

# ESTUDO DE TÉCNICA PASSIVA DE ANTI-ILHAMENTO APLICADA AO GERADOR À RELUTÂNCIA VARIÁVEL

**Henrique Borges Fernandes<sup>1</sup> (EG), Marcos Antônio Arantes de Freitas<sup>1</sup> (PQ).**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara.

## 3.04.00.00-7 Engenharia Elétrica

### Resumo

Nesse trabalho tem-se o objetivo de entender as características básicas de uma Máquina a Relutância Variável - MRV aplicada na geração de energia elétrica distribuída - GD, assim como o estudo de uma das técnicas passivas de Anti-ilhamento. Sob a justificativa que a aplicação dessa técnica garante a segurança do sistema na qual está conectado a GD em casos onde a rede seja desligada, assim, cessando o fornecimento de corrente e desligando a geração. Para o entendimento de tal, foram usadas referências de artigos e trabalhos de pesquisa da área, nos quais a aplicação é explicada através de diagramas.

**Palavras-chave:** Máquina a relutância variável; Anti-ilhamento; Técnicas passivas; MRV, GD.

## Introdução

A literatura tem apresentado muitos trabalhos mostrando a aplicação das máquinas à relutância variável na motorização de automóveis, mas, ultimamente, tem-se visto muitos trabalhos com propostas de aplicá-las para geração de energia elétrica (Augusto, 2009, Augusto, 2018). Uma dessas aplicações é na geração distribuída (GD).

GD é a utilização de microgeradores descentralizados, permitindo a geração de energia próximo ao ponto onde será consumida, com isso, reduz as perdas com distribuição e transmissão melhorando a eficiência energética (Filho, 2011).

Uma grande vantagem dos geradores a relutância variável é que eles não necessitam de um regime de funcionamento constante, tendo uma grande eficiência, por exemplo, na geração eólica, pois o vento tem regime instável, variando constantemente. Porém, na geração distribuída, é necessário um sistema de controle que irá garantir o sincronismo e a segurança da rede. Em situações onde ela é desligada, a geração distribuída também precisa ser sessada para que não continue injetando corrente (Freitas, 2016).

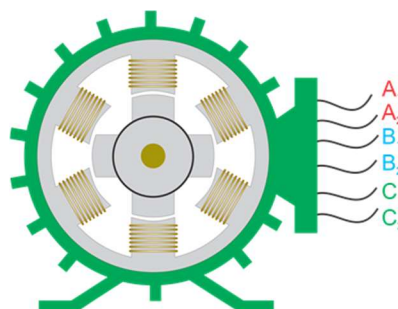
Como primeiro passo para esse trabalho, tem-se o objetivo de entender as principais características de uma MRV e como é feita sua aplicação para a geração de energia elétrica, assim como entender como é feito o sistema de Anti-ilhamento a partir de técnicas passivas.

## Material e Métodos

Com relação às características construtivas, são máquinas de construção simples e de baixo custo, que possuem enrolamentos apenas no estator, além de polos salientes, com os pares de bobina montados diretamente opostos, ausência de ímãs permanentes e de escovas. Essas características o tornam robusto e confiável além de possuir um baixo momento de inércia (Filho, 2014, (Dias, 2011).

A quantidade de polos pode variar dependendo da configuração, por exemplo, 6x4, 8x6, 12x8 e outros, conforme demonstrado na figura 01. Existem estudos que comparam a eficiência dessa variação da quantidade de polos da MRV, analisando, por exemplo, o ruído, a vibração e o conjugado mecânico produzido (Dias, 2011).

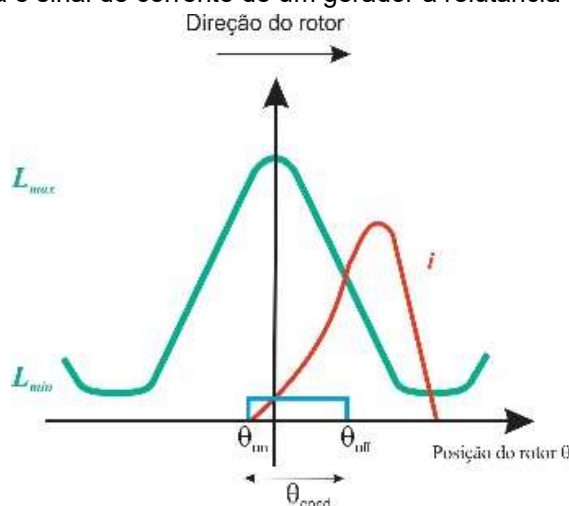
**Figura 1** – Máquina a relutância variável 6x4.



Fonte: Freitas, 2016

Para a aplicação como gerador de energia elétrica, a excitação das fases é feita na região de decrescimento da indutância, assim ela estará gerando corrente elétrica, como pode ser visto na figura 02. Pelo contrário, como motor, a excitação é feita na região de crescimento da indutância de cada fase.

**Figura 2** – Perfil de indutância e sinal de corrente de um gerador à relutância variável.



Fonte: Freitas, 2016

A modelagem matemática de uma MRV é bem complexa, pois suas características como, por exemplo, a indutância, varia constantemente com a posição do rotor e com a corrente que está circulando na bobina. Com isso, a modelagem tem que prever todos os fatores que podem influenciar nas grandezas elétricas e físicas da máquina.

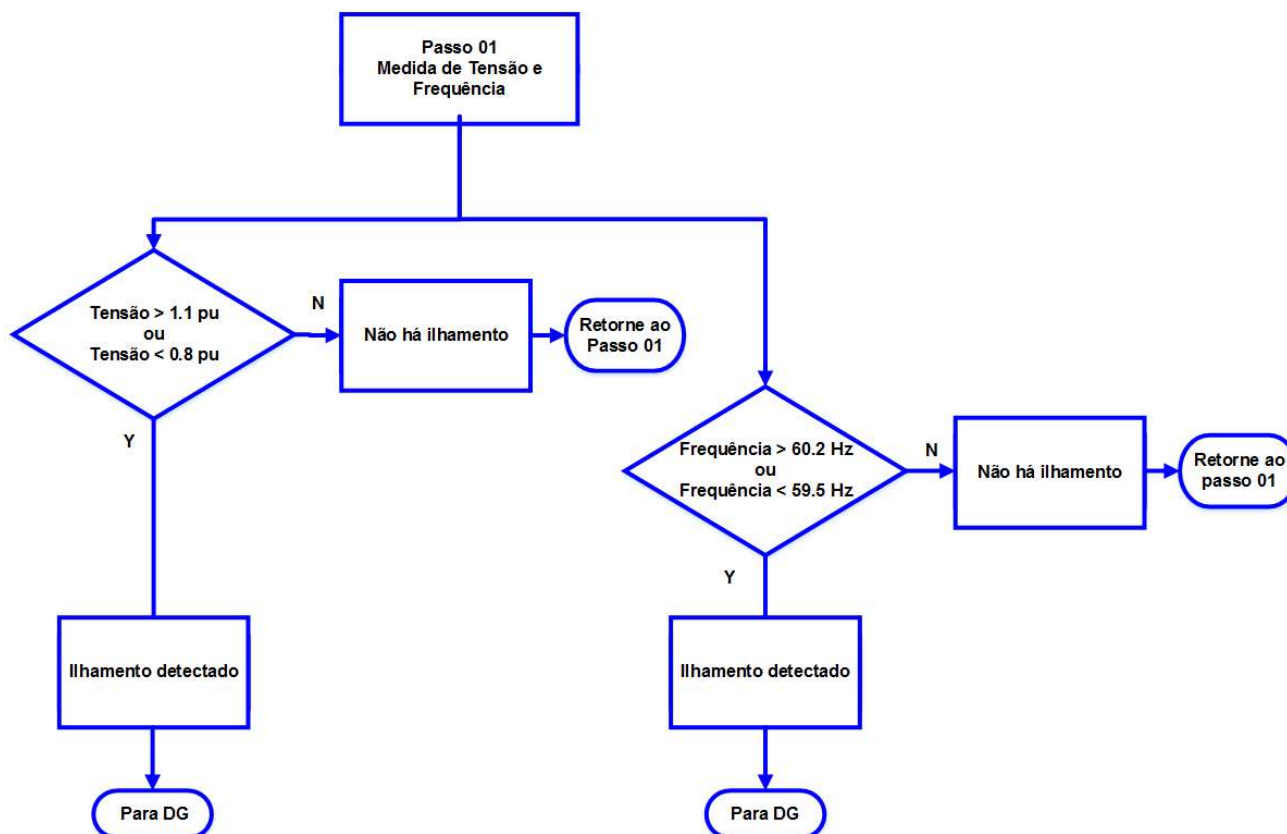
Se tratando do Anti-ilhamento, são utilizadas técnicas passivas, ativas ou remotas que tem o objetivo de garantir a segurança e integridade da rede ao qual, a GD está conectada, realizando assim, o controle da geração e possibilitando o desligamento da mesma, cessando, imediatamente, o fornecimento de energia em situações onde a rede seja desligada.

O foco para esse trabalho está na aplicação da técnica passiva de Anti-ilhamento, demonstrado no Fluxograma 1, podendo ser analisada com o seguinte princípio de funcionamento:

- 1° - é feito o monitoramento constante das grandezas tensão e frequência da rede ao qual a GD está conectada;
- 2° - uma análise é feita para comparar esses valores com os que são aceitáveis e o que seriam condições normais de funcionamento da rede;

3° - nas situações, em que esses valores atingem aos que descrevem o ilhamento, o sistema gera um sinal de controle que atua sobre o controle da MRV e sessa o fornecimento de energia para a rede, desligando a geração.

**Fluxograma 1** – Implementação/Deteccção do Ilhamento.



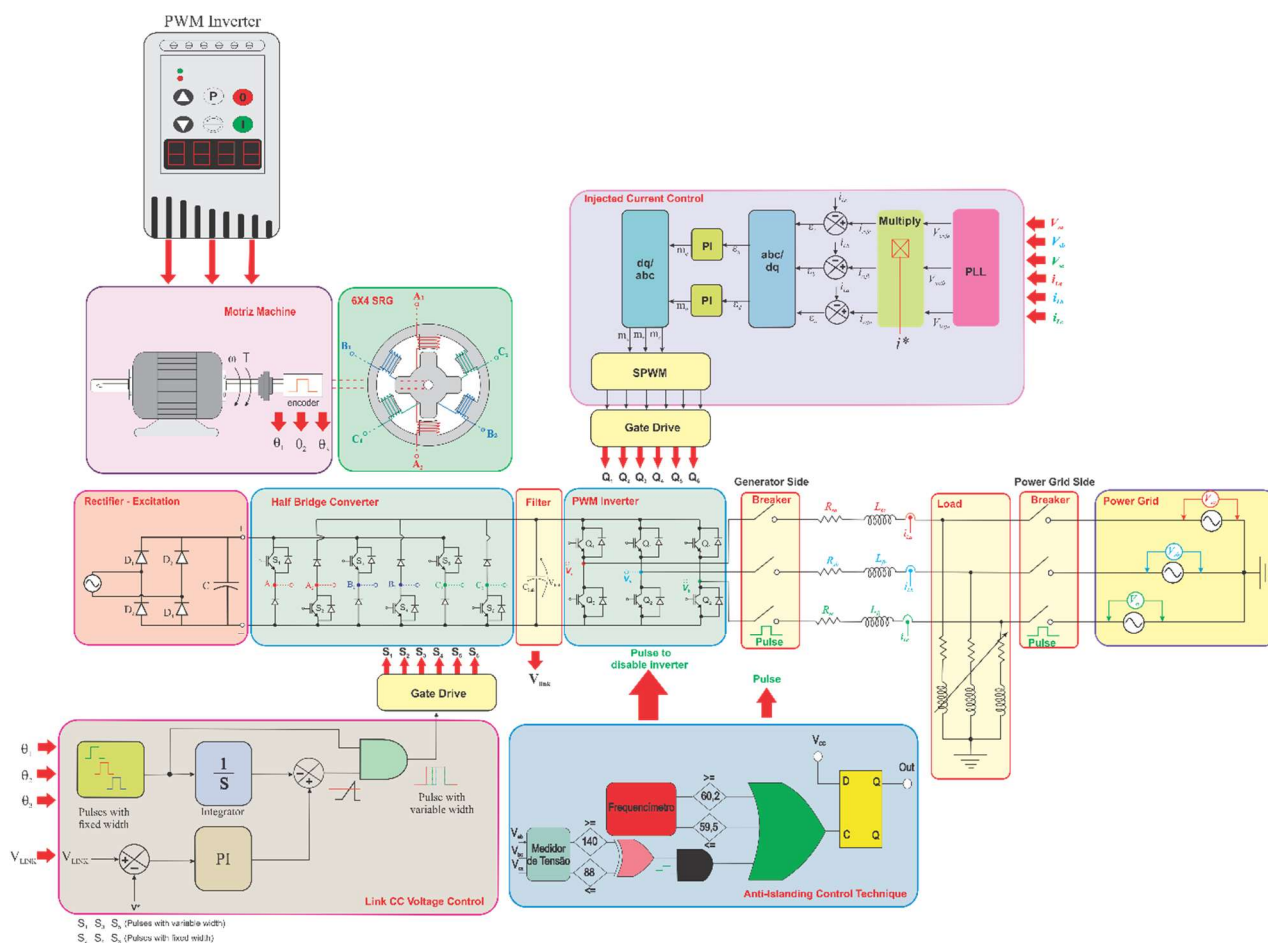
Fonte: Freitas, 2016

Basicamente o conjunto responsável por efetuar esse controle é composto por: Conversor Half-Bridge, PWM, PLL, Controladores de Corrente e Tensão de link C.C. e disjuntores. Onde:

- O sincronismo da rede e o controle de corrente injetada é feito por um conversor eletrônico PWM. Esse recebe comandos a partir de um Controlador de Corrente, que utiliza os níveis de tensão e corrente da rede como referência, para gerar pulsos que são os gatilhos para o PWM.
- O Controlador de Tensão de link C.C. gera os sinais de comando que atuam no conversor Half-Bridge, esses sinais têm como referência a posição do rotor do GRV e a tensão no link C.C.
- O PLL é o responsável por medir a frequência da rede a partir do monitoramento da tensão de fase, e entregar essa informação para a lógica de controle do Anti-ilhamento, que junto das leituras de tensão, analisa os valores e faz a verificação da situação da rede. Caso seja detectado o ilhamento, ela gera um sinal que atua no conversor PWM e nos disjuntores responsáveis por desligar a GD do restante do sistema.

Pode-se conferir na figura 4 como é a aplicação de todo o conjunto, assim como a aplicação da técnica de Anti-ilhamento:

**Figura 4** – Sistema Completo Formado pela Rede Trifásica, Sistema de Anti-ilhamento, Sistema de Controle e Gerador a Relutância Chaveado.



Fonte: Freitas, 2016

## Resultados e Discussão ou Relato de Caso

Existe uma ampla área de aplicação para as MRVs, devido as suas características construtivas. Sua principal desvantagem é a necessidade de se conhecer a posição do rotor tornando necessário o uso de um sensor ou alguma outra técnica que seja possível identificar sua posição, assim como a necessidade de um sistema de controle para fazer o seu acionamento.

Para a aplicação em uma GD, também se torna necessário um sistema que garanta o Anti-ilhamento da geração, sendo elas técnicas passivas, ativas ou remotas. Nesse trabalho foi pesquisada uma técnica passiva de Anti-ilhamento, na qual o sistema que faz a identificação do ilhamento analisa as grandezas: frequência e tensão da rede. Quando são valores que indicam o desligamento da rede, automaticamente desliga-se a GD.

Assim, com as informações mostradas nesse trabalho, se cumpre um dos primeiros passos para a elaboração do projeto de iniciação científica, que desenvolve a pesquisa no tema: "Estudo e Implementação Computacional de Técnicas de Anti-ilhamento Aplicadas aos Geradores à Relutância Variável Conectados a Rede Elétrica Trifásica". Sendo necessário, adquirir um conhecimento mais profundo a respeito das MRVs, como também todos os componentes

presentes no controle de geração, para que seja possível realizar junto da técnica passiva de Anti-ilhamento a implementação computacional por meio do software MatLab.

## Conclusões

Sendo esse o primeiro passo para o desenvolvimento do Projeto de Iniciação Científica: “Estudo e Implementação Computacional de Técnicas de Anti-Ilhamento Aplicadas aos Geradores à Relutância Variável Conectados a Rede Elétrica Trifásica”, podemos ter uma compreensão básica de como é a aplicação dessa forma de geração de energia e suas principais vantagens, assim como as características que tornam a máquina a relutância variável uma boa opção para essa aplicação.

Como resultado, também, podemos analisar como é realizado o controle da geração de energia a partir de uma Máquina de Relutância Variável- MRV, e como é a aplicação de uma técnica passiva de Anti-ilhamento. Também, foi possível compreender seu princípio de funcionamento e quais os parâmetros que se utilizam para avaliar a situação de ilhamento da geração distribuída.

## Agradecimentos



## Referências Bibliográficas

Augusto W. F. V. S., “CONTROLE DE TENSÃO NA CARGA PARA MOTOR/GERADOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL DE TRÊS FAZES” – UFU, 2018. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14299/1/t.pdf> >.

Augusto W. F. V. S., Darizon, A. A. Augusto F. V. S., Luciano C. G., Carlos B., R. J. Dias, “ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA MRV OPERANDO COMO MOTOR/GERADOR” - UFU, 2009. Disponível em:  
<[https://www.peteletricaufu.com/static/ceel/doc/artigos/artigos2009/ceel2009\\_024.pdf](https://www.peteletricaufu.com/static/ceel/doc/artigos/artigos2009/ceel2009_024.pdf)>.

M. A. A. DE FREITAS, DR, “ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DE TÉCNICAS DE ANTI-ILHAMENTO APLICADAS AOS GERADORES A RELUTÂNCIA VARIÁVEL CONECTADOS À REDE ELÉTRICA TRIFÁSICA” – UFU, 2016.

Renato J. Dias, “MOTORES A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 6X4 E 6X6. ESTUDO COMPARATIVO DE OPERAÇÃO E DESEMPENHO” – UFU 2011. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14461/1/d.pdf>>.

W. P. B. Filho, A. C. S. AZEVEDO, “GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: VANTAGENS E DESVANTAGENS”. Em: II Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. 2014. Disponível em:  
<[http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo\\_gd.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo_gd.pdf)>.