gado e do desmatamento, que apesar do impacto negativo, este setor tem o benefício do ecossistema (em processo natural), remover o CO₂ da atmosfera para própria subsistência. Para o setor de transporte, as emissões ocorrem através da queima de combustível fóssil (gasolina e diesel), porém, para abastecimento do transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e marítimo. O setor de resíduos contribui com atividades relacionadas ao gerenciamento dos mesmos (destinação, reciclagem e

disposição final). Já o setor industrial, contempla resíduos de processos de transformação química, metalurgia e mineração (EPA, 2017).

A era Industrial proporcionou progresso sem precedentes na história, porém, também ocasionou graves impactos ambientais. As emissões antropogênicas de gases de efeito estufa no setor industrial são provenientes dos processos produtivos, resultante de fuga de GEE na cadeia de produção, na transformação, distribuição e consumo de produtos (MCTI, 2016). Segundo dados, 30% das emissões globais de GEE são procedentes do setor industrial. A produção de ferro, aço e minerais não metálicos resulta em 44% de todas as emissões de dióxido de carbono da indústria. Outros segmentos da indústria que com emissões intensivas são os de produtos químicos, fertilizantes, papel e celulose, metais não ferrosos, alimentício e têxtil (IPCC, 2014).

No Brasil, o retrato das emissões de gases de efeito estufa por setor é diferente do panorama mundial, conforme demonstrado na Figura 2.5.

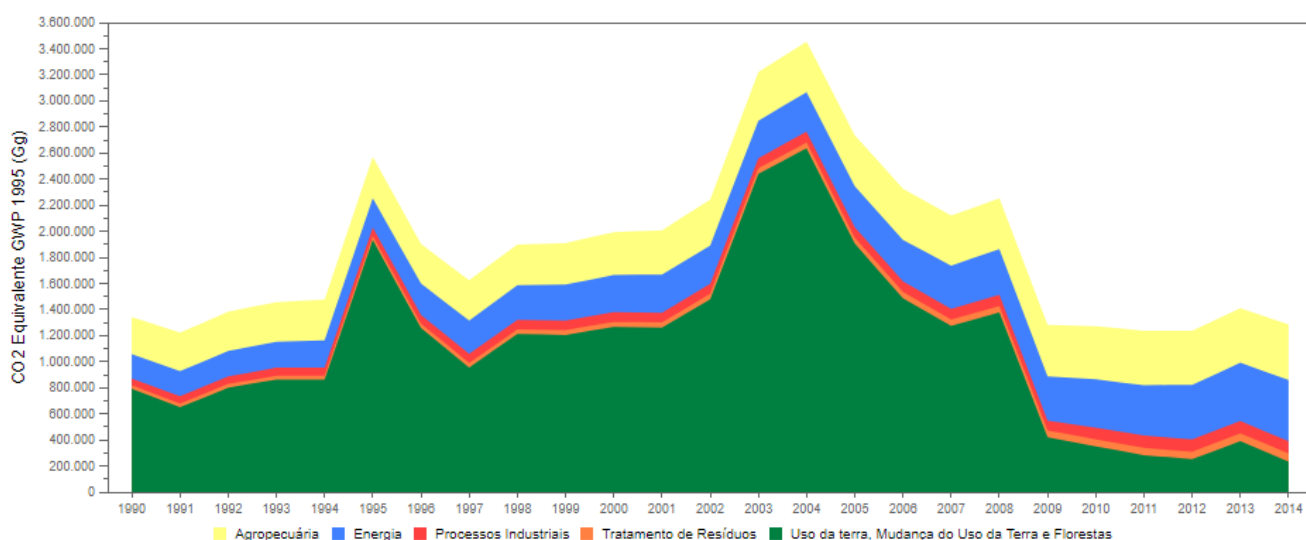


Figura 2.5: Emissões em CO₂ equivalente por setor no Brasil.

Fonte: SIRENE, 2017.

Os setores da agropecuária, de energia, de processos industriais, de tratamento de resíduos, do uso da terra, mudança do uso da terra e florestais, e uso de solventes e de outros produtos são os que mais emitem dióxido de carbono equivalente no Brasil. Totalizando, em 2014, 1285 Mt de CO₂eq., com o maior emissor sendo o setor energético, com 470 Mt de CO₂eq.. Apesar do setor de

energia ser o que mais emite atualmente, o histórico demonstra que de 1990 a 2009, o setor do uso da terra, mudança do uso da terra e florestais foi o maior responsável pelas emissões em território brasileiro. Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, a redução na quantidade emitida neste setor, deve-se ao controle do desmatamento da Amazônia e do cerrado brasileiro.

Contudo este estudo visa identificar potenciais alternativas e setores produtivos para reuso do dióxido de carbono a partir da captura e armazenamento do composto.

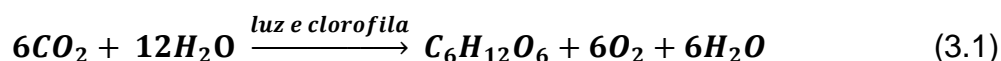
3 APROVEITAMENTO DO CO₂

3.1 O CO₂

Toda a vida é baseada no elemento carbono (C). A principal fonte de carbono prontamente disponível na atmosfera é o dióxido de carbono, substância química formada por dois átomos de oxigênio (O) e um átomo de carbono.

Os gases e água que constituíam a Terra, no seu início, eram componentes químicos de uma mesma mescla original, composto, principalmente por CO₂ e vapor de água, expelidos por erupções vulcânicas. Com o calor dos processos naturais da atmosfera e oceanos, ocorreu o aumento da temperatura, surgindo plantas aptas a fazer a fotossíntese gerando oxigênio livre (Donn, 1978).

Fotossíntese:



Desde o início da formação da Terra até a atualidade, ocorreram oscilações no nível de concentração de dióxido de carbono na atmosfera, afetando diretamente nas condições e fatores climáticos.

O dióxido de carbono é um gás (em condições normais de temperatura e pressão é encontrado no estado gasoso, porém, sob determinadas condições de temperatura e pressão, transforma-se em estado líquido) incolor, inodoro, não inflamável e mais denso que o ar. É sintetizado pela combustão de matéria orgânica, pelo aquecimento de carbonatos e pela fermentação (*Carbon Dioxide Properties*, 2006).

A relação do CO₂ com o aquecimento global, deve-se ao fato de que quando o CO₂ está ligado às moléculas de vapor de água, ocorre a absorção das irradiações infravermelhas, emitidas pela terra, ocasionando o aquecimento da atmosfera.

Nas últimas décadas, é perceptível a influência das ações humanas (antropogênicas) nas condições climáticas, com maior intensidade após a revolução industrial.

A revolução industrial alterou o vínculo do ser humano com a natureza, pois através dela as tecnologias foram aprimoradas e com foco no aumento de produtividade e eficiência nos processos, ocorreu o aumento em atividades com

base na queima de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica, térmica, química e mecânica, além de práticas de consumo que envolva a agricultura, gestão de resíduos, desmatamento e mudança no uso da terra. Essas atividades e práticas cooperaram para o aumento na taxa de concentração de CO₂ na atmosfera, que até a revolução industrial, datada no fim do século XVIII e início do século XIX, era de 280ppm. Com a evolução das tecnologias e acréscimo no consumo de recursos naturais, a concentração de CO₂ no século XXI, subiu para 390ppm, aproximadamente. O que significa que em dois séculos e meio, houve o aumento drástico na concentração, que foi de 40% (IPCC, 2014).

Mesmo com acordos entre países, metas estabelecidas e conhecimento dos impactos negativos, a quantidade de emissões continua subindo. Para que aconteça um resultado significativo, é necessário desenvolver com muita ênfase diferentes tecnologias de baixo carbono, incluindo esforços nos segmentos de eficiência energética, energia e produção industrial. Os três (R) (redução, remoção e reuso) retratados abaixo, serão pontos chave para impulsão desta questão (*Global CCS Institute*, 2013).

3.2 REDUÇÃO DE CO₂

Para a redução do dióxido de carbono na atmosfera, diferentes ações podem acontecer paralelamente, conforme listagem abaixo:

- Redução do consumo de energia em todos os setores;
- Utilização de tecnologias de baixo carbono;
- Expansão de energias renováveis;
- Utilização de combustíveis fósseis que emitam menos dióxido de carbono;
- Estimulação a eficiência energética;
- Incentivo a tecnologia de captura e armazenamento de carbono (do inglês *carbon capture and storage*, CCS);
- Incentivo a tecnologia de captura, armazenamento e utilização de carbono (do inglês *carbon capture, utilization and storage*, CCUS).

Todos os segmentos são importantes para retornos significativos na diminuição da concentração de CO₂ na atmosfera, no entanto, neste trabalho serão evidenciadas as variações de aproveitamento do CCS.

3.3 REMOÇÃO DE CO₂ (CAPTURA)

Com foco na captura e armazenamento de carbono, o método de CCS contribui para redução na liberação de dióxido de carbono na atmosfera. A tecnologia envolve a captura do carbono na atmosfera, em grandes plantas industriais ou em reservatórios de combustíveis fósseis. Para ser transportado, são comprimidos e depois injetados em locais devidamente selecionados e seguros para armazenamento permanente (IEA, 2013).

Basicamente, a CCS possui três frentes de trabalho: captura, transporte e armazenamento. A captura envolve a retenção de gases e separação do CO₂. Uma vez separado, o carbono é comprimido e transportado através de tubulações, caminhões ou navios até locais geologicamente adequados para estocagem. O armazenamento do carbono é feito através da injeção em formações rochosas subterrâneas com profundidade de um quilômetro ou mais (*Global CCS Institute*, 2013). A Figura 3.1 representa o método tradicional de CCS.

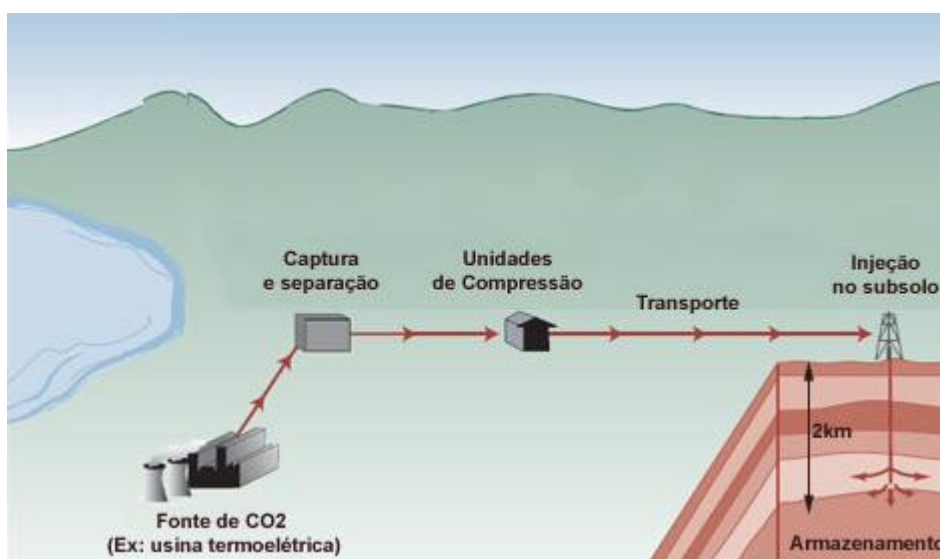


Figura 3.1: Representação da Captura e Armazenamento de Carbono.

Fonte: Apolo 11, 2013.

No modelo tradicional de CCS, o CO₂ produzido por grandes plantas industriais é comprimido, transportado e depois é injetado em formações rochosas, em local devidamente selecionado e seguro, onde é armazenado permanentemente (*Global CCS Institute*, 2013). Devido aos riscos geológicos e questões ambientais do

modelo tradicional de CCS, existem alternativas para auxiliar a captura do CO₂. Foram identificadas cinco tecnologias com maior potencial para acelerar formas alternativas de CCS: mineralização de carbonato, EOR (recuperação melhorada de petróleo, do inglês, *enhanced oil recovery*), cultivo de algas, cura de concreto e ECBM (recuperação avançada de metano em camadas de carvão, do inglês, *enhanced coal bed methane*). Essas alternativas também utilizam um fluxo concentrado de dióxido de carbono e armazenam permanentemente o CO₂ capturado, desta forma, estimulando esforços para promoção de CCS. Além do reuso de CO₂ (uso do dióxido de carbono capturado), utilizado em setores produtivos que demandam CO₂ em seu processo industrial.

3.4 O REUSO DE CO₂

É considerado reuso qualquer aplicação prática de dióxido de carbono concentrado e capturado que gere receita, benefício ambiental ou social e que possa compensar parcialmente o custo da captura de CO₂, em condições favoráveis, onde a reutilização das aplicações e o mercado estejam próximos da fonte de emissão. (*Global CCS Institute*, 2011). A reutilização do dióxido de carbono não contribui somente com a redução do gás na atmosfera, mas também contribui com a CCS agregando valor econômico, criando possibilidades para o desenvolvimento de novas tecnologias e mercado.

O objetivo com a reutilização é de que, ao invés de capturar o dióxido de carbono e armazená-lo sob o solo, o reuso dele possa ser feito em processos produtivos que utilizam CO₂ como matéria prima ou como etapa do seu procedimento. O reuso está dividido em duas formas: uso cativo (sistema fechado) e uso não cativo (sistema aberto). O uso cativo é quando o CO₂ é um produto intermediário do processo e não matéria prima, com utilização em outros ciclos (ciclo fechado de utilização), onde o CO₂ é gerado e utilizado no próprio processo. O uso não cativo é onde o CO₂ precisa ser fornecido externamente. De forma geral os setores cativos não produzem CO₂ suficiente para abastecer a demanda interna, no qual abre a demanda do CO₂ (não cativo) proveniente de setores que produzem CO₂ em excesso, atendendo assim a demanda dos setores produtivos que carecem de CO₂ para o seu processo industrial.

Neste estudo não será considerado o CO₂ em seu uso cativo, pois neste formato de processo não há oportunidade de demanda do capturado para o futuro, de forma que será abordado somente o uso não cativo (sistema aberto).

Muitas aplicações do CO₂ já são conhecidas e a maior parte delas ainda opera em pequena escala. O principal desafio deste segmento é a proporção, porém, a evolução se dará à medida que governos adotarem providências que possam restringir ou penalizar quem emita grandes quantidades de carbono (IEA, 2013).

3.5 APLICAÇÕES DO CO₂

As tecnologias de reutilização de CO₂ estão em diferentes estágios de desenvolvimento e maturidade. Existem aplicações que já estão em escala comercial, outras entrando atualmente no mercado e algumas ainda estão em fase experimental.

O CO₂ pode ser utilizado nos estados líquido, sólido e gasoso. Em condições normais de temperatura e pressão, o dióxido de carbono é encontrado no estado gasoso. Alterando as condições de temperatura e pressão, o dióxido de carbono também pode ser manipulado para o estado líquido. O atual consumo de CO₂ não cativo é estimado em 80Mtpa, sendo que 25Mtpa no estado líquido e sólido, e 55Mtpa no estado gasoso e supercrítico, onde não há distinção de estado líquido e gasoso (*Global CCS Institute*, 2011).

O composto pode ser reutilizado em diversos segmentos da indústria. A seguir são apresentados os segmentos mais comuns que utilizam CO₂.

3.5.1 Uso pela indústria de Combate a incêndio

Utilizado em extintores de incêndio, quando aplicado em chamas, reduz o nível de oxigênio ao ponto de eliminar a combustão. Por não danificar equipamentos, seu uso é comum em incêndios provocados por produtos que queimem somente na superfície, como óleos, graxas, vernizes, tintas e gasolina. Pelo fato de não conduzir eletricidade também atuam em incêndios que envolvam

equipamentos elétricos energizados, como motores, transformadores, quadros de distribuições e cabos (Protexfire, 2017).

3.5.2 Uso pelo setor de Bebidas

No setor de bebidas, o CO₂ é utilizado no processo de bebidas carbonatadas (bebidas efervescentes). Ao incluir o dióxido de carbono na bebida, é prolongada a vida de prateleira do produto, o sabor é evidenciado, o aroma intensificado e é gerada a sensação de frescor. Além de também atuar nas embalagens, reduzindo custo com matéria, pois possibilita a utilização de embalagens mais finas e menos densas e ainda proporcionar resistência mecânica às garrafas PET (politereflato de etileno), mitigando danos durante o processo logístico dos produtos já embalados. São exemplos de bebidas carbonatadas: refrigerante, água gaseificada, cerveja e vinho espumante (Engel, 2014).

3.5.3 Uso pela indústria de Solventes

Nesta indústria, o dióxido de carbono, em formato líquido, tem ganhado vantagem em aplicações nos produtos de limpeza a seco para roupas, pois combinado com agentes de limpeza, retira o excesso de detergente das peças e limpa as partículas restantes de forma “efervescente”. As partículas indesejadas são filtradas pelas máquinas e 95% do CO₂ é capturado para ser reutilizado no próximo ciclo. O 5% restante permanece na roupa, que quando em contato com o ambiente, transforma-se em gás, retornando para a atmosfera (*Global CCS Institute*, 2011).

Também como solvente e em estado líquido, é utilizado para remover a cafeína do café, submetendo os grãos a uma alta pressão, isolando apenas o aroma e levando a cafeína junto com o CO₂. Reduzindo a pressão e retornando o estado do solvente para gasoso, a cafeína é retirada do processo. Após esta etapa, o gás torna a ser pressurizado, para reutilização (Emden, 2012-2017).

3.5.4 Uso pelos setores de Agricultura e de Papel e celulose

Conforme mencionado anteriormente, o CO₂ tem papel fundamental no processo de fotossíntese. Com o uso da tecnologia, estufas são utilizadas para

manter uma ótima concentração de dióxido de carbono, para maximizar o crescimento das plantas (*Global CCS Institute*, 2011).

Na indústria de papel e celulose, o CO₂ é utilizado para redução do pH (índice do teor de hidrogênio na solução) nas operações de lavagem da celulose (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.5 Uso pelo setor Pneumático

Neste setor, o dióxido de carbono é pressurizado dentro de latas, coletes salva vidas, cilindros para práticas de *paintball* (esporte que utiliza marcadores com gases pressurizados), pistolas de ar, pneus de bicicletas, equipamentos e máquinas pneumáticas para uso industrial (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.6 Uso pelo setor de Saúde

Nos cilindros de oxigênio utilizados em hospitais, até 5% deles contêm CO₂. Essa porcentagem ajuda na provocação da respiração e na estabilização do oxigênio e do dióxido de carbono no sangue (S S Gas Lab Asia, 2017).

A crioterapia é uma técnica de fisioterapia que aplica baixas temperaturas em partes ou no corpo inteiro, com fins analgésicos e também pode ser utilizado com finalidades estéticas. Na estética, o uso tem como objetivo cicatrizar infecções da pele e renovação celular. Para atingir a baixas temperaturas, utiliza-se o dióxido de carbono em estado sólido, pelo fato de possuir como característica o ponto de ebulição de -57 °C (Air Products, 2017).

3.5.7 Uso pelo setor de Metalurgia

Na fabricação de aço o dióxido de carbono é aplicado em fornos e em supressão de poeiras, com pressurização. Também é utilizado para encaixes de peças por compressão (por resfriamento), na influência da fundição para aumento da dureza do material (*Global CCS Institute*, 2011).

No segmento de soldagens, no processo de solda MIG (*Metal Inert Gas*)/MAG (*Metal Active Gas*), onde um arco elétrico gera calor para a soldagem. Este arco é protegido da contaminação atmosférica através de uma proteção gasosa, o dióxido

de carbono atua nesta proteção. Quando aumentada a concentração do CO₂, reduz a quantidade de oxigênio e o oxigênio em alta quantidade neste processo, pode ocasionar oxidação (Fortes, 2005).

3.5.8 Uso pelo setor de Petróleo e Gás

Além de ser capturado em poços de petróleo e gás natural, o dióxido de carbono também é injetado próximo a perfuração de poços para análise dos vestígios de petróleo bruto (*Global CCS Institute*, 2011).

Nos reservatórios de petróleo que retêm alta quantidade de hidrocarbonetos após o esgotamento da energia natural, existem processos de recuperação (EOR) para interferir nas características do reservatório, favorecendo a retenção do óleo em excesso. Um dos métodos de recuperação do petróleo é o método miscível, que elimina as tensões interfaciais do reservatório de forma que torna possível a retirada do óleo. Um dos fluídos utilizado neste processo é o dióxido de carbono (Curbelo, 2006). Esta é atualmente a aplicação mais madura no ramo de reutilização de CO₂ (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.9 Uso pela indústria Química

Nesse setor, o dióxido de carbono é a matéria-prima para os processos, com alta representatividade para a produção de ureia e metanol (S S Gas Lab Asia, 2017). O CO₂ reage com a amônia para compor a ureia, utilizada na produção de fertilizantes (como na fumigação) e plásticos. Também dentro da indústria química, o dióxido de carbono pode ser utilizado como matéria-prima para produção de ácidos orgânicos, álcoois, ésteres e açúcares. O dióxido de carbono pode ser aproveitado no processo de ácido fórmico, através da eletro-redução (*Global CCS Institute*, 2011).

Para a composição da ureia, a reutilização do dióxido de carbono apresenta uma das tecnologias mais evoluídas (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.10 Uso pela indústria de tratamento de água e efluente

No tratamento de água, o dióxido de carbono é utilizado para remineralização após o processo de osmose reversa, que consiste na remoção de contaminantes e minerais. Com a inclusão do CO₂ após este processo, a dureza da água é elevada e ocorre o equilíbrio entre o carbonato, bicarbonato e o dióxido de carbono livre (Air Products, 2017).

Durante o processo de tratamento de água e efluente, o CO₂ também é aplicado no controle do pH, através da substituição do ácido mineral, reduzindo a possibilidade de dosagem em excesso, aumentando a segurança no manuseio (Air Products, 2017).

3.5.11 Uso pelo setor Eletroeletrônico

No segmento de placas de circuitos impressos, o CO₂ é um componente de vital importância em equipamentos eletroeletrônicos, há a presença de pequenas quantidades de dióxido de carbono atuando como fluido de limpeza em lacunas e encaixes (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.12 Uso pelo setor Alimentício

Para este setor, o uso do CO₂ está implicado em algumas seções, passando pelo resfriamento, congelamento, embalagens e aumento do tempo de vida. Com a mudança no estilo de vida da sociedade, as pessoas têm consumido mais alimentos pré-preparados, congelados e até mesmo prontos. Nos processos com criogenia, compostos por dióxido de carbono, ocorrem o congelamento, resfriamento e embalagem, de forma que mantenham a qualidade no sabor, textura e aparência dos alimentos e aumento do tempo de vida dos produtos, impactando no processo logístico, estoque e vendas. Alguns dos segmentos que utilizam o dióxido de carbono são: carnes em geral, frutas e verduras, laticínios, sorvetes, molhos, panificação, frutos do mar, sobremesas e refeições prontas (Air Products, 2017).

3.5.13 Uso pela indústria de Refrigeração

Atualmente, o dióxido de carbono vem substituindo os CFCs (clorofluorcarbonetos) nos sistemas de refrigeração. Com a agressão dos CFCs à camada de ozônio, o mercado de gases e líquidos refrigerantes está se atualizando para atender aos pactos, protocolos e acordos referentes às mudanças climáticas (Souza e Filho, 2011).

O dióxido de carbono, do âmbito de refrigeração, é conhecido como R744, conforme a norma ANSI/ASHRAE 34 – 1989. Nas décadas de 20 e 30 o CO₂ fora utilizado como refrigerante e por vários motivos, ele parou de ser utilizado no setor (Souza e Filho, 2011).

Com o aquecimento global, em meados dos anos 90, a discussão sobre a utilização do dióxido de carbono retornou com foco na substituição dos gases que impactam negativamente o meio ambiente. O R744 não é tóxico e não é inflamável, porém, seu coeficiente de performance (COP) é baixo, quando o sistema é operado em alta temperatura. Como diferencial, o R744 possui alta capacidade de refrigeração, tem menor custo para carga e reposição do fluido, também utiliza tubulações e trocadores de calor menores, proporcionando um sistema mais compacto que pode ser utilizado em várias aplicações e de diversos portes, tornando-o interessante no mercado (Souza e Filho, 2011).

3.5.14 Uso pelo setor Marinho

Muito parecido com a utilização em estufas para plantas, o CO₂ pode ser utilizado para incrementar no cultivo de algas, porém, este processo ainda se encontra em desenvolvimento (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.15 Uso pelo setor de Mineração

Em contato com salmoura, o dióxido de carbono resulta em produtos que podem ser utilizados em diversos setores.

No tratamento de resíduos de bauxita, o CO₂ pode ser utilizado na lama vermelha para neutralizar o produto, a fim de melhorar o gerenciamento, reduzir custos de disposição e reduzir impactos ambientais. Para esta aplicação, a

tecnologia a ser aplicada é específica ao ambiente, pois existem condições locais adequadas para viabilizá-la. Atualmente sua reutilização está em fase de desenvolvimento (*Global CCS Institute*, 2011).

No ramo da construção, o dióxido de carbono pode ser captado na produção do concreto pré-moldado e armazenado permanentemente como pedra calcária dentro do concreto. Reduz o consumo de energia do processo, pois evita o calor e vapor necessários. Este processo ainda se encontra em evolução (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.16 Uso pelo setor Energético

Em sistemas geotérmicos avançados, o CO₂ é utilizado de duas maneiras. Uma maneira é para ser usado como fluido de circulação, para trocar calor do sistema com o meio. A segunda maneira é ser usado diretamente como fluido de trabalho no ciclo para geração de energia (*Global CCS Institute*, 2011).

A indústria de energia nuclear também pode utilizar o dióxido de carbono como fluido de trabalho para refrigeração (*Global CCS Institute*, 2011).

O dióxido de carbono tem o potencial de ser aproveitado nos segmentos para metanol renovável (em combinação com o hidrogênio). Assim como na tratativa de bauxita, o sucesso do metanol renovável depende de condições locais adequadas. Encontra-se no início do processo comercial (*Global CCS Institute*, 2011).

3.5.17 Uso pela indústria Têxtil

Segundo a empresa Oxicam Gases, no setor têxtil, o dióxido de carbono é utilizado na etapa de mercerização de tecido, com aplicado na neutralização de agentes alcalinos. A mercerização de tecido é um processo aplicável em tecidos de algodão, linho e rami, para aumento do poder tintorial, de brilho, resistência e estabilidade dimensional da fibra (Medeiro, 2005).

3.6 PANORAMA MUNDIAL DA REUTILIZAÇÃO DE CO₂

A reutilização do CO₂ tem força para ser um componente fundamental de projetos de demonstração de CCS em grande escala em economias emergentes e em desenvolvimento. Enquadrado nestas condições, descritas anteriormente, o Brasil é passível de desenvolvimento de aplicações que utilizem o dióxido de carbono capturado para reuso.

Através deste capítulo, será retratado o panorama mundial da reutilização de CO₂, o mercado mundial atual e futuro das tecnologias de reuso (*Global CCS Institute*, 2011). A Tabela 3.1 e a Tabela 3.2 representam uma lista de potenciais usos existentes e emergentes para o CO₂, respectivamente. Cada um pode não ser totalmente exaustivo de todas as aplicações possíveis para o CO₂, mas identificam os usos comuns estabelecidos e as futuras tecnologias potenciais.

Tabela 3.1: Uso existente de aplicações para reutilização de CO₂.

Usos existentes	Descrição
Recuperação melhorada de petróleo (EOR)	O CO ₂ é injetado em campos de petróleo empobrecidos. O CO ₂ atua como um solvente que reduz a viscosidade do óleo, permitindo que ele flua para o poço de produção. Uma vez concluída a produção, o CO ₂ pode ser permanentemente armazenado no reservatório.
Aumento de rendimento de ureia (uso não cativo)	Quando o gás natural é usado como matéria prima para a produção de ureia, geralmente é produzida amônia excedente. Um excedente típico de amônia pode ser de 5% a 10% da produção total de amônia. Obtendo o CO ₂ adicional, pode ser comprimido e combinado com o excesso de amônia para produzir ureia adicional.
Outras aplicações da indústria de petróleo e gás	O CO ₂ é usado como fluido para a estimulação/fraturação de poços de petróleo e gás.
Carbonatação de bebidas	Bebidas carbonatadas com CO ₂ de alta pureza.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.1: Uso existente de aplicações para reutilização de CO₂ (Cont.).

Usos existentes	Descrição
Fabricação de vinhos	O CO ₂ é usado como gás de vedação para evitar a oxidação do vinho durante a maturação. O CO ₂ também é produzido durante o processo de fermentação e já foi capturado no local para reutilização de propriedades de gás inerte.
Processamento, conservação e embalagem de alimentos	O CO ₂ é usado para várias aplicações na indústria de alimentos, incluindo o resfriamento, como especiarias e como uma atmosfera inerte para prevenir a deterioração dos alimentos. Em aplicações de embalagem, o CO ₂ é usado em embalagens de atmosfera modificada em produtos como queijo, aves, lanches, produtos e carnes vermelhas, ou em embalagens de atmosfera controlada, onde os produtos alimentares são embalados em uma atmosfera destinada a prolongar a vida útil. O dióxido de carbono é comumente usado em embalagens devido à sua capacidade de inibir o crescimento de bactérias, evitando a deterioração.
Descafeinação de café	O CO ₂ é usado como solvente para o café descafeinado. É preferível devido às suas propriedades inertes e não tóxicas.
Processos farmacêuticos	O uso de CO ₂ na indústria farmacêutica pode se sobrepor com outros usos identificados, pois geralmente inclui inércia, síntese química, extração de fluidos supercríticos, transporte de produtos a baixa temperatura e acidificação de águas residuais. De 80% a 90% do consumo na indústria farmacêutica é atribuível ao consumo de solventes.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.1: Uso existente de aplicações para reutilização de CO₂ (Cont.).

Usos existentes	Descrição
Horticultura	O CO ₂ é fornecido para estufas para manter uma concentração ótima de CO ₂ e maximizar a taxa de crescimento das plantas. As fontes incluem esquemas de cogeração no local, bem como fontes industriais fora do local conectadas através de tubulações.
Papel e celulose	O CO ₂ é usado para reduzir o pH durante as operações de lavagem da polpa.
Tratamento de água	O CO ₂ é utilizado para a remineralização da água após a osmose reversa e para o controle do pH (redução).
Gás inerte	O CO ₂ é utilizado numa vasta gama de aplicações onde as propriedades físicas de um gás inerte são desejáveis. Isso inclui aplicativos abrangidos por outras categorias de uso, como um gás de proteção contra soldagem e gás usado na embalagem de alimentos e na produção de vinho.
Fabricação de aço	O CO ₂ é utilizado numa minoria de fornos de oxigénio básicos como agente de agitação inferior. Também é usado para supressão de poeira.
Metalúrgica	Usado para fins variados, incluindo peças de arrefecimento para encaixe encolhido e endurecimento de núcleos e moldes de areia.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.1: Uso existente de aplicações para reutilização de CO₂ (Cont.).

Usos existentes	Descrição
Solvente	O CO ₂ é útil para a extração de alta pressão e como solvente para isolar compostos direcionados, como fragrâncias e aromas. Por causa de sua baixa temperatura crítica e requisitos de pressão moderada, as substâncias naturais podem ser tratadas com especial cuidado. Por este motivo, está ganhando vantagem como solvente na indústria de limpeza a seco.
Eletrônico	A fabricação de placas de circuitos impressos utiliza pequenas quantidades de CO ₂ em aplicações de nicho, predominantemente como fluido de limpeza.
Pneumático	As aplicações pneumáticas para o CO ₂ incluem o uso como fonte de energia portátil para ferramentas e equipamentos pneumáticos, bem como uma fonte de energia para armas de paintball e outros equipamentos recreativos.
Soldagem	Usado como um gás envolvente para evitar a oxidação do metal soldado.
Gás refrigerante	O CO ₂ é usado como fluido de trabalho em sistemas de refrigeração, particularmente para sistemas industriais de ar condicionado e refrigeração em maior escala. Ele substitui os gases refrigerantes mais tóxicos, que também possuem um potencial de aquecimento global muito maior.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.1: Uso existente de aplicações para reutilização de CO₂ (Cont.).

Usos existentes	Descrição
Combate a incêndio	Quando aplicado a um incêndio, o CO ₂ fornece uma manta pesada de gás, que reduz o nível de oxigênio até um ponto onde a combustão não pode ocorrer. O CO ₂ é usado em extintores de incêndio, bem como em sistemas industriais de proteção contra incêndio.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.2: Uso emergente de aplicações para reutilização de CO₂.

Uso emergente	Descrição
Recuperação avançada de metano em camadas de carvão (ECBM)	Em ECBM, o CO ₂ é injetado em costuras de carvão, onde se infiltra, preferencialmente, no carvão, deslocando e liberando metano infiltrado, que pode então ser recuperado na superfície. Uma restrição chave na aplicação prática deste conceito tem sido a diminuição da permeabilidade e injetividade que acompanha o inchaço induzido por CO ₂ do carvão.
Sistema geotérmico avançado (EGS)	Existem duas maneiras pelas quais o CO ₂ pode ser utilizado na geração de energia geotérmica. Em primeiro lugar, ele pode ser usado como fluido circulante de troca de calor. O benefício é que a diferença de densidade significativa entre o CO ₂ frio que flui para o poço de injeção e o CO ₂ quente que flui no poço de produção, eliminaria a necessidade de uma bomba de circulação. Em segundo lugar, esse conceito poderia ser estendido, e o CO ₂ circulante também pode ser usado diretamente como fluido de trabalho em um ciclo de energia supercrítica de CO ₂ . Existe um interesse significativo nos ciclos supercríticos de energia do CO ₂ devido ao potencial de alta eficiência e máquinas compactas de turbo.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.2: Uso emergente de aplicações para reutilização de CO₂ (Cont.).

Uso emergente	Descrição
Geração de energia	Os ciclos de energia de CO ₂ não precisam ser limitados às usinas de energia geotérmica, pois os benefícios da alta eficiência e da maquinaria de turbo compacto não são específicos da fonte de calor. A indústria de energia nuclear também está interessada nos ciclos supercríticos de energia de CO ₂ , por esse motivo.
Processamento de polímero	Um exemplo de CO ₂ como matéria-prima para o processamento de polímeros envolve a transformação de dióxido de carbono em policarbonatos, usando um sistema de catalisador com base em zinco.
Síntese química	O carbono e o oxigênio são ambos os principais elementos da química orgânica. Consequentemente, existe uma ampla gama de produtos químicos que, pelo menos, podem teoricamente utilizar o CO ₂ como matéria-prima para a produção, incluindo ácidos orgânicos, álcoois, ésteres e açúcares. A viabilidade do CO ₂ como matéria-prima variará significativamente com base nas rotas de produção atuais. A demanda potencial dominante, baseada nos mercados atuais, pode vir do ácido acético, que tem um mercado global atual de aproximadamente 6 Mtpa. O ácido acético pode ser produzido por catálise direta de CO ₂ e metano.
Bio-fixação de algas	A produtividade dos sistemas de cultivo de algas pode ser aumentada significativamente (até um ponto de saturação) pela injeção de CO ₂ ao meio. Uma solução de crescimento.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.2: Uso emergente de aplicações para reutilização de CO₂ (Cont.).

Uso emergente		Descrição
Mineralização		
Carbonato de cálcio e carbonato de magnésio	de	O CO ₂ pode ser processado para formar um produto equivalente agregado para a indústria da construção e também pode deslocar uma pequena porção de cimento <i>Portland</i> , em concreto.
Bicarbonato de sódio	de	Esta é uma variante de mineralização em que o CO ₂ é conectado com salmoura rica em sódio, resultando na formação de bicarbonato de sódio (NaHCO ₃).
Tratamento de resíduos de bauxita (lama vermelha)	de	A extração de alumina, a partir de minério de bauxita, resulta em uma pasta de resíduos de bauxita altamente alcalina conhecida como "lama vermelha". O CO ₂ concentrado pode ser injetado na lama vermelha, para neutralizar parcialmente o produto, melhorando sua capacidade de gerenciamento, reduzindo seus custos de disposição e limitando seus potenciais impactos ambientais. No processo de neutralização, o CO ₂ é convertido em forma mineral (tipicamente carbonatos). O produto resultante permanece ligeiramente alcalino e tem potencial para alteração do solo em solos ácidos.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.2: Uso emergente de aplicações para reutilização de CO₂ (Cont.).

Uso emergente	Descrição
Combustíveis líquidos	
Metano renovável	A eletrólise da água produz H ₂ . O H ₂ é combinado com CO ₂ capturado, comprimido e reagido sobre um catalisador a temperatura e pressão moderadas (~ 5 MPa, ~ 225 °C) para produzir metanol e água.
Microorganismos geneticamente modificados para secreção direta de combustível	Os organismos fotossintéticos específicos de produto de engenharia circulam em uma solução de micronutrientes e água salobra, produzindo produtos de hidrocarbonetos como subproduto do metabolismo. A entrada de energia é energia solar direta e não concentrada.
Injeção de CO ₂ para a síntese convencional de metanol	O rendimento de metanol a partir da síntese convencional de metanol pode ser aumentado (algumas estimativas sugerem um aumento de 20% na produção) pela injeção de CO ₂ adicional a montante do reformador de metanol. O consenso da indústria é que as novas usinas geralmente terão um reformador autotérmico, o qual tende a produzir um excesso de hidrogênio de modo que a injeção de CO ₂ não seja necessária.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Os dados mais específicos e confiáveis sobre o consumo de CO₂ não estão disponíveis para utilizações específicas, com finalidade estatística e como consequência, os números trados são estimativas, consideradas por “ordem de magnitude”.

A volumetria dos setores será representada por intervalos, conforme o conjunto de intervalos a seguir:

- demanda < 1 Mtpa;
- 1 Mtpa < demanda < 5 Mtpa;
- 5 Mtpa < demanda < 30 Mtpa;
- 30 Mtpa < demanda < 300 Mtpa;
- demanda > 300 Mtpa.

Na Tabela 3.3 são apresentados os potenciais de demanda de CO₂ atual e futura para o caso de reuso de CO₂ no mercado americano por setor e na Tabela 3.4

são apresentadas as demandas futuras do potencial de CO₂ não cativo das aplicações emergentes no mercado americano por segmento (*Global CCS Institute*, 2011).

Tabela 3.3: Potenciais atuais e futuros da demanda de CO₂ para aplicações existentes.

Setores (aplicações existentes)	Atual (não cativo) demanda de CO₂ (Mtpa)	Potencial futuro (não cativo) demanda de CO₂ (Mtpa)
Recuperação de Petróleo	30 < demanda < 300	30 < demanda < 300
Indústria química	5 < demanda < 30	5 < demanda < 30
Petróleo e Gás	1 < demanda < 5	1 < demanda < 5
Bebidas carbonatadas	~8	~14
Alimentícia	~8.5	~15
Descafeinação do Café	desconhecido	1 < demanda < 5
Saúde	<1	<1
Agricultura	<1	1 < demanda < 5
Papel e Celulose	<1	<1
Tratamento de água	1 < demanda < 5	1 < demanda < 5
Aço	<1	<1
Metalúrgica	<1	<1
Solvente	<1	<1
Eletroeletrônico	<1	<1
Pneumático	<1	<1
Soldagem	<1	<1
Refrigeração	<1	<1
Combate a incêndio	<1	<1

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Pode-se observar através da Tabela 3.3 que, são poucos os setores com força na representatividade do setor de reutilização de CO₂ não cativo. No setor de petróleo, para a recuperação avançada (EOR) é o segmento mais maduro, em comercialização e o que mais demandaria grandes volumes representativos, levando em consideração a minimização de impactos do CCS.

Tabela 3.4: Futura demanda potencial de CO₂ para aplicações emergentes.

Uso emergente	Futura demanda potencial de CO₂ não cativo (Mtpa)
Recuperação avançada de metano em camadas de carvão (ECBM)	30 < demanda < 300
Sistema geotérmico avançado (EGS)	5 < demanda < 30
Geração de energia	< 1
Processamento de polímero	5 < demanda < 30
Síntese química (exclui polímeros e combustíveis líquidos/hidrocarbonetos)	1 < demanda < 5
Bio-fixação de algas	> 300
Mineralização	
Carbonato de cálcio e carbonato de magnésio	> 300
Bicarbonato de sódio	< 1
Tratamento de resíduos de bauxita (lama vermelha)	5 < demanda < 30
Combustíveis líquidos	
Metano renovável	> 300
Microorganismos geneticamente modificados para secreção direta de combustível	> 300
Injeção de CO ₂ para a síntese convencional de metanol	1 < demanda < 5

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (*Global CCS Institute*, 2011).

Assim como os dados para este segmento são escassos no mundo, o contexto brasileiro não se difere. Com isso, a análise, para o Brasil, será feita com base nos dados do carbono utilizado como recurso e do crescimento dos setores que o utilizam como recurso, com o objetivo de identificar e evidenciar o potencial da demanda de CO₂ não cativo no Brasil.

4 O MERCADO BRASILEIRO DE CO₂ NÃO CATIVO

Para pesquisa deste estudo foram analisadas as informações disponíveis em associações, agências nacionais e estaduais, institutos, federações, ministérios, centros de pesquisas, grupos de estudos, sindicatos, relatórios anuais de empresas, notas de imprensa, contato com fornecedores e consumidores de dióxido de carbono não cativo, e um pequeno número de informações e dados sobre a reutilização de CO₂ foi obtido.

Após uma busca minuciosa por aplicações da reutilização do CO₂ no país, o retorno da foi procura muito escasso. Não há base consolidada sobre a tratativa do carbono como um recurso e cada setor investigado (combate a incêndio, bebidas, solventes, agricultura, pneumático, saúde, metalurgia, petróleo e gás, indústria química, tratamento de água e efluente, eletroeletrônico, alimentícia, refrigeração, marinho, mineração, energético e têxtil) não fornecem dados sobre aplicações já utilizadas. Para obter a capacidade atual e o potencial de consumo de CO₂ não cativo no Brasil, inicialmente foram detectados os fornecedores atuais desse mercado e os fluxos comerciais do mesmo, posteriormente foram identificados os setores demandantes, rastreando as áreas de cada setor produtivo que utiliza CO₂ na cadeia produtiva dos mesmos, para determinar um panorama nacional para os setores que consomem CO₂ não cativo no Brasil.

A Tabela 4.1 apresenta os atuais fornecedores de CO₂ para o mercado brasileiro, a matéria prima utilizada para produção, os setores que demandam dióxido de carbono destas empresas e a capacidade de produção máxima (capacidade instalada).

Tabela 4.1: Informações do cenário atual do fornecimento de CO₂.

Fornecedor	Matéria Prima	Aplicações	Capacidade Instalada (t/ano)
Air Liquide	Gás natural	Bebidas	não declarado
		Indústria química	
		Metalúrgica	
		Soldagem	
		Textil	
Air Product	não declarado	Indústria química	42.700,00
		Tratamento de água	
Gás Carbônico	não declarado	Alimentícia	8.760,00
		Bebidas	
		Metalúrgica	
		Soldagem	
GPC Química	Gás natural	Autoconsumo	32.000,00
		Indústria química	
IBG	Energia elétrica e gás natural	Bebidas	não declarado
		Saúde	
		Soldagem	
Linde	não declarado	Bebidas	não declarado
		Indústria química	
		Metalúrgica	
		Soldagem	
		Tratamento de efluente	
Petrobras Fafen BA	não declarado	Indústria química	618.750,00
Petrobras Fafen SE	não declarado	Indústria química	506.880,00
White Martins	não declarado	Bebidas	não declarado
		Indústria química	
		Metalúrgica	
		Soldagem	
		Tratamento de efluente	
White Martins	não declarado	Bebidas	não declarado

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (ABIQUIM, 2015).

De acordo com a tabela anterior, conforme informações disponibilizadas pelos fornecedores, a capacidade instalada total é de 1.209.090,00 t/ano de CO₂ não cativo, pois trata-se do volume possível de comercialização. Segundo a Associação

Brasileira da Indústria Química (Abiquim), para o cenário brasileiro, os setores que mais demandam CO₂ são:

- alimentício;
- bebidas;
- indústria química;
- metalúrgico;
- saúde;
- soldagem;
- têxtil; e
- tratamento de água e efluente.

A seguir na Figura 4.1, 4.2 e 4.3, são apresentados os dados do fluxo comercial de CO₂ não cativo no Brasil. A base de dados utilizada contempla os anos de 2005 a 2015, segundo a Pesquisa Industrial Anual (PIA), realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), e os valores dos anos de 2016 a 2020 foram projetados por meio de regressão linear, função que verifica a relação de causalidade e variação de duas variáveis quantitativas, em função do histórico, analisa o comportamento dos dados nos anos anteriores e aplica a correlação para os anos futuros (Paternelli, 2002). A regressão linear proporciona projeção sequencial, com estimativa interna da variância do erro, assegurando simplicidade ao cálculo, além de permitir que transformações possam ser estimadas (Serinoli, 2009). O método de regressão linear aqui utilizado, encontra-se também em avaliações de qualidade de vida (Fleck, 1999), identificação de tendências climáticas (Back, 2000), índice de massa corporal (Vasconcellos, 2001) e outras aplicações.

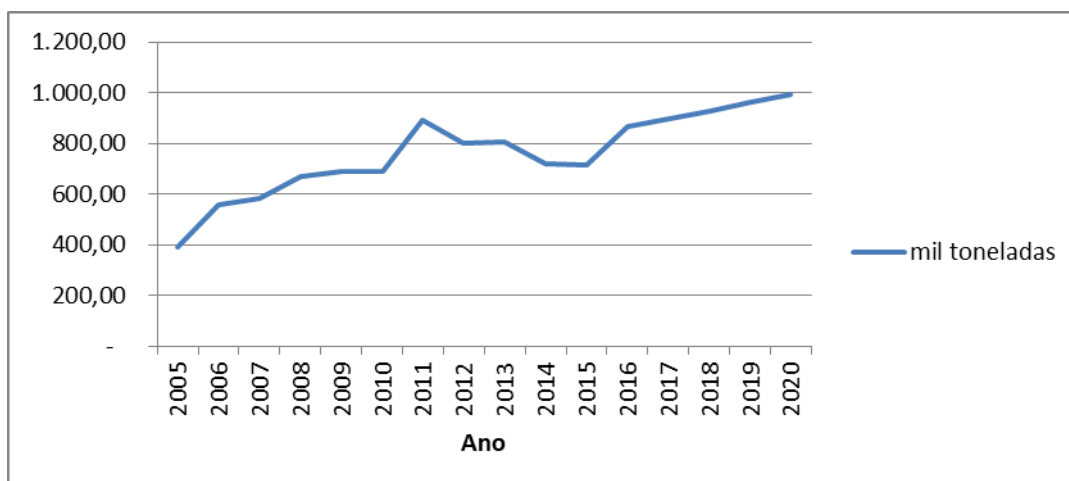


Figura 4.1: Histórico e previsão da oferta de CO₂ não cativo no Brasil.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

A oferta de dióxido de carbono não cativo no Brasil é retratada com crescimento histórico, sendo o último valor real (em 2015) com 715 mil toneladas, variando entre 392 mil toneladas em 2005 (valor mínimo) até 991 mil toneladas em 2020, atingindo à máxima de 894,29 mil toneladas de CO₂ produzidas no ano de 2011 (comparando com este ano, em 2015 houve decréscimo).

Com a projeção realizada, é previsto o crescimento da produção em de 39% no ano de 2020, comparado ao ano de 2015.

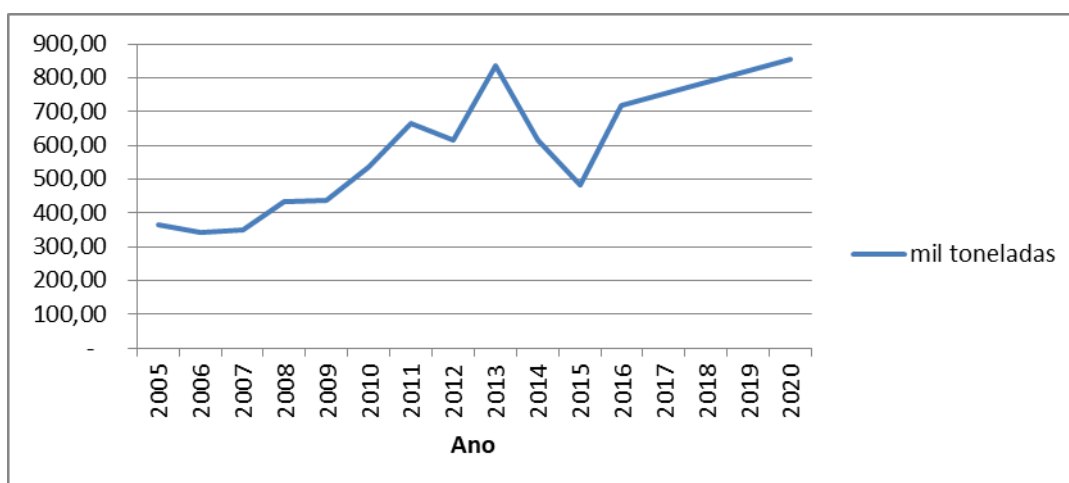


Figura 4.2: Histórico e previsão do consumo de CO₂ no Brasil.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

A previsão de consumo para 2015 foi de 483 mil toneladas. De 2005, até 2013, o consumo do carbono obteve crescimento pelo mercado, chegando à venda de 835 mil toneladas para consumidores, com valor mínimo de 343 mil toneladas em 2006. Em relação ao pico de 2013, dois anos depois, o cenário reduziu em 42%. Segundo as projeções, o consumo voltará a crescer e em 2020 será pouco maior do que o ano de 2013.

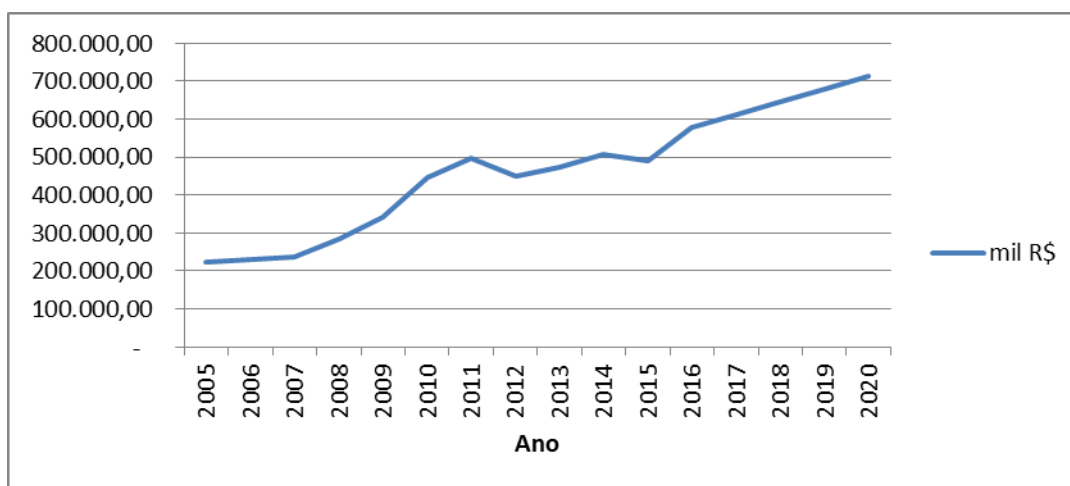


Figura 4.3: Histórico e previsão de vendas de CO₂ no Brasil.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Em 2015, o valor das transações comerciais atingiu R\$491.145,00, tendo uma pequena queda em relação ao ano anterior. O histórico das vendas inicia-se em 2005 com R\$224.730,00 e atingiu R\$508.213,00 em 2014. Apesar da queda no volume do consumo de CO₂ apresentada na Figura 4.2, a Figura 4.3 mostra que o valor financeiro da venda sofreu sutis quedas em 2012 e 2015, a linha de tendência permaneceu direcionada para o crescimento, com previsão de R\$711.326,45 em 2020 (maior valor projetado) (IBGE, 2017).

Cabe ressaltar que os setores que mais demandam dióxido de carbono no Brasil são: alimentício; de bebidas; químico; metalúrgico; da saúde; de soldagem; têxtil e de tratamentos de água e efluente. No próximo capítulo serão mostrados os números e particularidades de cada setor.

5 O POTENCIAL DAS APLICAÇÕES DE CO₂ POR SETOR PRODUTIVO NO BRASIL

Conforme mencionado do capítulo anterior, neste tópico a abordagem é sobre os setores mais representativos na demanda no mercado de dióxido de carbono não cativo.

Exceto para o setor alimentício, os dados utilizados para análise são baseados nas premissas adotadas e estabelecidas de acordo com os processos e insumos pertencentes a cada setor analisado, que utilizam o CO₂ como recurso necessário. Considerando assim, somente os insumos pertinentes no processo produtivo de cada setor. Além disto, os dados considerados para análise estão divididos em seções: dados históricos reais e previsão. Os dados históricos reais reproduzem o que já foi ocorrido (entre os anos 2005 e 2015). Para os anos de 2016 até 2020 foi feita previsão dos valores, através da regressão linear, onde há a função que verifica a relação da variação dos dados obtidos, em função do histórico, e aplica a correlação entre os dados na projeção dos próximos anos (Peternelli, 2002); (Fleck, 1999); (Back, 2000); (Vasconcellos, 2001).

Em virtude da recessão na economia mundial, ocorrida através da crise financeira de 2008, os dados referentes às ofertas, consumos e vendas dos setores alimentício, indústria química, metalurgia, de saúde, de soldagem e têxtil (apenas oferta) foram influenciados com redução ou estabilidade, sem evolução entre os anos de 2008 e 2009 (Ferraz, 2013).

5.1 SETOR ALIMENTÍCIO

O setor alimentício obteve o desenvolvimento tecnológico no Brasil no início do século passado, quando a demanda dos produtos superava a capacidade da produção artesanal, além da inclusão dos processos de conservação e maior agilidade na logística. Ações que, com o passar dos anos, amadureceram cada vez mais, dedicando-se ao aumento na qualidade (aparência, sabor e aroma) e tempo de vida (Mendez, 2004).

Este setor é um dos principais da economia brasileira. Segundo a ABIA (Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação), em 2016 o setor teve

participação de 10,1% do PIB (Produto Interno Bruto) do país. É composto por 35,2 mil empresas, segundo o IBGE, e gera, diretamente mais de 1,5 milhão de empregos.

A aplicação do CO₂ neste setor está em embalagens de alimentos, congelamento e resfriamento, melhorando a qualidade do produto através do sabor, textura e aparência, assim, prologando o tempo de vida. Exemplos de segmentos desta indústria que utilizam o carbono são: carnes, frutas, vegetais, laticínio, sorvetes, molhos, alimentos líquidos, pães, frutos do mar, alimentos congelados e doces (Air Products, 2017).

Conforme informando anteriormente, a análise para este setor é diferente dos demais, devido à variedade de produtos em que o dióxido de carbono está inserido no processo, será analisado o setor em sua totalidade. Com os dados históricos de 2010 a 2016 e sendo projeção através da regressão linear de 2017 a 2020 (Figura 5.1).

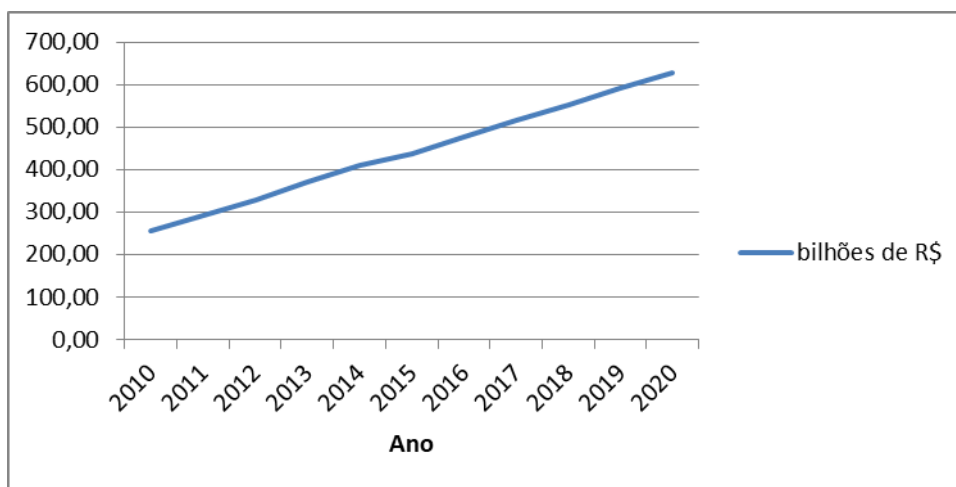


Figura 5.1: Histórico e previsão de vendas do setor alimentício.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (ABIA, 2017).

Em 2016, o setor manteve a tendência de crescimento com valor total de vendas em 477 bilhões de reais. Não apresentando baixas no histórico, segundo projeção o setor aumentará de 255 bilhões de reais para 628 bilhões de reais em 2020. Monstrando o crescimento contínuo do setor de 43% até 2020.

5.2 SETOR DE BEBIDAS

Assim como o setor de alimentos, o setor de bebidas possui inúmeros produtos. Neste trabalho, serão abordadas apenas as bebidas que tem o CO₂ como insumo para a produção, que são as bebidas carbonatadas. Devido ao referencial teórico tratar este tipo de bebida com maior demanda de CO₂ no processo de fabricação. Este tipo de bebida é composto por água, dióxido de carbono e mais um ingrediente para dar sabor e cor. São exemplos de bebidas que sofrem o processo de carbonatação: água mineral gaseificada, cerveja, chope, refrigerante, tônica e vinho espumante.

Nesta avaliação, devido à disponibilidade de informações, as bebidas carbonatadas estão representadas através das bebidas: refrigerante, outras não alcoólicas, vinho, cerveja e chope. Os valores de oferta e demanda referentes aos itens não alcoólico e vinho, não foram disponibilizados na base de dados do IBGE, de forma que eles integram apenas as informações sobre as vendas do setor.

Os dados de oferta, demanda e de vendas para o setor de bebidas carbonatadas estão demonstrados, conseqüentemente, a seguir na Figura 5.2, 5.3 e 5.4.

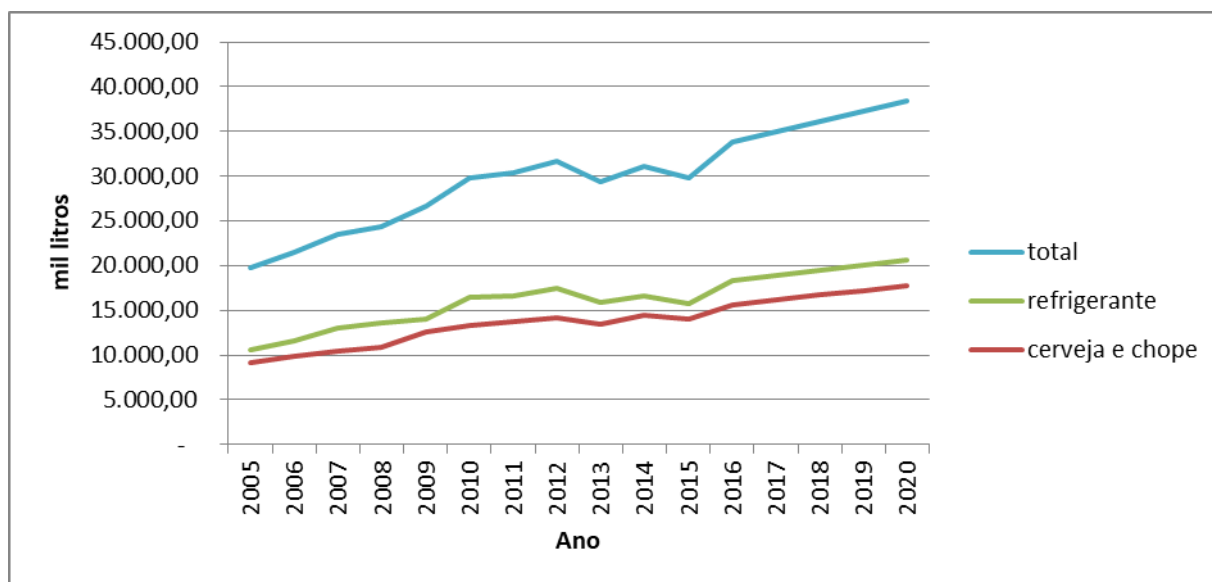


Figura 5.2: Histórico e previsão da oferta do setor de bebidas carbonatadas.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Em virtude dos dados disponibilizados, as Figuras 5.3 e 5.4 apresentam os valores para o refrigerante, cerveja e chop.

Analisando o valor total da oferta, observa-se que este setor tende ao crescimento. No ano de 2015 foram produzidos 30 milhões de litros de refrigerante, cerveja e chope. No histórico o setor obteve seu valor total mínimo de 20 milhões de litro (2005) e máximo de 32 milhões de litro (2012). Em 2013 e 2015, nota-se uma leve queda nestes dois anos, porém, não impactou a evolução da produção. No ano de 2020, a fabricação de refrigerante, cerveja e chope têm previsão de chegada próxima ao dobro de 2005, aumentado seus valores em 29%, em relação a 2015.

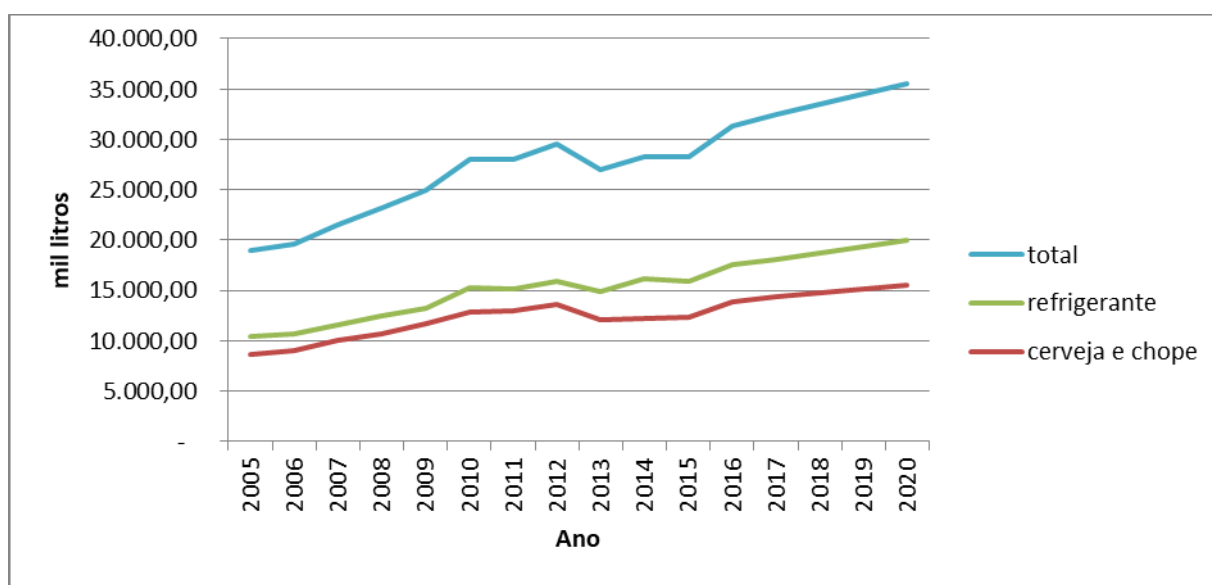


Figura 5.3: Histórico e previsão do consumo do setor de bebidas carbonatadas.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

A análise de consumo para refrigerante, cerveja e chope, é similar à oferta. Sendo que em 2015 o consumo foi de 28 milhões de litros de refrigerante, cerveja e chope. Variando entre 19 milhões de litros e 29,5 milhões de litros entre os anos de 2005 e 2015. Possui a tendência de crescimento na demanda do mercado, com períodos de leve decréscimo e com previsão de chegar em 2020 com 26% de aumento nas vendas, em relação ao ano de 2015.

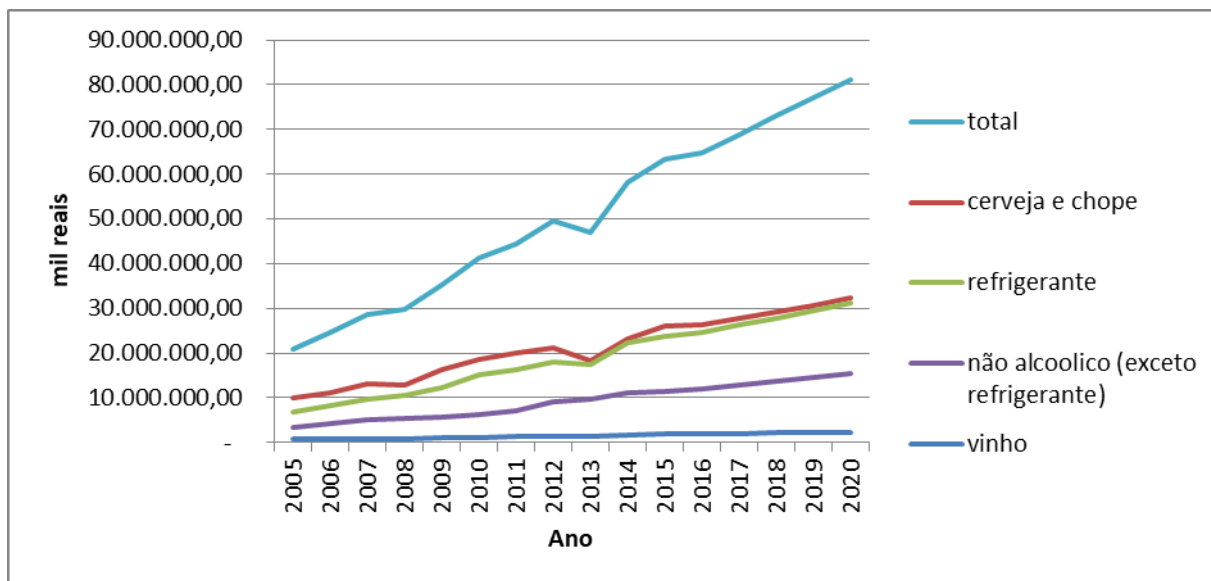


Figura 5.4: Histórico e previsão de vendas do setor de bebidas carbonatadas.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Por se tratar de números financeiros, informações sobre não alcoólico e vinho foram disponibilizados e incluídos na avaliação. No ano de 2015 as bebidas carbonatadas representaram 63 bilhões de reais, acompanhando o crescimento dos anos anteriores. Pode se observar que as maiores vendas pertencem às bebidas refrigerantes, cervejas e chopes, simbolizando 78% do mercado. Esta divisão da indústria consumidora de CO₂ prevê o aumento de 28% até o ano de 2020, sobre 2015.

5.3 SETOR DA INDÚSTRIA QUÍMICA

O setor químico é muito importante para as indústrias, pois fornece matéria prima para quase todos os segmentos industriais, porém, a alta representatividade do dióxido de carbono está na produção de ureia e metanol. Em menor quantidade, ácidos orgânicos, álcoois, ésteres e açúcares, também consomem CO₂ em seus processos produtivos (Mota, 2014). Com base nestas premissas e com as informações disponíveis, foram abordados os dados sobre ureia e etanol na análise do comportamento do setor em relação à dependência do dióxido de carbono (Figura 5.5, 5.6 e 5.7).

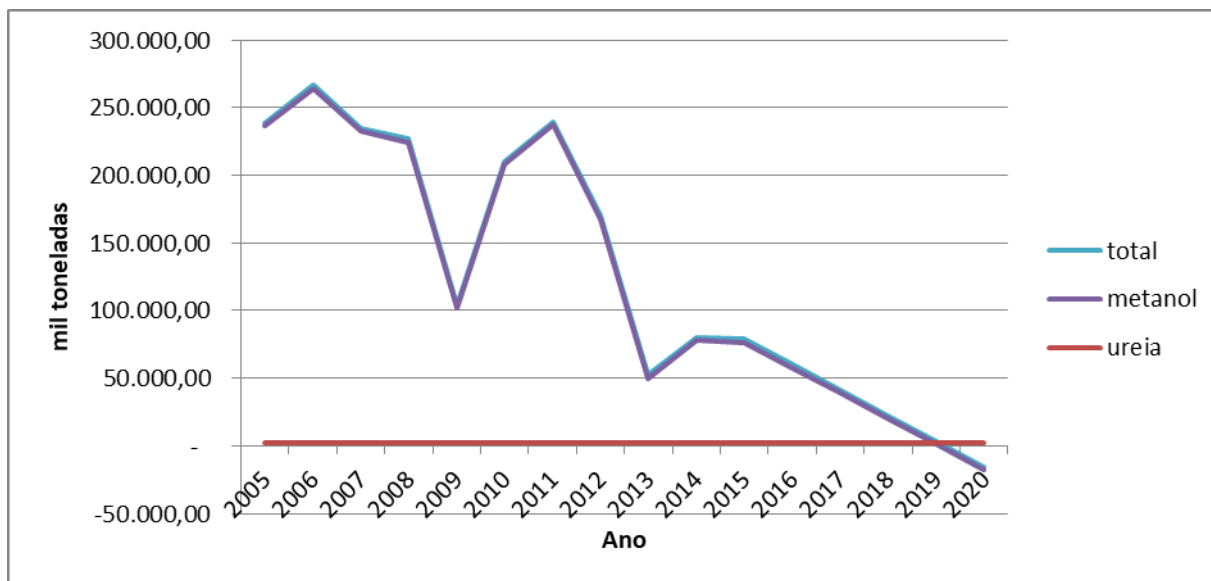


Figura 5.5: Histórico e previsão da oferta do setor da indústria química.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Apesar da ureia e do metanol serem os componentes mais significativos do setor químico, pode-se observar, através da figura anterior, que o metanol é o mais expressivo. No entanto, está propenso ao decaimento na fabricação tanto para o histórico, quanto para a estimativa dos anos seguintes, saindo de 264 milhões de toneladas para 76 milhões de toneladas em 2015. Obtendo uma grande queda em 2009, com recuperação até 2011, com caída significativa, novamente, em 2013. As quedas neste intervalo aconteceram devido ao aumento na importação do metanol, pelo custo do produto importado ser mais atrativo e à redução no imposto para importação (MDIC, 2016). Com o aumento da importação do metanol, a produção interna resulta em redução. Já a ureia apresenta estabilidade no decorrer dos anos históricos, com tendência à linearidade, com produção de 1908 mil toneladas em 2005, chegando em 2015 com 2082 mil toneladas.

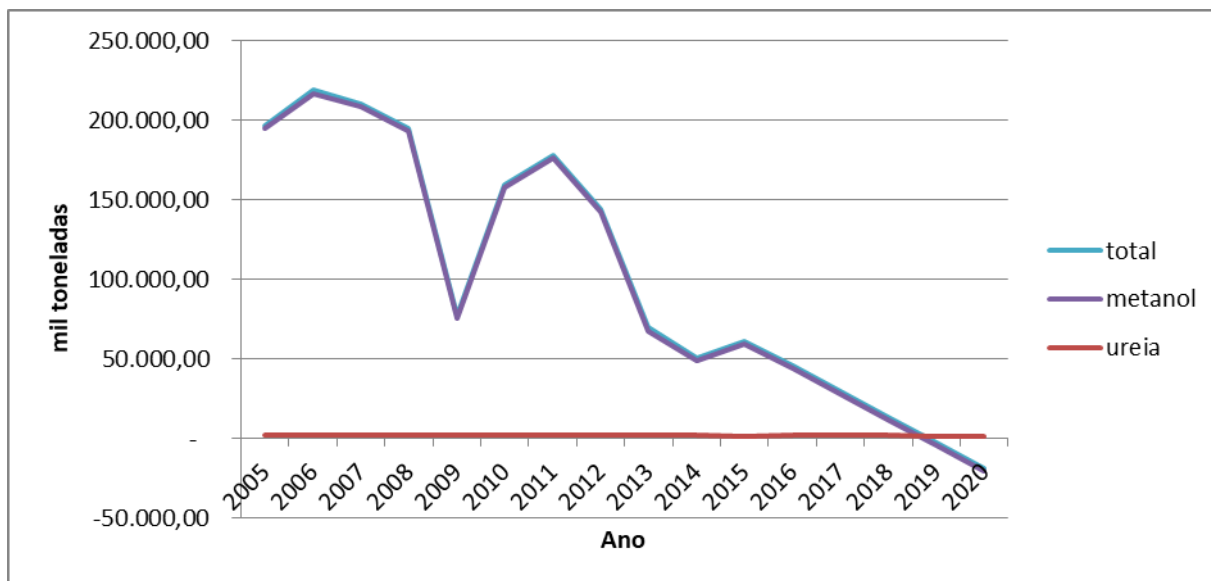


Figura 5.6: Histórico e previsão do consumo do setor da indústria química.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

O histórico e previsão do consumo da ureia e metanol são semelhantes ao comportamento da oferta, representado na Figura 5.5. Totalizando o consumo de 61 milhões de toneladas consumidas no ano de 2015, demonstrando os decrescimentos e crescimentos no mesmo período em que a oferta sofreu variações. Histórico e projeção com decaimento extremamente significativo para o metanol (devido às importações) e regularidade para ureia.

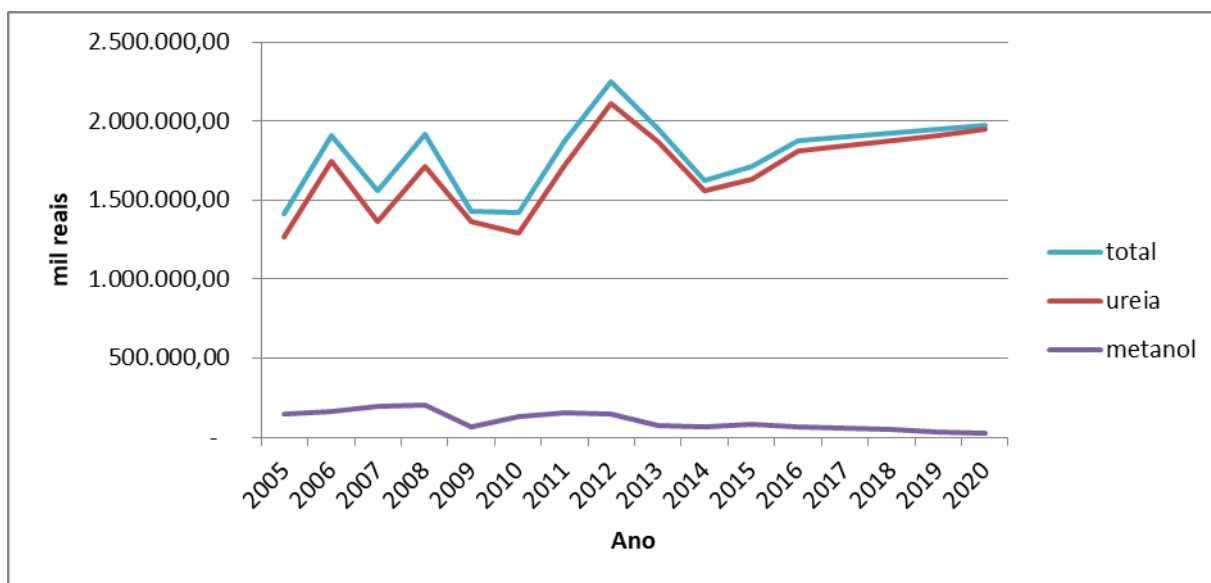


Figura 5.7: Histórico e previsão de vendas do setor da indústria química.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

O aspecto interessante para os produtos analisados neste tópico, é que, mesmo com a queda no histórico, o metanol apresenta oferta e consumo muito superior à ureia, porém, quando se trata da questão do valor das vendas, a ureia se torna mais representativa, com mais de 90% do total. O setor, como um todo, obteve o valor de 1,7 bilhão de reais de vendas em 2015. A ureia com instabilidade de 2005 a 2015, atingindo altas e baixas e metanol apresentando desempenho linear, em relação à ureia. Conforme a projeção da Figura 5.7, as vendas da ureia tendem para o crescimento leve e as vendas do metanol decaem com tenuousidade, com estimativa de vendas de 2 bilhões de reais em 2020.

5.4 SETOR DE METALURGIA

O setor metalúrgico, por ser um setor base para outros setores produtivos, possui relevante expressão no cenário econômico. Este setor está dividido em diversos segmentos, como produção de ferro, siderurgia, produção de aço e fundição (FIESC, 2017). A Oxicam, fornecedor de CO₂ no Brasil, informa que a utilização do carbono ocorre durante o processo de fundição, nas peças moldes. Por discorrer de um segmento específico do setor, o encontro de dados para previsão de oferta e consumo é deficiente. Contudo, para realização da análise do setor em

relação ao recurso dióxido de carbono, utilizou-se como referência a venda de maquinário fabricado para a indústria (Figura 5.8).

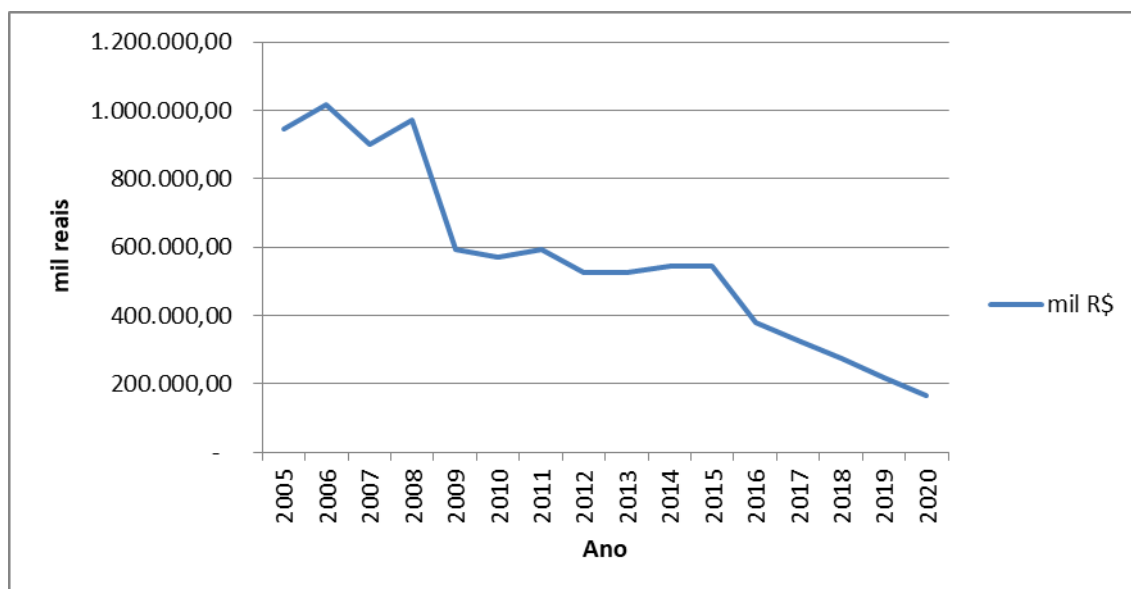


Figura 5.8: Histórico e previsão de vendas do setor de metalurgia.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Atualmente, o setor encontra-se em decréscimo. Obtendo queda significativa em 10 anos de histórico, em 2006, os valores de venda estão em torno de 1 bilhão de reais e em 2015, os valores atingiram pouco mais de 500 milhões reais. A metalúrgica atingiu o pico de vendas no ano de 2006 com pouco mais de 1 bilhão de reais e chegou ao valor mínimo de 525 milhões em 2012. A projeção até 2020, não difere do histórico, tendendo a cair cada vez mais, atingimento 165 milhões reais.

5.5 SETOR DE SAÚDE

O setor de saúde é um setor amplo, com diversos segmentos e divisões. Na área da saúde, o carbono é utilizado como insumo importante para combinação com o oxigênio e atuar como estimulante respiratório (White Martins, 2017). Com esta informação, foi adotado como premissa o segmento de produtos respiratórios. A análise dos dados do setor foi realizada através da seção de aparelhos de ozonoterapia, de oxigenoterapia, respiratório de reanimação e outros de terapia

respiratória, incluindo pulmões de aço. Na Figura 5.9, 5.10 e 5.11 são representadas as análises de oferta, consumo e valor comercializado do setor da saúde que utiliza CO₂ no processo produtivo.

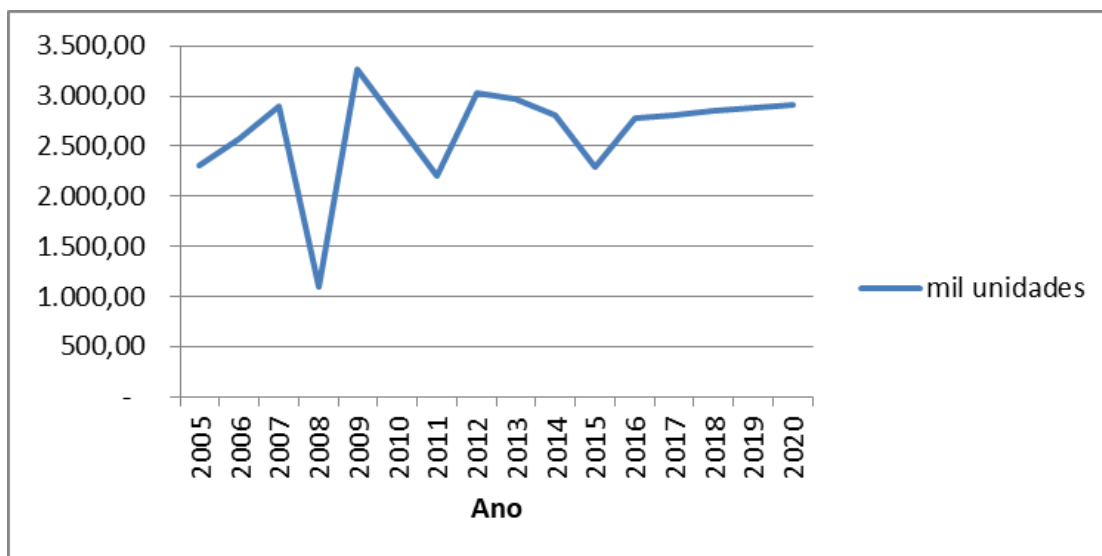


Figura 5.9: Histórico e previsão da oferta do setor de saúde.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Através da Figura 5.9 nota-se que o histórico do setor não tem um padrão para a fabricação, variando conforme demanda. Em 2005 o setor encontra-se em período de queda, com 2299 mil unidades produzidas. Há períodos em que a oferta está em alta (atingindo até 3035 mil unidades produzidas) e em outros períodos, em baixa (atingindo 1092 mil unidades produzidas). Também é possível observar que, para 2016 até 2020 é prevista o pequeno crescimento do setor, com o valor de 2774 mil unidades em 2016, para 2917 mil unidades em 2020.

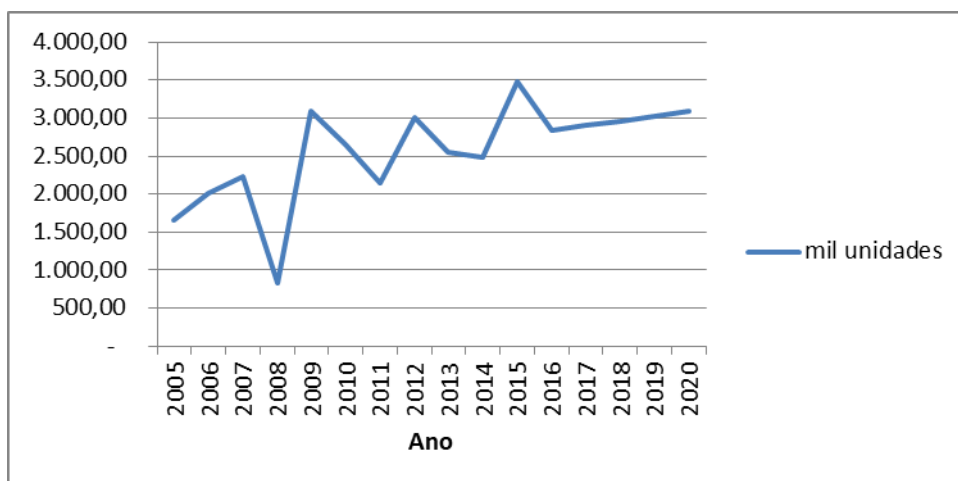


Figura 5.10: Histórico e previsão do consumo do setor de saúde.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Assim como para a oferta, o consumo do setor de saúde não possui estabilidade nos dados históricos e tende a permanecer constante nas projeções de 2016 a 2020. Porém, em 2015 a oferta estava em decaimento, já no consumo, a quantidade vendida estava em alta (3474 mil unidades). 2008 foi o ano em que o setor menos vendeu, foram 825 mil unidades de aparelhos, quando em 2015, atingiu a maior quantidade no histórico. A projeção para 2020 é que seja menor que 2015 com 3100 mil equipamentos comprados por consumidores.

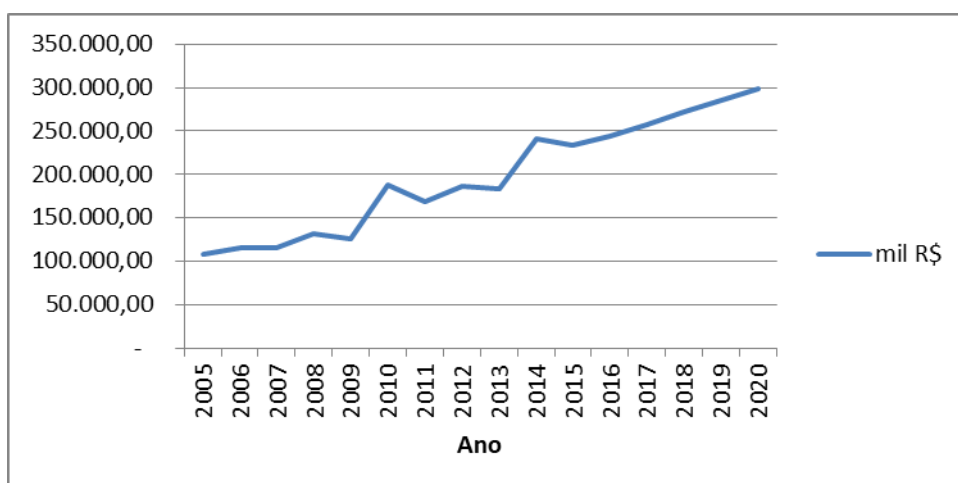


Figura 5.11: Histórico e previsão de vendas do setor de saúde.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Sendo contraditório aos dados de oferta e consumo, as vendas para este setor exibem o histórico de crescimento, atingindo 234 milhões de reais em 2015. O menor valor financeiro obtido foi no primeiro ano analisado, 2005 (108 milhões de reais) e o maior valor financeiro foi em 2014 (240 milhões de reais). Com projeções de evolução, podendo atingir o valor das vendas em 298 milhões reais no ano de 2020, apresentando crescimento de 28%.

5.6 SETOR DE SOLDAGEM

A aplicação do CO₂ é um processo significativo para este setor e serve como suporte para tantas outras indústrias. Para as soldas, o CO₂ é empregado para proteção na soldagem por arco elétrico, conhecida como MIG/MAG. Para a análise deste setor, o princípio utilizado está baseado nas máquinas para solda elétrica ou por outros processos que utilizem arco para soldagem. A Figura 5.12, 5.13 e 5.14, apresenta a previsão de oferta, consumo e valor comercializado para o setor de soldagem.

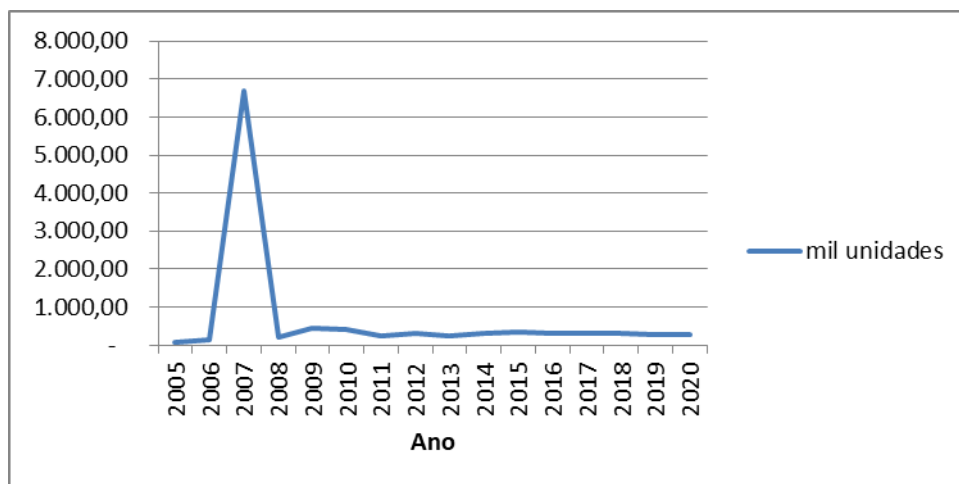


Figura 5.12: Histórico e previsão da oferta do setor de soldagem.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

O último valor real em 2015 do setor se manteve estável, com 329 mil unidades fabricadas. Na figura 5.12, observa-se que este setor mantém o histórico de 2005 a 2015 com a fabricação dos seus maquinários com estabilidade, porém, pode-se observar que o ano de 2007 foi atípico, atingindo o pico de mais de 6600 mil

unidades produzidas, enquanto a média do histórico é de 280 mil unidades. Para os anos seguintes ao histórico fornecido, apresenta-se a mesma estabilidade, com um pequeno crescimento, em média de 295 mil unidades produzidas.

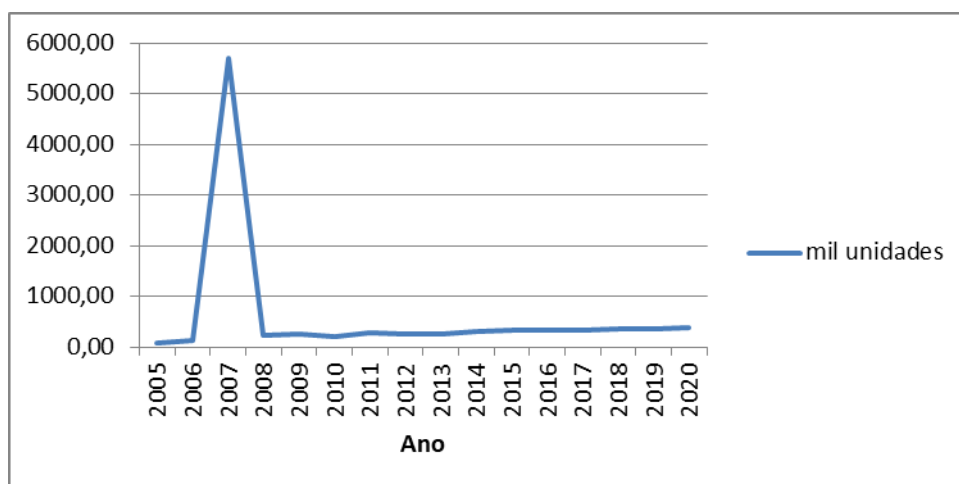


Figura 5.13: Histórico e previsão do consumo do setor de soldagem.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Se assemelhando ao perfil da oferta, o consumo também apresenta tendência linear em seu histórico e projeção, com o ano de 2015 estável (em relação aos anos anteriores) com 324 mil unidades vendidas. Porém, obteve a eventualidade no ano de 2007, chegando ao número de 5705 mil unidades vendidas no mercado interno, demonstrado na Figura 5.13. A previsão de 2016 a 2020 é de regularidade, com média nos anos de 349 mil unidades adquiridas.

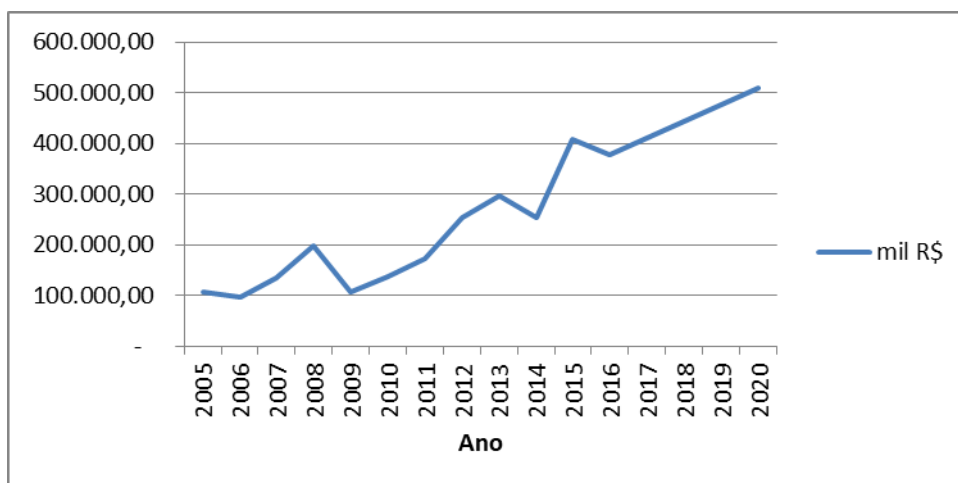


Figura 5.14: Histórico e previsão de vendas do setor de soldagem.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Apesar da oferta e do consumo deste segmento que utiliza carbono como insumo apresentar comportamentos similares, ao analisar suas vendas, o traçado segue tendência de crescimento. Em 2015 o valor das vendas aumentou em realação ao ano anterior, atingindo 409 milhões de reais. Obteve variação mínima em 2006, com 97 milhões de reais e variação máxima em 2015. A previsão apresenta mais de 500 mil reais vendidos em 2020, 24% a mais que em 2015.

5.7 SETOR DA INDÚSTRIA TÊXTIL

Segundo a Abiquim, a indústria têxtil também é um dos maiores segmentos do mercado de dióxido de carbono. Neste setor, o CO₂ tem aplicabilidade no processo de mercerização de tecido, atuando em conjunto com outros produtos químicos, com a finalidade de melhorar a qualidade do tecido. Por se tratar de um ramo específico no uso de CO₂ deste setor, para análise da relação do carbono com a indústria têxtil, foram usados como base, dados referentes aos produtos químicos utilizados no segmento têxtil como aceleradores, fixadores aglutinantes, agente de apresto, etc. (IBGE, 2017).

A Figura 5.15, 5.16 e 5.17 representa conseqüentemente a oferta, consumo e valor comercial do setor têxtil.

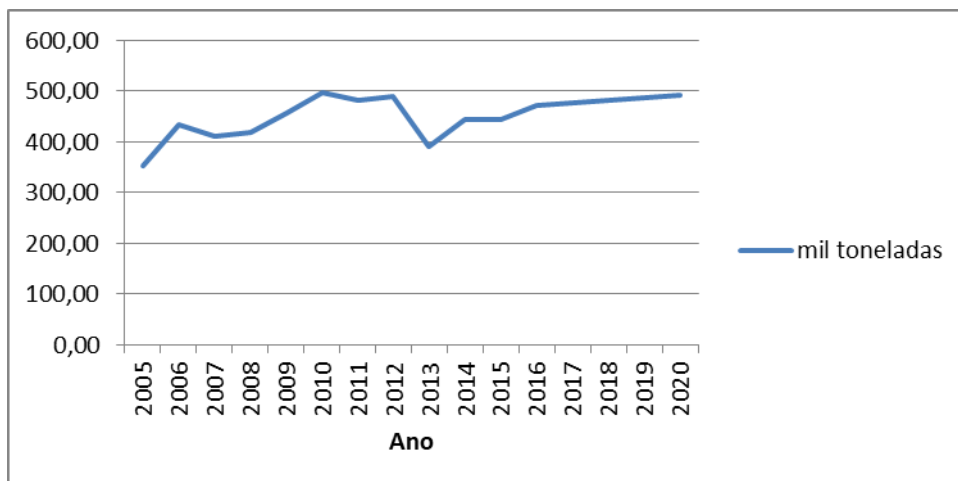


Figura 5.15: Histórico e previsão de oferta do setor têxtil.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Com valor atual (2015) de 445 mil toneladas de produtos químicos utilizados, o setor têxtil apresenta um comportamento de crescimento retraído, que no seu histórico obteve uma queda, em 2013, 389 mil toneladas de produtos químicos. No último ano dos valores reais, 2015, o setor se restabeleceu atingindo 14% a mais na produção que em 2013.

Dado o histórico, o valor máximo obtido foi de 496 mil toneladas, em 2010. Para os anos de ofertas projetadas, estima-se 493 mil toneladas de produtos químicos a serem ofertados em 2020.

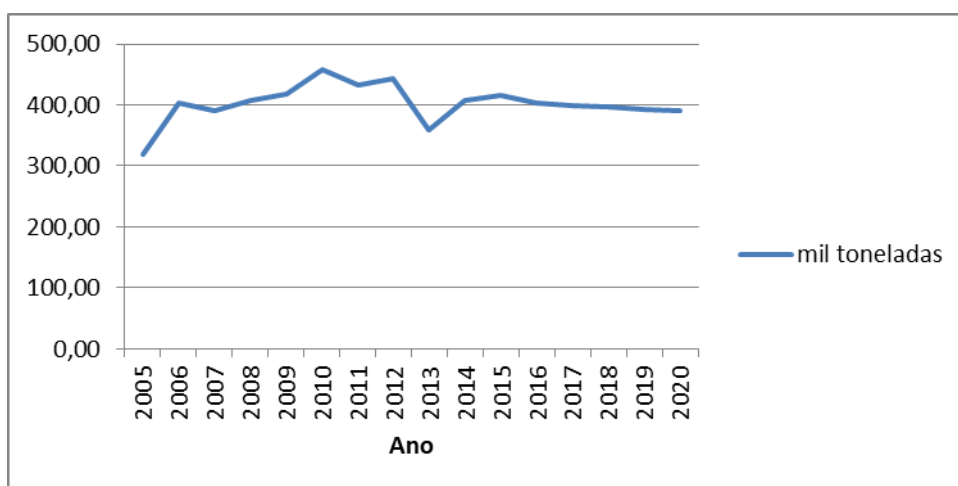


Figura 5.16: Histórico e previsão de consumo do setor têxtil.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Em sincronia com a oferta, a demanda também demonstra atuação equilibrada, que consumiu 416 mil toneladas de produtos químicos em 2015. Obteve alteração significativa no ano de 2013, caindo para 359 mil toneladas. Porém, diferente da oferta, a previsão de consumo de 2016 a 2020 demonstra uma suave queda, estimando a venda de 390 mil toneladas de produtos no último ano projetado.

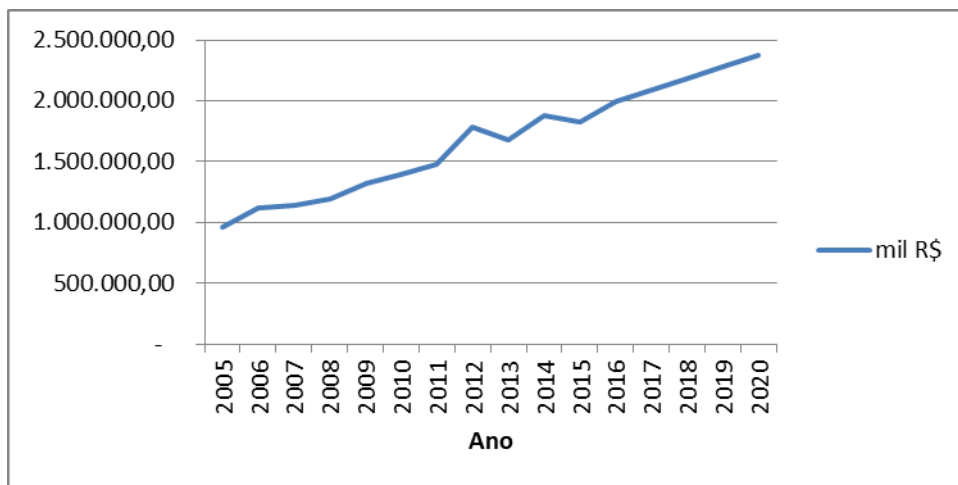


Figura 5.17: Histórico e previsão de vendas do setor têxtil.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Em 2015 o comportamento deste setor era de crescimento, com 1,8 bilhão de reais faturados. Representando a evolução deste segmento, o histórico dos valores das vendas segue em tendência de crescimento, com valor inicial de 960 milhões de reais em 2005 e valor máximo de 1,9 bilhão de reais em 2014. Estimando o aumento em 30% no total de 2020, comparando com 2015, prejetando a chegada em 2,4 bilhões de reais em 2020.

5.8 SETOR DE TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTE

Para que águas impróprias para o consumo humano e aplicações em atividades manuseadas pelo homem possam ser denominadas águas potáveis, é necessário que elas passem por tratamento. Estas águas podem ser provenientes

de poços artesianos, água de cortina, água de chuva, residual de processo produtivo ou do tratamento de efluentes (Comusa, 2017). No processo de tratamento da água subterrânea ou de efluente, o dióxido de carbono é aplicado para equalização do pH e remineralização (Air Products, 2017). Para análise deste setor, foram utilizados os dados referentes a equipamentos que proporcionam o tratamento das águas e de efluente industriais e domésticos que demandam dióxido de carbono no processo.

A Figura 5.18, 5.19 e 5.20 representa consequentemente a oferta, consumo e valor comercial do setor de tratamento de água e efluentes. Pode-se observar que os dados sobre oferta e consumo de equipamentos para tratamento de efluente tiveram decréscimo entre os anos de 2011 e 2012, e acréscimo entre os anos de 2012 e 2015. Em maio de 2011 foi estabelecida a Resolução nº 430, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Estima-se que com a publicação dos novos parâmetros sobre o tratamento dos efluentes, os fabricantes e demandantes reduziram suas fabricações e compras, respectivamente, aguardando o fortalecimento das novas diretrizes (Brasil, 2011). Logo após este período de recuo, iniciou-se no país a crise hídrica de água própria para consumo, demandando fontes alternativas para a provisão de água e com o amadurecimento do setor, ocorreu a evolução nas demandas de oferta e consumo (Cerqueira, 2015).

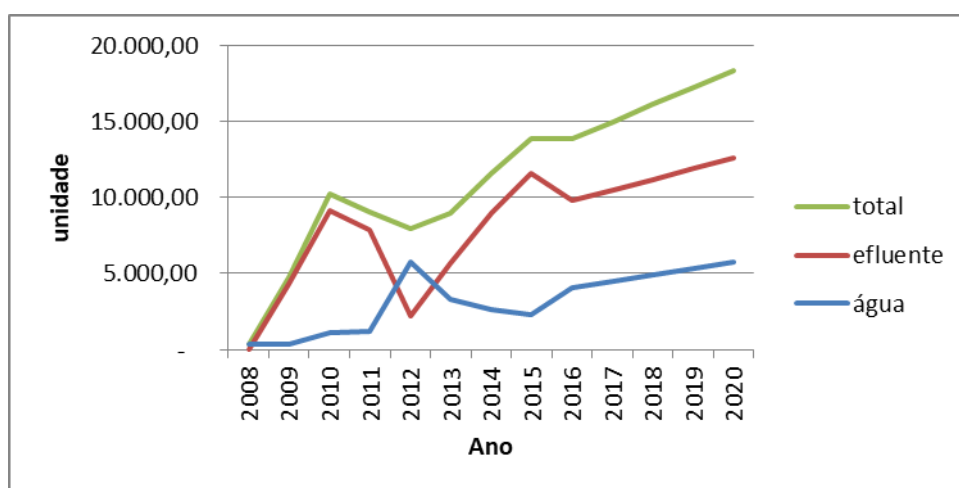


Figura 5.18: Histórico e previsão da oferta do setor de tratamento de água e efluente.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

De acordo com a Figura 5.18, observando o total, o setor possui projeção de crescimento histórico (atingindo valor máximo em 2015, de 13870 unidades produzidas) e para os anos futuros, porém, para os equipamentos de efluente, em 2012 houve queda significativa e o que colaborou para que todo o setor, não tivesse a mesma reação, foi o progresso da fabricação dos equipamentos de água no mesmo ano. Apesar da tendência de queda entre os anos a 2012, é previsto para 2016 a 2020, crescimento na produção dos equipamentos, atingindo 18300 unidades fabricadas.

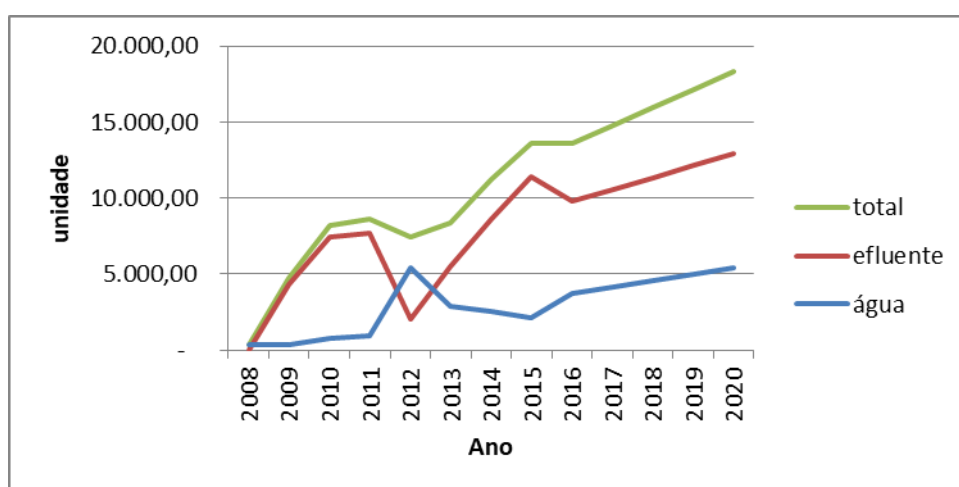


Figura 5.19: Histórico e previsão do consumo do setor de tratamento de água e efluente.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

O número de consumo deste setor está correlacionado com a oferta, os fatos da Figura 5.18 se repetem na Figura 5.19. Realizando a venda total de 13600 equipamentos no último ano realizado (2015), com as ocorrências no ano de 2012 (caindo para 7500 equipamentos), positivas para a venda dos equipamentos de água e negativas para a venda dos equipamentos de efluentes. No fim, proporcionando a estabilidade no total, com projeções de aumento a partir de 2016 projetando o consumo 18300 unidades em 2020, crescimento de 35% em relação a 2015.

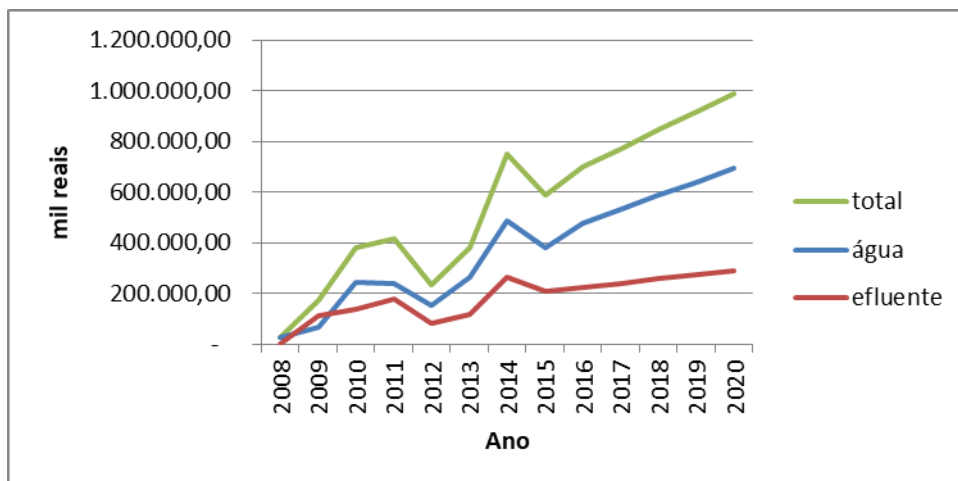


Figura 5.20: Histórico e previsão de vendas do setor de tratamento de água e efluente.

Fonte: Elaborada pela autora, com base em (IBGE, 2017).

Demonstrando a alta em 2014, 2015 encontrou-se em queda, com números de vendas em 587 milhões de reais. Apresentando esfera diferenciada, a eventualidade ocorrida no ano de 2012 resultou na queda do valor de vendas total, seguido por crescimento em 2014 de 750 milhões de reais, com um leve caimento em 2015 de 587 milhões de reais. Com as previsões de 2016 até 2020, é estimado o aumento de 68% no valor das vendas totais (comparado com 2015), no valor de 987 milhões de reais em 2020.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados os setores que mais consomem CO₂ no mundo, que são: petróleo e gás, indústria química, bebidas carbonatadas e alimentício. O setor petrolífero possui a demanda atual de dióxido de carbono não cativo entre 30 Mtpa e 300 Mtpa, com potencial futuro no mesmo intervalo. A indústria química conta com demanda atual e futura de CO₂ não cativo entre 5 Mtpa e 30 Mtpa. Para a indústria de bebidas carbonatadas, a demanda atual se aproxima a 8 Mtpa de CO₂, com previsão de aumento para 14 Mtpa de CO₂ no futuro. Com desempenho de consumo similar ao de bebidas carbonatadas, o setor alimentício demanda atualmente 8,5 Mtpa de CO₂, avançando para 15 Mtpa no futuro. Os setores que apresentam demanda atual e futura menor que 5 Mtpa de CO₂, foram considerados como de menor relevância para o mercado de dióxido de carbono não cativo. São eles: descafeinação do café, saúde, agricultura, papel e celulose, tratamento de água, aço, metalurgia, solventes, eletrônico, pneumático, soldagem, refrigeração e combate a incêndio.

O estudo analisou também, que no Brasil existe um vasto mercado de CO₂ não cativo, em que há a produção, comercialização e consumo do produto. Atualmente a oferta de CO₂ no mercado brasileiro é de 715 mil toneladas, com o consumo de 483 mil toneladas, indicando que há produção necessária para atender a demanda e a quantidade não produzida pode ser reutilizada pelo fabricante ou permanece em estoque para futuras demandas. Foi projetado para o ano de 2020 que a demanda de CO₂ será de 854 mil toneladas, com a oferta de 991 mil toneladas. Desta forma, conclui-se que ocorrerá o fornecimento total do que será consumido no futuro.

Avaliou-se também os setores com maior representatividade no consumo de dióxido de carbono não cativo no Brasil, que são: alimentício, bebidas, indústria química, metalurgia, saúde, soldagem, têxtil e tratamento de água e efluente. Destes setores, os mais relevantes são alimentícios, bebidas, indústria química, saúde, soldagem, têxtil e tratamento de água e efluente por utilizarem o CO₂ como matéria prima em seus produtos finais e apresentam tendências de crescimento potencial até 2020, com previsão de crescimento no valor total das vendas até 2020, em relação a 2015. No setor alimentício, a previsão é de 43%, em bebidas foi

provisionado o aumento de 28%, na indústria química foi projetado crescimento de 15%, para a saúde o aumento é de 28%, no setor de soldagem, o crescimento será de 24%, o setor têxtil alcançou 30% de evolução e no tratamento de água e efluente o desenvolvimento será de 68%.

Finalmente, este estudo identificou em função da problemática global de redução de carbono, o potencial do uso não cativo do CO₂ em setores produtivos no Brasil, em vista de auxiliar o processo de CCS, podendo identificar setores potenciais para o reuso de dióxido de carbono.

Como conclusão final, foram apresentadas as ferramentas necessárias para identificar os possíveis setores de expansão do uso de carbono não cativo nos setores produtivos no Brasil, como resultados principais inicialmente foram apresentados os potenciais atuais e futuros da demanda de CO₂ para aplicações existentes em função da demanda internacional, identificando assim espectros em (Mtpa) de CO₂ como volume representativo para comercialização em cada setor produtivo, que em conjunto com os dados pontuais de CO₂ de processo, representado pela oferta e consumo de cada segmento nacional.

Como sugestão para novos trabalhos este estudo poderá auxiliar em estimativas pontuais para expansão de fornecimento de CO₂ não cativo no Brasil, como no caso da biomassa entre outros setores que possam produzir dióxido de carbono sustentável, que estimulem o deslocamento atual do dióxido de carbono não cativo, que na atualidade é proveniente de fontes fósseis, podendo assim, auxiliar as demais metodologias para redução de dióxido de carbono na atmosfera.

REFERÊNCIAS

ABIA. **Balança comercial**. Associação brasileira das Indústrias da Alimentação Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vsn/anexos/balancacomercial2016.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

ABQUIM. **Anuário da Indústria Química Brasileira**. Associação Brasileira da Indústria Química. Ano 42. São Paulo, 2015. 208p.

ABIR. **Refrigerantes**: Volume de produção do mercado brasileiro de refrigerantes dos anos de 2010 a 2016. Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes. Disponível em: <<http://abir.org.br/o-setor/dados/refrigerantes/>>. Acesso em 20 out. 2017.

ABIR. **X – Todas as bebidas alcoólicas**: Volume de produção do mercado brasileiro de bebidas alcoólicas dos anos de 2010 a 2016. Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes. Disponível em: <https://abir.org.br/o-setor/dados/x-todas-as-bebidas-nao-alcoolicas> Acesso em 20 out. 2017.

Air Products and Chemicals, Inc. **Dióxido de carbono**. Disponível em: <<http://www.airproducts.com.br/products/Gases/Carbon-Dioxide.aspx>>. Acesso em 07 out. 2017.

Apolo 11. **Sequestro de Carbono**: solução ou fardo para o futuro?. Disponível em: <http://www.apolo11.com/meio_ambiente.php?posic=dat_20100628-084840.inc>. Acesso em 04 nov. 2017.

Araújo, W. F. **Aplicação de água carbonatada em abobrinha cultivada em solo com e sem cobertura plástica**. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

ASHRAE. **ANSI/ASHRAE 34: Designation and Safety Classification of Refrigerants.** American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers. [S.l.: s.n.], 2016. 82 p.

Azeituno, Elaine A. **[Ajuda] Informações do Anuário 2105 - Contato Site Abiquim -- 20/10/2017.** Mensagem recebida por: <elaine@abiquim.org.br> em 26 de out. 2017.

Bacellar, Celina. **A volta do interesse em antigos refrigerantes como o dióxido de carbono (R-744).** Disponível em: <http://www.refrigeracao.net/Assuntos_atuais/2009_09_12_Uso_CO2_refrigeracao_2.htm>. Acesso em 20 out. 2017.

Back, Álvaro J. **Aplicação da análise estatística para identificação de tendências climáticas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, nº5, p. 717-726, 2001.

Brasil, República Federativa. ***Intended nationally determined contribution: towards achieving the objective of the united nations framework convention on climate change.*** Disponível em: <<http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>>. Acesso em 16 out. 2017.

Brasil. Decreto nº 7.390, de 09 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a **Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC**, e dá outras providências. Brasília, 9 de dezembro de 2010.

Brasil. **Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais.** Relatório de Atividades 2014-2015. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. 86 p.

Brasil. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes**, Complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 13 de maio de 2011.

Braungart, Michael; Mulhall, Douglas. **Point of view: Treat Emission as Resources**. Disponível em: <<http://www.epea-hamburg.org/sites/default/files/publications/point-of-view-treating-emissions-as-resources-by-braungart-mulhall.pdf>>. Acesso em 14 out. 2017.

Camargo, M. L. **Aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários como mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade São Francisco. Campinas, 2009.

Canavieira, Universidade. **Produção de CO₂ a partir da fermentação é solução para usinas**. Disponível em: <<http://www.universidadecanavieira.com.br/informativos/producao-de-co2-a-partir-da-fermentacao-e-solucao-para-usinas>>. Acesso em 10 out. 2017.

Carbon Dioxide Properties. **Carbon dioxide**. Disponível em: <<https://www.carbon-dioxide-properties.com/aboutco2.aspx>>. Acesso em 14 out. 2017.

Carol, Max. **Carbon dioxide may soon be used to make fuel**. Disponível em: <<https://www.treehugger.com/renewable-energy/carbon-dioxide-may-soon-be-used-make-fuel.html>>. Acesso em 14 out. 2017.

Cerqueira, G. A.; Pinto, Henrique S.; Faria, Ivan D.; Baptita, João C. R.; Kassmayer, Karin; Souza, Luiz B. G. de; Köler, Marcos A.; Abbud, Omar A.; Pinto, Victor C.. **A crise hídrica e suas consequências. Brasília: núcleo de estudos e pesquisas**. Consultoria legislativa do senado federal. Abril/2015 (boletim legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/boletins-legislativos/bol27>>. Acesso em 12 nov. 2017.

Cerv Brasil. **Dados do setor.** Disponível em: <<http://www.cervbrasil.org.br/paginas/index.php?page=dados-do-setor>>. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. Acesso em: 20 out. 2017.

CO₂ Reuse EU. **About CO₂ reuse.** Disponível em: <<http://www.co2reuse.eu/>>. Acesso em 13 out. 2017.

Comusa. **Tratamento de água.** Comusa Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoagua>>. Acesso em 14 out. 2017.

Cool Clean Technologies. **CO₂ cleaning is changing the garment cleaning industry.** Disponível em: <<http://coolclean.com/2015/02/11/co2-cleaning-is-changing-the-garment-cleaning-industry/>>. Acesso em 18 out. 2017.

Curbelo, F. D. S. **Recuperação avançada de petróleo utilizando tensoativos.** Tese (Doutorado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2006.

D’Albuquerque Junior, B. S. **Efeito da aplicação de CO₂ na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do melão (Cucumis melo L. var. Reticulatus) cultivado em ambiente protegido.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

Danfoss. **Refrigeração Industrial:** Aplicações da Amônia e do CO₂. 2014. Manuais de aplicação.

Donn, William L. **Meteorología.** [S.I.]: Reverté, 1978. 609 p.

Emden, Lorenzo. **Decaffeination 101**: Four Ways to Decaffeinate Coffee. 2012-2017. Disponível em: <<http://coffeeconfidential.org/health/decaffeination/>>. Acesso em 17 out. 2017.

Engel, Mariana. **Carbonatação**. Material de aula. 2014. Disciplina: Tecnologia de alimentos especiais. Tópico: Bebidas Carbonatadas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus/disciplinas/tecnologia-de-alimentos-especiais/bebidas-carbonatadas/carbonatacao>>. Acesso em 18 out. 2017.

EPA. **Global greenhouse gas emissions data**. *Global emissions by economic sector. United States Environmental Protection Agency*. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#Sector>>. Acesso em 07 out. 2017.

EPA. **Climate Change Indicators in the United States: Global Greenhouse Gas Emissions**. *United States Environmental Protection Agency*. Agosto, 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/print_global-ghg-emissions-2016.pdf>. Acesso em 14 out. 2017.

Ferraz, Fernando C.. **Crises financeiras globais**: impactos na economia brasileira, política econômica e resultados. 2013. 104p. Dissertação (mestrado em economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Fevereiro, 2013.

FGV. **Registro público de emissões**: Programa Brasileiro GHG Protocol. Faculdade Getúlio Vargas. Disponível em: <<https://www.registropublicodeemissoes.com.br/>>. Acesso em 07 out. 2017.

Fleck, Marcelo P.A; Louzada, Sérgio; Xavier, Martha; Chachamovich, Eduardo; Vieira, Guilherme; Santos, Lyssandra; Pinzon, Vanessa. **Aplicação da versão em português do instrumento de avaliação de qualidade de vida da Organização Mundial da Saúde.** Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Revista Saúde Pública, v 33, nº2, p 198-205, 1999. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/71397/000236929.pdf?sequence=1>>. Acesso em 04 nov. 2017.

Fortes, Cleber; Vaz, Cláudia T.. **Apostila soldagem MIG/MAG.** 2005. Assistência técnica de consumíveis – ESAB BR. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901104rev0_apostilasoldagemmigmag_low.pdf>. Acesso em 12 nov. 2017.

Funes, R. H. **Avaliação do ciclo de vida e pegada de carbono da reciclagem de CO₂ em um sistema de produção de etanol de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

Global CCS Institute. Accelerating the uptake of CCS: industrial use of captured carbon dioxide. Global Carbon Capture and Storage Institute. Março de 2011. 279p.

GPMC. **Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas.** Disponível em: <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 07 de out. 2017.

IBG. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos “FISPQ”:** Produto Dióxido de Carbono. Indústria Brasileira de Gases LTDA. Jundiaí, 03 de junho de 2015.

IBG. **IBG anuncia nova fábrica de CO₂ (Dióxido de Carbono) no interior paulista:** Planta permitirá produção de dióxido de carbono a partir do gás natural. Indústria Brasileira de Gases. Disponível em: <<http://www.ibg.com.br/portal/pdf/co2.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2017.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual Produto: Tabela 5806.** Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5806>>. Acesso em 20 out. 2017.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual Produto: Tabela 5808.** Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5808>>. Acesso em 20 out. 2017.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual Produto: Tabela 5810.** Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5810>>. Acesso em 20 out. 2017.

IEA. ***Combining Bioenergy with CCS: Reporting and Accounting for Negative Emissions under UNFCCC and the Kyoto Protocol. Working Paper. International Energy Agency.*** França, 2011. 32 p.

IEA. ***Technology Roadmap: Carbon Capture and Storage. International Energy Agency.*** França, 2013. 63 p.

IPCC. ***Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*** Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>>. Acesso em 07 de out. 2017.

Jardim, F. B. B. **Desenvolvimento de bebida láctea probiótica carbonatada: características físico-químicas, micro-biológicas e sensoriais.** Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição). Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Araraquara, 2012.

Marchioreto-Muniz, R. **Aquecimento Global**: uma investigação das representações sociais e concepções de alunos da escola básica. 166 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

Marengo, J. A.; Nobre, Carlos A.; Chou, Sin C.; Tomasella, Javier; Sampaio, Gilvan; Alves, Lincoln M.; Obregón, Guillermo O.; Soares, Wagner R.; Betts, Richard; Kay, Gillian. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**: Análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. 56 p.

Marim, Graciele. **Contato Site Abiquim -- 20/10/2017**. Mensagem recebida por: <graciele@abiquim.org.br> em 20 de out. 2017.

Marim, Graciele. **Dados da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUM)**. São Paulo, 23 de outubro 2017. Conferência.

MCTIC, Brasil. **Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/brasil/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html>. Acesso em 20 out. 2017.

MCTIC. **Brasil reduz emissões de gás carbônico**. Ministerio da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Vídeo no Canal do YouTube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZRVxpW3Zu7k>>. Acesso em 12 nov. 2017.

MCTIC. Brasil. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. v. 3. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. Brasília, 2016. 336 p.

MCTIC. **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/index.html>. Acesso em: 07 de out. 2017.

MCTIC. **Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais a mudança do clima no Brasil**. Brasília. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

MDIC. **Camex prorroga redução da alíquota para importação de metanol**. 03 maio 2016. Assessoria de comunicação social do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/noticias/109-comercio-exterior/936-camex-prorroga-reducao-da-aliquota-para-importacao-de-metanol>. Acesso em 12 nov. 2017.

Medeiros, Mitiko K. de. **Tecnologia têxtil**. Material de aula. Ensino interativo Anhembi Morumbi. Aulas Lu 01, 02 e 03. 2005. Disponível em: http://www.anhembi.br/html/ead01/tecnol_textil/aula1.2e3.pdf. Acesso em 14 out. 2017.

MITeI. ***Converting carbon dioxide to fuels: A method of fossil resource recycling***. Massachusetts Institute of Technology Energy Initiative. Disponível em: <http://energy.mit.edu/news/converting-carbon-dioxide-fuels/>. Acesso em 14 out. 2017.

MMA, Brasil. **Acordo de Paris**. Ministério do Meio Ambiente do Brasil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em 07 out. 2017.

Mota, C. J. A.; Monteiro, R. S.; Maia, E. V. B.; Pimentel, A. F.; Miranda, J. L.; Alvez, R. B. M.; Coutinho, P. L. A.. **O Dióxido de Carbono como Matéria-Prima para a Indústria Química**. Produção do Metanol Verde. Revista Virtual de Química, nº 6, p. 44-59, 16 de março de 2013. Disponível em <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v6n1a05.pdf>>. Acesso em 21 out. 2017.

Musardo, G.B.; Araújo, Márcia R. V. de; Yamakami, Wyser J.; Ventrella, Vicente A.; Gallego, Juno. **Recuperação de turbinas hidráulicas cavitadas por deposição de revestimentos a base de cobalto – aspectos microestruturais**. 60º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2005.

Oliveira, G. S.. **Mudanças climáticas: ensino fundamental e médio**. Brasília: MEC, SEB ; MCT ; AEB, 2009. 348 p. v. 13.

Oliveira, Gilvan Sampaio de. et al. **Mudanças climáticas: ensino fundamental e médio**. Coleção Explorando o Ensino, v.13. Ministério da Educação, Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 2009. 348 p.

ONU, Br. **COP 21**: Paris 2015. Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21/CMP11). Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/cop21/>>. Acesso em 04 nov. 2017.

Pacheco, M. R. P. S.; Helene, M. E. M. **Atmosferas, fluxis de carbono e fertilização por CO₂**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141990000200010>. Acesso em 07 de out. 2017.

Pinho, J. K. C.. FAU-USP: **Desempenho ambiental em Cenário de Mudança Climática**. 130p. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Piratinunga, P. **IBG anuncia nova fábrica de CO₂ (dióxido de carbono) no interior paulista**. IBG. Scritta. 2010.

Prentice, I. C. et al. ***The carbono cycle and atmospheric carbon dioxide***. Intergovernmental Panel on Climate Change: Third Assessment Report, 2001.

Proclima. **Programa do Estaual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/proclima/aquecimento-do-planeta/>>. Acesso em 07 de out. 2017.

Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenacao-Geral de Mudancas Globais de Clima. 2016. 590 p.

Protexfire. **Extintor Dióxido de Carbono (CO₂)**. Disponível em: <<http://www.protexfire.com.br/extintores-portateis-novos/extintor-dioxido-de-carbono-co2.php>>. Acesso em 18 out. 2017.

Putrino, F. M. **Estudo da obtenção de açúcares redutores a partir de casca de coco verde utilizando CO₂ supercrítico**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2016.

Revista Solutions. São Paulo: Danfoss, 2009. Trimestral. **Uso de CO₂ como gás refrigerante: solução antiga para um deafio atual**. Nº 05, ano 2.

Revista Solutions. São Paulo: Danfoss, 2012. Trimestral. **Hotsite da Danfoss esclarece mitos e verdades sobre refrigeração**. Nº 18, ano 4.

S S Gas Lab Asia, Delhi. **Applications of CO₂**. Disponível em: <<http://www.co2gasplants.com/applications-co2.html>>. Acesso em 07 out. 2017.

S S Gas Lab Asia, Delhi. **Informative Guide for CO₂**. Disponível em: <<http://www.co2gasplants.com/guide.html>>. Acesso em 14 out. 2017.

Santos, M. S. **Cervejas e refrigerantes**. Série Produção + Limpa. CETESB. São Paulo, 2005. 58 p.

Santos, Silvana da S.; Assis, Janaina M. O. de; Souza, Werônica M. **Tendências de mudanças climáticas na bacia do rio Una, Pernambuco – Brasil**. Revista brasileira de geografia física, v.07, nº02, p. 243-257, 2014. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewfile/630/538>>. Acesso em 07 out. 2017.

Serinoli, Camila. **Planejamentos experimentais em modelos de regressão linear**. 2009. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Matemática e Estatística. Universidade de São Paulo. São Paulo, fevereiro, 2009.

Service, Robert F. **Feature: There's too much carbon dioxide in the air. Why not turn it back into fuel?**. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/news/2015/09/feature-there-s-too-much-carbon-dioxide-air-why-not-turn-it-back-fuel>>. Acesso em 14 out. 2017.

Silva, A. **Difusão do uso de fluidos alternativos em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado**: utilização do CO₂ em sistemas de refrigeração para supermercados. Apresentação. Brasília, 2011.

Silva, D. C.; Guirardello, R.; Freitas, A. C. D. **Uso de equações cúbicas na modelagem de sistemas de hidrocarbonetos + CO₂ em condições de altas pressões**. 16º Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química. Fortaleza, 2016.

SindiCer. **Mercado**. Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. Disponível em: <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>. Acesso em 20 out. 2017.

SIRENE. **Emissões em dióxido de carbono equivalente por setor**. Sistema de Registro Nacional de Emissões. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em: < <http://sirene.mcti.gov.br/emissoes-em-co2-e-por-setor>>. Acesso em 12 nov. 2017.

Soares, Ana P. **Conferência Internacional do INCT para Mudanças Climáticas apresenta resultados**. Disponível em: <<http://www.inct.provisorio.ws/pesquisador/noticias/conferencia-internacional-do-inct-para-mudancas-climaticas-apresenta-resultados-do-programa>>. Acesso em 07 out. 2017.

Souza, L. M. P.; Filho, E; P. B. **CO₂ – Propriedades e aplicações**. 21º POSMEC – Simpósio do Programa de Pós-graduação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2011.

UIG, Inc. **Carbon Dioxide (CO₂) Properties, Uses, Applications CO₂ Gas and Liquid Carbon Dioxide**. *Universal Industrial Gases*. Disponível em: <<http://www.uigi.com/carbondioxide.html>>. Acesso em 14 out. 2017.

UNESP, FEB. **Tipos de extintores de incêndio**. Material de aula. Disciplina: Higiene e Segurança do Trabalho. Faculdade de Engenharia de Bauru. Universidade do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/jcandido/higiene/artigos/extintores.htm>>. Acesso em 18 out. 2017.

UNFCCC, Int. **Kyoto Protocol**. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>. Acesso em 07 out. 2017.

UNFCCC, Int. **United nations framework convention on climate change**. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em: <https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf>. Acesso em 07 out. 2017.

UNFCCC. **Adoption of the Paris Agreement**. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>>. Acesso em 04 nov. 2017.

UNFCCC. **Clean Development Mechanism (CDM)**. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/clean_development_mechanism/items/2718.php>. Acesso em 21 out. 2017.

UNFCCC. **High-level segment**. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. COP 23. Disponível em: <<https://cop23.unfccc.int/cop23/high-level-segment>>. Acesso em 12 nov. 2017.

USP. **Esfeito Estufa**. Química Ambiental. Educação Ambiental e Cidadania. Universidade de São Paulo. Disponível em <[http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm#ConcentracaoCO₂](http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm#ConcentracaoCO2)>. Acesso em 07 de out. 2017.

Vasconcellos, Mauricio T. L. de; Portela, Margareth Crisóstomo. **Índice de Massa Corporal e sua relação com variáveis socio-econômicas**: um exemplo de uso de regressão linear para um grupo de adultos brasileiros. *Cadernos de Saúde Pública do Rio de Janeiro*, v.17, nº6, p. 1425-1436, nov-dez, 2001. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/b54b/d78043eb4ba2b2274da81f0c882dad31a917.pdf>>. Acesso em 04 nov. 2017.

WWF, Brasil. **As mudanças climáticas.** Disponível em:
<http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/>. Acesso em 07 out. 2017.