



# ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



## ESG nas Engenharias

30 a 02  
de dezembro 2022

### Energia Renovável: Proposta de utilização de alternador veicular para produção de energia limpa

**Domingos Ney Vieira de Matos**

Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal de Ponta Grossa

**Renan Azevedo Luz**

Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal de Ponta Grossa

**Regina Negri Pagani**

Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal de Ponta Grossa

**Resumo:** A busca por alternativas energéticas de fontes mais limpas, tem apresentado destaque no cenário mundial e brasileiro. A utilização de alternador veicular é uma alternativa promissora para ajudar o pequeno produtor rural, a ter acesso a essa importante fonte para fomentar sua produção. Assim, este artigo apresenta uma revisão dos estudos e publicações sobre a viabilidade da utilização de alternador veicular em regiões rurais com o intuito de promover uma discussão sobre parâmetros relacionados aos custos e benefícios para a obtenção de energia elétrica local.

**Palavras-chave:** Energia inteligente. Fontes renováveis. Áreas rurais.

### Renewable Energy: Proposal for the use of a vehicular alternator to produce clean energy

**Abstract:** The search for energy alternatives from cleaner sources has been highlighted in the world and in Brazil. The use of vehicular alternator is a promising alternative to help the small rural producer to have access to this important source to promote their production. Thus, this article presents a review of studies and publications on the feasibility of using vehicular alternators in rural regions in order to promote a discussion on parameters related to the costs and benefits of obtaining local electricity.

**Keywords:** Smart energy. Renewable sources. Rural areas.

#### 1. Introdução

O crescimento do consumo de energia elétrica é um movimento global associado ao desenvolvimento das sociedades e à qualidade de vida e saúde (SOUZA et al., 2013; FERREIRA NETO e tal., 2019). A energia elétrica é a segunda maior fonte energética consumida no Brasil, atrás apenas do petróleo e derivados (ANEEL, 2019). Apesar dos avanços em eficiência energética, no período entre 2000 e 2019 esse consumo cresceu a uma taxa média geométrica anual de 2,8% no Brasil (ANEEL, 2019). A preocupação do

crescimento contínuo do consumo está relacionada à segurança energética e à necessidade de ampliação da capacidade instalada (OLIVEIRA e tal., 2019). Em 2018, a oferta interna de energia elétrica foi de 636,4 TWh, da qual uma parcela de 35,0 TWh foi importada. Esse total equivale a 2,3% da geração mundial (ANEEL, 2019).

A energia elétrica tem exercido forte impacto no custo de produção e possuindo alternativas viáveis a serem estudadas, pois é um bem de natureza estratégica que, além de caro, no ambiente rural concorre com interrupções e ineficiências que podem culminar na perda da produção. Assim, torna-se importante conhecer a matriz energética do país, estudar outras fontes de energia viáveis, renováveis e limpas. A ideia de energia limpa é associada à capacidade de poluição decorrente do seu uso: É aquela que não polui, ou que polui menos que as tradicionais (de modo geral, os combustíveis fósseis). Na produção e no consumo, os exemplos mais comuns são a energia hidrelétrica, a dos ventos (eólica) e a solar (ABRIL, 2010).

Segundo Marini e Rossi (2005), o suprimento energético a comunidades rurais isoladas e a áreas remotas tem sido um constante desafio, principalmente nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, devido às enormes disparidades econômicas e sociais e, muitas vezes, às dimensões geográficas desses países.

Desse modo, conhecer as novas fontes de energia e, possivelmente, encontrar uma capaz de substituir a energia obtida das linhas de distribuição por uma energia gerada no próprio empreendimento, visando garantir a segurança energética, reduzindo custos e o impacto socioambiental negativo. Assim, o objetivo deste estudo é apresentar uma revisão dos estudos e publicações sobre a viabilidade da utilização de alternador veicular em regiões rurais com o intuito de promover uma discussão sobre parâmetros relacionados aos custos e benefícios para a obtenção de energia elétrica local.

Este estudo está estruturado em cinco partes, sendo essa a primeira. A segunda parte traz uma revisão teórica sobre o tema das fontes de energia. A terceira parte apresenta os materiais e métodos, a quarta parte apresenta os resultados e a quinta parte discute.

## 2. Fontes de energia

As fontes de energia são matérias-primas que, de forma direta ou indireta, produzem energia para movimentar máquinas. Contudo, como são encontradas diretamente na natureza, esta matéria-prima necessita passar por uma transformação antes de gerar energia. O carvão, o petróleo, as águas dos rios e dos oceanos, o vento e certos alimentos são alguns exemplos de fontes energéticas (BEZERRA, 2022). O Quadro 1 apresenta a classificação das fontes de energia.

**Quadro 1. Classificação das fontes de energia.**

FONTE DE ENERGIA	
RENOVÁVEIS	NÃO RENOVÁVEIS
Energia eólica Energia solar Energia hidrelétrica Biomassa Energia das marés Energia Geotérmica	Combustíveis fósseis Energia nuclear

Fonte: Dados de pesquisa (2022)

### 2.2 Fontes renováveis de energia

A busca por fontes alternativas de energias não poluentes ou renováveis tem avançado no mundo. Seja para diminuir a dependência do petróleo, seja para descer os níveis de

poluição, o fato é que a busca por diferentes fontes de energia já é uma realidade no mundo. De acordo com Birnfeld (2014) & Sousa (2022), é importante compreender o que a energia significa, possuir o entendimento a respeito de suas fontes energéticas, suas limitações, também os prejuízos que o mau uso da mesma pode proporcionar ao meio ambiente. Então, diferente das fontes não renováveis de energia, as fontes renováveis são recursos naturais que são geradas naturalmente e continuamente reabastecidos pela natureza.

As fontes renováveis de energia, como o próprio nome indica, são aquelas que possuem a capacidade de serem repostas naturalmente, o que não significa que todas elas sejam inesgotáveis. Algumas delas, como o vento e a luz solar, são permanentes, mas outras, como a água, podem acabar, dependendo da forma como são usadas pelo ser humano. Vale lembrar que nem toda fonte renovável de energia é limpa, ou seja, está livre da emissão de poluentes ou de impactos ambientais em larga escala (SOUSA, 2022). A seguir são listadas as principais fontes alternativas de energia.

a) Energia eólica: O vento é um recurso energético renovável e, portanto, inesgotável. Em algumas regiões do planeta, sua frequência e intensidade são suficientes para geração de eletricidade por meio de equipamentos específicos para essa função. Basicamente, os ventos ativam as turbinas dos aerogeradores, fazendo com que os geradores convertam a energia mecânica produzida em energia elétrica. As principais vantagens dessa fonte de energia são a não emissão de poluentes na atmosfera e os baixos impactos ambientais (SOUSA, 2022);

b) Energia solar: há duas formas de aproveitamento da energia solar: a fotovoltaica e a térmica. Na primeira forma, são utilizadas células específicas que empregam o “efeito fotoelétrico” para produzir eletricidade. A segunda forma, por sua vez, utiliza o aquecimento da água tanto para uso direto quanto para geração de vapor, que atuará em processos de ativação de geradores de energia. É importante lembrar que podem ser utilizados também outros tipos de líquidos (SOUSA, 2022). Em razão dos elevados custos, a energia solar ainda não é muito utilizada. Todavia, seu aproveitamento vem crescendo gradativamente, tanto com a instalação de placas em residências, indústrias e grandes empreendimentos quanto com a construção de usinas solares especificamente voltadas para a geração de energia elétrica (SOUSA, 2022);

c) Energia hidrelétrica: nas usinas hidrelétricas, constroem-se barragens no leito do rio para represamento da água que será utilizada no processo de geração de eletricidade. A água captada no lago formado pela barragem é conduzida até a casa de força por canais, túneis ou condutos metálicos. Após passar pela turbina hidráulica, a água é restituída ao leito natural do rio, pelo canal de fuga. Nesse caso, o mais aconselhável é que as barragens sejam construídas em rios que apresentem desníveis em seus terrenos a fim de diminuir a superfície inundada. Por isso, é mais recomendável a instalação dessas usinas em rios de planalto, embora também seja possível instalá-las em rios de planícies, porém com impactos ambientais maiores (SANTOS, 2022);

d) Biomassa: consiste na queima de substâncias de origem orgânica para produção de energia. Ocorre por meio da combustão de materiais como lenha, bagaço de cana e outros resíduos agrícolas, restos florestais e até excrementos de animais. É considerada uma fonte de energia renovável, porque o dióxido de carbono produzido durante a queima é utilizado pela própria vegetação na realização da fotossíntese. Isso significa que, desde que seja controlado, seu uso é sustentável por não alterar a macro composição da atmosfera terrestre. As vantagens do uso da biomassa na produção de energia, são o baixo custo, o fato de ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser bem menos poluente que outras fontes de energia como o petróleo ou o carvão (SOUSA, 2022);

e) Energia das marés: é o aproveitamento da subida e da descida das marés para produção de energia elétrica. Funciona de forma relativamente semelhante à de uma barragem comum. Além das barragens, são construídos eclusas e diques que permitem a entrada e a saída de água durante as cheias e as baixas das marés, propiciando a movimentação das turbinas. A principal vantagem da energia maremotriz é seu longo prazo de funcionamento sem o esgotamento de nenhum recurso natural, sabendo que não há mudança no funcionamento da maré que é a fonte indireta da energia utilizada nessa categoria. O lado negativo é o custo, seja de instalação de uma usina, como também os custos de manutenção, além da rápida depreciação que ocorre devido a água do mar, esses motivos fazem com que a energia maremotriz não seja muito popular (PORTAL DA ENERGIA, 2017);

f) Energia geotérmica: a energia geotérmica é obtida por meio do calor do interior da Terra. Sua geração se dá por meio do magma, uma formação rochosa que pode alcançar 6 mil °C e que esquentam a água, a qual é utilizada para gerar a energia geotérmica. As usinas são instaladas em locais em que há um grande volume de vapor e água quente, os quais são captados, vão para os reservatórios geotérmicos e destes para as turbinas, que por sua vez ativam um gerador que produz a eletricidade (ESFERA ENERGIA, 2021).

Como é possível verificar, existem diversas formas alternativas de produção de energia. Este trabalho propõe uma fonte diferente das abordadas na literatura, que é a produção por meio de alternador veicular, que é descrita na Seção 4.

### 3. Metodologia

Por se tratar de uma pesquisa com o objetivo de reunir maiores informações a respeito de um tema, esta pesquisa se classifica como exploratória, conceito observado em Munaretto, Luiz Corrêa e Cunha (2013). Gil (2019) define uma pesquisa exploratória como uma pesquisa cuja seu fim seja modificar, esclarecer ou desenvolver melhor uma ideia ou tema levantando hipóteses deixadas para estudos futuros. Do ponto de vista de sua natureza, a pesquisa se classifica como qualitativa (Gil, 2019).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, esta é uma pesquisa bibliográfica de revisão sistemática de literatura, que foi realizada utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio* (Pagani et al., 2015). Assim, os passos para a realização da pesquisa foram:

Etapas 1, 2, 3 e 4: a intenção foi pesquisar sobre alternador veicular como fonte alternativa de geração de energia. Foram utilizadas as bases de dados Scopus e Science Direct, sem recorte temporal. Após as buscas preliminares, definiu-se a sintaxe da busca, e foi realizada a busca definitiva dos metadados. Os resultados estão na Tabela 1.

**Tabela 1**

Combinação de palavras-chave	Science Direct	Scopus	Google acadêmico	Total bruto
“vehicular alternator” AND (“energy production” OR “energy generation”)	0	0	0	0
“alternador veicular” AND “geração de energia”	0	0	07	07

Etapa 5: Após os procedimentos de filtragem, que eliminaram os artigos em duplicata, e os não relacionados ao tema, o portfólio final para a leitura ficou composto de 07 artigos.

Etapas 6, 7, 8 e 9: os artigos foram então enviados à ferramenta RankIn para ordenação dos mesmos. Em seguida, os mesmos foram localizados em seu formato integral para leitura e análise de conteúdo.

### 4. Proposta de geração de energia por meio de alternador de veículo

O alternador veicular, é um tipo de mini gerador elétrico, que converte energia mecânica em energia elétrica, através de um processo conhecido como corrente alternada. É composto por um regulador de tensão e três componentes principais: o estator, o rotor e o diodo. Quando acionado seu eixo de rotação, gira a polia no alternador, fazendo com que o rotor dentro do alternador gire muito rapidamente. Este rotor, que é basicamente um ímã ou grupo de ímãs, está situado dentro de um ninho de fios de cobre, que são chamados de estator (TOPGADGET, 2020).

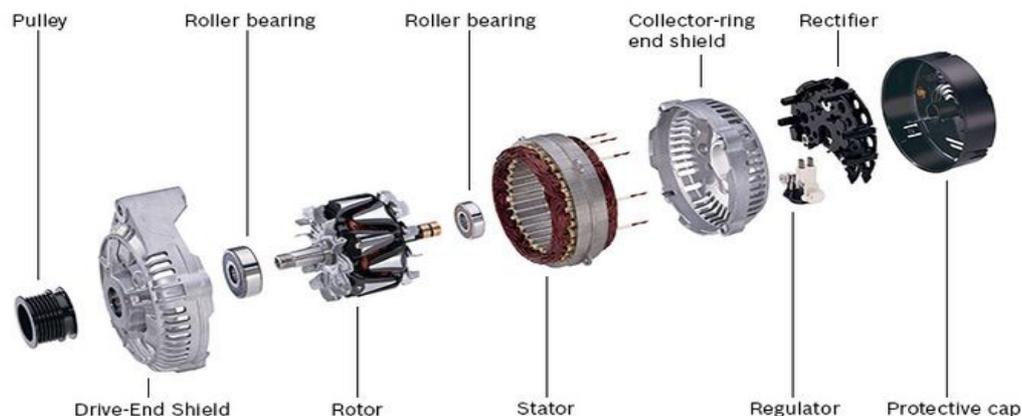
**Figura 1 - Alternador veicular**



Fonte: Acervo do autor (2022)

O processo pelo qual a eletricidade é gerada girando ímãs a altas velocidades ao longo de um conjunto de fios de cobre é chamado de eletromagnetismo. No alternador, é a variação de fluxo que induz tensão. O fluxo varia enquanto a corrente aumenta ou diminui. Quando o fluxo é máximo, ele não varia, a força eletromagnética induzida é nula, a corrente é nula e muda de sentido. O campo magnético produzido pela corrente induzida exerce no ímã forças contrárias à sua rotação (INFOESCOLA, 2022).

**Figura 2 - Peças que compõem o alternador**



Fonte: Bosch (2022)

#### 4.1 Discussão

Na perspectiva econômica, a geração de energia através de alternador veicular, apresenta custos menos competitivos com as fontes convencionais de energia. A energia elétrica gerada é uma conversão da energia que está presente na natureza (sol, água, vento, calor do vapor, etc.) em uma forma de energia adequada a nossa utilização. Sebrae (2005), afirma que a energia elétrica se tornou vital para todos os meios de transformação existentes. Apesar de todo avanço tecnológico, continua-se dependente dos rios para a geração da mesma já que aproximadamente 84% da energia elétrica

provêm de recursos hídricos. Segundo Martins (2013), o alternador é um gerador de corrente elétrica alternada, necessitando de um retificador de tensão para enviar ao sistema elétrico do conjunto a tensão necessária para suprir sua demanda. Dessa forma, a energia elétrica que será gerada, poderá alimentar diretamente todos esses componentes do sistema implantado.

#### 4.2 Média de geração de energia de um alternador

A energia produzida é fornecida pelo alternador, que fornece a corrente necessária para o funcionamento de todos os dispositivos elétricos. Com o alternador acionado, a tensão gerada é de aproximadamente 14 volts. A voltagem deve ir até pelo menos 13 V, se a variação de RPM faz com que a voltagem flutue entre 13 e 14,5 V. Alternadores para veículos são projetados para tensões de 14V e 28V para que seja possível carregar baterias de 12V e 24V (BOSCH, 2005).

Por isso, mesmo com a baixa rotação ainda à geração de energia capaz de alimentar a bateria, e assim continuar o fluxo de corrente elétrica estável.

**Tabela 2 - Alternador de carro de 12 V**

Alternador (A/h)	Potência (W)
60	720
100	1200

**Fonte: Dados de pesquisa (2022).**

Alternador com potência de 100 amperes produz em média 1200 W/h, operando em média diária de 24hs, por 365 dias, irá totalizar 8.760 horas/ano, assim então produzindo uma média de 10.512 W/h ou 92,08512 Kwh por ano.

A energia E em quilowatt-hora (kWh) é igual à potência P em watts (W), vezes o período de tempo em horas (hr dividido por 1000). Assim, temos o cálculo de watts para quilowatt-hora (1).

$$E \text{ (kWh)} = P \text{ (W)} \times t \text{ (hr)} / 1000 \quad (1)$$

Então:

$$\text{Quilowatt-hora} = \text{watt} \times \text{hora} / 1000;$$

Ou:

$$\text{kWh} = W \times \text{hr} / 1000.$$

#### 4.4 Estimativa de retorno do investimento

De acordo com a Energisa (empresa responsável pelo abastecimento e energia elétrica do estado do Tocantins) estabelece os valores das tarifas de acordo com as classes de consumidores conforme regularizado pela ANEEL. O cálculo das tarifas é o seguinte: cada quilowatt-hora (kWh) é multiplicado por um valor unitário, a tarifa, que como mencionado varia de acordo com as classes, sendo que esses valores irão corresponder valor de 1 quilowatt (kW) para cada hora. Vale ressaltar que as tarifas de energia elétrica são divididas em monômias que são as de baixa tensão e as binômias, que irão incluir também tarifas convencionais e horárias, como a Verde e a Azul. São consideradas tarifas monômias aquelas compostas por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa, ao passo que a binômia será composta por preços que são aplicáveis a um consumo de energia ativa e também à demanda faturável.

**Tabela 3 - Modalidade tarifária convencional**

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL - BAIXA TENSÃO	TUSD + TE
--	-----------

TARIFA	CLASSES	CONSUMO (R\$/KWH)
B1	Residencial sem Benefício	0,76174
	Residencial BR - Consumo até 30 KWH	0,24656
	Residencial BR - Consumo de 31 a 100 KWH	0,42267
	Residencial BR - Consumo de 101 a 220 KWH	0,63401
	Residencial BR - Consumo acima de 220 KWH	0,70446
B2	Rural	0,71603
	Rural irrigação	0,23628
	Cooperativa de eletrif. Rural	0,71603
	Serviço de irrigação	0,7008
B3	Comercial serviços e outros	0,76174
	Industrial	0,76174
	Poderes públicos	0,76174
	Serviço público	0,73888
B4	Iluminação pública	-
	B4A - Rede de distribuição	0,41896
	B4B - Bulbo de lâmpada	0,45704

Fonte: Energisa (2022)

Na modalidade de tarifa B2, conforme o sistema implantado, para a área rural, será feita o seguinte cálculo, utiliza-se a equação (2).

Produção de energia em Kwh/mês X tarifa B1 rural (R\$) = valor do Kwh/mês em reais.  
(2)

A modalidade de implantação proposta, produzirá anualmente 92.08512 Kwh, multiplicado pela tarifa B2 rural de R\$ 0,716, resultando no valor anual de R\$ 65.380,35. Com a obtenção desses resultados, percebe-se a viabilidade do sistema.

## 5. Conclusão

Este trabalho buscou apresentar a análise financeira da viabilidade da implantação de fontes de energia renovável em pequenas propriedades rurais no município de Pedro Afonso, no estado do Tocantins. Para isto, levou-se em consideração que os investimentos deveriam apresentar rentabilidade e aproveitamento de material reciclável.

No entanto, cabe ressaltar que os dados utilizados foram baseados apenas em pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e coleta de dados, que é uma das limitações desta pesquisa. Quanto à produtividade, os valores apresentados foram estimativas para valores reais, alcançados com base em cálculos realizados a partir de fórmulas e dados disponíveis na presente literatura. Quanto à questão de viabilidade, existe a limitação dos

recursos hídricos da região, para que seja viável a implantação deve ser analisada caso a caso de acordo com a disponibilidade de recursos em cada empreendimento.

Às demais, cabem ressaltar que as fontes de energias renováveis não devem ser analisadas apenas como alternativas de interesse econômico, mas também como uma necessidade socioambiental imediata. Onde a energia elétrica representa mais que ter lâmpadas ou eletrodomésticos em casa, é a tecnologia chegando; plantios com mais qualidade, melhor aproveitamento da terra, a agricultura familiar totalmente fortalecida, o homem do campo no campo produzindo, e também, gerando renda e melhor condição de vida.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de uma pesquisa empírica com a construção do alternador nos moldes propostos, e avaliação de seu funcionamento.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Brasil (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

Alternador e Dínamo. Disponível em:

<[http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Hidraulica/alternador.htm#\\_blank](http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Hidraulica/alternador.htm#_blank)>. Acesso em: 8 jul. 2022.

BARBIERI, J. C. Organizações Inovadoras Sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações. <https://www.grupogen.com.br/editora-atlas>: Atlas, 2007.

DALPONTE, D. Avaliação do uso de dejetos suínos em biodigestor, na produção de biogás e na geração de energia. 2004. No prelo.

DE LANA, C. R. Imãs e indução eletromagnética. Disponível em:

<<http://educacao.uol.com.br/fisica/eletromagnetismo-1-imas-e-inducao-eletromagnetica.jhtm>>. Acesso em: 8 jul. 2022.

DOS SANTOS SILVA, S. I. Biomassa para geração de energia: eucalipto, cana-energia e bagaço de cana-de-açúcar. Universidade Federal da Paraíba, 2016.

FARIAS, L. M.; SELLITTO, M. A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato, v. 12 (17), p. 07–16, 2013.

GITMAN. Princípios de administração financeira, 2010. Disponível em:

<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5736831/mod\\_resource/content/2/Principios%20da%20Administracao%20Financeira%2020201005.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5736831/mod_resource/content/2/Principios%20da%20Administracao%20Financeira%2020201005.pdf)>.

HERMERSON, K. Alternadores automotivos. Disponível em:

<<https://kaiohdutra.wordpress.com/2011/05/15/alternador-automotivo/>>. Acesso em: 8 jul. 2022.

JÚNIOR, É. S. T. et al. REAPROVEITAMENTO DA ENERGIA MECÂNICA GERADA PELO MOVIMENTO DE ROLETES EM UMA FÁBRICA DE MOTOS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS. Scientia Amazonia, v. 7, p. 154–159, 2018.

LIMA, A. A. et al. Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, n. 2020, p. 16, 2020.

MAZZEI, C. A.; MARANGONI, T. T.; DE OLIVEIRA, J. N. Análise quantitativa dos estudos de impactos ambientais de hidroelétricas existentes no banco de dados do IBAMA e avaliação dos parâmetros hidrológicos utilizados. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23 (03), p. 425–429, 2018.

NETTO, L. F. Geradores de energia elétrica. Disponível em: <[https://sinproconhecer.sinprolondrina.com.br/wp-content/uploads/2017/08/geradores-de-energia-eletrica\\_56108.pdf](https://sinproconhecer.sinprolondrina.com.br/wp-content/uploads/2017/08/geradores-de-energia-eletrica_56108.pdf)>. Acesso em: 8 jul. 2022.

NEWTON, B. Como funciona o Alternador. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/51-automotivos/709-como-funciona-os-alternadores-art094.html>>. Acesso em: 8 jul. 2022.

SANTOS, V. S. D. Impactos ambientais da transposição de rios. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/impactos-ambientais-transposicao-rios.htm>>. Acesso em: 8 jul. 2022.

SANTOS, V. S. D. Impactos ambientais da transposição de rios. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/impactos-ambientais-transposicao-rios.htm>>. Acesso em: 8 jul. 2022.

VILLATI. Física 2. Eletricidade e magnetismo, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/126222/2/386208.pdf>>.