



Universidade Federal de São João del-Rei



DQBIO – Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de
Bioprocessos

Trabalho de Conclusão de Curso

A EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA E O AVANÇO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL: REVISÃO

Edvaldo Pereira Rocha Júnior

Ouro Branco

Junho/2017

EDVALDO PEREIRA ROCHA JÚNIOR

**A EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA E O AVANÇO NA PRODUÇÃO DE
ENERGIA RENOVÁVEL: REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentada no 1º semestre do ano de 2017 ao curso de Engenharia de Bioprocessos, da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do título Engenheiro de Bioprocessos.

Docente Orientador: Edson Romano Nucci

Modalidade do Trabalho: Revisão Bibliográfica

Ouro Branco

2011

RESUMO

O presente trabalho aborda um tema que está entre as principais questões ambientais quem vindo sendo discutida em todo mundo, o efeito estufa, fenômeno este que é natural, mas que vem sendo intensificado pelas ações do homem, trazendo consequências catastróficas para o planeta e para a humanidade, devido a grande quantidade de energia consumida hoje, que é obtida tendo como matéria-prima os combustíveis fósseis, emitindo assim, muitos poluentes para a atmosfera. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo apresentar uma visão geral de como a obtenção de energia de forma sustentável pode mudar esse cenário e atender a demanda de energia que não será sustentada, em um futuro próximo pelos combustíveis fósseis e seus derivados, cujas fontes de energia não são infinitas. Tendo em vista esses conceitos, devemos nos atentar para preocupação com a obtenção de energia a partir de fontes renováveis, tornando a matriz energética o mais sustentável possível, nos trazendo uma série de vantagens e mudanças importantes que já podem ser observadas mundialmente.

Palavras-chave: Energia sustentável; Efeito-estufa; Matriz energética.

ABSTRACT

The current work presents a topic which is among the main environmental questions discussed nowadays around the world, the greenhouse effect. This is a natural phenomenon, but it is intensifying by mankind actions, bringing catastrophic consequences to the planet and to mankind as well due to the immense quantity of used energy today, which is obtained from fossil fuels, emitting then a lot of pollution into the atmosphere. In this context this work is aimed to present a general view of how obtaining energy in a renewable way can change this scenario and attend the energy demand that can't be bearable, in a near future by fossil fuels and their derivatives, which energy resources are not infinite. In view of these concepts, it is necessary to be aware of the need for obtaining energy from renewable sources, considering the energy source the most renewable as possible, allowing uncountable advantages and important changes that it is possible to see world wide.

Keywords: Sustainable energy; Greenhouse effect; Energy matrix.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz energética.....	8
Figura 2 - Como acontece o efeito estufa.....	10
Figura 3 – Desmatamento, energia e processos industriais.....	10
Figura 4 - Aerogeradores.....	13
Figura 5 - Evolução da potência eólica instalada no mundo	14
Figura 6 - Custo da energia do Proinfa.....	15
Figura 7 - Gráfico da evolução da energia eólica no Brasil	16
Figura 8 - Participação da energia eólica nos estados.	16
Figura 9 - Rotas tecnológicas para a produção de etanol.	19
Figura 10 – Gráfico do consumo mundial de energia comercializada por tipo de combustível (1990 – 2030).	21
Figura 11 - Perfil esquemático de uma usina hidrelétrica	23
Figura 12 - Produção de eletricidade em 2014 (3900 TWh).	23
Figura 13 - Capacidade hidrelétrica instalada nos principais países em 2014.	24
Figura 14 - O início de uma nova era.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Energia eólica na América Latina – capacidade instalada e potencial eólico	15
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Análise geral dos biocombustíveis (bioetanol e biodiesel).	20
---	----

SUMÁRIO

1. Introdução	6
2. Objetivo.....	7
3. Brasil no cenário bioenergético.....	7
4. Efeito estufa	9
4.1 Contribuição brasileira para mudança climática (fontes de CO ₂)	10
5. Energia renovável.....	11
5.1 Energias renováveis e as mudanças no cenário bioenergético	12
5.1.1 Energia eólica.....	12
5.1.2 Energia a partir da biomassa	17
5.1.3 Energia hídrica	21
6. Resenha energética.....	25
6.1 Emissões de CO ₂	25
7. Evolução da matriz energética	26
8. CONCLUSÃO	26
9. REFERÊNCIAS	27

1. Introdução

Desde que o petróleo se firmou como matriz energética básica da sociedade industrial, as relações geopolíticas contemporâneas sofrem influência direta deste elemento, grandes questões são levantadas girando em torno da escassez do petróleo e também das mudanças climáticas ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis, liberando gases que contribuem para o agravamento do efeito estufa e consequentemente elevando a temperatura do planeta (BARROS, 2007).

Neste contexto, surgem vários estudos e pesquisas de uma considerável mudança na matriz energética global, já que a falta do petróleo irá impor a economia mundial a implementar outras fontes de energia, como por exemplo: as energias renováveis (biomassa, que é obtida a partir da matéria orgânica animal e vegetal; energia eólica, obtida a partir das forças dos ventos; a energia solar, através da captação da luz do sol; energia hídrica, energia elétrica produzida a partir do movimento das águas de rios em usinas) e também energias não renováveis, como, por exemplo (carvão mineral; rocha sedimentar formada a partir da decomposição de vegetações soterradas há milhões de anos; gás natural, mistura gasosa de hidrocarbonetos formada a partir da decomposição da matéria orgânica em milhões de anos e também a energia nuclear, que é a produção de energia elétrica através da fissão (quebra) de átomos de urânio) (BARROS, 2007).

Em virtude da situação atual em que o planeta se encontra, e uma grande preocupação com o seu futuro, se faz necessário então, a busca por alternativas energéticas mais sustentáveis visando atender a demanda crescente de energia no âmbito global. Muitas alternativas surgiram como solução deste problema, dando-se destaque a energia hídrica, a energia eólica e a energia proveniente das biomassas (BARROS, 2007).

É importante ter a consciência que as energias renováveis podem e devem ser utilizadas de forma sustentável, visando ocasionar nenhum ou o mínimo de impacto ambiental possível. Os avanços tecnológicos vêm permitindo, de forma gradual, que essas energias possam ser aproveitadas desde na forma de combustíveis até mesmo na produção de calor e eletricidade (PACHECO, 2006).

A cada novo dia, estas energias vêm conquistando mais e mais espaço, que antes era ocupado em sua totalidade pelas fontes de combustíveis fósseis. Elas são captadas mais facilmente e incorporadas ao sistema de fornecimento de energia de uma determinada região (PACHECO, 2006).

Esta questão energética vem se destacando e se tornando cada vez mais relevante, seja pelas preocupações relacionadas a questões ambientais, como, a necessidade de se minimizar a emissão de gases poluentes, conseqüentemente o consumo de combustíveis fósseis, seja pelo fato onde em um futuro próximo da redução significativa das fontes de energia não renováveis, que acontece com o petróleo, uma vez que este não é um bem infinito e que nos dias atuais não consegue mais acompanhar o crescimento da demanda (PACHECO, 2006).

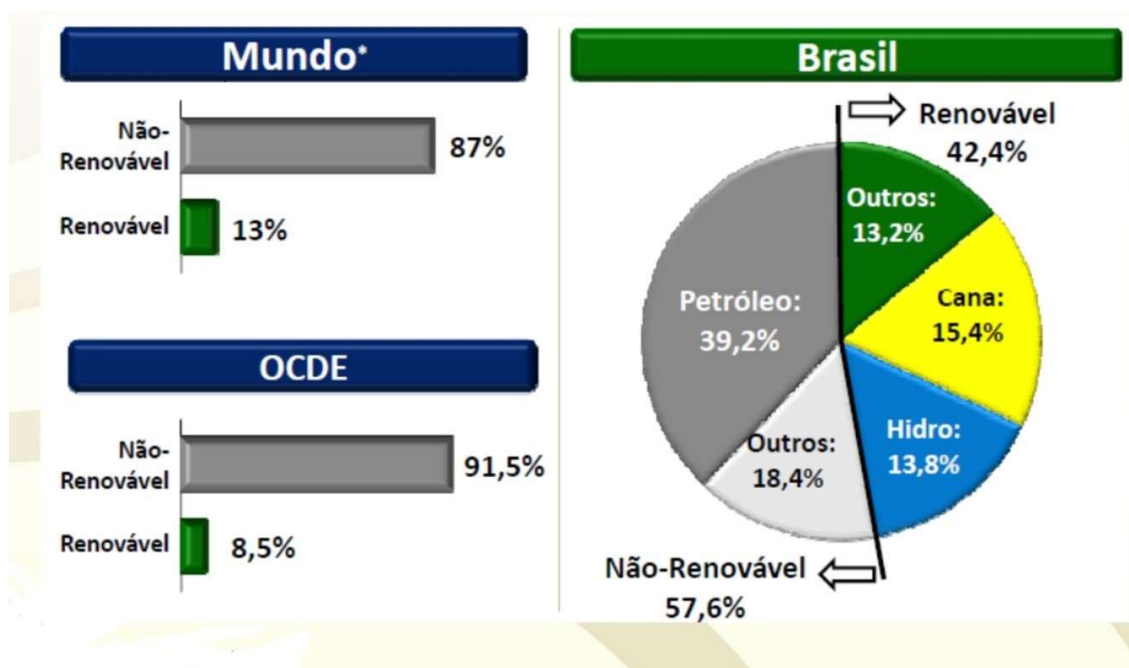
2. Objetivo

Realizar uma revisão bibliográfica visando mostrar como a obtenção de energia de forma sustentável é uma alternativa para tornar a matriz energética brasileira e mundial o mais limpa possível, diminuindo as emissões de poluentes, a médio e longo prazo, a fim de suprir as necessidades energéticas de que precisamos.

3. Brasil no cenário bioenergético

O Brasil tem a matriz energética mais limpa do mundo, como pode ser observado na figura 1, contando com aproximadamente 43% de suas fontes de energia provenientes da produção baseadas da energia solar e eólica, recursos hídricos, biomassa e também do etanol. Contando com uma ampla extensão territorial, vasta biodiversidade, altas taxas de irradiação solar, mão-de-obra e o desenvolvimento tecnológico, o Brasil pode elevar ainda mais este percentual, de modo a reduzir a dependência de fontes não renováveis de energia. (PACHECO, 2006).

Figura 1 – Matriz energética



Fonte: <https://pt.slideshare.net/AgriculturaSustentavel/agro-fescaf-2014>

Programas como, Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfra), foram desenvolvidos com o apoio do governo federal com o objetivo de incentivar a produção de energia limpa e diversificar ainda mais a matriz energética brasileira.

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), tem como objetivo implementar de forma econômica e sustentável a produção e uso do biodiesel, produzido com oleaginosas, que é apresentado como alternativa ao óleo derivado do petróleo, uma vez que não contém enxofre e contribui com mínimos níveis de poluição durante sua produção (MATTEI, 2010).

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei nº 10.438/2002, entrou em vigor, EM 2002, com o objetivo da diversificação da matriz energética brasileira, tendo em vista a produção de eletricidade através do desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis de energia para promover a segurança no abastecimento, a valorização das características e potencialidades regionais e locais, além da criação de empregos, capacitação e formação de mão-de-obra e redução de emissão de gases de efeito estufa (DUTRA, 2007).

O Protocolo de Quioto foi uma das várias medidas tomadas, envolvendo os países industrializados, com o objetivo de estes países reduzirem suas emissões de gases do efeito

estufa em pelo menos 5% e relação aos níveis de 1990, no período de 2008-2012. No segundo período de compromisso, as Partes se comprometeram a reduzir as emissões de GEE em pelo menos 18% abaixo dos níveis de 1990 no período de oito anos, entre 2013-2020. Entre os principais emissores de gases de efeito estufa, somente os Estados Unidos não ratificaram o Protocolo. No entanto, continuaram com responsabilidades e obrigações definidas pela Convenção (MOREIRA et al, 2008). No artigo 12 deste protocolo está descrito o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que apresenta a seguinte proposta: para cada tonelada de CO₂ retirada ou deixada de ser emitida na atmosfera, em projetos instalados para países em desenvolvimento, possa ser negociada no mercado internacional com a Redução Certificada de Emissões (RCE) ou um crédito de carbono (OLIVEIRA, 2007).

Neste sentido, vários projetos, pesquisas, programas e iniciativas estão sendo estudados e desenvolvidos com o objetivo de tornar a matriz energética global a mais limpa possível, diminuindo assim a dependência da utilização dos combustíveis fósseis como fonte principal de energia, reduzindo a emissão de gases poluentes e gerando impacto direto e significativo nos sistemas atuais de energia, na produção de alimentos, na segurança ambiental e climática e no desenvolvimento sustentável, tanto em regiões desenvolvidas como em desenvolvimento (LEMOS et al., 2012)

4. Efeito estufa

Normalmente, quando ouvimos falar no termo efeito estufa, logo pensamos em um problema ambiental, indicando que algo não está funcionando como deveria com o nosso planeta. O efeito estufa é um fenômeno natural e muito bem vindo, pois sem ele não existiria condições adequadas para que houvesse vida no planeta Terra, ela seria um planeta frio, com temperaturas abaixo de 10°C, se tornando inabitável (SANTOS, 2000).

A figura 2 mostra como ocorre o efeito estufa: A terra é aquecida pelos raios solares, parte desse calor é refletido e volta ao espaço, outra parte fica presa em nossa atmosfera (isso é o efeito estufa), gases emitidos por veículos, queimadas e indústrias fazem com que mais calor fique preso na atmosfera, o volume desses gases estufa ficou tão elevado que está alterando a temperatura do planeta (isso é o aquecimento global) (SANTOS, 2000).

Figura 2 - Como acontece o efeito estufa

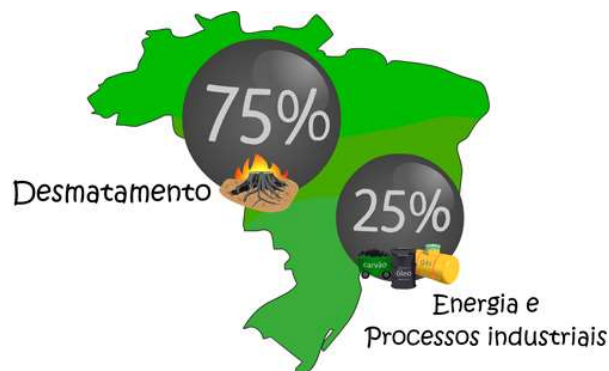


Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/oxidos-efeito-estufa.htm>

O grande problema está no quanto este efeito está sendo agravado, e isso está acontecendo principalmente pela ação antrópica, onde a emissão de dióxido de carbono (CO_2) está cada vez mais elevada, seja pelas queimadas demasiadas, pelas indústrias, pelos transportes, mudanças no uso da terra e florestas. Outros gases liberados pelo homem também aumentam o efeito estufa, são eles o Metano (CH_4), clorofluorcarbonetos (CFCs), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), e SF_6 (hexafluoreto de enxofre), a presença de CH_4 no ar, que, em termos de intensidade, prova um efeito equivalente a 21 vezes aquele ocasionado pelo CO_2 e a nível molecular o NO_2 é cerca de 206 vezes mais impactante que o CO_2 no que se refere ao aquecimento global. (OLIVEIRA et al, 2009).

4.1 Contribuição brasileira para mudança climática (fontes de CO_2)

Figura 3 – Desmatamento, energia e processos industriais.



Fonte: <http://blogecovida.blogspot.com.br/2009/08/qual-contribuicao-do-brasil.html>

O Brasil ocupa a quarta posição em emissão de gases do efeito estufa, devido a destruição de suas florestas. As queimadas e o desmatamento nas regiões da Amazônia são responsáveis por liberar para a atmosfera cerca de 75% de todo o CO₂ (OLIVEIRA et al, 2009).

Consequências do efeito estufa:

- ✓ Extinções de espécies e alteração de ecossistemas;
- ✓ Aumento da escassez de água devido a diminuição das chuvas;
- ✓ O aumento da temperatura do planeta (aquecimento global), já está levando ao derretimento das geleiras das calotas polares.
- ✓ Derretimento das calotas polares provoca o aumento na quantidade de água dos oceanos, podendo provocar em breve, o alagamento de cidades litorâneas e a submersão de ilhas.
- ✓ Maior frequência e intensidade de tempestades tropicais;
- ✓ Destruição da vegetação nativa – processo de desertificação e degradação do solo;
- ✓ Períodos de muito calor e de muitas chuvas em um curto espaço de tempo;
- ✓ Impacto na sociedade – alimento/moradia/miséria.

Esta é uma situação alarmante, mas para reverter essa situação a médio e longo prazo medidas cabíveis devem ser tomadas imediatamente, as indústrias precisam se adequar a esta nova realidade e desenvolver técnicas de redução da emissão dos gases do efeito estufa, como por exemplo, a obtenção de energia a partir de fontes renováveis, reduzindo poluentes e a emissão desses gases promovendo desenvolvimento sustentável, entre outros benefícios econômicos e sociais. Também devem ser realizados programas de conscientização, diminuindo a poluição das cidades, reduzindo a produção de lixo, conter as queimadas e o desmatamento e principalmente economizar energia e aumentar a área verde do planeta (SOUZA et al, 2015).

5. Energia renovável

Todas as fontes naturais de energia que conseguem se renovar, ou seja, são inesgotáveis, pois estão sempre se regenerando, recebem o nome de energia renovável. São consideradas energias limpas, pois poluem pouco ou não prejudicam o meio ambiente. Ou seja, a própria natureza a fornece, e seu uso não colabora para emissão de gases poluentes ou outros elementos tóxicos e prejudiciais para o meio ambiente (LUCON, 2007) .

5.1 Energias renováveis e as mudanças no cenário bioenergético

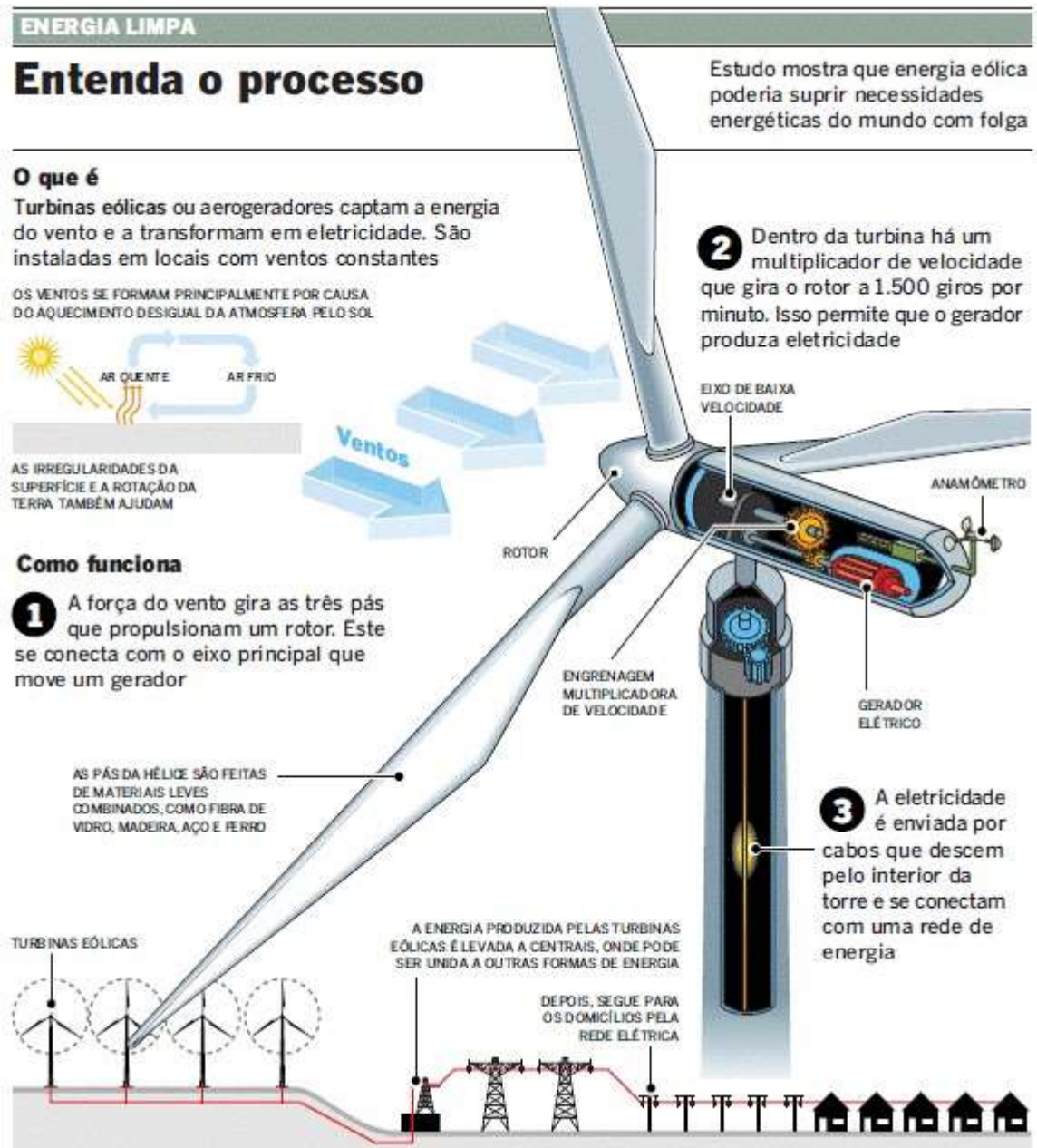
5.1.1 Energia eólica

O processo de produção de energia eólica se dá pela conversão da energia cinética dos ventos em energia mecânica, e já vem sendo utilizada pela humanidade a centenas de anos atrás, através do uso de um instrumento transformador como os moinhos de vento, que possibilitaram a moagem de grãos ou elevação de água, ou as velas de um barco que permitiram a navegação. E recentemente, o uso da força dos ventos vem sendo aplicado para fins elétricos. Desde então, vem se tornando cada vez mais conhecida e ganhando determinada importância como fonte alternativa para a produção de eletricidade (RIBEIRO et al., 2008).

A geração da energia eólica é realizada com o uso de aerogeradores, como ilustra a figura 4. Os aerogeradores apresentam hélices que se movimentam com a força dos ventos. Parte da energia cinética devido ao movimento dos ventos é transferida para as pás do rotor e se torna a energia rotacional das pás. Consequentemente, o eixo, que está acoplado às pás, gira junto com elas. A energia rotacional do eixo (que é a mesma que a das pás) é transformada em energia elétrica pelo gerador. Por fim, o transformador é responsável por distribuir externamente esta energia gerada. (LEITE et al., 2006).

Usualmente, a geração elétrica inicia-se com velocidades de vento da ordem de 3,0m/s, denominada velocidade de conexão ou de partida. Abaixo desses valores, a geração não é viável economicamente. Velocidades superiores a aproximadamente 12 a 15m/s ativam o sistema automático de limitação de potência da máquina, que pode ser por controle de ângulo de passo das pás ou por estol aerodinâmico, dependendo do modelo da turbina. Em ventos muito fortes, superiores a 25m/s, por exemplo, atua o sistema automático de proteção, que desconecta a unidade geradora da rede elétrica. Tais ventos são muito raros e indesejáveis, porque a turbulência associada é perigosa para a estrutura da máquina. Hoje, temos a possibilidade de armazenar a energia produzida em baterias, mas, por serem baterias de pequeno porte, demandam tecnologia cara (TOLMASQUIM, 2016).

Figura 4 - Aerogeradores



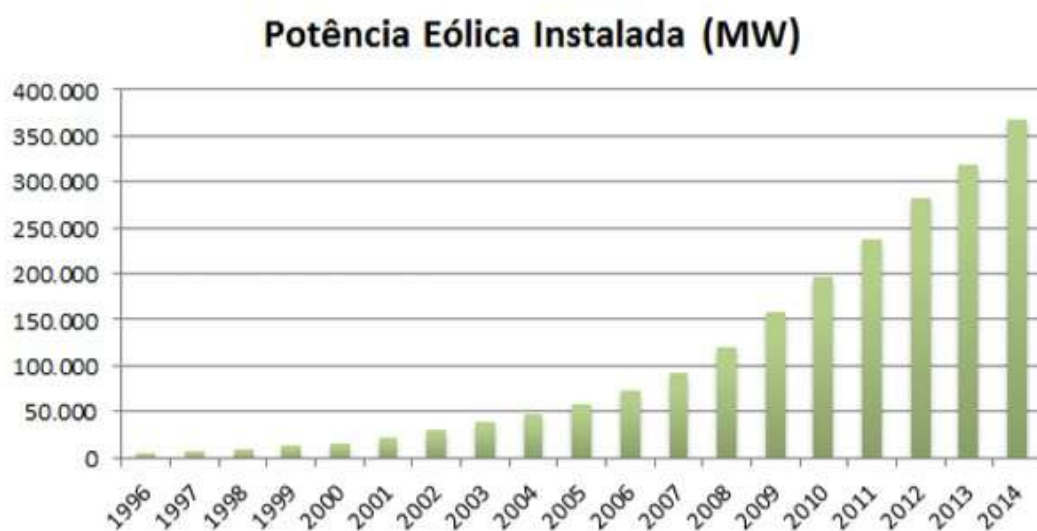
Fonte: <https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/custo-comparativo/>

A necessidade de se encontrar outros recursos para obtenção de energia limpa faz com que a humanidade compartilhe tecnologias, mecanismos de cooperação e estratégias para a implementação do (MDL) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (LIMA, 2003).

Com a crise do petróleo em 1973, o governo dos EUA foi levado a apoiar a pesquisa e o desenvolvimento da energia eólica, e após um período de amadurecimento da tecnologia, o período de 1981 e 1990 fica marcado pela expansão da energia eólica nos EUA, a Europa

também investe em energia eólica e a descoberta de recursos eólicos em algumas regiões, como na Dinamarca, levou à criação de um mercado estável nesse período. Depois de 1990 o mercado se concentrou na Europa. No final dos anos 1990 e inícios dos anos 2000 o mercado se diversificou mais pelo mundo, saindo do binômio EUA-Europa, e a partir do meio da década de 2000 a energia eólica já estava espalhada pelo mundo todo, chegando à década de 2010 como uma energia renovável de relevante contribuição para a redução de emissões de gases de efeito estufa de forma competitiva, sendo esta uma fonte de energia limpa e impacto ambiental mínimo. A figura 5 mostra a evolução da potência eólica instalada no mundo (TOLMASQUIM, 2016).

Figura 5 - Evolução da potência eólica instalada no mundo



Fonte: GWEC, 2015.

A energia eólica é uma fonte de grande interesse para a produção de energia elétrica no Brasil, devido à abundância deste recurso natural. Observando a tabela 1, nota-se a grande diferença entre o que está instalado e o potencial de geração do Brasil, o que aponta para grandes oportunidades de negócios.

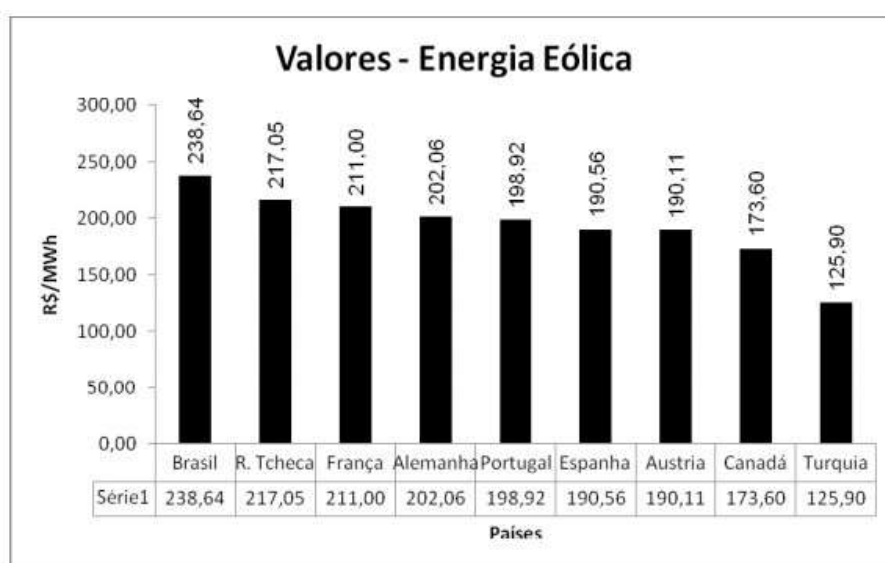
Tabela 1 - Energia eólica na América Latina - capacidade instalada e potencial eólico

País	Cap. Instalada (MW)**	Potência (MW)**
Brasil	247	140.000
México	87	40.000
Costa Rica	74	100.000
Caribe (sem Jamaica)	35	100.000
Jamaica	20	100.000
Argentina	29	10.000
Colômbia	20	20.000
Venezuela	-	10.000
Chile	20	5.000
Cuba	5	-
TOTAL	537	~325.000

Fonte: Alternativas energéticas: uma visão cemig.

A figura 6 mostra os valores da energia provenientes de fonte eólica no Brasil e países da Europa e América do Norte. Os elevados valores da energia vindos dessa fonte são observados em todos os países, mas originalmente o Brasil tem apresentado valores acima dos praticados em outros continentes, dificultando investimentos para o setor, devido aos altos custos de investimentos iniciais que consistem em gastos pré-projetos, tais como: análise de viabilidade técnica e financeira, incluindo medição local e estudos ambientais.

Figura 6 - Custo da energia do Proinfa

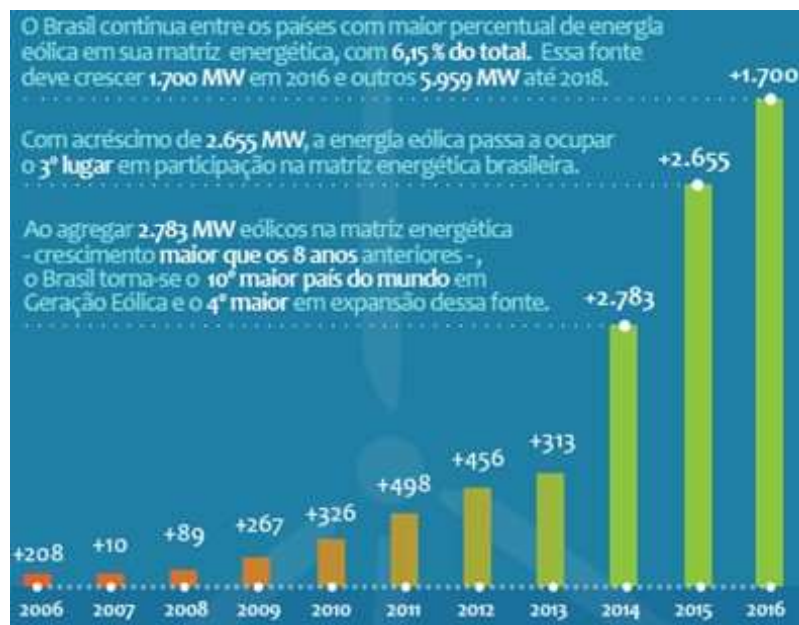


Fonte: wind-works.org

Cenário nacional

A figura 7 mostra a evolução e as perspectivas da energia eólica no Brasil.

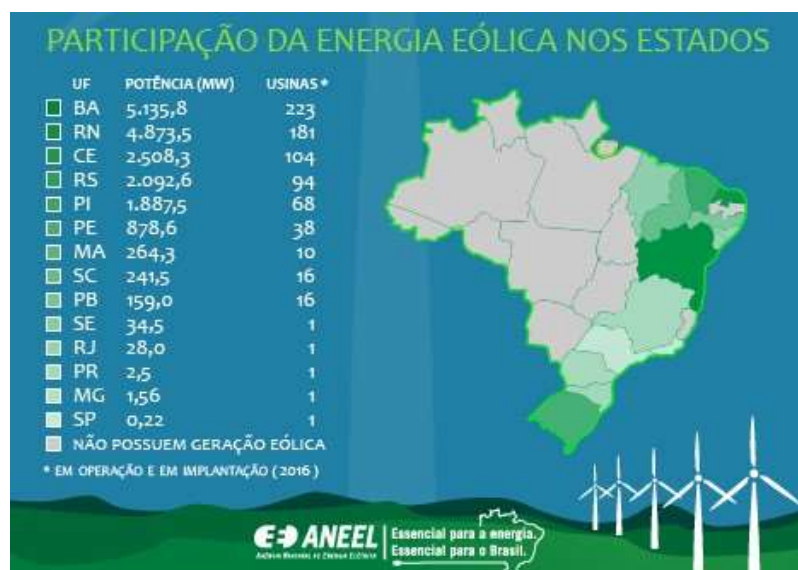
Figura 7 - Gráfico da evolução da energia eólica no Brasil



Fonte: <http://www.aneel.gov.br>

A participação da energia eólica no Brasil por estado pode ser observada na figura 8.

Figura 8 - Participação da energia eólica nos estados.



Fonte: <http://www.aneel.gov.br>

No Brasil, a primeira turbina de energia eólica foi instalada em Fernando de Noronha, em Pernambuco, em 1992. Na época, a geração de energia elétrica correspondia a 10% da energia gerada e consumida na ilha. Isso economizava 70 mil litros de óleo diesel por ano.

No início de 2015, o Brasil atingiu 6,4 GW de energia eólica em operação, representando 4,7% da energia gerada aqui e 10º lugar na geração eólica no mundo. Com os parques atualmente em construção, estima-se que até 2019 o país terá aproximadamente 600 parques eólicos em operação. Esses parques terão capacidade instalada de 18,5GW, e representarão em torno de 10% de toda a energia produzida no Brasil. O crescimento da fonte eólica no Brasil tem sido expressivo, mas se analisarmos seu potencial, ainda temos muito a explorar. Segundo estudos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Brasil tem potencial de 300GW de geração eólica, o que corresponde a 2,2 vezes a matriz elétrica brasileira (<http://casadosventos.com.br/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>).

5.1.2 Energia a partir da biomassa

Biomassa é qualquer organismo biológico que pode ser aproveitado como fonte de energia. Portanto, seriam exemplos de fontes de bioenergia, o carvão vegetal, o biogás resultante da decomposição anaeróbia de lixo orgânico e outros resíduos agropecuários, bem como os biocombustíveis líquidos, como o bioetanol e o biodiesel, e a bioeletricidade, gerada pela queima de combustíveis como o bagaço e a lenha. Quando a biomassa for queimada de modo eficaz ocorrerá então a produção de dióxido de carbono e água. Portanto, o processo acontece de maneira cíclica, sendo assim, a biomassa é considerada então um recurso renovável (MARTINS, 2004).

A biomassa é encontrada em 3 estados: sólido, líquido e gasoso. E de acordo com a sua origem, pode ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo).

O seu uso como fonte energética foi de suma importância para a evolução da humanidade, sendo que seu próprio meio de obtenção e uso foram progredindo simultaneamente, desde a lenha catada para cocção, proteção e aquecimento, até as modernas práticas de produção silvo-agropecuárias e industriais, de transformação e uso de biocombustíveis para geração de calor, eletricidade e força motriz, esta última, símbolo de

evolução tecnológica e ambiental, terá ênfase nesta parte do trabalho. (TOLMASQUIM, 2016).

A biomassa aparece neste cenário, como uma das fontes para produção de energia com potencial mais elevado de crescimento nos próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no interno, ela vem sendo citada como uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética, e como resultado disso temos a minimização da dependência dos combustíveis fósseis. O papel da energia da biomassa tem se modificado rapidamente devido a vários aspectos, e os que têm se destacados são os fatores ambientais, energéticos, climáticos, sociais e econômicos (ROSILLO-CALLE et al., 2005).

Etanol como combustível veicular

Devido ao grande índice de poluição e as emissões de gases do efeito estufa por parte das indústrias e dos meios de transporte, houve a necessidade de produzir um combustível que atendesse a demanda atual e acima de tudo minimizasse os danos causados ao meio ambiente, como alternativa, em meio inúmeros estudos, investimentos e pesquisas foi desenvolvido o bioetanol (JÚNIOR et al., 2008).

O bioetanol possibilita uma combustão mais limpa e um desempenho mais aprimorado dos motores, auxiliando na redução de emissões poluidoras (JÚNIOR et al., 2008).

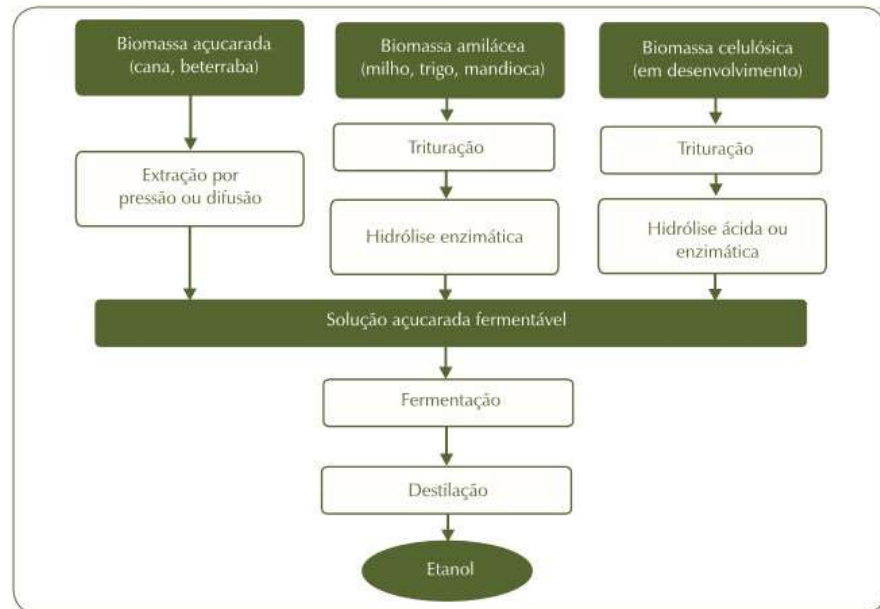
O bioetanol se destaca, evidentemente, por sua efetiva inserção nas matrizes energéticas em âmbito global. Em 2006, o bioetanol representou uma oferta energética e aproximadamente 3% da demanda mundial de gasolina e mais de dez vezes superior à produção de biodiesel no mesmo período (JÚNIOR et al., 2008).

Esse bicomcombustível pode ser obtido a partir de várias matérias-primas, o Brasil utiliza a cana-de-açúcar, o milho é mais comumente usado nos EUA, a União Européia extrai o álcool de batatas e beterrabas, a Tailândia e China utilizam a mandioca. (CARVALHO, 2013).

Atualmente, já se tem conhecimento de várias rotas tecnológicas para se obter energia a partir da biomassa. Considerando a produção do bioetanol com base nos açúcares, como é o caso da cana e da beterraba, o processo acontece de uma forma mais simples, uma vez que os açúcares já estão disponíveis na biomassa. O processo ocorre quando se extrai os açúcares (moagem), seguindo então para a próxima etapa, a fermentação, após esta etapa, o vinho resultante é destilado para a purificação do bioetanol. (JÚNIOR et al, 2008). Na figura 9 são

descritas as rotas tecnológicas para a produção de bioetanol, levando em consideração as diferentes matérias-primas de interesse

Figura 9 - Rotas tecnológicas para a produção de etanol.



Fonte: Elaboração de Luiz Augusto Horta Nogueira.

Entre os biocombustíveis líquidos, destacam-se o etanol e o biodiesel, nas configurações mostradas no quadro 1. Mediante rotas biológicas, o bioetanol pode ser produzido com base em qualquer biomassa que contenha quantidades significativas de amido ou açúcares.

Quadro 1- Análise geral dos biocombustíveis (bioetanol e biodiesel).

Biocombustível	Matéria-prima	Redução nas emissões dos GEE	Custo de produção	Produção de biocombustível por hectare	Terras utilizadas
Bioetanol	Grãos (trigo, milho)	Moderado a baixo	Moderado	Moderado	Terras férteis
Bioetanol	Cana-de-açúcar	Alto	Baixo	Alto	Terras férteis
Biodiesel	Óleos de semente (canola, soja etc)	Moderado	Moderado	Baixo	Terras férteis
Biodiesel	Óleo de palma	Moderado	Moderado a baixo	Moderado	Terras litorâneas e úmidas

Fonte: Adaptado da IEA (2005).

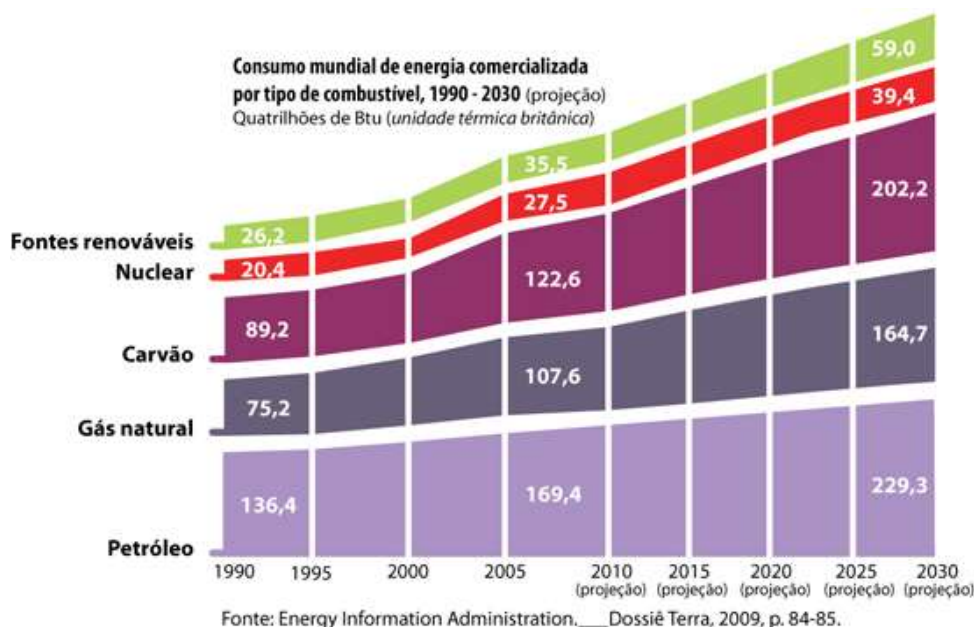
Atualmente, o uso da matéria-prima açucarada para a produção de bioetanol já é uma tecnologia madura, mas quando se trata da produção de bioetanol com base em material lignocelulósico da cana, como o bagaço e palha, os horizontes são outros, tendo como objetivo a obtenção de co-produtos, como a eletricidade, forma de energia que apresenta alto valor econômico, por unidade de energia produzida. Analisando esse cenário, espera-se que em meados de 2020 a relação de energia (produção de energia renovável/consumo de energia fóssil) para o bioetanol de cana seja próxima a 12, com emissões líquidas evitadas de aproximadamente 2.600 kg CO₂eq/m³ de bioetanol (MACEDO et al, 2008).

Em um trabalho realizado recentemente, vários estudos foram analisados, chegando a conclusão que, no caso das emissões, a produção de bioetanol de milho envolve uma emissão total de cerca de 1700 kg CO₂/m³, que seria equivalente a uma emissão líquida evitada de 130 kg CO₂eq/m³ de bioetanol. Note-se que esse valor é quase 15 vezes inferior ao observado no caso do bioetanol de cana.

Ambas as produções de bioetanol, a base de cana e a base de milho, apresentam tecnologias desenvolvidas, Sendo assim, espera-se que os próximos avanços na busca por um melhor desempenho ambiental para o bioetanol de milho estejam concentrados no uso da biomassa restante (palha), como combustível ou como insumo para ampliar a produção de bioetanol (JÚNIOR et al, 2008).

Pode-se constatar pela figura 10, que está havendo um aumento linear no consumo de energia de todas as fontes no mundo. O gráfico nos mostra a predominância do consumo das fontes de origem fóssil, em especial o petróleo, tanto na atualidade como das décadas futuras. Mas vale chamar atenção para o forte crescimento do consumo de fontes renováveis. No Brasil, a que ganha devido destaque, é a biomassa, que nos traz inúmeros benefícios ambientais, econômicos e sociais quando comparados aos combustíveis fósseis.

Figura 10 – Gráfico do consumo mundial de energia comercializada por tipo de combustível (1990 – 2030).



5.1.3 Energia hídrica

Há muitos anos que a energia hídrica vem sendo utilizada pelo homem, seu primeiro uso teve como objetivo substituir o trabalho animal pelo mecânico, particularmente para o bombeamento de água e moagem de grãos, e posteriormente para a geração de energia elétrica. Prática esta que se consolidou e se tornou uma das principais forma de produção de energia elétrica no Brasil e no mundo (TOLMASQUIM, 2016).

Essa alternativa de energia limpa resulta do movimento das águas dos rios, ou lagos obtida a partir da energia potencial de uma massa de água. É aproveitada graças a uma queda

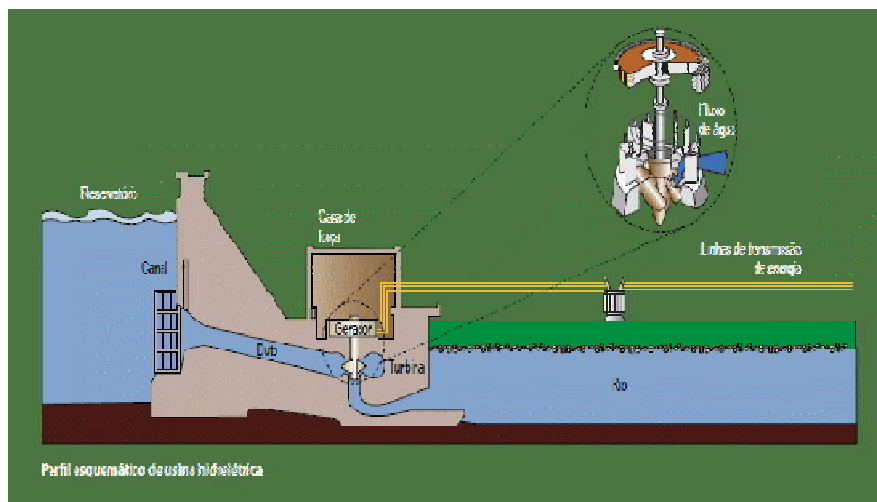
de água ou desnível que contém energia cinética, sendo aproveitada para produção de energia (TOLMASQUIM, 2016).

Para se produzir a energia elétrica a partir da força das águas é necessária a construção das chamadas usinas hidrelétricas. A construção dessas usinas devem ser feitas em locais adequados, que possuem característica natural de desnível, além de ter uma vazão mínima que garanta a produtividade. A energia elétrica gerada pela força da água em movimento é chamada energia potencial (NUSS et al., 2013).

A quantidade de água que percorre um rio durante um longo período de tempo nem sempre é a mesma. Em um período chuvoso a quantidade de água é bem maior. Logo, com o objetivo de aproveitar ao máximo as possibilidades de suprimento de energia de um curso de água, deve-se regularizar sua vazão, construindo os chamados lagos artificiais. Dele pode se tirar água quando o rio apresentar baixo volume ou quando estiver passando por um período de seca, garantindo a vazão necessária para o funcionamento da usina (NUSS et al., 2013).

Uma usina é composta basicamente, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força, canal de fuga e vertedouro. A barragem tem a função de interromper o curso normal do rio e formar um reservatório. O sistema de captação e adução são formados por canais, túneis ou dutos que levam a água até a casa de força onde se localizam as turbinas formadas por uma série de pás ligadas a um eixo conectado ao gerador, a água passa por essas lâminas fazendo a turbina girar, a partir dessa rotação o gerador ligado a essa turbina transforma a energia mecânica em energia elétrica. Pelo canal de fuga, a vazão de água que passou pela turbina é devolvida ao leito rio. No vertedouro ocorre a saída da água sempre que os níveis do reservatório ultrapassam os limites recomendados. A figura 11 representa o perfil esquemático de uma usina hidrelétrica (VERGÍLIO, 2012).

Figura 11- Perfil esquemático de uma usina hidrelétrica

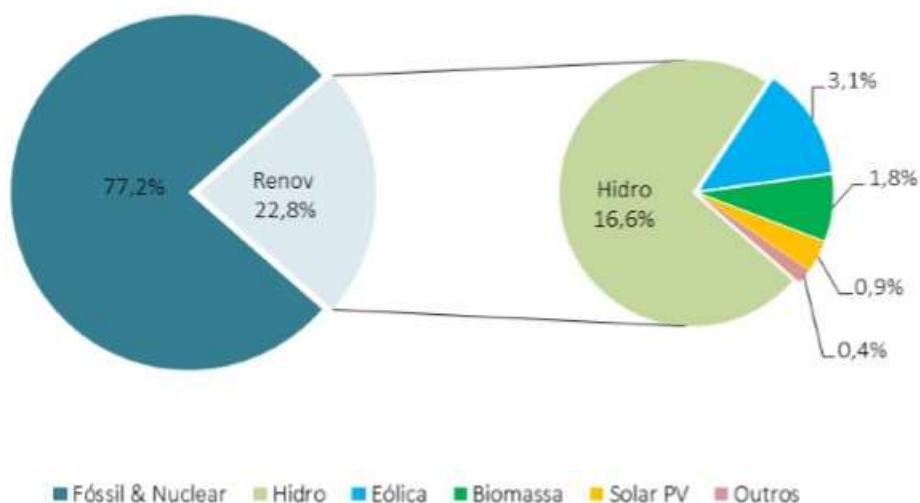


Fonte: ANEEL (2008)

Panorama mundial

Em 2014, aproximadamente 17% da produção global de eletricidade, estimada em 3900 TWh, foi proveniente de usinas hidrelétricas, representando cerca de 73% da eletricidade gerada por fontes renováveis, conforme mostra a figura 12. Tornando portanto, uma importante fonte de geração de energia elétrica.

Figura 12 - Produção de eletricidade em 2014 (3900 TWh).

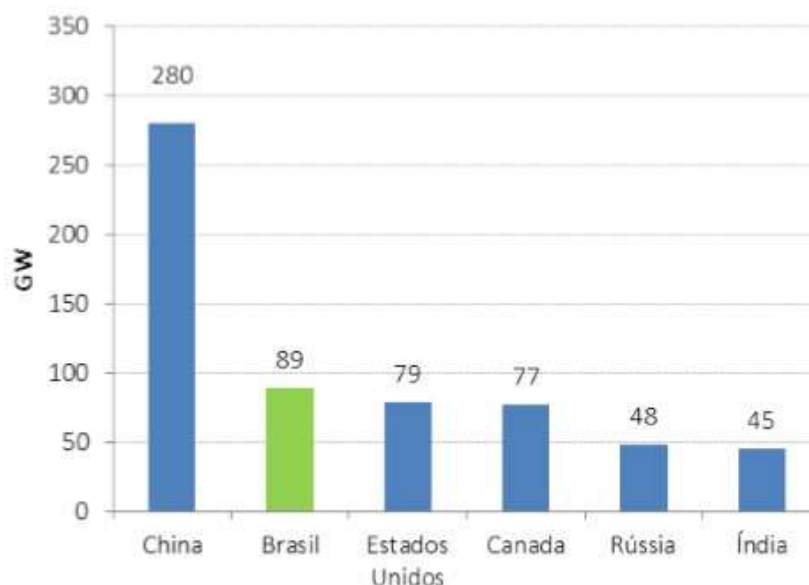


Fonte: Elaboração EPE, com base nos dados publicados em REN 21 (2015).

Ao longo de 2014, o parque hidrelétrico mundial expandiu cerca de 3,6% (37 GW), atingindo a capacidade instalada de aproximadamente 1055 GW (REN 21, 2015). Este

acréscimo ocorreu preponderadamente na China (22 GW), seguida do Brasil (3,3 GW), como ilustra a figura 13.

Figura 13 - Capacidade hidrelétrica instalada nos principais países em 2014



Fonte: Elaboração EPE, com base nos dados publicados em REN 21 (2015)

A expansão concentrou-se na América Latina e na Ásia, com destaques para o Brasil e sobretudo para a China, cuja produção praticamente triplicou. A expansão da hidreletricidade mais expressiva nestes países se deve às suas demandas crescentes e disponibilidade de recursos hídricos que, diferentemente da maior parte dos países mais desenvolvidos, ainda não foram extensamente explorados.

Ao contrário dos combustíveis fósseis, a fonte hídrica é renovável, uma vez que utiliza como combustível a água, que está sempre se renovando pelo ciclo hidrológico. Além disso, a geração de energia numa usina hidrelétrica não implica em consumo de água, sendo esta disponível para outros usos após a geração de energia. Por este motivo, a hidreletricidade é uma fonte economicamente competitiva, com baixo custo de operação quando comparada a outras fontes (TOLMASQUIM, 2016).

Deste modo, sendo a água um recurso de obtenção de energia limpa, a utilização da hidreletricidade colabora com a minimização da geração térmica no parque existente, e, como consequência disso, a emissão de gases de efeito estufa provenientes da matriz elétrica é

reduzida, colaborando com o melhoramento da matriz energética, se tornando cada vez mais limpa e sustentável (TOLMASQUIM, 2016).

6. Resenha energética

Em 2014, a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) chegou a 624,3 TWh, montante 2,1% superior ao de 2013 (611,2 TWh). Por fonte, merecem destaque os aumentos de 85,6% na oferta por eólica, de 43,4% por óleo, e de 30,9% por lixo e outras renováveis. A geração por gás natural e carvão, cresceram 17,5% e 24,2%, respectivamente.

Na biomassa, o destaque fica com o bom desempenho da geração por bagaço de cana, com crescimento de 8,1% em 2014. De fato, o setor sucroalcooleiro gerou 32,3 TWh em 2014, sendo 19,1 TWh destinados ao mercado e 13,2 TWh destinados ao consumo próprio. Assim, a geração por bagaço de cana representa 70% da geração total por biomassa, tendo sido gerados os 30% restantes, principalmente, pela indústria de papel e celulose, com a utilização de lixo, lenha e resíduos de árvores.

O Brasil é um dos países com maior presença de fontes renováveis de energia na matriz de transportes. Em 2014, a participação da bioenergia (etanol e biodiesel) na matriz ficou em 17,6%. Nos países da OCDE (Organização para a Cooperação de Desenvolvimento Econômico), as renováveis participavam com apenas 3,6% em 2012, percentual influenciado pelo consumo de etanol dos Estados Unidos. Nos demais países, a participação é pouco expressiva: 0,4%.

6.1 Emissões de CO₂

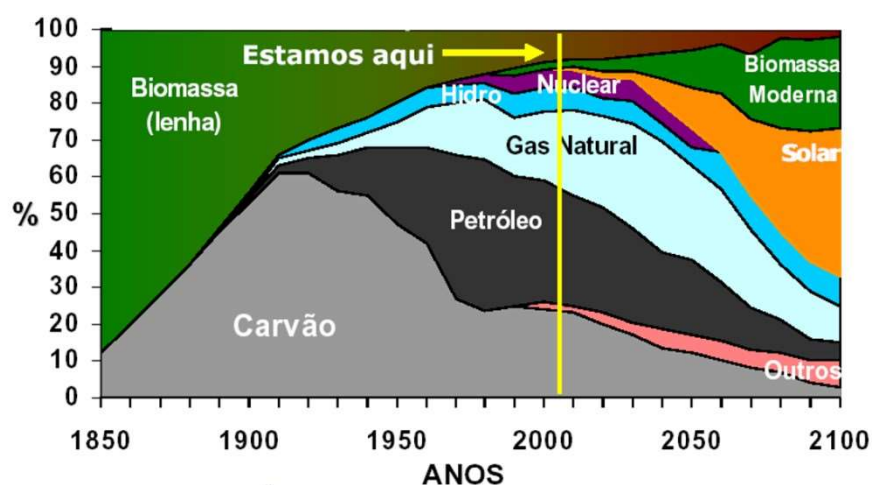
A expressiva participação da energia hidráulica e o uso representativo de biomassa na matriz energética brasileira proporcionam indicadores de emissões de CO₂ bem menores do que a média mundial e dos países desenvolvidos. No país, em termos de tCO₂/tep de energia consumida, o indicador do Brasil ficou em 1,59 (2014), enquanto que, nos países da OCDE, esse indicador ficou em 2,31 (2012) e, no mundo, ficou em 2,37 (2012). A China e os Estados Unidos, com uma emissão de 13.325 milhões tCO₂, responderam por 42% das emissões mundiais de 2012, que totalizaram 31.734 Mt (em 2010, a participação foi menor: 41,8%).

(Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+\(PDF\)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+(PDF)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;version=1.0)).

7. Evolução da matriz energética

No final do século XVIII, acontecia a revolução industrial, onde novas formas de energia substituíam a força animal, os músculos humanos, e a energia proveniente da queima do carvão e da lenha. Foram descobertas maneiras melhores de obtenção e utilização de matérias-primas, como por exemplo, o refinamento do petróleo, que tomou proporções grandiosas e se manteve por muito tempo como fonte básica de obtenção de diversas formas de energia, atendendo a demanda, porém, ao mesmo tempo, aumentando as emissões de poluentes ao meio ambiente. Com a eminente preocupação ambiental e sabendo que o petróleo não é um recurso infinito, a obtenção de energia de forma sustentável vem ganhando cada vez mais relevância e o petróleo deixa, aos poucos, de dominar este cenário energético, como pode ser visto na figura 14 (PELLEGRINI et al, 2014).

Figura 14 - O início de uma nova era.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/353041/>.

8. CONCLUSÃO

Com a grande discussão relacionada com o meio ambiente e a atual situação do planeta, várias formas de obtenção de energia limpa estão sendo estudadas, desenvolvidas e colocadas em prática com o objetivo de deixarmos de ser dependentes dos combustíveis fósseis que tanto agredem o meio ambiente. Mas, mais importante que procurar novas formas de obter energia, de aproveitar ou armazenar, é sem dúvida conseguir reduzir os seus gastos.

Cada região oferece condições que mais se adequam a sua realidade, tornando possível dessa forma o desenvolvimento de uma determinada forma de energia renovável, colaborando para que a matriz energética mundial se torne cada vez mais sustentável.

Os benefícios de uma matriz energética limpa, como por exemplo, o uso da energia hídrica, eólica e das biomassas, é observado claramente, pois reduzimos as emissões de particulados ao meio ambiente, aumentamos as práticas de reflorestamentos, minimizamos os índices de poluição das águas e do ar, garantindo dessa forma impactos mais positivos no ambiente em que nos encontramos.

E é nessa trajetória que veremos uma melhora na nossa qualidade de vida, respeitando o ambiente em que vivemos e que nos proporciona tudo que precisamos para sobrevivermos.

9. REFERÊNCIAS

BARROS, E. V. A matriz energética mundial e a competitividade das nações: bases de uma nova geopolítica. V. 9, n. 1, junho 2007. P. 47-56.

Companhia Energética de Minas Gerais. Alternativas Energéticas: uma visão Cemig. Belo Horizonte: Cemig, 2012. P. 369.

CARVALHO, L. C., BUENO, R. C. O. F., CARVALHO, M. M., FAVORETO, A. L., GODOY, A. F. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética .p, 542. Goiânia. 2013.

DUTRA, R. M. Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do Proinfra. 2007. Tese (programa de pós graduação). P. 415. Rio de Janeiro.

JÚNIOR, A. M. C., RAMUNDO, J. C. M., CALVACANTI, C. E. S., FILHO, P. S. C. F., PFEFER, N.I., ROSA, S. E. S., MILANEZ, A. Y., GALVÃO, A. C., POPPE, M. K. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável / organização BNDES e CGEE. – Rio de Janeiro : BNDES, 2008.

LEITE, A. P., BORGES, C. L. T., FALCÃO, D. M. Modelagem de Usinas Eólicas para Estudos de Confiabilidade. Revista Controle & Automação, Vol. 17, n. 2, p. 178-188, Abr-Mai-Jun 2006.

LEMONS, E. G. M., STRADIOTTO, N.R. Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação. P. 1069. Editora UNESPE. 2012. São Paulo.

LIMA, S. F. de. Relação entre desenvolvimento e meio ambiente: a incorporação da questão ambiental no processo de desenvolvimento. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003, p. 188.

LUCON, J. G. O. Energias renováveis: um futuro sustentável. Revista USP, São Paulo, n.72, p, 15, dezembro/fevereiro 2006-2007.

MACEDO, I. C. et al. "Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020". Biomass and Bioenergy, v. 32 (4), 2008.

MARCONDES, M., SAIDEL, M.A., JUNIOR, A.B. – Panorama dos Investimentos em Energia Eólica no Brasil e no Mundo – Artigo Científico – 2006 – Acesso em 20/02/17. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br>.

MARTINS, O. S. Seminário sobre a utilização de energias renováveis para eletrificação rural do norte e nordeste do Brasil. Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO. P. 32. Brasília. 2004.

MATTEI, L. Programa nacional para produção e uso do biodiesel no Brasil (pnpb): trajetória, situação atual e desafios. vol. 41, n. 04, 2010. p. 732 – 740. Santa Catarina.

MOREIRA, H. M., GIOMETTI, A. B. R. O Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no mecanismo de desenvolvimento limpo por meio de projetos em energia limpa. Rio de Janeiro, vol. 30, n 1, janeiro/abril 2008, p. 9-47.

NUSS, A. E. G., TABACHINI, G. A., TESSAROLO, P. H. F., NEGRÃO, P. H. B. O uso das usinas hidrelétricas como uma energia renovável. P. 9. 2013.

OLIVEIRA, G. B., BATISTA, L. F., AZEVEDO, P. H. P., VIVE, V. A. O efeito estufa. Faculdade de Ciência e Tecnologia. P, 26. Presidente Prudente. 2009.

OLIVEIRA, J. G. Perspectivas para cogeração com bagaço de cana-de-açúcar: potencial do mercado de carbono para o setor sucroalcooleiro paulista. P. 160. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2007.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves conceitos**. Conjuntura e Planejamento, Salvador: SEI, n. 149, p. 4-11, Outubro/2006.

PELLEGRINI, M. C., DIAS, A. M., GRINBERG, K.. SIM(Sistema de ensino): História. 8º ano, módulo 2, 1º edição, P. 241-298. São Paulo: FTD. 2014.

RIBEIRO, H. C. M.; PIEROT, R. M.; CORRÊA, R. Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo: um estudo de caso na empresa de energia eólica do estado do Piauí. REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade, p. 29, Vol. 2, nº 2, 2012.

ROSILLO-CALLE, F., BAJAY, F. V., ROTHMAN, H. Uso da biomassa para a produção da energia na indústria brasileira. Tradução José Dilcio Rocha e Maria Pulo G. D. Rocha. Campinas – São Paulo. Editora UNICAMP, 2005. Tradução de: Industrial uses of biomass energy: the example of Brazil.

SANTOS, M. A. Inventário de emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro. P, 148. Rio de Janeiro. 2000.

SOUZA, G. M., VICTORIA, R. L., JOLY, C. A., VERDADE. L. M. Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps. p, 735. São Paulo. 2015.

TOLMASQUIM. M. T. Energia renovável (hidráulica, biomassa, eólica, solar e oceânica). EPE. P. 38-131. Rio de Janeiro. 2016.

VERGÍLIO, K. E. P. Geração distribuídas e pequenas centrais hidrelétricas. Alternativas para a geração de energia elétrica no Brasil. Trabalho de Conclusão de curso apresentado à escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. P. 32. São carlos. 2012.

Disponível em: <https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/custo-comparativo/>

Disponível em: <http://casadosventos.com.br/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>. Acesso em 20/02/17.

Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf. Acesso em 22/02/2016. Biomassa – Atlas de Energia Elétrica do Brasil.

Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/353041/>. Acesso em 21/05/2017.

Disponível em: <http://www.eumed.net/librosgratis/2009d/610/A%20utilizacao%20mundial%20de%20biomassa.htm>. Acesso em 23/02/2017.

Disponível em: <https://fomatheus.wordpress.com/2015/02/10/matriz-energetica-brasileira/>. Acesso em 26/03/2017.

Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+\(PDF\)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+(PDF)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;version=1.0). Acesso em 07/05/2017.

Disponível em: Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/oxidos-efeito-estufa.htm>. Acesso em: 05/07/2017.