



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

ANÁLISE E LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS PARA CAPTURA DO CO₂

Brendon Wallace Menezes Silva, Universidade de Itaúna, BrendonWallace@live.com.

Gustavo Nogueira Barros, Universidade de Itaúna, gustavo.n.barros@hotmail.com.

Josiane Rodrigues dos Santos Pinto, Universidade de Itaúna, josianerodriguesp@yahoo.com.br.

Juventino Feitosa de Camargos Filho, Universidade de Itaúna, nino.camargos@hotmail.com.

Karina Ingrid Rezende, Universidade de Itaúna, karinarezzende@gmail.com.

Marco Túlio Silva Menezes, Universidade de Itaúna, marcotulio2985@hotmail.com.

Matheus Camargos Santos Silqueira, Universidade de Itaúna, matheuscamargos1@hotmail.com.

Vinícius Henrique Sousa Nunes, Universidade de Itaúna, viniciushsnunes@hotmail.com.

José Felipe Dias, Universidade de Itaúna, josefelipedias@gmail.com.

Ewerton Nogueira, Universidade de Itaúna, labmetal@uit.com.

Sabrina Nogueira Rabelo, Universidade de Itaúna, sasanogueirarab@hotmail.com.

Resumo: A crescente emissão do gás carbônico e os impactos causados pelo volume das atuais emissões têm promovido diversos estudos a fim de desenvolver técnicas para capturar esse gás. Dentre as técnicas de captura de dióxido de carbono, destacam-se a absorção, adsorção, tecnologia de membranas, criogenia, e captura pré-combustão. O presente trabalho apresenta um levantamento e uma análise dos avanços atuais da pesquisa dos processos de captura de carbono, demonstrando brevemente o mecanismo empregado em cada técnica, bem como alguns dos problemas que cada uma delas enfrenta, e como a comunidade científica está se direcionando para resolvê-los. Dentre as técnicas revisadas e analisadas, pode-se destacar a absorção química em função da sua maior capacidade de captura de CO₂ para uma menor quantidade de energia requerida no processo, comparada com as demais técnicas.

Palavras-chave: Dióxido de Carbono. Captura de CO₂. Técnicas de captura.

1 Introdução

Os impactos causados pelo efeito estufa afetam diretamente a economia global. Segundo Stern (2006), o PIB mundial poderá ser afetado por ano em cerca de 5 a 20% por este fenômeno. A inundação de regiões litorâneas poderão afetar 10 milhões de pessoas por ano se a temperatura terrestre aumentar em 1°C anualmente. Apesar do conhecimento em âmbito mundial das alterações climáticas, dados do *International Panel of Climate Change* (IPCC) indicam que as emissões de carbono continuarão aumentando ano após ano, com consequências que poderão atingir em até 300 milhões de pessoas anualmente em função do aumento do nível do oceano (STERN, 2006).

Para Stern (2006) é impossível evitar que as mudanças climáticas aconteçam, porém os riscos são reduzidos substancialmente se mantiver a concentração atual de carbono na atmosfera, equivalendo a uma redução de 25% até 2050.

De acordo com a EPA (*Environmental Protection Agency*), 58% dos gases de efeito estufa globais são produzidos para o fornecimento de energia, transporte e fins industriais. Pode-se afirmar ainda que cerca de 57% das emissões de gases causadores do efeito estufa são atribuídos ao dióxido de carbono, que provém principalmente da queima de combustíveis.

Várias tecnologias já vêm sendo estudadas e aplicadas em escala industrial para separação e recuperação de diversos gases, porém esbarram em problemas como: viabilidade econômica, redução de rendimento total de usinas térmicas, condições específicas de operação que devem ser analisados durante sua implementação, entre outros fatores (METZ *et al.*, 2005).

Neste contexto, surge-se a necessidade do estudo de técnicas de mitigação de carbono com objetivo de diminuir sua concentração atmosférica para patamares seguros. O presente trabalho apresenta um levantamento e uma análise dos estudos atuais que abordam as principais técnicas de captura e utilização do gás CO₂, como a absorção química, adsorção, separação criogênica e captura pré-combustão.

2 Técnicas de Captura de CO₂

Existem diversas técnicas de captura de CO₂, as quais se dividem basicamente em captura pré-combustão e pós-combustão. Dentre essas técnicas, vários estudos foram levantados e analisados, e as técnicas que se demonstraram ser mais relevantes e economicamente viáveis foram: absorção química, adsorção, criogenia e tecnologia de membranas.

2.1 Absorção Química

A absorção através de solventes químicos, como a monoetanolamina (MEA) é uma técnica que começou a ser estudada em 1930 por R. R. Bottoms, o qual foi o cientista pioneiro no desenvolvimento das alcanolaminas para a absorção de gases ácidos, como ácido clorídrico e sulfúrico (KOHL e NIELSEN, 1997).

A captura do CO₂ pela absorção química consiste num processo em que os gases de combustão, de uma usina termoeletrica, por exemplo, são conduzidos até um sistema, onde entram em contato com uma solução de aminas, como exemplo a MEA. Posteriormente, a solução rica em CO₂ é aquecida para que o gás absorvido desprendam-se da solução. O gás é então comprimido e armazenado para utilização futura (METZ *et al.*, 2005).

A absorção química empregando-se aminas aquosas torna o processo de absorção mais eficiente, principalmente quando os gases de combustão apresentam uma baixa pressão parcial, cerca de 3 a 15 kPa (KOHL E NIELSEN, 1997). Um dos problemas enfrentados por essa técnica é o elevado custo energético demandado na etapa de desabsorção, onde é necessário desprender energia para aquecer a solução.

Para solucionar este problema, diversos estudos estão voltados para soluções com componentes que requerem menos energia para realizar o processo de desabsorção, mas que também apresentem altas taxas de absorção. Mangalapally *et al.* (2012) estudaram em uma planta piloto com quatro novos solventes visando a captura pós-combustão do CO₂, sendo eles: solvente 1 (0.25 g/g N-methyldiethanolamine + 0.15 g/g N-methyl-1,3-propanediamine + 0.6 g/g H₂O), solvente 2 (0.25 g/g 2-amino-2-methyl-1-propanol + 0.15 g/g N-methyl-1,3-propanediamine + 0.6 g/g H₂O), solvente 3 e solvente 4, cujas fórmulas químicas não foram apresentadas. Ao compararam os resultados com solução padrão de MEA, observou-se que o solvente 4 teve uma energia de desabsorção 15% menor e o solvente 2, 10%.



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

Ainda no contexto do aproveitamento da energia do processo, Cousins, Wardhaugh e Feron (2011) realizaram uma revisão na literatura sobre patentes que abordavam modificações em processos de plantas de absorção química. Constatou-se que quinze patentes se referiam a metodologias de aproveitamento da energia requerida no processo. As modificações propostas basicamente envolviam a melhoria de *hardware* da coluna de regeneração, controle de parâmetros tais como a temperatura, nova compressão dos vapores da coluna de regeneração, integração da coluna de regeneração em que parte do calor requerido é proveniente do próprio gás de combustão da entrada do processo, entre outras modificações mais complexas como colunas de regeneração multipressão.

Conway *et al.* (2015) conduziram um estudo com misturas das aminas (MEA), N,N-dimethylethanolamine (DMEA), N,N-diethylethanolamine (DEEA) e 2-amino-2-methyl-1-propanol (AMP). Identificou-se que a capacidade absorptiva de todas as misturas foi similar a MEA, porém para algumas das misturas analisadas observou-se uma maior capacidade cíclica dos componentes, aumentando a vida útil do solvente.

Têm-se estudado também alguns aditivos, que combinados com as aminas, melhoram as propriedades da solução. Choi *et al.* (2012) analisaram aminas terciárias que aceleram a transferência de massa da solução. Para algumas soluções estudadas observou-se que a transferência de massa foi até em 7,9 vezes maior comparadas com soluções sem aditivos.

A absorção química é umas das técnicas mais promissoras para captura do CO₂, em virtude de sua facilidade de aplicação, eficiência e relativo baixo custo de operação. As novas pesquisas, em suma, objetivam a redução do gasto energético para execução do processo de desabsorção, levando ao desenvolvimento de novas soluções ou novas técnicas para recuperação desse gás após ser absorvido.

2.2 Adsorção

A técnica de captura do CO₂ por adsorção baseia-se na interação entre gás e sólido. As forças de interação podem variar em adsorção física (fisissorção) ou química (quimissorção). Na fisissorção a interação é fraca e do tipo van der Waals. Na quimissorção, a interação é mais forte com a formação de uma monocamada, porém, este é um processo que pode ser lento e irreversível (BEZERRA, 2010).

Pode-se destacar o carbono ativo como um excelente adsorvato devido a sua elevada seletividade em altas pressões e temperaturas ambiente. Além disso, as estruturas dos poros dos carbonos ativos podem ser facilmente controladas variando as condições de preparação e ativação (BEZERRA, 2010).

Os zeólitos, outro tipo de adsorvato bastante difundido, são compostos de aluminossilicatos que formam uma rede cristalina com poros uniformes. O desempenho desses compostos na captura de CO₂ é influenciado significativamente pela temperatura e pressão do sistema. Um ponto negativo deste adsorvato é que a regeneração consome uma grande quantidade de energia porque requer temperaturas muito altas. Além disso, o desempenho de adsorção diminui devido à afinidade com a água (BEZERRA, 2010; LEE *et al.*, 2015).



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

O Zeólito 13X é um tipo de zeólito que possui uma abertura de poros muito maior comparado com adsorvatos convencionais. Como consequência, este composto apresentou uma taxa de transferência muito maior, exibindo uma capacidade de adsorção de CO₂ de 28,7% em peso e uma capacidade de separação em proporção de 3,65 CO₂ / N₂ a 298 K e 10 bar. (JADHAV *et al.*, 2007; Bezerra (2010) analisou um zeólito modificado 13X com impregnação de monoetanol amina (MEA) para melhorar a capacidade de adsorção de CO₂, a qual foi superior a do zeólito não modificado de por um fator de aproximadamente 1,6 a 303 K, e a 393 K. A do processo eficiência melhorou em 3,5 vezes.

Phan *et al.*, (2010) realizou uma análise do processo de adsorção para captura de CO₂ utilizando os ZIF's (Estruturas de imidazolato zeolíticas, ou seja, zeólitos modificados quimicamente) e estruturas metal-orgânicas (MOFs), que são materiais porosos e cristalinos. Como resultado verificou-se que os ZIFs têm uma alta afinidade por CO₂ a baixas pressões e temperaturas comparado com o MOFs. Além disso, os ZIFs também apresentaram uma maior seletividade do que MOFs para outros gases de combustão relevantes, como o CO (monóxido de carbono). Devido a essas diferenças intrínsecas e suas propriedades de adsorção de gás, pode-se dizer que os ZIFs são preferíveis aos MOFs para aplicação industrial, especialmente relacionado à questão de seletividade do gás na captura de CO₂, porque esse não está na forma pura para ser capturado, mas sim em gás de combustão, isto é, em uma mistura de gases (PHAN *et al.*, 2010).

Em suma as principais vantagens do processo adsorção são: a capacidade de operar em diferentes temperaturas, eliminação de problemas de corrosão e menores custos de energia para regeneração. Porém, para que a adsorção de CO₂ seja mais eficiente, deve-se melhorar a incorporação de vários grupos amina, a fim de aumentar a polarização das moléculas, e assim obter um maior rendimento na captura de CO₂ (BEZERRA, 2010; LEE *et al.*, 2015).

2.3 Criogenia

A captura do carbono pela técnica de criogenia foi inventada e patenteada pelo Dr. Larry L. Baxter, professor na Universidade Brigham Young. A captura de carbono criogênico é uma tecnologia de pós-combustão que faz com que o CO₂ seja dessublimado da corrente do processo por meio da refrigeração e/ou expansão desse gás. A vantagem da separação criogênica é que o CO₂ pode ser potencialmente recuperado com 99% de pureza. A desvantagem é a alto consumo de energia associada ao resfriamento dos gases de combustão por refrigeração. A separação criogênica envolve a separação do CO₂ do gás de combustão por uma mudança de fase, especificamente por meio do resfriamento do gás de combustão até que o CO₂ exista em uma fase líquida ou sólida. Essa mudança de fase líquido-vapor pode ocorrer a temperaturas entre 217 K e 304 K, e a pressões de 630 kPa a 7396 kPa (OSMAN, COQUELET, RAMJUGERNATH, 2014).

Basicamente, o gás de combustão seco é moderadamente comprimido e enviado para um trocador de calor, dispositivo no qual sua temperatura é reduzida para um ponto acima do ponto de solidificação do CO₂. Como o processo é conduzido a pressões e temperaturas extremamente baixas, a estimativa do consumo de energia é da ordem de 600-660 kWh por tonelada de carbono líquido recuperado (LEUNG, CARAMANNA, MAROTO-VALER, 2014).



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

Safdarnejad, Hedengren e Baxter (2015) fizeram um estudo baseado em um sistema híbrido composto de unidades de geração de energia convencionais e renováveis, além do processo de CCC (*Cryogenic Carbon Capture*). O sistema consistiu de unidades de energia movidas a carvão e a gás, um processo de CCC, e geração eólica. O gás natural liquefeito (GNL) é o refrigerante utilizado neste estudo para executar o processo de CCC nos modos de armazenamento e recuperação de energia. O processo é estalizado no horário de pico da rede elétrica, e com o excesso de energia produzida, reduz-se a perda parasitária do sistema de captura de CO₂. Os resultados mostraram que o lucro operacional do sistema aumenta em 122% comparado ao mesmo sistema sem armazenamento de energia. O excesso de receita obtido com o tanque de armazenamento é suficiente para pagar o custo de construção da usina CCC (SAFDARNEJAD, HEDENGREN, BAXTER, 2015).

Sayre *et al.*, 2017 testaram misturas de cavão e biomassa, como o carvão wyoming black thunder, betuminoso e subbetuminoso, gás natural, entre outros. Para a maioria das misturas analisadas, observou-se uma captura de CO₂ maior que 98 % por meio da técnica de CCC.

Em geral, pode-se observar que a técnica de criogênia possui elevada eficiência de captura do gás dióxido de carbono. Porém, o consumo energético empregado no processo é bastante elevado, necessitando de alternativas e soluções energéticas que reduzem o custo da aplicação desta técnica.

Experimentos em escala de bancada e simulações feitas pela Aspen Plus documentam o desempenho em regime permanente em larga escala do processo de captura de carbono criogênico em circuito de resfriamento externo CCC (cryogenic carbon capture) e um mecanismo de resfriamento externo ECL (External Cooling Loop) para uma usina elétrica movida a carvão com 550 MW/h de capacidade. O processo CCC-ECL da linha de base atinge 90% de captura de CO₂ além de outros gases nocivos. O processo CCC-ECL resfria o gás de combustão da usina até 175 K, ponto em que o gás CO₂ iniciam a passagem para a fase sólida à medida que o gás de combustão esfria para 154 K. Em sequência é feito um novo aquecimento (233 K) e aliado a mudança de pressão se obtém um líquido rico em CO₂ (99,2%), feito posteriormente a sua captura pelo processo EOR (*Enhanced oil recovery*). O consumo de energia do sistema foi de 82,6 MW/h, o equivalente a 15% da sua capacidade (JENSEN *et al.*, 2015).

2.4 Membranas

Um dos métodos mais recentes para captura do dióxido de carbono e outros gases consiste no uso de membranas. Por não ser uma técnica muito bem desenvolvida ainda, não se sabe ao certo como ocorre a captura do CO₂ (BELAISSAOUI e FAVRE, 2013).

O princípio de operação dessa técnica baseia-se na obtenção de uma barreira física, pela qual o gás rico em CO₂ é forçado a passar. Espera-se que o dióxido de carbono seja difundido nessa superfície, enquanto que os demais gases consigam atravessá-la. Tal sistema possui como força motriz a diferença de pressão parcial na entrada e saída da membrana (REIS, 2013). Assim, faz-se necessário que a membrana seja permeável, isto é, o CO₂ deve interagir com o material da membrana para ser capaz de se difundir. No entanto, essa membrana também deve ser seletiva, permitindo que apenas a substância desejada seja filtrada.



SICIT 2018

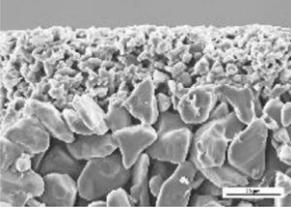
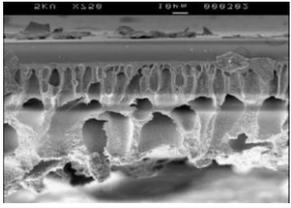
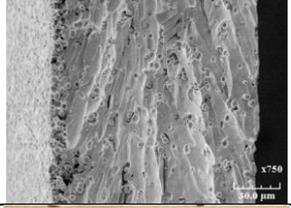
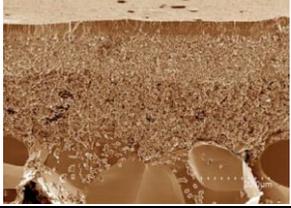
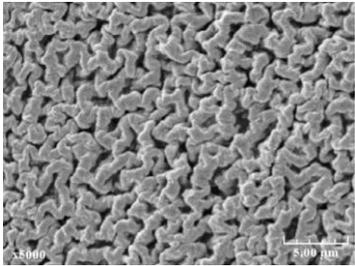
Semana de Iniciação Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

Usualmente, as membranas são fabricadas em cerâmica ou polímeros. Hoje, um dos principais campos de pesquisa é a membrana híbrida, que tem como objetivo aumentar a permeabilidade e a seletividade utilizando-se das melhores propriedades de cada elemento.

No QUADRO 1, nota-se um comparativo entre as principais membranas existentes no mercado atual.

QUADRO 1- Diferentes tipos de membranas e seus correspondentes mecanismos de separação

Tipo de material	Imagem	Características
Membrana inorgânica microporosa (sílica, carbono, etc.) com diâmetro de poro variando entre o diâmetro cinético e “caminho livre”.		-Fluxo de Knudsen -Seletividade muito baixa para CO ₂ / N ₂ .
Membrana polimérica de matriz densa.		-Difusão de solução, performances superiores previsível por análise de trade-off. -Separações industriais de gás de membrana fazem uso deste tipo de materiais.
Membranas de Matriz Mista (contínua fase polimérica com dispersão inorgânica de partículas adsorventes).		-Mecanismo híbrido: solução = difusão + fluxo superficial, - possibilidade de ultrapassar o <i>trade-off</i> (possui limitações).
Zeólito ou membrana de peneira molecular (poro diâmetro próximo ou menor que as moléculas diâmetro cinético).		Peneiramento molecular, seletividade muito alta teoricamente realizável desde que materiais livres de defeitos possam ser produzidos em uma grande escala.
Membranas Líquidas (LM), Site Fixo; Membranas Transportadoras: líquido impregnado em uma membrana porosa ou dissolvido em um polímero denso.		Reação com uma molécula e difusão em um líquido. -Elevada seletividade;. Geralmente requer água.

Fonte: Adaptada de Favre, 2013

Em relação ao material de fabricação das membranas, destaca-se o óxido de cálcio (CaO). Devido a sua estrutura cristalina e elevadaporosidade, o CaO possui grandes expectativas para ser um material base para fabricação de membranas. Estudos sugerem, que, em membranas



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

produzidas a partir de CaO oriundos de cascas de ovos de galinha usado na reação de síntese de CaCO_3 , alcançam um aumento significativo na captura de CO_2 . Tal remoção já chegou a níveis quase similares aos de absorção em membrana fabricadas a partir de CaO comercial (VIEIRA *et al.*, 2017). Deve-se ressaltar que além da captura de CO_2 por CaO, tem-se a redução da geração de resíduos, uma vez que ovos fazem parte da dieta de grande parte da população mundial. (MOHAMMADI, LAHIJANI, MOHAMED, 2014).

Atualmente, os principais problemas a serem resolvidos na aplicação da técnica de captura de CO_2 por meio de membranas estão relacionados com a seletividade e permeabilidade do material, e a energia de regeneração gasta no processo (TACHY, 2016). Nesse contexto, observa-se a importância do estudo dos materiais para fabricação das membranas (BUI *et al.*, 2018). Resumidamente, pode-se dizer que a captura de dióxido de carbono por meio de membrana é um método recente e promissor.

2.5 Pré-Combustão

Na captura pela técnica de pré-combustão, o grande diferencial é que o CO_2 , líquido, sólido ou gasoso, é removido antes da combustão e então armazenado. As principais vantagens dessa técnica são: elevada concentração do fluxo do CO_2 , tecnologia amplamente difundida e já implementado em diversos setores industriais. Como desvantagens têm-se as elevadas temperaturas de troca de calor e elevados custos de aquisição do sistema bem como operacional (LEUNG; CARAMANNA; MAROTO-VALER, 2014). A captura por pré-combustão é potencialmente menos dispendiosa do que a captura pós-combustão.

Estudos realizados por Cobden *et al.* (2007), demonstraram que a captura de CO_2 por pré-combustão, com o sorvente a base de hidrotalcite, obteve resultados satisfatórios com temperaturas entre 400-500°C. Porém para uma aplicação em escala industrial, o custo seria muito alto, pois a demanda de vapor para a regeneração do adsorvente à base de hidrotalcite seria extremamente elevado.

Cuéllar-franca e Azapagic (2015) estudaram e os métodos de captura de pré-combustão por absorção física utilizando Selexol e Rectisol. As taxas de captura de CO_2 variaram de 87% e 100%, respectivamente. Verificou-se que o GWP (Potencial de aquecimento global) em fabricas de IGCC (Gasificação integrada de ciclo combinado) é semelhante a 190 kg CO_2 eq./MWh.

O processo de separação de gases à base de hidratos, conhecida como *hydrate based gas separation* (HBGS), foi considerado como uma nova abordagem promissora para a separação de CO_2 de misturas em combustível e gás de combustão. A base para a separação é a partição seletiva do componente CO_2 de um combustível ou gás de combustão, entre a fase cristalina de hidrato sólido e o gás fase após formação de cristais de hidrato.

Existem várias vantagens para a aplicação do processo HBGS para captura de pré-combustão. O fluxo de gás combustível sai do conversor de deslocamento de gás de água está na faixa entre 2 e 7 MPa que é muito favorável para a formação de hidratos. A capacidade de armazenamento é alta, bem como a eficiência energética, o processo é limpo (materiais não tóxicos ou perigosos) e ambientalmente benigno (uso de água como solvente). Além disso, esse processo



pode capturar simultaneamente H_2S e SO_2 , eliminando assim a necessidade de ter etapas de pré-tratamento para captura de pré-combustão. nota-se que o gás da dissociação dos cristais de hidratos estarão em pressões elevadas, reduzindo-se o custo de compressão para o transporte de CO_2 para armazenamento e sequestro.

3 Conclusão

Algumas técnicas como a tecnologia de membranas e adsorção carecem de mais estudos, tanto testes em escala laboratorial, bem como em escala industrial, devido problemas como a necessidade de regeneração no caso da adsorção e as baixas taxas de captura de ambas as técnicas apresentadas. Já a absorção química, ainda pode ser necessária uma análise cuidadosa da viabilidade energética do processo devido à energia requerida pelas bombas e a energia despendida na etapa de regeneração, onde o gás absorvido deixa a solução. Mesmo assim, esta técnica é a que se mostra melhor desenvolvida por ser estudada há mais tempo, além de apresentar melhor relação entre carbono absorvido e energia requerida ao processo. Conclui-se que os esforços das pesquisas atuais estão voltados para aumentar a eficiência das técnicas de captura de CO_2 , reduzindo assim o gasto energético, principalmente na fase de regeneração do processo. Desse modo, em trabalhos futuros, espera-se desenvolver em escala laboratorial o processo de absorção por aminas primárias e secundárias, uma vez que essa foi a técnica que apresentou o melhor custo benefício e simplicidade de aplicação para captura do CO_2 . Diferentes soluções de aminas serão analisadas a fim de se determinar a melhor composição para o processo de absorção, bem como melhorias de *layout* da coluna de absorção serão propostas para melhorar o aproveitamento energético da aplicação desta técnica.

Referências

- BELAISSAOUI, Bouchra; FAVRE, Eric. Membrane Separation Processes for Post-Combustion Carbon Dioxide Capture: State of the Art and Critical Overview. **Oil & Gas Science And Technology – Revue D'ifp Energies Nouvelles**, [s.l.], v. 69, n. 6, p.1005-1020, 17 dez. 2013.
- BEZERRA, D. P. **Captura de CO_2 – estudo do equilíbrio de adsorção por técnica gravimétrica com adsorventes comerciais e modificados**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- BUI, Mai *et al.* Carbon capture and storage (CCS): the way forward. **Energy & Environmental Science**, [s.l.], v. 11, n. 5, p.1062-1176, 2018. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c7ee02342a>.
- COBDEN, P.d. *et al.* Sorption-enhanced hydrogen production for pre-combustion CO_2 capture: Thermodynamic analysis and experimental results. **International Journal Of Greenhouse Gas Control**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.170-179, abr. 2007.
- CONWAY, William et al. CO_2 absorption into aqueous amine blended solutions containing monoethanolamine (MEA), N,N-dimethylethanolamine (DMEA), N,N-diethylethanolamine (DEEA) and 2-amino-2-methyl-1-propanol (AMP) for post-combustion capture processes.



SICIT 2018

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

Chemical Engineering Science, [s.l.], v. 126, p.446-454, abr. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2014.12.053>.

CUÉLLAR-FRANCA, Rosa M.; AZAPAGIC, Adisa. Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts. **Journal Of CO₂ Utilization**, [s.l.], v. 9, p.82-102, mar. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcou.2014.12.001>.

COUSINS, A.; WARDHAUGH, L. T.; FERON, P. H. M. A survey of process flow sheet modifications for energy efficient CO₂ capture from flue gases using chemical absorption. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 5, n. 4, p. 605-619, 2011.

CHOI, Jeong Ho *et al.* Absorption of carbon dioxide by the mixed aqueous absorbents using 2-methylpiperidine as a promoter. **Chemical Engineering Science**, [s.l.], v. 72, p.87-93, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2012.01.001>.

JADHAV, P. D. et al. Monoethanol amine modified zeolite 13X for CO₂ adsorption at different temperatures. *Energy & Fuels*, v. 21, n. 6, p. 3555-3559, 2007.

JENSEN, Mark J. *et al.* Prediction and validation of external cooling loop cryogenic carbon capture (CCC-ECL) for full-scale coal-fired power plant retrofit. **International Journal Of Greenhouse Gas Control**, [s.l.], v. 42, p.200-212, nov. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.04.009>.

KOHL, Arthur L.; NIELSEN, Richard B. (Ed.). **Gas Purification**. 5. ed. Houston: Gulf, 1997. 1395 p.

LEE, Seul-yi; PARK, Soo-jin. **A review on solid adsorbents for carbon dioxide capture**. **Journal Of Industrial And Engineering Chemistry**, [s.l.], v. 23, p.1-11, mar. 2015.

LEUNG, Dennis Y.c.; CARAMANNA, Giorgio; MAROTO-VALER, M. Mercedes. An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 39, p.426-443, nov. 2014. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.093>.

MANGALAPALLY, Hari Prasad et al. Pilot plant study of four new solvents for post combustion carbon dioxide capture by reactive absorption and comparison to MEA. **International Journal Of Greenhouse Gas Control**, [s.l.], v. 8, p.205-216, maio 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijggc.2012.02.014>.

METZ, Bert et al. **IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage**. Cambridge, United Kingdom And New York, Ny, Usa: Cambridge University Press, 2005. 442 p.

MOHAMMADI, Maedeh; LAHIJANI, Pooya; MOHAMED, Abdul Rahman. Refractory dopant-incorporated CaO from waste eggshell as sustainable sorbent for CO₂ capture: Experimental and kinetic studies. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 243, p.455-464,



maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2014.01.018>.

OSMAN, Khalid; COQUELET, Christophe; RAMJUGERNATH, Deresh. Review of carbon dioxide capture and storage with relevance to the South African power sector. **S. Afr. j. sci.**, Pretoria, v. 110, n. 5-6, p. 01-12, Mar. 2014. Available from <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532014000300012&lng=en&nrm=iso>. access on 07 July 2018.

PHAN, Anh *et al.* Synthesis, structure, and carbon dioxide capture properties of zeolitic imidazolate frameworks. **Acc. Chem. Res.**, v. 43, n. 1, p. 58-67, 2010.

REIS, Catarina Veloso. **Desenvolvimento de tecnologias de captura e armazenamento de CO₂**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Natureza, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

SAFDARNEJAD, Seyed Mostafa; HEDENGREN, J. D.; BAXTER, L. Effect of cryogenic carbon capture (CCC) on smart power grids. In: **Proceedings of the American Institute of Chemical Engineers (AIChE) Conference, Austin, TX. 2015**

SAYRE, Aaron *et al.* Field Testing of Cryogenic Carbon Capture. **Carbon Management Technology Conference**, [s.l.], p.1-11, 2017. Carbon Management Technology Conference. <http://dx.doi.org/10.7122/486652-ms>.

STERN, Nicholas. **Stern review report on the economics of climate change**. 2006. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf. Acesso em: 26 Jun 2018.

TACHY, Diego Enriquez. **Avaliação técnica e econômica da captura de CO₂ por membrana, absorção e tecnologias híbridas**. 2016. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial - Pei, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016

VIEIRA, Luísa Arantes Fernandes *et al.* Obtenção de Óxido de Cálcio a partir da Casca de Ovo de Galinha. **The Journal Of Engineering And Exact Sciences**, [s.l.], v. 3, n. 8, p.1159-1166, 15 dez. 2017. Universidade Federal de Vicosa. <http://dx.doi.org/10.18540/jcecvl3iss8pp1159-1166>.