

## **O USO DE INDICADORES DE QUALIDADE NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES**

**Cristiane Brito Andrade<sup>1</sup>, Federico Morante<sup>2</sup>**

Universidade Federal do ABC (UFABC)

Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade Federal do ABC

Rua Santa Adélia, 166 - Bairro Bangu - Santo André - São Paulo - CEP 09210-170 - Brasil

e-mail: cristianebrito.andrade@gmail.com

**RESUMO:** O presente trabalho trata sobre os indicadores de qualidade do serviço de energia elétrica. Para tanto, serão apresentados alguns aspectos do marco regulatório relacionado com esse tema na gestão dos programas de eletrificação rural com energia solar fotovoltaica no Brasil. De forma complementar buscou-se informações sobre o uso de indicadores de qualidade nos países em desenvolvimento e nos europeus. A discussão desenvolvida no artigo enfatiza a problemática relacionada com o uso dos indicadores de qualidade aplicados, principalmente, em sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFD's). A metodologia empregada baseou-se na revisão bibliográfica e, adicionalmente, em trabalho de campo desenvolvido para materializar a pesquisa concluída em 2011 relacionada com o tema da qualidade do fornecimento de energia elétrica.

**Palavras chave:** eletrificação rural, energia solar fotovoltaica, continuidade do fornecimento, indicadores de qualidade.

### **INTRODUÇÃO**

O fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos no Brasil foi impulsionado, entre outros motivos, pela Lei que determinou a Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica. O desafio de levar energia aos cidadãos, até então alheios ao universo eletrificado, veio acompanhado da possibilidade de uso de tecnologias diferentes da convencional. Assim ficou aberta a possibilidade de utilizar grandes quantidades de sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFD's) nas áreas rurais do país. Como consequência disso ficou em evidência a importância das políticas de monitoramento da qualidade na prestação deste tipo de geração elétrica. Isso porque uma vez fornecida a energia, resta acompanhar e avaliar suas condições de uso. Neste sentido, a boa qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica está vinculada à garantia, aos custos viáveis, ao perfeito funcionamento dos equipamentos e processos sem afetar o meio ambiente e, por cima de tudo, ao bem estar das pessoas (Hassin, 2003; Barros, 2010).

Visando esse atendimento universal, em setembro de 2004 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) do Brasil publicou a Resolução Normativa N° 83 que regulamenta o serviço elétrico com a opção do uso de sistemas individuais de geração com fontes intermitentes, SIGFIs (ANEEL, 2004a). Com base nessa resolução foram instalados milhares de sistemas fotovoltaicos domiciliares pelas concessionárias de energia elétrica. Isto foi o que ocorreu com a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), que já instalou mais de 15.000<sup>3</sup> sistemas nesse Estado o qual fica na região Nordeste do Brasil. Essa região possui condições climáticas muito favoráveis ao uso da tecnologia solar fotovoltaica.

A respeito das condições de atendimento, pode-se observar na tabela 1, que a Resolução Normativa N° 83/2004 determina o uso de sistemas fotovoltaicos com disponibilidade de energia variando entre 13 kWh/mês e 80 kWh/mês. Essas instalações devem cumprir um padrão mínimo de atendimento e indicadores de qualidade do serviço de energia. Além disso, o fornecimento de energia deve igualar-se ao tipo de serviço brindado nas áreas urbanas; ou seja, em corrente alternada. O artigo 8° dessa resolução estipula que a ANEEL deve fiscalizar a qualidade do serviço prestado por parte das concessionárias de energia que utilizem SIGFI's (ANEEL, 2004a). Para isso a empresa deve manter um arquivo, com a totalidade de interrupções num período, que pode ser de um mês ou de um ano, bem como a duração de cada uma delas.

Estes dados permitem que seja feito o cálculo do indicador, denominado DIC (Duração de Interrupção por Unidade Consumidora), cuja finalidade é verificar a qualidade do serviço prestado. Contudo, a norma especifica algumas exceções para o cálculo do DIC tais como aquelas relacionadas com as interrupções provocadas diretamente pelos usuários por utilização errada dos equipamentos e componentes do sistema. Também estão excluídas as interrupções de caráter técnico devido a desconexões para realizar manutenção com duração igual ou inferior a 72 horas e, além disso, as ocasionadas por roubos ou vandalismo.

---

<sup>1</sup> Mestre em Energia pelo Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade Federal do ABC

<sup>2</sup> Professor adjunto da Universidade Federal do ABC

<sup>3</sup> Dados de dezembro de 2009, informados pela COELBA.

	Consumo diário de referência (Wh/dia)	Autonomia mínima (dias)	Potência mínima disponível (W)	Disponibilidade mensal garantida (kWh)
SIGFI-13	435	2	250	13
SIGFI-30	1000	2	500	30
SIGFI-45	1500	2	700	45
SIGFI-60	2000	2	1000	60
SIGFI-80	2650	2	1250	80

Tabela 1. Classificação e disponibilidade de atendimento dos Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI's) (Fonte: ANEEL, 2004a).

Adicionalmente, no artigo 10º da resolução aparecem os Padrões de Referência do DIC que deverão ser considerados pelas empresas concessionárias. Para o indicador DIC mensal o padrão de referência será 216 horas e para o indicador DIC anual 648 horas (ANEEL, 2004a). Levando em conta esse arcabouço legal, fica a tarefa de avaliar a viabilidade da sua aplicação e, principalmente, os mecanismos de fiscalização que materializam seu cumprimento.

Assim, o objetivo deste trabalho é discutir a problemática relacionada com o uso dos indicadores de qualidade aplicados na eletrificação rural, principalmente com o uso de sistemas fotovoltaicos. Com essa finalidade são analisados diversos indicadores utilizados nas áreas urbanas de alguns países dos quais se derivam os que se aplicam no meio rural que, em sua essência, têm o objetivo de garantir a qualidade do serviço de energia elétrica. A metodologia empregada foi baseada em revisão bibliográfica e em trabalho de campo desenvolvido no âmbito da pesquisa concluída em 2011 denominada “Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica em Sistemas Isolados Segundo o Parâmetro de Continuidade DIC” (Andrade, 2011).

## INDICADORES DE CONTINUIDADE UTILIZADOS EM ALGUNS PAÍSES

Com a finalidade de analisar o contexto do uso de indicadores de continuidade para garantir a qualidade do serviço de energia elétrica com o emprego da energia solar fotovoltaica foi realizado levantamento de dados em diversas fontes. Para tanto, buscou-se na literatura dados relacionados procurando estabelecer um comparativo entre o Brasil e alguns países em desenvolvimento da África, Ásia e América Latina. Isso também foi estendido a países desenvolvidos, principalmente europeus.

A revisão bibliográfica não mostrou avanços com relação a uso de indicadores de continuidade nem com relação à regulamentação da qualidade da prestação dos serviços, utilizando indicadores de qualidade como o DIC. O que se pôde notar é que o cenário atual favorece o uso dos sistemas fotovoltaicos para levar energia elétrica a locais distantes da rede, visando fornecer condições para ampliação da infraestrutura que depende da eletricidade para sua implantação, porém sem muita preocupação pela qualidade do serviço. Um aspecto comum aos países pesquisados, que os torna diferentes do Brasil, é a não ocorrência de regulamentação para avaliação da duração das interrupções em SFD's ou de outra forma de acompanhamento da qualidade do fornecimento.

Embora o aumento dos incentivos para aproveitamento da energia solar seja algo novo na maior parte dos países, boa parte das publicações mencionam o contexto no qual os sistemas fotovoltaicos foram inseridos que, na sua essência, é muito semelhante ao brasileiro. Entretanto, pode-se constatar que, no Brasil, após cerca de 8 anos passados desde a implantação da Lei de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica, ainda não há dados em quantidade e com qualidade suficientes para estabelecer critérios definitivos para avaliação das interrupções em SIGFI's.

Outra vertente da pesquisa visou entender o contexto de surgimento e aplicação dos indicadores dirigidos a garantir a qualidade do serviço de energia elétrica, por tal motivo, a pesquisa bibliográfica foi ampliada para analisar alguns países europeus. Uma das razões é que todos esses indicadores têm sua origem na eletrificação urbana, a partir da qual são adaptados à realidade das áreas rurais. Dessa maneira ficou claro que na Europa existe a preocupação com a qualidade da energia elétrica, desde os aspectos comerciais, até os critérios para acompanhamento da continuidade, visando a melhoria do fornecimento.

De acordo com os dados coletados, um fato importante que merece ser enfatizado foi que em janeiro de 2000 o *Council of European Energy Regulators – CEER* criou um Grupo de Trabalho que visava levantar e analisar a regulamentação dos níveis de qualidade em países europeus. Isso aconteceu tendo como telão de fundo os objetivos de trabalho do CEER que se deram no sentido de buscar, principalmente (CEER, 2001):

1. Comparar as estratégias e experiências na implementação da regulação da qualidade dos serviços pelos países representados no Grupo de Trabalho;
2. Identificar os indicadores de qualidade de serviço / padrões utilizados em cada país;
3. Executar o primeiro *benchmarking*<sup>4</sup> sobre qualidade do serviço;
4. Identificar possíveis recomendações a serem feitas a organismos internacionais em matéria de qualidade dos estudos de *benchmarking*, de serviço.

<sup>4</sup> A expressão *benchmarking* foi utilizada pela primeira vez, para fins administrativos, pela Xerox Corporation, para definir uma política de melhoria da qualidade dos seus serviços. Além de estudar práticas comerciais bem sucedidas de outras empresas, o diferencial foi fazê-lo de forma contínua e sistemática (Spadolini, 2005).

Os países que fizeram parte do último *benchmarking* publicado em 2008, são membros da União Europeia, exceto a Noruega. São eles: Áustria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Hungria, Itália, Lituânia, Luxemburgo, Países Baixos, Polónia, Portugal, România, Eslovênia, Espanha, Suécia e Reino Unido<sup>5</sup> (CEER, 2008). Inicialmente faziam parte do grupo apenas Itália, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha e Reino Unido (CEER, 2001).

Desde o início dos trabalhos foram identificadas as semelhanças entre os padrões utilizados para definir a qualidade do serviço. Os parâmetros identificados, desde o primeiro *benchmarking*, são a avaliação da qualidade comercial relacionada ao atendimento ao cliente, da qualidade de tensão e, ainda, da continuidade do fornecimento (CEER, 2001, 2003, 2005, 2008). Segundo constatação do trabalho finalizado em 2001, a avaliação da qualidade era realizada pela maioria dos países, embora com normas diferentes para cada local. Comparações superficiais, com base em parâmetros distintos entre si, indicaram diferenças significativas de desempenho, cujas causas vão desde fenômenos naturais, até configurações da rede e densidade de clientes. A principal conclusão apontou para a necessidade de realização de mais trabalhos que indicassem como reguladores podem estabelecer os valores para continuidade do fornecimento (CEER, 2001).

O acompanhamento das interrupções de longa duração, não programadas, é feito por todos os países do grupo. Para tanto, é considerada de longa duração a falta de fornecimento por um período superior a 3 minutos, exceto para a Holanda, que contabiliza a partir de 1 minuto, e os países que consideram duração igual ou superior a 3 minutos, que são França, Lituânia, Reino Unido e a Região da Valônia, na Bélgica (CEER, 2008).

Alguns reguladores, durante o período de coleta dos dados do 4º *benchmarking* (CEER, 2008), já estavam considerando áreas com características distintas, como redes rurais e urbanas, para avaliação de indicadores. Foram identificados 7 países que realizam esta diferenciação: Itália, Portugal, Espanha, Lituânia, Eslovênia, Reino Unido e Romênia.

A Itália classifica 300 municípios de acordo com a densidade populacional. Em locais com até 5.000 (cinco mil) habitantes, aplica-se a classificação baixa densidade. Os semi-urbanos possuem entre 5.000 (cinco mil) e 50.000 (cinquenta mil) habitantes e os de alta densidade, acima de 50.000 (cinquenta mil).

Portugal classifica as cidades, de acordo com zonas. A zona A, urbana, compreende as principais cidades e localidades com mais de 25 mil consumidores. A zona B, semi-urbana, possui entre 2.500 (dois mil e quinhentos) a 25 mil clientes. E a zona C, rural, inclui localidades com menos de 2.500 (dois mil e quinhentos) pontos de atendimento.

A classificação espanhola apresenta mais divisões para áreas rurais. Esta é dividida em área concentrada e zonas rurais dispersas. A primeira compreende municípios de províncias com 200 (duzentos) a 2 mil clientes. Os municípios com menos de 200 (duzentos) clientes e os consumidores isolados dos centros comerciais, que não são residenciais ou industriais, pertencem a zonas rurais dispersas. Áreas urbanas envolvem municípios em províncias com mais de 20 mil pontos de atendimento, embora façam parte desta classificação as capitais provinciais, que possuem menos de 20 mil clientes. Finalmente, as áreas semi-urbanas abrangem municípios em províncias que tem entre 2.000 (dois mil) e 20.000 (vinte mil) clientes, exceto as capitais provinciais.

Os dados dos indicadores, na Lituânia, são separados para cada Operador do Sistema de Distribuição, de acordo com a classificação em urbana e rural. Cidades grandes ou pequenas, municípios, vilas ou assentamentos humanos com mais de 500 habitantes são considerados urbanos. As demais áreas são rurais.

A classificação Eslovênia tem diferencial por considerar critérios como empregabilidade. Além dos locais com mais de 3.000 habitantes, são considerados assentamentos urbanos os locais que têm entre 2.000 e 2.999 habitantes ou acima de 1.400 habitantes, desde que tenha superávit de postos de trabalho. Uma terceira classificação para áreas urbanas considera uma combinação de critérios, não descrita no documento. Todos os outros locais são considerados rurais.

No Reino Unido há 22 grupos de redes de distribuição, definido pelo regulador do sistema, com características físicas semelhantes, todos em média tensão. Diante disso, são feitas comparações e estabelecidos parâmetros de referência dentro de cada grupo.

O documento não traz especificações sobre a classificação urbana/rural da Romênia. Apenas apresenta os níveis de tensão a partir dos quais são apresentados os indicadores de continuidade. Para baixa tensão são considerados valores menores ou iguais a 1kV. Os de média tensão compreendem entre 1kV e até 110 kV. Quando em 110 kV são classificados como alta tensão e, acima deste valor, fazem parte do sistema de transmissão.

Em relação aos Indicadores de continuidade, segundo o CEER (2008), eles são de interesse do consumidor, a princípio, apenas para interrupções em seu ponto de conexão. Sendo assim, os mais adequados são a frequências das interrupções para clientes individuais durante o ano e a duração delas. Entretanto, a não praticidade do acompanhamento dos índices para cada cliente, além da maneira como os dados são coletados, tem acarretado na divulgação apenas das médias do sistema.

Embora mencionados desde o primeiro *benchmarking*, a expressão para o cálculo dos indicadores foi apresentada no último (CEER, 2008). Entre eles, o SAIDI - *System Average Interruption Duration Index* e o SAIFI - *System Average Interruption*

---

<sup>5</sup> Comparação feita com a lista do site oficial da União Europeia. Disponível em: [http://europa.eu/abouteuropa/index\\_pt.htm](http://europa.eu/abouteuropa/index_pt.htm). Acesso em 29 de maio de 2011.

*Frequency Index* são os mais usuais. A seguir serão apresentados os indicadores utilizados, em nível de distribuição, nos países que já utilizam classificação para áreas urbanas e rurais, citados anteriormente.

#### **SAIDI – System Average Interruption Duration Index**

Indica a quantidade média de tempo, por ano, que o fornecimento é interrompido num conjunto de clientes, considerando todos os níveis de tensão ou aquele utilizado para análise (CEER, 2008). Sua interpretação é análoga ao DEC - Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, utilizado no Brasil, embora este seja expresso em horas e centésimos de hora (ANNEL, 2000). O SAIDI é expresso por minutos por clientes por ano e calculado utilizando a expressão 1:

$$SAIDI = \sum_i \frac{N_i \times r_i}{N_t} \quad (1)$$

Em que:

$N_i$ : número de consumidores atingidos para cada evento;

$r_i$ : intervalo de tempo para restauração, para cada evento;

$N_t$ : número total de clientes no sistema para o qual o índice é calculado.

#### **SAIFI – System Average Interruption Frequency Index**

Utilizado para o cálculo do número médio de vezes por ano que o fornecimento a um consumidor é interrompido. De forma análoga, expressa o mesmo que o FEC - Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, no Brasil, mas expressa também o número de interrupções e centésimos do número de interrupções. Seu cálculo, para interrupções por cliente por ano, é feito a partir da expressão 2:

$$SAIFI = \sum_i \frac{N_i}{N_t} \quad (2)$$

#### **CML – Customer Minutes Lost**

Utilizado no Reino Unido em vez de SAIDI.

#### **CI – Customer Interruptions**

Também empregado no Reino Unido, mas em lugar do SAIFI, entretanto, expressa o número de interrupções por 100 clientes por ano.

#### **TIEPI – Tiempo de Interrupción Equivalente de la Potencia Instalada**

Usado na Espanha e em Portugal para quantificar o tempo médio em que o fornecimento a um consumidor é interrompido. Seu cálculo tem como base a expressão 3:

$$TIEPI = \sum_i \frac{S_i \times r_i}{S_t} \quad (3)$$

Em que:

$S_i$ : soma dos valores de todos os transformadores de baixa e média tensão interrompidos, além da energia contratada por consumidores de alta e média tensão interrompidos.

$S_t$ : total de todos os transformadores de baixa e média tensão, mais a energia total contratada por consumidores de alta e média tensão conectados ao sistema.

#### **NIEPI – Número de Interrupciones Equivalentes a la Potencia Instalada**

Empregado na Espanha, como alternativa para o SAIFI. Calculado a partir da expressão 4, para quantificar o número médio de interrupções no fornecimento.

$$NIEPI = \sum_i \frac{S_i}{S_t} \quad (4)$$

#### **ENS - Energy Not Supplied**

Expressa a energia que teria sido fornecida, caso não tivesse havido qualquer interrupção. Seu cálculo se dá pela soma da energia não fornecida em cada evento, expressão 5:

$$ENS = \sum_i E_i \quad (5)$$

Em que:

$E_i$ : energia não fornecida por interrupção.

Todos os indicadores e considerações levantadas nos estudos europeus visam garantir a disponibilidade do serviço. Os dados apresentados nesta revisão bibliográfica são de países que consideram as divisões ou classificações das áreas urbanas/rurais, a fim de mostrar a tendência em particularizar o atendimento, inclusive com melhorias dos indicadores que mensuram as

interrupções individuais. Entretanto, não foi encontrado documento que trate de indicadores específicos para áreas rurais, que por sua vez recebem classificações diversas, onde se adotou como referência os mais usuais.

## INDICADORES DE CONTINUIDADE EM ÁREAS URBANAS E RURAIS BRASILEIRAS.

Nas áreas urbanas brasileiras o acompanhamento da continuidade do fornecimento às unidades consumidoras ligadas à rede de distribuição é regulamentado pela Resolução ANEEL N° 024, de 27 de janeiro de 2000. Revogada em 15 de dezembro de 2009 pela Resolução Normativa ANEEL N° 395, estabelece que o Indicador de Continuidade representa, de forma quantificável, o desempenho do sistema elétrico. Para efeitos de medição, é considerada interrupção a não disponibilidade de tensão elétrica (fase e/ou neutro) à unidade consumidora (ANEEL, 2009).

De modo geral, os indicadores consideram a duração e a frequência das interrupções, para um conjunto atendido ou individualmente. A descrição de todos eles encontra-se na tabela 2. Quando há apuração de um grupo de unidades atendidas, consideram-se o DEC e o FEC. Estes são usados para mensurar o intervalo de tempo e o número de vezes que, em média, ocorreu descontinuidade na distribuição de energia elétrica em cada unidade no conjunto considerado. Individualmente, o DIC e o DMIC representam, respectivamente, o intervalo de tempo em que ocorreu descontinuidade na distribuição e o tempo máximo de interrupção contínua em uma unidade consumidora ou ponto de conexão. Já o FIC, de forma análoga ao FEC, afere o número de interrupções, entretanto, o faz para cada unidade consumidora ou ponto de conexão (ANEEL, 2000).

<i>Indicador</i>	<i>Descrição</i>
<b>DEC</b>	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>DIC</b>	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
<b>DMIC</b>	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
<b>FEC</b>	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
<b>FIC</b>	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão

*Tabela 2: Descrição dos indicadores de continuidade brasileiros para redes de distribuição (Fonte: ANEEL, 2000)*

Com relação ao meio rural, a obrigatoriedade do atendimento com energia elétrica aos domicílios brasileiros, por meio da Lei de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica, trouxe o desafio de atender a locais distantes do sistema interligado. Neste contexto, a tecnologia fotovoltaica tem sido adequada às necessidades energéticas em locais onde há restrição da extensão da rede convencional. Entretanto, ao passo que alguns recursos energéticos (candeeiros, lâmpíões, velas, por exemplo) são substituídos em função da chegada da energia solar fotovoltaica, há uma mudança no modo de vida das pessoas. Estas passam a se adaptar a nova forma de viver e aos equipamentos elétricos, até então impossíveis de serem utilizados. As interrupções do fornecimento, neste caso, vão de encontro ao propósito de atender os usuários dos sistemas fotovoltaicos com qualidade.

Como foi mencionado anteriormente, devido às particularidades da tecnologia fotovoltaica e dos locais onde é feito o atendimento através da mesma, a ANEEL publicou a Resolução Normativa N° 083/2004, que estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração por Fontes Intermitentes - SIGFI's. As fontes de energia intermitentes são definidas pela ANEEL como "recurso energético renovável que, para fins de conversão em energia elétrica pelo sistema de geração, não pode ser armazenado em sua forma original".

A resolução supracitada também estabelece critérios de avaliação da qualidade dos serviços, por meio de indicador de continuidade individual. Todas as recomendações se adequam aos sistemas fotovoltaicos domiciliares que fazem parte dos SIGFI's. O indicador de continuidade utilizado para contabilizar as interrupções do fornecimento em SIGFI's considera a quantidade e o tempo decorrido durante cada uma delas. A obtenção de valores apuráveis, relativos às reclamações, é feita com base na expressão 6 (ANEEL, 2004a):

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (6)$$

Em que:

DIC: Duração das Interrupções por Unidade Consumidora considerada, expressa em horas e por período de observação;

i: Índice da interrupção na unidade consumidora, no período de observação, variando de 1 a n;

n: Número de interrupções na unidade consumidora considerada, no período de observação; e

t(i): Tempo de duração da interrupção (i) na unidade consumidora considerada, no período de observação, expressa em horas.

De acordo com resolução específica, o cálculo do DIC é feito considerando o momento em que o usuário comunica a interrupção formalmente à concessionária. Os padrões de referência atuais são de 216 horas/mês e de 648 horas/ano (ANEEL, 2004a). Cabe ressaltar que para os usuários receptores da energia através da rede, a interrupção do sistema elétrico com duração igual ou superior a 3 (três) minutos é considerada Interrupção de Longa Duração.

A partir da comunicação formalmente estabelecida os valores são utilizados para gerar os indicadores de continuidade. Neste caso, é feito o registro da causa do problema, da quantidade de unidades atingidas e também do momento em que ocorreu o início e o restabelecimento da interrupção (ANEEL, 2000). A título de exemplo, a partir das informações coletadas durante o desenvolvimento do trabalho de campo, podemos considerar a situação hipotética para um usuário de SFD, descritas no quadro 1.

Durante o período de 1 mês, por exemplo, o usuário entra em contato com a central de atendimento da concessionária duas vezes, ou seja, o valor de  $n$  será 2. Para cada situação, a partir do telefonema, o atendente identifica a possível falha a partir da descrição do problema pelo usuário. Neste momento, o local onde será feito o reparo é identificado através do código do sistema ou dos dados do usuário. A partir de então é iniciada a contagem do tempo  $t(i)$  de duração da interrupção. Na primeira, o tempo gasto para acionar a equipe que fará o reparo, a verificação da disponibilidade de equipamentos, identificação do local e de como encontrá-lo até a chegada e correção do reparo chegou a 150 horas, ou ainda 6 dias e 6 horas.

Supondo que tenha sido feita a troca da bateria e que o sistema tenha voltado a operar normalmente, mas que após duas semanas ele voltou a apresentar problemas. Neste caso, houve falha no controlador de carga, que deixou de operar, causando mais uma vez dano na bateria. Os técnicos foram levados a acreditar que a falha foi apenas na bateria e, por isso, não levaram novo controlador. A chegada ao local do reparo, a partir da formalização da reclamação, levou apenas 1 dia. Entretanto, o problema não foi reparado devido à falta do controlador.

A equipe retornou ao local após 5 dias, pois a chuva tornou a estrada intransitável por dois desses dias e os técnicos foram direcionados para atender outros chamados em locais de mais fácil acesso e. Ao valor  $t(i)$  anterior foram acrescentados mais 6 dias. Logo o DIC para este mês de referência, nesta residência, será de:

$$DIC = \sum_{i=1}^2 t(i) = 150 + 144 = 294 \text{ Horas}$$

**CONCLUSÃO:** O valor mensal deste DIC ultrapassou em 78 horas as 216 horas estabelecidas na resolução.

Quadro 1: Exemplo de cálculo do DIC para um consumidor atendido com SFD.

A fim de atender as reclamações formais dos consumidores que utilizam SIGFI's, a concessionária deve dispor de sistemas de atendimento acessíveis aos mesmos. Esta política já é regulamentada no intuito de registrar as interrupções no fornecimento de energia e estruturar uma logística que seja adequada à reposição dos componentes do sistema (ANEEL, 2004a). No entanto, as observações de campo mostram que o atendimento tem sido feito de forma semelhante ao que é realizado junto aos clientes da rede convencional. Para os sistemas fotovoltaicos, o mínimo exigido é o serviço de atendimento telefônico contínuo, gratuito e "acessível de qualquer localidade de sua área de concessão" (ANEEL, 2000).

Uma comparação a ser feita deve considerar o fato das localidades que não recebem o atendimento com serviço de energia elétrica, dificilmente têm acesso aos meios de comunicação como consumidores atendidos pelo sistema interligado. Se fossem considerados o tempo  $t(i)$  desde a identificação da falha pelo usuário, no exemplo anterior, o valor calculado para o DIC seria ainda maior.

Para definição dos parâmetros do DIC em sistemas fotovoltaicos domiciliares, foram tomados como referência os piores valores estabelecido na Resolução Nº 024/2000 para unidades consumidoras localizadas em áreas não urbanas, multiplicado pelo fator 6 (seis). Esta determinação consta em Nota Técnica de Nº 012, de audiência pública para "regulamentação da prestação do serviço público de fornecimento de energia elétrica às comunidades isoladas por meio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes – SIGFI, em 01 de março de 2004 (ANEEL, 2004b).

A resolução tomada como referência estabelece que, a partir de janeiro de 2004, os padrões de DIC e FIC deveriam estar de acordo com metas anuais de DEC e FEC, apresentadas na tabela 3. Sendo assim, os valores a serem referenciados para o DIC anual e mensal, em SFD's, são de 648 e 216 horas, respectivamente. Contudo, a Resolução Normativa ANEEL Nº 083/2004, estabeleceu que houvesse, a partir de janeiro de 2008, novos padrões de atendimento com base nos relatórios enviados à agência, pelas concessionárias (ANEEL, 2004a). Entretanto, os novos padrões ainda não foram publicados<sup>6</sup>.

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 <1kV situadas em áreas não-urbanas					
	DIC (horas)			FIC (interrupções)		
	Anual	Trimestral	Mensal	Anual	Trimestral	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	<b>108</b>	54	<b>36</b>	87	44	29

Tabela 2: Padrões de continuidade para unidades consumidoras de áreas não-urbanas (Fonte: adaptado de ANEEL, 2000).

Os dados a serem enviados semestralmente à ANEEL pelas distribuidoras que utilizam SIGFI's são em pequena quantidade. Segundo informações passadas por um funcionário da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição – SRD da ANEEL<sup>7</sup>, até início de 2009 poucas distribuidoras coletavam esses dados por não utilizarem essa tecnologia. Dentre elas, a COELBA do Estado da Bahia tem feito acompanhamento mais detalhado, embora também haja informações da CEMIG Distribuição S.A – CEMIG-D, da Companhia Energética de Minas Gerais.

<sup>6</sup> Última consulta em 30 de maio de 2011.

<sup>7</sup> Informações recebidas por e-mail em 21 dez. 2010.

Embora existam critérios para compensação financeira para o atendimento convencional, ainda não há penalização para os serviços prestados com os SIGFI's. O que pode ser feito pela ANEEL, neste caso, é o processo de fiscalização no caso de reclamação pelos consumidores, de acordo com informações de um funcionário da SRD, da ANEEL. A fonte ressalta que existem dificuldades para o acompanhamento e fiscalização dos indicadores para os SIGFI's, tendo em vista que esses atendimentos são menos usuais e, geralmente, afastados dos centros urbanos<sup>8</sup>.

Conforme citação anterior, não há penalidade para violação das metas de continuidade na prestação dos serviços de provimento de energia elétrica utilizando SIGFI's. A título de conhecimento, a Resolução ANEEL N° 024 traz considerações sobre os valores limites a serem compensados financeiramente para usuários do atendimento convencional. De acordo com a Resolução supracitada, caso ocorra violação de mais de um indicador individual de continuidade, o que apresentar maior valor, dentre os calculados para cada um deles, deverá ser compensado. Os valores limites, de acordo com os indicadores que forem violados são os que seguem (ANEEL, 2000):

- a. 10 (dez) vezes o valor do "CM"<sup>9</sup>, no caso de violação de padrão mensal;
- b. 30 (trinta) vezes o valor do "CM", no caso de violação de padrão trimestral; e,
- c. 120 (cento e vinte) vezes o valor do "CM", no caso de violação de padrão anual.

Tais valores dificilmente seriam utilizados para interrupções em SIGFI's, pois não há utilização do sistema de distribuição, uma vez que os sistemas são isolados. O que se tem até o presente é a expectativa pelo aperfeiçoamento da Resolução Normativa N° 083/2004, pela Agência Nacional de Energia Elétrica, no intuito de torná-la mais flexível quanto ao uso de novas tecnologias para fornecimento de energia elétrica, em locais não-urbanos e isolados. Por considerar relevante e indispensável o atendimento por fontes não convencionais este trabalho da ANEEL poderá acarretar em, além de novos parâmetros de continuidade, o pagamento de compensação financeira às unidades consumidoras atendidas fora dos parâmetros de qualidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Discutir sobre qualidade do fornecimento de energia elétrica envolve tanto aspectos técnicos, quanto comerciais, ou ainda de prestação de serviços. Quando se trata de atendimento às localidades isoladas, ilhas ou zonas rurais, os indivíduos beneficiados passam a ter esperanças de melhorias, principalmente em relação ao aumento da produtividade. Entretanto, não se resume a isto: os habitantes recém eletrificados querem o conforto de ter acesso à informação televisiva, poder transitar dentro de suas casas à noite, além de benefícios comunitários, como iluminação de escolas e melhor funcionamento de postos de saúde.

Um dos objetivos dos programas de universalização ao acesso a energia elétrica é a redução do êxodo rural. O acesso a energia elétrica traria melhores condições de vida a estes indivíduos. No entanto, os sistemas fotovoltaicos domiciliares convencionalmente instalados nas zonas rurais apresentam limitações quanto ao atendimento de cargas maiores, que vão além dos sistemas de iluminação. Os usuários desses sistemas conhecem os benefícios que a eletricidade pode proporcionar e passam a ansiar por novas utilizações, principalmente para fins produtivos. Mesmo supondo que a necessidade mais facilmente atendida, em termos de disponibilidade energética, seja a iluminação, surge o desafio de levá-la com qualidade.

De acordo com os resultados da pesquisa, a verificação dessa qualidade nos países em fase de expansão da eletrificação ainda não existe ou encontra-se na etapa de registro das informações relacionadas com as interrupções no fornecimento. Neste sentido, demanda-se o uso destas informações para o aprimoramento das políticas de gestão da qualidade dos serviços prestados. Caso o fornecimento seja realizado com sistemas fotovoltaicos, a correta operação e manutenção dos sistemas são fundamentais para garantir a viabilidade técnica e econômica desta tecnologia nos programas de eletrificação rural.

No caso do Brasil, em localidades eletrificadas, o indicador utilizado é o DIC, que mensura a quantidade de tempo que uma unidade consumidora permanece sem energia elétrica. Além disso, há de se considerar a adoção do FIC, que registra a frequência destas interrupções, bem como outros que possam facilitar a implantação de projetos com qualidade. Contudo, a ausência de informações, bem como a necessidade de estabelecimento das condições de atendimento a locais ainda não eletrificados, tem dificultado o trabalho de aprimoramento da Resolução Normativa ANEEL N° 083/2004. Esta trata dos parâmetros de qualidade do atendimento através de sistemas fotovoltaicos. Desta maneira, o Brasil, assim como outros países que adotaram o uso de novas tecnologias para atendimento a locais ainda não eletrificados, passa por este momento de avaliação da implantação e de suas consequências.

A pesquisa também mostrou que no Brasil as questões voltadas para fiscalização da energia fornecida e dos serviços prestados ainda é desconhecida por agentes envolvidos. Tanto por parte da agência nacional reguladora (ANEEL), que ainda não publicou novos parâmetros, como estabelece a resolução vigente, quanto das distribuidoras de energia que utilizam a tecnologia solar fotovoltaica. O que se percebe é que os problemas têm surgido nos últimos anos, relacionadas principalmente com a vida útil dos equipamentos, e especial das baterias, e com o aumento crescente do consumo de energia pelas famílias atendidas. Os Estados do Norte e Nordeste do Brasil são os que têm apresentado os maiores indicadores de aumento do consumo. Além disso, apresentam potencial para receberem novas tecnologias, que também envolve o atendimento a consumidores isolados.

---

<sup>8</sup> Informações recebidas por e-mail em 21 de dezembro de 2010.

<sup>9</sup> "CM = média aritmética dos valores pagos pelo uso do sistema de distribuição de energia elétrica (rede de distribuição), correspondentes aos meses do período de apuração do indicador" (ANEEL, 2000).

Experiências internacionais apresentam uma tendência de queda da qualidade, quando os preços são regulados sem que haja padronização das características de fornecimento. De acordo com relato da Itália, Países Baixos e Reino Unido, a regulação pode influenciar na qualidade da energia fornecida através da rede. Tanto que estabeleceram diferentes tipos de regulamentação. A primeira delas, mais indireta, atua através da publicação de estatísticas de qualidade. Depois são aplicadas sanções quando a interrupção ultrapassa o limite estabelecido nas normas. Finalmente, as empresas recebem incentivos, de acordo com as metas alcançadas. Podem ser penalizadas quando não as cumpram, ou recompensadas quando ultrapassam a meta. Na Itália, tais ações levaram a melhorias na qualidade. Embora ainda não haja um método de comparação entre o serviço prestado pela empresa e um valor agregado a isto.

Os dados levantados apresentam o Brasil como um país num momento de implantação de projetos, numa etapa inicial, com vistas ao amadurecimento de novas formas de levar energia elétrica aos usuários. Os indicadores para acompanhamento da qualidade dos serviços prestados, bem como da energia fornecida, ainda são direcionados para aplicações através da rede. Pode-se afirmar que até o momento não há informações suficientes para estabelecer parâmetros para sistemas isolados, uma vez que estes não foram passados à ANEEL e os projetos piloto são em caráter experimental.

Cabe chamar a atenção de que o uso de indicadores que visam garantir a qualidade do serviço de energia elétrica nas áreas rurais constitui uma desafiadora questão. Embora exista o marco legal, no Brasil, seu cumprimento na forma de registro e comunicação fica em mãos das empresas concessionárias de energia. Isso, na maior parte dos casos, não está sendo realizado de forma eficaz e, ao lado disso, a fiscalização também não foi acionada. O que fica claro é que a realidade do meio rural eletrificado com sistemas fotovoltaicos é muito diferente às áreas urbanas onde as empresas estão acostumadas a atuar. Portanto, garantir a qualidade do serviço envolve diversas questões que vão desde o desenho e implantação do projeto, a utilização de materiais e equipamentos adequados, o envolvimento dos usuários na gestão, a existência de técnicos locais para a manutenção, entre outros aspectos. No entanto, a existência desses indicadores no arcabouço legal é um passo adiante para o funcionamento pleno da tecnologia inserida num meio social.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, C. B. (2011). Qualidade do fornecimento de energia elétrica em sistemas isolados segundo o parâmetro de continuidade DIC. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC – UFABC, Santo André, Brasil: <http://pgene.ufabc.edu.br/>
- ANEEL (2000). Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa Nº 024, de 27 de janeiro de 2000. Diário Oficial da União – DOU de 25/01/2006, seção 1, p. 54, v. 143, n. 18, Brasília.
- \_\_\_\_\_. (2004a). Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa Nº 83 de 20 de setembro de 2004. Diário Oficial da União – DOU de 24/09/2004, seção 1, p. 126, v. 141, n. 185, Brasília.
- \_\_\_\_\_. (2004b). Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica Nº 012 de 01 de março de 2004. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Último acesso em 30 de maio de 2011.
- \_\_\_\_\_. (2009). Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa Nº 395, de 15 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União – DOU de 24/12/2009, seção 1, p. 227, v. 146, n. 246, Brasília.
- Barros, B. F. de; Borelli, R. e Gedra, R. L. (2010). Gerenciamento de Energia: ações administrativas e técnicas de uso adequado de energia elétrica, 1ª edição, Editora Érica, São Paulo.
- CEER (2001). Council of European Energy Regulators. Quality of electricity supply: initial benchmarking on actual levels, standards and regulatory strategies. *Milano: Autorità per l'energia elettrica e il gas*, apr. 2001.
- \_\_\_\_\_. (2003). Second Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply. *Milano: Autorità per l'energia elettrica e il gas*, Sept. 2003.
- \_\_\_\_\_. (2005). Third Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply. *Milano: Autorità per l'energia elettrica e il gas*, Dec. 2005.
- \_\_\_\_\_. (2008) 4º Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply. *Milano: Autorità per l'energia elettrica e il gas*, Dec. 2008.
- Hassin, E. S. (2003). Continuidade dos serviços de distribuição de energia elétrica: análise regulatória, correlação dos indicadores e metodologia de compensação ao consumidor. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, Brasil.
- Spendolini, M. J. (2005). Benchmarking. Traduzido por Villa, C. F. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

## ABSTRACT

The present work treats on the quality indicators of the service of electric energy. For in such a way some aspects of the regulatory mark related with this topic in the management of the programs of rural electrification with photovoltaic solar energy in Brazil will be presented. Of complementary form, one searched information on the use of quality indicators in the developing countries and in the Europeans. The quarrel developed in the article emphasizes the problematic one related with the use of the applied quality indicators, mainly, in solar home systems (SHS's). The employed methodology was based on bibliographical revision e, additionally, in work of field developed to materialize research concluded in 2011 related with the theme of the quality of the supply of electric energy.

**Keywords:** rural electrification, photovoltaic solar energy, continuity of the supply, quality indicators.