



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO
DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

PRINCIPAIS ASPECTOS DAS ESTRATÉGIAS TECNOLÓGICAS PARA O SEQUESTRO DE CO₂

Diovana Aparecida dos Santos Napoleão¹, diovana@debas.eel.usp.br

José Antônio Perrella Balestieri², perrella@feg.unesp.br

¹Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP Campus I
CP 116 CEP 12602810- Lorena – SP Tel.: (12) 3159-5089

²Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP Campus de Guaratinguetá
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 CEP 12516410 Guaratinguetá - SP

Resumo: *A utilização de fontes de energia e de tecnologias modernas de uso final conduziram a mudanças qualitativas na vida humana, proporcionando tanto o aumento da produtividade econômica quanto do bem-estar da população. No entanto, mais do que o aumento do consumo de energia, são os serviços gerados pela energia que realmente conduzem a uma melhoria no cotidiano da população. Também o propósito para o qual os serviços energéticos são alocados é que determina, em última análise, o nível de desenvolvimento econômico atingido. O Brasil atualmente possui um sistema de energia relativamente “limpo”, contando significativamente com fontes de energia renováveis, como a biomassa e a hidroeletricidade. Não obstante, a questão importante é saber como os combustíveis fósseis são usados para satisfazer as necessidades de energia intensiva das indústrias no setor manufatureiro, do aumento da urbanização e do rápido crescimento no setor dos transportes rodoviários sem causar danos excessivos ao meio ambiente. Neste trabalho propõe-se avaliar tecnologias associadas à redução do CO₂ na atmosfera por meios físico e químicos, como também avaliar um estudo das tecnologias avançadas de geração energética livre de carbono, objetivando melhorar a eficiência de uso final e a redução das emissões de CO₂. Como resultado final, pretende-se comparar os estudos de tecnologias voltadas para a captura de CO₂, enfatizando suas vantagens e desvantagens e apresentando uma correlação entre as tecnologias empregadas que foram sinalizadas a uma ou duas décadas atrás.*

Palavras-chave: *Cogeração, Tecnologias avançadas de geração, Emissões de CO₂*

1. INTRODUÇÃO

Apesar das incertezas referentes à influência das emissões antropogênicas dos gases de efeito estufa (GEE) na mudança do clima no mundo, fortes evidências de correlação com o problema do aquecimento terrestre têm sido apresentadas, sendo enfatizadas pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2000). Mais recentemente o IPCC (2007), através do Quarto Relatório de Avaliação, reforça a necessidade de estabilização da concentração dos gases de efeito estufa, a um determinado nível, que previna a ocorrência de interferências perigosas sobre o sistema climático mundial. Acrescenta ainda, que apesar da definição do termo “interferências perigosas” ser objeto de julgamento de caráter social e político, as reduções das emissões são consideradas inevitáveis, para que se alcance a estabilização da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera.

No século XX observou-se um aumento rápido da população e o crescimento explosivo do consumo de energia. Segundo IEA (International Energy Agency) está previsto um aumento na demanda de energia de 57% de 2004 a 2030. A Tabela 1 apresenta as comparações do uso de energia, consumo da população e taxa de energia per capita entre 1900 e 2001 (Song, 2006). Atualmente, 85% da demanda de energia mundial é gerada através de combustíveis fósseis, sendo estes responsáveis por 40% das emissões de CO₂, considerando-se o carvão como fonte principal destas emissões (Carapelluci e Milazzo, 2003). As questões ambientais associadas às emissões dos poluentes provenientes de combustíveis fósseis apresentam problemas globais, tais como, toxicidade do ar e os gases de efeito estufa. Com base nestas considerações a emissão de CO₂ proveniente da atividade humana estava relacionada a 7 Gt/a em 1990, considerando-se o processo de combustão a partir de combustíveis fósseis em plantas industriais, o desflorestamento e a desertificação (Yamasaki, 2003).

Estima-se que em 2020, o consumo de energia no mundo seja 75% maior do que em 1990, o que implica em mudanças urgentes nas políticas energéticas, ambientais e/ou tecnológicas. Evidências científicas indicam que as concentrações atmosféricas de CO₂ estão aproximadamente 16% acima dos níveis contabilizados em 1990. A diminuição dos impactos ambientais devido às mudanças climáticas requer uma redução das emissões de CO₂

principalmente no setor de energia, principal fonte de emissão de gases de efeito estufa. Muitos países estão adotando medidas tecnológicas preventivas com o objetivo de reduzir ou minimizar o crescimento da emissão de gases poluentes.

Tabela 1- Uso de energia, consumo da população e taxa de energia per capita entre 1900 e 2001 (Song, 2006)

Fonte de energia	1900		2001	
	MTOE ^a	% ou Unidade	MTOE ^a	% ou Unidade
Carvão	501	55	2,395	24
Petróleo	18	2	3,913	39
Gás natural	9	1	2,328	23
Energia Nuclear	0	0	662	6
Energias renováveis ^b	383	42	750	8
Total	911	100%	1004,8	100%
População	1762	milhões	6153	milhões
Taxa per capita e uso	0,517	TOE ^a	1,633	TOE
Emissão global de CO ₂	534	MMTCE ^a	6607	MMTCE
Emissão per capita de CO ₂	0,30	MTCE	1,07	MTCE
CO ₂ atmosférico	295	ppmv ^a	371	ppmv
Estimativa de vida	47,3	Anos	77,2	Anos

^a TOE: toneladas de óleo equivalentes; MTOE: milhões de toneladas de óleo equivalentes; MMTCE: milhões de toneladas métricas de carbono equivalente; MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente; ppmv: parte por milhão por volume. ^b incluindo energia hidrelétrica, biomassa, geotérmica, solar e eólica

Existem muitas tecnologias que poderiam ser utilizadas para a redução dos níveis de CO₂ na atmosfera, desde a redução do consumo de energia, aumento da eficiência dos equipamentos para conversão e utilização de energia, substituição dos combustíveis por outros com menor índice de carbono (por exemplo, gás natural ao invés de carvão) até o uso de fontes de energia renováveis e nuclear ou a captura e o armazenamento de CO₂ gerado a partir de combustíveis fósseis.

A captura e o armazenamento de CO₂ é uma das maneiras encontradas para reduzir as emissões de CO₂, sendo, recentemente considerada uma tecnologia potencial de aplicação. Isto se deve ao fato de que aproximadamente 85% das necessidades de energia comerciais do mundo são supridas por combustíveis fósseis. De acordo com Steeneveldt et al. (2006) existem várias linhas de pesquisas descritas na literatura que são direcionadas para a tecnologia de captura e armazenamento de CO₂, conforme apresentadas na figura 1.

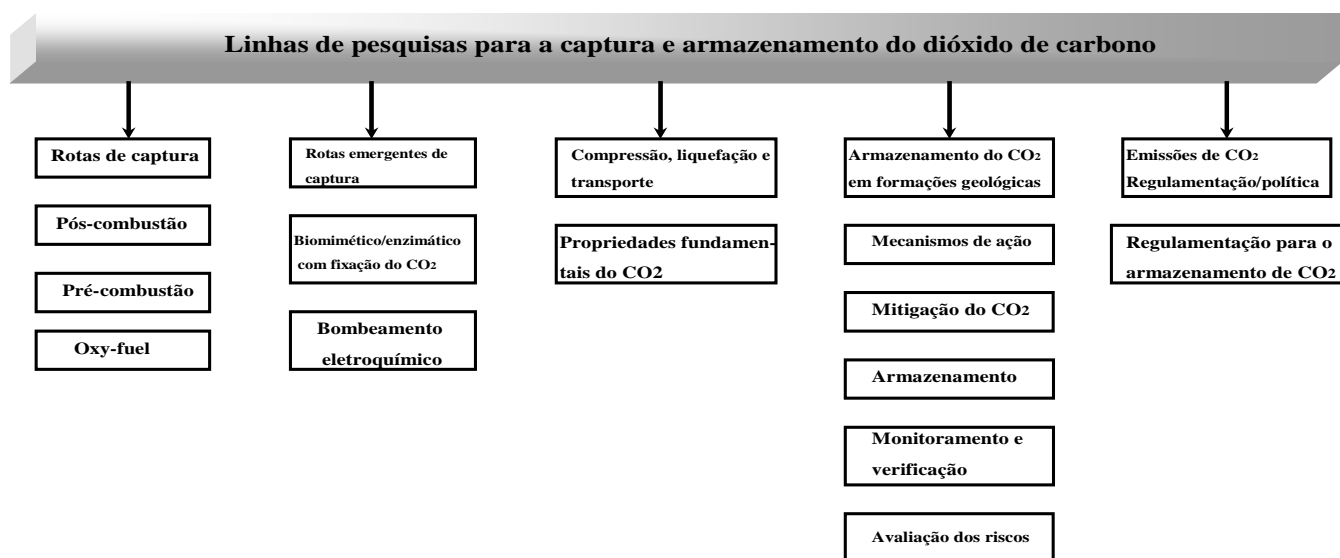


Figura 1- Principais linhas de pesquisas para a captura e armazenamento do CO₂ (Steeneveldt et al.,2006)

A tecnologia de captura e armazenamento do CO₂ é constituída basicamente por três etapas distintas: inicialmente captura-se o CO₂ de correntes gasosas emitidas durante a produção de energia, em processos industriais ou através do processamento de combustíveis. Posteriormente, é realizado o transporta do CO₂ capturado através de tubovias ou tanques, armazenando-o em lençóis profundos de águas salinas, jazidas esgotadas de petróleo e gás ou minas de carvão.

Um dos maiores projetos de captura e separação de CO₂ no mundo se encontra na Europa, denominado Castor, com efetiva participação de importantes companhias operadoras de petróleo (Statoil, Gaz de France), empresas de energia, institutos de pesquisas e fornecedores de equipamentos de processos industriais. Este projeto tem por finalidade reduzir o custo de captura do CO₂ a uma faixa não superior entre 20 a 30€/t. A capacidade de captura do CO₂ em uma planta deste projeto é correspondente a 1 t/h, a partir da combustão do carvão e o armazenamento geológico (500 x 10³ t/ano) em campo de petróleo marítimo (Maia, 2007). De acordo com a revisão bibliográfica realizada, Xavier (2004) apresenta as possíveis aplicações para o CO₂ capturado a partir do gás de combustão, com destaque para o armazenamento em reservatórios exauridos de óleo e gás natural, minas de carvão, aquíferos salinos, dentre outros. No caso da injeção de CO₂ em reservatórios de óleo e gás, pode-se aumentar a recuperação de hidrocarbonetos existentes no mesmo. Simmonds (2003) apresenta o estudo da British Petroleum (BP) quanto à separação e captura do CO₂, para fins de recuperação de petróleo no Alasca (Estados Unidos). O resultado obtido mostra que apesar do grande porte das instalações (captura de 1,7 x 10⁶ t/ano), o projeto é viável e disponibiliza a melhor tecnologia na atualidade (processo químico de remoção do CO₂ com uso de aminas).

Neste trabalho, são apresentadas as tecnologias com baixa emissão de carbono e as diferentes alternativas de captura e separação do CO₂, evidenciando as propostas comercialmente disponíveis e aquelas que apresentam potencial adequado de aplicabilidade em médio e longo prazo.

2- TECNOLOGIAS DE CAPTURA, SEPARAÇÃO DE CO₂ PARA CENTRAIS GERADORAS DE ENERGIA A PARTIR DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

O conceito de captura e armazenamento de CO₂, ou CCS, consiste na remoção do dióxido de carbono das emissões resultantes de fontes estacionárias industriais tais como centrais termoeletricas, cimenteiras, siderúrgicas (Gupta et al., 2003). De acordo com Lyngfelt (2001), a captura de CO₂ pode ser aplicada a todos os processos industriais que utilizam a queima de combustíveis fósseis (carvão, gás e petróleo) e de biomassa. Por conseguinte, pode-se afirmar que se trata de um processo que permite o uso continuado de combustíveis fósseis ao mesmo tempo em que limita as emissões de CO₂ para a atmosfera até que uma economia baseada no suprimento de energia, a partir de hidrogênio e de fontes renováveis, esteja suficientemente desenvolvida.

Em um contexto geral, entre as indústrias que emitem CO₂ para a atmosfera, as centrais elétricas que utilizam combustíveis fósseis para a produção de energia apresentam os maiores índices de emissões em torno de 33 a 40% (Carapelluci e Milazzo, 2003; Stewart e Hessami, 2005). De acordo com Damen et al. (2006) e Yang et al. (2008) existem muitas tecnologias concebíveis com relação à captura de CO₂ e a conversão de energia (em alguns processos a captura de CO₂ está associada à tecnologia de conversão), tornando-se necessária uma classificação para o processo de captura do CO₂. A classificação das estratégias de captura do CO₂ gerado a partir de combustíveis fósseis primários (carvão, gás natural ou óleo), biomassa ou uma mistura de combustíveis, pode ser identificada:

- processo de pós-combustão ou pós-tratamento
- processo de pré-combustão ou pré-tratamento
- combustão oxy-fuel
- combustão loop químico (chemical looping)

2.1- Processo de pós-combustão ou pós-tratamento

Na tecnologia de pós-combustão o CO₂ é separado do gás proveniente da mistura de NO_x e SO₂, o processo é ilustrado na figura 2. O processo de absorção química pode estar associado a uma das etapas da tecnologia de captura de CO₂ (pós-combustão), com a utilização de um absorvente, como por exemplo, o monoetanolamina (MEA). A utilização desta técnica foi amplamente difundida na indústria de gás natural por mais de 60 anos. Outra vantagem a ser destacada nesta técnica é que durante o processo de pós combustão ocorre a produção CO₂ puro.

De acordo com os dados do National Energy Technology Laboratory (NETL) estimou-se que em 2000 a implementação deste processo aumentou o custo da produção de eletricidade em torno de 70% (Elwell e Grant, 2006). Uma alternativa para contornar o aumento do custo da eletricidade através do processo de pós-combustão seria o emprego da tecnologia de membrana para a etapa inicial do processo de separação do gás.

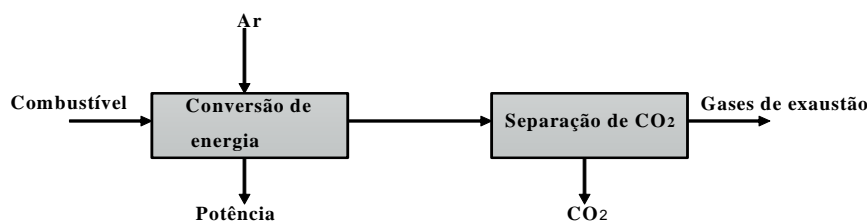


Figura 2- Processo de pós-combustão (Feron e Hendriks, 2005)

2.2- Processo de pré-combustão ou pré-tratamento

No processo de pré-combustão, os combustíveis são inicialmente convertidos a partir da mistura de CO₂ e H₂ (gás de síntese) que é produzida via reforma por vapor, oxidação parcial do gás natural ou gaseificação do carvão e subsequentemente a reação catalítica de shift, o combustível fica rico em hidrogênio sendo queimado com ar depois da separação do H₂ e CO₂ (Yang et al., 2008). A mistura resultante de hidrogênio e CO₂ pode ser separada em duas linhas antes da combustão: uma de CO₂ e outra de hidrogênio. Enquanto o CO₂ pode ser estocado, o hidrogênio pode ser usado em um processo de combustão para gerar energia e/ou calor. Embora os passos iniciais sejam mais complicados e mais caros do que o processo de pós-combustão, a alta concentração de CO₂ produzida no reator de shift e a alta pressão encontrada nestas aplicações são mais favoráveis para a separação do CO₂. A figura 3 identifica a tecnologia do processo de pré-combustão.

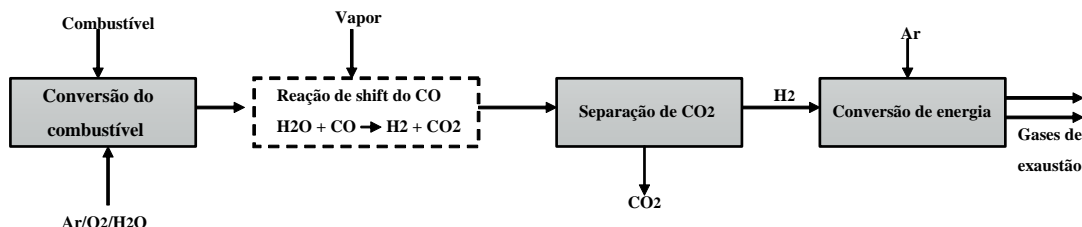


Figura 3- Processo de pré-combustão (Feron e Hendriks, 2005)

Diversos métodos podem ser usados na captura do CO₂ (pré-combustão), sendo uma das opções correspondentes ao processo de absorção, no qual o solvente pode ser químico (MEA) ou físico. A técnica da absorção física corresponde a uma tecnologia consolidada que foi implantada na Plant Great Plains Synfuels no norte de Dakota (U.S.) por aproximadamente 20 anos (Elwell e Grant, 2006). Dados apresentados pelo Department of Energy (DOE) estimou-se que em 2000 a utilização da tecnologia de captura com pré-combustão elevou o custo da produção de eletricidade em torno de 25%, sendo que o objetivo a longo prazo é reduzir essa taxa de custo para 10%.

2.3- Combustão loop químico (chemical looping)

De acordo com Hossain e Lasa (2008), Yang et al. (2008) a combustão loop químico (chemical looping) pode ser considerada um novo processo de captura de CO₂, baseada na queima do combustível por meio de dois reatores separados a serem considerados:

- reator com ar
- reator de combustível

A figura 4 ilustra o processo de combustão loop químico (chemical looping)

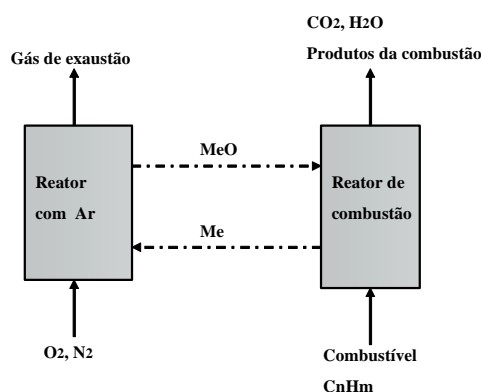
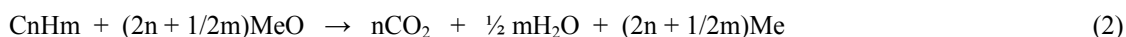


Figura 4- Esquema da combustão loop químico (Rydén e Lyngfelt, 2006)

O oxigênio proveniente do reator com ar circula no processo com pequenas partículas de óxido de metal (Fe₂O₃, NiO, CuO ou Mn₂O₃) e posteriormente é oxidado de acordo com a seguinte reação:



No reator com combustível o óxido de metal é reduzido pelo combustível, o qual é oxidado produzindo CO₂ e H₂O de acordo com a reação:



Neste processo a energia requerida pelos reatores depende das reações 1 e 2, bem como da temperatura do meio reacional. A reação expressa pela equação 1 é exotérmica e pela 2 endotérmica.

Algumas vantagens podem ser atribuídas a esse processo quando comparado com a combustão convencional, sendo a seguir destacadas:

- o gás de exaustão proveniente do reator com ar é inofensivo à atmosfera, pois é constituído de N_2 ;
- o gás de exaustão do reator com combustível consiste em CO_2 e H_2O , onde a separação do CO_2 pode ser realizada através do condensador, indicando desta forma uma redução da emissão de CO_2 com mínima penalidade energética.

2.4- Combustão Oxy-fuel

No processo da combustão oxy-fuel o gás natural é queimado em atmosfera de oxigênio misturado com CO_2 reciclado e/ou vapor, resultando num fluxo concentrado de CO_2 e vapor ($\text{H}_2\text{O}_{(v)}$), que pode ser separado por condensação. Ao invés de separar o CO_2 dos gases de exaustão, tornando-o composto basicamente por nitrogênio, o N_2 é removido do ar de combustão por uma unidade de separação de ar (ASU, air separation unit), fato pelo qual Feron (2006) a ele se refere como desnitração no processo de geração de energia. Embora existam sistemas comerciais disponíveis para a separação do oxigênio em grande escala, o processo oxy-fuel combustion está atualmente em fase de demonstração. Pesquisas estão sendo realizadas com base nesta tecnologia de captura objetivando aumentar a eficiência do processo e reduzir os custos envolvidos nas etapas do processo (Yang et al., 2008). A figura 5 ilustra o processo de combustão oxy-fuel.

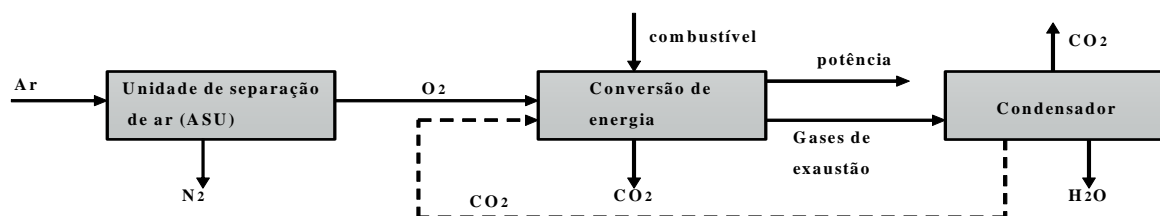


Figura 5- Processo oxy-fuel, (Feron e Hendriks, 2005)

As alternativas da tecnologia oxy-fuel são apresentadas na tabela 2 evidenciando as eficiências de cada ciclo para a geração de energia.

Tabela 2 – Comparações das principais alternativas da tecnologia oxy-fuel (Steenveeldt et al., 2006)

Tecnologia de geração de energia	Principais aspectos	Órgãos divulgadores da tecnologia	Fluido de trabalho	Eficiência do ciclo (Kvamsdal et al., 2005a)	Desenvolvimento técnico
AZEP ^a	Membranas para separação integrada de O_2/N_2 com combustor e turbinas a gás; (> 45 MW)	Consortium: Norsk Hydro Alstom, Siemens, Borsig, Ulster Univ., PSI, Lund Technical Univ., Areva	Ar	51	Membrana (fluxo de O_2 , estabilidade e potência mecânica) laque cerâmico com alta temperatura, alta temperatura, trocador de calor, combustor integrado a turbina e reator
GRAZ ^b	3 turbinas (2 turbinas operando com alta pressão e 1 com baixa pressão), ciclo à vapor, recirculação do CO_2 e vapor	Prof. Jericha from Technical University of Graz	77% H_2O 23% CO_2	43	Sistema integrado vapor/turbina a gás e gases não condensáveis
WATER ^c	2 turbinas (operando com alta e baixa pressão), 2 combustores, recuperação da água aquecida	Sistemas de Energia Limpa - Clean Energy Systems (CES)	90% H_2O 10% CO_2 a 80°C	44	Sistema integrado vapor/turbina a gás e gases não condensáveis
CHEMICAL LOOPING COMBUSTION	A combustão ocorre através de uma reação de redução (oxigênio é reduzido a óxido metálico)	Consortium in CCP: BP, Alstom Boilers, Chalmers University, CSIC (Spain), ENI	Ar	51	Metal Attrition Fine Dust para turbinas. Turbinas integrada com reator

^aAZEP (advanced zero emission power plants) – centrais térmicas de emissão zero, envolve a integração da membrana cerâmica e uma câmara de combustão que produz CO_2 e H_2O que são expandidos numa turbina a vapor.

^bGRAZ – o ciclo Graz consiste em uma câmara de combustão operando a alta pressão (40 bar), que queima gás natural, oxigênio, CO₂ e vapor. No condensador a mistura de CO₂ e água se separa, a água é vaporizada e superaquecida, enquanto o CO₂ é comprimido.

^cClean Energy Systems (CES) Sistemas de Energia Limpa – o processo é um variante entre o ciclo da água e o ciclo Graz. A câmara de combustão queima uma mistura a alta pressão água/vapor, oxigênio e gás natural ou gás de síntese. O processo de combustão é executado em condições estequiométricas para a produção de vapor e CO₂ a alta temperatura e pressão na turbina da central térmica.

2.5- Membranas poliméricas

Esse processo se baseia na diferença de taxas de difusão entre o oxigênio e o nitrogênio através de uma membrana que separa fluxos de alta e de baixa pressão. Devido à menor dimensão da molécula de oxigênio, muitas membranas são mais permeáveis a este do que ao nitrogênio. Sistemas de membrana são geralmente limitados à produção de ar enriquecido de oxigênio, com 25 a 50% deste na composição. As membranas apresentam um baixo custo no processo de separação do gás, permitem o uso de temperaturas mais baixas, levando a uma redução no consumo de energia, responsável pela maior parcela nos custos de produção. Em plantas industriais a temperatura elevada do gás provocará uma rápida destruição da membrana, havendo a necessidade de redução desta temperatura (abaixo de 100°C) antes do processo de separação através da membrana (Yang et al., 2008).

Diversas pesquisas relacionadas ao emprego de membranas para a separação de gás incluem o estudo de vários polímeros a serem destacados: poliacetileno, polianilina, poli(arileno éter)s, poliarilatos, policarbonatos, polieteramidas, poli(etileno óxido), poliamidas, poli(fenileno éter), poli(pyrrolone)s e polissulfonados. A figura 6 apresenta as estruturas moleculares de alguns polímeros utilizados para a confecção das membranas poliméricas.

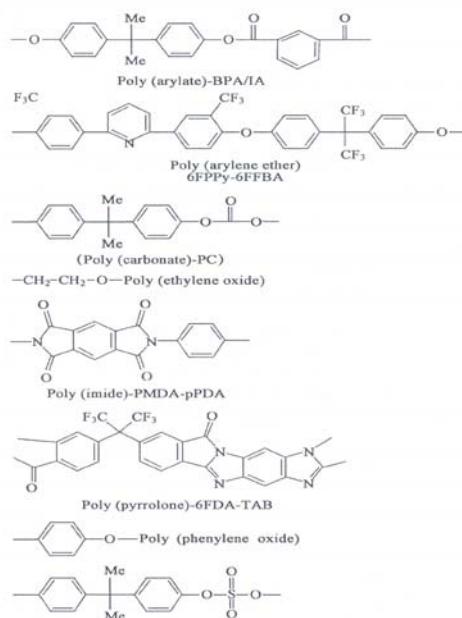


Figura 6- Estruturas poliméricas usadas na tecnologia de captura de CO₂ (Powell e Qiao, 2006)

3- RESULTADOS

No desenvolvimento deste trabalho foram apresentadas tecnologias para a captura e o armazenamento de CO₂, consideradas de potencial aplicação em centrais geradoras de energia. Isto se deve ao fato da grande porcentagem da demanda de energia mundial ser suprida por combustíveis fósseis. Existem várias linhas de pesquisas atualmente, direcionadas para as tecnologias de captura e armazenamento de CO₂, visando reduzir os impactos ambientais causados pelo CO₂, redução dos custos das plantas acopladas a estas tecnologias, redução dos custos de eletricidade e aumento da eficiência dos processos. A figura 7 apresenta as principais opções das tecnologias disponíveis para a captura de CO₂.

Baseado na avaliação das tecnologias disponíveis para a captura de CO₂ das centrais geradoras de energia podem ser destacadas as seguintes conclusões:

- atualmente existem três etapas preliminares disponíveis para a captura do CO₂, a tecnologia de pós-combustão, oxy-fuel e a pré-combustão;
- estas etapas contemplam várias opções tecnológicas em estágios de desenvolvimento, visando a otimização dos processos;
- os grandes desafios para estes cenários constam na avaliação do potencial de aplicação e na comparação de tecnologias existentes no mercado.

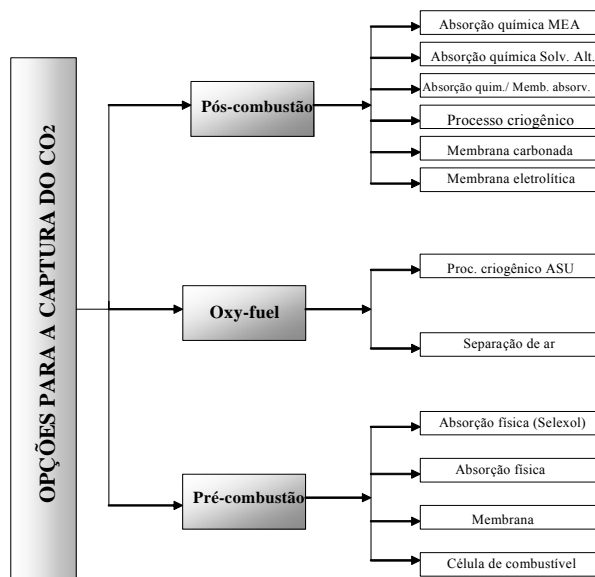


Figura 7- Representação esquemática das opções tecnológicas para a captura do CO₂, (Esber, 2006)

Várias rotas também podem ser consideradas para o dióxido de carbono recuperado de uma planta termelétrica, como por exemplo, o armazenamento em estruturas geológicas no caso de reservatórios de petróleo e gás natural ou aquíferos salinos. A figura 8 apresenta algumas destas possíveis rotas tecnológicas para a aplicação e fixação do CO₂ recuperado.

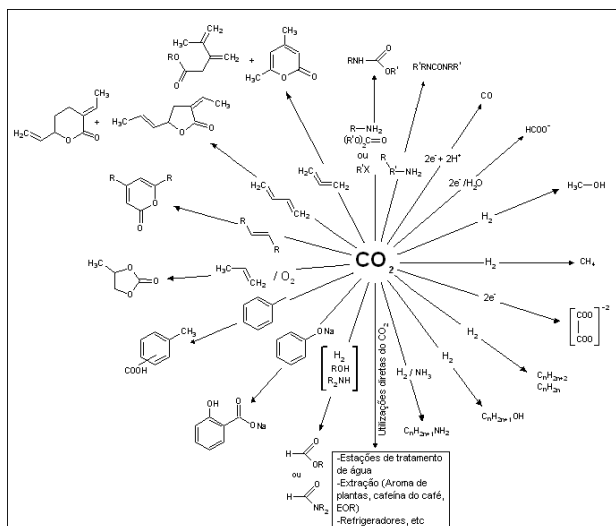


Figura 8- Possíveis rotas para CO₂ recuperado (Aresta et al., 1992)

4- COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta pesquisa não teve a pretensão de indicar um caminho específico para resolver um problema tão complexo como o abordado. A contribuição consiste na compilação dos trabalhos de diversos especialistas que vêm estudando esse tema a décadas, com a finalidade de enfrentar o desafio e apresentando uma abordagem sistêmica para a resolução do problema em questão. Esta abordagem está associada ao fortalecimento das instituições e mecanismos de monitoramento das emissões de gases poluentes.

A atuação de governos é de grande importância na condução desse processo, dando oportunidade para a atuação de empresas e universidades no equacionamento de soluções, através da implementação de mercados específicos e incentivos para a compra de energia gerada por meio de tecnologias ambientalmente favoráveis, como as fontes renováveis de energia.

5- AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – **FAPESP** (Processos 07/08283-0), ao Departamento de Ciências Básicas e Ambientais (EEL/USP) e ao Departamento de Energia (UNESP/FEG), que possibilitaram a execução deste trabalho.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARESTA, M., QUARANTA, E., TOMMASI, I. **Projects for the utilization of carbon dioxide**. Energy Convers. Mgmt, v. 35, n. 5-8, p. 495-504, 1992.
- CARAPPELLUCI R., MILAZZO A. **Membrane systems for CO₂ capture and their integration with gas turbine plants**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A: Journal of Power and Energy, v. 217, p. 505-517, 2003.
- DAMEN K., TROOST M. VAN, FAAIJ A., TURKENBURG W. **A comparison of electricity and hydrogen production system with CO₂ capture and storage**. Part A: Review and selection of promising conversion and capture technologies. Progress in Energy and Combustion Science v. 32, p. 215-246, 2006.
- ELWELL L. C., GRANT W. S. Technology options for capturing CO₂-Special Reports. Power 150(8), 2006.
- FERON P. H. M., HENDRIKS C. A. **CO₂ capture process principles and costs**. Oil and Gas Science and Technology Rev, IPF 60(3), p. 451-459, 2005.
- GUPTA, COYLE I., THAMBIMUTHU K. **CO₂ capture technologies and opportunities in Canadá**. In: 1st Canadian CC&S Technologies Roadmap Workshop, Canadá, 2003.
- HOSSAIN M. M., LASA H. I. **Chemical-looping combustion (CLC) for inherent CO₂ separations – a review**. Chemical Engineering Science v.63, p. 4433-4451, 2008.
- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Mudança no clima 1995: a ciência da mudança do clima: sumário para formuladores de políticas, contribuições do grupo de Trabalho I ao Segundo Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre a mudança do clima**. Brasília: IPCC: MCT: PNUD, 2000. 56p.
- MAIA, J. L. P. **Separação e captura do dióxido de carbono em instalações marítimas de produção de petróleo**. 2007. 216p. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo- São Paulo.
- POWELL, C. E., QIAO, G. G. **Polimeric CO₂/N₂ gas separation membranes for the capture of carbon dioxide from power plant flue gases**. Journal of Membrane Science, v. 279, p. 1-49, 2006.
- SIMMONDS, M. **Amine based CO₂ capture from gas turbine**. In: Annual Conference on carbon sequestration, United Kingdom, p. 10, 2003.
- SONG, C. **Global challenges and strategies for control, conversion and utilization of CO₂ for sustainable development involving energy, catalysis, adsorption and chemical processing**. Catalysis Today, v. 115, p. 2-32, 2006.
- STEENEVELDT, R., BERGER, B., TORP, T. A. **CO₂ capture and storage. Closing the Knowing – Doing Gap**. Trans IChemE, Part A, Chemical Engineering Research and Design, 84(A9), p. 739-763, 2006.
- STEWART, C., HESSAMI, M. **A study of methods of carbon dioxide capture and sequestration-the sustainability of a photosynthetic bioreactor approach**. Energy Conversion and Management , v. 46, p. 403-420, 2005.
- XAVIER, E. E. **Termeletricidade no Brasil: proposta metodológica para inventário das emissões aéreas e sua aplicação para o caso do CO₂**. 2004. 335f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ.
- YAMASAKI, A. **An overview of CO₂ mitigation options for global warming – Emphasizing CO₂ sequestration options**. Journal of Chemical Engineering of Japan, 36(4), p. 361-375, 2003.
- YANG, H., XU, Z., FAN, M., GUPTA, R., SLIMANE, R. B., BLAND, A. E., WRIGHT, I. **Progress in carbon dioxide separation and capture: A review**. Journal of Environmental Sciences, v. 20, p. 14-27, 2008.

6- DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

MAIN ASPECTS OF TECHNOLOGICAL STRATEGIES FOR THE CO₂ ISOLATION

Diovana Aparecida dos Santos Napoleão¹, diovana@debas.eel.usp.br

José Antônio Perrella Balestieri², perrella@feg.unesp.br

¹University of São Paulo – School of Engineering of Lorena – EEL-USP Campus I

CP 116 CEP 12602810 Lorena – SP Tel.: (12) 3159-5089

Julio de Mesquita Filho São Paulo State University – UNESP Campus de Guaratinguetá

Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 33 CEP 12516410 Guaratinguetá - SP

The utilization of energy resources and modern technologies of final usage led to qualitative changes in the human life, providing as much as the economic productivity rise as the population's welfare. However, more than the increase of the energy consumption, the jobs generated buy the energy that really leads to an improvement in the population's daily routine. Also, the purpose for which the energetic jobs are allocated is what determines, in last analysis, the level of economic development reached. Brazil nowadays has a "clean" energy system, counting significantly on renewable energy resources, as the biomass and the hydroelectricity. Nevertheless, the important issue is to know how the fossil combustibles are used to satisfy the needs of the intensive energy of the industries in the manufacturing sector, the urbanization increase and the fast growth in the highway transportation sector without causing excessive damages to the environment. This paper proposes to evaluate the technologies associated with the CO₂ reduction in the atmosphere through physical and chemical means, as well as evaluating a study of the advanced technologies of free carbon energetic generation, intending to improve the efficiency of the final usage and the reduction of the CO₂ emissions. As a final result, it is intended to compare the studies of technologies pointed to the CO₂ capture, emphasizing its advantages and disadvantages and introducing a correlation among the technologies applied and which were signaled one or two decades ago.

Key-words: Cogeneration; Advanced generation technologies; CO₂ emissions



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

|