

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM DISPOSITIVOS BIOINSPIRADOS.

Kállisson Kálled da Silva Oliveira¹; Edwin Luize Ferreira Barreto².

Resumo: Este trabalho relata sobre as possíveis formas e dispositivos, que podem gerar energia através do corpo humano, trazendo informações sobre cada aparato presente, explicando seu funcionamento, onde pode ser usado e em quais ocasiões são mais eficientes, além das melhorias que podem trazer para a geração de energia e para a sustentabilidade do meio ambiente. Não só apenas isso, como também na praticidade humana no dia-a-dia, com a possibilidade de carregar pequenos dispositivos de forma rápida e contínua. Porém, para que os aparelhos descritos possam evoluir, irão enfrentar desafios, na qual, são citados no artigo. De acordo com o artigo, existem diferentes formas de obter energia através do corpo, sendo através do atrito, do calor corporal do ser humano, da indução eletromagnética e do estresse mecânico, porém ainda são formas consideradas novas, então em sua grande maioria estão em fase de desenvolvimento, para que futuramente possam chegar ao mercado.

Palavras-chave: geração de energia; calor corporal; piezoelétrico; triboelétrico; tecnologia; estresse mecânico.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica para a humanidade, se tornou essencial para o desenvolvimento, na qual o seu surgimento desencadeou a evolução de várias tecnologias, como a lâmpada, os computadores, dispositivos médicos e vários outros aparelhos que são usados pela humanidade utilizando a eletricidade. Nesse contexto, proporcionou um grande aumento na população mundial, e para que consiga suprir toda a sociedade humana de suas necessidades, foram criados meios em que tem a possibilidade de captar e transformar energia mecânica ou térmica, em eletricidade. Alguns desses meios de geração de energia, como por exemplo as termoeletricas que usam o carvão mineral para produzir energia, são de extrema preocupação ao meio ambiente, por terem um alto nível de degradação, por conta dos gases que são expelidos para a atmosfera, pela destruição causada pela extração da matéria-prima utilizada e a construção de grandes instalações. Além da citada, há outras formas de gerações de energia, como as termoeletricas de gás natural, as hidroelétricas e a nuclear, que é considerada uma forma limpa de geração, porém o descarte é o seu grande problema,

No Brasil, a principal fonte de produção de energia é por meio das hidroelétricas [1], pois em seu território abrange vários rios considerados caudalosos, que são propícios para a sua instalação e um grande território contendo uma excelente quantidade de planaltos, que também é considerado um importante fator para a construção. Porém, vem em crescimento no país, duas formas de geração de energia consideradas menos degradantes ao meio ambiente e sustentáveis, sendo elas, a energia fotovoltaica e a eólica [1]. Produção de energias consideradas limpas, como as duas citadas, vem em grande evolução em todo mundo, principalmente por conta da preocupação que vem surgindo com o meio ambiente, a partir de fenômenos como o aquecimento global, causado pela poluição gerado pelo ser humano.

Para que se possa evitar a destruição do meio ambiente, a evolução dos meios de captação de energia vem se intensificando, principalmente aqueles com uma menor degradação. Nesse sentido, uma dessas formas seria a captação de energia através do corpo humano, que mesmo estando em fase de desenvolvimento e pesquisa, pode-se no futuro obter mais um meio de geração de energia. A eletricidade gerada através do corpo pode ser adquirida do movimento realizado pelos membros, da temperatura gerada e também do movimento feito pelos órgãos, podendo ser considerada uma forma sustentável. Para que se possa aproveitar dessa nova geração de energia, dispositivos vêm sendo criados em diferentes países no mundo e contendo em sua composição materiais que não trazem grandes prejuízos a natureza.

Um dispositivo que está em fase de desenvolvimento na China, pode gerar energia a partir do atrito causado no movimento do corpo [2]. Esse sistema pode ser usado em vestimentas, gerando energia durante o movimento corporal das pessoas nos afazeres diários, possibilitando carregar outros aparelhos, como celulares, tablets, fones de ouvido sem fio, relógios digitais e aparelhos médicos, nas quais sejam de pequeno porte. Sua criação veio, a partir da ideia de poder desenvolver mais uma forma de energia, trazendo praticidade a sociedade, onde poderá carregar os aparelhos citados de forma rápida, contínua enquanto nos movimentamos e sem perder o tempo que é de grande importância nos dias atuais.

Outros dispositivos foram criados, utilizando diferentes formas de captar energia a partir do corpo humano, se tornando um ponto positivo, pois pode-se perceber o avanço dessa nova forma de tecnologia que futuramente

ajudará na evolução da eficiência de pequenos dispositivos. A partir disso se percebe, o quão amplo esses novos dispositivos podem ser, ajudando não só o meio ambiente, como também o desenvolvimento da geração de energia elétrica e diversas outras áreas, como por exemplo, na medicina.

A partir de pesquisas feitas por artigos e revistas relacionados a área em pauta, será mostrado no artigo como é o funcionamento dos dispositivos que estão sendo desenvolvidos para gerar energia através do corpo humano. Será indagado como os equipamentos podem contribuir para a nova era tecnológica em que visa a sustentabilidade, procurando sempre achar novos meios da sociedade evoluir sem que destrua o seu próprio habitat, que é o planeta Terra e além disso, mostrando os desafios que poderão ser encontrados durante a evolução dos aparelhos.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, realizou-se pesquisas em busca de artigos e revistas, em busca de aparatos que produzam energia elétrica através do corpo humano. A busca foi realizada através do Google Schola, utilizando o termo “Energia elétrica gerada pelo movimento do corpo humano” a procura de artigos internacionais com data limite de publicação, se iniciando no ano de 2016 e finalizado no ano de 2023, sendo assim uma faixa de 8 anos visando investigar novos estudos sobre o tema proposto no trabalho.

Após uma filtragem minuciosa nos materiais encontrados, selecionou-se 5 artigos relacionados ao estudo do trabalho, além de revistas científicas para agregar mais informações. Foi estabelecido critérios para a escolha, fixando artigos que abordam dispositivos que geram eletricidade de diferentes formas usando como fonte o corpo humano e que sejam considerados produtores de energia limpa.

O artigo, foi dividido em tópicos, mostrando os dispositivos e as diferentes formas que eles conseguem gerar energia elétrica com o corpo humano, sendo eles, o movimento do corpo, através do deslocamento dos órgãos e a partir do calor produzido pelo corpo.

3. DESENVOLVIMENTO

Com o corpo humano pode-se gerar energia de diversas formas, como por exemplo, através do atrito causado pelo contato do corpo com as roupas. Além disso, utiliza-se o calor do corpo humano, a indução eletromagnética e o estresse mecânico. A partir desses meios, dispositivos estão sendo criados, cada um com sua configuração de geração, utilizando formas diferentes para no final obter o resultado mais esperado, a energia elétrica.

Essas novas tecnologias estão sendo desenvolvidas, principalmente pela mudança que está acontecendo na produção de energia elétrica em um contexto mundial, pois atualmente se busca novas formas de captação que tragam uma diminuição nos níveis de poluição. Com isso, esses mais novos meios de geração, podem trazer benefícios ao meio ambiente e também a sociedade, por serem produzidos com materiais que tem um nível de poluição baixo, comparados as formas usuais. Além de beneficiar o meio ambiente, pode trazer vários benefícios para a medicina, utilizando essa tecnologia para alimentar aparelhos de pequeno porte, usados no corpo humano, que são de extrema importância muitas vezes para a sobrevivência de pacientes que utilizam aparatos internamente ao corpo.

No Brasil, maior parte da produção de energia elétrica vem das hidrelétricas, que são consideradas efetivas na sua geração, por produzirem em grande escala. Porém, existem pontos negativos, principalmente por terem grande instalações, prejudicando a fauna e flora no local, como também em momentos de seca, onde os níveis das águas dos rios estão baixos, fazendo sua geração diminuir e gerando consequências, como o aumento da tarifa de energia elétrica para a população e apagões. Novas formas de produção estão surgindo, como a eólica e solar, que estão em acesso no país, mas ainda não são suficientes para que possa suprir de forma efetiva a população. Com o surgimento dessa mais nova tecnologia que utiliza a energia do corpo humano, pode ser considerada mais uma forma que possa ajudar a suprir as necessidades da sociedade, não apenas a brasileira, como também mundial, a partir da sua evolução, com a melhora da sua eficiência e aumento na geração.

3.1. Energia gerada através do atrito

3.1.1. Nanogerador Triboelétrico

Alguns dos dispositivos que estão sendo desenvolvidos utilizam do atrito para poder gerar energia com o movimento do corpo. Pode-se citar o nanogerador triboelétrico (TENG), um aparato que está sendo desenvolvido para ser usado em vestimentas e que possa carregar pequenos outros aparelhos com a produção de energia gerada por ele. Seu funcionamento consiste através do atrito causado entre a pele do ser humano com o material em que é feito. Como o TENG e a pele são de composições diferentes, isso causa uma eletrização através da fricção do material com o outro, gerando assim uma movimentação dos elétrons, abandonando um dos corpos, deixando-o carregado positivamente, enquanto o outro que está recebendo o elétron será carregado negativamente. Com a repetição do processo de forma contínua, irá gerar uma corrente elétrica, que mesmo sendo considerada baixa, pode ser aproveitada através de eletrodos [3].

Para que o material dessa nova tecnologia seja escolhido, precisa-se saber a afinidade elétrica que possa em atrito com a pele humana gerar uma maior quantidade de corrente elétrica. Para isso se deve analisar a série triboelétrica, na qual é uma tabela que irá mostrar os principais materiais que podem ser usados para que surja uma corrente quando atritado com a pele.

O aparelho citado, utiliza um eletrodo em forma de líquido, que pode conduzir energia, e protegido por uma borracha, colocado em camadas com uma baixa espessura [3]. Hoje em dia, devido aos materiais utilizados em sua composição, ele se tornou flexível e será futuramente utilizado em roupas especiais que possam produzir energia durante o dia a dia de cada pessoa.

Mesmo com vários pontos positivos, o TENG tem um desafio a ser enfrentado, que é a degradação causada pelo seu uso diário, fazendo sua eficiência diminuir. Além do desgaste do aparelho, existe também o das roupas, na qual o dispositivo será implantado. Porém, com o avanço dessa nova tecnologia, pode surgir meios de sanar os problemas citados.

Existem quatro modos de utilização do TENG, como é mostrado na Figura 1. Na letra a) tem-se o modo de separação de contato vertical, seu funcionamento se dar pelo movimento vertical do dispositivo com outro material, podendo ser a pele humana, na qual, o deslocamento de subir e descer entrando em contato com a pele, irá gerar o deslocamento de elétrons e consequentemente uma corrente elétrica. Na b), funcionará a partir do deslizamento lateral, sendo considerado o mais usual, por causar uma grande quantidade de fricção de um material com o outro. O modo de eletrodo único é a letra c). Na d) é mostrado o último modo, chamado de camada triboelétrica independente, que diferentemente do visualizado na b), esse em questão usa duas camadas independentes, onde é friccionada [3].

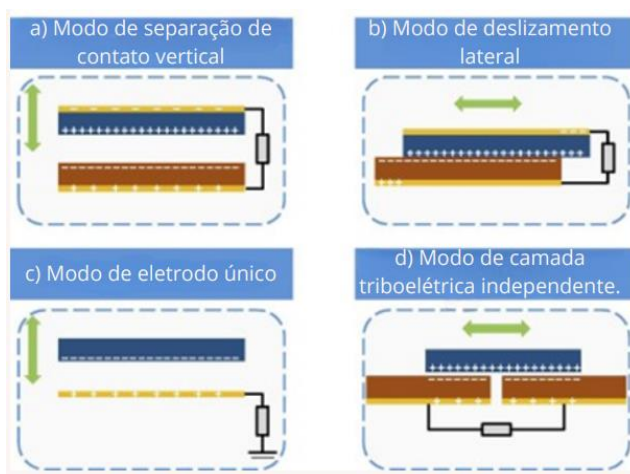


Figura 1 – a) Modo de separação de contato vertical; b) Modo de deslizamento lateral; c) Modo de eletrodo único; d) Modo de camada triboelétrica independente.

Fonte: H. Wang et al. Science Bulletin 66 (2021).

3.2. Energia gerada pelo estresse mecânico

3.2.1. Tecido elástico gerador de energia elétrica

Em Cingapura, foi desenvolvido um tecido que pode converter o estresse mecânico causado nele em energia elétrica. Essa conversão é a partir de um polímero que constitui o dispositivo além dele, há em sua composição outros materiais que o deixa mais resistente, a prova de água e flexível, para que possa suportar os estresses que poderá sofrer no seu uso [4]. Sua criação teve início na Nanyang Technological University, uma universidade renomada de Cingapura, onde seus pesquisadores têm um objetivo, criar uma nova tecnologia que possa gerar energia de forma limpa e inovadora.

Em sua composição, o tecido tem um polímero que consegue produzir carga elétrica quando é dobrado esticado e comprimido. Chama-se esta forma de energia de piezoeletricidade, ocorrendo quando um material que é considerado piezoelétrico é tensionado, gerando uma polarização elétrica. Quando o material não é submetido a nenhuma força externa, as cargas positivas e negativas se encontram com o mesmo centro gravitacional, porém quando aplicamos uma força externa ao material, percebe-se que a estrutura muda, deformando-a e consequentemente mudando os centros gravitacionais das cargas positivas e negativas, produzindo dipolos. Com isso, o material ficará polarizado, produzindo um campo elétrico, podendo ser usado para transformar energia do movimento em energia elétrica.

Na Figura 2 é mostrado o tecido, demonstrando ser maleável e também elástico. Ele pode ser usado em roupas, pois com sua leveza, elasticidade e por ser maleável, irá se adequar ao corpo humano, podendo ser usado sem problemas relacionados a desconforto e rigidez.



Figura 2 – Protótipo de coleta de energia baseado em tecido.

Fonte: Nanyang Technological University, Singapore (NTU Singapore) (2022).

De acordo com pesquisa realizada no artigo relacionado ao tecido, foi constatado que o tecido demonstrou bons desempenhos em testes realizados pelos pesquisadores [4], onde um pequeno pedaço, com dimensões de 3 x 4cm, conseguiu gerar uma quantidade de energia que é suficiente para acender 100 LEDs, sendo uma quantidade consideravelmente alta para um pedaço com o tamanho citado. Também foram feitos testes de resistência chegando a ótimos resultados, fazendo com que possa ser lavado sem que aconteçam problemas com o equipamento e além disso pode ser amassado e dobrado sem ocorrer danos e conseguindo manter o seu desempenho na produção de energia. Após os experimentos feitos no tecido, foi constatado que pode gerar 2,34 W por metro quadrado (W/m^2) de eletricidade [4].

Mesmo com testes positivos na eficiência do dispositivo, existe um desafio a ser enfrentado pelos desenvolvedores, relacionado a durabilidade. Mesmo sendo considerado maleável, resistente a água e confortável, com o uso diário de roupas feitas com o tecido em questão, irá desgasta-lo, fazendo com que a sua durabilidade seja afetada. Porém, com o desenvolvimento do aparelho, podem surgir novos materiais que em conjunto com tecido melhore a durabilidade.

3.2.2. Geração de energia elétrica com o movimento dos órgãos

Na Universidade de Tel Aviv, um estudo que está sendo conduzido pelo professor Ehud Gazit, afirma que a partir do movimento dos órgãos já é possível obter tensão e corrente elétrica. Os pesquisadores da universidade desenvolveram um aparelho que pode gerar energia a partir da força mecânica feita pelos órgãos humanos. Ele é feito de materiais utilizando nanotecnologia, podendo ser implantado dentro do corpo e mais precisamente, próximo a órgãos mais ativos, como o coração [5].

Na composição do dispositivo, utilizou-se nanotecnologia, além disso foi usado um material de alta resistência e considerado parecido com o colágeno [5], além de ser biológico, para que possa ser implantado no corpo sem ter problemas. Ele é utilizado internamente, ficando totalmente escondido dentro do corpo sem que possa incomodar o seu portador, tanto de forma estética, como ao seu conforto.

O desenvolvimento do estudo vem sendo de alta importância na área da medicina e engenharia, proporcionando uma evolução nos estudos da nanotecnologia. A principal área de uso do mecanismo é na medicina, onde irá proporcionar a produção de equipamentos internos, usados em pacientes, que possam diminuir a frequência das manutenções, pois com a implantação dessa nova tecnologia desenvolvida, os equipamentos usados, como por exemplo, o marca passo, irão ser carregados constantemente a partir do movimento dos órgãos.

O aparato desenvolvido pela equipe de Ehud, funciona com estruturas de nanométricas, que é a utilização de matéria em escalas extremamente diminuídas, que ao serem pressionadas produz corrente elétrica e tensão, com um grande nível de capacidade piezoelétrica. O material foi desenvolvido para que possa ser implantado dentro do corpo sem que haja intoxicação à pessoa que irá usá-lo, e além disso não degrada o meio ambiente como outros também considerados piezoelétricos [5]. O aparelho, será instalado sempre o mais próximo dos dispositivos médicos implantados, porém seu funcionamento será mais efetivo na região perto do coração, por estar sempre em constante movimento.

De acordo com a Figura 3, pode-se visualizar um aparelho médico implantado dentro do corpo de uma pessoa, mostrando a estrutura e suas baterias. Com o dispositivo sendo efetivamente usado, poderá ajudar na eficiência dos equipamentos médicos, além de evitar a alta frequência de manutenção para a troca das baterias, onde a cada troca muitas vezes precisa de cirurgia para que possa retirá-las e trocá-las por novas, e a cada vez que o paciente venha a precisar fazer esse procedimento, existe um risco.

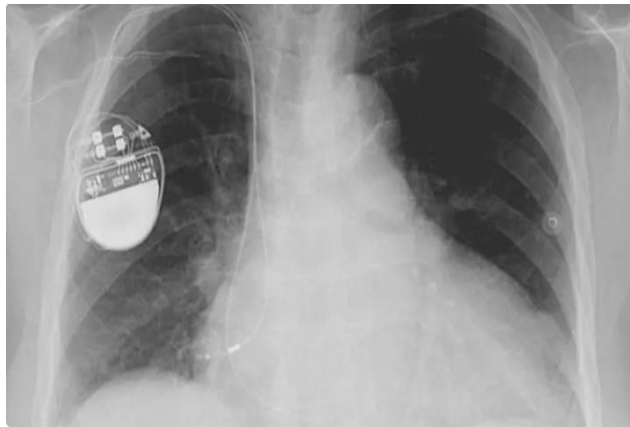


Figura 3 – Raio-X ilustrando o dispositivo médico.
Fonte: The Jerusalem Post (2021).

3.2.3. Gerador bioeletrônico

Na Universidade de Los Angeles na Califórnia, Yihao Zhou fez uma descoberta, provando que se pode gerar em um material flexível o efeito magneto elástico. A partir dessa descoberta, foi criado um gerador que utiliza do efeito para poder gerar energia, chegando a carregar pequenos dispositivos, como relógios, implantes eletrônicos, celulares e outros que sejam portáteis e com uma utilização baixa de tensão e corrente [6].

A mudança da magnetização de um material por ímãs que estão em movimento de separação e aproximação, chama-se de efeito magneto elástico. Até pouco tempo, se tinha visto em sistemas rígidos, porém com o avanço nos estudos e da tecnologia, foi descoberto que o efeito pode acontecer em material flexível. De acordo com os desenvolvedores, quando a força do campo eletromagnético varia, gera-se eletricidade.

A partir dessa descoberta, foi criado o dispositivo, que por ser de fácil manuseio, pode ser utilizado pelas pessoas como um acessório para o corpo, além de ser confortável [6]. Recomendado o seu uso na região do cotovelo, por ser um local do corpo em que está em quase constante movimento durante todo o dia, que de acordo com os testes feitos gerou cerca de 4,27 miliampères por centímetro quadrado, tornando o aparato mais eficiente na produção de energia. De acordo com Jun Chen, que fez parte do desenvolvimento da tecnologia, a umidade e o suor não comprometem a eficácia, pois só depende do magnetismo e não da eletricidade [6].

O protótipo feito pelos pesquisadores tem o tamanho considerado aproximado ao de uma moeda e utilizaram na sua confecção ímãs de boro-ferro-neodímio, que foram colocados em uma matriz de silicone polimérica catalisada com platina. Ainda não se sabe ao certo quanto tempo o dispositivo tem de duração, sem que sua eficiência diminua ao ponto de que seja inviável o seu uso.

De acordo com a Figura 4, pode-se visualizar o gerador, mostrando a sua aparência e seu formato ainda em fase de desenvolvimento. Além disso, mostra o quanto o material pode ser maleável e à prova de água, fazendo com uso possa ser molhado sem que aconteça danos ao material e a eficiência do aparato. Além disso, o gerador bioeletrônico, por ter essas características, pode ser usado em roupas, colocando-se a disposição para que as pessoas possam usar, trazendo benefícios, como por exemplo, carregar o celular de acordo com o movimento de seu dia a dia ou em um momento em que seja realizado exercícios físicos. Com isso, gerando praticidade no cotidiano das pessoas, além de gerar energia elétrica de uma forma mais sustentável.



Figura 4 – Gerador bioeletrônico.
Fonte: Jun Chen/UCLA (2021).

3.3. Energia gerada por indução eletromagnética

3.3.1. Microgerador eletromagnético

Por meio da indução eletromagnética também pode-se gerar energia elétrica pelo movimento corporal, sendo comprovado por um mecanismo que utiliza dessa forma de geração de energia. O seu formato é cilíndrico, sendo formado por um ímã de neodímio-ferro-boro (NdFeB), um tubo feito de papel rígido em formato cilíndrico e uma bobina de cobre esmaltado, sendo esses os principais componentes usados no desenvolvimento do dispositivo. As extremidades do cilindro são fechadas com uma rolha feita de papel que irá impedir que o ímã acabe escapando por conta do movimento gerado [7].

De acordo com seus desenvolvedores, o aparato poderá carregar outros dispositivos que tenham uma baixa potência, como celulares, smartwatch, relógios digitais e até mesmo os utilizados pela medicina, como o marca passo. Para poder gerar energia, ele será usado no braço das pessoas, sendo mais efetivo na sua produção em caminhadas e corridas matinais [7]. Na Figura 4, mostra o dispositivo instalado no braço, demonstrando como poderá ser usado durando o dia a dia, além de proporcionar a visualização do tamanho do dispositivo em seu tamanho real, comparando-o com o braço. Porém, pode-se visualizar que o aparelho não é considerado estético, como também confortável em seu uso no dia a dia, mas isso pode ser revertido com o seu desenvolvimento, possuindo um grande potencial de futuramente se tornar uma tecnologia que seja utilizada de forma que agrade o seu consumidor e que gere energia em uma maior quantidade e eficiência.



Figura 5 – Dispositivo instalado no braço de um voluntário.

Fonte: Kinetic Energy Harvesting from Human Hand Movement by Mounting micro Electromagnetic Generator. E3S Web of Conferences 115, 02005 (2019).

Para que o aparelho possa gerar energia elétrica, é necessário que os braços se mexam e possam a partir disso movimentar o ímã que se encontra dentro do dispositivo, que está envolto por uma bobina externa. Em consequência do deslocamento feito pelo ímã gerando uma tensão induzida a partir da variação temporal da densidade de fluxo magnético, como também uma corrente elétrica. De acordo com lei de Faraday – Lenz, ao inserir uma bobina em um campo magnético, ela é atravessada por linhas de indução ou linhas de campo magnético, de forma contínua, e caso a quantidade de linhas mude, surgirá uma corrente elétrica na bobina. A corrente que surge a partir desse processo, poderá ser suficiente para abastecer os dispositivos já mencionados [7].

O dispositivo em questão, terá desafios em seu desenvolvimento, principalmente para que possa chegar ao consumidor, pois o conforto e a estética ainda precisam ser melhorados. Na contemporaneidade, as pessoas prezam pelo conforto, estética e praticidade, e caso consigam unir esses três pontos para a evolução do aparelho, chegará ao mercado de consumo como um produto inovador e obtendo altos lucros com a venda.

3.4. Energia gerada pelo calor

3.4.1. Gerador de energia através do calor humano

Na Suíça, uma nova tecnologia foi desenvolvida por uma empresa jovem e considerada inovadora, na qual criou um equipamento que transforma o calor do corpo humano em eletricidade [8]. De acordo com os estudos

feitos para o desenvolvimento do aparelho, o ser humano consegue produzir em média 3 kW/h por dia, sendo considerado uma grande quantidade de energia [8]. Atualmente, se estuda possibilidades de novas formas de produção de energia e que sejam sustentáveis.

A criação dessa nova tecnologia se deu a partir de um estudo feito na Escola Politécnica Federal de Zurique. Para que se possa extrair a energia do calor produzido pelo corpo humano, utilizou-se um gerador termoelétrico, que tem como objetivo explorar a diferença de temperatura do ambiente com a superfície da pele humana [8]. De acordo com os desenvolvedores, quanto maior for a diferença da superfície da pele com o ambiente, maior será a produção de energia.

Na Figura 5, mostra o gerador termoelétrico e sua composição interna. Além disso, pode-se visualizar a placa superior, considerada de superfície quente, como também a inferior, sendo a de superfície fria.

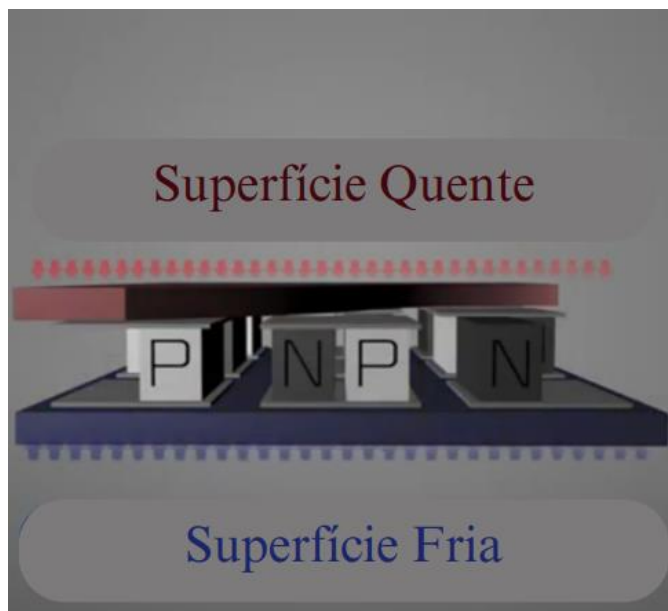


Figura 6 – Gerador termoelétrico.
Fonte: Mithras Technology (2023).

A diferença na temperatura da pele com o ambiente gerando energia, pode ser chamado de efeito Seebeck [9]. Esse efeito consiste na geração de corrente elétrica em um determinado circuito com dois tipos de materiais em diferentes temperaturas. Quando existe essa divergência na temperatura dos materiais, gerando tensão entre eles, pois o semicondutor com uma temperatura mais elevada, os elétrons se agitam e tendem a mover-se para o semicondutor com a temperatura mais fria, gerando assim uma corrente elétrica. Para esse efeito, existe um coeficiente que pode ser calculado a partir da Equação 1, que indica qual material tem uma maior eficiência [9].

$$S = -\Delta V / \Delta T \quad (1)$$

Na Equação 1 o ΔT é a diferença de temperatura entre o material mais quente e o mais frio, o S é o coeficiente de Seebeck e o ΔV é a diferença de tensão que é produzida entre os dois materiais condutores [9].

O aparelho será usado junto a pele, como outros já mostrados, para que se gere o efeito citado e possa produzir energia. Porém, os desenvolvedores terão um desafio para enfrentar, pois em estações do ano e regiões com índices de temperaturas bem elevadas, a diferença de temperatura pode ser afetada, diminuindo a eficiência do produto. Com isso, para que o aparelho seja vendido e utilizado em toda e qualquer região, deve-se ter uma atenção na escolha das placas de superfície fria e quente, para que se tenha variações pequenas na eficiência dependendo do local em que a pessoa em uso possa está.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os dados mostrados e dispositivos citados, mostrando que o próprio corpo humano pode trazer benefícios na área da energia e de forma limpa, conclui-se que o estudo nessa área ainda está em fase de desenvolvimento. Grande parte das tecnologias mencionadas estão em processo de desenvolvimento e não chegaram ao mercado, porém, acredita-se que em um futuro próximo elas possam estar em meio a sociedade, pois pesquisas relacionadas as novas formas de produzir energia para suprir as necessidades humanas vêm crescendo, principalmente pelo crescimento da população, gerando uma maior demanda na produção de energia elétrica para que possa supri-la. Os aparatos foram feitos para que possam ser usados junto ao corpo, como roupas ou como

uma forma de acessório, além de utilizados para suprir pequenos aparelhos médicos. Porém, para que as pessoas possam usá-los, precisam se adequar melhor ao corpo, para que possam trazer mais conforto e além disso ser adaptado ao estilo de roupas em que a sociedade comumente usa, para que possa atrair cada vez mais interesse. De acordo com os desenvolvedores, acredita-se que esse modelo de produção de energia possa evoluir com novas tecnologias, melhorando sua eficiência e aumentando a produção de energia elétrica. Caso aconteça uma melhoria nos equipamentos e a eletricidade seja produzida em grandes quantidades, se tornando de grande ajuda para a sociedade, suprimindo necessidades, como carregar dispositivos eletrônicos, e em consequência diminuindo o consumo de energia provenientes de outros modelos de geração, como por exemplo, a forma hídrica, que é uma das principais fontes no Brasil, diminuindo a grande necessidade de produção por essa fonte de geração, pois apesar de sua grande quantidade de eletricidade, o gasto de manutenção e construção são elevados, se comparados aos gastos dos aparatos usados para a produção a partir do corpo humano, além de prejudicar a fauna e flora do local, onde será construída. Sendo assim, a utilização do corpo humano como gerador de energia elétrica, se torna mais rentável e viável, caso seu desenvolvimento seja concretizado, ajudando diminuir a poluição causada ao ecossistema.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz energética. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>.
- [2] TADICH, P. A New Device Harvests Energy From Your Body as You Walk and Swing Your Arms. Publicado em 17 de junho de 2016. Disponível em: <<https://www.vice.com/en/article/bmv7j8/TENG-battery-exoskeleton-prosthetics-flexible>>.
- [3] WANG, H; CHENG, J; WANG, Z; JI, L; LIN WANG, Z. et al. Triboelectric nanogenerators for human-health care. *Science Bulletin*, v. 66, n. 5, p. 490–511, mar. 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095927320306551>>.
- [4] JIANG, F; ZHOU, J; LV, J; CHEN, J; CHEN, J; KONGCHAROEN, H; ZHANG, Y; LEE, P. Stretchable, Breathable, and Stable Lead-Free Perovskite/ Polymer Nanofiber Composite for Hybrid Triboelectric and Piezoelectric Energy Harvesting. *Advanced Materials*, 16, fevereiro, 2022. Disponível em: <http://www3.ntu.edu.sg/CorpComms2/Releases/NR2022/NR_220512_energy/energy%20harvesting.pdf>.
- [5] BERA, S; GUERIN, S; YUAN, H; O'DONNELL, J; REYNOLDS, N; MARABA, O; JI, W; SHIMON, L.J; CAZADE, P.A; TOFAIL, S. A. M; TOHMPSON, D; YANG, R; GAZIT, E. Molecular Engineering of Piezoelectricity in Collagen-mimicking Peptide Assemblies. *Nature Communications*, 11, maio, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41467-021-22895-6>>.
- [6] ZHAO, X; ZHOU, Y; XU, J; CHEN, G; FANG, Y; TAT, T; XIAO, X; SONG, Y; LI, S; CHEN, J. Soft Fiber With Magnetoelasticity for Wearable Electronics. *Nature Communications*, 19, novembro, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41467-021-27066-1>>.
- [7] F. R. PATHAN. Kinetic Energy Harvesting from Human Hand Movement by Mounting micro Electromagnetic Generator. *E3S Web of Conferences* 115, 02005 (2019), 02, setembro, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911502005>>.
- [8] Mithras Technology. Your body is a powerplant. Let's use it. Disponível em: <<https://mithras.tech/>>. Acesso em: 31 ago. 2023.
- [9] TEKON ELECTRONICS. Efeito Seebeck. Disponível em: <<https://www.tekonelectronics.com/pt/media/tekon-blog/efeito-seebeck/>>.