



ENERGIAS RENOVÁVEIS – TIPOS, DEFINIÇÕES, IMPLEMENTAÇÃO

RESUMO

O aquecimento global é uma preocupação constante, assim, atualmente, a discussão sobre sustentabilidade e energias renováveis são tópicos muito debatidos. Pretende-se com este artigo identificar tipos de energias renováveis existentes, descobertas mais recentes sobre o tema, como forma de substituição aos combustíveis fósseis utilizados na geração de energia elétrica para atendimento à demanda da sustentabilidade (relação produção e consumo). Para tanto, levantou-se a seguinte questão: Existe viabilidade na utilização de energias de fontes renováveis para produção de eletricidade em substituição a combustíveis fósseis utilizados atualmente? Como forma de responder a essa pergunta, o presente estudo será embasado por uma pesquisa de natureza qualitativa, por meio de revisão bibliográfica. Devido à dificuldade de encontrar estudos idênticos, a pesquisa foi realizada de forma fragmentada, sem uma análise precisa, principalmente em relação a custos de investimento atual. Considerando o território brasileiro, sua geografia e sua localização no globo, bem como suas estações do ano, o Brasil é privilegiado para aplicação, na sua grande maioria, das energias renováveis analisadas, comparado com outros países, devido sua posição de excelência - clima, extensão de território, etc. Todas as fontes de energia estudadas são renováveis, nem todas apresentam-se totalmente limpas, todavia sobressaem-se aos recursos fósseis. A dificuldade de implementação em larga escala se dá, principalmente, devido a custos altos e investimentos paupérrimos, seja por incentivo governamental, seja por conhecimento técnico ou até mesmo escassez tecnológica.

Palavras-chave: Energias renováveis. Sustentabilidade. Efeito estufa.

INTRODUÇÃO

Este artigo científico surgiu como trabalho final da disciplina de Materiais de Construção Civil II, ministrada pelo professor Maicon A. de Souza, tendo como base uma dissertação acerca do assunto energias renováveis.

DECKER, Ricardo.
Acadêmico do Curso de
Engenharia Civil (SINERGIA).
vinhab26@hotmail.com

SOUZA, Maicon Anderson de.
Pós-Graduação em nível de
Especialização em Engenharia
de Segurança do Trabalho
(FURB); Graduação em
Engenharia Civil (FURB).
Engenheiro de segurança do
trabalho. Professor (SINERGIA).
Coautor.
eng_maicon@hotmail.com
<http://lattes.cnpq.br/2219870751291>
343

DECKER, Ricardo; SOUZA, Maicon
Anderson de. Energias renováveis –
tipos, definições, implementação. **REFS –
Revista Eletrônica da Faculdade
Sinergia**, Navegantes, v.10, n.16, p. 24 -
36, jul./dez. 2019.

Optar por algum desse tipo de energia, torna-se evidente ao se observar sua importância e seu debate atual em nossa sociedade, com projetos criados para diminuir o uso de combustíveis fósseis e sua consequente poluição do meio ambiente. Sua substituição por uma forma mais limpa de energia, que não agrida o meio ambiente é sustentavelmente importante.

No intuito de responder a questão: Existe viabilidade na utilização de energias de fontes renováveis para produção de eletricidade em substituição a combustíveis fósseis utilizados atualmente?, tem-se como objetivo: identificar tipos de energias renováveis existentes, descobertas mais recentes sobre o tema, como forma de substituição aos combustíveis fósseis utilizados na geração de energia elétrica para atendimento à demanda da sustentabilidade (relação produção e consumo). Elencou-se, então, como objetivos específicos: a) compreender o funcionamento de conversão de cada energia renovável estudada; b) identificar a viabilidade de implementação dessas fontes renováveis no Brasil como fonte de energia elétrica; c) averiguar se todas as fontes de energia renovável estudadas são limpas e

atendem critérios de sustentabilidade; d) verificar a possibilidade de implementação de cada energia renovável em larga escala.

Este artigo tem natureza qualitativa, por meio de revisão bibliográfica, sendo utilizados livros (PHILIPPI JR; REIS, 2016; RASHID, 2014; REIS, 2011; SPIRO; STIGLIANI, 2009) e trabalhos científicos (ARBOIT et al., 2013; BIANCHINI, 2013; NASCIMENTO, 2015; QUEIROZ et al., 2013; SOUZA, CUNHA, SANTOS, 2013, dentre outros), como base para fundamentação teórica.

Fica claro que o território brasileiro, sua geografia (clima, extensão de território, etc.) e sua localização no globo, privilegia o Brasil para aplicação, na sua grande maioria, das energias renováveis analisadas, comparado com outros países. Todas as fontes de energia estudadas são renováveis, nem todas apresentam-se totalmente limpas, todavia sobressaem-se aos recursos fósseis. A dificuldade de implementação em larga escala se dá, principalmente, devido a custos altos e investimentos paupérrimos, seja por incentivo governamental, seja por conhecimento técnico ou até mesmo escassez tecnológica.

1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

A alteração das formas de fabrico de energia, juntamente com a ampliação de fontes renováveis, que possibilitam, ao decorrer desta nova fase, modificar de uma matriz energética baseada em recursos fósseis para uma matriz energética predominantemente renovável (recurso que se reabastece naturalmente: chuva, sol, vento, maré, energia geotérmica), eventualmente sejam o tema mais discutido e popular deste cenário junto à sustentabilidade, observando as discussões relacionadas ao aquecimento global e às mudanças climáticas (PHILIPPI JR; REIS, 2016).

A crescente expansão da discussão acerca da sustentabilidade no mundo, hoje, se deve ao fato dos “[...] impactos causados ao meio ambiente, principalmente, na queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, carvão

mineral, gás natural, etc. (BIANCHINI, 2013, p. 02).

Sustentabilidade, de acordo com Martins e Cândido (2010 apud NASCIMENTO, 2015, p. 16) baseia-se “[...] no crescimento das relações de produção e consumo, tem como principais implicações o aumento da poluição e aumento nos níveis de desigualdade social e de concentração de riquezas.”

A Declaração de Joanesburgo (2010) concebeu o conceito de desenvolvimento sustentável com base em três pilares: econômico, social e ambiental, “[...] prosperidade econômica, equidade social e qualidade ambiental, sendo igualmente importantes.” (TRIBESS-ONO; PANUCCI-FILHO, 2012, p. 05).

Nesse contexto, para que empresas obtenham destaque no cenário mundial, precisam demonstrar preocupação com questões sustentáveis, o que as obriga a traçar planos de metas que abarquem, integrem e mantenham equilíbrio de suas ações em relação a estes pilares, como forma de garantir a sustentabilidade do desenvolvimento.

No pilar social, a preocupação está concentrada nas relações, responsabilidades, transformações, planejamentos, impactos, desigualdades sociais. Para as empresas o produto é pensado nesse contexto, por exemplo; sua colocação no mercado levará em consideração o ambiente, a localização, as pessoas, como essa vertente fabril se comporta, como influencia o dia a dia das pessoas, etc.

No pilar econômico, a preocupação é, obviamente, com a viabilidade financeira da empresa e suas implementações sustentáveis. Naturalmente, qualquer empreendimento precisa de lucro para se manter competitivo no mercado, sendo assim, todo empreendimento deve levar em consideração, de modo harmônico e eficiente, o crescimento e a prosperidade econômica da organização. Este, conseqüentemente, influenciará no desenvolvimento dos demais pilares do desenvolvimento sustentável.

Por fim, o pilar ambiental. Aqui reside o assunto ao qual se tem interesse neste artigo científico, visto que, tudo que se relaciona a cuidados com a natureza se relaciona com este pilar, como: destinação correta de resíduos, reciclagem de lixo, energias renováveis, entre outras. A preocupação com as futuras gerações é real e urgente, pois percebe-se cada vez mais “[...] a limitação dos recursos naturais, a degradação ambiental e o consumismo desenfreado, então as alternativas para conter o desequilíbrio do sistema, se apoiam no conceito de desenvolvimento sustentável.” (TRIBESSONO; PANUCCI-FILHO, 2012, p. 02). Constatase, assim, que o meio ambiente tem participação direta no processo de gerenciamento de uma organização e relação direta com os outros pilares.

O Brasil é, segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 (ano base 2016), líder

entre os países que utilizam fontes renováveis em sua matriz (MINISTÉRIO..., 2017).

A seguir serão demonstrados tipos de energias renováveis que estão sendo estudados e aplicados recentemente, como funcionam, viabilidade de implementação, preocupações em relação à sustentabilidade e quais as dificuldades de implementação em larga escala. Os tipos de energias que serão abordadas neste estudo são: solar, eólica, oceânica, hidrelétrica, geotérmica e de biomassa.

1.1 ENERGIA SOLAR

O sol é a maior fonte de energia existente, desta forma, é o meio mais favorável, sustentável para conversão de energia térmica. Pode-se dizer, que é o principal tipo de energia renovável, visto que, as demais formas de energia necessitam da radiação solar para existir, com exceção da energia geotérmica (NASCIMENTO, 2015).

Trata-se de uma forma de energia concebida a partir do calor do sol ou da luz solar, fornecendo “[...] anualmente para a atmosfera terrestre cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia. Esse valor corresponde a 104 vezes o consumo mundial de energia neste período.” (BIANCHINI, 2013, p. 6). Assim, esse recurso energético vem ganhando cada vez mais notoriedade, apesar de tornar-se uma fonte cara, devido à exigência de tecnologia para aproveitamento e armazenagem (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Sua implementação demanda medições e cálculos matemáticos para demonstrar os locais de maior incidência dos raios sobre a terra, onde a variação depende da altitude, amplitude do local e até mesmo da própria temperatura, para facilitar a melhor forma de captação da energia.

Para Pereira et al. (2006 apud TSURUDA et al., 2017, p. 1), “[...] o aproveitamento da energia solar é vantajoso em todo o território, mesmo nas regiões menos favorecidas pela irradiação solar.” Conforme já mencionado, pode ser vista como uma fonte cara em relação a combustíveis fósseis, todavia se refletido que o pico de consumo de energia está ligado a dias quentes, esse calor é propício para geração maior de energia solar térmica, tornando esta

bem mais atrativa como investimento (SPIRO; STIGLIANI, 2009) e desfrute futuro.

Spiro e Stigliani (2009, p. 54) detalham que a implementação desse tipo de energia pode ocorrer por meio de projetos passivos ou ativos:

Um projeto passivo maximiza a captura da energia solar direta para suprir a maior parte das necessidades [...] de um ambiente. Para isso, a edificação e suas janelas devem estar orientadas de modo a permitir a radiação solar no inverno e repeli-la no verão. Materiais densos, tais como concreto e pedra, são capazes de absorver radiação solar e armazená-la de forma a evitar flutuações de temperatura.

A ‘Parede Trombe’, revestida de material escuro acumula calor e somada a uma fachada de vidro separada por um vão de 2 a 4 cm é um exemplo de projeto passivo (SPIRO; STIGLIANI, 2009). Ao passar pela vidraça, o calor é atraído pela superfície escura e, automaticamente, armazenado e direcionado “[...] para o interior do ambiente através da parede de alvenaria.”, assim, o ambiente fica aquecido e confortável por um tempo, à noite, após um dia de irradiação (SPIRO; STIGLIANI, 2009, p. 54).

Já o projeto ativo constitui-se como outra alternativa, na qual:

[...] uma fonte de energia que não a solar move o sistema. [...] a água circula através de coletores de placa plana sobre o telhado, onde é aquecida pelo sol e bombeada para um tanque de armazenamento, que fornece calor e água quente. Esses edifícios também funcionam melhor quando a demanda de calor e água quente é minimizado por isolamento e conservação de água adequados (SPIRO; STIGLIANI, 2009, p. 54).

Esse tipo de energia minimiza gastos, representando uma economia de até 85% em uma conta mensal no consumo de água quente, mesmo assim, seu uso fica quase que restrito às residências e escritórios para aquecer a água e iluminar (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Além desta forma de captação de energia solar, existem mais duas variações, como poderá ser averiguado a seguir. A primeira tecnologia utiliza-se da energia do sol para produção de energia térmica que aquece o fluido e gera potência mecânica ou elétrica; já a

segunda, transforma a energia do sol em energia térmica prontamente, com ajuda de determinados materiais.

Independente de como a luz solar será aproveitada, a fatura desse recurso é inegável e faz com que a utilização deste, para geração de energia, cresça em ritmo acelerado para atender programas de desenvolvimento sustentável.

No entanto, apesar de energia limpa e renovável, sua utilização requer alguns cuidados em relação a impactos ambientais. Apesar desse processo gerar menos resíduos, processos industriais sempre utilizam reagentes tóxicos e nocivos, “[...] além de um grande desprendimento energético para a aferição de elevadas temperaturas.” (NASCIMENTO, 2015, p. 69).

1.1.1 Eletricidade solar térmica

Com os estudos adequados, a ampliação da coleta dos raios solares pode ser expandida e utilizada para abastecimento industrial e até mesmo municipal, passando para uma utilização em larga escala.

A eletricidade solar térmica trata-se de aproveitamento da radiação solar para aquecimento do fluido de transferência localizado no interior dos coletores da luz solar, que em seguida é acumulado num tanque térmico e gera a eletricidade, servindo para aquecimento de água, de ambientes, dentre outros.

Spiro e Stigliani (2009) destacam três tipos de projetos de eletricidade solar térmica: calhas parabólicas, torres solares e sistemas de disco. Bianchini (2013) coaduna-se aos autores supracitados, todavia intitula as tecnologias de forma diferente em seu estudo: a) sistema cilindro parabólico (calhas parabólicas), b) sistema de torre de receptor central (torres solares), c) sistema de pratos parabólicos concentradores (sistemas de disco) e, ainda, acrescenta: d) concentradores Fresnel. Em ambos os tipos empregam-se espelhos que concentram os raios solares em até 5.000 vezes e, desta forma, geram altas temperaturas.

A calha parabólica ou sistema cilindro parabólico apresenta-se como a tecnologia mais testada e comprovada dentre esses tipos, sendo considerada com probabilidade de aplicação em menor prazo (SPIRO; STIGLIANI, 2009). Consiste em uma tubulação curvada que recebe e absorve o calor dos raios solares, organizada em fileiras coexistentes e ligadas entre si. O fluido que passa “[...] pela tubulação é aquecido a cerca de 400 °C e o calor é utilizado para gerar eletricidade em um gerador a vapor convencional” (SPIRO; STIGLIANI, 2009, p. 54). Esse fluido “[...] pode ser óleo, sal fundido, ou alguma outra substância que retenha bem o calor (BIANCHINI, 2013, p. 15).

A torre solar ou sistema de torre de receptor central refere-se a um campo de helióstatos, instrumento móvel que permite que os espelhos receptores girem, fazendo com que a “[...] a radiação solar direta seja refletida de forma constante em uma direção, direcionando os raios solares refletidos para o receptor central no alto da torre” localizado próximo ao campo de helióstatos (BIANCHINI, 2013, p. 22). O calor absorvido queimará o fluido (sal fundido) aproximadamente a 565 °C, podendo este já ser utilizado, como armazenado para utilização futura na geração de vapor, e, conseqüentemente de energia térmica. Essa tecnologia, apesar de menos ‘madura’ comercialmente, chega a suprir uma demanda de 65% do ano, sendo estimado que sua eficiência possa ser mais explorada e a menor custo quando comparado ao armazenamento das calhas parabólicas (BIANCHINI, 2013; SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Os discos solares, a mais eficiente de todas as tecnologias solares, podem chegar a temperaturas de 800° C e geram de 5 KW a 50 KW, convertendo a [...] energia solar em eletricidade da ordem de 29,4%, no pico de eficiência” (SPIRO; STIGLIANI, 2009, p. 55).

Nesta tecnologia:

O prato parabólico concentrador é normalmente constituído por um coletor (espelhos parabólicos independentes), um receptor, um motor Stirling e um gerador. O coletor foca a radiação normal direta para o receptor, que transfere calor para o fluido de trabalho que aciona um motor de ciclo Stirling,

para acionar o gerador (BIANCHINI, 2013, p. 24).

Por sua vez, converte a energia solar em energia térmica.

Este projeto pode tanto trabalhar de forma independente, como numa composição de vários discos. Apresenta eficiência em concentração de calor e baixa perda térmica.

A eletricidade solar precisa ainda ser submetida a estudos, desta forma, mais experiência sobre será adquirida, conseqüentemente, melhoras significativas na produção de energia serão implementadas, reduzindo custos de implantação e aumento da escala energética. Ações que contribuirão para maior adesão desta forma de energia no futuro.

1.1.2 Energia solar fotovoltaica

Através do efeito fotovoltaico, os raios solares coletados por painéis solares são convertidos em eletricidade, diferente da eletricidade solar térmica, devido, à utilização de células fotovoltaicas. Essas células (dispositivo composto de material semicondutor), ao receberem a luz solar fazem com que os elétrons absorvam fótons que são transportados pelo semicondutor e ficam disponíveis para serem usados como energia elétrica.

Composta na sua grande maioria de silício (óxido de Silício SiO², componente principal da cerâmica, do cimento e do vidro, etc.), as células foram desenvolvidas para uso em estação espacial e, ainda, passaram por mais quatro décadas por estudo para utilização nessa tecnologia de conversão em energia. A escolha do silício como matéria-prima se deve por seu maior rendimento para aplicação em larga escala, além de serem encontradas facilmente no Brasil jazidas de quartzo, de boa qualidade e, ainda pelos avanços tecnológicos em relação a sua manipulação serem recorrentes (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015; SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Além do Silício, seja monocristalino, policristalino e amorfo, pesquisas recentes demonstram tecnologias diferentes sendo utilizadas na fabricação de células fotovoltaicas:

a) disseleneto de cobre, índio e galio; b) telureto de cádmio; c) semicondutores orgânicos.

A tecnologia fotovoltaica pode ser instalada em quase qualquer lugar do planeta. Seu sistema opera de forma silenciosa e pode durar até 25 anos, podendo fornecer energia para as coisas mais simples do nosso dia a dia (calculadores, relógios, pequenos utensílios, etc.), assim como para “[...] satélites de comunicação, bombas hidráulicas, iluminação, eletrodomésticos e máquinas em residências e locais de trabalho.” (RASHID, 2014, p. 727), sinais de trânsito e de rodovias.

Spiro e Stigliani (2009) apontam como vantagens da energia fotovoltaica: a versatilidade e simplicidade; menor custo quando comparado à construção de extensões de rede; não dependência de alta irradiação, todavia requer, através de cálculos e análise, identificar onde o nível de radiação incide, para apontar onde os painéis serão implantados.

Apesar deste sistema ser oneroso devido ao alto investimento inicial, houve expressiva redução do custo desta fonte de energia ao longo dos anos. Ainda, se levado em consideração a necessidade de implementação de novas energias que não as fósseis e as vantagens que esta apresenta, somado a estudos constantes realizados, percebe-se que é uma tecnologia que expressa grande possibilidade de expansão.

Nesta monta, dentre tudo já explanado, valida-se a viabilidade da utilização em larga escala desta forma de energia, tendo potencial para uma melhora e uma ampliação de uso exponenciais devido a alguns incentivos governamentais e ao amplo território existente no Brasil para aproveitamento.

1.2 ENERGIA EÓLICA

Utilizado há mais de 2000 anos como forma de energia, seja para impulsionar embarcações, engrenagens de moinhos, dentre outros, o vento como fonte para geração de eletricidade - a energia eólica, é algo recente, mas com crescente expansão (SOUZA, CUNHA, SANTOS, 2013; SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Resultante do ar em movimento, a tecnologia da energia eólica se utiliza do vento que é formado pelas “[...] diferenças de temperatura do ar associadas às diferenças nas taxas de aquecimento solar” (SPIRO; STIGLIANI, 2009, p. 64), para formação de energia elétrica (RASHID, 2014; SOUZA, CUNHA, SANTOS, 2013; SPIRO; STIGLIANI, 2009). Ainda, pode ser utilizada para fins mais simples como “[...] carregar baterias, bombear água, moer grãos, [...]”, etc. (RASHID, 2014, p. 736).

A implementação desta fonte de energia depende da escala que se pretende ter. Sua utilização pode ser para aplicações em lugares isoladas, bem como associadas à rede elétrica. Para geração em escala maior, a quantidade de turbinas a serem empregadas, agrupamento em parques eólicos, assim como a disposição das mesmas, são pontos chave (RASHID, 2014). Essas turbinas comumente têm formato de moinho ou cata-vento, com pás propulsoras e estão localizadas sobre as torres, podendo ser encontradas em dois tipos: as de eixo horizontal e as de eixo vertical (mais raras devido ao pouco aproveitamento do vento).

Quanto mais alta for a torre, maior proveito é tirado do vento e menor turbulência é propiciada, todavia, em casos de ventos muito fortes, estarão suscetíveis a falhas na estrutura (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Sua implementação requer estudo quanto ao lugar “[...] onde o vento sopra com uma força significativa e consistente” (RASHID, 2014, p. 736), pois ventos turbulentos e falta de estabilidade podem diminuir a sua eficiência. Para Rashid (2014), a velocidade do vento e sua qualidade são fatores críticos. Grubb e Meyer (1993 apud SOUZA, CUNHA, SANTOS, 2013, p. 13) expressam que, “[...] para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m², a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s.”

De fonte natural e com característica renovável, a energia eólica “[...] não polui durante sua operação, portanto é vista como uma contribuição para a redução de emissão de

gases de efeito estufa e na redução da concentração de CO₂” (SOUZA, CUNHA, SANTOS, 2013, p. 12) e na sua implantação o impacto ocorre na área de instalação da base do concreto, de forma pontual, com redução ou porcentagem quase nula de contaminação do solo, tanto na sua operação, quanto na sua manutenção. No entanto, devido ao funcionamento mecânico e pelo fluxo de ar nas pás, produz ruído que se intensifica conforme a força do vento.

Economicamente falando,

A energia gasta para produzir, instalar e para operação e manutenção de um aereogerador típico é produzida por esse mesmo aerogerador em menos de meio ano. Este fato torna a energia eólica uma das energias mais atrativas em termos de planejamento energético mundial (SOUZA, CUNHA, SANTOS, 2013, p. 15).

O investimento inicial reduziu em até 5 vezes, quando comparado ao ano de 1980, com potencial de redução maior. Atualmente, quando comparada à eletricidade gerada por combustível fóssil, é a alternativa com custo mais baixo, segundo Spiro e Stigliani (2009).

Assim, fica, claramente demonstradas as vantagens de uma implantação em larga escala desta forma de energia e de se aprofundar ainda mais os estudos a seu respeito.

1.3 ENERGIA OCEÂNICA

Dentre as várias fontes de energia estudadas, a energia oceânica ou híbrida (como também é conhecida), do mesmo modo é uma fonte renovável, pois causa menos impacto ao meio ambiente, não contribuindo para o aquecimento global, todavia, ainda está em fase de desenvolvimento, principalmente no Brasil, apesar dos avanços tecnológicos. Devido ao grande potencial energético, o Conselho Mundial de Energia (2000) aponta vantagens em sua utilização como: acessibilidade, aceitabilidade e disponibilidade do recurso (ESTEFEN et al., 2006).

O oceano contém energia térmica do Sol que afeta as atividades oceânicas, as marés e ondas produzem então energia mecânica, mas é a lua, através da atração gravitacional “[...] que

provoca as marés, e são os ventos que impulsionam as ondas oceânicas.” (RASHID, 2014, p. 749).

A energia oceânica refere-se à conversão da água do oceano em eletricidade. Segundo Spiro e Stigliani (2009, p. 67), “grande quantidade de energia está armazenada nos oceanos do mundo, sob a forma de marés e ondas, e em gradientes de temperatura e concentração de sal.”

A energia proveniente das ondas trata-se da extração direta da energia “[...] das ondas na superfície ou das flutuações de pressão abaixo desta.” Sua conversão em eletricidade se dá por sistemas instalados na costa litorânea, e também por sistemas em alto-mar.” (RASHID, 2014, p. 749). Para Estefen (2006), a energia presente nas ondas é em torno de 10 TW (1.000 Gigawatt), proporcionalmente a todo o consumo de eletricidade do planeta. Esta energia é captada por dispositivos de armazenagem. A energia da maré é convertida em eletricidade, atualmente, através do sistema de fluxo livre e do sistema de represa. Levando em consideração que “[...] as áreas costeiras passam por duas marés altas e duas baixas durante um período de pouco mais de 24 horas”, essa diferença pode ser aproveitada desde que o valor entre as marés seja de mais de 16 pés, o que não é encontrado com facilidade. Apesar da lentidão em frequência, apresenta quantidade enormes do maior recurso energético inexplorado, a energia cinética (RASHID, 2014, p. 752). Aproveitar a energia térmica do oceano para gerar eletricidade, significa utilizar “[...] a energia do calor armazenado nos oceanos”. A conversão será mais eficiente se a diferença de temperatura das águas profundas (fria) e as camadas superiores do oceano (quente) estiverem mais ou menos a 20 °C. Para tanto, usinas de conversão são implantadas, as quais trazem a água fria para a superfície através de um tubo de aspiração submerso a mais de 1.600 m no oceano. Trata-se de um tubo de grande diâmetro, com alto custo, mas, se mais acessível fosse, essa tecnologia poderia gerar “[...] bilhões de watts de energia elétrica (RASHID, 2014, p. 755).

Para Spiro e Stigliani (2009, p. 67):

Em razão das extensões oceânicas, o total de energia armazenada nos gradientes de superfície é enorme, cerca de duas ordens de magnitude maior do que a energia de todas as mares e ondas. Entretanto, a captura dessa energia não é tarefa fácil. Não só pela ampla extensão, mas também pelo fato de que o gradiente de 20 °C limita a eficiência teórica dos motores térmicos a menos de 7%. Conseqüentemente, um considerável suprimento de eletricidade proveniente dessa fonte requer uma usina de grande porte e custos de capital elevados.

Os autores ainda aludem que este tipo de energia se equipara muito à energia em quedas d'água. “Constrói-se uma represa com eclusas para permitir a entrada da maré até um reservatório, que é esvaziado por intermédio de turbinas quando a maré baixa” (SPIRO; STIGLIANI, 2009, p. 67).

Além da eletricidade, uma usina de conversão da energia térmica dos oceanos [...] leva água fria do mar para a superfície, a qual pode ser usada para refrigeração do ar em edifícios próximos. A água do fundo do oceano é também rica em nutrientes e poderia sustentar a agricultura e a maricultura. Por fim, se a água do mar for usada como fluido operacional da usina, teremos água doce como subproduto. As oportunidades de integração entre energia, água, refrigeração do ar e atividades de cultivo podem existir em muitos locais das costas tropicais (SPIRO; STIGLIANI, 2009, p. 67).

Além do alto custo de implementação, já afirmado por Spiro e Stigliani (2009), Silva e Rossi (2018), apontam como desvantagem dessa fonte de energia sua instalação, que deve ser sólida o suficiente para aguentar as tempestades e, simultaneamente, altamente sensível para captar a energia, como também grandes chances de deterioração dos materiais devido a exposição à água do mar.

Nesse âmbito, implementações desta tecnologia devem levar em consideração reduções correlacionadas ao rendimento de conversores, regiões turísticas e o curso de navegações.

1.4 ENERGIA HIDRELÉTRICA

A energia hidrelétrica utiliza-se do fluxo da água para gerar energia. Requer, portanto, a construção de usinas em rios que possuam

grande volume de água, e que tenham desníveis em seu percurso, “[...] sejam eles naturais, como as quedas d'água, ou criados artificialmente”, pois é produzida pela força do movimento das águas (QUEIROZ et al., 2013, p. 2774). Bortoleto (2001 apud QUEIROZ et al., 2013, p. 2775), versa que “[...] a energia hidráulica provém da condensação, precipitação e evaporação das águas, fatores estes causados pela irradiação solar e pela energia gravitacional [...]”.

Este tipo de energia pode ser encontrado em grande, como em pequena escala. As de pequena porte produzem pequenos potenciais, através de desvio ou de reservatório (RASHID, 2014) e aproveitam, segundo Spiro e Stigliani (2009), o fluxo dos rios. Já as de grande escala são responsáveis por “[...] produzir eletricidade em projetos do governo ou de concessionárias de energia elétrica”, utilizando-se de barragem (que interrompe o curso normal da água) e de um reservatório que represa a água do rio e, ainda, possibilita que a vazão do rio seja adequada (seja em período chuvoso, quanto de estiagem) (RASHID, 2014, p. 755). Quando liberada, a energia da água se transforma em energia mecânica, passa pelas turbinas que são acionadas e começam a girar, e por estarem conectadas ao gerador, começam a movimentar o mesmo, produzindo eletricidade (QUEIROZ et al., 2013; RASHID, 2014), ou seja, transforma-se energia cinética em energia elétrica.

Trata-se da fonte de energia mais comum, é renovável e limpa, não contribui para emissão de CO₂, nem para outros tipos de gases à atmosfera; possui disponibilidade do recurso e, quando comparada as outras fontes renováveis, representa ser a menos onerosa (RASHID, 2014). Por outro lado, apresenta certo sacrifício ao meio ambiente (alteração na característica do rio, do habitat, da qualidade da água, prejuízos à fauna e à flora, etc.), assim como representa perigo para a população em caso de rompimento de uma barragem, (SPIRO; STIGLIANI, 2009), possibilidade de transmissão de doenças, etc. Devido a esses impactos serem locais, é possível ações mitigatórias para sua redução.

Mundialmente, a energia hidrelétrica é responsável pelo fornecimento de cerca de 20% de eletricidade (SPIRO; STIGLIANI, 2009). Já no Brasil, segundo a ANEEL (2008, p. 52), “o aproveitamento do potencial hidráulico é da ordem de 30%”. Kotleski (2015) afirma que a eficiência energética gira em torno de 95%.

Em suma, o custo com o recurso é nulo, todavia o investimento para implementação é grande, assim como o de manutenção (QUEIROZ et al., 2013).

1.5 ENERGIA DE BIOMASSA

A biomassa, forma de energia solar indireta, é um recurso natural renovável, originária de matérias orgânicas (animal ou vegetal) que tem o objetivo principal de produzir energia através de sua combustão em fornos, caldeiras etc. Como este processo resulta em gases tóxicos e outros gases que influenciam no efeito estufa, tecnologias de conversão mais eficientes estão em desenvolvimento como “[...] processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, transesterificação, etc.) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação)”. (ANEEL, s.d, p. 87). De acordo com Rashid (2014), quando uma biomassa é queimada, o volume chega a reduzir em até 90%, perdendo competitividade em comparação a combustíveis fósseis.

Quando por meio de combustão direta, a transformação da biomassa em energia através de combustão se dá por meio da queima em altas temperaturas, “[...] na presença abundante de oxigênio, produzindo vapor a alta pressão (REIS, 2016, n.p.). Esse vapor geralmente é usado em caldeiras ou para mover turbinas”. A eficiência desse processo é de cerca de 20 a 25%. Na conversão através de pirólise “[...] a biomassa é exposta a supramaximas temperaturas sem a presença de oxigênio, mirando o acelerar da decomposição da mesma. O que sobra da decomposição é uma mistura de gases, líquidos (óleos vegetais) e sólidos (carvão vegetal)” (REIS, 2016, n.p.). Na técnica de gaseificação, há semelhanças com a técnica pirólise, produzindo um gás inflamável que pode ser filtrado para que alguns componentes químicos

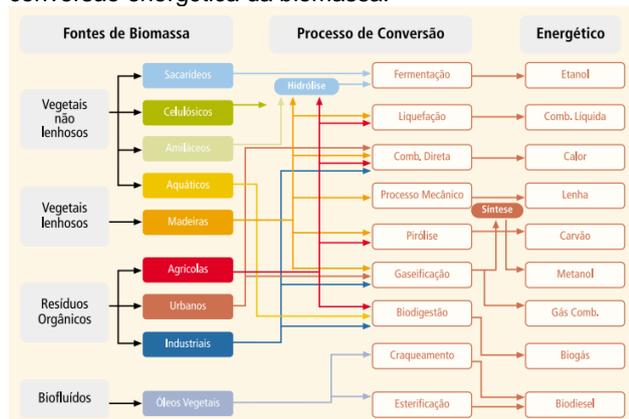
residuais sejam removidos. “A diferença básica em relação à pirólise é o fato de a gaseificação exigir menor temperatura e resultar apenas em gás” (REIS, 2016, n.p.; ANEEL, s.d). Transesterificação trata-se de “um processo químico que consiste na reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo (metóxido ou etóxido), oriundo da reação entre álcoois (metanol ou etanol) e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio)” (RIBEIRO et al., 2001 apud ANEEL, s.d, p. 88). Por se assemelhar ao óleo diesel, pode ser utilizado em motores de combustão interna. A digestão anaeróbia ocorre pela decomposição do material devido à ação de bactérias que ocorre de forma natural e simples (ANEEL, s.d). A fermentação é um processo anaeróbico, biológico “[...] em que os açúcares de plantas [...] são convertidos em álcool, por meio da ação de microrganismos (usualmente leveduras)”, podendo ser usados como combustível (ANEEL, s.d).

O material produzido pela biomassa pode ser transformado em energia elétrica, em calor e também em biocombustíveis sólidos. Os principais derivados são: Biogás, Etanol, Biodiesel, Carvão vegetal, dentre outros, sendo o bagaço de cana-de-açúcar o resíduo com maior potencial para geração de energia elétrica (ANEEL, s.d).

A biomassa pode ser classificada em florestal, agrícola e ainda oriunda de rejeitos urbanos e industriais (sólidos e líquidos), etc. A biomassa florestal provém de matéria orgânica, como carvão vegetal, lenha, madeira, etc. Quando se trata de biomassa agrícola, são utilizadas matérias-primas como: casca de arroz, sabugo e palha de milho, palha e bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, soja, casca de castanha de caju, etc. Biomassas oriundas de rejeitos (lixo) urbanos são metais, plásticos, resíduos celulósicos e vegetais descartados e os industriais relacionam-se a rejeitos de destilarias, abatedouros, fábricas de laticínio, criadouros, etc. Apesar de resíduos, estes possuem grande potencial energético.

Através da Figura 1 é possível compreender o processo energético perpassado pela biomassa.

Figura 1 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa.



Fonte: ANEEL (s.d, p. 87).

A utilização da biomassa, como energia apresenta grandes vantagens como: recurso renovável; variedade de material à disposição; baixo custo de operação e para aquisição da matéria-prima; menor intensidade de agressão ao meio ambiente; os equipamentos utilizados (caldeiras/fornos) são expostos a menor corrosão; etc. No entanto, o excesso e/ou uso indevido podem desencadear desmatamento, ocasionando destruição de habitats; menor aproveitamento do calor calorífico (quando comparada a outras fontes); dificuldades no transporte e no armazenamento da biomassa sólida; assim como a dioxina formada na incineração pode causar cânceres, além de defeitos genéticos (RASHID, 2014), etc.

A geração de eletricidade a partir da energia biomassa é relativamente pequena, comparada com a sua capacidade total de desenvolvimento no Brasil, tendo em vista a grande extensão de áreas que podem ser utilizadas para cultivo e também as condições climáticas, fato que se assemelha à situação mundial que também apresenta reduzido aproveitamento na matriz energética. O consumo deste tipo de energia gira em torno de 14%, segundo a ANEEL.

1.6 ENERGIA GEOTÉRMICA

A energia geotérmica não necessita da radiação solar para existir. Sua energia provém do interior da terra, através de calor limpo e sustentável.

Esta fonte de energia vem sendo utilizada há séculos, através do uso das águas quentes para banho e devido seu poder curativo ou o vapor geotérmico sendo utilizado como combustível (SPIRO; STIGLIANI, 2009), embora mais recente. Atualmente, essa fonte de energia pode ser utilizada para gerar eletricidade e para outros fins mais diretos.

Como recurso inclui-se: “[...] (a) o calor retido no solo superficial, (b) a água e as rochas quentes encontradas a poucos quilômetros abaixo da superfície terrestre e (c) as rochas fundidas com temperaturas extremamente elevadas, chamadas *magna*, localizadas a grandes profundidades.” (RASHID, 2014, p. 770).

Ao identificar-se o local onde o recurso está disponível em grande quantidade, este é perfurado, drenado para a superfície por meio de tubos e transportado para uma central elétrica geotérmica que movimentará as lâminas da turbina. Essa energia mecânica é convertida, por meio de geradores, em eletricidade.

Rashid (2014, p. 770) descreve que o vapor gerado pela energia térmica é convertido em energia elétrica através de turbinas presente em usinas de três tipos devido à dificuldade de “[...] concepção de um projeto de usina de energia geotérmica para todas as condições”.

As usinas de energia de vapor a seco são utilizadas quando se encontra vapor facilmente e com temperaturas de 300 °C. Já as usinas de energia de vapor *flash* são usadas “[...] quando a temperatura do reservatório é superior a 200 °C, o fluido dele é arrastado para o interior de um tanque de expansão que diminui a pressão do fluido” (RASHID, 2014, p. 770), fazendo-o evaporar aceleradamente e produzir o vapor que gerará a eletricidade. Por fim, as usinas de energia de ciclo binário operam quando a temperatura fica abaixo de 200 °C, onde “o calor da água geotérmica faz o fluido secundário se transformar rapidamente em vapor, que é, então, utilizado para acionar as turbinas.” (RASHID, 2014, p. 770).

Para Spiro e Stigliani (2009, p. 67), “A energia geotérmica pode ser dividida em três categorias de temperatura: alta (>150 °C), moderada (de 90 °C a 150 °C) e baixa (< 90 °C).”

A eletricidade é gerada através de recursos de altas temperaturas; a temperatura moderada poder ser utilizada para aquecer ambientes e gerar vapor a ser utilizado em indústrias, estufas, etc.; na faixa de baixa temperatura vem se destacando como recurso para refrigeração e aquecimento de residências (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

A eletricidade gerada por recursos geotermiais, conforme aponta Gomes (2009 apud ARBOIT et al., 2013), em 2008 era empregada em 25 países. Já no Brasil, por não haver estudos para conversão desta em eletricidade, sua utilização para fins

[...] diretos se mostra bastante promissora, destacando-se o aproveitamento da água do Aquífero Guarani para atividades agroindustriais, como integrante de processos

industriais e como meio de desenvolver o turismo e também a utilização de bombas de calor geotérmicas, tanto para utilização industrial quanto para aquecimento de espaços (ARBOIT et al., 2013, p. 165).

Enfim, para se tornar viável em larga escala, a energia geotérmica precisa ser muito discutida e estudada, principalmente em relação ao seu real potencial de aplicação, assim como desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias para este fim (ARBOIT et al., 2013). Embora seja quase nula a emissão de gases poluentes, sua implantação possa ser em local pequeno, seja uma fonte limpa de energia, este tipo de energia se torna cara devido ao alto investimento, retorno a longo prazo, eficiência pequena, e, ainda, contribui para o aumento da temperatura do ambiente local.

CONCLUSÃO

Evidentemente, os combustíveis fósseis são formas de energia mais baratas, mas seu custo ambiental é muito superior e relevante para se permanecer com pensamentos arcaicos.

Com base no estudo realizado, percebe-se que é inegável relacionar as fontes de energias renováveis com o desenvolvimento sustentável: prosperidade econômica, equidade social e qualidade ambiental. Que para ser renovável necessita ser um recurso que se reabastece naturalmente, seja a chuva, o sol, o vento, a maré, energia geotérmica, não causando impactos ao meio ambiente, aos seres humanos, nem desequilíbrio ao sistema.

Constata-se que todas as fontes analisadas são sim renováveis, mas nem todas são limpas; que há viabilidade no uso dessas fontes de energia em substituição aos combustíveis fósseis, todavia a eliminação total de resíduos ainda é utopia por exigir conscientização humana, estudos muito mais eficazes e conclusivos, tecnologias mais avançadas para exploração, em alguns casos, investimentos governamentais para implementação em larga escala; que houve redução de custos na maioria das implementações de energias renováveis, como

fonte de energia elétrica, com o passar dos anos, tornando-as um pouco mais viáveis.

Percebeu-se que as hidrelétricas, comumente utilizadas hoje para gerar eletricidade, também se enquadram nesse contexto, demonstram-se ser menos onerosas, todavia representam sacrifício ao meio ambiente e perigo para os seres humanos, fazendo com que outras fontes de energia elétrica mais eficazes sejam pensadas.

Embora encontrem-se muitos estudos sobre cada fonte de energia renovável aqui pesquisada, as mesmas são encontradas de forma isolada ou fragmentada. Não encontrou-se nenhum estudo deste mesmo teor, onde fosse possível analisar e comparar a viabilidade de ambas, muito menos custos atualizados no mesmo período para fins de comparação. Mas, denotou-se que o Brasil é sim, devido sua geografia (clima, extensão de território, etc.) e sua localização no globo, privilegiado para implementação de novas fontes de energia e renováveis, devido a abundância de recursos naturais, consolidando o Brasil como líder entre os países que utilizam fontes renováveis em sua matriz, de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017. Destaca-se a geotérmica

como a fonte mais difícil de ser explorada no Brasil.

Enfim, todas as fontes de energia estudadas são renováveis, nem todas apresentam-se totalmente limpas, todavia

sobressaem-se aos recursos fósseis. Recomenda-se, portanto, não uma fonte única por não detectar-se qual a melhor, mas um equilíbrio entre as mesmas e/ou atendimento à realidade local.

REFERENCIAS

ANEEL. **Biomassa**. [s.l], [s.d]. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em: 02 jul. 2019.

_____. **Energia Hidráulica**. Fontes renováveis. Parte II, Cap. 3. [2008]. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

ARBOIT, Nathana Karina Swarowski et al. Potencialidade de utilização da energia geotérmica no Brasil – uma revisão de literatura. **Revista do departamento de Geografia – USP**, v. 26, p. 155-168, 2013.

BARBOSA, Adriana Silva et.al. **Energia e sustentabilidade**. Coleção Ambiental, v.19. Barueri, SP: Manole, 2016.

BIANCHINI, Henrique Magalhães. **Avaliação comparativa de sistemas de energia solar térmica**. 2013. 63f. Projeto (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **REGET - Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria - Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81, 2015.

ESTEFEN, Segen et al. Geração de Energia Elétrica pelas Ondas do Mar. **COPPE UFRJ**, 2006. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br/pt-br/geracao-de-energia-eletrica-pelas-ondas-do-mar-0>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

FADIGAS, Elaine A. Faria Amaral. **Energia eólica**. Série Sustentabilidade. Coordenador Arlindo Philippi Jr. Barueri, SP: Manole, 2011.

KOTLESKI, Liliane Oliveira. **Esgotamento do potencial hidrelétrico no Brasil: tendências para a reestruturação da matriz energética**. Monografia (Bacharelado em Economia) - Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário estatístico de energia elétrica 2017** (ano base 2016). Brasília-DF, 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2019.

NASCIMENTO, Adriana de Souza. **Energia solar fotovoltaica: estudo e viabilidade no nordeste brasileiro**. 2015. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

PHILIPPI JR., Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade**. Barueri, SP: Manole, 2016.

QUEIROZ, Rosemar de et al. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. **Revista do centro do ciências naturais e exatas – UFSM**, Santa Maria, v. 13, n. 13, ago., p. 2774- 2784, 2013. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ht3FxRi0BToJ:https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/9124/pdf+&cd=7&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

RASHID, Muhammad H. **Eletrônica de potência**. Tradução Leonardo Abramovicz; Revisão técnica Carlos Marcelo de Oliveira Stein. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

REIS, Pedro. O que é a energia da Biomassa: Tudo sobre Biomassa. **Portal energia**. 2016.

Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

REIS, Lineu Belico dos. **Matrizes energéticas:** conceitos e usos em gestão e planejamento. série sustentabilidade. Coordenador Arlindo Philippi Jr. Barueri, SP: Manole, 2011.

_____; FADIGAS, Elaine A. Amaral; CARVALHO, Cláudio Elias. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP. Manole, 2005.

SILVA, Tauane Karine Baitz da; ROSSI, Fabrício. Energia das ondas no Brasil. **Portal subsistemas do Brasil - USP**, 2018. Disponível em: <<http://www.usp.br/portalsubsistemas/?p=7953>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SOUZA, Luciano Laignier de; CUNHA, Rafael Borges da; SANTOS, Mario Henrique Pereira. **Análise da geração de energia eólica.** Semana acadêmica, Centro Universitário de

Belo Horizonte UNI-BH, 2013. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_cientifico_eolica_1_0.pdf>. Acesso em: 05 maio 2019.

SPIRO, Thomas G.; STIGLIANI, William M. **Química ambiental.** Tradução Sonia Midori Yamamoto. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

TRIBESS-ONO, Fabiane Zoraia; PANUCCI-FILHO, Laurindo. Contabilidade social para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPEP, Simpósio de Engenharia de Produção, Sustentabilidade na cadeia de suprimentos, XIX, 2012. **Anais...** Bauru-SP, 2012.

TSURUDA, L. K. et al. A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável e social. **6th International Workshop | Advances in Cleaner Production—Organizational Report.** “ten years working together for a sustainable future”. São Paulo, maio, 2017.