



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

VINICIUS ALEXANDRE XAVIER

BIOMASSA – UMA NOVA ALTERNATIVA NACIONAL

2012

Assis - SP

VINICIUS ALEXANDRE XAVIER

BIOMASSA – UMA NOVA ALTERNATIVA NACIONAL.

Projeto de conclusão de curso de graduação em Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como exigência para obtenção do título de Químico Industrial.

Orientador: Dr. Idélcio Nogueira da Silva

Área de Concentração: Química Industrial

ASSIS - SP

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

XAVIER, Vinicius Alexandre

Biomassa – Uma Nova Alternativa Nacional / Vinicius Alexandre Xavier. Fundação educacional do Município de Assis - FEMA – Assis, 2012

56p.

Orientador: Dr. Idélcio Nogueira da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1.Biomassa. 2. Energia

CDD: 660

Biblioteca da FEMA

BIOMASSA – UMA NOVA ALTERNATIVA NACIONAL.

VINICIUS ALEXANDRE XAVIER

Trabalho de Conclusão de Curso
Apresentado ao Instituto Municipal de Ensino
Superior de Assis, como Requisito do Curso
de Graduação, analisado pela seguinte
comissão examinadora:

Orientador: Dr. Idécio Nogueira da Silva

Analisador: Elaine Amorim Soares Menegon

ASSIS - SP

2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com todas as horas a senhora Maria Luiza, que além de mãe minha grande mestra, minha guia e melhor amiga.

AGRADECIMENTOS

Principalmente a minha namorada e futura esposa companheira de todas as horas.

A minha mãe que sempre foi meu ponto de apoio.

Aos meus irmãos e seus familiares pelo exemplo e pela confiança, e aos meus sobrinhos que sempre trouxeram alegria para mim.

Em especial, meu Orientador, Ms e Dr. Idécio Nogueira da Silva, por todo incentivo e confiança.

Aos meus amigos e colegas que sempre estiveram comigo.

A todos que, participaram direta ou indiretamente do caminho que percorri ate aqui.

Agradeço a DEUS, por estar sempre ao meu lado, por mais que não tive muito tempo para ele, mais sempre estive comigo.

RESUMO

Este trabalho descreve uma análise técnico-econômica da utilização da gaseificação de biomassa acoplada a diferentes acionadores primários, como os motores alternativos de combustão interna, microturbinas a gás, Motores Stirling e células a combustível. A faixa de aplicação de geração de eletricidade varia entre 50kW e 3MW. E mostrado uma análise de sensibilidade com relação ao preço da biomassa, avaliando seu impacto no meio ambiente. Os resultados são apresentados em tabelas indicando o comportamento dos indicadores econômicos em função da variação dos custos de cada tipo de energia. A análise de sensibilidade mostrou que os parâmetros que mais influenciam a viabilidade do investimento são o custo específico da tecnologia e o preço da energia elétrica, assim, a biomassa por sua vez, é uma energia que utiliza restos de materiais orgânicos que são descartados na natureza, tendo custo baixo, não emitindo dióxido de enxofre, e suas cinzas são menos agressivas ao meio ambiente, sendo derivada de bagaço de cana de açúcar, é uma energia limpa, polui menos que qualquer outra, é derivada de uma planta que por sua vez realiza fotossíntese, assim adsorvendo CO₂.

Palavras Chave: Biomassa; Energia

ABSTRACT

This paper describes a technical and economic analysis of the use of biomass gasification coupled to different primary triggers, such as reciprocating internal combustion engines, gas microturbines, Stirling engines and fuel cells. The application range of electricity generation varies between 50kW and 3MW. And indeed shown a sensitivity analysis with respect to the price of biomass, assessing their impact on the environment. The results are presented in tables indicating the behavior of economic indicators due to the variation in the costs of each type of energy. The sensitivity analysis showed that the parameters that most influence the viability of the investment are the specific cost of the technology and the price of electricity, so the biomass in turn, is an energy that uses remnants of organic materials that are discarded in nature, having low cost, not emitting sulfur dioxide, and their ashes are less harmful to the environment, being derived from sugar cane bagasse, is a clean energy, pollutes less than any other, is derived from a plant which in turn performs photosynthesis, thereby adsorbing CO₂.

Keywords: Biomass, Energy

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Ciclo da Energia	15
FIGURA 2 - Energia Fosséis (petróleo)	17
FIGURA 3 - Energia Nuclear	18
FIGURA 4 - Energias Renováveis	19
FIGURA 5 - Energia Hidráulica	20
FIGURA 6 - Energia Solar	21
FIGURA 7 - Energia Eólica	22
FIGURA 8. Energia Geotérmica	23
FIGURA 9. Energia Maremotriz	24
FIGURA 10. Energia de Hidrogênio	25
FIGURA 11. Ranking Internacional de Emissões de GEE em 2010	28
FIGURA 12. Estrutura da Celulose, Hemicelulose e Lignina	36
FIGURA 13. Sistema de Gaseificação	40
FIGURA 14. Reações Químicas de cada etapa do Sistema de Gaseificação	41
FIGURA 15. Reações Químicas do processo de Gaseificação	42
FIGURA 16. Aplicação do gás produzido a partir da gaseificação da biomassa	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Custo total mínimo e máximo estimado de energia elétrica para diversas fontes de energia	35
TABELA 2 – Custo de produção de eletricidade por tipo de fonte de energia (σ_{7E})	37
TABELA 3 – Dados reunidos sobre os coeficientes de impacto das fontes energéticas para σ_{6E-1}	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
C_{\max}	Custo Minimo
C_{\min}	Custo Maximo
EUA	Estados Unidos da America
GEE	Gases de Efeito Estufa
Km	Kilometros
MWh	Megawatt-hora
ONU	Organização das Nações Unidas
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PNE	Plano Nacional de Energia
R\$	Reais
TWh	Terawatt-hora
US\$	Dólar
XVI	Século dezesseis

LISTA DE SÍMBOLOS

- (σ_{1E}) Coeficiente de intensidade de emissões totais de CO₂ equivalente
- (σ_{2E}) Coeficiente de intensidade de área imobilizada
- (σ_{3E}) Coeficiente de massa de combustível anual requerido para geração elétrica por diferentes plantas de 1.000 Mwe
- (σ_{4E}) Coeficiente de requerimento de água total a cadeia de geração de eletricidade
- (σ_{5E}) Coeficiente de intensidade de morbidade ou doenças graves causadas pela poluição oriunda da geração elétrica
- (σ_{6E}) Coeficiente de intensidade de fatalidade causada pela geração de eletricidade
- (σ_{7E}) Coeficiente de custo direto total médio estimado para geração de energia elétrica
- (σ_{8E}) Coeficiente de ineficiência energética e operacional na geração de eletricidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FONTES DE ENERGIA	15
2.1. ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	16
2.1.1. Combustíveis Fósseis	16
2.1.2. Energia Nuclear	17
2.2. ENERGIA RENOVÁVEL	18
2.2.1. Energia Hidráulica	19
2.2.2. Energia Solar	20
2.2.3. Energia Eólica	21
2.2.4. Energia Geotérmica	22
2.2.5. Energia Maremotriz	23
2.2.6. Energia Do Hidrogênio	24
3. AQUECIMENTO GLOBAL	26
3.1. EFEITO ESTUFA	26
3.2. EFEITO ESTUFA PREJUDICIAL	26
3.3. CONSEQUÊNCIAS DO AQUECIMENTO	28
4. SUSTENTABILIDADE NACIONAL	30
5. HISTÓRIA DA CANA DE AÇÚCAR	31
6. BIOMASSA	33
7. ENERGIA DE BIOMASSA	35
7.1. GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA	39
7.2. APLICAÇÃO DOS GÁSES	43
7.2.1. Motor de Combustão Interna	44
7.2.2. Célula Combustível	44
7.2.3. Motor Stirling	45
7.2.4. Turbina a Gás	45
8. SETOR ELETRICO BRASILEIRO	46
9. SETOR SUCROALCOOLEIRO	48
10. CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

Energias que são extraídas da natureza são chamadas de energia primária, essas energias são divididas em duas partes, não renováveis, que correm o risco de se esgotar por serem utilizadas as matérias primas em velocidade maior do que o tempo necessário para a sua formação, e as energias renováveis, que usam como matéria prima, elementos renováveis para a natureza (GUADAGNINI 2006).

As energias não renováveis além de terem seus estoques chegando ao fim, são grandes poluidoras, e ocasionam o aquecimento global, alterando características climáticas do planeta, afetando assim por sua vez a vida da população (BALDO 2006).

Isso ocasionou a necessidade de buscar alternativas economicamente viáveis, ocasionando a procura de fontes de energia renováveis e com características ecológicas corretas, estas energias estão ganhando grande espaço em escala mundial, uma das principais fontes de energia é a biomassa, que é derivada da queima de produtos orgânicos (BALDO 2006).

A biomassa por sua vez, é uma energia que utiliza restos de materiais orgânicos que são descartados na natureza, tendo seu custo baixo, não emitindo dióxido de enxofre, as suas cinzas são menos agressivas ao meio ambiente, seus recursos são renováveis e contribuem a diminuição do efeito estufa (www.pt.wikipedia.org 2012).

O objetivo desse trabalho é mostrar que a energia de biomassa derivada de bagaço de cana de açúcar, é uma alternativa viável, que poderá suprir as necessidades na produção de energia e assim ajudando o meio ambiente.

2. FONTES DE ENERGIA

Todo ser humano sempre necessitou de energia para executar diversas atividades. A primeira fonte de energia foi o fogo, que tinha função principal de aquecimento. O homem também necessitava de energia para conseguir executar diversas atividades com na lavoura, e acabou utilizando desde a força animal até as máquinas mais modernas que existem hoje. Portanto a energia sempre foi importante para a sobrevivência humana, e com os avanços tecnológicos atuais, a necessidade de se obter mais energia é muito grande (CESARETTI,2010).

Os tipos de energias podem ser divididas em dois grupos principais: que são as renováveis e as temporárias que são mais conhecidas como não renováveis (CASTRO 2008).

A Figura 1 mostra as fontes de energias disponíveis e suas utilidades (CASTRO 2008).

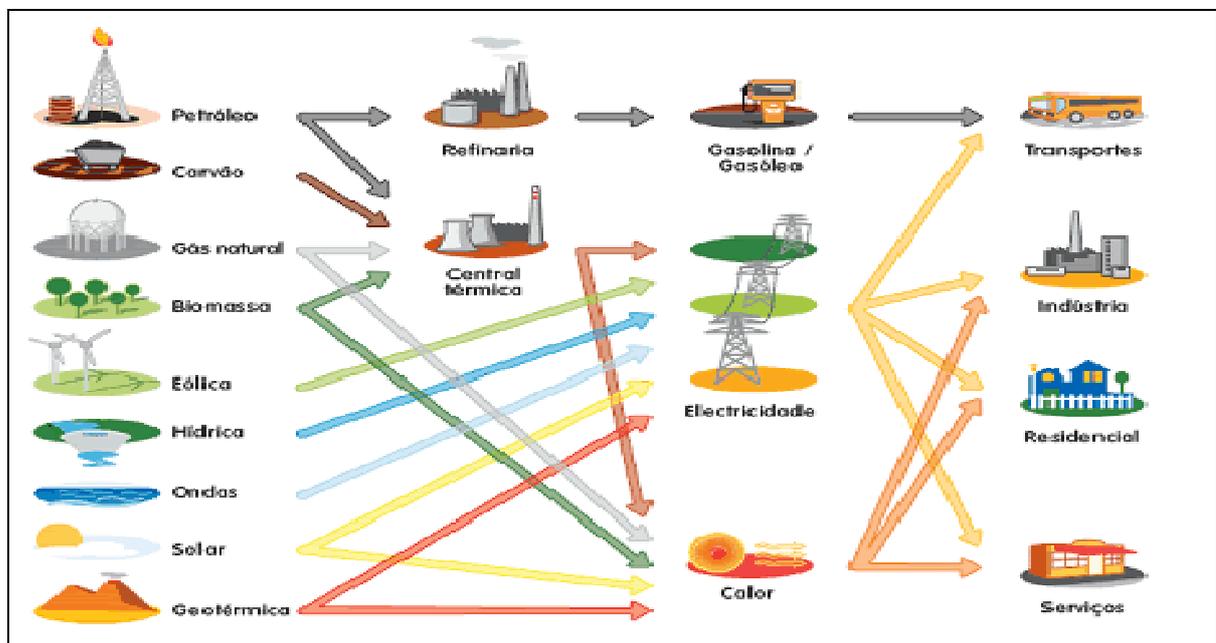


Figura 1. Ciclo da Energia (In: www.patriciaeducadora.blogspot.com).

2.1 ENERGIA NÃO RENOVÁVEL

Os combustíveis fósseis são fontes não renováveis de energia, porque o seu consumo é tão alto que não é possível repor os seus estoques a tempo, portanto existe uma grande preocupação com estas fontes de energia, além de ser uma grande poluidora, a sua utilização vai se tornar economicamente inviável, devido ao fato de existir um conceito capitalista conhecido como oferta e procura, portanto resultara num aumento considerável no seu custo (BALDO 2006).

As principais fontes de energia não renováveis são, a energia nuclear e os combustíveis fósseis, como o petróleo, gás natural e o carvão (ROCHA 2003).

2.1.1 Combustíveis Fósseis

Combustíveis fósseis podem ser utilizados na forma sólida como carvão, líquida como petróleo ou gasosa como gás natural. Segundo a teoria mais aceita, foram formados por acumulações de seres vivos que viveram há milhões de anos e que foram fossilizados formando carvão ou hidrocarboneto. No caso do carvão se trata de bosques e florestas nas zonas úmidas e, no caso do petróleo e do gás natural de grandes massas de plâncton acumuladas no fundo de bacias marinhas ou lacustres. Em ambos os casos, a matéria orgânica foi parcialmente decomposta, pela ação da temperatura pressão e certas bactérias, na ausência de oxigênio, de forma que foram armazenadas moléculas com ligações de alta energia (CASTRO 2008).

Os combustíveis fósseis demoraram milhões de anos para chegarem na condição atual de uso, isto significa que o consumo dos mesmos é mais rápido do que sua formação. Existem cálculos, que afirmam que o planeta pode fornecer energia derivada de petróleo por mais 40 anos e mais de 200 no caso do carvão, levando em consideração o consumo médio da última década, mas tem que ser levado em consideração que a cada ano que passa, o consumo destes materiais tende a aumentar se não for encontrado outras formas de energia, a Figura 2 mostra uma plataforma de petróleo localizada no território nacional (BALDO 2006).



Figura 2. Energia Fosseis (petróleo) (In: www.planetadasciencias.blogspot.com).

2.1.2 Energia Nuclear

Os núcleos atômicos de elementos pesados como o urânio, podem ser desintegrados através da fissão nuclear ou cisão nuclear e liberar energia radiante e cinética. Usinas termonucleares usam essa energia para produzir eletricidade utilizando turbinas a vapor. Uma consequência da atividade de produção deste tipo de energia, são os resíduos nucleares, que podem levar milhares de anos para perder a radioatividade (COELHO, 2010).

A reação nuclear é a modificação da composição do núcleo atômico de um elemento, podendo transformar-se em outro ou outros elementos. Esse processo ocorre espontaneamente em alguns elementos. O caso mais interessante é a possibilidade de provocar a reação mediante técnicas de bombardeamento de nêutrons ou outras partículas. Existem duas formas de reações nucleares: a fissão nuclear, onde o núcleo atômico subdivide-se em duas ou mais partículas; e a fusão

nuclear, na qual ao menos dois núcleos atômicos se unem para formar um novo núcleo, na Figura 3 é mostrada uma usina nuclear localizada no Japão (www.pt.wikipedia.org 2012).



Figura 3. Energia Nuclear (In: www.democraciapolitica.blogspot.com).

2.2 ENERGIA RENOVÁVEL

Combustíveis renováveis são combustíveis que usam como matéria prima elementos renováveis para a natureza como o sol, o vento, cana de açúcar que é utilizada para a fabricação do álcool e também de vários outros vegetais como a mamona utilizada para fabricação do biodiesel ou outros óleos vegetais que podem ser usados diretamente em motores diesel com algumas adaptações, a Figura 4 mostra fontes de energia renováveis, solar, eólica, ondas, geotérmica, biomassa, mini-hídricas, localizada em diversos locais (www.conexaogeografia.hdfree.com.br 2012).



Figura 4. Energias Renováveis (In: www.geosal2010.blogspot.com).

2.2.1 Energia Hidráulica

Energia hidroelétrica é a energia que se produz em barragens construídas em cursos de água. É encontrada sob a forma de energia cinética, sob diferenças temperaturas ou gradientes de salinidade e que pode ser aproveitada e utilizada. Por a água ser aproximadamente 800 vezes mais densa que o ar, requer um lento fluxo corrente de água, ou ondas de mar moderadas que podem produzir uma quantidade considerável de energia. O potencial da energia acumulada nas cachoeiras pode ser convertido em eletricidade. As centrais hidroelétricas aproveitam a energia dos rios para funcionar uma turbina que move um gerador elétrico (BALDO 2006).

A primeira hidrelétrica do mundo foi construída no final do século XIX – quando o carvão era o principal combustível e as pesquisas sobre petróleo ainda engatinhavam – junto às quedas d’água das Cataratas do Niágara. Existem dois tipos de reservatórios: acumulação e fio d’água. Os primeiros, geralmente localizados na cabeceira dos rios, em locais de altas quedas d’água, dado o seu grande porte permitem o acúmulo de grande quantidade de água e funcionam como

estoques a serem utilizados em períodos de estiagem, a Figura 5 mostra uma das usinas hidroelétricas (Itaipu) que existe em nosso país, localizada em Foz do Iguaçu (www.aneel.gov.br 2012).



Figura 5. Energia Hidráulica (In: www.revistacanine.blogspot.com).

2.2.2. Energia Solar

Energia solar é aquela obtida através da radiação solar. O sol é uma fonte de vida que dá origem à maioria das outras formas de energia na Terra. A cada ano a radiação solar trazida para a Terra leva energia equivalente a milhares de vezes a quantidade de energia consumida pela humanidade. Escolhendo uma boa radiação solar, esta pode ser transformada em outras formas de energia, como calor ou eletricidade, usando painéis solares (BALDO 2006).

O método de captura da energia solar classifica-se em direto, que significa que há apenas uma transformação para fazer da energia solar um tipo de energia utilizável pelo homem, como exemplo, a energia solar atinge uma célula fotovoltaica criando eletricidade. A energia solar atinge uma superfície escura e é

transformada em calor, que aquecerá uma quantidade de água. E indireto significa que precisará haver mais de uma transformação para que surja energia utilizável, um exemplo é o sistema que controlam automaticamente cortinas, de acordo com a disponibilidade de luz do Sol. Também se classificam em passivos que são geralmente diretos, apesar de envolverem fluxos em convecção, que é tecnicamente uma conversão de calor em energia mecânica. E o sistema ativo que são sistemas que apelam ao auxílio de dispositivos elétricos, mecânicos ou químicos para aumentar a efetividade da coleta. Sistemas indiretos são quase sempre também ativos, a Figura 6 é uma usina de energia solar localizada na Espanha (GOMES, 2010).



Figura 6. Energia Solar (In: www.tocadacotia.com).

2.2.3. Energia Eólica

Energia eólica é obtida pela ação do vento, ou seja, através da utilização da energia cinética gerada pelas correntes aéreas. Ela tem sido utilizada desde a antiguidade para mover os barcos movidos por velas ou operação de máquinas para

movimentação das suas fabricas de pás, que por fim é considerada uma energia verde (GOMES, 2010).

A energia eólica pode ser considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota, é limpa e auxilia na diminuição do efeito estufa. Em países com uma malha hidrográfica pequena, a energia eólica passa a ter um papel fundamental já nos dias atuais, como talvez a única energia limpa e eficaz nesses locais, além da questão ambiental, as turbinas eólicas possuem a vantagem de poderem ser utilizadas tanto em conexão com redes elétricas como em lugares isolados, não sendo necessária a implementação de linhas de transmissão para alimentar certas regiões. A Figura 7 mostra moinhos de vento na utilização de energia eólica (Agencia Nacional de Energia Elétrica, 2012).



Figura 7. Energia Eólica (In: www.ecodebate.com.br).

2.2.4. Energia Geotérmica

Energia geotérmica é a energia do interior da terra, a geotermia consiste no aproveitamento de água quentes e vapores para a produção de eletricidade e calor. Parte do calor interno da terra (5.000°C) chega a crosta terrestre, em algumas áreas do planeta, próximo a superfície, as águas subterrâneas podem atingir temperaturas de ebulição, e dessa forma, servir para impulsionar turbinas para gerar eletricidade ou aquecimento, a Figura 8 mostra uma usina que tem por finalidade produzir energia a partir do calor da terra (JESUS, 2009).



Figura 8. Energia Geotérmica (In: www.pt.wikipedia.org).

2.2.5. Energia Maremotriz

Energia dos marés é a energia que se obtém a partir do movimento das ondas, a das marés ou da diferença de temperatura entre os níveis da água do mar. Ocorre devido a força gravitacional entre a lua e a terra e o sol, que causam a marés, ou seja, a diferença de altura média dos marés de acordo com a posição relativa entre estes três astros. Esta diferença de níveis dos marés pode ser explorada em locais estratégicos como os golfos, baías e estuários que utilizam turbinas hidráulicas na circulação natural da água, junto com os mecanismos de catalisação e de depósito,

para avançar sobre um eixo. Outra forma de extrair energia a partir da energia das ondas oceânicas são: energia produzida pelo movimento das ondas do oceano e de energia devido ao gradiente térmico, que faz uma diferença de temperatura entre as águas superficiais e profundas do oceano. Na Figura 9 e mostrado a produção de energia a partir dos movimentos das ondas (JESUS, 2009).



Figura 9. Energia Maremotriz (In: www.povoalternativa.blogs.sapo.pt).

2.2.6. Energia do Hidrogênio

Energia do hidrogênio é a energia que se obtém da combinação do hidrogênio com o oxigênio produzindo vapor de água e liberando energia que é convertida em eletricidade. Existem alguns veículos que são movidos a hidrogênio, na figura 10 e mostrado um veículo que utiliza a energia do hidrogênio (SALES, 2007).

O hidrogênio é extremamente inflamável. Quando misturado com oxigênio, forma uma mistura explosiva que se inflama com muita facilidade, desprendendo grande quantidade de calor. O hidrogênio pode ser empregado como combustível, com vantagem de não causar poluição, porque quando é queimado no ar produz

somente água. Seria a melhor fonte energética do mundo, se não fossem dois problemas ligados as suas técnicas de produção e fabricação. O primeiro é a eletrólise da água. Água, sob a ação de corrente contínua (eletricidade) se quebra, formando hidrogênio e oxigênio. O método gasta muita eletricidade e é caro, o outro é a decomposição da água, em presença de ácido clorídrico ou de água na forma de vapor super aquecido, por ferro metálico. Aí o gás é recolhido e facilmente comprimido e colocado em cilindros. O método é econômico, barato, mas os resíduos contem ferro ou ácido clorídrico que poluentes, portanto, a grande vantagem do hidrogênio não ser poluente é diminuída. Na Figura 10 é mostrado um veículo que utiliza a energia do hidrogênio (SALES, 2007).



Figura 10. Energia de Hidrogênio (In: www.7acei.blogspot.com).

3. AQUECIMENTO GLOBAL

O aumento na demanda de energia em escala mundial, acarreta no consumo de combustíveis fósseis, pois é a forma de gerar energia economicamente viável no momento. O mercado capitalista só se preocupa em como produzir com menor custo, e o carvão e o petróleo se enquadra como tecnologias baratas e imediatas (ROCHA 2003).

O consumo descontrolado e abusivo destes combustíveis está acarretando em problemas no ecossistema mundial, pois os mesmos têm grande influência na formação dos gases de efeito estufa (ROCHA 2003).

3.1 EFEITO ESTUFA

A radiação solar chega no planeta terra, ela atravessa a fina camada da atmosfera, reflete na superfície do planeta e retorna em forma de ondas de calor chamadas infravermelho, estas ondas vão para o espaço onde são dissipadas, mas parte delas reflete na atmosfera e volta para a terra, esse fenômeno é importante para a vida no planeta, pois é ele o responsável por manter a temperatura média ambiente (www.conexaogeografia.hdfree.com.br 2012).

3.2 EFEITO ESTUFA PREJUDICIAL

Devido a grande concentração dos gases com dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e perfluorcarbonetos (PFCs) e vapor de água (H_2O), na atmosfera, eles acabam acarretando numa reflexão maior de infravermelho na atmosfera, isto leva conseqüentemente ao aumento de temperatura no planeta, que leva a diversas perturbações no ecossistema (ROCHA 2003).

Mais de 250 anos de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e a destruição das florestas que absorvem o gás carbônico (CO_2), substituindo-as por

1. INTRODUÇÃO

Energias que são extraídas da natureza são chamadas de energia primária, essas energias são divididas em duas partes, não renováveis, que correm o risco de se esgotar por serem utilizadas as matérias primas em velocidade maior do que o tempo necessário para a sua formação, e as energias renováveis, que usam como matéria prima, elementos renováveis para a natureza (GUADAGNINI 2006).

As energias não renováveis além de terem seus estoques chegando ao fim, são grandes poluidoras, e ocasionam o aquecimento global, alterando características climáticas do planeta, afetando assim por sua vez a vida da população (BALDO 2006).

Isso ocasionou a necessidade de buscar alternativas economicamente viáveis, ocasionando a procura de fontes de energia renováveis e com características ecológicas corretas, estas energias estão ganhando grande espaço em escala mundial, uma das principais fontes de energia é a biomassa, que é derivada da queima de produtos orgânicos (BALDO 2006).

A biomassa por sua vez, é uma energia que utiliza restos de materiais orgânicos que são descartados na natureza, tendo seu custo baixo, não emitindo dióxido de enxofre, as suas cinzas são menos agressivas ao meio ambiente, seus recursos são renováveis e contribuem a diminuição do efeito estufa (www.pt.wikipedia.org 2012).

O objetivo desse trabalho é mostrar que a energia de biomassa derivada de bagaço de cana de açúcar, é uma alternativa viável, que poderá suprir as necessidades na produção de energia e assim ajudando o meio ambiente.

2. FONTES DE ENERGIA

Todo ser humano sempre necessitou de energia para executar diversas atividades. A primeira fonte de energia foi o fogo, que tinha função principal de aquecimento. O homem também necessitava de energia para conseguir executar diversas atividades com na lavoura, e acabou utilizando desde a força animal até as máquinas mais modernas que existem hoje. Portanto a energia sempre foi importante para a sobrevivência humana, e com os avanços tecnológicos atuais, a necessidade de se obter mais energia é muito grande (CESARETTI,2010).

Os tipos de energias podem ser divididas em dois grupos principais: que são as renováveis e as temporárias que são mais conhecidas como não renováveis (CASTRO 2008).

A Figura 1 mostra as fontes de energias disponíveis e suas utilidades (CASTRO 2008).

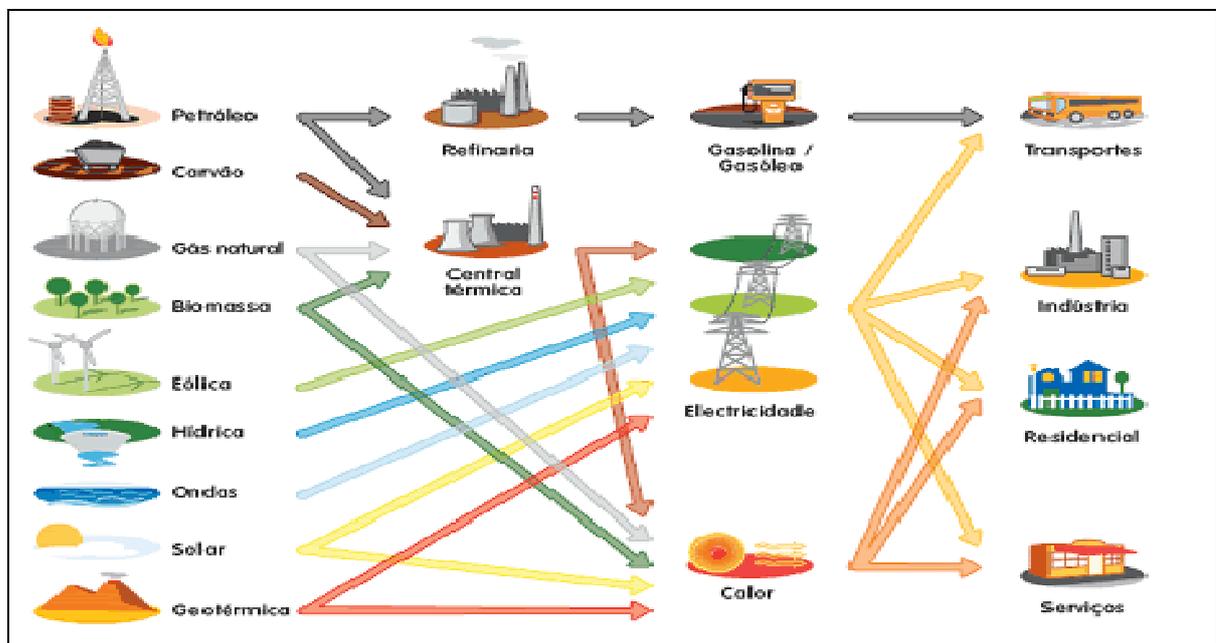


Figura 1. Ciclo da Energia (In: www.patriciaeducadora.blogspot.com).

2.1 ENERGIA NÃO RENOVÁVEL

Os combustíveis fósseis são fontes não renováveis de energia, porque o seu consumo é tão alto que não é possível repor os seus estoques a tempo, portanto existe uma grande preocupação com estas fontes de energia, além de ser uma grande poluidora, a sua utilização vai se tornar economicamente inviável, devido ao fato de existir um conceito capitalista conhecido como oferta e procura, portanto resultara num aumento considerável no seu custo (BALDO 2006).

As principais fontes de energia não renováveis são, a energia nuclear e os combustíveis fosseis, como o petróleo, gás natural e o carvão (ROCHA 2003).

2.1.1 Combustíveis Fósseis

Combustíveis fósseis podem ser utilizados na forma sólida como carvão, líquida como petróleo ou gasosa como gás natural. Segundo a teoria mais aceita, foram formados por acumulações de seres vivos que viveram há milhões de anos e que foram fossilizados formando carvão ou hidrocarboneto. No caso do carvão se trata de bosques e florestas nas zonas úmidas e, no caso do petróleo e do gás natural de grandes massas de plâncton acumuladas no fundo de bacias marinhas ou lacustres. Em ambos os casos, a matéria orgânica foi parcialmente decomposta, pela ação da temperatura pressão e certas bactérias, na ausência de oxigênio, de forma que foram armazenadas moléculas com ligações de alta energia (CASTRO 2008).

Os combustíveis fosseis demoraram milhões de anos para chegarem na condição atual de uso, isto significa que o consumo dos mesmos é mais rápido do que sua formação. Existem cálculos, que afirmam que o planeta pode fornecer energia derivada de petróleo por mais 40 anos e mais de 200 no caso do carvão, levando em consideração o consumo médio da última década, mas tem que ser levado em consideração que a cada ano que passa, o consumo destes materiais tende a aumentar se não for encontrado outras formas de energia, a Figura 2 mostra uma plataforma de petróleo localizada no território nacional (BALDO 2006).



Figura 2. Energia Fosseis (petróleo) (In: www.planetadasciencias.blogspot.com).

2.1.2 Energia Nuclear

Os núcleos atômicos de elementos pesados como o urânio, podem ser desintegrados através da fissão nuclear ou cisão nuclear e liberar energia radiante e cinética. Usinas termonucleares usam essa energia para produzir eletricidade utilizando turbinas a vapor. Uma consequência da atividade de produção deste tipo de energia, são os resíduos nucleares, que podem levar milhares de anos para perder a radioatividade (COELHO, 2010).

A reação nuclear é a modificação da composição do núcleo atômico de um elemento, podendo transformar-se em outro ou outros elementos. Esse processo ocorre espontaneamente em alguns elementos. O caso mais interessante é a possibilidade de provocar a reação mediante técnicas de bombardeamento de nêutrons ou outras partículas. Existem duas formas de reações nucleares: a fissão nuclear, onde o núcleo atômico subdivide-se em duas ou mais partículas; e a fusão

nuclear, na qual ao menos dois núcleos atômicos se unem para formar um novo núcleo, na Figura 3 é mostrada uma usina nuclear localizada no Japão (www.pt.wikipedia.org 2012).



Figura 3. Energia Nuclear (In: www.democraciapolitica.blogspot.com).

2.2 ENERGIA RENOVÁVEL

Combustíveis renováveis são combustíveis que usam como matéria prima elementos renováveis para a natureza como o sol, o vento, cana de açúcar que é utilizada para a fabricação do álcool e também de vários outros vegetais como a mamona utilizada para fabricação do biodiesel ou outros óleos vegetais que podem ser usados diretamente em motores diesel com algumas adaptações, a Figura 4 mostra fontes de energia renováveis, solar, eólica, ondas, geotérmica, biomassa, mini-hídricas, localizada em diversos locais (www.conexaogeografia.hdfree.com.br 2012).



Figura 4. Energias Renováveis (In: www.geosal2010.blogspot.com).

2.2.1 Energia Hidráulica

Energia hidroelétrica é a energia que se produz em barragens construídas em cursos de água. É encontrada sob a forma de energia cinética, sob diferenças temperaturas ou gradientes de salinidade e que pode ser aproveitada e utilizada. Por a água ser aproximadamente 800 vezes mais densa que o ar, requer um lento fluxo corrente de água, ou ondas de mar moderadas que podem produzir uma quantidade considerável de energia. O potencial da energia acumulada nas cachoeiras pode ser convertido em eletricidade. As centrais hidroelétricas aproveitam a energia dos rios para funcionar uma turbina que move um gerador elétrico (BALDO 2006).

A primeira hidrelétrica do mundo foi construída no final do século XIX – quando o carvão era o principal combustível e as pesquisas sobre petróleo ainda engatinhavam – junto às quedas d’água das Cataratas do Niágara. Existem dois tipos de reservatórios: acumulação e fio d’água. Os primeiros, geralmente localizados na cabeceira dos rios, em locais de altas quedas d’água, dado o seu grande porte permitem o acúmulo de grande quantidade de água e funcionam como

estoques a serem utilizados em períodos de estiagem, a Figura 5 mostra uma das usinas hidroelétricas (Itaipu) que existe em nosso país, localizada em Foz do Iguaçu (www.aneel.gov.br 2012).



Figura 5. Energia Hidráulica (In: www.revistacanine.blogspot.com).

2.2.2. Energia Solar

Energia solar é aquela obtida através da radiação solar. O sol é uma fonte de vida que dá origem à maioria das outras formas de energia na Terra. A cada ano a radiação solar trazida para a Terra leva energia equivalente a milhares de vezes a quantidade de energia consumida pela humanidade. Escolhendo uma boa radiação solar, esta pode ser transformada em outras formas de energia, como calor ou eletricidade, usando painéis solares (BALDO 2006).

O método de captura da energia solar classifica-se em direto, que significa que há apenas uma transformação para fazer da energia solar um tipo de energia utilizável pelo homem, como exemplo, a energia solar atinge uma célula fotovoltaica criando eletricidade. A energia solar atinge uma superfície escura e é

transformada em calor, que aquecerá uma quantidade de água. E indireto significa que precisará haver mais de uma transformação para que surja energia utilizável, um exemplo é o sistema que controlam automaticamente cortinas, de acordo com a disponibilidade de luz do Sol. Também se classificam em passivos que são geralmente diretos, apesar de envolverem fluxos em convecção, que é tecnicamente uma conversão de calor em energia mecânica. E o sistema ativo que são sistemas que apelam ao auxílio de dispositivos elétricos, mecânicos ou químicos para aumentar a efetividade da coleta. Sistemas indiretos são quase sempre também ativos, a Figura 6 é uma usina de energia solar localizada na Espanha (GOMES, 2010).



Figura 6. Energia Solar (In: www.tocadacotia.com).

2.2.3. Energia Eólica

Energia eólica é obtida pela ação do vento, ou seja, através da utilização da energia cinética gerada pelas correntes aéreas. Ela tem sido utilizada desde a antiguidade para mover os barcos movidos por velas ou operação de máquinas para

movimentação das suas fabricas de pás, que por fim é considerada uma energia verde (GOMES, 2010).

A energia eólica pode ser considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota, é limpa e auxilia na diminuição do efeito estufa. Em países com uma malha hidrográfica pequena, a energia eólica passa a ter um papel fundamental já nos dias atuais, como talvez a única energia limpa e eficaz nesses locais, além da questão ambiental, as turbinas eólicas possuem a vantagem de poderem ser utilizadas tanto em conexão com redes elétricas como em lugares isolados, não sendo necessária a implementação de linhas de transmissão para alimentar certas regiões. A Figura 7 mostra moinhos de vento na utilização de energia eólica (Agencia Nacional de Energia Elétrica, 2012).



Figura 7. Energia Eólica (In: www.ecodebate.com.br).

2.2.4. Energia Geotérmica

Energia geotérmica é a energia do interior da terra, a geotermia consiste no aproveitamento de água quentes e vapores para a produção de eletricidade e calor. Parte do calor interno da terra (5.000°C) chega a crosta terrestre, em algumas áreas do planeta, próximo a superfície, as águas subterrâneas podem atingir temperaturas de ebulição, e dessa forma, servir para impulsionar turbinas para gerar eletricidade ou aquecimento, a Figura 8 mostra uma usina que tem por finalidade produzir energia a partir do calor da terra (JESUS, 2009).



Figura 8. Energia Geotérmica (In: www.pt.wikipedia.org).

2.2.5. Energia Maremotriz

Energia dos marés é a energia que se obtém a partir do movimento das ondas, a das marés ou da diferença de temperatura entre os níveis da água do mar. Ocorre devido a força gravitacional entre a lua e a terra e o sol, que causam a marés, ou seja, a diferença de altura média dos marés de acordo com a posição relativa entre estes três astros. Esta diferença de níveis dos marés pode ser explorada em locais estratégicos como os golfos, baías e estuários que utilizam turbinas hidráulicas na circulação natural da água, junto com os mecanismos de catalisação e de depósito,

para avançar sobre um eixo. Outra forma de extrair energia a partir da energia das ondas oceânicas são: energia produzida pelo movimento das ondas do oceano e de energia devido ao gradiente térmico, que faz uma diferença de temperatura entre as águas superficiais e profundas do oceano. Na Figura 9 e mostrado a produção de energia a partir dos movimentos das ondas (JESUS, 2009).



Figura 9. Energia Maremotriz (In: www.povoalternativa.blogs.sapo.pt).

2.2.6. Energia do Hidrogênio

Energia do hidrogênio é a energia que se obtém da combinação do hidrogênio com o oxigênio produzindo vapor de água e liberando energia que é convertida em eletricidade. Existem alguns veículos que são movidos a hidrogênio, na figura 10 e mostrado um veículo que utiliza a energia do hidrogênio (SALES, 2007).

O hidrogênio é extremamente inflamável. Quando misturado com oxigênio, forma uma mistura explosiva que se inflama com muita facilidade, desprendendo grande quantidade de calor. O hidrogênio pode ser empregado como combustível, com vantagem de não causar poluição, porque quando é queimado no ar produz

somente água. Seria a melhor fonte energética do mundo, se não fossem dois problemas ligados as suas técnicas de produção e fabricação. O primeiro é a eletrólise da água. Água, sob a ação de corrente contínua (eletricidade) se quebra, formando hidrogênio e oxigênio. O método gasta muita eletricidade e é caro, o outro é a decomposição da água, em presença de ácido clorídrico ou de água na forma de vapor super aquecido, por ferro metálico. Aí o gás é recolhido e facilmente comprimido e colocado em cilindros. O método é econômico, barato, mas os resíduos contem ferro ou ácido clorídrico que poluentes, portanto, a grande vantagem do hidrogênio não ser poluente é diminuída. Na Figura 10 é mostrado um veículo que utiliza a energia do hidrogênio (SALES, 2007).



Figura 10. Energia de Hidrogênio (In: www.7acei.blogspot.com).

3. AQUECIMENTO GLOBAL

O aumento na demanda de energia em escala mundial, acarreta no consumo de combustíveis fósseis, pois é a forma de gerar energia economicamente viável no momento. O mercado capitalista só se preocupa em como produzir com menor custo, e o carvão e o petróleo se enquadra como tecnologias baratas e imediatas (ROCHA 2003).

O consumo descontrolado e abusivo destes combustíveis está acarretando em problemas no ecossistema mundial, pois os mesmos têm grande influência na formação dos gases de efeito estufa (ROCHA 2003).

3.1 EFEITO ESTUFA

A radiação solar chega no planeta terra, ela atravessa a fina camada da atmosfera, reflete na superfície do planeta e retorna em forma de ondas de calor chamadas infravermelho, estas ondas vão para o espaço onde são dissipadas, mas parte delas reflete na atmosfera e volta para a terra, esse fenômeno é importante para a vida no planeta, pois é ele o responsável por manter a temperatura média ambiente (www.conexaogeografia.hdfree.com.br 2012).

3.2 EFEITO ESTUFA PREJUDICIAL

Devido a grande concentração dos gases com dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e perfluorcarbonetos (PFCs) e vapor de água (H_2O), na atmosfera, eles acabam acarretando numa reflexão maior de infravermelho na atmosfera, isto leva conseqüentemente ao aumento de temperatura no planeta, que leva a diversas perturbações no ecossistema (ROCHA 2003).

Mais de 250 anos de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e a destruição das florestas que absorvem o gás carbônico (CO_2), substituindo-as por

intensivas pastagens, foi liberada uma grande quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera, assim ocasionando diversos problemas ambientais (SALES, 2007).

Alguns gases de efeito estufa ficam na atmosfera apenas por alguns dias, mais outros permanecem por anos, séculos e até milênios. Os gases de efeito estufa emitidos hoje seguirão provocando mudanças climáticas, em processo que não pode ser revertido de uma hora para outra (BALDO 2006).

O aquecimento provoca reações que aceleram o efeito estufa. Com altas temperaturas há mais evaporação e mais vapor de água na atmosfera, que também absorve o calor. O aquecimento também derrete o permafrost, que libera outros gases de efeito estufa, como o metano (SALES, 2007).

Com o crescimento econômico na média de 10% ao ano e grande dependência do carvão como principal fonte de energia a China tornou-se desde 2008 o maior emissor dos gases estufa, ultrapassando os EUA, no entanto se considerarmos as emissões per capita os EUA ainda são os maiores emissores. Os hábitos de consumo americano em nada cooperam para reduzir estes índices. Ao início do governo de Bush os EUA recusaram-se a assinar o protocolo de Kyoto, se os EUA tivessem aderido ao protocolo de Kyoto, hoje certamente já haveria uma adiantada mudança de consumo e certamente um maior desenvolvimento tecnológico em várias áreas como produção de energia limpas, com a menor emissão de CO₂ na sua produção. Na Figura 11 mostra o ranking internacional de emissores de GEE (MARCON, 2005).

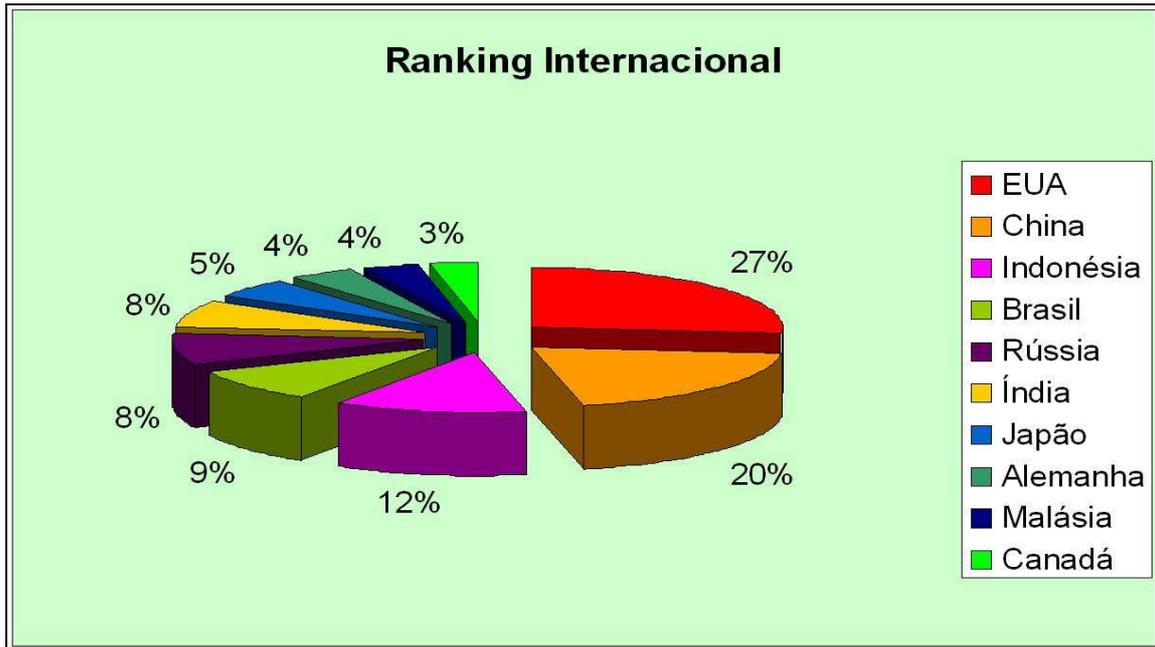


Figura 11 – Ranking Internacional de Emissões de GEE em 2010 (In: GOMES, 2010).

3.3 CONSEQUÊNCIAS DO AQUECIMENTO

Existem seis mudanças de grande proporção causadas pelo aquecimento. Estão ocorrendo agora e afetam não apenas o clima, mas perturbam a vida das pessoas e tem como única previsão futura o agravamento da situação. É assustador observar que eventos assim, de dimensões ciclônicas, sejam o resultado do aumento de apenas um grau na temperatura média na terra (BALDO 2006).

As geleiras estão derretendo – no ano de 2009, a camada de gelo foi 20% menor do que no ano de 1979, teve uma redução de 1,3 milhões de quilômetros quadrados, e sua estimativa é diminuir 8% ao ano. Furacões – devido ao aquecimento, os furacões de Escala Richter de quatro e cinco graus, dobraram nos últimos trinta e cinco anos. Brasil na rota do ciclone – O Brasil está livre de muitas catástrofes mais ultimamente seu litoral está sendo varrido por ciclone e outros fenômenos causadores de catástrofes (MARCON, 2005).

Nível do mar – desde o início do século passado o nível do mar subiu de 8 a 20 centímetros, e pela a ONU ate o fim do século estima-se que subira 1 metro por século. Desertos mais avançados – as áreas atingidas pela seca dobraram em 30 anos, um quarto da superfície terrestre e deserto, por exemplo, na China, as áreas desérticas avançam 10.000 Km quadrados por ano. A ONU estima que cento e cinqüenta mil pessoas morrem por ano por causa de varias catástrofes mundiais (CESARETTI, 2010).

4. SUSTENTABILIDADE NACIONAL

É um conceito sistêmico, relacionado com a continuidade dos aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana. Propõe – se a ser um meio de configurar a civilização e atividade humana, de tal forma que a sociedade, os seus membros e as suas economias possam preencher as suas necessidades e expressar o seu maior potencial no presente, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais, planejando e agindo de forma a atingir proficiência na manutenção indefinida desses ideais (ROCHA 2003).

Sustentabilidade abrange vários níveis de organização, desde os países vizinhos ao planeta todo. Para o país ser sustentável, inicialmente ele deve ter em vista quatro requisitos: ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito (CESARETTI, 2010).

Colocando esses termos em prática, a sustentabilidade será uma melhora para a humanidade e para o meio ambiente, conforme relatório de Brundtland de 1987. A sustentabilidade é suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas (ROCHA 2003).

Uma solução que está realmente fortalecendo é o uso de energias renováveis limpas, já que o principal fator que influenciou todo este transtorno com a poluição foi a necessidade do homem de utilizar diversas formas de energia, portanto se substituí-las por alternativas ecologicamente menos agressivas, a emissão de grande parte destes GEE vão cair em escala mundial (CESARETTI, 2010).

5. HISTÓRIA DA CANA DE AÇÚCAR

A cana de açúcar chegou ao Brasil no início do século XVI, quando foi iniciada a instalação de engenhos de açúcar, a sua primeira indústria veio de Portugal, que com o passar do tempo foi substituída pela extração de pau Brasil. Ela foi descoberta no continente europeu sendo cultivada na Espanha e em seguida levada para as Américas durante a expansão marítima, onde foi cultivada em países como Cuba, México, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela e Brasil que hoje em dia é o maior produtor de cana de açúcar do mundo (CASTRO, 2008).

O cultivo da cana foi a base da economia do nordeste brasileiro, na época dos engenhos, com a utilização de mão de obra escrava, primeiramente indígena e em seguida de origem africana, o regime de trabalho era muito forçado na época da colheita, que chegavam a trabalhar até 18 horas diárias, que durou até o final do século dezanove (BALDO, 2006).

Com a mudança da economia, a cana foi deixada de lado com a monocultura do café, esses escravos foram deslocados gradativamente dos engenhos para as grandes fazendas cafeeiras, e com isso, a economia dos engenhos entrou em crise, sendo praticamente substituído pelas usinas. Hoje em dia o termo engenho é utilizado para os proprietários que plantam cana-de-açúcar e a vendem, para ser processada nas usinas e transformada em produtos derivados. Os produtos derivados da cana de açúcar são largamente utilizados na produção de açúcar, álcool combustível, biodiesel e energia (SALES, 2007).

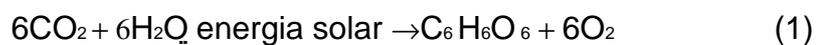
A cana de açúcar é uma das culturas agrícolas de grande importância econômica no Brasil. O interesse em diminuir a dependência pelos combustíveis fósseis e da preocupação ambiental global, estimula a expansão do cultivo da cana de açúcar. Na safra 2007/08, as usinas brasileiras processaram 493,4 milhões de toneladas de cana de açúcar. O Estado de São Paulo é o principal produtor de cana de açúcar no Brasil. Na safra 2007/08, este Estado foi responsável pela produção de 296,3 milhões de toneladas de cana de açúcar, o que representou 60,1% da produção total do Brasil e 68,7% da produção da região Centro-Sul (SALES, 2007).

No Brasil, o setor sucroalcooleiro gera divisas com a exportação na casa de US\$ 7,7 bilhões, criando empregos diretos e indiretos no patamar de 3,6 milhões por ano. As plantações de cana de açúcar têm aumentado em alguns Estados do país, especialmente em São Paulo (JESUS, 2009).

São Paulo possui hoje cerca de 60% de toda a produção de cana de açúcar do país. Nos anos de 2005-2006 a área plantada com cana-de-açúcar aumentou em 15% no setor sucroalcooleiro, e isso vem crescendo até os dias de hoje (SALES, 2007).

6. BIOMASSA

Quando as plantas realizam fotossínteses, a energia do sol é transformada em energia química, e esta energia pode si tornar energia elétrica, combustível ou calor, são diversas fontes orgânicas que poderão ser utilizadas como matéria prima para produzir esse tipo de energia que é chamada de biomassa, conforme equação (1) que esta logo abaixo (GUADAGNINI 2006).



Existem alguns fatores que podem afetar a fotossíntese, que são, a radiação solar, a temperatura e a disponibilidade hídrica. A radiação varia conforme as estações do ano e climas de cada região, temperatura e disponibilidade hídrica variam conforme a latitude (GOMES, 2010).

A matéria prima mais utilizada para a fabricação dessa energia vem da agricultura, como madeira e plantas como a cana de açúcar, que são colhidos com o objetivo de produzir energia, outro tipo de material são os lixos municipais que podem ser convertido em combustível para o próprio transporte, indústrias e mesmo residências (GUADAGNINI 2006).

Os recursos renováveis representam cerca de 20% do suprimento total de energia no mundo, sendo 14% proveniente de biomassa e 6% de fonte hídrica, conforme dados da ANEEL. No nosso país, a proporção da energia total consumida é cerca de 35% de origem hídrica e 25% de origem em biomassa, significando que a biomassas supre em torno de 2/3 dos requisitos energéticos do Brasil (GOMES, 2010).

A energia elétrica a partir da biomassa, atualmente, é muito defendida como uma alternativa de sustentabilidade do Brasil em desenvolvimento e também outros países. Os programas nacionais começaram a ser desenvolvidos visando o incremento da eficiência de sistemas para a combustão, gaseificação e pirólise da biomassa (GOMES, 2010).

O bagaço de cana está entre as fontes mais importantes, nos setores sucroalcooleiro, além de diversos tipos de sistemas híbridos com combustíveis fósseis. Em 2000 a 2009 o plano decenal de expansão estima o potencial técnico de cogeração nesse setor em 5.750 MW, com um potencial de mercado de pouco mais de 2.800 MW, em 2009 (SALES, 2007).

7. ENERGIA DE BIOMASSA

O nosso país é constituído por mais de 382 usinas de cana de açúcar e álcool transformando cerca de 386 milhões de toneladas de cana por ano, cada toneladas de cana de açúcar produz cerca de 140 quilos de bagaço sendo que 90 % desse bagaço é convertido para a fabricação de energia, a Tabela 1 informa valores mínimos, máximo e custo total, estimados para diversas fontes de energia (SALES 2007).

Fontes de energia elétrica	Custo mínimo, C_{\min} (R\$/MWh)	Custo máximo, C_{\max} (R\$/MWh)	Diferença entre C_{\max} e C_{\min} (R\$/MWh)
Petróleo	124,56	458,16	333,60
Nuclear	116,20	515,61	401,10
Biomassa	69,36	330,66	261,30
Gás Natural	61,39	194,95	133,56
Carvão	44,87	451,82	406,95
Eólica	30,17	613,41	583,24
Hidrelétrica	23,40	297,78	274,38

Tabela 1 - Custo total mínimo e Máximo estimado de energia elétrica para diversas fontes de energia (In: CESARETTI, 2010).

A energia de biomassa engloba a matéria vegetal obtida através da fotossíntese e seus derivados, a biomassa é composta por celulose ($C_6H_{10}O_5$)_n, hemicelulose ($C_5H_8O_4$, $C_6H_{16}O_5$) e lignina ($C_9H_{10}O_2$, $C_{10}H_{12}O_3$, $C_{11}H_{14}O_4$). A biomassa produz

glicose a partir de sua hidrólise na qual pode ser fermentada para a produção de etanol que por fim fornece etileno (C_2H_4), buteno (C_4H_8) e outros derivados. A Figura 12 mostra as estruturas da celulose ($C_6H_{10}O_5$)_n, hemicelulose ($C_5H_8O_4$, $C_6H_{16}O_5$) e lignina ($C_9H_{10}O_2$, $C_{10}H_{12}O_3$, $C_{11}H_{14}O_4$) (SALES 2007).

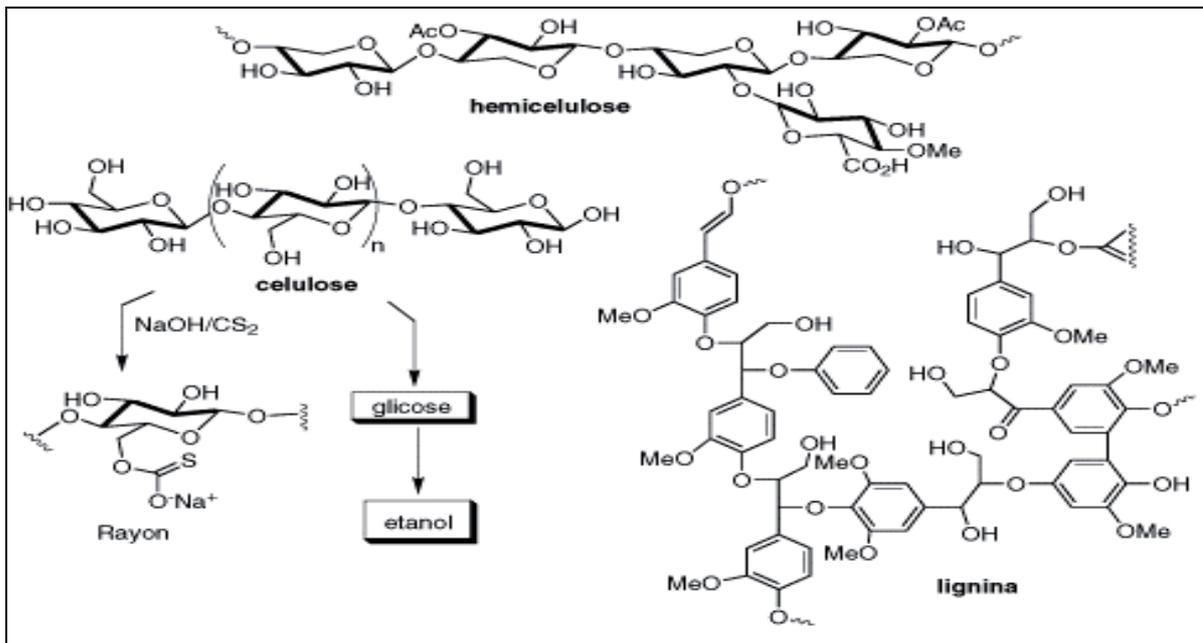


Figura 12 – Estrutura da celulose, hemicelulose e lignina (In: DANTAS, 2010).

Antes de começar a fabricação da energia de biomassa deve se analisar três princípios básicos: ecológico, econômico e técnico. O ponto ecológico visa a preservação ambiental, o econômico dois aspectos, o primeiro é para que fins sejam a utilização da biomassa, e o segundo seria com respeito a produção, transporte e outros fatores relacionados a biomassa, e o técnico seria, a questão operacional da conversão da biomassa em combustíveis, sendo que está associada com a viabilidade econômica para cada processo. A Tabela 2 está mostrando o custo de produção de eletricidade de diversos tipos de energia (LEITE, 2007).

Fontes de energia elétrica	(σ_{7E}) [R\$/MWh]
Petróleo (óleo diesel)	491,61
Eólica	197,95
Gás natural	140,60
Nuclear	138,75
Carvão	135,05
Hidrelétrica	118,40
Biomassa (bagaço de cana)	101,75

Tabela 2 – Custos de produção de eletricidade por tipo de fonte de energia (σ_{7E}) (In: CESARETTI, 2010).

Do ponto de vista técnico existem quatro fatores importantes, que são: composição química elementar, que corresponde à porcentagem em massa dos principais componentes como carbono (C), hidrogênio (H), enxofre (S), oxigênio (O), nitrogênio (N₂). Composição química elementar, que se referem ao carbono fixo, materiais voláteis, cinzas e umidade. Umidade, é a quantidade de água em uma amostra de bagaço, que é diferenciada pela expressão base úmida e base seca. Poder calorífico, é a quantidade de calor liberada pela combustão, que é dividida em duas partes, PCS, superior quando se leva em consideração o calor latente de vapor que e de 10% a 20% maior que PCL, que é inferior quando esse valor não é considerado (SALES 2007).

As energia que são produzidas a partir da biomassa, são mecânica, que são consumidas nas próprias usinas, que correspondem a cerca de 1,48 GW, assim produzidas normalmente pelo sistema de cogeração. A partir da revolução industrial o consumo de energia tem aumentado constantemente, por sua vez chamando a

atenção de especialistas devido as suas conseqüências ambientais, pois o consumo indiscriminado dos combustíveis fósseis e processos pouco insuficientes provocam emissões de gases como CO₂ que é um dos principais causadores do efeito estufa (SALES 2007).

Estudos realizados para se reduzir a taxa da emissão de gases, que são os causadores do efeito estufa, têm concluído que, a melhor maneira é a substituição dos combustíveis fósseis, por combustíveis renováveis (SALES 2007).

As fontes de energias renováveis, não só traz benefícios ambientais mais também uma diversificação nas fontes de energia, obtendo-se ainda maior competitividade e preços mais equilibrados. Na Tabela 3 são mostrados os impactos causados por diversas fontes de energia (JESUS, 2009).

Dimensões	GEE	Ambiental uso de recursos naturais			Social	Econômico		
	(σ_{1E}) [Kg/MWh]	(σ_{2E}) [m ² .ano/MWh]	(σ_{3E}) [Kg/MWh]	(σ_{4E}) [m ² /MWh]	(σ_{5E}) [morbidade/TWh]	(σ_{6E-1}) [mortes]	(σ_{7E}) [R\$/MWh]	(σ_{8E})
Biomassa	6,7	1.830	1.924	3,65	43	-	101,75	0,775
Carvão	1019	59	413	68,92	225	5.099	135,05	0,731
Eólica	38	1.510	0	0,0045	-	-	197,95	0,690
Gás natural	662	11	287	37,41	30	737	140,60	0,533
Hidrelétrica	121	6.500	0	26,5	-	171.216	118,40	0,390
Nuclear	58	3.175	0,02	60,04	0,22	4.100	138,75	0,736
Petróleo	824	-	276	31,53	161	3.330	491,61	0,755

Legenda tabela 3:

1. Coeficiente de intensidade de emissões totais de CO₂ equivalente (σ_{1E})
2. Coeficiente de intensidade de área imobilizada (σ_{2E})
3. Coeficiente de massa de combustível anual requerido para geração elétrica por diferentes plantas de 1.000 Mwe (σ_{3E})
4. Coeficiente de requerimento de água total a cadeia de geração de eletricidade (σ_{4E})
5. Coeficiente de intensidade de morbidade ou doenças graves causadas pela poluição oriunda da geração elétrica (σ_{5E})
6. Coeficiente de intensidade de fatalidade causada pela geração de eletricidade (σ_{6E})
7. Coeficiente de custo direto total médio estimado para geração de energia elétrica (σ_{7E})
8. Coeficiente de ineficiência energética e operacional na geração de eletricidade (σ_{8E})

Tabela 3 – Dados reunidos sobre os coeficientes de impacto das fontes energéticas para σ_{6E-1} (In: CESARETTI, 2010).

7.1 GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA

A gaseificação é um processo de conversão térmica de materiais contendo carbono numa gasosa combustível ou gás de síntese na presença de um agente oxidante em

condições abaixo da estequiométrica. Os principais compostos formados nesse processo são monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂), metano (CH₄), e o nitrogênio (N₂) que estão contidos no ar, abaixo na figura 13, esta mostrando um sistema de gaseificação (SALES, 2007).

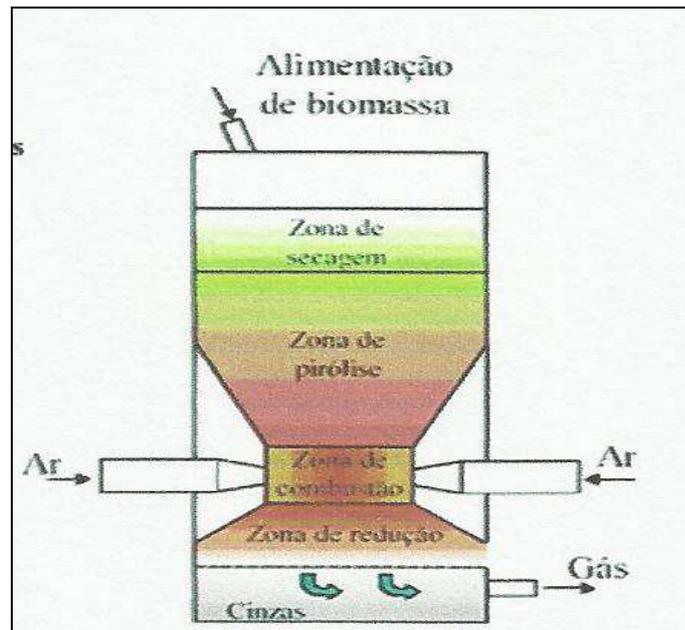


Figura 13 – Sistema de Gaseificação (In: JESUS, 2009).

A gaseificação é um processo termo-químico bastante complexo, durante o qual um combustível sólido que é utilizado se transforma em um gás de baixo poder calorífico (gás pobre). Esse processo é dividido em quatro partes, secagem que é a evaporação da umidade presente no combustível, esta etapa pode ser descartada caso o combustível já entre no reator a baixa umidade (~8-15%), a segunda é a pirólise através do aumento de temperatura (~500°C), ocorrendo a formação do alcatrão e produtos gasosos (CO, CO₂, H₂, CH₄, C₂H₄, dentre outros), a terceira etapa é a oxidação do combustível por um agente oxidante (ar ou oxigênio puro), esta etapa é responsável pelo fornecimento de calor necessário para as demais, onde as reações de transformação ocorrem; e a quarta e última é a redução dos componentes formados na pirólise (carvão, óleos, entre outros), esta etapa reações

fortemente endotérmicas acontecem, e também é nesta etapa que há a formação do metano (MARCON 2005).

A conversão que é realizada através da oxidação parcial da biomassa a alta temperatura, e geralmente entre 500 a 1000°C e a pressão de até 33 bar, os agentes oxidantes que são utilizados na etapa de gaseificação são ar, oxigênio puro ou vapor (GUADAGNINI, 2006).

O processo de gaseificação da biomassa ocorre em equipamentos denominados gaseificadores que resultam em diversas reações (GUADAGNINI, 2006).

No sistema de gaseificação o gás passa por quatro zonas no interior do reator, que são: secagem da biomassa, pirólise, combustão e redução. A secagem que seria a retirada da umidade que varia de 5 a 25% ela é removida a temperatura de 100°C (BALDO, 2006).

A pirólise que é o segundo processo, é realizado na zona do reator onde há degradação térmica da biomassa na ausência de oxigênio, que é convertida em alcatrão, volátil e sólida, numa temperatura de 280 a 450°C. A combustão, nada mais é que a reação entre o carbono e o oxigênio que produz dióxido de carbono e vapor com sua temperatura a 700 a 2000°C assim a reação libera energia. A Figura 14 mostra as reações químicas de cada etapa (GUADAGNINI, 2006).

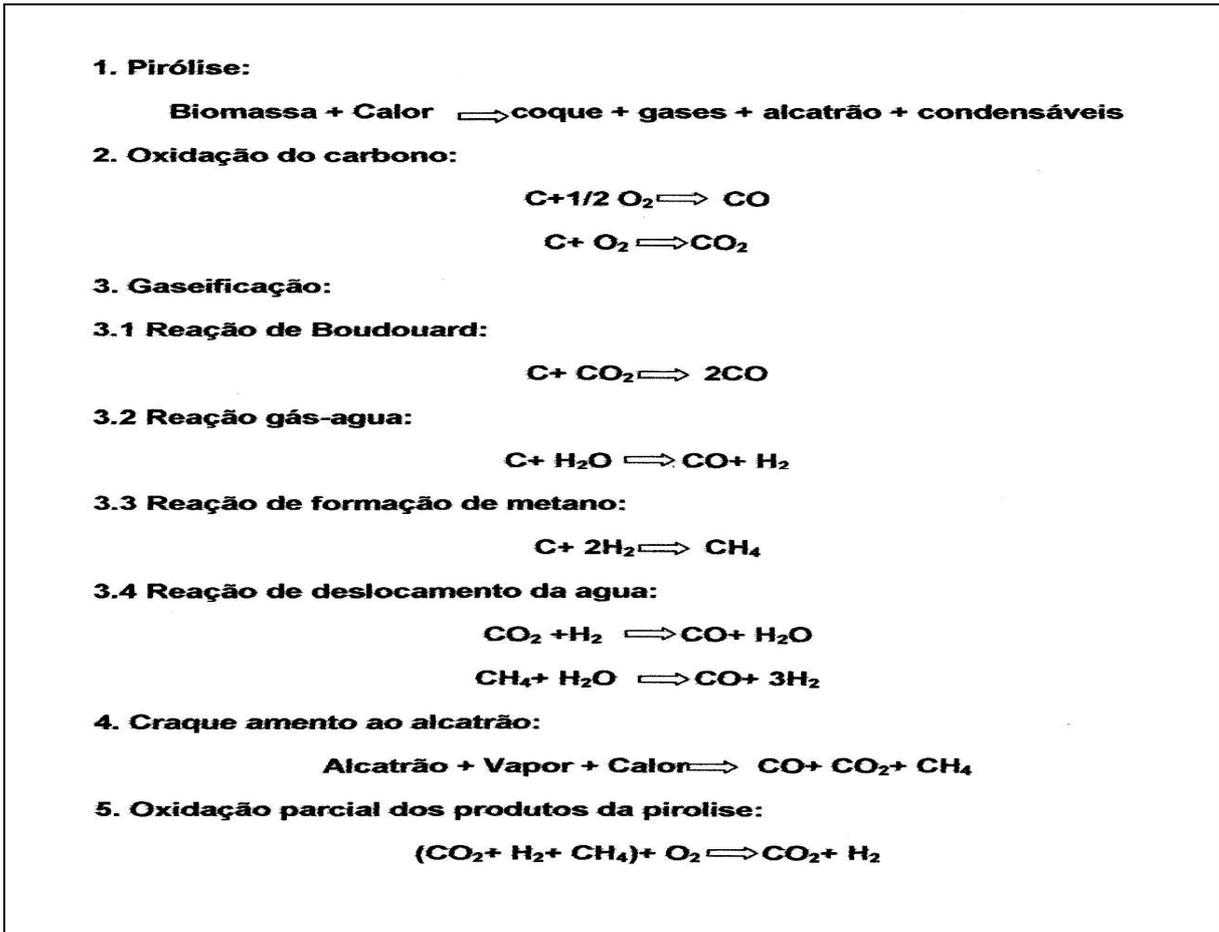


Figura 14 – Reações químicas de cada etapa do sistema de gaseificação (In: SALES, 2007).

O calor que é fornecido pode ser em uma reação direta ou indireta, quando e diretamente, conduz a reação da pirólise e gaseificação no mesmo reator que e mostrado na Figura14. Mais de modo geral o processo e caracterizado pelas equações na Figura 15 (SALES, 2007).

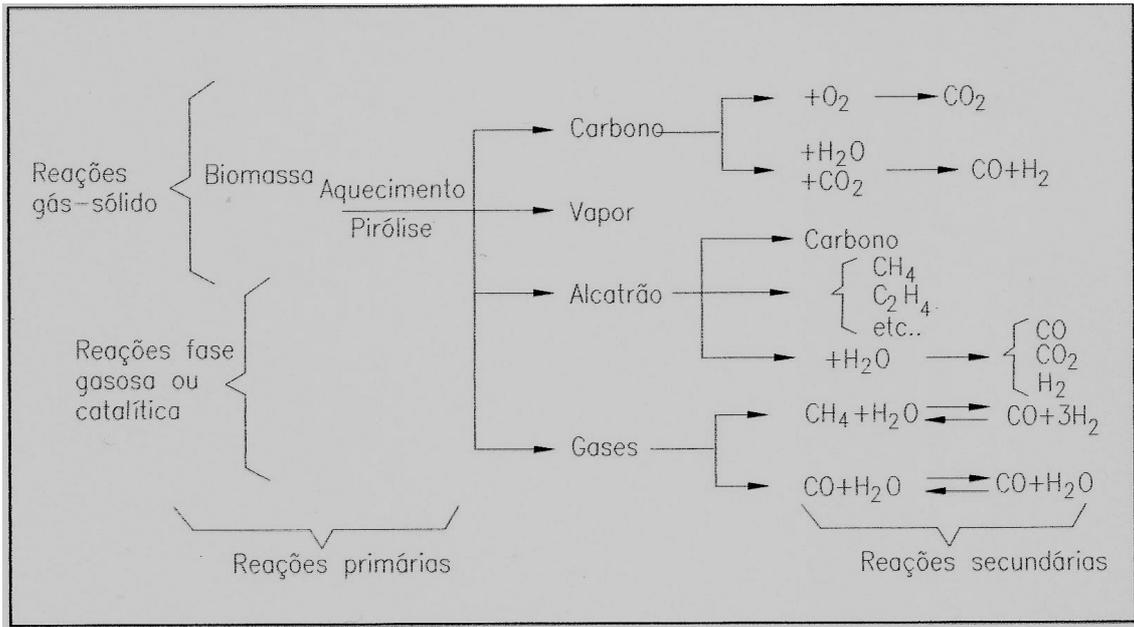


Figura 15 - Reações químicas do processo de gaseificação (In: GOMES, 2010).

7.2 APLICAÇÃO DOS GASES

A utilização do gás de biomassa para geração de energia elétrica pode ser feita através diferentes formas, embora algumas alternativas podem ter maior viabilidade econômica que outras devido ao nível de tratamento que o gás deva ser submetido para ser utilizado (SALES, 2007).

Os métodos são os seguintes: motor de combustão interna, motor stirling, turbina a gás e célula combustível, a Figura 16 mostra a aplicação dos gases que são produzidos no gaseificador (SALES, 2007).

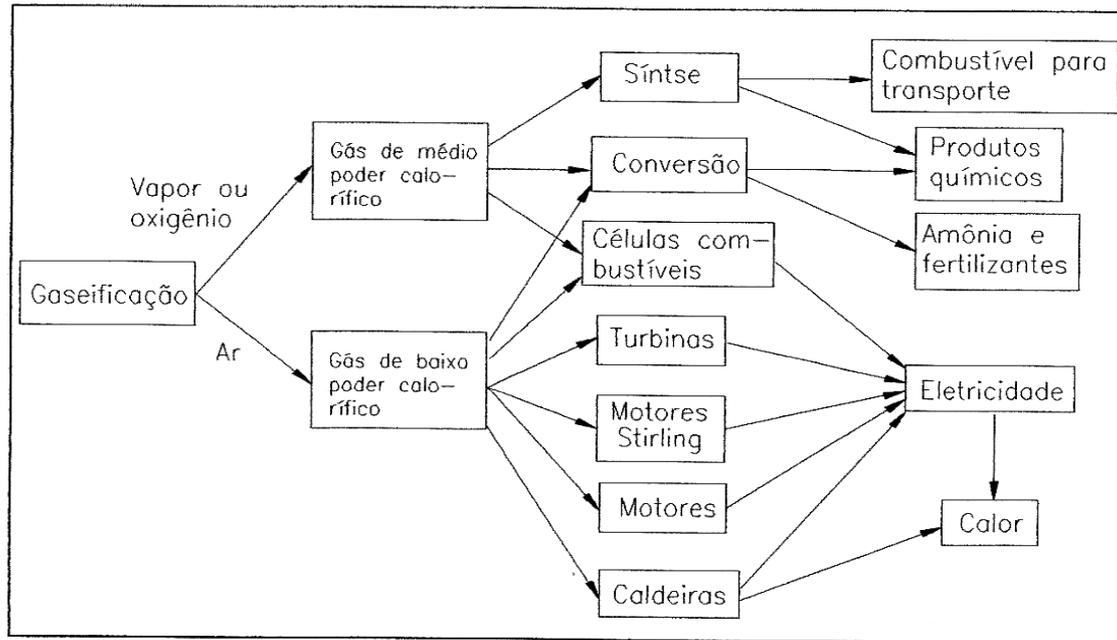


Figura 16 – Aplicação do gás produzido a partir da gaseificação da biomassa (In: SALES, 2007).

7.2.1. Motor de Combustão Interna

São máquinas térmicas motoras cujo objetivo é a obtenção de trabalho a partir da liberação da energia química dos combustíveis. O funcionamento de um motor de combustão interna pode ser de dois ou quatro tempos. A liberação é conseguida através de uma reação exotérmica entre o combustível e o oxigênio do ar, eficiência de 25 a 30%, (custo de 900-1500 US\$/kWh) (SALES, 2007).

7.2.2. Célula combustível

É um dispositivo de conversão eletroquímica em eletricidade, água e calor utilizando H_2 como combustível e o oxigênio contido no ar. A célula combustível funciona como uma bateria com fornecimento constante de combustível, na qual converte energia química em energia elétrica através das reações eletroquímicas entre o H_2 e o O_2 , eficiência de 40 a 55%, (custo de 3000-4000 US\$/kWh) (SALES, 2007).

7.2.3. Motor Stirling

São dispositivos de combustão externa que apresentam em protótipos atuais acoplados a gaseificadores, que consiste de um motor alternativo a pistão movido por uma fonte externa de calor, assim ele não precisa de um gás limpo, necessitando apenas que tenha a energia adequada para seu funcionamento, eficiência de 13 a 16%, (custo de 1120-3000 US\$/kWh) (SALES, 2007).

7.2.4. Turbina a Gás

São máquinas térmicas que realizam a conversão da energia do combustível em trabalho no eixo ou geração elétrica, turbinas a gás vem sendo cada vez mais utilizadas para geração termoelétrica, que são divididas em duas partes: circuito aberto e circuito fechado, circuito fechado que é a possibilidade de usar alta pressão através de todo o circuito assim reduzindo o tamanho das máquinas, esses equipamentos podem sofrer mudanças de potência e pressão, eficiência de 25 a 30%, (custo de 870-1800 US\$/kWh) (GOMES, 2010).

8. SETOR ELETRICO BRASILEIRO

O nosso país tem ressaltado que o quadro de oferta de energia elétrica, em função da forte presença da hidroeletricidade, se caracteriza como fortemente pautado em fontes renováveis, pois o fato de mais de 3/4 da energia elétrica no país ser produzida a partir das águas (hidroeletricidade), em conjunto com a biomassa (cogeração a partir do bagaço da cana de açúcar). Entretanto, observa-se que a energia eólica só assumiu uma maior escala nos últimos dois anos, muito embora ela ainda não alcance 1% da oferta (MARCON, 2005).

Apesar de sua forte predominância sobre outras fontes no quadro atual de oferta de energia elétrica, a hidroeletricidade tem sido apresentada nos planos governamentais (PNE e PDE) como uma alternativa de energia renovável a ser ampliada. O forte viés para a construção de hidrelétricas deve ser motivo de preocupação e debate público, considerando que as mega obras hidrelétricas projetadas provocam impactos devastadores e irreversíveis para o meio ambiente e grande injustiça social (MOREIRA, 2012).

Além disso, num cenário de mudanças climáticas marcado por tendências de acirramento de estiagens na região norte e nordeste, a redução da dependência em relação à hidroeletricidade, com a diversificação de fontes renováveis, torna-se ainda mais aconselhável. Os rios amazônicos (Madeira, Tocantins, Araguaia, Xingu e Tapajós) respondem por cerca de 63% do assim chamado “potencial hidrelétrico” não aproveitado no Brasil, ou quase dois terços desse total, estimado em 243.362 MW (MOREIRA, 2012).

O Plano Decenal de Energia 2011-2020 indica a intenção do país brasileiro de construir 12 usinas hidrelétricas com uma potência instalada total de 22.287 MW, que representa 65% do total que o governo pretende instalar no país até 2016 (34.268 MW). Além destas, outras 10 usinas com uma potência total de 15.506 MW estão planejadas e o governo deseja viabilizar as licenças para sua construção até 2020. Por sua vez, o Plano Nacional de Energia 2030 indica um total de 14.000 MW na bacia amazônica com a pretensão de serem instalados até 2015, e mais 43.700

MW até o ano 2030, quando o governo pretende atingir um total 156.300 MW de energia hidrelétrica instalada, dobrando a capacidade atual de energia hidrelétrica no país (MOREIRA, 2012).

9. SETOR SUCROALCOOLEIRO

O setor sucroalcooleiro brasileiro abrange as empresas que produzem açúcar ou álcool, ou atuam em algum elo da cadeia produtiva desses elementos. No nosso país, esse setor está diretamente relacionado às culturas de cana de açúcar, uma vez que este é o principal insumo para os processos produtivos citados (MOREIRA, 2012).

Muitas usinas trabalham com os dois produtos, açúcar e álcool, variando a proporção de cana dedicada a cada linha de produção de acordo com as variações e tendências do mercado. O açúcar pode ser classificado em diferentes tipos – 1, 2A, 2B, 2G, etc – de acordo com a sua coloração e o grau de pureza do produto. O álcool possui duas variantes básicas, em função da proporção de água presente na mistura final: o álcool anidro, que é utilizado como aditivo à gasolina; e o álcool hidratado, que pode ser utilizado como combustível diretamente nos motores a álcool ou flexfuel (SALES, 2007).

O álcool pode ser destinado a diferentes finalidades, como a indústria farmacêutica ou química, mas a sua aplicação no setor de transportes vem sendo o grande impulsionador do crescimento do negócio sucroalcooleiro e, por isso, essa classificação se popularizou no mercado (MOREIRA, 2012).

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e segundo produtor mundial de etanol. O país responde hoje por aproximadamente 35% da produção mundial de etanol e é o maior exportador de açúcar. O uso intensivo da cana de açúcar como elemento de base para a produção do açúcar e do álcool, aliado à condição climática e outros fatores ambientais, confere diversos diferenciais à produtividade e à qualidade dos produtos brasileiros frente a alternativas estrangeiras, as quais se utilizam de outros insumos, como o milho ou a beterraba (GOMES, 2010).

O setor está organizado basicamente em três estágios: plantação e cultivo da cana de açúcar; produção do açúcar ou álcool; comercialização do produto final. Algumas empresas atuam em todos os estágios, mas a grande maioria se utiliza de parcerias e contratos de longo prazo, principalmente para as atividades de fornecimento de

cana de açúcar e comercialização, mantendo o seu foco na produção do açúcar ou do álcool (DANTAS, 2010).

As limitações físicas impostas pelo processo produtivo - a distância máxima entre a Fazenda e a Usina é de 30 km - e as características históricas da formação do setor reforçam a concentração das duas primeiras etapas em torno dos grupos familiares de longa tradição (COELHO, 2010).

De acordo com o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em novembro de 2008 existem 302 termoelétricas movidas a biomassa no país, que correspondem a um total de 5,7 mil MW (megawatts) instalados. Do total de usinas relacionadas, 13 são abastecidas por licor negro (resíduo da celulose) com potência total de 944 MW; 27 por madeira (232 MW); três por biogás (45 MW); quatro por casca de arroz (21 MW) e 252 por bagaço de cana (4 mil MW) (BALDO, 2006).

De acordo com estimativas da União da Indústria de Cana de Açúcar de São Paulo, em 2020 a eletricidade produzida pelo setor poderá representar 15% da matriz brasileira, com a produção de 14.400 MW médios (MOREIRA, 2012).

No nosso país, são mais de trezentas usinas de açúcar e álcool, que processam quase 400 milhões de toneladas de cana por ano. Cada tonelada de cana produz em média 140 kg de bagaço, dos quais 90% são usados para produzir energia, térmica e elétrica, na usina. Adicionalmente, contém 140 kg de sacarose, que é usada para produzir açúcar, etanol e outros produtos, e 140 kg de palha, que hoje fica jogada no campo (COELHO, 2010).

O bagaço é equivalente a 11,0 milhões de toneladas de óleo combustível. Caso 25% da palha fossem utilizados, seriam equivalentes a 3,2 milhões de toneladas de óleo. Afinal, cada tonelada de cana tem potencial energético equivalente a 1,2 barril de petróleo e produz 280 kg de bagaço. (SALES, 2007).

No Estado de São Paulo, o setor sucroalcooleiro gera para consumo próprio entre 1.200 e 1.500 megawatts (MW), cerca de 40 usinas produzem excedentes de 158 MW e a luz que vem da cana já ajuda a iluminar diversas cidades. O potencial de geração de energia da agroindústria canavieira está em torno de 12 mil MW a potência total instalada no Brasil é de 86.505MW (RODRIGUES, 2005).

10. CONCLUSÃO

Baseando-se na análise bibliográfica, foi possível confirmar o quanto a biomassa do bagaço da cana de açúcar tem se apresentado como ótima alternativa de geração de energia. Por ser uma das energias mais baratas que possuímos no nosso país. Isso tem ajudado a aumentar a utilização da energia de biomassa derivada de bagaço de cana de açúcar, ou de recursos renováveis, da matriz energética, tornando assim cada vez mais uma energia limpa.

Utilizando os conceitos de energia, foi realizado um estudo em sistema de gaseificadores, que foram mostrados quatro tipos de equipamentos para a fabricação de energia que são: Motor de Combustão Interna, Célula Combustível, Motor Stirling e Turbina a gás, que utiliza o bagaço da cana de açúcar como principal matéria prima.

Pode se concluir que, além da energia de biomassa derivada de bagaço de cana de açúcar ser uma energia limpa, ser renovável, ser geograficamente bem distribuídas, junto aos centros de consumo, ser uma tecnologia brasileira, poluir menos que qualquer outra, ser derivada de uma planta que por sua vez realiza fotossíntese, assim absorvendo CO₂, e ajudando o meio ambiente, ela também tem seu custo baixo, referente às outras energias que possuímos no nosso país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7ª Cei, Disponível em <<http://7acei.blogspot.com/2011/05/energias-hidrogenio.html>> acesso em 18 de março de 2012.

Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Disponível em, <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> acesso em 10 de novembro de 2012

BALDO, Alex, Trabalho de Conclusão de Curso “ BIOGAS: Uma Fonte de Energia Alternativa”, FEMA – Fundação Educacional do Município de Assis, em 2006.

Biomassa, Disponível em <<http://efab3e7.webnode.pt/energias-renovaveis/energia-biomassa>> acesso em 15 de março de 2012.

CASTRO, Dr Rui M. G. Trabalho de Conclusão de Curso “Energia Renováveis e Produção Descentralizada”, pela Universidade técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico DEEC / Área Científica de Energia, em 2008.

CESARETTI, Marcos de Araújo, Trabalho de Conclusão de Curso “Análise comparativa entre fontes de geração elétrica segundo critérios socioambientais e econômicos” Universidade federal do ABC, em 2010.

COELHO, Suani Teixeira, Trabalho de Conclusão de Curso “Sistema de Gaseificação de Biomassa na Geração de Energia para Comunidades Isoladas, CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa, em 2010.

DANTAS, Djolse Nascimento, Trabalho de Conclusão de Curso “Uso da Biomassa da Cana de Açúcar para a Geração de Energia Elétrica: Análise Energética, Exergética e Ambiental de Sistema de cogeração em Sucroalcooleiras do Interior Paulista” Universidade de São Paulo, em 2010.

Eco Debate, Disponível em <<http://www.ecodebate.com.br/2011/05/17/energia-eolica-recebe-r-25-bilhoes-em-investimentos-e-vai-produzir-mais-que-belo-monte>> acesso em 07 de março de 2012.

Energias Renováveis, Disponível em <<http://aprenergiasrenovaveis.blogspot.com/2011/04/energias-renovaveis-vs-energias-nao.html>> acesso em 06 de março de 2012.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Disponível em <http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20111220_1.pdf São Paulo, 20/12/2011> acesso em 10 de novembro de 2012

Energia e Meio Ambiente no Brasil, Disponível em <http://www.fcmc.es.gov.br/download/Energia_meioambiente.pdf> acesso em 03 de março de 2012.

Energia e Meio Ambiente no Brasil, Disponível em <http://www.fcmc.es.gov.br/download/Energia_meioambiente.pdf> acesso em 03 de março de 2012.

Energia e Suas Fontes, Disponível em www.conexaogeografia.hdfree.com.br/energia_e_suas_fontes.htm acesso em 03 de março de 2012.

Energia Renováveis, Disponível em <http://geosal2010.blogspot.com/2011/05/fontes-de-energia-renovaveis-geo-2-para.html> acesso em 02 de março de 2012.

Energia Solar, Disponível em <http://www.tocadacotia.com/economia/energia-solar> acesso em 09 de março de 2012.

Expansão da Cana de Açúcar no Estado de São Paulo, Disponível em <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.18.21/doc/9-16.pdf> acesso em 10 de outubro de 2012

Fontes de Energia, Disponível em [http:// patriciaeducadora.blogspot.com/2010/03/fontes-de-energia.html](http://patriciaeducadora.blogspot.com/2010/03/fontes-de-energia.html) acesso em 07 de março de 2012

GOMES, Carla da Gama Soares, **Trabalho de conclusão de curso “Noções de geração de Energia Utilizando algumas Fontes de Baixo Impacto Ambiental”**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2010.

GUADAGNINI, Marco Antonio, **Trabalho de Conclusão de Curso “Fontes Alternativas de Energia – Uma visão geral”**, UFRJ, em 2006.

Inventario Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito

Estufa, Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0207/207555.pdf> acesso em 20 de março de 2012.

JESUS, Fernando Souza de, **Trabalho de Conclusão de Curso “ A importância do tema água no ensino médio: Uma Proposta de Conscientização”**, FEMA – Fundação Educacional do Município de Assis, em 2009.

LEITE, Antonio Dias, **A Energia do Brasil**, Editora Campus, n.1, p. 130/140, jul. 2007.

MARCON, Hulisses Bonet, **Trabalho de Conclusão de Curso “ Aplicação de Ciclo Combinado para Cogeração de Energia com Gaseificação do Bagaço da Cana”**, Faculdade de Engenharia Mecânica, em 2005.

MOREIRA, Paulo Franco, **O Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21**, Oportunidade e Desafio, Brasília, Editora - Rios Internacionais – Brasil 2012

Planeta das Ciências, Disponível em <<http://planetadasciencias.blogspot.com/2009/05/energia-fossil.html>> acesso em 04 de março de 2012.

Política Democracia, Disponível em <<http://democraciapolitica.blogspot.com/2011/01/o-brasil-deve-investir-mais-em-energia.html>> acesso em 06 de março de 2012.

Potencialidade e Oportunidades na Química da Sacarose e Outros Açúcares, Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300007&script=sci_arttext acesso em 11 de outubro de 2012

Povo Alternativa, Disponível em <http://povoalternativa.blogs.sapo.pt/2216.html> acesso em 20 de março de 2012.

REIS, Lineu Belico dos, **Geração de Energia Elétrica**, Editora Manole, n.1, p. 200/210, jul. 2007.

Revista Caninde, Disponível em <http://revistacaninde.blogspot.com> acesso em 10 de março de 2012.

ROCHA, Marcelo Theodoro **Tese Doutorado “Aquecimento Global e o Mercado de Carbono”** Uma Aplicação Modelo CERT, pela Universidade de São Paulo em 2003.

RODRIGUES, Luiz Gustavo Scartezini, **Trabalho de Conclusão de Curso “Análise de diferentes Sistemas de Cogeração com Bagaço de Cana de Açúcar”**, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, em 2005.

SALES, Cristina Aparecida Vilas Boas, **Trabalho de Conclusão de Curso “Avaliação Técnico Econômica da Conversão da Biomassa em Eletricidade Utilizando Tecnologias de Gaseificação”**, Universidade Federal de Itajubá, em 2007.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiommo, **Geração de Energia Elétrica no Brasil**, Editora Interciência, n.1, p. 20/50, jul. 2005.

WIKIPEDIA, Enciclopédia Livre, **Biomassa**, Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Biomassa>> acesso em 01 de março de 2012.