

**Aplicação de hidro geradores em propriedades rurais****Application of hydro generators in rural properties**

DOI:10.34117/bjdv5n11-354

Recebimento dos originais: 07/10/2019

Aceitação para publicação: 29/11/2019

**Gabriel Gonçalves Pessoa De Castro**

Doutor em Engenharia Metalúrgica

Instituição: Universidade Federal Fluminense (UFF).

Endereço: R. Doze - Vila Santa Cecília, Volta Redonda - RJ, 27255-125.

E-mail: gabriel.pessoa@aedb.br

**Mateus de Souza Figueiredo Silva**

Graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: mateus.figueiredo@aedb.br

**Ramon Landim Romano**

Graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: ramon.landim@aedb.br

**Jair Teodoro Soares**

Graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: jair.silva@aedb.br

**Alexandre Magno Landim**

Graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: Alexandre.magno@aedb.br

**Adriano Araújo Nogueira**

Graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: adrianoan060@gmail.com

**Luiz Guilherme da Silveira Pereira**

Graduando em Engenharia Mecânica pela Associação Educacional Dom Bosco – Escola de Engenharia de Resende (AEDB-FER).

Endereço: Av. Cel. Prof. Antônio Esteves, 1 - Campo de Aviação, Resende - RJ, 27523-000.

E-mail: luiz.silveira@aedb.br

**RESUMO**

A geração de energia é o tema muito debatido e estudado nos dias atuais. Por suas características existem as fontes renováveis e não renováveis, e a partir disso o estudo e o entendimento destas é um ponto primordial para a aplicação deste gerador de energia. O trabalho que aqui se apresenta buscou analisar a técnica que, através da passagem de água gere energia, conhecida como Hidro Geradores. Após o entendimento, estudo, análise dos dados do relevo, das condições de operação e serviço seja possível a escolha da melhor especificação de turbina utilizada neste projeto, a partir desta escolha que ocorra a aplicação no local estudado. Segundo os resultados do estudo, a turbina Pelton foi a que chegou mais perto das características necessárias, que seria de quedas d'águas altas e com pouco volume de água. Essa turbina irá substituir o moinho que já existe no local. Desta maneira, podemos concluir que com o avanço tecnológico e estudo, a eficiência de geração de energia será grande, ajudando a economia de custos dos favorecidos e utilização do recurso natural para um bem maior.

**Palavras Chave:** Hidro Geradores, Energia renovável, economia.

**ABSTRACT**

Power generation is a hotly debated and studied topic today. Due to their characteristics there are renewable and non-renewable sources, and from this their study and understanding is a primordial point for the application of this energy generator. The work presented here sought to analyze the technique that, through the passage of water, generates energy, known as Hydro Generators. After understanding, studying, analyzing the relief data, operating conditions and service it is possible to choose the best turbine specification used in this project, from this choice that occurs in the application site studied. According to the results of the study, the Pelton turbine was the one that came closest to the required characteristics, which would be high waterfalls and low water volume. This turbine will replace the existing mill on site. Thus, we can conclude that with the technological advance and study, the efficiency of power generation will be great, helping the cost savings of the favored and utilization of the natural resource for a greater good.

**Keywords:** Hydro Generators, Renewable energy, economy.

**1 INTRODUÇÃO**

Devido ao crescimento do consumo de energia, considerando o crescente aumento na população mundial e o setor de geração de energia elétrica sofre um aumento considerável de investimento principalmente as com enfoque e utilização de tecnologias de energia limpas provenientes dos ventos, radiação solar, movimento das águas, ainda temos uma enorme quantidade de utilização de nossas bacias hidrográficas para a geração de energia.

O Brasil apresenta um bom e rico histórico no panorama de geração de energia elétrica, desde a pequena geração para um seletor público no final do século XIX até construções de grande magnitude, como a Itaipu Binacional, referência mundial em usinas hidrelétricas. Entretanto, a produção de energia nesse local tem uma necessidade de grandes inundações sem considerar as questões de legislação nacional, que ganharam muito mais relevância através dos últimos 50 anos com o pensamento de um desenvolvimento sustentável.

A partir desta premissa a ideia de pequenas centrais hidrelétricas e a geração distribuída como uma proposta solução, apresenta a finalidade de potencializar a produção de energia elétrica de uma maneira sustentável. Estas pequenas centrais tendem a auxiliar e diversificar as matrizes energética e permitem aumentar a renda de pequenas propriedades. Tendo em vista que este modelo, disponibiliza a redução de custos e a participação do abastecimento do município, gerando lucro para seu proprietário. Após pesquisas, as regiões do interior não utilizam ou nunca ouviram falar sobre tais assuntos. Apresentamos por meio deste trabalho estudos e cálculos, tendo como objetivo realizar e implantar este sistema em uma fazenda e apresentar suas vantagens a população, visando desenvolvimento e bem-estar para os envolvidos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 FORMAS CONSTRUTIVAS**

As máquinas síncronas polifásicas compõem-se essencialmente de um induzido com enrolamento polifásico, distribuído em ranhuras, excitado com correntes polifásicas e de um indutor com enrolamento que pode ser concentrado em uma única bobina, ou também distribuído, e excitado com corrente contínua. O induzido também chamado de armadura pode ser localizado na parte fixa (estator) quando se trata de geradores e motores síncronos de média e grande potência ou na parte rotativa, nos casos de menor potência. Normalmente, acima de algumas dezenas de kVA, o primeiro tipo construtivo pode ser melhor empregado (Aurio,1979).

### **2.2 MÁQUINAS HIDRÁULICAS**

As máquinas hidráulicas são aparelhos colocados em sistemas hidráulicos promovendo a troca de energia mecânica entre o fluido (geralmente água) e o rotor. Podem também ser classificadas do ponto de vista mecânico como turbomáquinas hidráulicas (Amílcar Manuel, 2015).

As turbinas recebem energia hidráulica (o fluido exerce trabalho sobre o veio do rotor), proveniente de uma certa altura disponível (coluna de água), transforma-se em energia mecânica e através do gerador em energia elétrica. A potência da turbina é sempre inferior à potência fornecida pelo escoamento devido às perdas na transformação da energia na turbina (Amílcar Manuel, 2015).

As bombas funcionam no sentido inverso, através da energia mecânica geram energia hidráulica utilizando-se assim para o transporte/elevação de fluidos a diferentes cotas e distâncias (Amílcar Manuel, 2015).

Os trajetos do fluido no rotor podem ser considerados:

Radiais: se as linhas de corrente estiverem contidas predominantemente em planos perpendiculares ao eixo de rotação;

- Axiais: se as linhas de corrente estiverem contidas predominantemente, em direções paralelas ao eixo;
- Mistas: se o escoamento for parcialmente radial e axial, tangenciais, se o escoamento fizer um plano perpendicular ao eixo de rotação e for predominantemente na direção tangencial.

O escoamento das turbomáquinas pode ser classificado como:

- Aberto: quando o escoamento não é limitado por paredes;
- Fechado: quando o rotor está constituído numa caixa cujas paredes limitam o escoamento.

O número dos elementos do rotor pode ser classificado como:

- Unicelular: quando o rotor seja constituído por um conjunto de pás principais;
- Multicelular: quando o rotor é constituído por mais do que conjunto de pás principais.

Os parâmetros que caracterizam o funcionamento de uma turbomáquina são agrupados em três conjuntos: as variáveis de controlo, as propriedades do fluido e características geométricas (Amílcar Manuel, 2015).

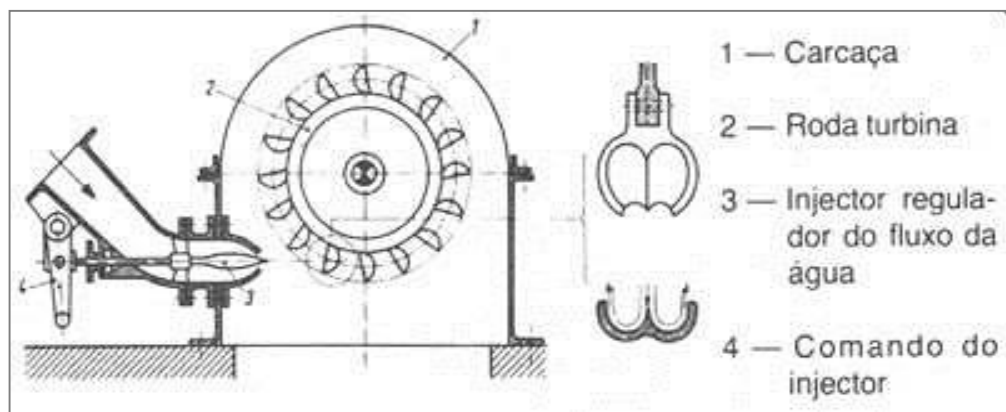
As variáveis de controlo são aquelas que se podem influenciar diretamente, tais como o caudal através de válvulas e a velocidade de rotação. Neste tipo de máquinas o fluido é sempre considerado incompressível, pelo que a variação do peso específico do fluido durante o escoamento é desprezável e o coeficiente de viscosidade também é mantido constante. A alteração das propriedades do fluido no escoamento modificaria as características de funcionamento das turbomáquinas. Cada turbomáquina possui determinadas características geométricas de projeto, pelo que influencia as respetivas condições de funcionamento. A geometria da turbomáquina só pode ser descrita quando se utiliza um elevado número de parâmetros geométricos (diâmetro do rotor, ângulos das pás, relações entre comprimentos, entre outros) (Amílcar Manuel, 2015).

### 2.3 TURBINA PELTON

Foi concebida em 1879, por Lester Pelton. As turbinas Pelton estão associadas a caudais reduzidos e quedas elevadas e apresentam eficiências que podem alcançar os 90%. A sua constituição física consiste numa roda circular que na sua periferia possui um conjunto de pás em forma de concha dupla, sobre os quais incide, tangencialmente, um ou mais jatos de água por um ou mais injetores. O objetivo principal baseia-se em defletir o escoamento em praticamente 180°. Na periferia da roda, as pás possuem um entalhe circular que se destina a evitar a interferência das pás com o jato enquanto não atinjam ângulos relativos convenientes (Amílcar Manuel, 2015).

O movimento da agulha do injetor é comandado por um regulador de velocidade. O injetor é constituído por um deflector que, na presença de altas velocidades indesejáveis de rotação, permite desviar o jato da roda, tornando, assim possível que o injetor feche lentamente. O número de injetores está em função da orientação do eixo (Amílcar Manuel, 2015).

O injetor possui uma agulha cônica no seu interior que permite a regulação do caudal e condiciona também a forma do jato, obrigando-o a ter um diâmetro uniforme no percurso entre a saída do injetor e as pás (Amílcar Manuel, 2015), as componentes principais da turbina Pelton são apresentadas na Figura 1.



**Figura 1:** Órgãos da turbina Pelton [Fonte: eduvisilva.com.sapo.pt]

## 2.4 AS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

As PCHs são empreendimentos de exploração de recursos hídricos para produção de energia elétrica, no qual se instalam turbinas hidráulicas acopladas aos geradores de eletricidade, que são impulsionadas pelo fluxo d'água resultante de um desnível provocado por barragem ou um curso d'água (Polizel, 2007).

Estes empreendimentos surgem como alternativa na tentativa de minimizar os impactos causados pelas usinas hidrelétricas. Embora também causem danos ao meio ambiente, sua dimensão é incomparavelmente menor devido a suas características (não necessitam de grandes reservatórios e operam a fio d'água). As pequenas centrais possibilitam ainda, melhor atendimento às necessidades de carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais, e representam um dos principais focos de prioridade com relação à expansão da oferta de energia elétrica no Brasil (KAREN EVELLINE).

- *Vantagens e desvantagens das PCHs*

É de interesse mundial a utilização de fontes renováveis para a produção de energia e, de preferência, que resultem em mínimo impacto ao meio ambiente, priorizando a geração sustentável; esta é uma das principais vantagens no uso das PCHs. Em tempos onde é discutida a diminuição da emissão de gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, entre outros) na atmosfera terrestre, já existem PCHs que

comercializam créditos de carbono, provando sua sustentabilidade. Contribuem, ainda, com a diminuição da emissão de gases de efeito estufa ao substituir fontes térmicas fósseis. Outra importante vantagem seria a descentralização na geração de energia, possibilitando um melhor atendimento às necessidades de carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais, pois complementa o fornecimento realizado pelo sistema interligado. Podemos citar ainda: custo acessível, prazo reduzido de construção devido às obras civis de pequeno porte, disponibilidade de tecnologias eficientes, redução nas perdas do sistema elétrico e desenvolvimento regional (KAREN EVELLINE).

As facilidades oferecidas pela Legislação têm papel significativo; dentre os benefícios, podemos citar: necessidade apenas de autorização da ANEEL para implantação; redução, no mínimo, de 50% para as tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e distribuição; garantida participação nas vantagens técnicas e econômicas da operação interligada; isenção do pagamento da compensação financeira pelo uso dos recursos hídricos. O principal fator negativo relacionado às PCHs é o alto custo do kW produzido pelas mesmas. Por operarem a partir de um fio d'água, o reservatório não permite a regularização do fluxo de água, estando totalmente sujeita à sazonalidade hídrica, ou seja, em épocas de chuvas escassas as máquinas ficam subutilizadas, podendo ocorrer sua ociosidade. A burocracia para a liberação ambiental, embora simplificada, ainda pode causar atrasos na sua concepção (KAREN EVELLINE).

## **2.5 PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL – REDUÇÃO DE CRISES ENERGÉTICAS**

Segundo Teixeira e colaboradores (2003) a implementação de grandes hidrelétricas será cada vez mais difícil, pois essas interrompem o fluxo natural dos rios, gerando de um lado a salinização e assoreamento progressivo dos reservatórios e, de outro, a diminuição ou mesmo interrupção do aporte de sedimentos aos oceanos, ocasionando alterações dos ecossistemas a jusante e deflagração de processos erosivos na costa oceânica. Afirma ainda que a instalação de novas usinas deva contar com uma participação mais expressiva de geocientistas, tanto nas atividades tradicionais da busca de materiais de construção e análise geológica da região afetada, como na modelação e previsão das alterações geológicas e ecológicas locais e regionais que possam advir. Considerando, portanto, os aspectos restritivos das grandes centrais hidrelétricas e ao mesmo tempo a demanda crescente por energia, as PCH's ressurgiram no Brasil como uma alternativa promissora na produção de energia elétrica a baixo custo econômico e ambiental (Marlon,2012).

Em 2001 o Brasil percebeu a fragilidade do seu setor energético a partir da crise que ficou conhecida como “Apagão”, afetando o fornecimento e a distribuição de energia elétrica do país, gerando cortes e racionamento de energia para a população e para setores produtivos da economia.

Esse fato evidenciou problemas significativos e comprometedores do desenvolvimento industrial e econômico do país. A falta de investimentos no setor energético, fez com que medidas paliativas fossem tomadas no sentido de estimular a iniciativa privada a investir na matriz energética do país, incluindo investimentos em fontes de energia alternativa (Marlon,2012). Observado o alto potencial fluvial do Brasil, as matrizes mais disponíveis para geração de energia são aquelas derivadas de centrais hidrelétricas, tornando as PCH's bem atraentes, considerando que estas são uma recomendação internacional por se tratar de uma energia mais limpa em comparação a outros tipos de geração de energia, como as usinas termoelétricas e termonucleares. O país já havia realizado experiências de incentivo a essas pequenas centrais e para retomar esta política de incentivo a implantação de PCH's, atualmente o governo criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – Proinfa (PIMENTA et al., 2009).

Segundo o Ministério de Minas e Energia – MME (2011), o Proinfa foi instituído conforme o Decreto nº 5.025 de 2004, com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólicas, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). De acordo com a Lei nº 11.943 de 28 de maio de 2009, o prazo para o início de funcionamento desses empreendimentos encerrou em 30 de dezembro de 2010. O intuito é promover a diversificação da matriz energética brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais. Ficou a cargo de o MME definir as diretrizes, elaborar o planejamento do programa e definir o valor econômico de cada fonte e à ELETROBRÁS, o papel de agente executor, com a realização de contratos de compra e venda de energia. O Proinfa estima a implementação de 144 usinas, totalizando ser resultadas de efeitos diretos ou indiretos, produzindo impactos cumulativos, transformando inteiramente as condições biogeofísicas, econômicas e sociais de toda a área (Marlon,2012).

Nem sempre os efeitos da construção e funcionamento das PCHs são ruins. Devem-se levar em conta também muitos aspectos positivos como: produção de energia; retenção de água regionalmente; aumento do potencial de água potável e de recursos hídricos reservados; criação de possibilidades de recreação e turismo; aumento do potencial de irrigação; melhoria da navegação e transporte; aumento da produção de peixes e da possibilidade de aquicultura; regulação do fluxo e inundações; maiores possibilidades de trabalho para a população local e diminuição de gases do efeito estufa. O cuidado com o meio ambiente no seu aspecto geral de fauna, flora, poluição e tudo o que estiver diretamente relacionado, tem seus benefícios suportados no projeto que, se bem estruturado, não haverá retorno apenas financeiro, mas, levará o progresso para a região do empreendimento sem grandes intervenções na natureza.

Porém, diante do crescimento da demanda por energia elétrica, conclui-se que os incentivos às Pequenas Centrais Hidrelétricas, por serem consideradas uma forma de produção de energia com baixo impacto ambiental e uma energia “limpa” e renovável, criam atrativos para que sejam implantadas em regiões consideradas críticas em relação à falta de energia. As Políticas Ambientais, quando direcionam os empreendimentos das PCHs, trazem grandes benefícios para as comunidades próximas (NILTON, 2009).

### **3 ESTUDO DE CASO**

O trabalho a seguir tem como objetivo a análise e estudo de uma turbina hidrogeradora para uma micro central hidrelétrica (MCH). Situada na região sudeste, tendo como característica principal a topografia que dispõe de montanhas com altitudes elevadas, muitas dessas montanhas possuem nascentes que abastecem rios e córregos em zonas urbanas e rurais. O local do estudo sobre a viabilidade de instalação de uma micro central hidrelétrica fica localizado no município de Liberdade no estado de Minas Gerais. O estudo visa uma turbina elétrica que irá reduzir a utilização de energia elétrica da propriedade proveniente de tanques de leite e ordenhas utilizadas no manejo do gado leiteiro.

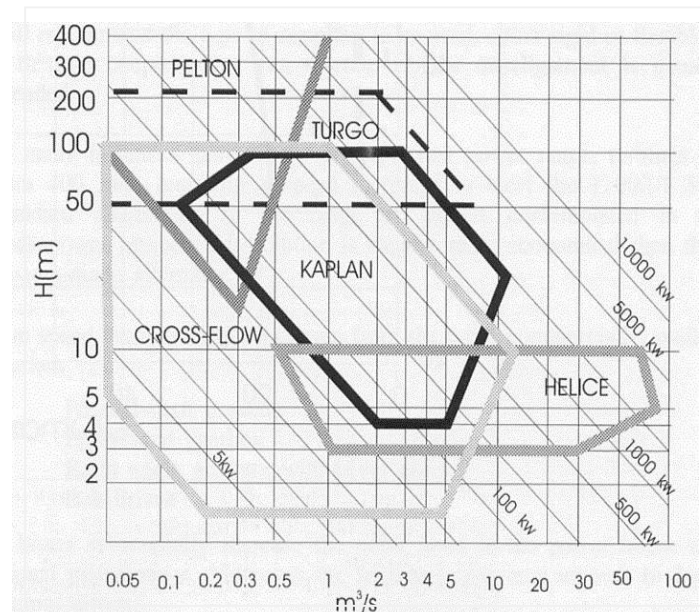
A propriedade dispõe de um local onde está instalado um moinho desativado, utilizado até a algum tempo para efetuar a moagem do milho para produção de fubá. O sistema utilizado no moinho era o sistema de roda d'água, onde utilizava da força da água para a movimentação do moinho. O estudo visa a substituição da casa de moinho pela instalação da turbina hidrogeradora, de modo a se aproveitar toda a instalação que a propriedade já possui.

Foi feita a vistoria das instalações já existentes na propriedade, como toda parte de direcionamento da água até o ponto de instalação da turbina como também a casa de máquina, antiga casa de moinho. Após a toda vistoria foi observado que serão necessárias algumas manutenções nas instalações, já que toda construção já possui algum tempo. A instalação se torna viável devido que será apenas algumas manutenções e aquisições de baixo custo referente a parte mecânica.

Após a revisão da literatura e coleta de alguns dados sobre a região onde foi feito o estudo sobre implementação da MCH, vimos as diferenças entre as diversas máquinas hidrogeradoras que temos no mercado e como cada uma se aplica melhor.

A turbina pelton se encaixa e melhor atende aos quesitos necessários, partindo do ponto que em geral, as zonas rurais muitas vezes não possuem de um rio com altos volumes de água, mas sim de córregos e nascentes que possuem quedas relativamente altas, podendo ser aproveitar de uma boa altura manométrica, cerca de 20 metros de altura até a localização da instalação, a Figura 2 mostra o campo de aplicação de cada turbina, em função na queda útil e do caudal.





**Figura 2** - Campo de aplicação de cada turbina, em função na queda útil e do caudal [Fonte: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.].

O estudo inicial para realização deste tipo de empreendimento busca primeiramente obter um local adequado para aproveitamento energético, que não acarrete em grandes impactos ambientais e impactos a comunidade vizinha.

#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se que este projeto será primordial para melhoria das condições dos favorecidos, pois tal projeto irá alavancar a produção e a diminuição dos custos. Além disso, por meio dos resultados da pesquisa as condições de trabalho da turbina irá aumento o desempenho da fábrica em si. É notório dizer que através deste estudo o objetivo foi concluído. Onde este foi a escolha do melhor tipo de turbina apresentado para as características deste terreno. Após estes estudos a Pelton foi a que melhor se adequou, pois, suas especificações se adequam gerando um melhor desempenho, eficiência, uma fácil manutenção e implantação deste sistema no local apresentado para estudo, dentro da propriedade agrícola. Este tipo de turbina é característica própria o impulso, onde ele aproveita a energia cinética da água. Entretanto sua aplicação necessita de quedas específicas e volume de água restrito, ou seja, necessitará de um estudo local para definir qual as dimensões perfeitas para este projeto. A partir disso, no momento de construção do projeto de geração de energia, tem-se os parâmetros para executar um bom projeto e ajustá-lo caso ocorra algum imprevisto.

**AGRADECIMENTOS**

Agradecimento a Universidade Dom Bosco – Faculdade de Engenharia de Resende (AEDB-FER), pelo incentivo a pesquisa e apoio financeiro.

**REFERÊNCIAS**

AMÍLCAR MANUEL FERNANDES MARROCANO. **Aproveitamentos mini-hídricos**. Disponível em: <<http://bdigital.ipg.pt/dspace/handle/10314/2884>>. Acesso em: 01/06/2019

AURIO GILBERTO FALCONE, volume 2, **eletromecanica:transformadores e transdutores, conversão eletromecânica de energia**. Sao Paulo, edgard blucher, 1979.

KAREN EVELLINE PERUSSO VERGÍLIO. **Geração distribuída e pequenas centrais hidrelétricas: alternativas para a geração de energia elétrica no brasil**. são carlos 2012

MARLON ROGER e JULIANO BONFIM. **Pequenas centrais hidrelétricas como forma de redução de impactos ambientais e crises energéticas**. Anhaguera ano 2012

NILTON, C.L. **O impacto das Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH no meio ambiente**. 2009. Disponível em: <<http://www.solenerg.com.br>>. Acesso em: 03/06/2019

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2003, p. 488-489.

PIMENTA, S.M.; PEÑA, A.P.; GOMES, P.S. **Aplicação e métodos físicos, químicos e biológicos na Avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde – Goiás**. 2009. Disponível: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttextepid=S1982-45132\\_009000300013elang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextepid=S1982-45132_009000300013elang=pt)>. Acesso em: 21/05/2019.