



**XXIII SNPTEE**  
**SEMINÁRIO NACIONAL**  
**DE PRODUÇÃO E**  
**TRANSMISSÃO DE**  
**ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GGH/35  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO - I**

**GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA- GGH**

**GERADOR HIDROCINÉTICO PARA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM COMUNIDADES ISOLADAS**

**Diodomiro Baldomero Luque Carcasi, Omar Chura Vilcanqui**  
**Universidade Federal do Acre - UFAC**

**RESUMO**

A energia elétrica é um fator primordial para a humanidade, ela constitui um dos pilares fundamentais do desenvolvimento social e econômico, e por meio dela procura-se alcançar a qualidade de vida desejável para o ser humano. No estado de Acre, entorno de 45 mil famílias não tem acesso à energia elétrica. Grande parte dessas famílias vive em comunidades isoladas e de difícil acesso. A busca por soluções de fornecimento da energia elétrica tem sido um desafio enorme. Este projeto contempla realizar o estudo e análise eletromagnético de um gerador hidrocinético que seja capaz de produzir potência elétrica utilizável em baixas velocidades de escoamento do rio.

Dados de medição indicam que nos rios do Acre a vazão é relativamente baixa comparada com os rios de outras regiões, principalmente em épocas de baixo caudal. Nesta pesquisa espera-se aprimorar modelos de microgeradores hidrocinéticos de energia elétrica que sejam capazes de produzir 2 kW de potência para uma velocidade de escoamento médio do rio de 0,7 m/s. Desse modo, é realizado um estudo sobre o tipo de gerador a ser utilizado e sua respectiva modelagem computacional. Assim, deve-se procurar uma solução de menor porte em termos de dimensionamento da máquina, dessa forma viabilizar a geração de energia elétrica com as melhores condições possíveis. A pesquisa proposta vai desenvolver uma tecnologia pouco explorada. A pesquisa tem interesses científico, tecnológico, podendo resultar em registro de patente. O objetivo deste trabalho é mostrar o comportamento do equipamento de geração de energia elétrica a partir da modelagem computacional do sistema e que esta seja capaz de operar nas condições acima indicadas. O desenvolvimento do sistema de geração de energia será acompanhado do desenvolvimento de um sistema eletrônico que possibilite o uso da energia elétrica nos padrões convencionais de fornecimento comercial. Deve-se destacar que experiências de implantação de microgeradores de rotação reduzida nos rios com baixo caudal não foram encontradas na literatura. Neste aspecto, este trabalho contribuirá com novas e relevantes informações sobre o potencial hidrocinético dos rios da região.

Assim, abrem-se novas possibilidades de pesquisa e desenvolvimento no âmbito dos microgeradores hidrocinéticos fato inédito na região e que visa a contribuir com a falta de energia em que vivem estas comunidades.

**PALAVRAS-CHAVE**

Microgeração, turbina hidrocinética, sistema de microgeração, modelagem computacional, controle de tensão.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O problema do aquecimento global e o esgotamento de combustíveis fósseis tende a ser mais e mais grave ano após ano. Entretanto, as energias renováveis, como a energia eólica, energia solar e energia hidráulica têm chamado a atenção devido à sua potencialidade e os custos cada vez mais acessíveis. Entre estas energias a energia hidráulica tornou-se muito utilizada devido a sua alta potencialidade energética e sem emissão de dióxido de carbono. Muitas destas usinas hidráulicas de grande porte foram construídas durante as últimas décadas, em

decorrência disso, problemas de tipo ambiental apareceram no caminho, apenas alguns locais foram considerados adequados e, portanto, poucos lugares podem ser encontrados para as novas instalações. Por este motivo, sistemas de grande porte começam a ter problemas de expansão, no entanto, sistemas de microgeração de energia aparecem como novas alternativas, dado que, existe uma boa margem energética para a implantação deste tipo de sistemas. Assim, microgeradores de energia em pequena escala podem ser construídas e colocadas em uso em um futuro próximo com maior frequência, visando uma maior utilização de energia hidráulica, especialmente em áreas remotas onde o sistema de rede elétrica convencional não chega.

O Brasil devido à sua rede de enormes bacias hidrográficas apresenta um grande potencial hidrelétrico avaliado em 260GW. A partir desta situação só 66 GW, (77%) da matriz energética é destinada para geração de energia elétrica. A maior parte desse potencial está localizada na Amazônia, onde há grandes distâncias entre as comunidades, e devido ao fato de que a região é hostil, uma vez que, é a maior floresta tropical com alta densidade. Muitas destas comunidades estão localizadas nas margens dos grandes rios. Por isso, é relevante destacar a importância do desenvolvimento de equipamentos adequados que permitam o uso de sistemas de microgeração.

O uso da energia cinética disponíveis nos rios continua sendo considerado como uma das primeiras formas que os homens utilizaram para transformar a energia, não só para a navegação, mas também, para outras atividades. Hoje em dia ainda é comum encontrar bombas de água construídas a base de hastes de água.

Os microgeradores são considerados como uma alternativa ou uma forma não-convencional de gerar energia elétrica. Este sistema possui uma vantagem frente aos impactos ambientais, pois não é necessário nenhum tipo de represamento seja na forma de lago artificial ou a utilização de barragens, e, por conseguinte, não precisa interferir com o curso natural dos rios.

Mesmo que seja reconhecida a importância deste tipo de utilização de energia hidrelétrica, em geral estes equipamentos são derivados de turbinas eólicas, dado que o seu funcionamento é similar.

Até agora, ainda existem poucos estudos que tratam da geração de energia hidrocínética no nível de microgeração. Dado a seu enorme potencial de expansão e pouco impacto ambiental considera-se que as tecnologias de microgeração de energia hidráulica são extremamente necessárias e precisa ser estudada e desenvolvida. Para o efeito, neste trabalho, como um das soluções técnicas para a utilização da força hidráulica, uma abordagem básica deste tipo de sistema de geração de energia é feita e junto a ela é proposta uma estrutura básica de um sistema de controle que permita tratar a energia produzida pelo microgerador. O modelo proposto consiste num sistema de regulação, um microgerador hidrelétrico, um circuito de retificação CC com armazenamento de energia em baterias e algumas cargas. O sistema de microgeração de energia elétrica conectada em rede e a energia num sistema isolado são estudados através da realização de simulação computacional através do uso de um pacote computacional chamado de Simplorer/Ansoft. A flutuação de tensão e potência causada por frequentes mudanças de carga e variação do fluxo de água, o que é provável que aconteça, especialmente para a pequena rede de energia na área remota, é mitigado pelo dispositivo de armazenamento de energia devidamente controlado ou regulado pelo sistema. As propriedades de funcionamento de todo o sistema, tais como o ajustamento das condutas de fluxo de água dos sistemas de regulação e o efeito de compensação da tensão pelo sistema de armazenamento de energia são examinados neste trabalho.

As turbinas hidrocínéticas podem ser categorizadas em dois grupos principais, a saber, a turbina de fluxo axial e a turbina de fluxo cruzado. A turbina do tipo propulsor é um exemplo de uma turbina de fluxo axial. As turbinas de roda de pás pertencem à categoria de fluxo cruzado. Alta eficiência, fácil partida, a falta de flutuação de torque e operação em baixa velocidade, tudo é possível com a turbina de fluxo axial, tornando-se uma turbina amplamente aceita na indústria de energia eólica. As vantagens de turbinas de fluxo axial, também podem ser aplicadas as turbinas hidrocínéticas previstos para a produção de energia elétrica a partir de correntes de água. No entanto, questões como flutuações da velocidade, nível de velocidade, presença frequente de flutuação, restos submersos, possível força destrutiva / arrasto de turbinas durante enchentes, o fluxo natural de muitos rios, e à corrosão e incrustação biológica precisam ser tratadas adequadamente. Portanto rotores de turbinas hidrocínéticas são normalmente feitos a partir de material forte resistência e assim evitar sua corrosão.

Avaliações abrangentes sobre turbinas atuais de água, incluindo estudos fundamentais detalhadas e classificação turbina pode ser encontrado em Khan et al.

## 2.0 - ESTRUTURA DO SISTEMA DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com a Resolução Normativa nº 482/2012, os microgeradores são aqueles com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW) e as fontes de geração precisam ser renováveis ou com elevada eficiência energética, isto é, com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada. Segundo essa definição, a potência da turbina hidrocínética é calculada pela expressão:

$$P = 9,8 * Q * H * \eta \quad (1)$$

Onde,  $9,8$  é a aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ),  $Q$  é o fluxo de água ( $m^3/s$ ),  $H$  é a divisão eficaz do fluxo de água ( $m$ ), e  $\eta$  é a eficiência total da turbina hidrocínética.

## 2.1 Modelo do sistema

Um sistema de microgeração de energia hidrocínética é proposto na figura 1. Basicamente, o sistema consiste de uma pequena fonte de água (pode ser um rio, um riacho ou um pequeno rio de baixo caudal), um pequeno sistema de regulação, acoplado a um microgerador hidrelétrico, um circuito retificador CC, um sistema conversor CC-CC, um sistema inversor CA e a carga. Na figura 1, SG é um microgerador síncrono, a carga é utilizado em casas residenciais fornecidos através de um sistema de compõe um retificador e um inversor, e um sistema de armazenamento de energia da bateria que está ligado a tensão CC via conversor CC-CC para o controle de estabilidade de tensão.

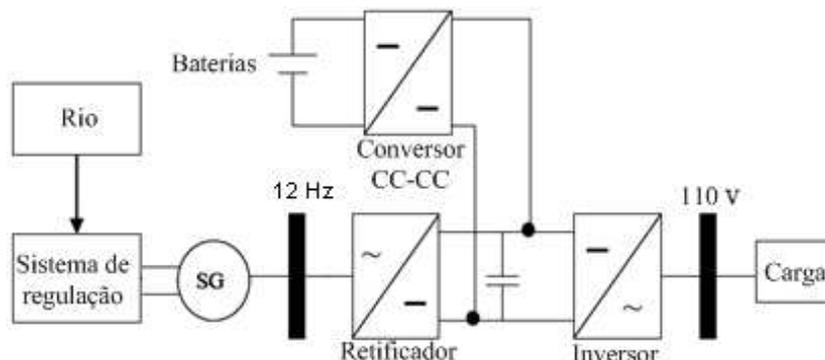


FIGURA 1 – Sistema em operação isolada

Neste trabalho, tanto o projeto da máquina e a modelagem do gerador são estudados. Quando o sistema opera de modo isolado, como mostra a figura 1, toda a potência transferida à carga é fornecida pela energia hidráulica. Por outro lado, figura 2, quando o sistema é ligado à rede de alimentação, o equilíbrio de energia não é um problema. No entanto, para pequenos sistemas isolados a energia hidráulica gerada precisa ser enviada para a carga e sem impacto notável sobre o sistema de distribuição existente, que pode ser relativamente fraco na área remota, sendo assim, ela tem que ser tratada e resolvida.

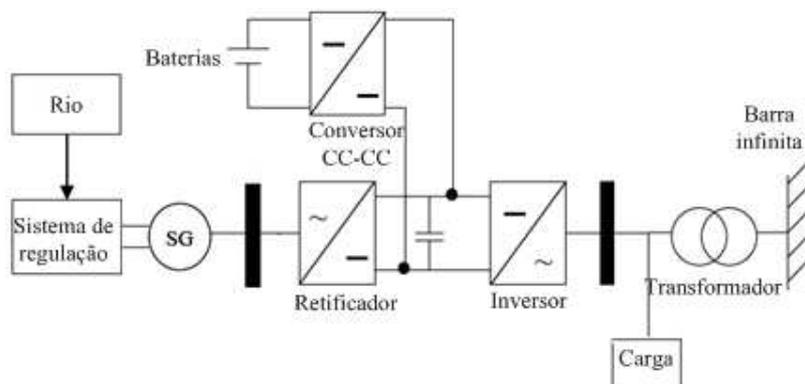


FIGURA 2 – Sistema conectado à rede.

Uma vez que o fluxo de água a partir da fonte de água varia constantemente e faz com que a variação na potência de geração seja alterada, o controle do fluxo da água é necessário de modo a obter uma saída de geração constante, para este propósito, um sistema de regulação é utilizado para ajustar a quantidade de água que fluirá para o gerador e manter o fluxo de água o mais constante possível. Por outro lado, quando a mudança de carga acontece ou quando a geração de energia varia repentinamente, uma flutuação na alimentação de tensão pode acontecer, e, assim, um sistema de baterias pode ser utilizado para compensar a tensão e absorver essas variações.

## 2.2 Gerador de turbina hidrocínética

Atualmente, existem no mercado três tipos de geradores: síncrona, indução e gerador de ímã permanente. Elas são amplamente utilizadas para as gerações de energia hidráulica em pequena escala. Entre eles, gerador síncrono é geralmente adotado, principalmente quando se trata de interligar a rede de energia elétrica ou quando o funcionamento é isolado, e, portanto, este tipo de gerador é adotado para o estudo e análise computacional. Os parâmetros do microgerador de turbina hidráulica modelado são mostrados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Características nominais do gerador síncrono

<b>Potência nominal</b>	<b>2 kVA</b>
Tensão nominal	220 V
Corrente nominal de estator	3 A
Fator de potência	0,9
Velocidade	360 rpm

Tabla 2 – Especificações técnicas do gerador síncrono de polos salientes

	<b>Estator</b>	<b>Rotor</b>	<b>Unidades</b>
Entreferro	2,5		[mm]
Frequência	12		[Hz]
Número de polos	4		
Número de fases	3		
Número de ranhuras	48		
Diâmetro Externo	500	336	[mm]
Diâmetro Interno	341	110	[mm]
Comprimento	230	230	[mm]
Materiais	S-18	S-18	
Eixo		S-45	
Barras por polo (Damper)		4	

### 2.3 Sistema de Regulação

O sistema de regulação foi projetado com a finalidade de manter o escoamento da água de modo mais regular possível, este sistema irá entregar uma energia regulada para o microgerador de turbina hidrocíntrica, e, assim funcionar adequadamente. A relação entre o volume e a altura da superfície da água pode ser expressa a partir de:

$$C \frac{h(t)}{dt} = q_i(t) - q_o(t) \quad (2)$$

Onde,  $h(t)$  é o incremento nominal da altura da superfície da água (m),  $q_i(t)$  e  $q_o(t)$  são a entrada e saída de água ( $m^3/h$ ) respectivamente, e  $C$  é a seção transversal de regulação ( $m^2$ ).

### 2.4 Circuito de transferência de energia

O sistema de transferência de energia consiste em um circuito retificador (Diodo), um circuito inversor (IGBT) com um sistema de armazenamento de energia baseado em baterias. As baterias do dispositivo de armazenamento de energia estão ligadas a um circuito CC, através do conversor CC-CC com um sistema de controle de tensão CC, como mostra a figura 2. A bateria usa um modelo padrão no pacote de software Simplerer/Maxwell, e os parâmetros de projeto geométrico do microgerador são mostrados na tabela 2.

## 1.0 - SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Técnicas de elementos finitos são utilizadas para realizar a modelagem computacional do microgerador. A modelagem é realizada utilizando a ferramenta computacional Maxwell/Ansoft.

### 1.1 Considerações preliminares

Para realizar o estudo e análise da máquina usando técnicas de elementos finitos requererem-se alguns critérios de dimensionamento e técnicas de projeto. Antes de fazer uma análise utilizando o MEF, estuda-se analiticamente o comportamento do microgerador síncrono, tal estudo contempla diversas hipóteses simplificativas que permitem avaliar aproximativamente as grandezas eletromagnéticas envolvidas. Dessa forma, através de uma análise sucessiva mediante o uso dos elementos finitos são evidenciados eventuais erros. Além disso, diversos resultados analíticos e numéricos podem ser confrontados para avaliar a incidência da simplificação adotada tanto no estudo analítico assim como no modelo MEF. A avaliação analítica deve considerar a permeabilidade do material, a configuração dos dentes do estator, o dimensionamento dos polos do rotor entre outros, cuidando dessa forma, a dispersão magnética e tomando em conta que as linhas de campo magnético sejam normais ao eixo da superfície.

No trabalho, faremos referência dessas relações analíticas que tem que ver com a análise e estudo do microgerador síncrono. Na figura 3 mostra-se uma estrutura simplificada do processo de modelagem baseado em elementos finitos.

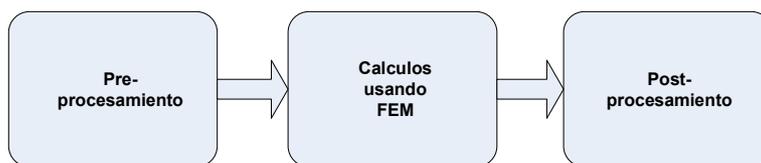


FIGURA 3 – Estrutura simplificada

O processo de simulação através do método dos elementos finitos (MEF) realiza-se normalmente em três etapas:

1. Pré-processamento:
  - Representação das dimensões físicas do modelo
  - Seleção dos materiais que compõem
  - Configuração da corrente de excitação e tipo de enrolamento do estator
2. Geração da solução de malhas
  - Geração da quantidade adequada de malhas
  - Condições de fronteira (Dirichlet y Neumann)
3. Pós-Processamento
  - Análise de resultados
  - Determinação de parâmetros
  - Circuito equivalente

A etapa de pré-processamento consiste em preparar os dados para o cálculo através do método dos elementos finitos. Uma lista de comandos é gerada com a finalidade de representar adequadamente o modelo em estudo. Isto se realiza baseado num conhecimento detalhado dos dados geométricos e as propriedades físicas dos circuitos elétricos e magnéticos da máquina síncrona. A seguir, na figura 4 mostra-se um esquema que representa os passos necessários na etapa de pré-processamento.

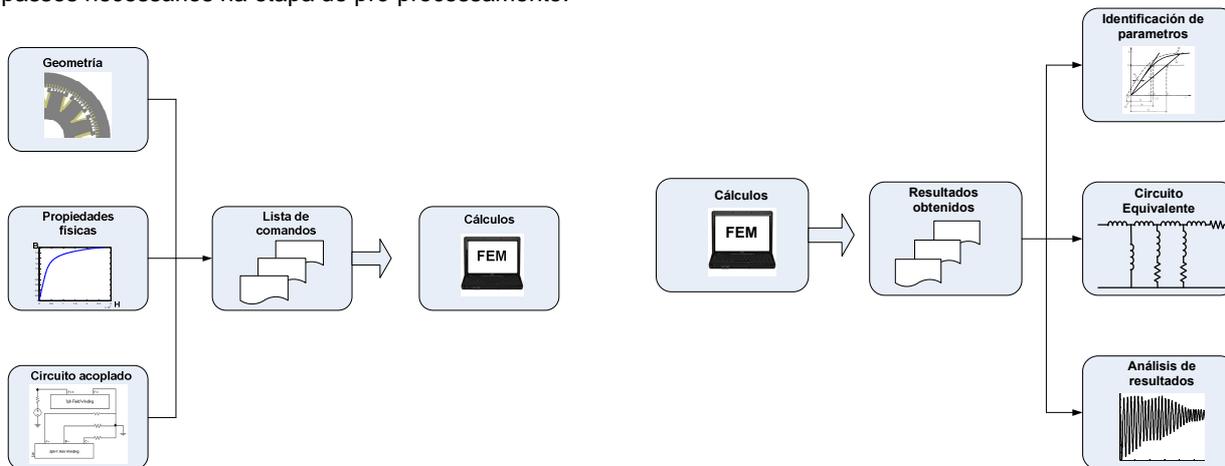


FIGURA 4 – Etapa de pré-processamento

FIGURA 5 – Etapa de pós-processamento

Para a segunda etapa existe a possibilidade de usar diversos recursos computacionais, em nosso caso, os cálculos são realizados usando FEMM.

A etapa de pós-processamento sistematiza os resultados obtidos no MEF como mostra a figura 5. Estes resultados servem para construir o circuito equivalente da máquina e também para outros propósitos de análise. Através da análise da corrente de campo para as condiciones nominais de tensão e correntes de estator podem-se obter todos os parâmetros do circuito equivalente. Dependendo das características construtivas do rotor, podem-se determinar as grandezas envolvidas e determinar o circuito equivalente baseando-se num determinado modelo que envolva constantes de tempo.

Em principio, quanto mais constantes de tempo, maior aproximação aos resultados obtidos mediante os ensaios. Para um gerador com rotor de polos salientes duas constantes de tempo são suficientes. É possível definir um modelo com mais de dois constantes de tempo, mas, os cálculos tornam-se cada vez mais complexos.

## 1.2 Modelagem usando MEF

Para realizar um adequado modelo baseado no método dos elementos finitos em relação aos nodos e tamanho de elementos triangulares devemos tomar especial atenção à geração de malhas, dado que, se excedemos em colocar elementos nos espaços menos significativos aumentamos o tempo de processamento e em alguns casos isto não é conveniente, principalmente em máquinas de grande porte, por tanto, se deve ter em conta um critério de compensação entre os parâmetros a fim de amenizar as deficiências em ambas as partes. Inicialmente realiza-se um malhado grotesco o qual mostra uma idéia geral sobre a quantidade de elementos utilizados para depois incrementar, até obter um modelo que se adéqüe aos requerimentos de nossa análise. Por outro lado, algumas ferramentas computacionais oferecem a opção de malhagem automático, isto não é garantia de que o modelo será malhado adequadamente, já que dependendo do tipo de estudo que irá ser realizado a região de interesse pode ser diferente. Por outro lado, ferramentas com estas características são úteis porque proporcionam um suporte inicial aos usuários que não estão familiarizados com este tipo de trabalho.

A característica geométrica da máquina desde o ponto de vista tridimensional requer modelos MEF em 3D. Hoje em dia é possível realizar estudos desta natureza, mas, continuam sendo restritivos principalmente em aplicações onde os cálculos são repetitivos. Esta é uma das razões pelas quais se opta em trabalhar com modelos em duas dimensões (2D).

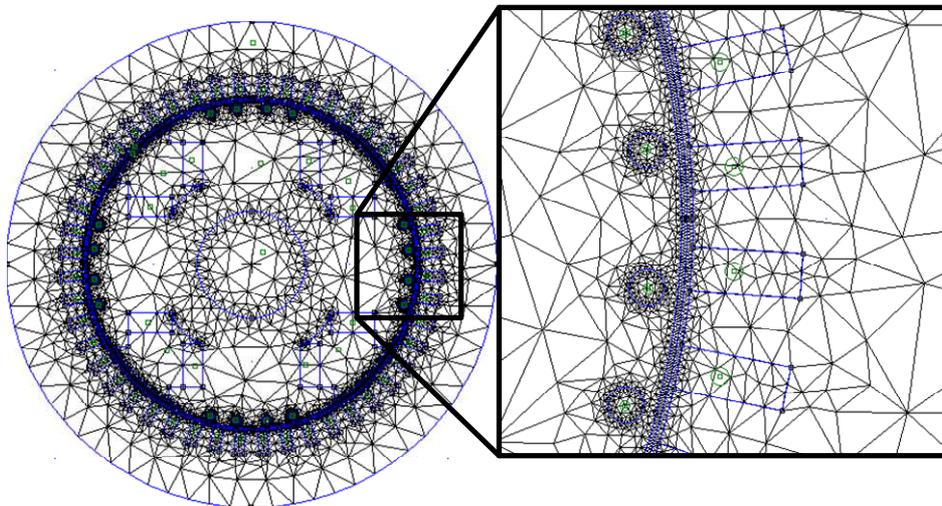


FIGURA 6 – Otimização da malha

A figura 6 mostra um exemplo de malhas otimizadas, podemos observar na parte direita da figura o detalhe das malhas. Observa-se que nas regiões onde se tem interesse de estudo, coloca-se um número maior de malhas, elas correspondem principalmente ao espaço do entreferro e nas ranhuras do estator, onde são ligeiramente maiores, já que representam os espaços de maior interesse de estudo e análise desde o ponto de vista eletromagnético. Além disso, um malhado em maior intensidade nesta região indicará com maior detalhe o grau de dispersão do fluxo magnético que pode existir devido ao elevado número de elementos impostos.

Um problema ser resolvido nos modelos 2D é representar as regiões conhecidas como cabeças de bobina em inglês "end-winding" tanto para o rotor quanto para o estator, isto pode ser resolvido fazendo uma série de modelos particulares, com a finalidade de obter um valor aproximado das dispersões que existem nestas regiões. Este mesmo procedimento pode-se realizar para as barras de amortecimento dos polos salientes.

## 1.3 Metodologia de análise eletromagnética

O estudo do microgerador síncrono mediante o uso do método de elementos finitos a fim de simplificar a capacidade de processamento computacional, supõe realizar a análise numa determinada região. Esta região pertence à seção frontal da máquina, que irá repetir o comportamento para toda a região do microgerador. Em outras palavras, assume-se uma simetria no plano (x, y), conseqüentemente o vetor potencial  $\mathbf{A} = (0, 0, A_z)$  e a densidade de corrente  $\mathbf{J} = (0, 0, J_z)$ , terão somente componentes no eixo z, enquanto, no vetor de indução  $\mathbf{H} = (H_x, H_y, 0)$ , e o campo magnético  $\mathbf{B} = (B_x, B_y, 0)$ , teremos componentes sobre o plano (x, y).

## 2.0 - CONCLUSÕES

Os microgeradores hidrocinéticos são adequados para a produção descentralizada, uma vez que são apropriados para as pequenas comunidades ribeirinhas de difícil acesso, e também para as comunidades isoladas onde estes sistemas podem apresentar uma concepção robusta, facilidade de instalação e manutenção. As limitações para este tipo de equipamentos são o baixo potencial de produção de energia, já que dificilmente irá superar 10 kW, portanto, obriga a projetar microgeradores de menor capacidade de produção de energia. No entanto, a sua utilização apresenta vantagens em relação ao meio ambiente, uma vez que não exige o armazenamento de água. Em relação ao uso de barragens, a atratividade do sistema é devido ao fato de que não implica em impactos ambientais em termos de operação, facilidade de implantação em relação a uma usina convencional. Sua construção é modular e simplificado, sem uso de paredes, açudes artificiais, plano de desvio de fluxo de água e com menor trabalho desde o ponto de vista da engenharia. Um sistema flutuante, ou uma série de microplantas são especialmente recomendados em lugares de difícil acesso onde o fluxo de água é lento. É igualmente promissora a implantação de um sistema de microgeração em córregos regularizadas com pequenas diferenças de nível hídrico.

As pequenas turbinas hidrocinéticas podem ser usadas para gerar uma quantidade prática de energia elétrica a partir da água em movimento lento, mas as implantações iniciais mostraram que os detritos foi um grande problema operação. Isso limita potencialmente a sua aplicação, onde grandes quantidades de detritos flutuam constantemente nos rios. Uma sugestão e motivo de novos estudos é a possibilidade de que a turbina seja capaz de lançar os detritos. Contudo, turbinas axiais são menos propensos a ficar obstruídos do que as turbinas de fluxo cruzado. As turbinas podem então ser montadas em espaços flutuantes de baixo custo construídos usando cilindros de óleo usado, por exemplo, troncos flutuantes ou na parte de trás de um barco longo. Em rios menores, as turbinas podem ser suspensas a partir do banco usando um braço pivot. Turbinas também podem ser suspensas a partir de pontes usando uma vara comprida. No entanto, o uso de turbinas de fluxo axial requer um rio relativamente profundo, especialmente quando a velocidade de fluxo é baixa.

Neste trabalho, um modelo de microgeração de energia hidrocinética para áreas remotas é proposto. Através da realização de simulações computacionais utilizando o modelo proposto, as propriedades de funcionamento de todo o sistema, tais como o fluxo de água ajustando o comportamento de regulação e o efeito de compensação da tensão pelo sistema de armazenamento de energia tem sido verificado. As conclusões deste estudo podem ser assim resumidas:

- Quando a quantidade de água que flui a partir do rio variando inconstantemente, devidamente projetado o sistema de regulação pode ser uma boa maneira de ajustar a vazão de água para ser extremamente constante e, conseqüentemente, para a geração de energia estável.

- No caso de operação isolada, se não houver armazenamento de energia, o desequilíbrio pode ser causado pela variação frequente da carga e ela pode se tornar num problema significativo. Um sistema de baterias é eficiente para compensação da tensão para esta condição operacional.

- No caso de operação interligada rede de energia, confirma-se que o próprio sistema pode manter a estabilidade do sistema absorvendo a variação da geração de energia e, por conseguinte, atenuando o impacto sobre o sistema de alimentação devido ao efeito de compensação de tensão. Como o desafio futuro, melhores sistemas de controle que visem à melhoria da tensão e da estabilidade de frequência devem ser estudados.

## 3.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) N. BIANCHI, S. BOLOGNANI. "Metodologie di Progettazione delle Macchine Elettriche" CLEUP, 2000.
- (2) GENAC, MAGNEFORCE. Versión Trial. <http://www.magneforcess.com/genac.htm>
- (3) FEMM, Versión 3.3 Free-software. <http://femm.foster-miller.net/wiki/HomePage>
- (4) I.M. CANAY. "Determination of model parameters of synchronous machines". IEEE Proc. Vol. 130, N<sup>o</sup>2, 1983.
- (5) Nicola Bianchi, "Electrical Machine Analysis Using Finite Elements" Edition: 2005 CRC Press.
- (6) J. K. SYKULSKI, C. E. KIM. "Harmonic Analysis of Output Voltage in Synchronous Generator Using Finite-Element Method Taking Account of the Movement". IEEE transactions on magnetics, vol. 38, no. 2, march 2002.
- (7) K. WEEBER. "Determination of Dynamic Parameters of Large Hydro-Generators by Finite-Element Simulation of Three-phase Sudden Short-circuit Tests". GE Hydro, Generator Engineering, Peterborough, Canadá.
- (8) IEEE: STD 1158-1995. "IEEE Guide: Test Procedures for Synchronous Machines".
- (9) CEI EN 60034-4. "Rotating electrical machines Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests".
- (10) DUARTE, A.F. "As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio acre: caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais"
- (11) BRASIL JUNIOR, A.C.P.; SALOMON, L.B.R. "A new conception of hydrokinetic turbine for isolated communities in Amazon" IV Congreso Nacional de Engenharia Mecânica. CONEM 2006. Recife.

#### 4.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Diodomiro Baldomero Luque Carcasi nasceu em Puno, Perú. Formado em Engenharia Eletrônica na "Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú". Em 2004 e em 2011 obteve o grau de mestre e doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, respectivamente. Tem participado no programa doutorado sanduíche na "Università degli Studi di Padova - UNIP" na Itália. Atualmente é professor adjunto na Universidade Federal do Acre - UFAC. Tem experiência em projetos de máquinas elétricas para aplicações em energias renováveis e em veículos elétricos.