



**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**  
**Bacharelado em Engenharia Hídrica**

**Willian Gonçalves Dias**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO REMANESCENTE DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO MUCURI**

**Teófilo Otoni**  
**2019**

**Willian Gonçalves Dias**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO REMANESCENTE DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO MUCURI**

Artigo apresentado ao programa de Graduação em Engenharia Hídrica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Prof. Francisco César Dalmo

**Teófilo Otoni**

**2019**

**Willian Gonçalves Dias**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO REMANESCENTE DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO MUCURI**

Artigo apresentado ao programa de Graduação em Engenharia Hídrica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Prof. Francisco César Dalmo

Data de aprovação \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Prof. Francisco César Dalmo  
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

---

Prof. Rafael Alvarenga Almeida  
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

---

Prof. Luan Viana dos Santos  
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

**Teófilo Otoni**

**2019**

Aos meus pais,  
Elismar Pedrosa Dias  
Glécia Gonçalves Dias

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Elismar Pedrosa Dias e Glécia Gonçalves Dias, pela instrução, incentivos e orientações na caminhada da vida.

Ao professor Francisco César Dalmo, pela orientação, paciência e amizade.

Aos amigos sempre presentes, André, Dim, Pedrão, Dhay, Papaula e Guininha.

À toda a minha família.

## RESUMO

O desenvolvimento de uma região está ligado diretamente a seu acesso à energia. Desta forma, é importante buscar formas de caracterizar o potencial energético ainda disponível. A Bacia Hidrográfica do Mucuri não possui estudos extensivos sobre seu potencial hidrelétrico remanescente, com isto em vista, buscou-se a aplicação de uma metodologia baseada em ferramentas de Sistema de Informações Geográficas e dados hidrológicos, com o objetivo de caracterizar os principais cursos d'água da região em relação ao seu potencial remanescente. Desta forma, o potencial encontrado na região foi de 55 MW, caracterizando 44% de aumento na geração hidrelétrica regional.

**Palavras-chave:** Potencial remanescente, Energia hidrelétrica, Sistema de informações geográficas, Bacia hidrográfica do Mucuri.

## ABSTRACT

The development of a region is directly linked to its access to energy. Thus, it is important to find ways to characterize the energy potential still available in a defined region. There are no studies about the remaining hydroelectric potential in Mucuri River Basin, with that in mind, a Geographic Information System based method was used to estimate hydroelectric potential still available on the main river beds of the region. Thus, the potential found was of, approximately, 55 MWm that equates to a 44% increase of the regional hydroelectric power generation.

**Keywords:** Remaining hydroelectric potential, Hydroelectric energy, Geographic Information System, Mucuri River Basin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede hidrográfica sintética da BHMU .....	15
Figura 2 – Potencial Remanescente (acima de 1 MW) .....	18
Figura 3 – Áreas potenciais para a implantação de empreendimentos hidrelétricos.....	19

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estações fluviométricas .....	17
Tabela 2 – Pontos com potencial hidrelétrico remanescente da BHMU .....	20

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BHMU	Bacia Hidrográfica do rio Mucuri
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDE	Modelo Digital de Elevação
MLT	Vazão média de longo termo
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PHR	Potencial Hidrelétrico Remanescente
RHS	Rede Hidrográfica Sintética
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
UHE	Usina Hidrelétrica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
2.1	Estimativa do potencial hidrelético .....	13
2.2	Queda d'água .....	14
2.3	Regionalização da vazão.....	15
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>22</b>
	<b>APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ESTIMATIVA DO POTENCIAL</b> .....	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o desenvolvimento de um país está intimamente ligado ao seu potencial de produção energética (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016). Isto é causado pela necessidade de disponibilidade de energia para a produção e manutenção de novas tecnologias.

Desde a Revolução Industrial, as fontes de energia fóssil dominam a matriz energética mundial, e de acordo com World Energy Council (2016), essas representavam cerca de 62% da energia consumida em 2015. Diante deste cenário, percebe-se a necessidade da sua substituição por tecnologias mais eficientes e menos poluentes de forma que as fontes renováveis de energia apareçam como uma saída ao problema.

Dentre as fontes energéticas limpas, a hidráulica se consolidou como a principal, sendo responsável por 71% da geração elétrica renovável do mundo, mas apenas 14% da energia total (OZTURK et al, 2009; WORLD ENERGY COUNCIL, 2016). Esse aumento de interesse foi causado pelo fato de ser uma fonte que emite poucos gases de efeito estufa, além de sua implantação e energia gerada serem consideradas baratas, se comparadas a outras fontes (SERPOUSH et al 2017). Além disso, é uma fonte versátil, que contribui com energia de forma consistente para o sistema, e é capaz de aumentar a produção para suprir picos de demanda (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016).

Nessa perspectiva, é importante que estudos sejam realizados para determinar o potencial hidrelétrico nas mais diversas regiões, a fim de respaldar a implantação de novos empreendimentos. Existem valores divergentes quando se trata do potencial hidrelétrico remanescente no mundo, no levantamento publicado pelo (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016) mostra que o potencial inexplorado é de 10.000 TWh/ano. Por outro lado, Capik et al (2012) estimam em 14.060 TWh/ano o potencial tecnicamente viável e em 8.905 TWh/ano o economicamente viável.

No Brasil, a energia hidrelétrica equivale a 64,5% dos 150,14 GW instalados em 2016 de acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2017), consolidando-se como a principal fonte de energia elétrica do país. Entretanto, ainda há a capacidade de expansão da sua exploração, visto que o potencial utilizado desta fonte é de 48% do total nacional (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016). Dentre os estados com maiores potenciais hidrelétricos estão Pará, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso e Amazonas, que possuem cerca de 55% do potencial nacional (ELETROBRAS, 2017).

Minas Gerais é um dos estados mais importantes dentro da geração hidrelétrica do Brasil. De acordo com a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2015), sua potência instalada é de 17.522,41 MW, distribuída entre 260 centrais geradoras. Devido ao grande potencial disponível pela hidrografia da região, é importante que estudos sejam realizados para se levantar o potencial remanescente de geração hidrelétrica do estado.

Dentre as bacias do Estado, têm-se a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (BHMU), que está contida na sub-bacia 55 (Rios Mucuri e São Mateus). Nesta bacia existem poucas informações disponíveis sobre o potencial hidrelétrico remanescente da região. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2007), os empreendimentos localizados na Bacia do Rio Mucuri são: Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Cachoeira do Jacaré (16 MW); PCH Mucuri (25 MW); Unisa Hidrelétrica (UHE) Nanuque (40 MW) e UHE Santa Clara (60 MW) no Rio Mucuri, além da PCH Crisólita (800 kW) no Rio Pampã. Dentre os empreendimentos citados, apenas UHE Santa Clara e PCH Mucuri estão em operação, e o potencial remanescente da BHMU não está definido.

Deste modo, fazem-se necessários a utilização de métodos que busquem estimar o Potencial Hidrelétrico Remanescente (PHR) dentro da BHMU, destacando os pontos com quedas favoráveis para a instalação de novos empreendimentos. Dessa forma, buscamos através do presente trabalho, estimar o PRH da BHMU com a aplicação de técnicas baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e estudos de vazões.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Estimativa do potencial hidrelétrico

Para se realizar o cálculo da estimativa do potencial hidrelétrico em um trecho de um rio ou curso d'água, é necessário determinar dois parâmetros principais: um é a vazão do corpo hídrico (Q) e o outro a queda bruta (H) disponível no trecho. Pereira (2015) apresenta a relação desses parâmetros através da Equação 1:

$$P = \rho g \eta Q H \quad (1)$$

Onde:

- $\rho$  é a densidade da água ( $\text{kg m}^{-3}$ );
- $g$  é aceleração da gravidade ( $\text{m s}^{-2}$ );
- $\eta$  é o rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%);
- $Q$  é a vazão ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ );
- $H$  é a queda bruta (m).

Os valores de  $\rho$  ( $1.000 \text{ kg.m}^{-3}$ ) e  $g$  ( $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ) são conhecidos e, segundo Pereira (2015), podemos considerar o rendimento médio do conjunto turbina-gerador como sendo 88%, sendo assim podemos reescrever a Equação 1 da seguinte forma conforme a Equação 2:

$$P = 8,66 Q H \quad (2)$$

Logo, o potencial hidrelétrico fica em função somente da vazão e da queda a serem determinados no ponto.

## 2.2 Queda d'água

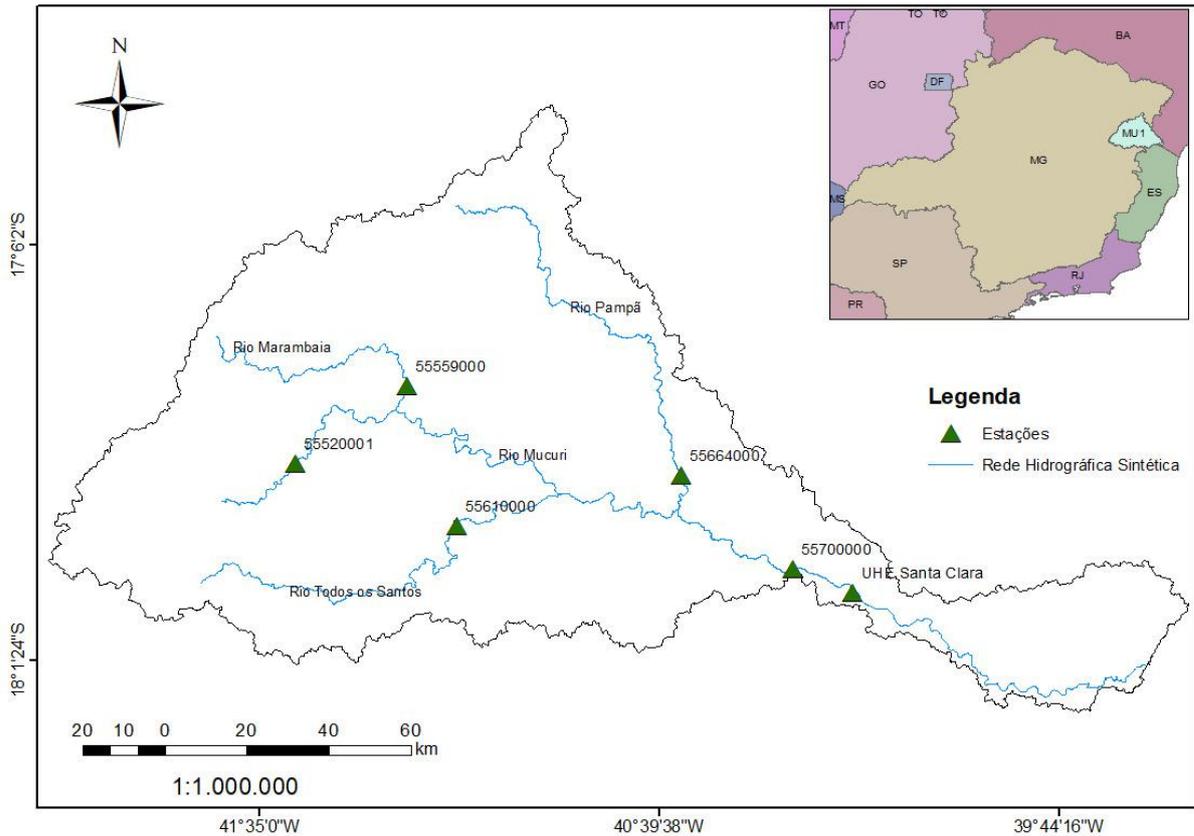
Para que o potencial hidrelétrico de uma região seja definido, há a necessidade de conhecer os locais com quedas d'água que são propícias para a instalação de aproveitamentos. A primeira etapa para a realização da estimativa de queda d'água em uma região utilizando ferramentas de geoprocessamento é, de acordo com Cyr et al (2011), a construção de uma Rede Hidrográfica Sintética (RHS) através do Modelo Digital de Elevação (MDE), ou seja, utiliza-se um mapa de caracterização de altitude da região para encontrar os caminhos preferenciais de vertentes, criando, assim, a rede hidrográfica de interesse.

Neste trabalho, o MDE utilizado foi baseado nas imagens de alta resolução ALOS PALSAR (ASF DAAC, 2015), com resolução espacial de 12,5 metros. Além disso, todo o processamento foi realizado com a versão 10.3 do software ArcMap (ESRI, 2011), e suas etapas estão descritas no APÊNDICE A.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é responsável por disponibilizar as redes hidrográficas das bacias do país. No entanto, a criação de uma RHS é útil para validar as imagens de satélite, assim como garante a equivalência, necessária ao trabalho, da Rede Hidrográfica e do MDE. Desta forma, a RHS tem como objetivo facilitar a realização de processamentos nos softwares de SIG.

A RHS deve conter cursos d'água idênticos aos encontrados pelos levantamentos realizados pelo IBGE, que define a Rede Hidrográfica brasileira. Os cursos d'água presentes no RHS que não estiverem na rede real devem ser eliminados, para garantir a veracidade das informações resultantes (CYR; LANDRY; GAGNON, 2011). Conforme a Figura 1, o Rio Mucuri conta com três tributários principais: Rio Marambaia e Pampã pela margem esquerda e Rio Todos os Santos pela margem direita.

**Figura 1 – Rede hidrográfica sintética da BHMU**



Ao relacionar a RHS e o MDE, é possível definir os trechos ou pontos na rede hidrográfica que possuem mudanças abruptas de cota, ou seja, locais em um curso d'água com possíveis quedas naturais e, assim, podem ser considerados como potenciais para a instalação de empreendimentos hidrelétricos.

Como padrão, esse trabalho utilizou as quedas encontradas em segmentos de 1km dos cursos d'água. Dessa forma, foram calculados os desníveis por quilômetro de rio, e estes valores foram, então, utilizados como entrada para o cálculo do PHR.

### 2.3 Regionalização da vazão

O segundo parâmetro a ser analisado foi a vazão média de longo termo (MLT) dos cursos d'água da região. A MLT foi obtida partir dos dados das estações fluviométricas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) através da ferramenta Hidroweb.

De acordo com Buba et al (2001), fluviometria é uma área de hidrometria, e tem como objetivo realizar a medição das vazões de um determinado curso d'água. Deste modo, estações fluviométricas são os pontos de coleta e análise dos dados de vazão para um rio, e

são as principais fontes de dados de vazão da região. Para que as vazões nos pontos de interesse sejam encontradas, é necessário estimá-las com base nos dados disponíveis, através de técnicas de regionalização.

Os métodos de regionalização de vazão surgiram para amenizar os problemas encontrados pelos técnicos na obtenção dos dados hidrológicos. Isto acontece, pois, mesmo com uma rede de postos fluviométricos bem desenvolvida, não há a cobertura total da região de interesse, sendo necessário estimar as vazões (TUCCI, 2012).

De acordo com Silva Júnior et al. (2002), os modelos de regionalização de vazão buscam dar origem a dados hidrológicos em regiões onde não existam medições reais, sendo desaconselhável sua utilização em pontos que possuem estações fluviométricas, pois as estimativas não podem substituir valores reais.

Os principais métodos utilizados para a estimativa de vazão em um dado ponto são: método tradicional, método da interpolação linear e método da interpolação linear modificado.

O método tradicional é definido pela ELETROBRÁS (1985a) e consiste na definição de áreas com características que as tornem homogêneas, e, então, estimar os parâmetros de interesse. No processo de definição de homogeneidade, as principais características a serem consideradas são a área de drenagem, comprimento do rio principal, densidade de drenagem e declividade.

O método de interpolação linear, segundo a ELETROBRÁS (1985b), estima os valores de vazão através dos dados coletados entre as estações fluviométricas mais próximas. Este método está representado pelas Equações 3 e 4. A Equação 3 deve ser usada quando o ponto em que se quer estimar a vazão está a montante ou jusante de um posto com vazão conhecida. De outra forma, a Equação 4 é utilizada quando o ponto de interesse está entre duas estações conhecidas.

$$Q_z = \left( \frac{Q_{m,j}}{A_{m,j}} \right) A_z * A_z \quad (3)$$

$$Q_z = Q_m + \left( \frac{A_z - A_m}{A_j - A_m} \right) (Q_j - Q_m) * (Q_j - Q_m) \quad (4)$$

Onde:

- $Q_z$ : vazão na seção de interesse ( $m^3 s^{-1}$ );

- $Q_{m,j}$ : vazão no posto de montante ou de jusante ( $m^3 s^{-1}$ );
- $Q_m$ : vazão no posto de montante ( $m^3 s^{-1}$ );
- $Q_j$ : vazão no posto de jusante ( $m^3 s^{-1}$ );
- $A_z$ : área de drenagem na seção de interesse ( $km^2$ );
- $A_{m,j}$ : área de drenagem no posto de montante ou de jusante ( $km^2$ );
- $A_m$ : área de drenagem no posto de montante ( $km^2$ );
- $A_j$ : área de drenagem no posto de jusante ( $km^2$ );

Ao fazer o levantamento das estações fluviométricas implantadas na BHMU, através do Hidroweb, constatou-se que apenas algumas possuem dados de vazão suficientes para serem analisados a partir do método da interpolação linear.

Assim, a Tabela 1 apresenta as estações utilizadas, com seus respectivos códigos, nomes, os rios nos quais estão instaladas, suas áreas de drenagem e as vazões MLTs correspondentes.

**Tabela 1 – Estações fluviométricas**

Código	Estação	Rio	Área de Drenagem ( $km^2$ )	Vazão MLT ( $m^3s^{-1}$ )
55590000	Pedro Versiani	Todos Os Santos	1.060	5,22
55610000	Francisco Sá	Todos Os Santos	1.850	12,21
55559000	PCH Mucuri Nordeste	Marambaia	2.145	10,71
55664000	UHE Santa Clara CGH Pampã	Pampã	2.778	11,92
55520001	Mucuri	Mucuri	2.080	17,47
55700000	Nanuque	Mucuri	14.200	98,15
-	UHE Santa Clara	Mucuri	14.484	98,95

A partir da Tabela 1, nota-se que as estações que apresentam maior vazão MLT estão localizadas no Rio Mucuri. No caso da Estação Mucuri, mesmo a sua área de drenagem sendo menor que as dos outros afluentes, esta apresenta uma vazão MTL maior que as outras estações.

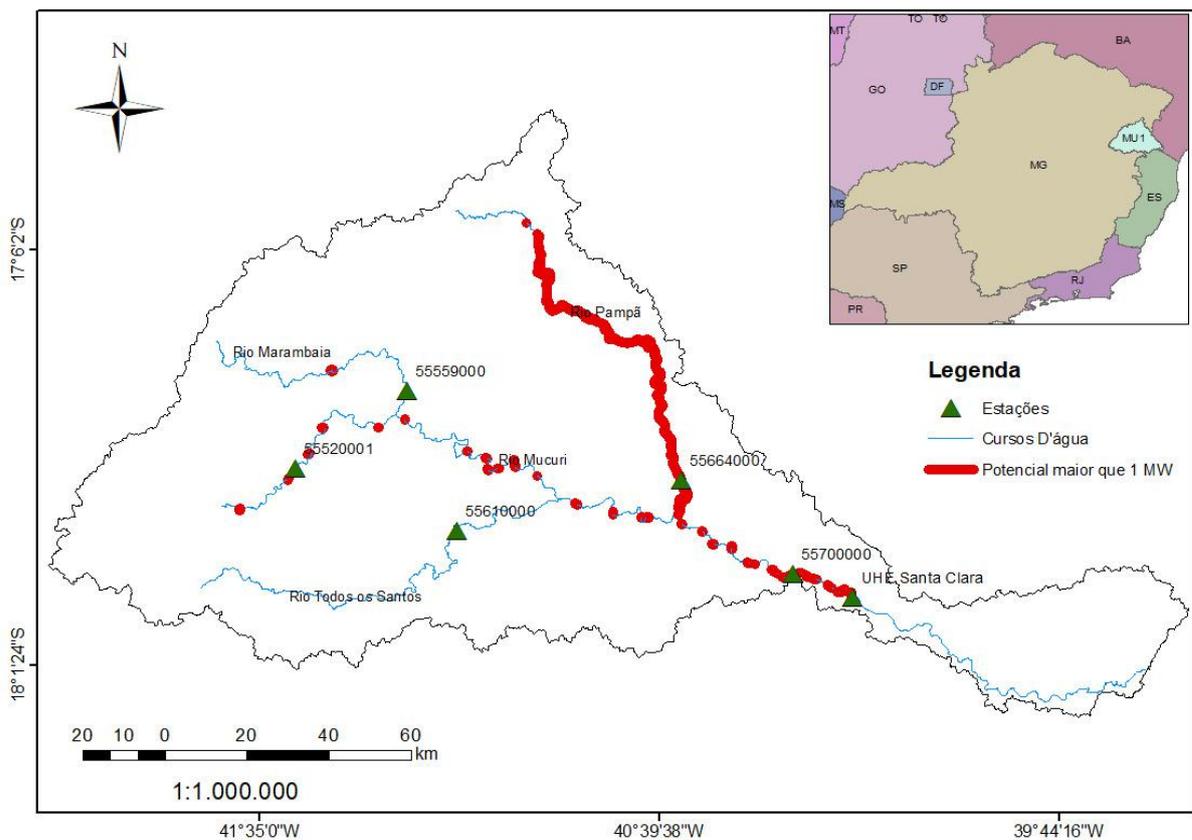
As vazões MLTs das estações (Tabela 1) foram aplicadas no método de interpolação linear, que de acordo com ALMEIDA (2010) pode ser utilizado em seções de rios de uma mesma bacia que possuam séries históricas de vazão, sendo um método utilizado também por AVILA et al. (2002) e FERREIRA et al. (2016). Sendo assim foi realizada a estimativa da vazão para cursos d'água a fim de determinar o potencial remanescente de cada trecho de interesse.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após aplicar os métodos descritos no capítulo anterior, foi possível realizar a estimativa do Potencial Hidrelétrico Remanescente da BHMU.

Como pode ser observado na Figura 2, existem diversos trechos com potencial gerador maior do que 1MW nos principais cursos d'água da BHMU, principalmente no curso principal do Rio Mucuri, e em grande parte do Rio Pampã.

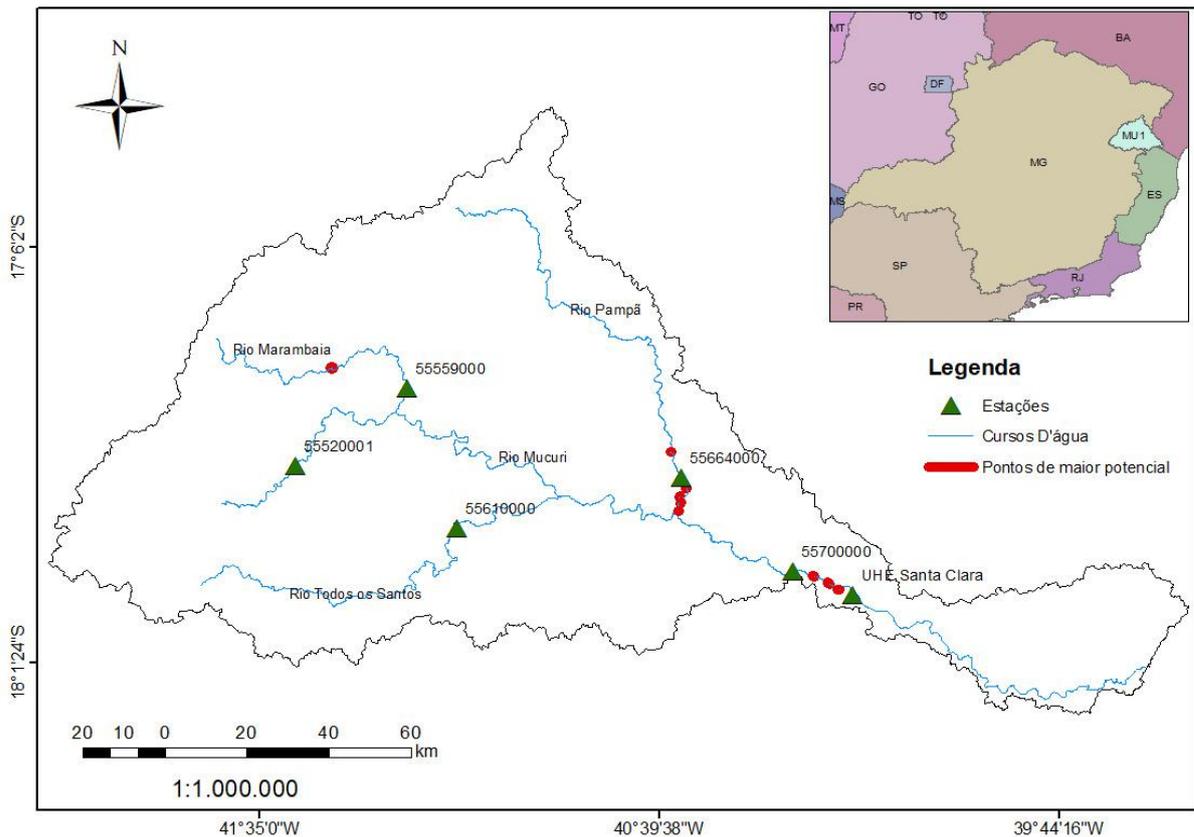
**Figura 2 – Potencial Remanescente (acima de 1 MW)**



Dentre os afluentes do rio principal, o Rio Todos os Santos não possui regiões com potencial significativo, e neste, o potencial máximo encontrado foi de aproximadamente 0,009 W, isso pode ser explicado pelo fato do rio não possuir “quedas” ou desníveis que possibilitem a geração de energia dentro do limite inferior estabelecido na metodologia, visto que a estação Francisco Sá, situada no Rio Todos os Santos, possui uma vazão MLT ( $12,21 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) superior à vazão apresentada pela estação PCH Mucuri Nordeste ( $10,71 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) situada no Rio Marambaia que possui um potencial maior.

Já a Figura 3, apresenta os trechos com características favoráveis à implantação de centrais geradoras. Estas regiões foram escolhidas por serem os pontos com maior potencial em seus respectivos cursos d'água, sendo para os rios Pampã e Mucuri os potenciais maiores que 5MW e o rio Marambaia com o único potencial existente.

**Figura 3 – Áreas potenciais para a implantação de empreendimentos hidrelétricos**



Observou-se a não existência de trechos com grandes potenciais de geração hidrelétrica, isso pode ser consequência da baixa vazão encontrada nos cursos d'água, que, por sua vez, pode ser explicada pela baixa pluviosidade da região, além do relevo que apresenta declividades moderadas.

Se comparado aos empreendimentos já inventariados na região, o PHR por segmento do curso d'água da BHMU é pequeno, mas, de modo geral, ainda possui potencial para geração de energia hidrelétrica, que poderia ser explorado através de pequenas, mini e micros centrais geradoras.

Com base nos estudos da ANEEL (2007), os principais empreendimentos na BHMU somam cerca de 125 MW de potencial inventariado, este dado é importante para que uma comparação seja feita com os pontos potenciais encontrados neste trabalho (Tabela 2).

**Tabela 2 – Pontos com potencial hidrelétrico remanescente da BHMU**

Curso d'água	Quantidade de pontos	Potencial Remanescente (kW)
Rio Marambaia	1	1.350
Rio Mucuri	4	23.774
Rio Pampã	6	30.263

Desta forma, o potencial remanescente do BHMU é de, aproximadamente, 55 MW distribuídos em 11 pontos potenciais. Se comparado aos 125 MW já inventariados, há a capacidade de crescimento de 44% na geração hidrelétrica de energia da região.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo permitiu identificar, de maneira geral, o potencial hidrelétrico remanescente na BHMU. Além disso, foi possível estimar pontos favoráveis à instalação de novos empreendimentos para geração de energia elétrica.

Ao se comparar a metodologia utilizada com os trabalhos referenciados, esta se mostrou favorável para uma análise preliminar, servindo como indicador para futuros estudos na BHMU. Dessa forma, estudos mais detalhados como topográficos, visitas em campo, geológicos e geotécnicos, campanhas de medição de vazão são necessários para constatar se as regiões de interesse levantadas são, de fato, locais com potencial para a instalação de novos empreendimentos hidrelétricos.

Em trabalhos futuros, novas observações poderão ser realizadas com base nos resultados apresentados, como por exemplo, a adição de áreas urbanas, áreas de proteção ambiental, áreas indígenas, entre outras, que permitirão uma análise de viabilidade mais restritiva dos pontos levantados em relação aos iniciais.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. **Regionalização de vazões médias de longo período e de volumes de reservatórios de regularização**. 2010. 209 f. Dissertação (Mestrado em Poluição do Ar, Recursos Hídricos, Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.
- ANA, Agência Nacional de Águas -. “**Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017**”. 2017.
- ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica** -. “Processo no 48500.003204/2007-72”. v. 1, n. Volume 1, 2007.
- ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica** -. “Resolução normativa nº 482”. 2012.
- AVILA, C. J. C. P.; JUNIOR, O. A. C.. GUIMARAES, R. F. et al. “**Uso de ferramentas de SIG para inventário preliminar de potenciais remanescentes.**” In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Proceedings online.
- BUBA, H.; SANTOS, I DOS; REGINA, J.V. “**Batimetria qualitativa com ADCP: levantamento do canal de adução da UHE Salto Santiago**”. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, 2001.
- ASF DAAC, **ALOS PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_high\_res**; Includes Material © JAXA/METI 2007. DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA, 2015. Disponível em: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>, 15 de Março de 2018.
- CAPIK, M.; OSMAN YILMAZ, A.; CAVUSOGLU, İ. “**Hydropower for sustainable energy development in Turkey: The small hydropower case of the Eastern Black Sea Region**”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 8, p. 6160–6172, 1 out. 2012.
- CYR, J. F.; LANDRY, M.; GAGNON, Y.. “**Methodology for the large-scale assessment of small hydroelectric potential: Application to the Province of New Brunswick (Canada)**”. Renewable Energy, v. 36, n. 11, p. 2940–2950, 1 nov. 2011.
- ELETROBRAS. “**Manual de minicentraís hidrelétricas**”. Rio de Janeiro: [s.n.], 1985a.
- ELETROBRAS. “**Metodologia para regionalização de vazões**”. Rio de Janeiro: [s.n.], 1985b. v. 1.
- ELETROBRAS. “**Potencial Hidrelétrico Brasileiro**” - Dezembro 2016. . [S.l: s.n.], 2017.
- ESRI. **ArcGIS Desktop: Release 10**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2011.
- FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente -. “**Estimativa do Potencial de Complementaridade Hidro Eólico Solar para a Matriz Elétrica de Minas Gerais**”. v. 2006, p. 1–10, 2015.

FERREIRA, J. H. R.; CAMACHO, J. R.; MALAGOLI, J. A. “**A Contribution to the Study of the Estimate Hydroelectric Potential for Small Hydropower Plant,**” in IEEE Latin America Transactions, vol. 14, no. 7, pp. 3215-3224, July 2016.

OZTURK, M.; BEZIR, N. C.; OZEK, N. “**Hydropower–water and renewable energy in Turkey: Sources and policy**”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 13, n. 3, p. 605–615, 1 abr. 2009.

PEREIRA, G. M. “**Projeto de Usinas Hidrelétricas. Passo a Passo**” 1a ed. [S.l.]: Oficina de Textos, 2015.

SERPOUSH, B.; KHANIAN, M.; SHAMSAI, A. “**Hydropower plant site spotting using geographic information system and a MATLAB based algorithm**”. Journal of Cleaner Production, v. 152, p. 7–16, 2017

SILVA JÚNIOR, O. B., BUENO, E. O., TUCCI, C. E. M., CASTRO, N. M. R. **Extrapolação espacial na regionalização da vazão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n. 1, 2002.

TUCCI, C.E.M, et al. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª Edição. 4ª reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2012.

WORLD ENERGY COUNCIL. “**World Energy Resources 2016**”. World Energy Resources 2016, p. 1–33, 2016.

## APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ESTIMATIVA DO POTENCIAL

