

SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – FOTOVOLTAICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. MINI – REDES COMO OPCAO DE ATENDIMENTO: FLEXIBILIZACAO DO ARCABOUCO REGULATORIO VIGENTE.^{1,2}

Rafael G. B. de Araújo³; Osvaldo L. S. Pereira⁴.

RESUMO

O presente trabalho estuda os aspectos técnicos e regulatórios de sistemas híbridos para geração de energia elétrica, com ênfase nas fontes solar e eólica, instalados de forma isolada – SHEFI no estado da Bahia. O trabalho descreve os principais componentes de sistemas híbridos, apresenta vantagens e desvantagens deste tipo de sistema e analisa o arcabouço regulatório vigente e a necessidade de sua flexibilização em função das características de qualidade de energia exigidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. O trabalho constitui-se em um estudo para ampliar o atendimento da energia elétrica às regiões isoladas no âmbito da universalização, avalia a viabilidade através da implementação de mecanismos de flexibilização na regulação da qualidade de energia elétrica disponibilizada através de mini-rede com sistema híbrido eólico – fotovoltaico de geração de energia elétrica. Serão discutidas as definições das características técnicas de sistemas híbridos e dos índices de qualidade de serviço de energia elétrica (DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC) a serem exigidos, regulamentados pela resolução 024 da ANEEL. Discute-se também a quantidade de energia disponibilizada pelo sistema. São levantadas questões sobre a faixa cinzenta existente entre a regulamentação SIGFI e sistemas conectados à rede regulamentados pelas resoluções 83 e 024 da ANEEL, respectivamente.

Palavras-chave: Energias Renováveis, Sistemas híbridos de geração de energia, Regulação da qualidade de energia elétrica.

¹ Trabalho a ser apresentado sob a forma de pôster

² Tema: FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

³ Engenheiro Eletricista. Mestrando em Regulação da Indústria de Energia pela Universidade Salvador – MRIE / UNIFACS. Pesquisador do Grupo de pesquisa em Meio ambiente, Universalização, Desenvolvimento sustentável e Energias renováveis – GMUDE / UNIFACS. E-mail: rafael.araujo@unifacs.br

⁴ Engenheiro Eletricista. Ph. D. em Política Energética. Coordenador do Mestrando em Regulação da Indústria de Energia da Universidade Salvador – MRIE / UNIFACS. Coordenador do Grupo de pesquisa em Meio ambiente, Universalização, Desenvolvimento sustentável e Energias renováveis – GMUDE / UNIFACS. E-mail: osoliano@unifacs.br

INTRODUÇÃO

O Brasil com 8.514.215 km², é o quinto país do mundo e o maior da América Latina em área territorial. Seu território encontra-se entre as latitudes 5°16'N e 33°45'S e longitudes 32°23'W e 73°59'W, apresentando diversas regiões inseridas em várias zonas de climas e relevo diferentes.

É necessário buscar novas tecnologias de geração elétrica capazes de garantir o abastecimento da demanda futura, permitindo diversificar as tecnologias de geração utilizadas no país, de forma, a garantir o abastecimento energético do setor elétrico brasileiro e diminuir a dependência em relação a um único recurso energético, o que agrega robustez e confiabilidade ao setor. Da mesma forma, a busca pela viabilização de tecnologias limpas e renováveis alternativas visa diminuir a necessidade crescente de utilizar recursos fósseis para garantir o abastecimento da demanda futura de eletricidade.

É consenso entre os especialistas que o processo de universalização da energia elétrica passa necessariamente pela utilização de novas alternativas economicamente viáveis. Para que isso aconteça, as soluções baseadas em energias renováveis são vistas como uma alternativa para atendimento de comunidades isoladas. Contudo, propostas deste tipo têm encontrado restrições tanto pela estigmatização das novas tecnologias pelas comunidades face à falta de apoio técnico para a operação contínua dos sistemas e pela cultura conservadora das empresas de distribuição de energia elétrica. Logo, propostas que garantam um fornecimento contínuo de energia são fundamentais para ganhar crédito entre os usuários e promover a universalização através das renováveis.

O custo da geração fotovoltaica de eletricidade vem diminuindo significativamente ao longo dos últimos 30 anos. Muito se fez com projetos pilotos, a palavra agora é mudança de escala, interconexão com a rede elétrica. Por outro lado, considerando o grande potencial eólico existente no Brasil, confirmado através de medidas de vento precisas, realizadas

recentemente, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoelétricas, nucleares e hidroelétricas.

Nesse sentido, é importante verificar o potencial de uso da geração isolada de energia com sistemas híbridos para geração de energia. Dessa forma, esse estudo poderá colaborar no desenvolvimento de conhecimento quanto à real capacidade técnica desses geradores resolverem esse problema, assim como, verificar até que ponto a necessidade de regulação dos índices de qualidade de energia poderão contribuir à viabilidade econômica e financeira da geração isolada a partir de sistema híbrido eólico – fotovoltaico.

Os esforços para universalização da oferta de energia elétrica a todo o meio rural e sistemas isolados requerem a busca contínua de soluções criativas. Nesse contexto, a tecnologia híbrida de geração eólico – fotovoltaica emerge como alternativa de geração isolada de energia. As aplicações mais frequentes para esses sistemas são: eletrificação de residências, prédios comunitários, iluminação pública, sistemas de iluminação de emergência e atendimento de estações de telecomunicações.

As energias renováveis adquirem importância maior ao prover serviços como iluminação, calefação, refrigeração, calor seguro para cozinhar, força mecânica, transporte e comunicações. As vantagens proporcionadas pelas energias renováveis variam de acordo com as condições e prioridades locais, destacando-se a minimização da ameaça das mudanças climáticas do planeta decorrentes da queima de combustíveis fósseis; o crescimento econômico; a ampliação do acesso à energia; a geração de empregos e a fixação do homem no campo; a redução dos níveis de pobreza; a diminuição da desigualdade social; e a diversificação da matriz energética.

De acordo com o exposto o presente trabalho analisa os aspectos técnicos e regulatórios, sobre a óptica da qualidade da energia, de sistemas híbridos para geração de energia elétrica com fontes eólica e solar, para sistemas isolados.

Sistemas híbridos eólico – fotovoltaico (SHEFI)

Sistemas híbridos de energia são aqueles que utilizam diversas fontes de geração de energia como, por exemplo: turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos, etc, com o objetivo de fornecer eletricidade a uma determinada carga ou conjunto de cargas, de forma isolada garantindo maior confiabilidade devido a eventual complementaridade entre as fontes. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica visa o aproveitamento de recursos energéticos disponíveis localmente, maximizando a disponibilidade de eletricidade através da complementaridade dos recursos. Sistemas híbridos são utilizados, na sua maioria, visando atender um conjunto de unidades consumidoras.

Devido a grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, os sistemas híbridos para geração de eletricidade tornam-se complexos e necessitam de otimização do uso das energias. É necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para as unidades consumidoras. Os sistemas híbridos requerem controladores de carga mais sofisticados que os sistemas simples ou conectados a rede, a confiabilidade requerida total é superior ao dos outros sistemas. A forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular para cada caso.

Historicamente os geradores baseados em combustíveis fósseis, como o óleo diesel, óleo combustível e gasolina, dominaram o mercado de geração de eletricidade em sistemas isolados. Estes grupos geradores possuem custo de capital baixo e custos de operação e manutenção elevados, podendo gerar energia sobre demanda. Em contrapartida a geração elétrica através de painéis solares e turbinas eólicas possuem alto custo de capital, mas baixo custo de operação e manutenção e não requer “combustível” para o funcionamento.

A energia eólica e a energia solar fotovoltaica são fontes renováveis de energia, inextinguíveis, não poluentes e com mínimo impacto ambiental. Por outro lado são fontes de energia intermitentes, ou seja, apresentam interrupções, sendo interessante a complementação entre as fontes. Por esse motivo os sistemas híbridos são normalmente compostos pelas fontes renováveis de energia combinadas a grupo gerador diesel.

Sistemas híbridos eólico – fotovoltaico utilizam o vento e o sol como “combustível” para geração de eletricidade. Desta maneira o lugar de instalação de sistemas deste tipo deve apresentar a existência destes recursos naturais. Estas condições não se dão em todas as partes, tornando-se necessário conhecer em detalhes o potencial eólico e solar da região, antes de decidir pela instalação de um sistema híbrido deste tipo. O recurso solar é mais universalmente conhecido, o recurso eólico, todavia, é totalmente dependente das condições locais do sítio.

Estes sistemas são formados por um aerogerador que, através de um retificador/regulador de carga, se encarrega de fornecer a energia elétrica produzida para as baterias. Em paralelo existe um sistema de painéis solares que mediante o regulador de carga se conecta as baterias. O banco de baterias, por sua vez, estará ligado ao um inversor. O inversor serve para transformar a corrente contínua em corrente alternada. Essa inversão permite a ligação de equipamentos de corrente alternada, tais como: televisão, vídeo, etc, em sistemas fotovoltaicos. Dentre as formas de onda da tensão de saída dos inversores disponíveis comercialmente, tem-se: onda quadrada, quadrada modificada e a senoidal.

Algumas diferenças distinguem o fornecimento de energia feito por meio da rede convencional daquele feito por meio de sistemas híbridos isolados com fontes intermitentes, podendo citar: a continuidade do serviço; flexibilidade no atendimento a diferentes tipos de cargas a qualquer momento; porte das cargas a serem atendidas e diversidade na fonte primária de energia.

Vantagens e desvantagens dos sistemas híbridos

Os sistemas híbridos de energia caracterizam-se por vantagens e desvantagens adicionais as particularidades de cada fonte energética combinada ao sistema.

Uma das principais vantagens de sistemas híbridos eólico – fotovoltaico é a caracterização da complementaridade entre as fontes. Este fator é muito importante dado à intermitência das fontes envolvidas, que pode ser parcialmente ou totalmente superada. Outra

vantagem é a modularidade das fontes energéticas envolvidas. Fator muito importante quando considerado o crescimento natural da demanda com o passar do tempo. Módulos fotovoltaicos, turbinas eólicas e baterias podem ser adicionados ao sistema desde que haja área disponível para instalação.

É economicamente viável atender consumidores considerando SHEFI quando a dispersão dos consumidores, em determinado sitio, não eleva demasiadamente as perdas por distribuição da energia. Em detrimento aos Sistemas Individuais de Geração instalados e regulamentados atualmente [9], são eliminados pontos de falha, tais como os controladores de carga, inversores e inversores instalados para cada consumidor. Conseqüentemente o custo de instalação é reduzido dado a não utilização destes equipamentos.

Os sistemas híbridos encontram desvantagem quando a complementaridade das fontes não está caracterizada, necessitando de medidas confiáveis dos recursos energéticos aproveitados. Por esse motivo um sistema de armazenamento de energia faz-se necessário, por vezes garantindo níveis razoáveis de autonomia. Para garantir o atendimento a carga em períodos de pouca energia gerada e armazenada utiliza-se um grupo gerador como *backup*.

Mesmo as energias renováveis possuem impactos ambientais. A energia eólica enfrenta problemas quanto ao nível de ruído e ao impacto visual dos aerogeradores, que ainda alteram e matam pássaros se inseridos em rotas migratórias. Os impactos ambientais ocasionados pela energia solar fotovoltaica possuem menor magnitude, sendo o problema principal o impacto visual. Os impactos ambientais de tais fontes são dirimidos a medida que avanços tecnológicos relacionados a aspectos mecânicos, aerodinâmicos e integração com o ambiente são alcançados.

O custo de ligação por residência a uma mini-rede isolada depende do número de residências a serem atendidas, distribuição geográfica das casas, horas de atendimento da carga e o perfil da carga a ser atendida. Um grupo gerador diesel deve ser acrescentado ao

- § Variação do valor rms da tensão de saída do inversor, dependente do valor da tensão instantânea do banco de baterias;
- § Desequilíbrio das fases quando considerado sistemas trifásicos, devido às cargas monofásicas ou cargas não lineares;
- § Conteúdo harmônico produzida por cargas não lineares, influenciando na tensão de alimentação, maior nos sistemas de pequeno porte;
- § Potência que um inversor pode suprir na partida de um equipamento ou um conjunto deles.

Os sistemas híbridos com fontes intermitentes para geração de eletricidade caracterizam-se por fornecer uma quantidade restrita de energia diariamente. Essa energia é limitada pela capacidade de transformação energética das fontes utilizadas, tipicamente renováveis e pela capacidade de armazenamento de energia elétrica do banco de baterias. A utilização de equipamentos eficientes é de vital importância para autonomia e confiabilidade do sistema.

O número de baterias que compõe o banco a atender o inversor determinará a autonomia (denominado como o período de tempo que a energia útil total do banco de baterias será suficiente para alimentar a carga, quando não há disponibilidade de geração renovável) e confiabilidade dos SHEFIs. A bateria tem vida útil variável, dependendo de diversos fatores como regime de utilização, tipo (automotiva ou estacionária) e qualidade do produto. Em relação a todos os equipamentos que compõe os SHEFIs a bateria é o que possui menor vida útil. A utilização de SHEFI para o atendimento em sistemas isolados diminui o risco da utilização de baterias individualmente instaladas, dado a grande corrente de curto circuito deste equipamento, pois as baterias seriam condicionadas em local único trancado e com acesso apenas de pessoas autorizadas.

Os controladores de carga são dispositivos eletrônicos que controlamos níveis de carga e descarga das baterias. O controlador visa evitar situações de sobrecarga e descarga profunda

na bateria (que provoca a redução da vida útil). O controlador trabalha desconectando a geração quando o banco de baterias atingir um nível máximo de tensão pré-fixado, e desconectando a carga quando o banco de baterias atingir um nível mínimo de tensão. Algumas informações podem ser fornecidas pelo controlador a depender do modelo, tais como potência gerada, consumida, etc.

Pode-se utilizar um controlador de carga para cada fonte energética no SHEFI, mas a utilização ótima encontra-se quando é utilizado um único controlador para o sistema [2]. Controladores de carga ligados a SHEFI devem ser dimensionados de forma tal que permitam a passagem da corrente máxima especificada do arranjo fotovoltaico para o banco de baterias, assim como a corrente gerada pelo aerogerador que sendo alternada deve ser retificada para armazenamento no banco de baterias, sendo necessária a associação do controlador a um retificador.

Qualidade de energia de acordo com o arcabouço regulatório nacional

A lei nº. 10.438 de 26 de setembro de 2002, dispõe dentre outros assuntos sobre a universalização do serviço público de energia, obrigando o atendimento aos consumidores que estão longe da rede de distribuição de energia elétrica. A partir desta lei o foco da eletrificação rural mudou de programa assistencial para a prestação de um serviço público, implicando em requisitos mínimos de qualidade no atendimento.

O desempenho das empresas distribuidoras referente à continuidade do serviço prestado de energia elétrica é medido com base em indicadores de qualidade sobre o conjunto de consumidores e individualmente, segundo Resolução ANEEL nº. 024, de 27 de janeiro de 2000 [10]. De acordo com a referida resolução os indicadores de qualidade, são: DEC, FEC, DIC, FIC e o DMIC.

Os indicadores para o conjunto de consumidores são denominados DEC e FEC. O DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) representam, respectivamente, o

número de horas e a quantidade de vezes, em média, que um determinado conjunto de unidades consumidoras (residência, comércio, indústria etc) fica sem energia elétrica durante um período, geralmente mensal. Estes indicadores dizem respeito ao conjunto de consumidores dentro da área de atuação da concessionária de energia elétrica, sendo calculados de acordo com a resolução e da apuração das interrupções que atingirem as unidades consumidoras. Por meio do DEC/FEC, que são indicadores gerais, é possível se verificar eventuais violações aos limites estabelecidos, violações essas que geram multas institucionais estabelecidas pela ANEEL.

Os indicadores individuais são denominados: DIC, FIC e DMIC. Os indicadores DIC (Duração de Interrupção por unidade Consumidora) e FIC (Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora) representam, respectivamente, o número de horas e a quantidade de vezes em que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica, durante um período considerado. O DMIC (Duração Máxima de Interrupção por Unidade Consumidora) representa um indicador que limita o tempo máximo de cada interrupção ocorrida no período de um mês, impedindo que a concessionária deixe o consumidor sem energia elétrica durante um tempo muito longo.

A responsabilidade da apuração dos indicadores de continuidade é de responsabilidade da concessionária, devendo ser feita mensalmente segundo a resolução normativa nº 024 da ANEEL [10]. Na resolução os indicadores individuais (DIC e FIC) são relacionados de acordo com os indicadores para o conjunto de consumidores (DEC ou FEC), juntamente a tensão nominal e região de atendimento ao consumidor. A Tabela 1 mostra os valores mínimos dos indicadores de qualidade para os consumidores situados em áreas não urbanas, cuja tensão nominal não ultrapasse 1kV, consumidores que seriam alvo do atendimento através dos SHEFI.

Faixa de Variação das Metas Anuais de Indicadores de Continuidade dos Conjuntos (DEC ou FEC)	Padrão de Continuidade por Unidade Consumidora					
	Unidades Consumidoras com Tensão Nominal \leq 1kV situadas em áreas não-urbanas					
	DIC (horas)			FIC (interrupções)		
	Anual	Trim.	Mensal	Anual	Trim.	Mensal
0 – 10	80	40	27	40	20	13
> 10 – 20	85	43	29	50	25	17
> 20 – 30	90	45	30	60	30	20
> 30 – 45	100	48	33	75	38	25
> 45	108	54	36	87	44	29

Tabela 1: Metas de DIC e FIC [10]. Os padrões de DIC podem ser obtidos identificando-se a faixa em que se enquadra o valor da meta anual de DEC, definida em resolução específica, e os padrões de FIC, identificando-se a faixa em que se enquadra o valor da meta anual de FEC.

Uma opção de atendimento para a universalização dos serviços de energia elétrica é o fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes – SIGFI, regulamentado pela resolução nº. 83 de 20 de setembro de 2004. Esta resolução trata do atendimento de uma única unidade consumidora através de fontes intermitentes de energia. A qualidade do fornecimento de energia elétrica, através de SIGFI, deverá ser avaliada por meio de indicadores de continuidade individual, associados à quantidade de horas e duração das interrupções (DIC e FIC), conforme dispõe o art. 8º da Resolução. A Tabela 2 mostra os valores de DIC e FIC considerando o atendimento através de Sistemas Individuais de Geração com Fonte Intermitentes – SIGFI.

INDICADOR	PADRÃO DE REFERÊNCIA (horas)
DIC mensal	216
DIC anual	648

Tabela 2: Padrões de DIC para o atendimento com SIGFI [9].

Dada a análise da legislação existente sobre a qualidade do serviço público e atendimento de energia elétrica, conclui-se que a mesma não se aplica ao serviço prestado através de SHEFI. Assim como para a rede convencional, os SHEFI devem possuir índices mínimos de qualidade, não devendo se adotar para os SHEFI os mesmos critérios da resolução nº. 024 da ANEEL, devido às diferenças técnicas relatadas durante o artigo.

Considerando que comunidades isoladas são atendidas emergencialmente através de sistemas de geração diesel, principalmente na região amazônica, poder-se-ia requerer os benefícios do rateio da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC para sistemas

isolados utilizando SHEFI. As condições e os prazos para a sub-rogação dos benefícios do rateio da CCC aos projetos a serem estabelecidos em sistemas elétricos isolados em substituição à geração termelétrica que utilize derivados de petróleo ou que permitam a redução do dispêndio atual ou futuro da CCC são definidos pela resolução ANEEL, nº 146, de 14 de fevereiro de 2005. A referida resolução define que *“a aplicação da sistemática de rateio da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC, para geração de energia elétrica será mantida até abril de 2022 exclusivamente nos sistemas elétricos isolados”* [11].

Em seu Art. 2º a resolução estabelece quais os empreendimentos que poderão se beneficiar deste incentivo, no inciso II: *“empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica, solar, biomassa ou gás natural e sistema de transmissão e/ou distribuição associado”*. Tal medida é justificada pela compatibilidade com as características sócio-econômicas dos mercados a serem atendidos e induz formas de geração de energia elétrica que proporcionam melhor inserção ambiental e redução de custos [11].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não existem incentivos diretos ao uso dos SHEFI, mas existe uma estrutura legal e regulatória que poderia ser flexibilizada, sob a qual o uso dos SHEFI pode ser utilizado para prestação do serviço público de energia elétrica. Poder-se-ia pleitear os benefícios do CCC, podendo se constituir num instrumento decisivo para tornar viável sua utilização, desde que o subsídio não seja linear, sendo escalonado dado à tecnologia utilizada. Discussões devem ser realizadas referentes ao tempo de atendimento dos SHEFI em relação às 24 horas exigidas para obtenção do subsídio.

Os hábitos de consumo de eletricidade são bastante diferentes entre as diversas regiões do país. Desta forma, a adoção de padrões pelas concessionárias de energia elétrica fica comprometida. De acordo com o Art. 11 da resolução 024 de 27 de janeiro de 2000 da ANEEL as concessionárias poderão propor novos critérios para o agrupamento das unidades consumidoras, possibilitando a formação de *clusters* com padrões de consumo e atendimento

parecidos para o atendimento através de SHEFI. Desde que haja um histórico de, no mínimo, três anos de utilização de critério de agrupamento diferente do estabelecido na Resolução [10].

Os principais aspectos a serem considerados na regulamentação de SHEFI referem-se aos requisitos mínimos de qualidade do fornecimento, à classificação e cadastro das unidades consumidoras, à configuração básica do sistema, aos limites de consumo e potência disponibilizada, à medição, enquadramento tarifário e faturamento.

As energias renováveis caracterizam-se pela pequena taxa de retorno e a necessidade da economia de escala, determinando o retorno do investimento em longo prazo. Sistemas híbridos de energia podem diminuir o custo de investimento por consumidor, desde que observado um modelo de integração ótima entre as fontes. Na Bahia, as fontes eólica e solar encontram diversos locais favoráveis de utilização para geração de energia elétrica em grande escala, experiências devem ser realizadas para situações de menor escala para o atendimento de consumidores distantes da rede de distribuição de energia elétrica quando da utilização de tais recursos naturais.

A opção de atendimento através de mini-rede com SHEFI não deve ser considerada quando os consumidores estão demasiadamente dispersos pela região considerada, devendo-se avaliar caso a caso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. FONTOURA, 2002. **A Qualidade do fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos no processo de universalização do atendimento na Bahia.** Patrick Fontoura. Dissertação de Mestrado. Salvador (BA): Universidade Salvador – UNIFACS, 2002.
- [2]. BLASQUES, 2005. **Estudo da viabilidade técnico – econômica de sistemas híbridos para geração de eletricidade.** Luis Carlos Macedo Blasques. Dissertação de Mestrado. Belém (PA): Universidade Federal do Pará – UFPA, 2005.
- [3]. PEREIRA, S. et all. **Implementação de mecanismos para regulação da qualidade de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos.** Convênio: AGERBA – Termo Aditivo nº 21/02 – Relatórios I / II / III. Salvador (BA): Universidade Salvador – UNIFACS, 2003.

- [4]. PINHO, J. T. e GALHARDO, M. A. B. **Influência da forma de onda de alimentação sobre cargas não-lineares em sistemas de geração de pequeno porte.** Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) / Universidade Federal do Pará (UFPA).
- [5]. PINHO, J. T. e GALHARDO, M. A. B. **Avaliação da qualidade da energia fornecida por sistemas renováveis isolados de pequeno porte.** Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) / Universidade Federal do Pará (UFPA).
- [6]. PINHO, J. T. e GALHARDO, M. A. B. **Análise do desempenho de inversores de pequeno porte com diferentes formas de onda.** Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) / Universidade Federal do Pará (UFPA).
- [7]. PINHO, J. T., GALHARDO, M. A. B. e BARBOSA C. F. de O. **Análise da qualidade de energia elétrica fornecida por um sistema híbrido de pequeno porte.** XVIII SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. 16 a 21 de outubro de 2005. Curitiba – Paraná.
- [8]. SILVA, E. P. da; CAVALIERO, C. K. N. et all. **Regulação Energética e Meio Ambiente: propostas para a Região Amazônica isolada.** Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2001.
- [9]. ANEEL, 2004. **Resolução normativa nº 83, de 20 de setembro de 2004.** Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes intermitentes – SIGFI. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.
- [10]. ANEEL, 2000. **Resolução normativa nº 024, de 27 de janeiro de 2000.** Estabelece as disposições relativas à Continuidade da Distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.
- [11]. ANEEL, 2005. **Resolução normativa nº 146, de 14 de fevereiro de 2005.** Estabelece as condições e os prazos para a sub-rogação dos benefícios do rateio da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC, em favor de titulares de concessão ou autorização de empreendimentos que substituam derivados de petróleo ou que permitam a redução do dispêndio atual ou futuro da CCC nos sistemas elétricos isolados. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.