

# **Impactos e consequências ambientais causados pela instituição de mecanismos geradores de energia**

**Davi Ramiro de Oliveira Campos**

(daviramiroo@hotmail.com)

**Karine Silva Rodrigues**

(karineerodrigues7@gmail.com)

Professor Orientador: José Celso Alves Melgaço

(josemelgaco@prof.unabr)

Coordenação de Curso de Engenharia Elétrica Una Bom Despacho

Hoje em dia, uma das maiores preocupações dos principais governos mundiais são os Impactos Ambientais negativos causados pelas formas de se gerar energia elétrica, pois a cada ano aumentam mais, muitas das vezes de uma forma exagerada e sem controle. No Brasil, não é diferente, pois além de ser um país de clima tropical, também possui uma vasta área litorânea proporcionando a extração de energia elétrica de várias formas. Atualmente, no Brasil existe mais de uma forma para se gerar energia elétrica, cada uma delas causam impactos negativos ao meio ambiente em maior ou menor proporção. Nessa pesquisa, será abordada cada uma dessas formas de se gerar energia e seus impactos negativos ao meio ambiente.

Palavras-chaves – Usinas, Impacto Ambiental, Energia, Geração.

## **1 INTRODUÇÃO**

Todo projeto de desenvolvimento causa impacto no meio ambiente, hoje uma das maiores preocupações dos governos ao redor do mundo é preservar o meio ambiente, visto que a necessidade dos cidadãos deve ser suprida pelo governo, e ao mesmo tempo, este deve zelar pelo meio ambiente, mantendo assim um equilíbrio entre ambos. Um desses impactos é causado pela forma de se gerar energia elétrica, a qual hoje faz parte do cotidiano.

A energia elétrica é fundamental e, de alguma forma está presente em todos os lugares, trazendo comodidade e facilidade ao dia a dia, pois antes trabalhos feitos à mão, hoje são realizados através de máquinas elétricas. Carregar a bateria do celular, ligar o computador para fazer pesquisas ou ler e-mails, aquecer a comida no forno elétrico ou micro-ondas ou simplesmente ligar e desligar a iluminação elétrica, estes são alguns exemplos de como a energia elétrica é importante e vem facilitando diariamente o cotidiano.

Porém a geração dessa energia elétrica causa diversos impactos no meio ambiente, como na fauna, flora e outros setores. No Brasil, por ser um país de clima tropical, banhado pelo oceano, contendo vários rios de água doce e reservas minerais, está entre os maiores

produtores de energia no mundo, envolvendo 13 formas diferentes de usinas geradoras de energia, cada uma trazendo um tipo de impacto ambiental.

Essa pesquisa visa apresentar essas formas de geração de energia elétrica, seus prós e contras, além de realizar um comparativo entre elas e caso exista uma opção que seja ambientalmente mais limpa, será apresentada.

## **1.1 Problema de pesquisa**

A energia tem participação global significativa nos principais problemas ambientais da atualidade e, pode ser considerada um bem básico para a integração do ser humano no desenvolvimento. Isso porque proporciona oportunidades e maior variedade de alternativas para a comunidade.

O setor elétrico se transformou rapidamente durante os últimos anos, e deverá ainda sofrer grandes mudanças no futuro, devido às demandas ambientais.

Com todo empreendimento gerador de energia, os usos destas formas geram discussões de relevantes questões socioeconômicas. Afinal, é possível continuar gerando energia elétrica de forma segura, eficiente e não gerar impactos ao meio ambiente?

O fato é que, não há como gerar uma energia 100% limpa, pois, quanto mais a extração desses recursos naturais, maior será o impacto negativo no meio ambiente.

## **1.2 Hipóteses**

Os métodos de geração de energia a partir de fontes naturais causam impactos no meio ambiente, entretanto algumas provocam impactos mais profundos e difíceis de serem reparados do que outras. A verdade é que até hoje ainda não se encontrou nenhuma forma de produzir energia sem gerar algum impacto ambiental. Porém, existe uma forma de geração de energia que causa menos impactos ao meio ambiente.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar os impactos ambientais das formas

de geração de energia elétrica, existentes no Brasil. Comparar as formas de geração de energia e, pontuar seus principais impactos ambientais, apontando a forma que cause o menor impacto ao meio ambiente, trazendo melhorias e bem estar à sociedade.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- i) Realizar a análise dos diversos impactos ambientais causados pela geração de energia dando uma noção geral dos pontos positivos e negativos para cada modelo de geração de energia;
- ii) Tomar informações a respeito das formas de geração de energia elétrica no Brasil em determinada modalidade de geração;
- iii) Fazer um comparativo entre as formas de geração de energia;
- iv) Analisar a melhor forma de geração com os menores impactos ambientais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Energia Elétrica**

Energia, em grego, significa “trabalho” (do grego *enérgeia* e do latim *energia*) e, inicialmente, foi usado para se referir a muitos dos fenômenos explicados através dos termos: “vis viva” (ou “força viva”) e “calórico”. A palavra energia apareceu pela primeira vez em 1807, sugerida pelo médico e físico inglês Thomas Young. A opção de Young pelo termo energia está diretamente relacionada com a concepção que ele tinha de que a energia informa a capacidade de um corpo realizar algum tipo de trabalho mecânico (Wilson, 1968).

A geração de energia elétrica ocorre principalmente por meio do movimento da turbina que aciona o gerador. Isso é basicamente o que acontece em usinas hidrelétricas, termelétricas, nucleares, eólicas e oceânicas. E, para gerar essa energia, precisa-se acionar uma turbina que pode ser através de água, vento ou vapor.

Por outro lado, a energia solar é produzida por um fenômeno físico, denominado efeito fotovoltaico. Isso inclui o movimento de elétrons em células fotovoltaicas por fótons presentes na luz solar.

Já as usinas de biomassa, utilizam os restos vegetais e animais, que é explicada por uma combinação de ações físicas e químicas, onde o gás resultante impulsiona o gerador elétrico.

## 2.2 Impacto Ambiental

O impacto ambiental está relacionado à transformação ou resultado ambiental considerado significativo por intermédio da análise do programa de um certo empreendimento, que apresentem efeitos positivos ou negativos (BITAR; ORTEGA, 1998).

A resolução CONAMA nº 001 (23 de janeiro de 1986), cita no artigo que impacto ambiental é:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Teoricamente, todas as formas de produção de energia elétrica geram impactos ambientais em pequena ou grande proporção. A preocupação com os impactos ambientais vem da crescente conscientização de que a vida na Terra necessita dos recursos naturais para se manter em equilíbrio e ao mesmo tempo em que o homem precisa de energia elétrica para seu desenvolvimento.

O impacto ambiental pode ser causado de forma direta e indireta, temporária ou permanente, imediata ou a médio e longo prazo, reversível e irreversível, benéfica ou adversa, e também de maneira local, regional ou estratégica (DIAS R., 2017).

As necessidades humanas interferem diretamente no meio ambiente e em suas inter-relações, mas as agressões ao meio ambiente se tornaram significantes após a Revolução Industrial, particularmente no século XX, segundo o secretário do Meio Ambiente do Estado, professor Goldemberg (2003).

A exploração desenfreada dos recursos naturais, iniciou-se após a revolução industrial. Foram utilizadas tecnologias em larga escala para a obtenção de energia, sem preocupações ou conhecimento das consequências disso, a maior preocupação era alcançar o crescimento econômico e tecnológico, aumentando de modo geral a oferta e o mercado.

Com o aumento da população e o crescimento industrial, o consumo de energia tende a crescer em grandes proporções, evidenciando a necessidade de melhorar a eficiência dos processos de geração de energia e promover sua utilização de forma racional, evitando desperdícios. Sendo assim, (PITTARI, 2009, pg.61) a situação atual necessita de estudos nas atividades que geram impactos negativos ao meio ambiente, introduzindo novos conceitos, tecnologias, técnicas construtivas, equipamentos, materiais e produtos.

O consumo de energia tende a aumentar em grandes proporções, evidenciando a necessidade de melhoria na eficiência dos processos de geração de energia e sua utilização de forma racional, evitando desperdícios.

A necessidade de diminuir os impactos ambientais relacionados à obtenção de energia e a busca por sustentabilidade ao longo dos anos, tem gerado uma maior quantidade de discussões, que envolvem interesses ambientais, sociais, políticos e econômicos, com intuitos de um desenvolvimento mais sustentável e que seja menos prejudicial ao meio ambiente e, conseqüentemente, para a sociedade.

### **2.3 Sustentabilidade**

De acordo com Munasinghe (2004 apud MARQUES, 2009) o desenvolvimento sustentável é o resultado da relação econômica, social e ambiental, com o propósito de reduzir os impactos causados pelo sistema econômico na natureza e aumentar a qualidade de vida. Quando se fala em sustentabilidade, três pilares devem ser abordados: aspectos ambientais, sociais e econômicos. Porém este trabalho abordará apenas os aspectos ambientais.

Em seus estudos, Dias (2006, p. 36-37) define sustentabilidade da seguinte forma:

“Sustentabilidade é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações futuras.”

Dessa forma, a sustentabilidade enfatiza a melhoria da qualidade de vida para toda a população, mas sem aumentar o uso dos recursos naturais, criando tecnologias e alternativas para atender as necessidades futuras (CORAL, 2002).

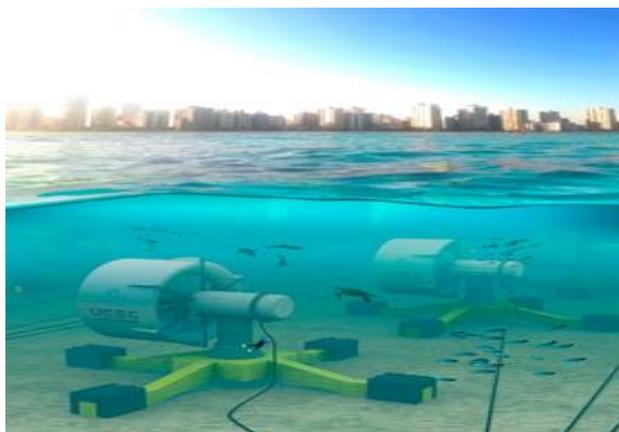
Os impactos ambientais gerados pela obtenção de energia interferem no desenvolvimento sustentável, e o entendimento deles se faz primordial para a análise de implementação de projetos e planejamentos energéticos.

Várias são as fontes para obtenção de energia elétrica, entre elas as hidrelétricas, carvão, petróleo, fissão, biomassa, solar, eólica, geotérmica, fusão, hidrogênio, ondas, térmica das marés, marés, óleos vegetais, álcool, gás natural. É necessário apresentar algumas formas de obtenção de energia renováveis focando em seus impactos ambientais. Serão apresentados a seguir os impactos ambientais provenientes de termelétricas, hidrelétricas, energia eólica, energia oceânica e energia solar.

## 2.4 Energia Oceânica

Os oceanos são uma vasta fonte de energia renovável que normalmente é mais previsível que a energia eólica e solar. Calcula-se que a quantidade de energia disponível nesta fonte é mais abundante que a energia radiante que a Terra recebe do sol. A energia oceânica permite desbloquear os vastos recursos energéticos livres de carbono que existem nos oceanos.

Figura 1: O futuro da Energia.



Fonte: TIDALWATT, 2021.

As pesquisas em energias oceânicas se intensificaram a partir dos anos 1990 e estão distribuídas em diversos países (KHAN e BHUYAN, 2009). Por ser uma fonte de energia renovável e limpa, a energia oceânica é uma alternativa significativa às formas de geração tradicionais, como a utilização de combustíveis fósseis. Os custos para implantação desse recurso são altos e o desempenho dos dispositivos precisam ser aprimorados para tornar essa forma alternativa de geração economicamente viável.

O aproveitamento do recurso energético de ondas oceânicas estabelece uma oportunidade para suprir parte das demandas energéticas em diversos países, visto que em algumas localidades possuem um potencial energético considerável que pode ser aproveitado para geração de energia elétrica. É possível aproveitar a energia do oceano através das ondas, das marés (maremotriz) ou deslocamento das águas, através da energia térmica dos oceanos e através das correntes marítimas (Assis Leandro, 2010).

Existe um mecanismo para sistemas de energia de marés e ondas, que converte a energia mecânica associada ao movimento da água em eletricidade, geralmente esse equipamento está localizado diretamente no gerador, porém algumas vezes ele poderá estar em terra firme. A grande maioria desses sistemas fazem a utilização de cabos elétricos para transportar a corrente elétrica até o continente (COPPING et al., 2014).

A energia obtida através dos oceanos tem potencial para o futuro, quando houver tecnologia suficientemente e competente para substituir as formas tradicionais de energia que não são renováveis e limpas.

Porém, além dessas formas para se gerar energia terem um alto custo, elas também afetam o ecossistema marítimo, causando mudanças na fauna e flora e, alterações no solo terrestre.

## **2.5 Energia Termoelétrica**

Para as usinas termoelétricas realizarem a conversão de energia química para energia elétrica, é necessário um processo complexo e com inerente impacto ambiental, devido à queima do combustível fóssil.

A geração de energia elétrica pelas centrais termoelétricas é a segunda maior produtora dos gases efeito estufa, principalmente o CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) e, por isso, é de grande influência no aquecimento global.

Independentemente do combustível utilizado nas termoelétricas, os funcionamentos de suas centrais são semelhantes. O combustível é armazenado em parques ou depósitos adjacentes, onde é enviado para a usina e será queimado na caldeira. Assim, gera um vapor a partir da água que circula por uma extensa rede de tubos que revestem suas paredes. O vapor tem a função de movimentar as pás de uma turbina, cujo rotor gira juntamente com o eixo de um gerador que produz a energia elétrica.

“Essa energia é transportada por linhas de alta tensão aos centros de consumo. O vapor é resfriado em um condensador e convertido outra vez em água, que volta aos tubos da caldeira, dando início a um novo ciclo. A água em circulação que esfria o condensador expulsa o calor extraído da atmosfera pelas torres de refrigeração, grandes estruturas que identificam essas centrais. Parte do calor extraído passa para um rio próximo ou para o mar.” (AmbienteBrasil)

As usinas termoelétricas mais utilizadas são: biomassa, carvão mineral, gás natural e nuclear. A seguir, vamos conhecer cada uma delas.

### **2.5.1 Biomassa**

A biomassa tem origem em resíduos sólidos urbanos (animais, vegetais, industriais e florestais) e, voltada para fins energéticos, abrange a utilização desses resíduos para a geração de fontes alternativas de energia. Nos anos noventa foi criada grande expectativa quanto ao

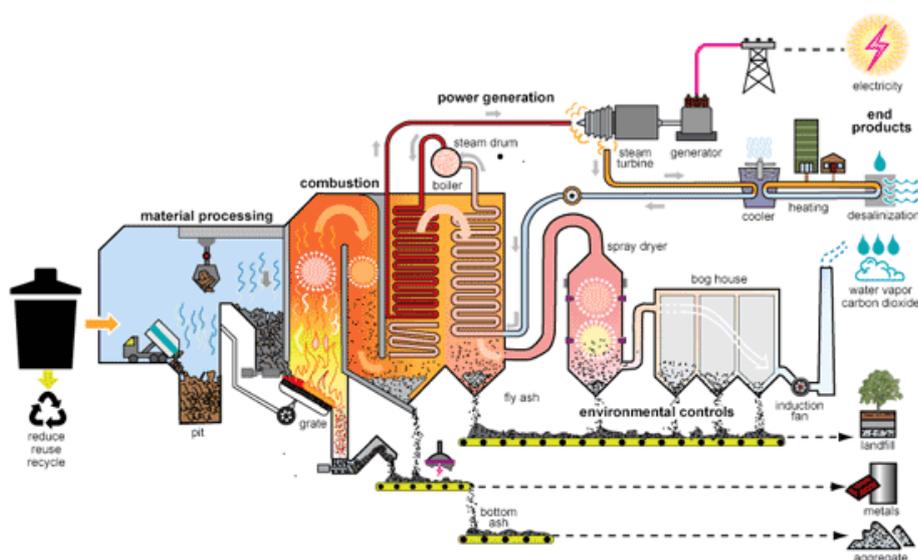
papel a ser assumido pela biomassa na geração de eletricidade, entretanto, o que se vê atualmente é um crescimento bem menor do que o esperado naquela época (Kaut Leandro, 2019).

Segundo a ANEEL (2008), entende-se por biomassa todos os recursos renováveis oriundos de matérias orgânicas, tanto os de origem animal como vegetal que possa ser utilizada na produção de energia. Nesse contexto, o Ministério de Minas e Energia (MME) define biomassa como:

A matéria vegetal gerada pela fotossíntese e seus diversos produtos e subprodutos derivados, tais como as florestas, as culturas e os resíduos agrícolas, os dejetos animais e a matéria orgânica que é contida nos rejeitos industrial e urbano. Esta matéria contém a energia química acumulada através da transformação energética da radiação solar e pode ser diretamente liberada por meio da combustão, ou ser convertida através de diferentes processos em produtos energéticos de natureza distinta, tais como: carvão vegetal, etanol, gases combustíveis e de síntese, óleos vegetais combustíveis e outros (MME, 2007, p. 107).

Todavia, a biomassa é toda matéria vegetal ou animal capaz de produzir energia e, possui diversas fontes de matéria-prima. A energia gerada a partir dos rejeitos industrial e urbano, podem ser consideradas a mais sustentável, por proporcionar a destinação mais adequada para o lixo urbano e os esgotos, que são uns dos principais problemas ambientais atuais. A biomassa gerada pode ser transformada em energia elétrica ou mecânica que pode atender as necessidades da população, proporcionando seu desenvolvimento socioeconômico de forma sustentável.

Figura 2: Uma usina de resíduos para energia em massa.



Fonte: (EIA.GOV, 2021)

Essa fonte energética é renovável, pois a sua decomposição libera CO<sub>2</sub> na atmosfera, que, durante seu ciclo, é transformado em hidratos de carbono, através da fotossíntese realizada pelas plantas. A utilização da biomassa, desde que seja controlada, não agride o meio ambiente, contudo, a composição da atmosfera não é alterada de forma significativa (FRANCISCO).

As rotas tecnológicas de produção de eletricidade a partir do uso de biomassas, incluem os sistemas baseados nos ciclos a vapor (que empregam combustíveis sólidos), os sistemas baseados em motores de combustão interna (ou mesmo combustão externa) e em turbinas a gás (alternativa que requer combustíveis líquidos e gasosos, com determinadas especificações físico-químicas) e os sistemas baseados em células a combustível (CORTEZ, 2008).

O uso da biomassa sem o devido planejamento pode ocasionar a formação de grandes áreas desmatadas pelo corte incontrolado de árvores, perda dos nutrientes do solo, erosões e emissão excessiva de gases. Deve-se sempre levar em conta que o respeito à diversidade e a preocupação ambiental devem reger todo e qualquer projeto de utilização de biomassa.

Devido às condições naturais e geográficas favoráveis, o Brasil apresenta condições extraordinárias para a exploração da biomassa como recurso energético. O país é apontado como o que reúne a maior quantidade de vantagens comparativas para liderar a agricultura de energia. A disponibilidade desta biomassa está essencialmente vinculada a sistemas integrados de produção agrícola, agroindustrial e silvicultural.

O uso dos resíduos agrícolas na geração de energia elétrica está diretamente ligado aos sistemas de logística utilizados. Tais sistemas devem integrar as operações de colheita, transporte e armazenagem dos resíduos, inclusive com manutenção de um estoque temporário, de forma a disponibilizar a biomassa em suas condições adequadas continuamente na instalação termoelétrica de geração de energia (CORTEZ, 2008).

A estratégia mais utilizada atualmente, no uso de rejeitos urbanos e industriais, é o uso do biogás gerado através da biodigestão anaeróbica dentro de biodigestores. Esta aplicação permite uma grande redução dos danos e impactos ambientais provocados por esta poluição. Entretanto, apesar dos benefícios descritos, os riscos de danos à saúde e ao meio ambiente nunca podem ser reduzidos a zero, seja para qualquer opção energética.

### **2.5.2 Carvão Mineral**

O carvão é fundamental para a economia mundial, ele é empregado em grande escala na geração de energia e na produção de aço. Entre os recursos energéticos não renováveis, o carvão

ocupa a primeira colocação em abundância e perspectiva de vida útil, sendo a longo prazo a mais importante reserva energética mundial, conforme quadro comparativo:

Tabela 1: Comparação dos elementos em função da reserva mundial e vida útil.

| <b>Recurso</b>     | <b>Reservas mundiais (Mtce) <sup>(1)</sup></b> | <b>Vida útil estimada (anos)</b> |
|--------------------|--|----------------------------------|
| <i>Carvão</i>      | <i>726.000</i>                                 | <i>219</i>                       |
| <i>Petróleo</i>    | <i>202.000</i>                                 | <i>41</i>                        |
| <i>Gás natural</i> | <i>186.000</i>                                 | <i>65</i>                        |

*Mtce = milhões de toneladas em carvão equivalente.*

Fonte: Engineering & Mining Journal.

O carvão mineral representa, na maior parte dos países industrializados, uma das principais fontes de energia, com particular destaque na geração de energia elétrica. As enormes quantidades de rejeitos colocados em forma de pilhas e barragens próximas às áreas mineradas influenciam na qualidade do solo. A oxidação química da pirita em condição aeróbia é acelerada quando os rejeitos de carvão se encontram depositados sobre as superfícies das áreas mineradas, promovendo decaimento do pH (MOSES et al. 1987, PROCHNOW & PORTO 2000).

O ambiente atmosférico também sofre um grave impacto da exploração do carvão mineral. Os principais elementos químicos lançados na atmosfera são: óxidos de enxofre (SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>O, NO e NO<sub>2</sub>) e material particulado ou cinzas volantes (PIRES 2002). Na combustão, o enxofre proveniente da pirita é oxidado totalmente em SO<sub>2</sub> e logo depois em trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>), porém em um processo mais lento. Os sulfatos são formados em decorrência da concentração de SO<sub>x</sub> nas cinzas (PIRES 2002).

Nas termelétricas do mundo mas, principalmente na China, o carvão mineral é o combustível que mais contribui no lançamento de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) para cada watt gerado, além disso, trata-se de um composto abundante e de custo acessível, condições que favorecem o seu uso por países emergentes asiáticos. Vale ressaltar que o carvão mineral assume uma condição de destaque, uma vez que, 40% da energia elétrica mundial provém da queima desse combustível (ANEEL 2007).

No Brasil, a exploração de carvão mineral trouxe vários benefícios econômicos, porém tem ocasionado inúmeros impactos aos sistemas aquáticos relacionados a todas as etapas do processamento, desde a lavra, beneficiamento, disposição de resíduos sólidos, efluentes líquidos até a combustão (MENEZES 2003, PAVEI 2007).

A drenagem ácida é a principal forma de poluição hídrica em áreas mineradas, diminuindo o pH e liberando substâncias e elementos traços com alto potencial de toxicidade (CLARKE 1995). Além das mudanças físicas, organolépticas e biológicas nos corpos hídricos, a geoquímica dos sedimentos também é alterada devido a sua capacidade de acumulação e fixação de poluentes lançados nos cursos d'água e pela liberação de contaminantes autóctones ao longo do período (ORTIZ & TEIXEIRA 2002).

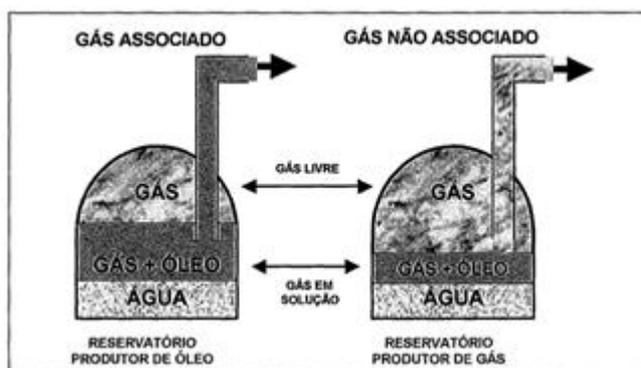
### 2.5.3 Gás Natural

O gás natural aparece como uma das principais formas de energia, na matriz energética dos países industrializados e em desenvolvimento, sendo que nos últimos cinco anos o consumo deste produto superou o do petróleo, em termos mundiais (RODRIGUES, 2003.).

O gás natural queima em sua totalidade, não deixando resíduo sólido, o que o torna uma energia bem menos poluente e sem maiores riscos na sua utilização (LA ROVERE, 2000). No Brasil, o gás natural tem múltiplos usos: abastecer usinas térmicas, residências, empresas que o utilizam em cogeração e veículos, como caminhões, ônibus e automóveis.

É preciso classificar o gás natural em dois tipos, em função da forma em que é produzido: o associado e o não associado. O primeiro tem sua produção "associada" a produção de petróleo, pois é o gás que sai de poços com predominância do óleo. O segundo é produzido em poços com pouco petróleo. A distinção entre os dois é fundamental (MARCUSO, 1998). A figura abaixo ilustra essa explicação.

Figura 3: Tipos de gás natural.



Fonte: CONPET e PETROBRÁS, 2002.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis regulamenta a qualidade dos combustíveis. Dentre eles, o óleo combustível em turbinas geradoras de energia

elétrica – OCTE, que é usado em substituição ao gás natural. Sua especificação é estabelecida pela Resolução ANP nº 48/2007 e sua utilização somente poderá ocorrer mediante autorização expressa do órgão ambiental local (ANP,2019).

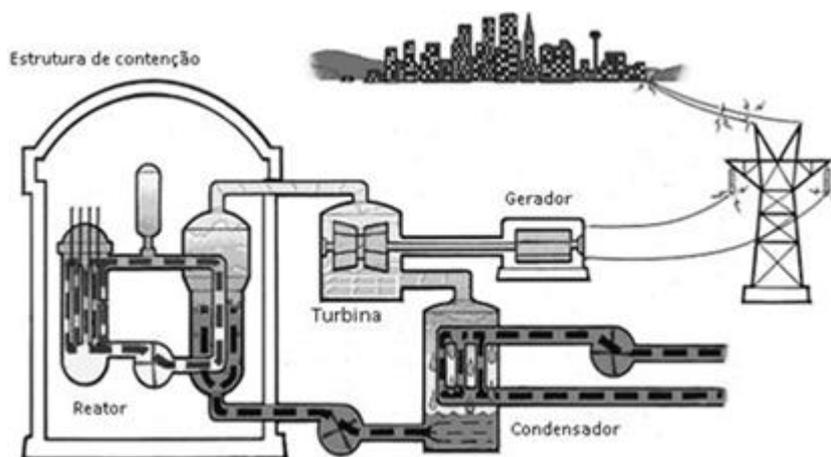
A emissão de dióxido de carbono, prejudicial para o efeito estufa, é bem menor na queima do gás natural, pela sua menor relação carbono/hidrogênio, que por sua vez lhe confere maior poder calorífico, com menor emissão de CO<sub>2</sub> para a mesma energia produzida.

O metano acumulado nas altas camadas da atmosfera, da mesma forma que o dióxido de carbono, ajuda a reter o calor irradiado pela Terra aumentando o efeito estufa. Na geração de energia através de turbinas e motores, a alta temperatura de combustão do gás favorece a produção de óxidos de nitrogênio, um poluente que contribui para a formação de chuva ácida. Contudo, existem tecnologias disponíveis que minimizam essa emissão pela injeção de fluidos que reduzem a temperatura de combustão, tais como água, vapor ou DLN (Dry Low NO<sub>x</sub>).

#### 2.5.4 Usina Nuclear

A energia elétrica gerada por uma fonte nuclear é obtida a partir do calor da reação do urânio. A queima do combustível produz calor que ferve a água de uma caldeira transformando-a em vapor. O vapor movimentando uma turbina que dá partida a um gerador que produz eletricidade. Podemos observar melhor na imagem a seguir:

Figura 4: Esquema de uma Usina Nuclear.



Fonte: Eletrobrás Termonuclear S/A.

O combustível utilizado na produção de energia nuclear é o urânio-235, com exceção dos reatores do tipo BWR (Boiling Water Reactor – reator de água fervente) (GODOY, s/d), o

qual é enriquecido para abastecer as usinas. Estas funcionam como usinas térmicas, isto é, geram calor que é transformado em energia elétrica. Nas usinas térmicas, os combustíveis utilizados são os fósseis como carvão mineral, ocorrendo assim, a emissão de CO<sub>2</sub> em grande quantidade (CARDOSO em all, CNEN, s/d).

Mesmo que a energia nuclear seja uma fonte de energia limpa e barata, muitos ainda sentem que ela não pode ser uma forma de energia alternativa viável para substituir o uso de combustível fóssil ou energia solar. A principal causa é o perigo dos resíduos radioativos e das possibilidades de acidentes nucleares. Contudo, a energia nuclear vem sendo utilizada com muita frequência na geração de energia elétrica, causando baixos impactos ambientais e gerando menos poluentes que outros tipos de usinas geradoras de eletricidade.

A geração da grande quantidade de lixo atômico é o principal impacto ambiental gerado pelas usinas nucleares. O produto é extremamente perigoso e não há nenhum meio de descontaminação, ao contrário do que acontece com outros tipos de lixo. A energia nuclear é gerada durante a transformação de um determinado elemento químico em outro. Isso ocorre quando um átomo pesado, como o presente no urânio, se divide em outros dois átomos (MEIO AMBIENTE,2020).

O processo de quebra de átomo é conhecido como fissão nuclear. A fissão nuclear é provocada bombardeando átomos pesados usando partículas nucleares conhecidas como nêutrons. Quando um nêutron se choca com o átomo de urânio, o átomo sofre uma quebra gerando dois outros átomos mais leves e ainda outras partículas nucleares como o nêutron (MEIO AMBIENTE,2020).

Os nêutrons produzidos durante a fissão geram novas fissões de urânio, desencadeando um processo de reação em cadeia. Essa reação ocorre dentro do reator nuclear e acaba sendo controlada através do uso de outras substâncias chamadas de moderadoras, o grafite ou a água, que possuem a capacidade de diminuir ou absorver a velocidade dos nêutrons. Quando uma reação dessas não tem o controle devido pode ocorrer uma explosão ou ainda provocar o derretimento do reator (MEIO AMBIENTE,2020).

### **2.5.5 Energia Eólica**

A energia eólica é a energia que provém do vento. O termo eólico vem do latim *aeolicus*, pertencente ou relativo a Éolo, Deus dos ventos na mitologia grega e, portanto, pertencente ou relativo ao vento. Desde a antiguidade este tipo de energia é utilizado pelo homem,

principalmente nas embarcações e moinhos (EXPLICATORIUM). Embora pouco utilizada, é considerada uma importante fonte de energia limpa.

Atualmente, o Brasil produz cerca de 9,5 gigawatts de energia por ano através da fonte eólica. Esse montante corresponde a cerca de 8,6% da matriz energética brasileira. São 520 parques eólicos instalados no Brasil (dados relativos a 2020), que produzem cerca de 56 mil GWh de energia elétrica. A região Nordeste é a que mais gera energia eólica no Brasil, sendo o Rio Grande do Norte e a Bahia os maiores estados produtores deste importante tipo de energia renovável (SUA-PESQUISA).

Os aerogeradores, em formato de cata-vento, são colocados em locais abertos e com boa quantidade de vento. Através de um gerador, o movimento destas turbinas gera energia elétrica. Quanto maior o diâmetro do rotor, maior será a potência gerada pelo aerogerador. Uma turbina típica com um gerador elétrico de 600 kW possui um rotor de 44 m. Dobrando-se o diâmetro obtêm-se uma área quatro vezes maior. Significa uma potência também quatro vezes maior (ENGMECJ, 2009).

Figura 5: Ciclo da Geração Eólica.

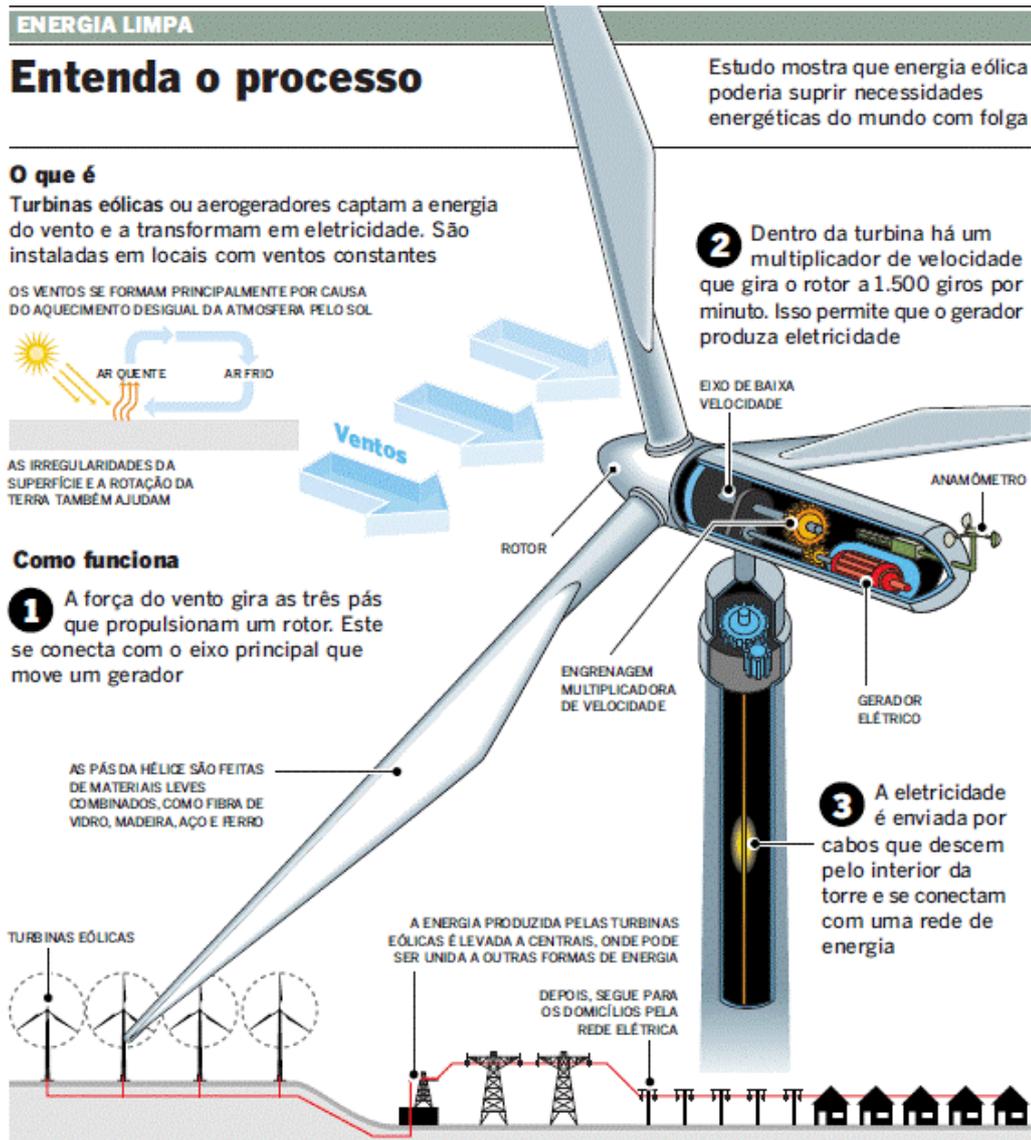


Figura 4: TUDO-SOBRE-ENERGIAS.

A energia eólica tem visto seu crescimento acelerado durante a última década no Brasil. Ela tornou-se a principal opção para os planejadores e os governos nacionais, que procuram diversificar os recursos energéticos e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, fomentar novas indústrias e gerar novas oportunidades de emprego (AZEVEDO et al., 2017).

Os impactos ambientais associados à energia eólica possuem um caráter bastante específico e fortemente dependente da localização selecionada para a instalação do parque eólico. A etapa de construção é a fase crítica em termos de impactos ambientais produzidos por uma planta de geração eólica. Entretanto, os impactos negativos durante a instalação são relativamente pequenos quando comparados com aqueles produzidos por fontes convencionais de energia, como a usina hidroelétrica que demanda grandes obras de construção civil. Mesmo

assim, os impactos ainda devem ser avaliados e mitigados quando possível (MONTEZANO, 2012; AMPONSAH et al., 2014)

Os ruídos produzidos pelos aerogeradores são classificados em dois tipos: ruído mecânico proveniente das caixas de engrenagens e gerador, de ruído aerodinâmico proveniente das pás. Os aerogeradores modernos têm praticamente eliminado o ruído acústico através do isolamento acústico da nacelle (estrutura onde o gerador fica localizado no alto da torre de um aerogerador), portanto o ruído aerodinâmico é o maior contribuinte (MONTEZANO, 2012).

O ruído aerodinâmico é produzido pela rotação das pás em atrito com o ar, gerando um ruído sonoro. Os aerogeradores modernos têm sido otimizados para reduzir o ruído aerodinâmico, reduzindo a velocidade de rotação e usando controles de passo da potência gerada (MONTEZANO, 2012).

### **2.5.6 Energia Solar**

Esta é uma forma totalmente limpa de geração de energia e a tendência é que seu uso se intensifique. O custo de produção ainda é bastante elevado e os investimentos até o momento dependem de incentivos governamentais (FORTE, FERRAZ, 2011).

A energia solar é importante na preservação do meio ambiente, pois tem muitas vantagens sobre as outras formas de geração de energia, como não ser poluente, não influenciar no efeito estufa, não precisar de turbinas ou geradores para a produção de energia elétrica, porém, tem como desvantagem a exigência de altos investimentos para o seu aproveitamento.

A quantidade de energia gerada por uma usina solar está diretamente ligada à quantidade de sol que incide sobre a região a cada dia e à área de painéis de cada usina. O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes) (CERPCH).

Figura 6: Módulo fotovoltaico.



Fonte: Retirada do sítio da Kyocera Solar do Brasil.

Como todo empreendimento gerador de energia elétrica, as usinas solares também apresentam diversos impactos ambientais, sejam eles positivos ou negativos. Contudo, sob uma análise generalizada, os impactos negativos apresentados por sistemas fotovoltaicos são bastante reduzidos quando comparados com os impactos positivos e as vantagens de sua implantação.

Em uma usina solar fotovoltaica há diversos impactos no meio físico local, pois há modificações paisagísticas e muita movimentação de recursos humanos, maquinário, equipamentos e materiais que não compõem o meio onde o empreendimento será alocado.

A construção de uma usina solar fotovoltaica pode provocar impactos consideráveis nos ecossistemas locais, modificando os ciclos de desenvolvimento da fauna e da flora, tanto durante a fase de construção quanto durante a permanência do empreendimento.

Os impactos mais expressivos se devem a perda de cobertura vegetal com a remoção e o deslocamento da vegetação, constituinte da cobertura vegetal natural do solo, que podem causar impactos consideráveis na área de implantação de uma usina solar fotovoltaica.

A construção de vias de acesso resulta na alteração da dinâmica ambiental da área, como a intensificação da mobilidade de sedimentos arenosos, devido à ação do vento e das chuvas sobre o solo descampado, podendo criar ou intensificar processos erosivos e de assoreamento. E, também poderá causar alterações no fluxo hidrológico superficial devido à compactação do solo e à redução de sua permeabilidade.

Nos processos de retirada da vegetação e do deslocamento para limpeza da área, podem ocorrer fuga e afugentamento da fauna local para áreas mais seguras. Podendo ocorrer a destruição de alguns locais de abrigo natural para a fauna local.

As mudanças nas rotas de fuga e nos limites naturais das comunidades formadas pelas espécies locais, além da remoção de tocas e esconderijos de determinadas espécies, pode causar a fuga de parte da fauna ou ainda sua invasão às áreas do empreendimento, pode causar sérios acidentes em rodovias, por animais na pista de rolamento.

### **2.5.7 Hidrelétrica**

A hidroelétrica é uma das principais fontes de geração de eletricidade no Brasil, devido à existência de grandes bacias hidrográficas espalhadas pelo território. O Brasil, atualmente, tem 83% de sua matriz elétrica originada de fontes renováveis, de acordo com o secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia, Reive Barros.

A participação é liderada pela hidrelétrica (63,8%), seguida de eólica (9,3%), biomassa e biogás (8,9%) e solar centralizada (1,4%) – (GOV,2020). Desta forma, acredita-se que mesmo em longo prazo a hidroeletricidade será a forma predominante de geração, em função dos diversos benefícios desta modalidade.

“As obras hidrelétricas, de uma forma geral, produzem grandes impactos sobre o meio ambiente, que são verificados ao longo e além do tempo de vida da usina e do projeto, bem como ao longo do espaço físico envolvido. Os impactos mais significativos e complexos ocorrem nas fases de construção e de operação da usina, os quais poderão afetar o andamento das próprias obras”. (SOUSA, pg. 09, 2000).

Apesar de sua relativa fácil construção e viabilidade, as hidrelétricas causam muitos impactos ambientais se comparada com outras formas de geração de energia.

Figura 7: Usina de ITAIPU.



Fonte: Alexandre Marchetti/Itaipu Binacional.

O maior número de impactos negativos gerados é proveniente da sua fase de instalação, onde ocorrerão as principais modificações da paisagem natural com a retirada da cobertura vegetal e movimentação de terras. A instalação de uma barreira física permanente no recurso hídrico, também trará alterações no regime do recurso hídrico, transformando o ambiente.

A transformação do ambiente acontece pela realização de escavações, relevos do terreno, desvio do leito natural do rio e retirada da vegetação. Esses aspectos provocam alterações, muitas vezes de forma permanente e irreversível. Ainda, com o movimento de terras, pode ser provocada a erosão do solo na área e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios.

Os seres vivos são afetados principalmente, através da supressão da vegetação nativa do local e, posteriormente, pelo enchimento do lago. O habitat natural de muitas espécies de animais será minimizado e fará com que a fauna esteja mais vulnerável à ações como a caça e captura. Outro aspecto marcante na fauna é a perturbação das espécies gerada pelo aumento da emissão de ruídos provenientes da obra.

No decorrer da fase de operação, podem ocorrer impactos ambientais, como o aumento da poluição sonora proveniente do funcionamento e a possível mortalidade de peixes nas turbinas da geração.

### **3 METODOLOGIA**

Existem diversas formas de se avaliar os impactos ambientais provocados pelo empreendimento humano (geração de energia elétrica), alguns mais sistematizados e outros mais livres. Essa análise representa um importante instrumento para tomada de decisões necessárias ao processo de gestão.

Contudo, independente da metodologia adotada, “para definir o impacto de qualquer empreendimento sobre um ambiente, precisamos conhecer suficientemente tanto a ação impactante como o meio que a receberá. Isso implica obter dados, elaborá-los, proceder às análises e saber interpretar os resultados”. (MÜLLER, 1995).

#### **3.1 Área de estudo**

Foi feita uma pesquisa exploratória quantitativa através de artigos e páginas digitais do governo federal onde foram coletados dados, gráficos e números dos impactos ambientais causados por essas 13 formas diferentes de se gerar energia elétrica no Brasil, foi feita uma comparação baseada nos dados coletados onde se obteve o resultado de qual dessas formas de geração de energia elétrica causa menos danos ao meio ambiente.

#### **3.2 Coleta de dados**

##### **Energia Hidrelétrica**

De acordo com estudos usinas hidrelétricas causam impactos ambientais tanto na fauna, flora, como também impactos socioculturais, referindo-se aos elementos do meio ambiente que se viram impactados pela implementação de qualquer projeto hidrelétrico, porém esses impactos dependem do tamanho do projeto a ser realizado.

Tabela 2: Resumo dos impactos na instalação de uma Usinas Hidrelétricas.

| Componente Físico                    | Impactos   |
|--------------------------------------|--|
| Geomorfologia e Geologia<br>(rochas) | -Modificação do relevo por efeito da construção da usina e as escavações.<br>-Alteração do curso fluvial do rio.<br>-Modificação na forma da camada terrestre.   |
| Solos                                | -Mudança nas características físicas e químicas e microbiológicas do perfil do solo.<br>-Alteração nas taxas de erosão do solo.<br>-Contaminação das camadas do solo devido ao derramamento de substâncias químicas.                     |
| Águas superficiais e subterrâneas    | -Mudança na qualidade da água superficial e subterrânea devido à construção de desvio e túnel de condução e poços.<br>- Alteração do regime hídrico.<br>-Supressão das nascentes.  |
| Atmosfera                            | -Poluição sonora pelo aumento no trânsito veicular e pelos trabalhos do processo de construção.<br>-Geração de partículas.   |
| Componente biótico                   |  |
| Ecosistemas frágeis                  | - Perda de Ecosistemas Frágeis.  |
| Corredores Biológicos                | - Interrupção de corredores ecológicos.  |
| Áreas protegidas                     | -Perda das áreas protegidas.   |
| Fauna                                | -Perda de habitat.<br>-Aumento no número espécies ameaçadas de extinção.<br>-Colisão de aves com linhas de energia.<br>-Interrupção permanente do movimento migratório de organismos aquáticos e terrestres.<br>-Redução da fauna local. |

|   |   |
|---|---|
| Flora                                   | -Eliminação e fragmentação da floresta.<br>-Deposição do material e sedimentos nas matas de galeria.  |
| Uso do solo                             | - Modificação dos usos de solo.<br>- Ampliação e criação de estradas.   |
| Propriedade da terra                    | - Perda dos direitos de propriedade da terra.   |
| Características demográficas            | - Mudança na estrutura populacional.  |
| Características Econômicas              | -Modificação na qualidade de vida e nível econômico da população local.<br>-Interferência na situação econômica do ingresso e valor da propriedade.<br>-Mudança no tipo de emprego. |
| Características sociais das comunidades | - Alteração na vida cotidiana.<br>-Mudança na atividade econômica familiar.   |
| Infraestrutura da Comunidade            | -Deterioração da infraestrutura da comunidade.<br>-Aumento na demanda da infraestrutura física.<br>-Aumento na quantidade de desperdícios e águas geradas pela população.           |
| Áreas históricas e arqueológicas        | - Alteração das áreas de importância cultural.  |
| Paisagem                                | -Interferência na composição dos elementos da unidade de paisagem.<br>-Modificação visual das unidades de paisagem.<br>-Redução das unidades de paisagens.                          |

Fonte: BATISTA et al., 2012.

### **Energia Eólica**

O aproveitamento dos ventos para geração de energia, ao contrário do que muitos pensam, é uma energia que causa impactos ambientais, assim como todas as outras. Alguns exemplos desses impactos são: impacto visual, interferência eletromagnética, poluição sonora, aumento do efeito estufa, além de danos à fauna.

Tabela 3: Análise de impactos causados pela energia eólica.

| <b>Mecanismo de Impacto</b>   | <b>Magnitude</b> | <b>Importância</b> | <b>Significância</b> |
|---|------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Poluição por óleo</b>  | <b>171</b>       | <b>Moderada</b>    | <b>Grande</b>        |
| <b>Poluição química</b>   | <b>148</b>       | <b>Moderada</b>    | <b>Grande</b>        |
| <b>Perturbação do fundo do mar por meio de amostragem</b>   | <b>71</b>        | <b>Baixa</b>       | <b>Grande</b>        |
| <b>Negócios locais e empregos, oportunidades</b>  | <b>64</b>        | <b>Alta</b>        | <b>Grande</b>        |
| <b>Presença física das superestruturas</b>  | <b>63</b>        | <b>Alta</b>        | <b>Grande</b>        |
| <b>Perturbação do fundo do mar por afundamento de detritos</b>  | <b>56</b>        | <b>Moderada</b>    | <b>Grande</b>        |
| <b>Perturbação do leito do mar e da coluna da água durante e após a dragagem</b>                          | <b>56</b>        | <b>Baixa</b>       | <b>Grande</b>        |
| <b>Perturbação do fundo do mar e da coluna de água por meio da instalação das fundações</b>               | <b>49</b>        | <b>Moderada</b>    | <b>Grande</b>        |
| <b>Presença física de vasos e equipamentos/estruturas associadas</b>                                      | <b>47</b>        | <b>Moderada</b>    | <b>Grande</b>        |
| <b>Perturbação do fundo do mar e de outros usuários do mar por meio da instalação de cabos submarinos</b> | <b>45</b>        | <b>Moderada</b>    | <b>Média</b>         |
| <b>Ruído e movimento da lâmina de turbina</b>   | <b>35</b>        | <b>Alta</b>        | <b>Média</b>         |
| <b>Poluição de águas superficiais e linha costeira por detritos flutuantes</b>                            | <b>40</b>        | <b>Moderada</b>    | <b>Média</b>         |
| <b>Reversão para condições de linha de base</b>   | <b>37</b>        | <b>Baixa</b>       | <b>Média</b>         |

|  |           |                 |                |
|--|-----------|-----------------|----------------|
| <b>Maior atividade de vasos para manutenção</b>  | <b>26</b> | <b>Moderada</b> | <b>Pequena</b> |
| <b>Aumento da atividade de vasos</b>   | <b>20</b> | <b>Baixa</b>    | <b>Pequena</b> |
| <b>Redução de gases com efeito de estufa e emissões de escape de combustão de combustível fóssil</b> | <b>18</b> | <b>Alta</b>     | <b>Pequena</b> |
| <b>Distúrbios de ruído por meio do aumento de atividade de vaso e sonar/ sísmica</b>                 | <b>12</b> | <b>Baixa</b>    | <b>Pequena</b> |
| <b>Perturbação do fundo do mar e geração de ruído por meio atividades submersas</b>                  | <b>12</b> | <b>Moderada</b> | <b>Pequena</b> |

Fonte: LUZ et al., 2020.

## **Energia Solar**

Hoje em dia tem se a ideia de que a energia solar é uma energia 100% limpa, que não causa danos ao meio ambiente, mas, na realidade, essa energia também causa impacto ambiental. Isso ocorre porque para se transformar a luz do sol em energia elétrica é necessário o uso de placas fotovoltaicas, que tem como seu principal componente o silício. Para se extrair esse silício, existem atividades de mineração envolvidas, que podem gerar contaminação de águas, dos solos, remoção de vegetação e evasão forçada de animais silvestres que já habitavam uma determinada área. Além disso, essas placas fotovoltaicas têm uma vida útil de 25 a 30 anos, quando essa vida útil termina, torna-se um resíduo, que causa liberação de substâncias prejudiciais ao meio ambiente, como por exemplo o chumbo, metal altamente tóxico.

Na construção de uma usina fotovoltaica, a área de instalação é afetada por mudanças na fauna, degradação de áreas relacionadas, como a terraplanagem, retirada de cobertura vegetal e mudanças no nível do lençol freático.

O espaço utilizado para implantar as usinas solares também é um impacto a ser considerado, pois causa o desmatamento da área nativa, mudança na paisagem, aumento pontual dos processos erosivos e perda do habitat da fauna local.

## **Energias provenientes dos oceanos**

As formas de energia provenientes dos oceanos são: energia oceânica, energia das ondas, energia das marés, energia térmica dos oceanos e energia das correntes marítimas. O principal e mais evidente impacto ambiental causado por essas maneiras de extração de energia é que transforma o habitat natural de diversas espécies animais e plantas marinhas.

## **Energias termelétrica**

A energia termelétrica abrange toda a produção de energia elétrica gerada a partir do aproveitamento da energia térmica obtida pela combustão de carvão mineral, gás natural ou biomassa.

Os principais impactos ambientais na transformação de energia via termelétricas, são: emissões de gases na atmosfera causando rebaixamento dos lençóis freáticos, aumento da incidência de doenças respiratórias, aumento do incômodo da população e deterioração da qualidade do ar; geração de resíduos sólidos afetando a fauna, contaminando o solo, lençóis freáticos superficiais e subterrâneos, e lesão e morte de animais.

As usinas nucleares também são consideradas termelétricas, porém sua matéria prima é radioativa, e produz energia através de fissão. Os impactos desse tipo de obtenção de energia são: o lixo nuclear, que deve ser armazenado de maneira segura e isolada para não afetar o bioma; e o aquecimento dos ecossistemas aquáticos devido ao uso da água para resfriamento dos reatores.

## **Energia Nuclear**

Pelas suas vantagens, a energia nuclear é considerada a fonte de energia do futuro. Portanto, alguns países começaram a investir rapidamente em pesquisa e construção de fabricas cada vez mais modernas e eficientes.

Embora tenha muitas vantagens e muitos países tenham interesse na produção de energia nuclear, sua produção apresenta muitos riscos ao meio ambiente e à biologia, pois se baseia no tratamento de produtos radioativos muito prejudiciais à vida e ao meio ambiente. Dentre os principais impactos ambientais, o aquecimento da água do mar, a contaminação pelos rejeitos da produção, incluindo os vazamentos, destacam-se.

## **Carvão Mineral**

O carvão é um dos combustíveis mais importantes do planeta e é utilizado em grandes quantidades em atividades industriais e termelétricas. Aproximadamente 26,9% da eletricidade mundial vem do carvão (EPE, 2021).

Na área de beneficiamento, o carvão produz rejeitos sólidos, que são lançados em barragens de rejeitos ou diretamente em cursos d'água.

O maior impacto do carvão mineral, afeta principalmente os recursos hídricos, o solo e geografia. A abertura de poços durante as operações na mineração, com a ajuda manual ou de máquinas, levam a emissão de poluentes na atmosfera.

## **Gás Natural**

O Brasil hoje, em sua matriz energética tem como componente, 166 usinas termelétricas com combustível a gás natural e, é responsável pela geração de 14.088.179 kW.

A pesquisa do gás natural no Plano Nacional de Energia 2030 mostra que a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada na atmosfera é 20% a 23% menor que a quantidade de dióxido de carbono produzida pelo óleo combustível e 40% a 50% menor que a do óleo combustível para geração de energia.

## **Biomassa**

O aproveitamento da biomassa está associado a estágios mais elevados de produção, envolvendo técnicas sofisticadas agrícolas e o processamento físico e químico dos insumos. Essa mudança de percepção é devido a crescente conscientização de que o uso de combustíveis fósseis, e o consequente aumento da temperatura média do globo devido ao efeito estufa, provocará a médio, se não a curto prazo, perturbações climáticas catastróficas (CORTEZ: LORA: GÓMEZ. 2008).

O uso de biomassa para fins industriais e combustíveis domésticos aumentou significativamente o desmatamento das florestas do planeta, e seu impacto também levou a um aumento do dióxido de carbono atmosférico, o que leva ao efeito estufa, contribuindo com uma alta porcentagem na contaminação do ar, causados por termelétricas.

### 3.3 Análise de dados

A partir dos dados analisados, foi observado que toda forma de transformação e geração de energia elétrica vem a causar impactos ambientais, geralmente de mesma proporção, causando danos muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

Quadro 1: Aspectos e Impactos Ambientais.

| ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS |  |  |  |                   |               |
|--------------------------------|--|--|--|-------------------|---------------|
| IDENTIFICAÇÃO                  |  |  | TEMPORALIDADE                                    |                   |               |
| Fonte Energética               | Aspecto Ambiental  | Impacto Ambiental  | (A)<br>Atual,<br>(P)<br>Passado<br>(F)<br>Futuro | Situação de Risco | Significância |
| Hidrelétrica                   | Alagamento de grandes áreas                                    | Danos na fauna e flora local                                       | A  | Constante         | Alta          |
| Eólica                         | Ruídos aerodinâmicos e mecânicos                               | Danos na fauna local   | A  | Constante         | Alta          |
| Biomassa                       | Emissão de gases, perda de cobertura vegetal e erosões no solo | Contaminação do ar, desmatamento, perda de nutrientes do solo      | A  | Constante         | Alta          |
| Solar                          | Perda da cobertura vegetal                                     | Desmatamento e danos na fauna e flora local                        | A  | Constante         | Alta          |
| Gás natural                    | Emissão de gases   | Contaminação do ar   | A  | Constante         | Alta          |
| Oceânica                       | Alteração no ecossistema marítimo                              | Mudanças na fauna e flora aquática e terrestre e alteração do solo | A  | Constante         | Alta          |
| Termoelétrica                  | Emissão de gases e despejo de água quente                      | Contaminação do ar e da água                                       | A  | Constante         | Alta          |
| Nuclear                        | Produção de rejeitos radioativos e aquecimento da água do mar  | Contaminação radioativa e danos na fauna e flora marinha           | A  | Constante         | Alta          |
| Carvão mineral                 | Emissão de gases, produção de efluentes altamente tóxicos      | Contaminação do ar, do meio ambiente e os organismos que os compõe | A  | Constante         | Alta          |

Fonte: Alvarez / Lahmeyer Agua y Energía S.A., 2010. Modificado pelos autores.

Conforme foram obtidos os resultados dos impactos ambientais causados pela geração de energia em suas várias formas apresentadas, é visto que todas as formas de geração de energia apresentaram impactos ambientais como, mudança no clima, desaparecimento de espécies de animais, degradação do meio ambiente e lançamento de gases na atmosfera.

Outro ponto importante, são os fatores sociais causados em várias regiões onde se ocorreu a instalação de usinas geradoras, provocando de forma obrigatória a saída da população daquela área afetada.

Sendo assim, como não houve uma forma que apresentou uma fonte de se gerar energia totalmente limpa, chegou-se ao resultado insatisfatório de que toda forma de geração de energia apresentou impacto ambiental negativo, em menores ou maiores proporções.

## **5 CONCLUSÕES**

Os impactos ambientais causados pela geração de energia no Brasil, utilizando várias fontes de evidências, como documentos e bibliografias (textos, artigos e relatórios), consideram que, a obtenção de energia sempre gera algum tipo de impacto ambiental, seja em grande ou pequena proporção.

O Brasil tem todas as condições para ter a matriz elétrica mais confiável e limpa do mundo, basta optar pelo investimento em fontes alternativas com poucos impactos ambientais, para isso é preciso analisar a necessidade de implantação de um projeto, mitigar os impactos ambientais provenientes da obtenção de energia elétrica, e promover o desenvolvimento sustentável.

De acordo com as pesquisas realizadas, as usinas solares são a forma mais limpa de energia e que possuem o menor impacto ambiental, por não desgastarem engrenagens de motores a diesel, não alagarem regiões e não expelirem fumaças tóxicas à atmosfera.

## **REFERÊNCIAS**

ADALBO R. **Principais Parques Eólicos no Brasil**. 2017.

ADALTON F. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Curitiba, 2015.

ALESSANDRO A. **Texto de Apoio ao Professor de Física – IF - UFRGS**. Rio Grande do Sul, 2006.

ALEX S.; LIDIA C. **Canabrava uma História de Responsabilidade Social e Estrutural e Sustentabilidade Ambiental. Revista de Iniciação Científica – RIC Cairu**, janeiro, 2015.

ALMEIDA, Fernando. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: *Nova Fronteira*, 2002.

ANNA C. **Os Dois Impactos Ambientais Negativos da Energia Solar que Nunca te Contaram**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

BRENO B.; CARLOS W.; DIARA M.; EDUARDO W.; FELIPE R.; HEITOR R.; IVA D.; LEONORA M.; RENATA L.; ROBERTA M.; RODNEY S.; ÚRSULA S. **GUIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: Relação Causal De Referência De Usina Termelétrica**. *Ministério do Meio Ambiente*. Brasília/DF, 2021.

BRUNA F.; ERNANO A. **Impactos ambientais dos Parques Eólicos na região da Costa Branca Potiguar**. *Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)* – Pau dos Ferros/RN, junho, 2017.

CLAUDINEI C.; FÁBIO L.; TÂNIA T. **Energia nuclear, o que é necessário saber?**. *Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO*. Guarapuava/PR, junho, 2009.

Clayton D.; Eliane C.; Patrícia B.; Marco A. **Avaliação dos Impactos Ambientais em Parques Eólicos Offshore e Onshore Utilizando a Matriz De Leopold**. *Universidade Positivo – Curitiba (PR)*, 2020.

EDSON L. **Energia Maremotriz: Impactos Ambientais e Viabilidade Econômica No Brasil**. *Universidade Federal de Lavras*, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. *Ministério de Minas e Energia*, 2021.

ERICK F.; SEBASTIÃO C.; KLEIBER R.; AIDSON A. **Um Estudo Sobre o Aproveitamento da Energia dos Oceanos - Energia das Ondas: Renovável, Economicamente Viável e Limpa**. *Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, NUPEA – Uberlândia/Minas Gerais*, outubro, 2014.

FABRÍCIO B. **Análise da Aquisição de Inovações Tecnológicas: Um Estudo Comparativo de Casos entre uma Usina hidrelétrica e uma usina termelétrica**. *Universidade Católica do Paraná*, junho de 2017.

FEDERICO B. **Energia das Ondas (Coluna de Água Oscilante – OWC)**. *Universidade Federal do ABC*, São Paulo, 2016.

GOVERNO DO BRASIL. **Consulta Pública sobre o Guia de Avaliação de Impacto Ambiental: Relação Causal de Referência para Usinas Termelétricas**. Janeiro de 2021.

GOVERNO DO BRASIL. **Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira.** Janeiro, 2020.

GOVERNO FEDERAL. **Óleo Combustível.** Fevereiro de 2019.

ISABELA F. **Aproveitamento da Energia das Correntes Marítimas.** Instituto superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa (Portugal), dezembro, 2014.

ITAIPU BINACIONAL. Junho 2020.

JEAN P. **Aspectos Ambientais Decorrentes de Vazamento de Gás Natural de Baixa e Média Pressões, na Área Urbana Central do Município de São Paulo.** Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, 2005.

JOÃO P.; RAPHAEL S.; IGOR B. **Energia Eólica e os Impactos Ambientais: Um Estudo De Revisão.** UNINGÁ, setembro de 2016.

LEANDRO E. **Avaliação e Aproveitamento da Energia de Ondas Oceânicas no Litoral do Rio Grande do Sul.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, ABRIL, 2010.

LINEU B. **Geração de Energia Elétrica.** Edição Digital. São Paulo, 2015.

LUCAS B. **Projeto, Simulação e Análise de Conversores Estáticos para Geração de Energia Elétrica a partir do Movimento de Ondas Oceânicas.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

LUCÍA I.; FERNANDO R.; ENIO B. **O mercado Brasileiro da Energia Eólica, Impactos Sociais e Ambientais.** Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Santos, 2017.

MACHADO C.; MIRANDA F. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão.** Revista Virtual, outubro 2014.

MÁRCIO L. **Sistematização da Análise de Impactos Ambientais em UHE.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, dezembro, 2009.

MAURICIO Q.; GUSTAVO A.; BERNARDO G. TIDALWATT.; SITE, 2021.

NELISSA C.; EDSON F. **Problemas Ambientais Decorrentes da Exploração do Carvão Mineral e a Aplicação da Eco toxicologia Aquática Como Ferramenta de Biomonitoramento.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, dezembro, 2013.

NEWTON P. **Impactos do Setor Elétrico e da Indústria de Gás Natural na Cogeração no Brasil.** RIO DE JANEIRO, RJ - FEVEREIRO DE 2003.

PEDRO B.; OSVALDO R.; NELSON J.; LUIZ A.; RAFAEL M. **Exploração de Energia Maremotriz para Geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências.** *Universidade Federal do Maranhão.* São Luís, 2011.

RESOLUÇÃO CONAMA, 23 de janeiro de 1986 Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549.

ROBERTO F. **Carvão Mineral.** Santa Catarina, 2001.

ROSEMAR Q.; PATRÍCIA G.; KARIANE L.; EZEQUIEL K.; BRUNA RAMPON T.; PEDRO D. **Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais.** *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM,* Santa Maria, agosto, 2013.

ROYAL R. **Strangford Lough Marine Current Turbine.** *Edinburgh,* junho, 2015.

SILVA, THAMIRES OLIMPIA. **Principais Riscos da Geração de Energia Nuclear para o Meio Ambiente.** São Paulo, 2021.

SÉRGIO M. **Impactos Ambientais Decorrentes do Consumo de Carvão Mineral.** Rio de Janeiro, novembro de 1984.

THAIS A.; MIGUEL E. **Análise dos Impactos na Produção de Energia Dentro do Planejamento Integrado de Recursos.** *Universidade de São Paulo,* junho, 2015.

U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Biomass.** Maio, 2010.

WANDERLEY L. **Impacto Ambiental De Hidrelétricas: Uma Análise Comparativa De Duas Abordagens.** *Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.* Rio de Janeiro 2000.

WILLIAMS S.; FÁBIO A.; JEFFERSON C.; TUANNY S.; GEORGE H. **Impactos Ambientais na Produção de Energia na Hidroelétrica.** *Revista Campo do Saber,* setembro de 2018.

WILSON P.; WEMERSON R.; ABÍLIO C.; ANTONELLA L.; RICARDO B. **Expansão Da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil: Impactos Ambientais e Políticas Públicas.** *Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte,* 2015.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Nuclear share figures, 2010-2020.** Junho, 2021.

