



Artigos Originais

ENERGIAS RENOVÁVEIS EM MOÇAMBIQUE: DISPONIBILIDADE, GERAÇÃO, USO E TENDÊNCIAS FUTURAS

Antônio Gonçalves Fortes*, Francisco Mubango Mutenda**, Baltazar Raimundo***

*Universidade Pedagógica de Moçambique. Delegação de Nampula.
Moçambique. Departamento de Ciências Naturais e Matemática. Curso de Física.

**Escola Secundária de Meconta Moçambique, Docente de Física.

***Universidade Pedagógica de Moçambique. Delegação de Montepuez, Moçambique.

*Autor para correspondência e-mail: antoniogoncalves.fortes@yahoo.com

PALAVRAS-CHAVE

Matriz energética nacional
Uso de energias renováveis
Moçambique

KEYWORDS

National energy matrix
Use of renewable energies
Mozambique

RESUMO

Atualmente, as energias renováveis (ER) têm maior relevância, por serem menos poluentes, “inesgotáveis”, acessíveis e de baixo custo, fonte de inserção socioeconômica e pela possibilidade de substituir os combustíveis fósseis em algumas aplicações, tornando-se ideal para minimizar parte dos problemas ambientais que o Mundo enfrenta. O artigo teve como objetivo descrever, através de pesquisa exploratória, bibliográfica e *desk research*, o estágio atual do uso e aproveitamento das ER (hídrica, solar, eólica, geotérmica e biomassa) utilizadas em Moçambique. Na análise da disponibilidade das fontes de energia, apresentamos as questões relativas à sustentabilidade e eficiência, impactos socioeconômicos nas comunidades rurais não abrangidas pela rede elétrica nacional (REN) e alguns prós e contras na utilização. De entre os resultados, destacam-se as seguintes contribuições: o País apresenta excelentes características para geração, em pequena e média escala, de energia geotérmica e biomassas, e em média e grande escala, de energia hidroelétrica, solar e eólica, mas carece de políticas de promoção e regulação das tecnologias, financiamento direcionado aos projetos de ER, oferta de serviços de projetos de sistemas renováveis e tecnologias para conversão das energias, sobretudo a geotérmica, eólica e biomassas líquida e gasosa.

ABSTRACT

RENEWABLE ENERGY IN MOZAMBIQUE: AVAILABILITY, GENERATION, USE AND FUTURE TRENDS

Currently, renewable energy (RE) are relevant because they are less polluting, “inexhaustible”, accessible and low cost. They are source of socioeconomic development and the possible substitutes of fossil fuels in some applications, making it ideal to minimize some of the environmental problems facing the World. The paper aimed to describe through an exploratory, bibliographic and desk research, the current stage of use and exploitation of RE (hydro, solar, wind, geothermal and biomass) in Mozambique. In the analysis of the availability of the energy source we present issues related to sustainability and efficiency, socioeconomic impacts in rural communities not covered by the national electricity grid (NEG), and some pros and cons for their use. Among the results, the following contributions stand out: the country presents excellent characteristics for small and medium scale production of biomass and geothermal energy, and medium and large scale hydro, solar and wind energy. However, it lacks policies for the promotion and regulation of technologies, financing directed to RE projects, provision of renewable systems project services and technologies for the conversion of energy, especially geothermal, wind, and liquid and gaseous biomass.

INTRODUÇÃO

A energia é fundamental à vida, por ser necessária para a ocorrência dos fenômenos naturais e funcionamento de todos os sistemas dos organismos vivos. A eletricidade constitui o insumo mais importante das sociedades modernas (ALMEIDA *et al.*, 2013). Ela é parte integrante do desenvolvimento socioeconômico e da qualidade de vida, contribuindo para a satisfação das necessidades básicas e a existência mais confortável (MOÇAMBIQUE, 2011). Além disso, é uma das principais preocupações mundiais, devido ao esgotamento rápido de combustíveis fósseis e os efeitos das alterações climáticas (LLOYD, 2017). Notar que, alguns efeitos causados pela geração de energia são de longo alcance geográfico e temporário.

A sociedade moderna não quer abrir mão das comodidades e benefícios que a indústria do petróleo provê: os combustíveis e produtos químicos. Por outro lado, a mesma sociedade não aceita mais o custo ambiental negativo que esta indústria cobra desde o século XX, com acidentes que causam devastações da flora e fauna, aumento da temperatura do planeta e a emissão excessiva de gases de efeito estufa (GEE), que altera o equilíbrio térmico na Terra (MOTA e MONTEIRO, 2013). Como alternativa, diversos órgãos mundiais têm evidenciado esforços para encontrar soluções eficientes e realce das ER na matriz energética mundial.

Segundo os “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, da Organização das Nações Unidas (ONU), as Nações devem fornecer “Energia limpa e acessível - Garantir o acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos”. O acesso à energia é um dos desafios centrais para o desenvolvimento socioeconômico de África (AVILA *et al.*, 2017; DEICHMANN *et al.*, 2011). Diversos estudos apontam que os recursos energéticos de África são suficientes para cumprir em médio prazo as necessidades, tendo em conta os fatores como o crescimento econômico e demográfico (ECA, 2006; LLOYD, 2017; OUEDRAOGO, 2017).

Pela localização geográfica e as condições geológicas, Moçambique dispõe de uma vasta gama de recursos energéticos renováveis e não renováveis, que proveem condições favoráveis para satisfazer as necessidades energéticas locais e regionais. O potencial total de ER no País é de 23.026 GW (giga Watt), sendo: energia solar é a mais abundante 23.000 GW, seguida da fonte hídrica 19 GW, eólica 5 GW, biomassa 2 GW (entre a lenhosa, etanol e biodiesel); geotérmica 0,1 GW; e oceânica 10 kW (quilo Watt) (ALER, 2017; GUEIFÃO *et al.*, 2013).

Apesar disso, o País se encontra na situação de pobreza energética, que segundo MATOS (2017, p.1) “A pobreza energética reflete a dificuldade no acesso a uma diversidade de serviços energéticos por parte de um indivíduo ou agregado familiar”. Onde, mais de dois terços da população não tem acesso à REN (EDM, 2018), continuando dependentes de sistema de painéis solares e biomassa, com impacto negativo no meio ambiente e a saúde.

OBJETIVOS

O principal objetivo do artigo foi de descrever o estágio atual do uso e aproveitamento das fontes renováveis de energia em Moçambique e perspectivar potenciais usos, com vista a auxiliar o planejamento de futuros projetos energético no País, principalmente nas áreas rurais, isoladas e não abrangidas pela REN, além de potencializar o aproveitamento energético das fontes subutilizadas, devido a questões de natureza legal, humana e tradicional, técnicas e tecnológicas, financeiras ou a combinação destas.

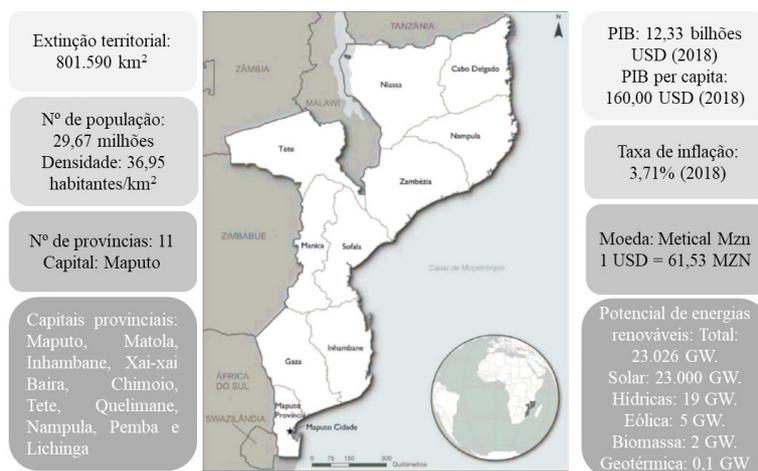
LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E A SITUAÇÃO SOCIOECONÔMICA

Moçambique é país localizado na costa oriental África, entre as latitudes 10°–27° Sul e longitudes 30°–41° Leste (Fig. 1). O País faz fronteira com as repúblicas da Zâmbia, Malawi, Tanzânia, Zimbábue,

África do Sul e Suazilândia, e o oceano Índico a leste. O País está dividido em 11 províncias e 154 distritos. O clima predominante é o tropical húmido, com duas estações: (i) quente e húmida, de outubro a março; (ii) e fria e seca, de abril a setembro. A temperatura média anual é de 23 °C e a precipitação de 1,2 m por ano (ALER, 2017).

O país tem um bom potencial agroindustrial, florestal, turístico, marinho, hídrico, mineiro e uma excelente ferrovia e portos no espaço geoestratégico da África Austral.

Figura 1 - Localização geográfica, divisão administrativa de Moçambique e principais indicadores socioeconômicos.



Dados obtidos de: (EDM, 2018; GUEIFÃO et al., 2013).

Da população total (Fig. 1), cerca de 70% vivem em zonas rurais e a restante em zonas urbanas (OU-EDRAOGO, 2017). As atividades económicas se concentram nas cidades, corredores, áreas agrícolas e portuárias, que desempenham um papel importante no comércio com os países vizinhos do interior: Zimbábue, Zâmbia e Malauí (ALER, 2017).

Segundo o Relatório Global do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD 2018), Moçambique é o nono país com menor índice de desenvolvimento humano (IDH) do mundo (0,437 valores), com uma taxa de desemprego de 22%.

Os principais desafios do País são a restauração da estabilidade macroeconómica, as reformas estruturais para apoiar o setor privado, diversificação dos megaprojetos e agricultura de subsistência, para uma economia diversificada e competitiva, que melhore os indicadores sociais: educação, saúde, água, alimentação e segurança (LUNDELL; AQUINO, 2018).

ESTADO DE ARTE

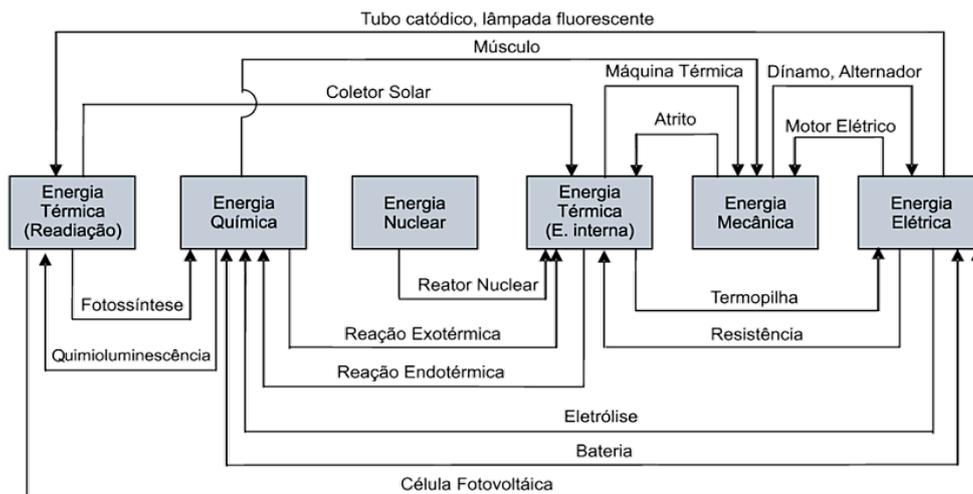
CONCEITO DE ENERGIA E ENERGIAS RENOVÁVEIS

A palavra energia deriva do grego *ἐνέργεια*, *energeia*, que significa trabalho e foi utilizada pela primeira vez por Aristóteles. Na aceção moderna, este conceito foi criado associado à termodinâmica nos meados do século XIX e utilizado para descrever uma ampla variedade de fenômenos. A definição usual, afirma que “*energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho*”. A rigor, esta definição não é totalmente correta e aplica-se apenas a alguns tipos de energia totalmente conversíveis em outras formas. Em 1872,

Maxwell propôs uma definição vista como a mais correta, “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança” (VIANA et al., 2012).

Todos os conceitos apresentam a energia como fenômeno intrínseco da matéria, podendo-se manifestar em várias formas (Fig. 2), com possibilidades de interconversão, conservação e transformação em massa e vice versa.

Figura 2 - Processos de conversão energética.



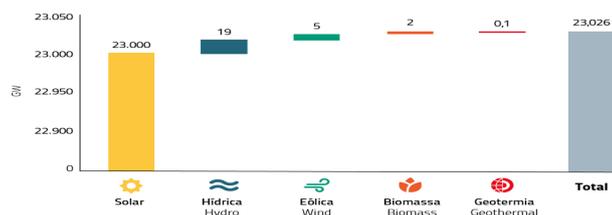
Adaptado de VIANA et al., (2012, p.20).

Quanto ao tempo de regeneração, as fontes de energia são divididas em **renováveis e não renováveis**. As primeiras são aquelas que provêm de fontes que se regeneram num curto período de tempo, por meios naturais ou pela ação direta do homem, por isso, são consideradas inesgotáveis. As fontes renováveis incluem as energias solar, hídrica, biomassa, eólica, geotérmica, marés e ondas. Enquanto que as segundas são recursos que, quando utilizados, dependem de processos na escala do tempo geológico para a sua regeneração, ou seja, não podem mais ser repostos em prazo útil. As fontes não renováveis incluem a energia nuclear e os combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural, petróleo e seus derivados).

DISPONIBILIDADE DE ENERGIAS RENOVÁVEIS EM MOÇAMBIQUE

Moçambique apresenta um potencial renovável total de 23.026 GW, distribuídos de acordo com a figura abaixo (Fig. 3).

Figura 3 - Disponibilidade de energia renovável em Moçambique.



Fonte: (ALER, 2017, p.98)

Todo o processo de conversão de energia renovável possui perdas, que de algum modo podem produzir impactos – positivos e negativos – ao meio ambiente (Quadro 1).

Quadro 1 - Quadro resumo dos aspetos positivos e negativos das principais ER aproveitadas em Moçambique.

Energia	Fonte	Aspetos positivos	Aspetos negativos
Hidroelétrica	Queda de água	<ul style="list-style-type: none"> -Custo de operação baixo; -Plantas com longa durabilidade; -Geração de inúmeros empregos durante a construção; -Elevada eficiência; -Elevado tempo de vida; -Não emite GEE na geração de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevados custos de construção -Perda de biodiversidade; -Remoção de pessoas nativas; -Perturbações biológicas, físicas e químicas; -Mudanças nas chuvas tem impacto direto na geração de eletricidade.
Solar	Radiação solar	<ul style="list-style-type: none"> -Provem de um recurso renovável; -Proximidade entre a geração e o consumo; -Energia limpa e barata; -Possibilidade de instalação em pequena e grande escala; -Sistemas carecem de pouca manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> -Processo de produção de painéis solares geram GEE; -Elevado custo do painel solar; -Fonte intermitente com eficiência em função da variação climática; -Formas de armazenamento ainda são pouco eficientes.
Eólica	Vento	<ul style="list-style-type: none"> -Fonte de energia inesgotável; -Pouca manutenção e elevada eficiência; -Não emite GEE e não gera resíduo; -O solo é aproveitado para outros fins; -Fontes barata de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> -São necessários ventos constantes; -Impacto sonoro e visual -Impacto sobre as aves dos locais; -Intermitência.
Biomassas	Matéria orgânica	<ul style="list-style-type: none"> -Carbono neutro; -Fonte de energia doméstica e abundante; -Baixo custo da matéria-prima -Resíduos tornam-se insumo de outro processo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Modificação do ecossistema local; -Pode ser afetado por mudanças nos regimes de cultivo; -Menor poder calorífico; -Dificuldade no armazenamento.
Geotérmica	Calor interno da terra	<ul style="list-style-type: none"> -Elevada eficiência energética com baixa emissão de CO₂; -Centrais de pequena escala, com grades facilidades de ligação à rede e baixo impacto visual; -Não causa grande impacto no solo; -Pode ser fator de desenvolvimento local; -Plantas confiáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> -Alto custo inicial na instalação e operação; -Cheiros desagradáveis; -Dissociação de sólidos. -Relativa toxicidade provocado pelo H₂S e SO_x; -Escassez de locais com potencial geotérmico.

Fonte: SARTORI et al. (2017, p.12).

O Quadro 1 mostra que toda geração de energia traz vantagens e desvantagem. Em função da finalidade e das prioridades: custo, recursos disponíveis, impacto ambiental, entre outros.

Em algumas regiões é possível desenvolver ligações híbridas, segundo SARTORI et al. (2017, p.14) “Encontrar uma combinação de tecnologias energéticas pode equilibrar a oferta e demanda, e por sua vez, a inovação para fontes de energia renováveis”. Atualmente, o País usa de forma econômica as seguintes ER (Quadro 2).

Quadro 2 - Resumo do *status* das tecnologias de energia renovável usadas em Moçambique.

	Tecnologia	Status técnico	Status comercial atual
Hidroelétrica	Grande escala	Demonstrado	Econômico
	Pequena escala	Demonstrado	Econômico
Solar	Fotovoltaica	Demonstrado	Econômico
	Termoelétrica	Demonstrado	Não econômico
	Térmica	Demonstrado	Econômico
Eólica	Em terra firme	Demonstrado	Econômico
	No mar	Pesquisa	<i>Provavelmente econômico</i>
Geotérmica	Hidrotérmica	Demonstrado	Econômico
	Geopressurizada	Pesquisa	Não econômicos
	Rochas secas quentes	Pesquisa	Não econômicos
	Magma	Pesquisa	Não econômicos
Biomassas	Florestal	Demonstrado	Econômico
	Biogás	Demonstrado	Econômico
	Biodiesel	Pesquisa	<i>Provavelmente econômico</i>
	Etanol e metano	Demonstrado	Econômico

Fonte: SARTORI, 2017.

ENERGIA SOLAR EM MOÇAMBIQUE

O Sol é a maior fonte de energia para a Humanidade. É responsável por outras fontes de energia, desde a dos ventos, das marés, da água corrente – uso direto – à energia das plantas e animais – uso indireto (ALMEIDA et al., 2013; CHANDEL et al., 2014).

A energia solar que atinge a superfície da Terra tem um valor médio de 1700 kWh/m² por ano, correspondente a cerca de 10 mil vezes o consumo mundial de energia (GREEN et al., 2018). A radiação solar depende das condições climáticas e atmosféricas, responsáveis por atenuá-la, por reflexão, dispersão e absorção dos raios na atmosfera (KABIR et al., 2017).

São conhecidas basicamente três formas de captação e conversão da energia solar: (i) química ou fotoquímica, onde certos organismos sintetizam carboidratos a partir de água e CO₂, absorvendo a energia solar e armazenando nas ligações químicas; (ii) elétrica ou fotoelétrica, ocorre através da emissão de elétrons da superfície de materiais semicondutores expostos a radiações eletromagnéticas (como a luz) de alta frequência, e; (iii) térmica ou termoelétrica, através da absorção da energia radiante por uma superfície negra. No material absorvente ocorre a difusão, absorção de fótons, aceleração de elétrons, múltiplas colisões, que transformam a energia radiante em calor (SANTOS et al., 2017; SARTORI et al., 2017).

A eficiência e eficácia dos sistemas solares, associado à redução dos custos da tecnologia, à rapidez de implementação dos projetos e à simplicidade de funcionamento dos sistemas, fazem com que os projetos solares se tornem a melhor opção de produção descentralizada de energia e a eletrificação rural (ARTHUR et al., 2011; KABIR et al., 2017).

A irradiação global em Moçambique varia entre 1.785 e 2.206 kWh/m²/ano, o que se traduz num potencial estimado em 23.000 GW. Pela abundância, torna-se o principal recurso renovável e estável em grande parte do País (ALER, 2017; GUEIFÃO et al., 2013).

Estima-se que a atual capacidade instalada de energia solar no país seja de 2.5 GW, dos quais 599 kW

com capacidade de ligação à rede (FUNAE, 2018). O mercado de painéis solares é dominado pelo Fundo de Energia (FENAE) e o principal consumidor, a população rural e de baixa renda, fato que leva a FUNAE a fornecer painéis a baixo custo, desmotivando o envolvimento do setor privado.

ENERGIA HIDROELÉTRICA EM MOÇAMBIQUE

A energia hidroelétrica é aquela que provem da condensação, precipitação e evaporação das águas, fatores estes causados pela irradiação solar e atração gravitacional (ALGBURI; SHARMA, 2016). As usinas hidroelétricas têm a capacidade de transformar a energia cinética e potencial gravitacional de grande volume de águas dos rios em energia mecânica (na turbina) e elétrica (no gerador) (BOSTAN et al., 2012; GIELENA et al., 2019).

Os locais favoráveis às instalações de usinas hidroelétricas são locais de alta queda, nas ribeiras de grandes declives, formados por rápidos ou cascatas (SARTORI et al., 2017). Para produzir a energia elétrica é preciso unificar os desníveis do relevo por meio da construção de barragem ou reservatórios que interrompem o curso normal do rio (BOSTAN et al., 2012).

Atualmente, existem cinco usinas hidroelétricas operacionais no País (Quadro 3). Além dessas usinas, existem minicentrals (gerando até 15 MW), outras centrais em reabilitação e novos projetos em preparação (EDM, 2018). Essas usinas produzem energia elétrica para abastecer o mercado interno e externo (África do Sul, Suazilândia e Zimbábue).

Quadro 3 - Características das barragens hidroelétricas de Moçambique.

Barragem/Usina	Bacia	Queda (m)	Volume (10 ⁶ m)	Q m e d (m ² /s)	Principais usos	Potencial (MW)	Potencial de irrigação (Ha)
Cahora Bassa	Zambeze	103.5	65000	2150	Hidroelétrica	2060	-
Chicamba	Revué	8.5	1.2	1400	Hidroelétrica	46	-
Mavuzi	Revué	75	1820	680	Hidroelétrica	36	-
Corrumana	Sabié	45	1230	630	Hidroelétrica e irrigação	15	36000
Massingir	Elefantes	48	2256	1800	Hidroelétrica e irrigação	45	70000
Potencial total						2192	106000

Fonte: Adaptado de EDM (2018).

BIOMASSAS E BIOENERGIAS EM MOÇAMBIQUE

No contexto energético, o termo “*biomassa*” refere-se ao material biológico, não fóssil, de origem vegetal, animal ou microbiana, que pode ser convertido em energia (bioenergia). Este material inclui matéria vegetal gerado por fotossíntese, resíduos agrícolas, agroindustriais, florestal, dejetos de animais e a fracção biodegradável dos resíduos urbanos e industriais (MONJANE; BARROS, 2015; RAPOSO et al., 2015).

A biomassa pode ser classificada em dois grandes grupos: (1) biomassa tradicional, composta essencialmente pela lenha e resíduos naturais, e (2) biomassa moderna, produzida a partir de processos tecnológicos avançados e eficientes, tais como biocombustíveis líquidos e gasosos, briquetes e pellets, cogeração e os cultivos dedicados de espécies como o das florestas plantadas e o da cana-de-açúcar (MARAFON et al., 2016; RAPOSO et al., 2015).

Moçambique apresenta um grande potencial para aproveitamento da bioenergia, sobretudo a biomassa florestal (naturais ou residuais) e de explorações agrícolas, embora exista também a possibilidade de usar resíduos sólidos urbanos e industriais (ALER, 2017). A superfície florestal do País é cerca de 55 milhões de hectares (51% da superfície nacional), o que constitui uma oportunidade para a obtenção de benefícios

através da gestão adequada, que contribui no desenvolvimento socioeconómico do País (NUBE et al., 2016).

Deste modo, cerca de 80% da procura energética é satisfeita pela biomassa tradicional, usadas para suprir as necessidades energéticas domésticas, embora uma parte do ramo comercial e industrial também use a biomassa tradicional para gerar calor. Como referência, Moçambique é um dos dez maiores produtores de carvão vegetal do mundo (WOOLLEN et al., 2016). Estima-se que os resíduos da atividade florestal a nível nacional poderiam gerar 750 GWh (ALER, 2017) e é possível produzir 3,1 milhões de barris equivalentes de petróleo por dia de biocombustíveis sem afetar a produção agrícola ou pôr em risco a biodiversidade.

ENERGIA EÓLICA EM MOÇAMBIQUE

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o uso de aerogerador ou turbina eólica, para geração de eletricidade, ou por meio de cata-vento e moinho para trabalhos mecânicos (GUPTA et al., 2015; SILVA et al., 2017). O seu uso segue as características aerodinâmicas do local e finalidade ou tecnologia existente/disponível (TAWFIQ et al., 2019).

As regiões tropicais recebem os raios solares quase perpendiculares, mais quentes do que as regiões polares, por conseguinte, o ar quente nas baixas altitudes, tende a subir, sendo substituído por massas de ar mais frio que se desloca das regiões polares, o que determina a formação dos ventos. Os principais fatores de influência no regime dos ventos são: (i) a variação da velocidade com a altura; (ii) a rugosidade do terreno, caracterizada pela utilização da terra; (iii) Presença de obstáculos nas redondezas, e; (iv) o relevo (CASTRO, 2003).

Moçambique apresenta um regime de ventos de intensidade médio-baixa, com a média entre os 4–6 m/s a 80 metros de altitude, com exceção da zona sul do país e nas zonas altas no centro e norte do país onde os ventos atingem valores elevados (SILVA et al., 2017). Estudos realizados por GUEIFÃO et al. (2013) e SILVA et al. (2017) demonstraram que o País tem um potencial eólico de 4,5 GW, dos quais 1,1 GW têm potencial efetivo de ligação à rede. Destes, cerca de 230 MW são considerados projetos de alto potencial, por apresentar mais de 3.000 NEPs (potência nominal), e o restante 3,4 GW apresentam baixo a médio potencial.

ENERGIA GEOTÉRMICA EM MOÇAMBIQUE

A energia geotérmica é a energia armazenada na forma de calor no interior da Terra, para fins de utilização direta (baixa entalpia), com aplicações primárias industriais, residenciais, agrícolas e outras, e utilização indireta (alta entalpia), com aplicações na geração de energia elétrica (BERTANI, 2015; OMENDA, 2018). Esta energia manifesta-se à superfície na forma de rochas, fluidos quentes ou ambos (SOUZA, 2015).

Para utilização do recurso existem quatro sistemas: (i) hidrotermal húmidos, onde a água armazenada em reservatórios de rochas superaquecidas eleva a sua temperatura até atingir a ebulição, onde o montante é expulso para fora da superfície por meio de gêiser (*single* ou *double flash*); (ii) sistemas a secos, o reservatório possui apenas vapor, que é aproveitado para a geração direta de eletricidade; (iii) rochas secas quentes, é um sistema que aproveita o vapor das rochas subterrâneas e fratura hidráulica das rochas; (iv) reservatórios geopressurizados, possuem grandes áreas de águas profundas em altas temperaturas e pressões (SOUZA, 2015).

Moçambique é coberto parcialmente pelo grande Vale do Rife Leste Africano (VRLA), sendo possível a ocorrência de emanções geotérmicas, sob a forma de nascentes termais, que atingem temperaturas

em algumas zonas superiores a 600 °C, existindo mesmo um registo histórico de temperatura de 950 °C (GUEIFÃO et al., 2013).

Recentemente, foram realizados estudos térmicos, em centenas de estações próximas as fontes termais com temperaturas acima de 60°C e fluxo de calor de 70-170 mW/m². Foram mapeados cinco locais com potencial geotérmico: Metangula (95°C), Morrumbala (153°C), Boroma (164°C), Maganja da Costa e Namacurra (155°C). O potencial total foi de 147 MW e temperaturas de 140-160°C, a profundidades de 1.500-2.500 metros (GUEIFÃO et al., 2013).

No País ainda ocorrem depósitos de águas termais nas regiões de Espungabeira-Dombe-Chibabava, Libombos, ao longo dos rifte na fronteira com o Zimbabué e África do Sul, e nos distrito de Gorongosa, Changara, Moatize, Chifunde e Mágoè (GUEIFÃO et al., 2013). Estudos realizados por VASCONCELOS (2014) e PEIXOTO et al. (2015) indicam certo potencial geotérmico nesses depósitos, mas carece de pesquisas de detalhamento/viabilidade técnica para mesurar o potencial/instalação dos parques energéticos nas regiões mapeadas.

METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica foi utilizada como metodologia para contextualização de diversas questões históricas, socioeconômicas, político e ambiental, referente às tecnologias das ER. O embasamento teórico vincula-se ao método analítico-crítico (GIL, 2008), baseado na leitura de livros, artigos científicos, teses e dissertações, sem delimitação temporal e espacial das publicações. Nesse contexto, foi possível a análise da matriz energética nacional sob diversas perspectivas, tais como os impactos do uso das ER no desenvolvimento socioeconômico e ambiental e as limitações do seu uso especificamente nas zonas rurais moçambicanas.

Para análise de dados secundários foi utilizado desk research. Esta técnica possibilitou o levantamento e a análise de informação na Atlas de Energias Renováveis, alguns decretos ministeriais do Governo de Moçambique e relatórios técnicos de empresas ligadas a produção, instalação de tecnologias de ER no País. A análise do potencial de ER usado/instalado em Moçambique foi possível pela correlação entre a quantidade de energia produzida por cada tecnologia de recurso renovável e o tipo de aplicação.

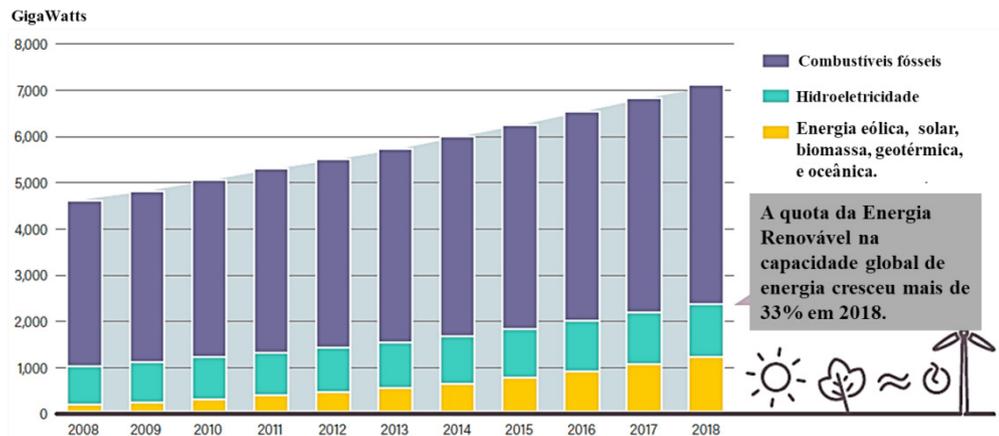
A combinação destas técnicas possibilitou descrever o estágio atual da disponibilidade, uso e geração das ER em Moçambique, como perspectivar as tendências futuras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

MATRIZ ENERGÉTICA REGIONAL E MOÇAMBICANA

A estrutura de oferta e demanda no setor de energia, contemplando as fontes primárias e secundárias, bem como os diversos usos no sistema socioeconômico, constitui o que usualmente se chama de matriz energética. Há previsões da divisão da matriz energética mundial em quatro partes iguais: petróleo, gás, carvão mineral e as fontes de energia renovável com baixas emissões de carbono (OECD/IEA, 2018). Desde 1998 que se observa um aumento gradual no consumo das ER (Fig. 4).

Figura 4 - Evolução do consumo Mundial de Energia, no período 2008-2018.



Fonte: (REN21, 2019).

Atualmente, quase dois bilhões de pessoas no Mundo, estão concentradas na periferia dos centros urbanos e zonas rurais sem acesso a serviços energéticos de base. É este o paradoxo energético que caracteriza o século XXI. Esta desigualdade energética afeta dois terços da população africana (SEBASTIÃO, 2016), tornando o continente dependente dos combustíveis fósseis (51%) e biomassa (42,5%) como fonte primária de energia. A OECD/IEA (2014) aponta as seguintes reformas para as políticas energéticas dos Países Africanos:

- Modernização do setor da energia: investir em tecnologias que reduzam os cortes de energia e permitam um acesso universal à eletricidade nas zonas urbanas.
- Maior cooperação regional: mercados em expansão e liberação de uma maior parte do potencial hidroelétrico do continente.
- Melhor gestão dos recursos e de rendimentos energéticos: maior eficiência e transparência no financiamento de infraestruturas energéticas de África.

A África Subsaariana enfrenta dois grandes desafios energéticos: o acesso inadequado à energia e alterações climáticas. Trata-se da região com maiores índices de pobreza energética no mundo, com mais de 600 milhões de pessoas sem acesso à eletricidade e outras ligadas a redes não fiáveis e que não satisfazem as suas necessidades energéticas diárias. Para ser capaz de mitigar os impactos das alterações climáticas, terá de alcançar o pleno acesso à eletricidade e desenvolver sistemas de energia limpa (AVILA et al., 2017; DEICHMANN et al., 2011).

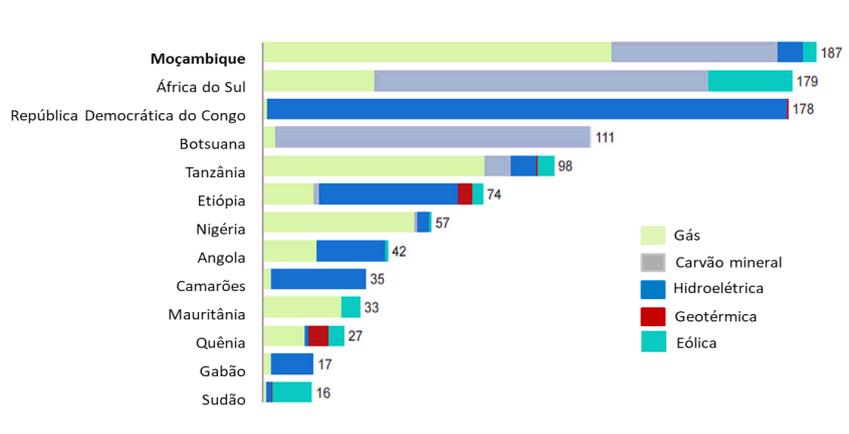
A Agência Internacional da Energia (AIE) estima que a procura de eletricidade na África Subsaariana cresceu cerca de 45% entre 2000 e 2012 e prevê a subida da procura total de eletricidade em África a uma média de 5% por ano até 2020. Para tal, a região terá de expandir significativamente a sua capacidade de produção instalada e fazer modernizações extensas à rede elétrica (AVILA et al., 2017; CASTELLANO et al., 2015).

Nesta região de África, o consumo médio anual de eletricidade são 488 kWh per capita (equivalente a cerca de 5% do consumo dos EUA). A África do Sul contribui expressivamente para esse alto índice médio, visto que, se a excluirmos, o consumo anual de eletricidade é apenas cerca de 150 kWh per capita (OUEDRAOGO, 2017). Pela abundância das ER (Fig. 5), a região tem potencial de produção de energia sem agravar os problemas climáticos.

Estima-se que o potencial de energia solar fotovoltaica seja de 6.500 TW/h por ano (Fig. 5). Os países

costeiros têm o potencial eólico de cerca de 109 GW. O VRLA oferece cerca de 15 GW de energia geotérmica, sobretudo na Etiópia e Quênia (AVILA et al., 2017). Como a região acolhe os rios do Congo e Nilo, dois dos maiores rios do mundo, também tem grande potencial hidroelétrico, explorável cerca de 350 GW em Angola, Camarões, Congo Democrático, Etiópia e Gabão (CASTELLANO et al., 2015).

Figura 5 - Potencial energético (GW) por tecnologia.



Fonte: Adaptado de CASTELLANO et al. (2015, p.4).

Moçambique encontra-se num processo de adaptação econômica no setor energético. Em 1970, 91% da população vivia em zonas rurais e dependia da biomassa comum. Atualmente, a taxa de urbanização é estimada em 35% da população e o crescimento médio anual de acesso REN vem aumentando em 2–4 % por ano, há mais de uma década (SEBASTIÃO, 2016).

A Eletricidade de Moçambique (EDM) construiu, desde a sua criação em 1977, mais de 3.000 km de linhas de 66 kV, reabilitou, modernizou e expandiu os sistemas de distribuição. A procura de energia elétrica cresceu de 200 MWh/ano em 1960 para 4.000 GWh/ano em 2017, e a meta é de levar a energia para todos até 2030 (EDM, 2018). Ao longo dos anos, as centrais a diesel e carvão existentes no País foram progressivamente fechadas e hoje a energia hidroelétrica, é a única fonte de energia da EDM (ARTHUR et al., 2011).

ENERGIAS RENOVÁVEIS EM MOÇAMBIQUE E AS QUESTÕES AMBIENTAIS GLOBAIS

Há milhões de anos, o efeito estufa natural proporciona ao planeta as condições ideais para a sobrevivência da espécie humana (MONTEIRO et al., 2004). O meio ambiente que vivemos encontra-se em contínuas mudanças devido a causas naturais e antropogênicas. Mas a partir da Era Industrial o homem vem gradativamente interferindo o meio ambiente.

As questões ambientais não podem ser tratadas separadamente das questões energéticas. A geração de energia é responsável, hoje, por 60% da emissão dos GEE no mundo. Segundo EDENHOFER et al. (2011: p. 7) “É fundamental reduzir a emissão de GEE na ordem de 50 a 85% até 2050, possibilitando a estabilização da concentração atmosférica desses gases em níveis que possibilitem mitigar os efeitos das alterações climáticas em curso”. Essa redução não deve implicar a redução da oferta dos serviços energéticos.

NOGUEIRA (2007) aponta dois tipos de mecanismos para reduzirmos o consumo crescente de energia, e alcançarmos o desenvolvimento sustentável: a base tecnológica e a base comportamental. O mecanismo tecnológico busca melhorar a eficiência e o rendimento das máquinas utilizadas na sociedade, diminuindo o consumo de energia e melhorando o aproveitamento da sua produção. O mecanismo de base comporta-

mental fundamenta-se em mudanças de hábitos e padrões de utilização, reduzindo o consumo energético.

A sustentabilidade continua um assunto importante dada às evidências que a atividade humana sobre o ambiente está seguindo uma trajetória insustentável (SARTORI et al., 2017). Os efeitos das mudanças climáticas terão um grande impacto para a população humana e no ecossistema, tornando-as mais vulneráveis aos eventos climáticos extremos, como ciclones, inundações, seca, nevasca e outros, que podem ocasionar a extinção de várias espécies.

Como forma de contribuir para mitigar os efeitos das mudanças climáticas através das ER em Moçambique, usam-se as seguintes ações:

Intensificação do uso da energia solar para eletrificação, sobretudo na área rural não abrangida pela REN, caso de Ancuabe, Quissanga, Mocuba e mais;

Produção de biogás (Bilibiza, Gondola e mais) a partir de excremento de animais domésticos, resíduos orgânicos de cozinha e resíduos de processamento da *jatropha*;

Utilização de fogões que economizam a lenha e carvão vegetal (projeto piloto lançado em Nacala) e vai-se disseminar a tecnologias para mais distritos.

Plantio da *jatropha*, nas províncias de Manica e Cabo Delgado, onde o seu óleo é usado para a iluminação e produção de sabão.

ENERGIAS RENOVÁVEIS E DESENVOLVIMENTO DAS COMUNIDADES RURAIS

A energia elétrica, como um direito básico de todo cidadão, é um insumo capaz de promover o desenvolvimento social e econômico regional (MOÇAMBIQUE, 2017). O acesso à eletricidade proporciona a integração da educação, saúde, saneamento, abastecimento de água, melhoria nos processos produtivos de subsistência, a estabilidade local, universalização da informação e a qualidade de vida (ALMEIDA et al., 2013; KAYGUSUZ, 2007).

Apesar do alto custo de instalação de tecnologias de ER, a utilização das fontes renováveis de energia pode reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, reduzir os desperdícios e ampliar o acesso à energia e, desta forma, influir na inserção econômica e social da população “excluídas”, gerando emprego e renda com custos ambientais reduzidos (RIBEIRO et al., 2002; TUN, 2019). Além disso, os países em desenvolvimento poderiam criar tecnologias verdes localmente disponíveis que sejam adequadas às suas localizações e condições (TUN, 2019). A massificação do uso das ER é um indicador do cumprimento de diversas normas nacionais e internacionais sobre sustentabilidade energética.

As oportunidades no setor elétrico estão nas práticas e ações para o desenvolvimento sustentável, como a melhor utilização de recursos naturais, uso de fontes alternativas de energia e eficiência energética (IEA, 2014). O quadro 4 mostra a utilização das tecnologias de ER nas comunidades moçambicanas, a partir das características dos diferentes locais.

Em Moçambique há várias diferenças entre os meios rural e urbano. Com base nisso, verifica-se desigualdades no grau de desenvolvimento socioeconômico, a disponibilidade de infraestrutura e de serviços básicos, como água potável, energia, postos de saúde e escolas, entre outros, os indicadores socioeconômicos e de qualidade de vida da população.

A eletrificação rural é um instrumento da política energética usada em muitos países em vias desenvolvimento como forma de minimizar o déficit no fornecimento de energia nas zonas rurais (SEBASTIÃO, 2016). A eletrificação rural serve como mecanismo de proteção das florestas, contribuindo diretamente na luta contra a poluição ambiental, além de favorecer a redução da pobreza e desigualdade, aumento da coesão social e política, que permite a inclusão nos serviços sociais básicos (ECHEVERRY et al., 2017; SEBASTIÃO, 2016).

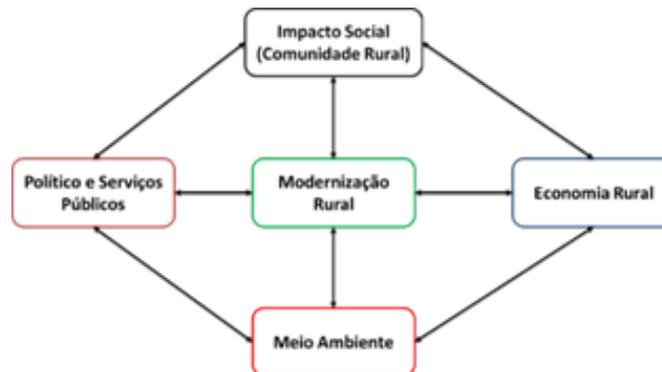
O impacto da eletrificação rural (Fig. 6) ultrapassa as fronteiras físicas locais, proporcionando benefícios de caráter social e ambiental, alteração de hábitos locais, melhoria nas condições de vida das populações, impulsiona a indústria e dinamiza o comércio local.

Quadro 4 - Usos de Algumas Tecnologias Disponíveis para Exploração de Recursos Energéticos em Áreas Rurais.

Tecnologia	Aplicação
Solar fotovoltaica	-Bombeamento de água para consumo humano e irrigação; -Geração de eletricidade para aplicações diversas.
Aquecimento solar	-Coletores solares planos: água quente para escolas e hospitais; -Coletores com concentração: energia elétrica, térmica ou mecânica; -Destiladores solares para água potável; -Secagem de grãos e outras aplicações agrícolas; -Tanques térmicos para armazenagem de energia solar; -Aquecimento de ambiente e sistemas de refrigeração; -Conforto ambiental.
Eólica	-Bombeamento de água com transmissão elétrica ou mecânica de energia; -Geração de eletricidade para aplicações diversas.
Quedas de água	-Geração de eletricidade para aplicações diversas; -Rodas de água para energia mecânica; -Carneiro hidráulico: bombeamento de água; -Armazenamento de energia para uso posterior.
Biomassa	-Fermentação anaeróbica de resíduo animal e vegetal: biogás para uso diverso; -Fermentação para produção de álcoois; -Pirólise para a produção de combustíveis líquidos ou gasosos; -Uso direto da biomassa para produção de energia térmica ou outras formas; -Outras formas peculiares de aproveitamento de biomassa.

Fonte: Adaptado de RIBEIRO et al. (2002).

Figura 6 - Impactos da eletrificação nas zonas rurais.



Fonte: Adaptado de (SEBASTIÃO, 2016).

ENERGIAS RENOVÁVEIS NA ELETRIFICAÇÃO RURAL EM MOÇAMBIQUE

Em Moçambique, ainda existem um número considerável da população que vive na área rural, em condições precárias e sem acesso à eletricidade. Nestas áreas a população se limita a realizar suas atividades durante o dia, recolhendo-se ao anoitecer. Também há falta de água canalizada, postos de saúde equipados, escolas noturnas, eletrodomésticos e equipamentos que facilitem o trabalho. Por isso, o IDH da ONU-2017¹ dessas regiões é muito baixo.

Muitas famílias contam com a fogueira, velas, candeeiros a petróleo, lanterna-de-mão e acumuladores para iluminação noturna, porém a qualidade de iluminação é insatisfatória, as fontes são caras e algumas, colocam riscos para a saúde e propiciam incêndios. Como alternativa, o Governo tem promovido ações para melhorar o acesso à energia elétrica através da eletrificação rural por geradores e painéis solares fotovoltaicos, produzidos pela FUNAE.

A eletrificação rural tem registado um crescimento considerável, passando de 27,5% em 2017 para 30,9% em 2018 (EDM, 2018). Um dos aspetos que gera a inviabilidade no processo de eletrificação rural em Moçambique é a baixa densidade demográfica, maior dispersão dos potenciais consumidores, maiores distâncias em relação a rede, baixo nível de consumo, e baixa perspectiva de retorno do capital investido.

SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

A Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento, da ONU, em 1987, definiu a sustentabilidade como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”.

Segundo Mota e Monteiro (2013, p.1490),

“A sustentabilidade é o principal desafio do século XXI. O século XIX viu o nascimento da revolução industrial, consolidação das práticas industriais, ampliação do uso dos combustíveis fósseis e dos processos produtivos em larga escala, que se desenvolveram com o avanço nas ciências. O século XXI será o período da mudança de um modelo extrativista, que pouco se preocupa com o meio ambiente e os efeitos de longo prazo, para um modelo sustentável, que não abre mão das comodidades e benefícios que as práticas industriais trouxeram para a vida de cada um de nós, mas se preocupa em preservar o meio ambiente e os recursos naturais, para que as gerações futuras possam desfrutar dos mesmos benefícios

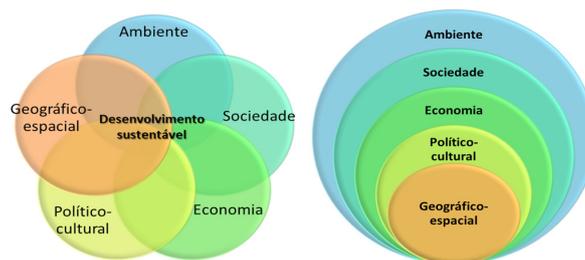
¹ <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002654/265472por.pdf>

De acordo com EDENR MOÇAMBIQUE (2011, p. 27),

“Uma sociedade moderna só opera com o uso de uma ou mais formas de energia. A racionalização do seu uso possibilita melhor qualidade de vida, gerando competitividade, empregos e crescimento económico. Uma política de ação referente à eficiência energética tem como meta o emprego de técnicas e práticas capazes de promover o uso inteligente da energia, reduzir custos e produzir ganhos na perspectiva do desenvolvimento sustentável”.

O conceito de desenvolvimento sustentável foca as cinco dimensões básicas: econômica, social, ambiental, político-cultural e geográfico-espacial (Fig. 7). A econômica com afluência material; o social a partir da equidade de valores; o ambiental com a ecoeficiência e o patrimônio natural; o político-cultural baseado no contexto da democracia e respeito à diversidade; e o geográfico-espacial com a distribuição harmônica das atividades humanas.

Figura 7- Representação esquemática do conceito de Desenvolvimento Sustentável, no diagrama de Venn (a esquerda) e Nested (a direita).



No diagrama de Venn na figura 6 observa-se a interseção dos principais indicadores de sustentabilidade de modo equitativo, focando a necessidade transdisciplinar de abordagem. No modelo de Nested há diferença entre as dimensões, mas apresentam o mesmo objetivo.

No atual cenário de mudanças climáticas e aquecimento global, a perspectiva de desenvolvimento sustentável local passa, sobretudo pela existência de uma matriz energética diversificada, com tendências ao uso de cada vez mais, de fontes renováveis de energia.

A construção de uma matriz energética sustentável, reforçada pelos Acordos Climáticos Internacionais, tem como pano de fundo, reduzir os impactos do uso dos combustíveis fósseis sobre o meio ambiente e as questões climáticas, causadas pelas atividades antropogênicas. Para Ecnr Moçambique (2011) *“O desenvolvimento de fontes de energia renováveis e a sua interligação à REN aumenta a diversidade da matriz energética, sua distribuição geográfica e a segurança energética nacional”.*

A eficiência energética consiste na relação entre a quantidade usada em uma atividade e a energia disponibilizada para a sua realização. A eficiência em sistema tecnológico de ER depende das características físico-químicas dos seus componentes e das variações dos atributos das fontes características. O estudo das formas de diminuição das perdas nesses processos é extremamente importante, pois tem implicações econômicas significativas.

Nogueira (2007) associa as ineficiências nos sistemas energéticos a:

Projeto deficiente: em razão da concepção errônea do desenho, materiais, processo de fabricação, equipamentos e/ou sistemas que levam a desperdícios de energia;

Operação ineficiente: mesmo quando os sistemas energéticos são bem concebidos, podem ser ope-

rados de forma irresponsável;

Manutenção inadequada: parte dos desperdícios de energia poderia ser evitada, mediante os procedimentos de manutenção corretiva e preventiva, correta regulagem e controle dos sistemas para manter o desempenho nas condições originais.

Podemos melhorar a eficiência das tecnologias para energia elétrica, combinando fatores como: adoção de lâmpadas fluorescentes ou LEDs, uso das lâmpadas somente no período útil, uso de aparelhos elétricos de baixo consumo, adoção de hábitos e padrões de redução de consumo energético ou que evitem desperdício. A modernização das tecnologias é o caminho para alcançar a eficiência, a sustentabilidade das ER e trazer benefícios socioeconômico.

LIMITAÇÕES NO USO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS EM MOÇAMBIQUE

As fontes de ER são abundantes na África Austral. Exemplo, a irradiação solar média na África Austral é de 4 kWh/m²/dia, com captação mais barata do mundo, fazendo-se dela uma excelente escolha para o desenvolvimento de recursos renováveis (ECA, 2006). No entanto, o uso de fontes renováveis na África Austral não é tão difundido como podia.

Vários fatores foram identificados como limitantes ao desenvolvimento da ER na África, a saber, o quadro jurídico, regulador e institucional, falta de financiamento, de competência técnica, de políticas estimulantes e de mecanismos fiscais (ECA, 2006). Além disso, deve-se melhorar a utilização de recursos e tecnologias, criar soluções de baixo custo e desenvolver pequenas empresas para conceber, fabricar, distribuir, instalar e gerir as aplicações.

As limitações dos projetos de ER em Moçambique prendem-se ao rápido declínio do ambiente macroeconômico, caracterizado pela alta inflação e desvalorização da moeda nacional, alta taxa de pobreza e baixo poder de compra, insegurança, serviços de logística e de fornecimento deficientes e pelo fato da maioria da população viver em áreas remotas.

Além destas barreiras genéricas, existem ainda barreiras específicas do setor energético, como o enquadramento legal e institucional, perfil energético nacional e a falta de tecnologias e técnicos especializados em energia eólica, geotérmica, oceânica e biomassa fluida.

Pelo caráter intermitente e baixa eficiência energética, as ER devem ser entendidas como fontes complementares, pois, não têm a capacidade de substituir completamente, no atual perfil de oferta existente, os combustíveis fósseis.

Apesar do mapeamento e quantificação das fontes renováveis por Gueifão et al. (2013) e detalhamento por Vasconcelos (2014) e Peixoto et al. (2015), nota-se a falta de atualização de informação técnica básica para o planejamento e desenvolvimento de projetos de ER, baixa oferta de componentes para os sistemas de ER no mercado doméstico, ausência de padrões e certificações de qualidade, e a incapacidade institucional para supervisionar.

A perspectiva das ER depende de cinco fatores segundo Gay et al. (1998):

- Melhorias tecnológicas – pesquisa e desenvolvimento são essenciais para melhorar a eficiência e reduzir custos permitindo competir com os combustíveis fósseis;
- Comercialização tecnológica – desenvolver a engenharia e tecnologia necessária para levar o produto ao mercado e criar parcerias entre a indústria, o Governo e instituições de pesquisa para compartilhar os custos e melhorar o retorno do investimento;
- Mercados de curto prazo – para produzir e comercializar produtos tecnológicos viáveis é necessário identificar áreas prioritárias que o mercado necessita;
- Legislação e demonstração – o Governo deve incentivar e subsidiar projetos de ER, como forma de

ampliar a aceitação das tecnologias pelo mercado e consumidores;

- Mercados Internacionais – competitividade das indústrias nacionais face ao mercado internacional é fator chave para obter sucesso, a médio e longo prazo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fontes renováveis de energia abordadas no artigo estão em crescente desenvolvimento e constitui parte significativa na matriz energética nacional. O território moçambicano tem características que fazem dele uma região potencial para produção de energia, em quantidades para a autossuficiência, fator fundamental no desenvolvimento socioeconômico nacional e de sustentabilidade socioambiental.

Mudanças na matriz energética local devem ser encarradas como desafio e oportunidade de inovação tecnológica, com vista a expandir o acesso à energia, melhorar a segurança e eficiência energética, reduzir os níveis atuais de pobreza energética, reduzir a dependência aos combustíveis fósseis e inserção socioeconômica da população da área rural e suburbana.

Os mercados locais de ER, sobretudo a hidroelétrica, solar e biomassas, estão em rápida expansão, com o Governo criando programas e políticas (apesar de ainda insatisfatórias) de incentivos das ER nas comunidades rurais não abrangidas pela REN. Ademais, Moçambique avança nas pesquisas para utilização de energia geotérmica e eólica em locais já mapeados.

Apesar dos avanços alcançados nos últimos anos, entende-se que o País necessita de: (i) políticas de promoção, difusão e regulação das tecnologias de uso e aproveitamento das ER; (ii) financiamento direcionado aos projetos de ER; (iii) oferta de serviços de projetos, instalação e manutenção de sistemas de ER; (iv) uso de sistemas híbridos, com vista a diversificar a matriz energética nacional, tornando-a mais atrativa e acessível, principalmente nas pequenas aldeias nas áreas rurais do País, e; (v) tecnologias para conversão das energias, especialmente a geotérmica, oceânica, eólica e biomassa fluida.

Para tal, sugere-se que o Governo mobilize as instituições de pesquisa, empresariado e parceiros de cooperação para desenvolver pesquisas para apurar áreas potenciais para uso das ER isoladas ou ligadas à rede, principalmente nas zonas rurais e suburbanas.

REFERÊNCIAS

ALER. **Energias renováveis em Moçambique: Relatório Nacional do ponto de situação**. 2. ed. Maputo: ALER – Associação Lusófona de Energias Renováveis, 2017.

ALGBURI, S.; SHARMA, U. C. Hydroelectric Power. In: GOVIL, J. N. (Ed.). **Energy Science & Technology**. 1. ed. [s.l.] Studium Press LLC, USA, 2016.

ALMEIDA, R. DA M.; SOUZA, R. C. DE A.; MOUSINHO, M. C. A. DE M. **Brasil e Índia: eletrificação rural e energia de fontes renováveis**. SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA., 12. **Anais...** Salvador, BA: Revistas da UNIFACS, 2013.

ARTHUR, F.; SOLIANO, O.; MARIEZCURRENA, V. **Estudo de avaliação de energias renováveis em Moçambique**. Maputo: Organização Holandesa de Cooperação, 2011.

AVILA, N. et al. Produção de energia para um desenvolvimento sustentável e equitativo. In: **O desafio**

energético na África subsariana: Guia para defensores e decisores políticos. Berkeley, CA: OXFAM, 2017. p. 16–84.

BERTANI, R. **Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report.** PROCEEDINGS WORLD GEOTHERMAL CONGRESS. **Anais...**Melbourne, Australia: 2015.

BOSTAN, I. et al. Micro-hydropower station for kinetic energy conversation of flowing whater. **HIDRAULICA**, v. 3, n. 4, p. 15–21, 2012.

CASTELLANO, A. et al. **Brighter Africa: The growth potential of the sub-Saharan electricity sector.** New York: McKinsey & Company, 2015.

CASTRO, R. M. G. **Introdução à energia eólica: Energias Renováveis e Produção Descentralizada.** Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa: Secção de Energia, 2003.

CHANDEL, M. et al. Case Studies in Thermal Engineering Techno-economic analysis of solar photovoltaic power plant for garment zone of Jaipur city. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 2, p. 1–7, 2014.

DEICHMANN, U. et al. The economics of renewable energy expansion in rural Sub-Saharan Africa. **Energy Policy**, v. 39, n. 1, p. 215–227, 2011.

ECA. **Sustainable Energy: A Framework for New and Renewable Energy in Southern Africa.** Lusaka, Zambia: Economic Commission for Africa, SA, 2006.

ECHEVERRY, S. M. V. et al. Comparing effects and impacts of rural electrification on development in two South American Afro descendent communities. **Academic Journal ou Suriname**, v. 8, p. 680–693, 2017.

EDENHOFER, O. et al. Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change. In: STECHOW, C. VON (Ed.). **Summary for Policymakers.** Cambridge, UK and New York, USA: [s.n.]. p. 10–75.

EDM. **Estratégias da EDM 2018-2028.** Maputo: Eletricidade de Moçambique E.P., 2018.

FUNAE. Potencial solar em Moçambique. In: **Atlas: Energias renováveis em Moçambique.** Maputo: FUNAE Fundo de Energia, 2018. p. 34–45.

GAY, C. F.; MOON, S.; BROWN, H. Momentum at Last: Perspectives on the U.S. Renewable Energy Industry. **Revista Energy Sources**, v. 20, p. 97–102, 1998.

GIELENA, D. et al. The role of renewable energy in the global energy transformation. **Energy Strategy Reviews**, v. 24, p. 38–50, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed. São Paulo: Editora Alas SA, 2008.

GREEN, M. A. et al. Solar cell efficiency tables (version 52). **Progress in Photovoltaics: Research and**

Applications, v. 26, n. 7, p. 427–436, 2018.

GUEIFÃO, C. et al. **Atlas das energias renováveis de Moçambique**: Recursos e projectos para produção de electricidade. 1. ed. Maputo - Moçambique: Gesto-Energia, S.A., 2013.

GUPTA, R. A.; SINGH, B.; JAIN, B. B. **Wind Energy Conversion System using PMSG**. International Conference on Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering. **Anais...**New Jersey, USA: IEEE, 2015.

KABIR, E.; KIM, K.; SZULEJKO, J. E. Social Impacts of Solar Home Systems in Rural Areas : A Case Study in Bangladesh. **Energies**, v. 10, n. 1615, p. 1–12, 2017.

KAYGUSUZ, K. Energy for sustainable development: Key issues and challenges. **Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy**, v. 2, n. 1, p. 73–83, 2007.

LLOYD, P. J. The role of energy in development. **Journal of Energy in Southern Africa**, v. 28, n. 1, p. 54–62, 2017.

LUNDELL, M. R.; AQUINO, A. R. DE. **Moçambique: aspectos gerais**. Maputo - Moçambique: The World Bank, 2018.

MARAFON, A. C. et al. **Uso da Biomassa para a Geração de Energia**. 1. ed. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.

MATOS, D. C. DE. **Pobreza energética na União Europeia: do conceito à realidade**. Dissertação de Mestrado em Economia, Universidade do Porto, 2017.

MOÇAMBIQUE. **Estratégia de desenvolvimento de energias novas e renováveis para o período 2011-2025**. Maputo, Moçambique, Ministério de Energia. 2011. p 1-41: [s.n.].

MOÇAMBIQUE. **Plano Económico e Social para 2018**. Maputo, Ministério de Planificação e Desenvolvimento. 2017. p. 173.: [s.n.].

MONJANE, A. A. R.; BARROS, J. A. P. DE. Potencialidades bioenergéticas em Moçambique. **Revista Eletrônica de Energia**, v. 5, n. 1, p. 5–12, 2015.

MONTEIRO, A. G. et al. **Avaliação de emissões de CO2 para o programa de eletrificação rural “Luz no campo”: o caso da área de concessão de ENERSUL**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA., 10. **Anais...**Rio de Janeiro, RJ: COPPE/UFRJ, 2004

MOTA, C. J. A.; MONTEIRO, R. S. Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1483–1490, 2013.

NOGUEIRA, L. A. H. Uso racional: a fonte energética oculta. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 91–105, 2007.

NUBE, T. G. et al. Impactos Socioeconômicos das Plantações Florestais no Niassa, Moçambique. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 52–60, 2016.

OECD/IEA. **World Energy Outlook 2018**. Paris: International Energy Agency, 2018.

OMENDA, P. **Geothermal Outlook in East Africa: Perspectives os Geothermal Development**. Bochum, German: [s.n.].

OUEDRAOGO, N. S. Africa energy future: Alternative scenarios and their implications for sustainable development strategies. **Energy Policy**, v. 106, p. 457–471, 2017.

PEIXOTO, E; ANJO, A. B.; BONITO, J. Recursos geológicos em Moçambique e sua presença em contexto educativo. **Revista de Estudios e Investigación em Psicología e Educacion**, v. 13, p. 19-23, 2015.

RAPOSO, F. L. Q. et al. **Aproveitamento de biomassa resultante da serragem e painagem da madeira em Moçambique**. SENAFOR., 35. **Anais...Porto Alegre, RS: 2015**.

REN21. **Renewables 2019: global status report**. Paris: REN21, 2019.

RIBEIRO, C. M.; SOUZA, A. A. DE; ROSA, F. L. DE O. RENOVE: uma rede de organizações do terceiro setor promovendo o desenvolvimento das fontes renováveis no Brasil. **Energ. Meio Rural**, v. 2, n. 4, p. 1–6, 2002.

SANTOS, V. L. M. DOS et al. **Energia sustentável: Trabalhando a temática energia solar em uma escola da rede pública de ensino no município de Parnaíba-PI**. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO., 4. **Anais...João Pessoa/PB, Brasil: CONEDU, 2017**.

SARTORI, S. *et al.* **Os benefícios e desafios da geração de eletricidade no contexto da sustentabilidade**. ENGEMA ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE. **Anais...São Paulo-SP: FEA-USP, 2017**.

SEBASTIÃO, A. P. O modelo da eletrificação de Moçambique: a importância para o desenvolvimento. **International Business and Economics Review**, v. 7, p. 153–200, 2016.

SILVA, E. M. DA; BANGA, N. M.; ALVES, J. M. B. Modelagem dos Recursos Eólicos sobre Moçambique Considerando um Cenário de Mudanças Climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, n. 1, p. 157–170, 2017.

SOUZA, L. M. C. G. DE. Potencialidade de aproveitamento das minas abandonadas para a geração de energia geotérmica no Brasil sobre o prisma gerencial de sustentabilidade. **Artigos**, v. 1, p. 1–15, 2015.

TAWFIQ, K. B. et al. Wind energy conversion system topologies and converters: Comparative review. **Energy Procedia**, v. 162, p. 38–47, 2019.

TUN, M. M. An overview of renewable energy sources and their energy potential for sustainable develop-

ment in Myanmar. **European Journal of Sustainable Development Research 2019**, v. 3, n. 1, p. 1–13, 2019.
VASCONCELOS, L. Breve apresentação sobre os recursos geológicos de Moçambique. CNG/20 COGE-
PLIP, **9. Anais....** Porto-PO, LNGIP, 2014.

VIANA, A. N. C. et al. Energia: Conceitos e fundamentos. In: **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. [s.l.] PEE-ANEEL, 2012. p. 13–28.

WOOLLEN, E. et al. Charcoal production in the mopane woodlands of Mozambique: What are the trade-offs with other ecosystem services? **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 1, p. 1–14, 2016.