

## GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO BIOGÁS, UTILIZANDO RESÍDUOS DE ATERRO SANITÁRIO

*Rafael Pascoal Ramalho, Thais Sanches Vicchiarelli, José Ricardo Abalde Guede*

UNIVAP/FEAU - Engenharia Elétrica, Av. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, CEP 12244-000  
São José dos Campos – SP  
ramalho\_rafael@terra.com.br, vicchiarelli@hotmail.com, abalde@univap.br

**Resumo** – Este artigo desenvolve um estudo que estima a geração de energia renovável, utilizando o biogás como meio de tratamento de resíduos sólidos urbanos depositados em aterros sanitários. A captura do biogás em aterro sanitário será determinante na avaliação de seu potencial e viabilidade como projeto, onde serão estudados os custos e a captura do gás metano para a geração de energia no qual proporciona maior vida útil do aterro sanitário, evitando o gasto com transporte para tratamento do lixo em outros locais, contribuindo para diminuição de emissões de gases com influência do efeito estufa. Deste modo, a captação desses gases no aterro representará uma ação concreta de proteção ao meio ambiente e como consequência, a comercialização de créditos de carbono.

**Palavras chave:** Biogás, aterro sanitário, energia renovável.

**Área do Conhecimento:** Engenharia

### Introdução

A preocupação com a alteração do clima do planeta e o atual Tratado de Quioto vem fazendo com que haja interesse em várias outras fontes renováveis de energias, não poluentes e inesgotáveis, pressionando a tomada de ações para o desenvolvimento sustentável. O biogás por sua vez é um desses recursos, que consiste num tipo de mistura gasosa de dióxido de carbono e metano produzidos naturalmente em meio anaeróbico pela ação de bactérias em matérias orgânicas, que são fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez. O Biogás gerado nos aterros sanitários é composto basicamente pelos seguintes gases: metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), oxigênio (O<sub>2</sub>) e gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S). O gás metano gerado em aterros, quando não devidamente controlado, seja por meio de sistemas de coleta e aproveitamento, seja pela queima em flares, contribui para o agravamento do efeito estufa, indicando que este representa não somente uma preocupação com a integridade da região onde é gerado, como também está ligada às questões ambientais globais.

Após dispostos nos aterros sanitários, os resíduos sólidos urbanos, que contêm significativa parcela de matéria orgânica biodegradável, passam por um processo de fermentação. O biogás pode ser produzido artificialmente com o uso de um equipamento chamado biodigestor anaeróbico, trata-se basicamente, de uma câmara

fechada onde a biomassa é fermentada anaerobicamente, e o biogás resultante é canalizado para ser empregado nos mais diversos fins.

Equivalência energética de um metro cúbico (1 m<sup>3</sup>) de biogás:

- 1,5 m de gás de cozinha;
- 0,52 a 0,6 litros de gasolina;
- 0,9 litros de álcool;
- 1,43 kWh de eletricidade;
- 2,7 kg de lenha (madeira queimada).

O efluente (o líquido que sai do biodigestor após o período de tempo necessário à digestão da matéria orgânica pelas bactérias) possui propriedades fertilizantes. Além de água, o líquido efluente, conhecido como biofertilizante, apresenta elementos químicos como nitrogênio, fósforo e potássio em quantidades e formas químicas tais que podem ser usados diretamente na adubação de espécies vegetais através de fertirrigação.

### Metodologia

O aquecimento global é uma consequência das alterações climáticas ocorridas no planeta. Diversas pesquisas confirmam o aumento da temperatura média global. Conforme cientistas do Painel Intergovernamental em Mudança do Clima (IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), o século XX foi o mais quente dos últimos cinco, com aumento de temperatura média entre 0,3°C e 0,6°C. Esse aumento pode parecer insignificante, mas é

suficiente para modificar todo clima de uma região e afetar profundamente a biodiversidade, desencadeando vários desastres ambientais.

No entanto, as principais atribuições para o aquecimento global são relacionadas às atividades humanas, que intensificam o efeito estufa através do aumento na queima de gases de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural. A queima dessas substâncias produz gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CO<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que retêm o calor proveniente das radiações solares, como se funcionassem como o vidro de uma estufa de plantas, esse processo causa o aumento da temperatura. Outros fatores que contribuem de forma significativa para as alterações climáticas são os desmatamentos e a constante impermeabilização do solo.

Muitas pessoas utilizam indistintamente os termos “Efeito Estufa”, “Aquecimento Global” e “Mudanças Climáticas”, que embora estejam relacionados entre si, significam coisas diferentes. O efeito estufa é um fenômeno natural e necessário, pelo qual parte do calor emitido pela superfície da Terra, em decorrência da incidência dos raios solares, fica retido nas camadas baixas da atmosfera, conservando uma faixa de temperatura adequada para manutenção da vida no planeta.



Figura 1- Explicação do efeito estufa.

O aquecimento global é o resultado da intensificação do efeito estufa natural ocasionado pelo significativo aumento das concentrações de “gases do efeito estufa” (GEE) na atmosfera, ou seja, gases que absorvem parte do calor que deveria ser dissipado, provocando aumento da temperatura média do planeta.

Para que os países mais poluidores do mundo se comprometessem a diminuir e compensar suas emissões de poluentes a médio e longo prazo foi criado o Protocolo de Quioto; este é um tratado ambiental que tem como objetivo firmar acordos e discussões internacionais para

conjuntamente estabelecer metas de redução na emissão de gases-estufa na atmosfera, principalmente por parte dos países industrializados, além de criar formas de desenvolvimento de maneira menos impactante àqueles países em pleno desenvolvimento, também tem como foco estabilizar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera e assim reduzir o aquecimento global e seus possíveis impactos. É considerado o tratado sobre meio ambiente de maior importância lançado até hoje.

As metas de redução de gases não são homogêneas a todos os países, colocando níveis diferenciados de redução para os 38 países que mais emitem gases, o protocolo prevê ainda a diminuição da emissão de gases dos países que compõe a União Européia em 8%, já os Estados Unidos em 7% e Japão em 6%. Países em franco desenvolvimento como Brasil, México, Argentina, Índia e principalmente a China, não receberam metas de redução, pelo menos momentaneamente.



Figura 2- Principais países emissores de CO<sub>2</sub>.

O comércio de emissões consiste em permitir que países comprem e vendam cotas de emissões de gás carbônico. Dessa forma, países que poluem muito podem comprar “créditos” não usados por aqueles que geram pouca poluição. Os créditos de carbono são uma espécie de moeda que se pode obter em negociações internacionais por países que ainda desconsideram o efeito estufa e o aquecimento global. Esses são adquiridos por países que tem um índice de emissão de CO<sub>2</sub> reduzidos, através desses fecham negociações com países poluidores. A quantidade de créditos de carbono recebida varia de acordo com a quantidade de emissão de carbono reduzida. Para cada tonelada reduzida de carbono o país recebe um crédito, o que também

vale para a redução do metano, só que neste caso o país recebe cerca de vinte e um créditos.

Um dos mecanismos a que os países desenvolvidos podem recorrer para cumprir a meta é comprar os chamados créditos de carbono de países que diminuíram suas emissões. Assim, uma empresa brasileira, por exemplo, pode desenvolver um projeto para reduzir as emissões de suas indústrias. Esse projeto passa pela avaliação de órgãos internacionais e, se for aprovado, é elegível para gerar créditos. Nesse caso, a cada tonelada de CO<sub>2</sub> que deixou de ser emitida, a empresa ganha um crédito, que pode ser negociado diretamente com as empresas ou por meio da bolsa de valores. Porém, os países só podem usar esses créditos para suprir apenas uma pequena parte de suas metas. Mesmo com essa restrição, o mercado de crédito de carbono está em pleno desenvolvimento, principalmente por causa do chamado mercado voluntário. Nele, mesmo países que não precisam diminuir suas emissões ou que não assinaram o Protocolo de Quioto podem negociar créditos. Segundo um relatório divulgado por duas organizações americanas do setor de mercado ambiental, Ecosystem Marketplace e New Carbon Finance, em 2008 o mercado voluntário de carbono movimentou 705 milhões de dólares, por um preço médio de 7,34 dólares por crédito de carbono. O Brasil é um dos países que mais formulam projetos que geram créditos de carbono e que a expansão desse mercado é inevitável.

A energia renovável, combinada ao uso racional e eficiente de energia, será capaz de suprir metade da demanda energética global até 2050. O relatório, "revolução energética – Perspectivas para uma energia global sustentável", conclui que a redução das emissões globais de CO<sub>2</sub> em até 50% nos próximos 40 anos é economicamente viável, e que a adoção maciça de fontes de energia renovável também é tecnicamente possível.

A biomassa aparenta ser a maior e a mais sustentável fonte de energia alternativa renovável, composta por 220 bilhões de toneladas de matéria seca anual (aproximadamente 4.500 EJ), pronta para uso energético (Hall & Rao, 1999). Outros autores reduzem o potencial efetivamente sustentável para cerca de 3.000 EJ, donde o valor médio observado nos cenários (270 EJ) é apenas marginal e constitui o que pode ser prontamente aproveitado, com custos competitivos, considerando as barreiras culturais e de portabilidade da energia.

As energias alternativas renováveis têm o potencial técnico de atender grande parte da demanda incremental de energia do mundo, independente da origem da demanda (eletricidade, aquecimento ou transporte). Há três aspectos

importantes a salientar: a viabilidade econômica, a sustentabilidade de cada fonte e a disponibilidade de recursos renováveis para geração de energia, que variam entre as diferentes regiões do globo.

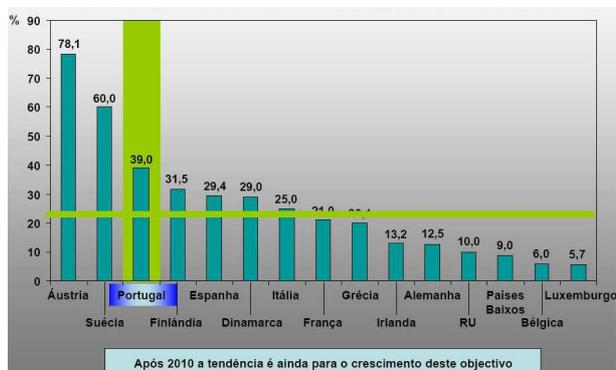


Figura 3- Metas para a percentagem de eletricidade produzida a partir de energias renováveis em 2010.

No Estado de São Paulo são produzidos cerca de 30 mil toneladas diárias de resíduos sólidos domiciliares. A falta de tratamento ou a disposição final precária desses resíduos podem causar problemas envolvendo aspectos sanitários, ambientais e sociais, tais como a disseminação de doenças, a contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, a poluição do ar pelo gás metano, e o favorecimento da presença de catadores.

O Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, publicado pela CETESB desde 1997 e atualizado anualmente, mostra uma melhora das condições de disposição final dos resíduos dos 645 municípios do estado. A evolução dos índices de qualidade de disposição dos resíduos está ilustrada no gráfico e nos mapas a seguir.

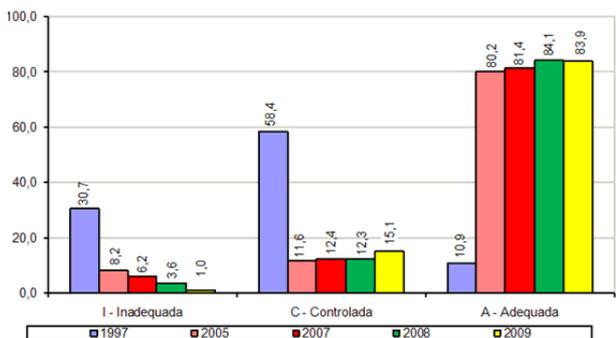
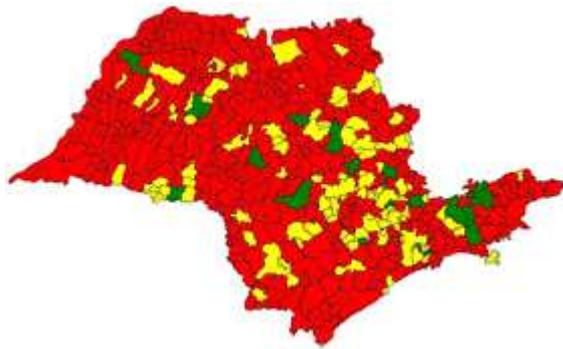


Figura 4- Situação da disposição final dos resíduos domiciliares dos municípios do Estado nos anos 1997, 2005, 2007, 2008 e 2009.



2009



■ Inadequado ■ Controlado ■ Adequado

Figura 5- IQR - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo.

O lixão, aterro controlado e aterro sanitário têm as seguintes diferenças: Um lixão é uma área de disposição final de resíduos sólidos sem nenhuma preparação anterior do solo. Não tem nenhum sistema de tratamento de efluentes líquidos - o chorume (líquido preto que escorre do lixo). Este penetra pela terra levando substâncias contaminantes para o solo e para o lençol freático. No lixão o lixo fica exposto sem nenhum procedimento que evite as conseqüências ambientais e sociais negativas.

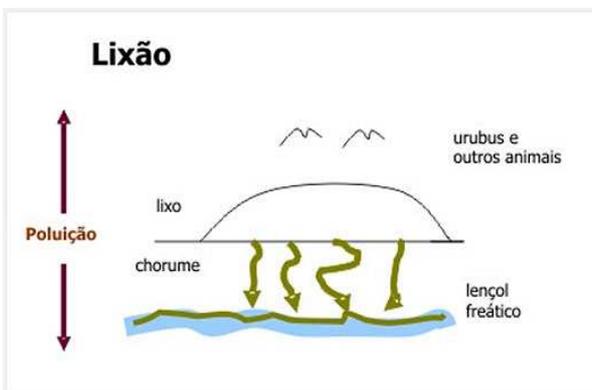


Figura 6- Exemplo da disposição de um lixão.

Já o aterro controlado é uma fase intermediária entre o lixão e o aterro sanitário. Normalmente é uma célula adjacente ao lixão que foi remediado, ou seja, que recebeu cobertura de argila, e grama (idealmente selado com manta impermeável para proteger a pilha da água de chuva) e captação de chorume e gás. Esta célula adjacente é preparada para receber resíduos com uma impermeabilização com manta e tem uma operação que procura dar conta dos impactos negativos tais como a cobertura diária da pilha de lixo com terra ou outro material disponível como forração ou saibro. Tem também recirculação do chorume que é coletado e levado para cima da pilha de lixo, diminuindo a sua absorção pela terra ou eventualmente outro tipo de tratamento para o chorume como uma estação de tratamento para este efluente.

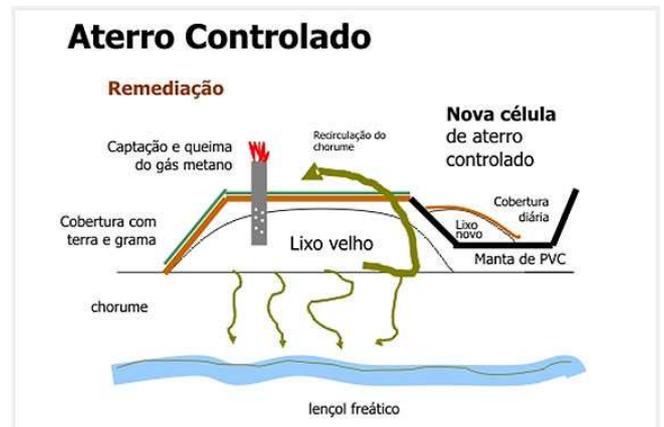


Figura 7- Exemplo da disposição de um aterro controlado.

Mas a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos é o aterro sanitário que antes de iniciar a disposição do lixo teve o terreno preparado previamente com o nivelamento de terra e com o selamento da base com argila e mantas de PVC, esta extremamente resistente. Desta forma, com essa impermeabilização do solo, o lençol freático não será contaminado pelo chorume. Este é coletado através de drenos, encaminhados para o poço de acumulação de onde, nos seis primeiros meses de operação é recirculado sobre a massa de lixo aterrada. Depois desses seis meses, quando a vazão e os parâmetros já são adequados para tratamento, o chorume acumulado será encaminhado para a estação de tratamento de efluentes. A operação do aterro sanitário, assim como a do aterro controlado prevê a cobertura diária do lixo, não ocorrendo à proliferação de vetores, mau cheiro e poluição visual.

**Aterro Sanitário**



Figura 8- Exemplo da disposição de um aterro sanitário.

O biogás, por conter um elevado teor de metano (CH<sub>4</sub>), possui diversas aplicações de caráter energético. Embora sua principal aplicação seja como combustível em um motor de combustão interna a gás, também se destaca o tratamento de chorume.

A iluminação a gás tem como princípio de funcionamento um sistema em que a iluminação acontece com a queima direta do biogás. A necessidade da quantidade de postes e de pontos luminosos de cada poste depende do espaço disponível para instalá-lo e da quantidade de biogás disponível para ser queimado.



Figura 9- Sistema de iluminação a gás. Fonte: CENBIO, 2007b.

Em São José dos Campos, interior de São Paulo, Urbanizadora Municipal S.A.(URBAM) é responsável pelo sistema de coleta de lixo e todo o processo de tratamento e disposição final destes resíduos na ETRS - Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos, que compreende o Centro de Triagem de recicláveis e o Aterro Sanitário.

A central de Biogás da URBAM funciona da seguinte maneira: O biogás é captado por uma

rede de drenos subterrâneos que se estendem por cerca 5 km em toda a área do aterro e são direcionados à central, onde ocorre o tratamento através da “queima enclausurada” em um flare, à temperatura aproximada de 600 graus, que funciona de forma ininterrupta. A alta eficiência deste sistema elimina 98% do gás captado. A tecnologia da Central inclui:

- Drenos verticais no lixo para extração do biogás do aterro sanitário
- Tubos horizontais para coleta do biogás do aterro sanitário com drenagem dos condensados provenientes da extração;
- Filtragem de gás e sistema de retenção de partículas por onde passa o sistema de coleta para evitar quantidade excessiva de líquidos no soprador, sensores e queimador;
- Sistema de extração do biogás (Booster) do Aterro Sanitário;
- Sistema de sensores para medição de temperatura, pressão, vazão, qualidade do Metano, oxigênio na pré queima e metano e oxigênio na pós queima.
- Queimador enclausurado de biogás (flare);
- Sistema automático de controle e ajustes no sistema de queima: velocidade, pressões de admissão e escape do soprador, temperatura do biogás, controle de O<sub>2</sub>, medição de vazão em Nm<sup>3</sup>, etc. bem como sistema de alarme e segurança para caso de falência (falta de energia, índice excessivo de O<sub>2</sub>, etc.);
- Sistema de análise de emissões pós queima com controle do CH<sub>4</sub> e O<sub>2</sub>.
- Sistema automático de monitoramento por controle remoto à distância.
- Banco de dados com registro contínuo a cada 2 minutos para atendimento aos requisitos de projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

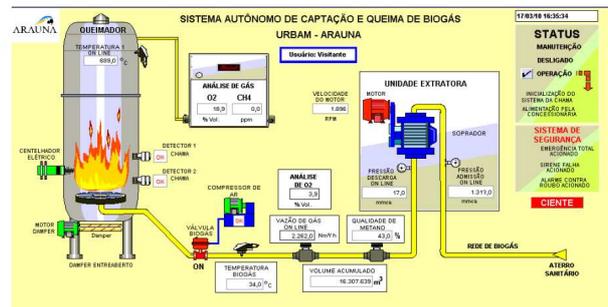


Figura 10- Sistema autônomo de captação e queima de biogás. Fonte: URBAM – ARAUNA.

**Resultados**

**Vantagens**

- Além da queima do biogás e conseqüente transformação do metano em dióxido de carbono,

há possibilidade de obtenção e comercialização dos créditos de carbono, proporcionando receita adicional ao aterro;

- Economia em relação à energia proveniente da concessionária

#### Desvantagens

- Apesar de apresentar tecnologia nacional disponível, a mesma ainda está em fase de ajustes e adequações, sendo que os sistemas já instalados apresentam falhas operacionais e defeitos constantes;
- O sistema possui alto custo de investimento.

#### Exemplo de aplicabilidade

Em setembro de 2008 a URBAM deu início às operações da Central de Tratamento do Biogás no Aterro Sanitário de São José dos Campos. A partir da operação desta Central a maior parte do gás gerado pela decomposição do lixo será captado, queimado e eliminado, deixando de poluir a atmosfera.

Com base em estimativas para o período de 2008 a 2014: a cidade deixará de lançar 820 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes na Atmosfera. Para se ter uma idéia, isso equivale à poluição gerada por toda a frota de automóveis de São José dos Campos (177 mil veículos), durante 38 meses.

#### Discussão

A captação de gases no Aterro de São José dos Campos – SP, além de representar uma ação concreta de proteção ao meio ambiente vai trazer recursos financeiros para o município.

Até março de 2010, temos um acumulado de 16.307.639 Nm<sup>3</sup> de Biogás com uma média de gás Metano de 45 % destruídos pela Central de Biogás, que correspondem a aproximadamente a 102.000 ton de CO<sub>2</sub> equivalentes ou Créditos de Carbono para comercialização.

O projeto atual prevê a instalação de 120 poços ou drenos de biogás, dos quais temos:

- 85 poços operantes;
- 10 poços instalados (aguardando interligação à rede);
- 25 poços a instalar.

A produção atual é 2.300 Nm<sup>3</sup>/h de destruição de Biogás. O CH<sub>4</sub> (Metano) é em média 45% do Biogás gerado no aterro (vide tela do queimador).

O estudo para geração de energia elétrica a partir do biogás está em fase avançada. Há uma estimativa para geração de 4,7 MWh na fase de pico de produção do biogás. Acredita-se que estará funcionando em até 12 meses.

#### Conclusão

Em tempos de aquecimento global, quando todos estão tentando fazer a sua parte para reduzir o impacto das atividades humanas sobre os recursos do Planeta, a redução das emissões de metano, um poderoso gás causador de efeito estufa, tem ainda vantagens do ponto de vista do desenvolvimento sustentável local, melhorando as condições de saneamento e qualidade de vida nas cidades.

O biogás é um combustível com todas as condições técnicas e econômicas para ser explorado no Brasil. Está inserido no programa do governo de incentivo às fontes alternativas de energia (PROINFA), segundo o qual o biogás se viabiliza com um preço de cerca de 170 R\$/MWh e com os créditos de carbono (do Protocolo de Quioto), essenciais para os investidores e para a viabilização de projetos de UTE a biogás em aterros.

#### Referências

- Barrera, Paulo. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone, 1993.
- Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em [http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/livro\\_biogas/livrobiogas.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/livro_biogas/livrobiogas.pdf). Acesso em 29 mar 2010.
- Vanzin, E. Procedimento para análise da viabilidade econômica do uso de biogás de aterros para geração de energia elétrica: aplicação no aterro Santa Tecla. 2006. 93f. Dissertação (Mestre em Engenharia)-Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, 2006.
- Angonese, R. A. et al. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.3, p.745–750, 2006.
- DUARTE, A. C; BRAGA, M. C. B. Recuperação de biogás em aterros sanitários. In: Saneamento Ambiental - Em defesa do Saneamento e Meio Ambiente, 138, p 32-35. 2008.
- FIGUEIREDO, N. J. V. Utilização do biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás – estudo de caso. 90p. Trabalho de Graduação interdisciplinar para a obtenção do grau (Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2007. 90p.