

Os Desafios Da Geração Distribuída e Sua Projeção Para o Futuro

Victor Dias Ferenzini da Silveira
victor.dias.40@gmail.com
UVA

Vinícius Maciel Pinto
profviniciusmaciel@gmail.com
UVA

Edisio Alves Aguiar Junior
edisio_junior@yahoo.com.br
UVA

Luana Merenciano da Silva
lumerenciano@yahoo.com.br
UFF

Resumo: Frente a crescente demanda por energia e sustentabilidade, a utilização de fontes renováveis e a busca por melhor rendimento através da reutilização de insumos durante a geração da energia elétrica tornaram-se temas de grande relevância nas últimas décadas. No Brasil a matriz se mostra majoritariamente hidrelétrica, um fator que tem grande impacto ambiental devido a necessidade de alagamento em escalas elevadas, e apresenta certo grau de fragilidade devido a sazonalidade do recurso. A Geração Distribuída se mostra como alternativa para essa situação, por levar a geração próximo à carga, podendo atuar de forma isolada ou como backup, e é aplicável não somente no Brasil. Este trabalho buscará apresentar os modelos e desafios encontrados para a disseminação desse tipo de sistema de geração, apontando-os da forma mais detalhada possível e os explorando de forma clara.

Palavras Chave: Geração Distribuída - Desafios - Fontes Renováveis - Energia Elétrica -

1. INTRODUÇÃO

Conceitualmente a Geração Distribuída (GD) busca a instalação das fontes geradoras mais próximas à carga, objetivando seu atendimento prioritário, podendo até gerar excedentes de energia comercializáveis.

Apesar de se mostrar uma tendência evolutiva do modelo adotado nos dias de hoje, Thomas A Edison instalou esse sistema em Nova York no ano de 1892, antes da existência de transformadores mais eficientes e da utilização de corrente alternada, que culminaram na utilização das grandes centrais geradoras.

Com o constante aumento da população e conseqüente aumento da demanda energética, criou-se a necessidade da construção de mais unidades de geração de grande porte, bem como redes de transmissão e distribuição.

Por esse motivo, regiões distantes e de baixa densidade populacional são excluídas desse tipo de fornecimento pois os custos com a extensão da rede não apresenta o retorno econômico que justifique tal investimento.

O surgimento de tecnologias que aumentam o rendimento das pequenas gerações, o impacto ambiental e financeiro da instalação de uma nova grande central geradora, a GD passa a ser uma alternativa cada vez mais real.

As fontes que mais se adaptam ao modelo de GD são as menos valorizadas no sistema centralizado, justamente por apresentarem baixa densidade energética. Alguns estudos mais otimistas apontam que a representatividade de tecnologias fotovoltaicas e térmica no atendimento ao consumo global de energia podem atingir 16,67% até 2030 (SHELL; 1996 apud WEA; 2000b).

Frente a crescente demanda por energia e sustentabilidade, a utilização de fontes renováveis e a busca por melhor rendimento através da reutilização de insumos durante a geração da energia elétrica tornaram-se temas de grande relevância nas últimas décadas.

No Brasil a matriz se mostra majoritariamente hidrelétrica, um fator que tem grande impacto ambiental devido a necessidade de alagamento em escalas elevadas, e apresenta certo grau de fragilidade devido a sazonalidade do recurso. A Geração Distribuída se mostra como alternativa para essa situação, por levar a geração próximo à carga, podendo atuar de forma isolada ou como backup, e é aplicável não somente no Brasil.

Este trabalho buscará apresentar os modelos e desafios encontrados para a disseminação desse tipo de sistema de geração, apontando-os da forma mais detalhada possível e os explorando de forma clara.

2. DEFINIÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A expressão Geração Distribuída (GD) é usada para nomear a geração de energia elétrica realizada próxima ou até junto aos consumidores, independentes da potência, tecnologia e fonte de energia. A GD contribui para aumentar a distribuição geográfica da geração de energia em determinada região (COGEN,2013).

Já o sistema de Geração Distribuída é definido por uma unidade geradora instalada diretamente ao sistema de distribuição ou ao consumidor final, sua capacidade geradora varia dentro da literatura, vide Figura 1.

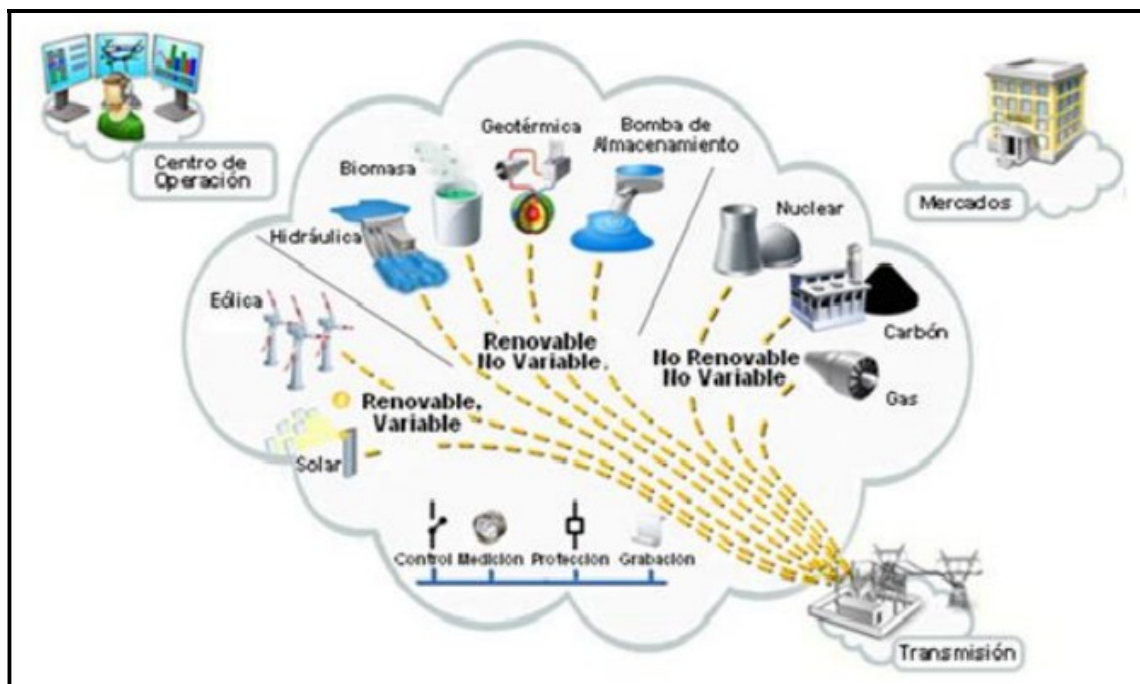


Figura 1 – Modelo do conceito de Geração Distribuída. Fonte: EPRI, 2009. Apud OLADE, 2011.

Segundo Ackermann, 2001, a geração distribuída pode ser dividida em função da potência, como abaixo:

- Micro – até 5 kW
- Pequena – de 5 kW até 5 MW
- Média – de 5 MW até 50 MW
- Grande – de 50 MW até 300 MW.

Os dados acima levam em consideração a realidade do mercado norte americano. No Brasil, oficialmente, a geração distribuída foi definida por meio do Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004, da seguinte forma:

“Art 14. Para fins desse Decreto, considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados (...), conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquele proveniente de empreendimento:

I – hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e

II – termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, (...).

Parágrafo único. Os empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II do caput.”

Dentre os inúmeros objetivos do sistema de geração distribuída, destacamos a sete como os principais, são eles:

- Proximidade do consumidor final
- Explorar sobre o custo benefício do sistema
- Produção em pequena escala
- Potência reduzida
- Redução das perdas por transmissão
- Suprir a alta de demanda que se projeta para os próximos anos
- Emprego de tecnologias distintas simultaneamente

3. TECNOLOGIAS UTILIZADAS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Para a implementação do Sistema de Geração Distribuída são utilizadas algumas tecnologias, iremos abordar as mais comuns nesta monografia.

3.1. CÉLULAS A COMBUSTÍVEL

Trata-se de uma tecnologia iniciada no século XIX, com a invenção de Sir William Grove que desenvolveu a “bateria voltaica gasosa”, capaz de converter a reação química do hidrogênio e oxigênio em energia elétrica dada por corrente contínua.

Já na década de 50 do século seguinte, e movida pela corrida espacial, a agência espacial norte americana (NASA), investiu intensamente em uma tecnologia de um gerador compacto capaz de abastecer as naves espaciais. A missão Apollo, primeira viagem a Lua, foi a primeira a fazer o uso das células a combustível (Penner et al. 1995).

A conversão de energia se dá através da conversão da energia livre de Gibbs em trabalho elétrico.

Nesse tópico será apresentado os principais tipos de células a combustível.

- Célula a combustível do tipo Alcalina (AFC) – Grande eficiência, foram as primeiras utilizadas em missões especiais, onde existe oferta de hidrogênio puro. Para esse tipo de célula o CO₂ pode ser altamente prejudicial, mesmo em pequenas quantidades no ar, e não operam com essa substância como combustível ou oxidante. O rendimento na produção de energia elétrica pode chegar a 60%.
- Célula a combustível do tipo Ácido Fosfórico (PAFC) – São as células de primeira geração e possuem mais pesquisas efetuadas. As plantas construídas normalmente têm capacidade instalada de geração entre 50 a 200kW, já com plantas novas entre 1MW e 5MW. A maior planta atualmente tem potência instalada de 11 MW (Hirschenhofer, 1993). Rendimento médio varia de 40 a 45%, quando operada com gás natural.

Pesquisas indicam que essas células atingem 99,99% de disponibilidade quando utilizadas como back-up, e ultrapassa 99,9999% quando instalada como componente de um sistema de fornecimento contínuo (UTC,2002).

3.2. PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Compreende uma tecnologia de geração que se mostra altamente modular, algo totalmente coerente com o modelo de GD, sem emissão de poluentes e ruídos durante a operação. Nos módulos do gerador fotovoltaico ocorre produção de energia na forma de corrente contínua. Por conta da baixa densidade, essa tecnologia não é bem adaptada ao modelo de geração centralizada. Outro ponto crítico está relacionado ao custo unitário de capital, que cria barreiras para se obter um maior marketshare dentro da matriz energética mundial.

Nesse tópico será apresentado os principais tipos de células solares.

- Células mono-cristalinas – são as células da primeira geração de sistemas fotovoltaicos. Seu rendimento é elevado, quando comparado as demais, e chega a aproximadamente 16% em casos reais e 23% em laboratório. Por utilizar materiais em estrutura cristalina perfeita e de alto grau de pureza, sua fabricação torna-se cara e complexa.

- Células poli-cristalinas – apresentam custo de fabricação inferior as mono-cristalinas, por exigir menos quantidade de energia. Seu rendimento varia entre 11% a 13% em condições reais, chegando a 18% em laboratórios. A diminuição do rendimento quando comparado ao tipo anterior se dá pela imperfeição do cristal.
- Células de silício amorfo – apresentam custo de fabricação ainda inferior ao das poli-cristalinas, mas em contrapartida seu rendimento também é reduzido. Em situações reais o rendimento é aproximadamente de 8% a 10%, ou 13% em laboratório.

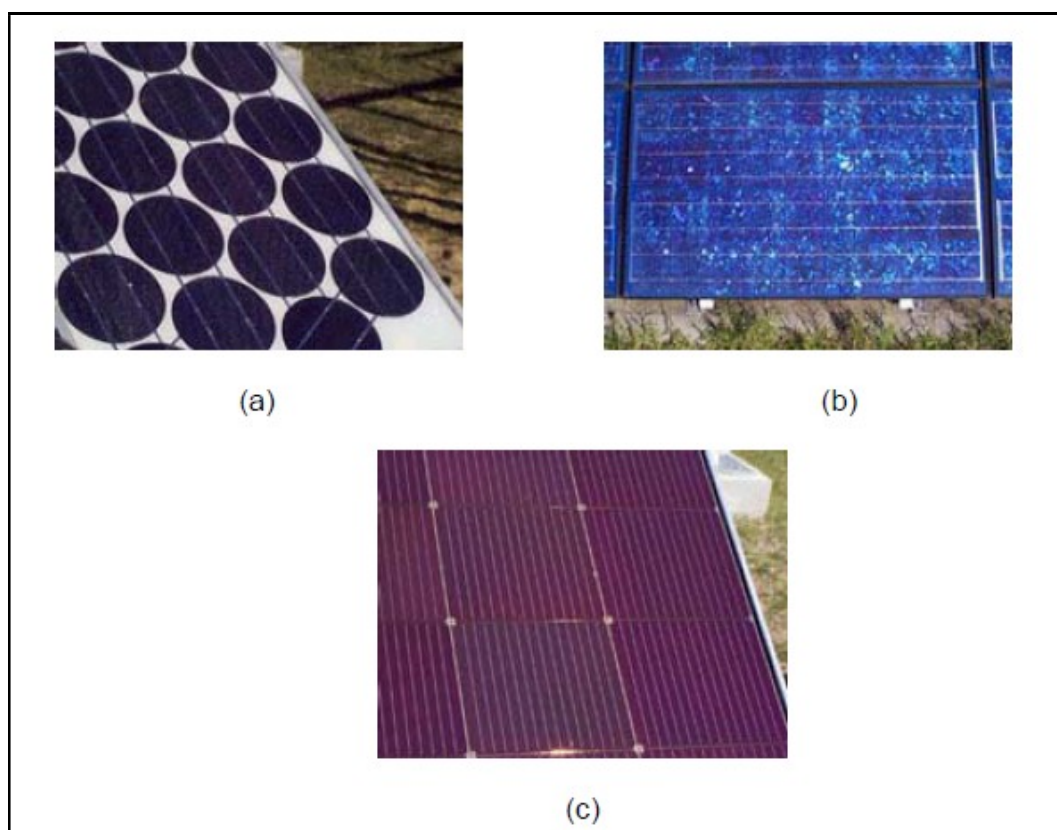


Figura 2 – Células Fotovoltaicas. Fonte:(RESLAB,2005)(a) Mono-cristalinas (b) Poli-Cristalinas (c) a-Si.

➤ **Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede (SFCR)**

Como citado anteriormente, os sistemas interligados nem sempre estão preparados para atender qualquer tipo de carga. Como a demanda cresce de forma heterogênea, nem sempre é economicamente viável a extensão da rede para atendimento de cargas isoladas a todo momento. Para esses casos a solução de geração local é adotado até que a demanda cresça a um nível que justifique a extensão.

Um SFCR pode ser representado por uma grande central fotovoltaica, mas também existem sistemas de geração descentralizada conhecidos como Edificações Solares Conectadas à Rede EFCR.

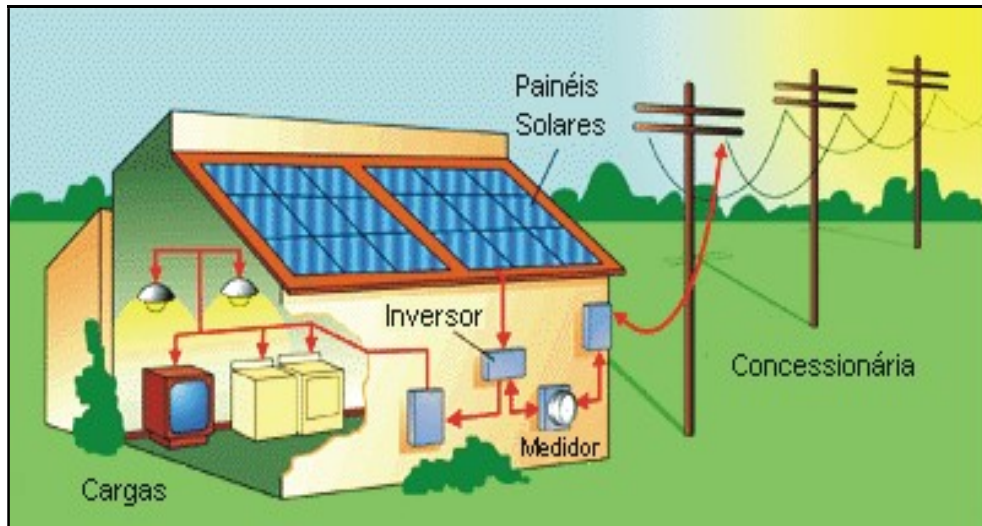


Figura 3 – Diagrama esquemático apresentando os principais componentes de um SFCR.

3.3. MICROTURBINA A GÁS

As Microturbinas são turbinas a gás capazes de entregar potências entre 25kW e 300kW, em outras referências na literatura essa potência pode atingir a faixa de 500kW. Podem ser categorizadas em unidades de simples estágio, fluxo radial e com velocidades de rotação variando entre 90.000 a 120.000 rpm, como também podem ser de múltiplos estágios e/ou menores velocidades de rotação.

O sistema para o modelo em questão compreende um compressor, câmara de combustão, turbina e gerador elétrico. Para sistemas com essa disposição, mas com uma geração acima de 500kW e inferiores a 1MW, denomina-se “mini-turbina”.

Na maioria das situações, o equipamento em questão é construído com o objetivo principal de geração de energia elétrica, mas existem casos em que a cogeração é o objetivo. Em outros casos é possível até que a geração de calor seja o principal motivador.

Para que a geração ocorra, o ar novo é admitido e comprimido a uma taxa de 70psig dentro do compressor. O calor que é liberado pela combustão eleva a temperatura da mistura ar-combustível e também a sua pressão. Quando essa mistura passa pela turbina, se expande e transmite energia ao eixo, acionando assim o compressor e o gerador. Nesse momento o eixo atua usualmente entre velocidades de 60.000 a 90.000 rpm, gerando energia elétrica em corrente alternada com uma frequência elevada, com valores próximos a 1800Hz. Para utilização final, inicialmente a corrente é retificada para se tornar corrente contínua e depois

conectada a um inversor para se transformar em corrente alternada com frequências de 50Hz ou 60Hz.

Os rendimentos são baixos e normalmente na casa de 30%, mas podendo ultrapassar a faixa de 80% quando aplicado em cogeração. A evolução da tecnologia tende a utilização de materiais cerâmicos nas secções quentes, podendo suportar temperaturas cada vez mais elevadas e aumentando o rendimento do sistema.

Nas tabelas abaixo serão apresentadas as vantagens e desvantagens de várias soluções para esse tipo de tecnologia, bem como as necessidades para evolução.

Tabela 1: Opções de projeto de micro-turbinas. (ARTHUR D. LITTLE INC; 2000)

Tecnologia	Vantagem	Desvantagem
1 eixo	Menor número de peças móveis. Elimina a necessidade de uma caixa de velocidades. Funcionamento menos ruidoso.	Compromisso entre as necessidades da turbina e de uma carga elétrica bem definida.
2 eixos	Flexibilidade em combinar a turbina e a carga elétrica exigida Menores esforços mecânicos Vida útil mais prolongada	Maior número de peças móveis Necessidade de uma caixa de velocidades Geralmente tem um custo superior
Mancais a ar	Elimina a necessidade de um sistema de refrigeração e lubrificação a óleo e a manutenção associada	Preocupações de confiabilidade associadas ao atrito durante a partida e parada
Mancais a óleo	Tecnologia comprovada	Requer bomba de óleo e equipamento auxiliar de arrefecimento
Sem recuperador de calor	Custo inferior Maior confiabilidade Mais calor disponível para cogeração	Rendimento significativamente inferior
Com recuperador de calor	Maior rendimento	Custo superior Menor confiabilidade e tempo de vida útil
Seções quentes cerâmicas	Temperatura de funcionamento superior Maior rendimento	Projeto mais complexo Ainda na fase de P&D
Seções quentes	Projeto mais convencional Disponível no mercado	Menor temperatura de funcionamento

metálicas	Menor rendimento
-----------	------------------

Tabela 2: Necessidades de desenvolvimento na tecnologia das micro-turbinas. (ARTHUR D. LITTLE INC; 2000)

Tecnologia	Vantagem
Materiais mais avançados para aplicações de temperaturas mais elevadas	Materiais cerâmicos para as turbinas, recuperadores e câmaras de combustão de forma a aumentar o rendimento através da operação a temperaturas mais elevadas Produção em grande quantidade de componentes metálicos para funcionamento a temperaturas elevadas, de forma a reduzir o seu custo de produção
Recuperadores de calor mais robustos e eficientes	Melhoramento do aproveitamento de calor Desenvolvimento de recuperadores que mantenham a eficiência ao longo de toda a sua vida útil
Compressores de gás natural de baixo custo	O gás natural será o combustível mais indicado devido aos baixos níveis de emissões. No entanto muitas vezes será distribuído a baixa pressão
Sistemas de controle eletrônico mais eficientes e de menor custo	Aumentar o rendimento da micro-turbina reduzindo perdas de energia parasitas Reduzir o custo global dos sistemas microturbina
Sem recuperador de calor	Rendimento significativamente inferior
Com recuperador de calor	Custo superior Menor confiabilidade e tempo de vida útil
Seções quentes cerâmicas	Projeto mais complexo Ainda na fase de P&D
Seções quentes metálicas	Menor temperatura de funcionamento Menor rendimento

4. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA X GERAÇÃO CENTRALIZADA

Atualmente, o rendimento das grandes centrais geradoras é da ordem de 28 a 35%. Quando comparado ao rendimento apresentado pelas microturbinas na geração distribuída, que frequentemente atingem valores próximos a 40%, se mostram muito ineficientes.

Apesar de apontar o benefício da instalação da geração distribuída, essa comparação não é a mais adequada já que as grandes centrais geradoras possuem instalações de 20 ou até

50 anos, e os sistemas de geração distribuída se apresentam com tecnologias muito mais novas com operação e manutenção otimizadas.

Para que se possa realizar uma análise imparcial, do ponto de vista financeiro, é necessário que se faça a comparação do custo de investimento para a construção de uma unidade geradora local contra o valor pago à distribuidora por kWh. No que se diz respeito a níveis equiparados de evolução tecnológica é fundamental levar-se em consideração a eficiência térmica decorrente da dimensão do gerador e o número de unidades.

É comprovado que tal maior for a dimensão de um gerador, menor serão as perdas no processo de conversão e, por consequência, maior o rendimento. No caso do número de unidades instaladas, podemos explicar pelo fato de que determinados custos de instalação/manutenção são idênticos para a operação com uma unidade ou mais, mas na segunda hipóteses esses mesmos custos acabam sendo divididos por cada uma delas.

Analisando apenas os dados acima expostos pode-se concluir que, quando se comparado níveis tecnológicos equivalentes, as grandes centrais apresentam um valor ligeiramente menor por kWh, para sua construção.

Quando se trata de GD não se pode analisar apenas a eficiência energética da geração, como também o custo para manutenção da operação. Em alguns cenários o aumento de escala não resulta em significante aumento de eficiência, reforçando ainda mais as vantagens da geração distribuída.

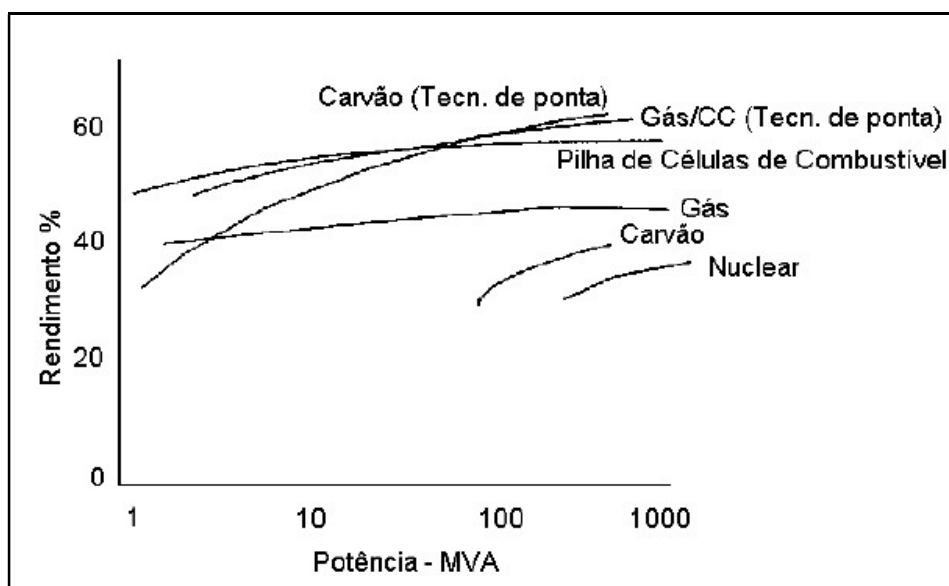


Figura 4: -Rendimento vs Potência. Fonte:(Santos F.A e Santos F.M; 2008)

Na figura 4, pode ser constatado que algumas tecnologias não apresentam alteração no rendimento com o aumento da escala, enquanto o carvão, por exemplo, passa de pouco mais de 30% com 1 MVA para 60% na faixa de 500 MVA. No caso de uma central a gás, o rendimento passa varia de 40 a 45% enquanto a potência precisa variar nas faixas de 1 a 1000 MVA.

5. REFERÊNCIAS

ACKERMANN, Thomas; ANDERSSON, Göran; SÖDER, Lennart. Distributed generation: a definition. Electric power systems research, 2001.

BARKER, Philip P.; DE MELLO, Robert W. Determining the impact of distributed generation on power systems. I. Radial distribution systems. In: Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE.

BRASIL. EPE. Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2014-2023), 2014.

DOS SANTOS, Rosana Rodrigues; MERCEDES, Sônia Seger P. A reestruturação do setor elétrico brasileiro e a universalização do acesso ao serviço de energia elétrica. 1999.

Filho, Wilson Pereira Barbosa. SEPCAA. Geração Distribuída: Vantagens e Desvantagens, 2013.

Lopes, Yana. UFF. Geração Distribuída: Desafios e Perspectivas em Redes de Comunicação, 2014.

Mooney, David. NREL. Experiência dos EUA com Geração Distribuída de Energia Solar, 2016.

SANTOS, Fernando António; SANTOS, Fernando Miguel. Geração distribuída versus centralizada, 2008.