



XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

| | | |
|---|---|---|
| Daniela de Freitas Souza | Daniel Sarmento de Freitas | ANA CHRISTINA ROMANO MASCARENHAS |
| Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia | Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia | Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia |
| dfsouza@coelba.com.br | daniel.freitas@celpe.com.br | acmascarenhas@neoenergia.com |

Sistema Solar Fotovoltaico Pituaçu: Aplicação da nova regulamentação para minigeração

Palavras-chave

Energia Fotovoltaica

Energia Solar

Minigeração Distribuída

Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

Resumo

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), foi implementado no estádio de futebol Gov. Prof. Roberto Santos (Pituaçu), localizado na região urbana da cidade de Salvador-BA. O projeto é o primeiro dessa natureza no país e previu a aquisição dos equipamentos, instalação, operação e acompanhamento do desempenho do gerador solar fotovoltaico, de potência nominal aproximada de 400 kWp. A energia gerada no local supre cargas do estádio e o excedente é injetado na rede de distribuição da concessionária que, por sua vez, alimenta as cargas do estádio quando a geração não é suficiente. Trata-se do primeiro cliente cativo de uma concessionária de distribuição de energia elétrica que participa do Sistema de Compensação de Energia, modelo conhecido internacionalmente pelo termo “Net-Metering”, no qual a energia ativa gerada compensa a energia ativa consumida, contabilizadas com medidor bidirecional. O alimentador que atende o estádio tem seu pico de demanda diurno atenuado com a disponibilidade da geração solar, considerando o perfil comercial das cargas que atende. A iniciativa, pioneira na América Latina, tem o objetivo de fomentar a utilização de fontes de energia renováveis, em especial a solar fotovoltaica, transformando assim o mercado de energia, através do exemplo, e estimulando o seu desenvolvimento.

1. Introdução

A demanda mundial por eletricidade cresce rapidamente. A evolução tecnológica deixa a população cada dia mais dependente dos recursos energéticos, e há a necessidade de garantir o acesso ao insumo básico do

desenvolvimento econômico e social: a energia elétrica. Segundo o “World Outlook Energy 2011” publicação da International Energy Agency (IEA), estima-se que 1.3 bilhões de pessoas não tem acesso à rede de energia elétrica no mundo. No Brasil, dados do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE mostram que 728.512 domicílios brasileiros sem acesso à energia elétrica, o que totaliza cerca de 2,4 milhões de pessoas[1] vivendo sem eletricidade no país. Esses números demonstram a necessidade de viabilizar novas formas de geração de energia, respeitando o modelo do desenvolvimento sustentável, e que é preciso pensar em formas de atingir o objetivo de ampliação do setor energético sem contribuir para a degradação do meio ambiente.

O grande desafio do Brasil nas próximas décadas em relação ao setor energético é buscar atender os crescentes requisitos de energia, satisfazendo princípios de segurança, economia, eficiência, qualidade, garantia universal e sustentabilidade. As crescentes pressões ambientais sobre a exploração do potencial hidráulico, localizado em sua maior parte na região norte do país, e os recursos energéticos situados cada vez mais distantes dos grandes centros consumidores tem feito cada vez mais necessária a criação de novas soluções. Conforme se pode ver na Figura 1, a fonte de energia hidrelétrica responde por 74% do total da matriz energética do país.

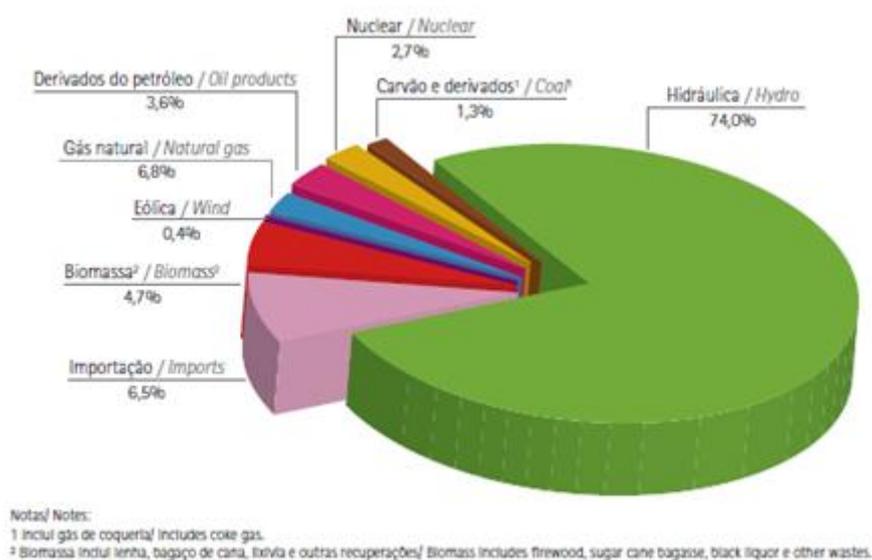


Figura 1 - Composição da matriz energética brasileira.

Diante do cenário apresentado do setor energético, os sistemas de geração fotovoltaicos despontam como promissoras fontes de energia, já que a região de instalação precisa apenas satisfazer algumas condições ambientais relativas à radiação solar adequada. O Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPTEL, 2004, p. 23) informa que a incidência de energia solar por ano no planeta é equivalente a 10.000 vezes o consumo energético no mesmo período. O território brasileiro é privilegiado nesse aspecto, pois está situado relativamente próximo à Linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações de radiação na duração solar do dia, o que torna a energia solar uma alternativa muito interessante ao país.

De acordo com o Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA, 2000), a radiação solar no Brasil varia de 8 a 22 MJ/m² durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem entre maio e julho, quando a radiação varia de 8 a 18 MJ/m². Os dados mostram que o nordeste brasileiro tem médias anuais comparáveis às melhores regiões do mundo em termos de radiação solar, a exemplo da cidade de Dongola no deserto do Sudão (TIBA, 2000, p. 19). A Figura 2 mostra o detalhamento da média anual no país.

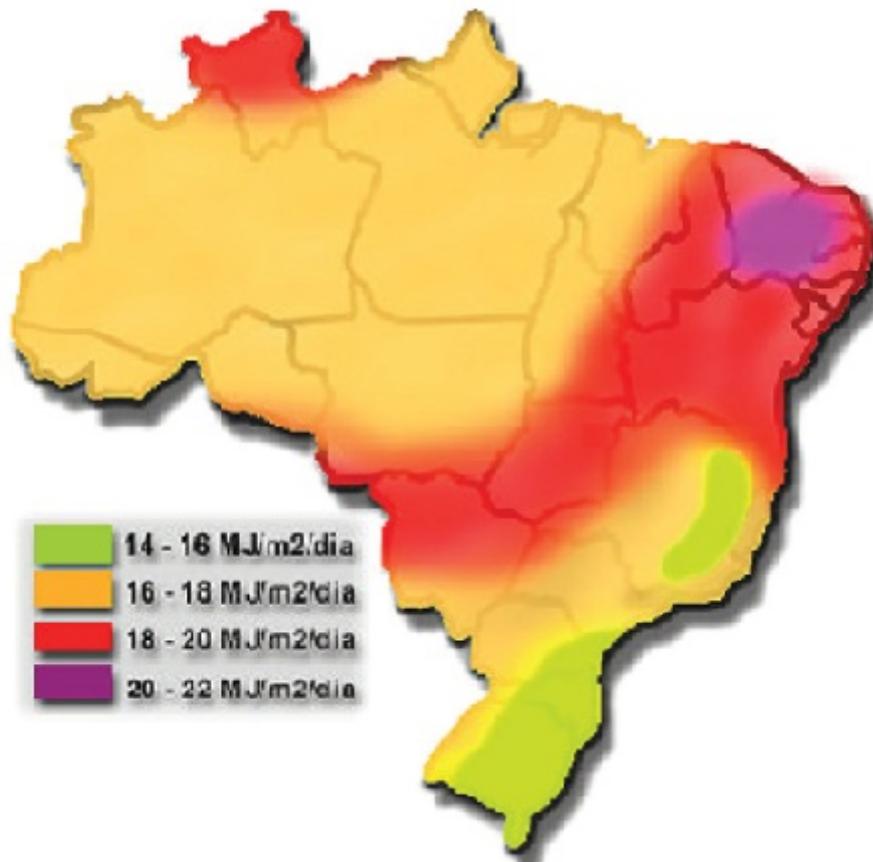


Figura 2 - Variação da radiação da variação solar no Brasil

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a energia fotovoltaica poderia suprir o total de energia elétrica consumida no ano de 1998 no Brasil:

Tomando-se como referência um índice médio global de radiação solar no Brasil de 1.800 kWh/m² ao ano, o consumo total de energia elétrica em 1998 (cerca de 300 TWh) e uma eficiência de conversão de 12%, seriam necessários 1.400 km² de coletores solares (0,016% do território nacional), o que corresponde a somente 5% da área alagada por usinas hidrelétricas no Brasil (2002, p.16).

A produção solar de energia não modifica o equilíbrio térmico do planeta, os equipamentos utilizam parte da energia irradiada pelo sol como eletricidade útil antes de ser degradada em forma de calor para o meio ambiente, não existem emissões de CO₂ ou gases tóxicos durante as etapas de geração, comuns quando tratamos de produção de energia a partir de combustíveis fósseis. Então, a geração fotovoltaica acaba sendo menos danosa ao meio ambiente, o que explica as crescentes adesões a esse tipo de energia nos diferentes países do mundo. A Figura 3 do relatório “*Renewables 2011 Global Status Report*” mostra que apenas no ano de 2010 houve no mundo crescimento de 72% no investimento em energia solar fotovoltaica (considerando os sistemas conectados ou não-conectados à rede) e 81% em energia solar fotovoltaica conectada à rede. Fazendo a comparação com o período de cinco anos – 2005-2010 – infere-se que o mundo percebeu a viabilidade do uso da energia solar na geração de energia elétrica.

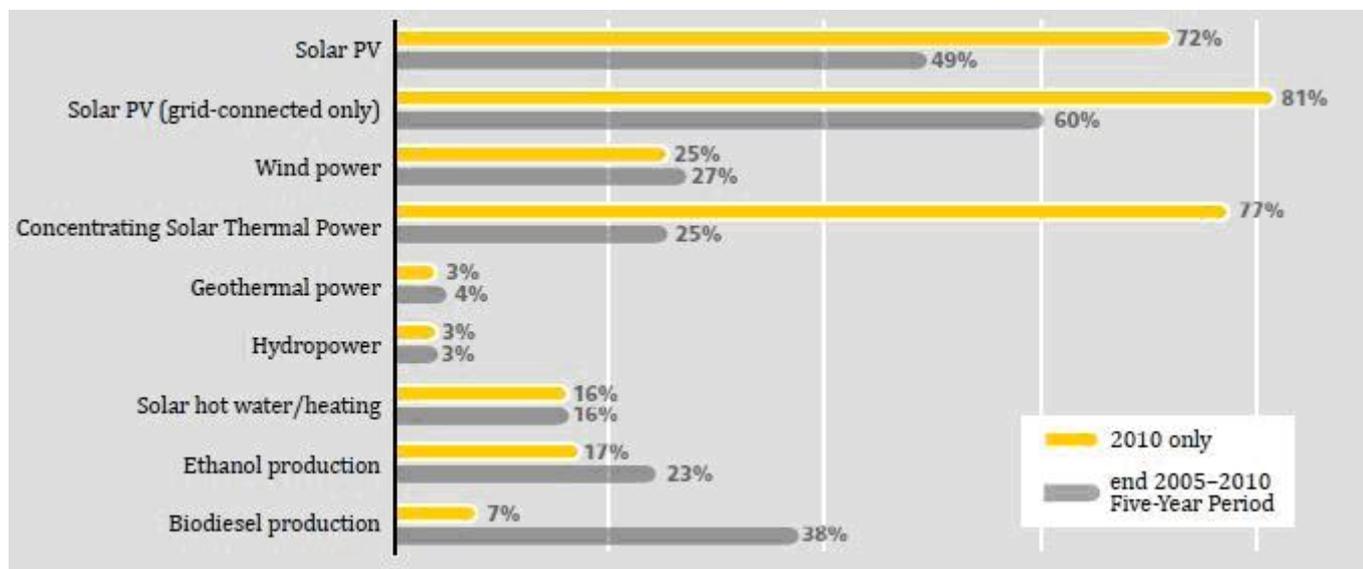


Figura 3 - Média anual de taxas de crescimento da capacidade das energias renováveis e produção de biocombustíveis 2005-2010.

Uma das soluções encontradas atualmente, que alia geração limpa à eficiência energética, são os chamados Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). Essa tecnologia vem apresentando alta taxa de adesão em diferentes países do mundo, e queda gradual nos custos de implantação, apesar de ainda se mostrar uma alternativa cara frente a outras soluções. Previsões dão conta que os SFCRs tornar-se-ão competitivos para utilização em larga escala em 20 anos

Com os SFCRs há o benefício da descentralização da produção energética, uma vez que através deles é possível trazer a geração para mais perto das cargas e dos centros urbanos, que são os que mais demandam energia elétrica, tornando o sistema mais acessível e reduzindo custos relativos à transmissão, já que as cargas estarão mais próximas à geração. Essa modalidade de produção de energia é chamada de Geração Distribuída (GD). Segue definição da ANEEL em sua Nota Técnica nº 0025/2011-SRD-SRC-SRG-SCG-SEM-SRE-SPE/ANEEL:

Pode-se conceituar geração distribuída, de maneira genérica, como aquela localizada próxima aos centros de carga, conectada ao sistema de distribuição ou na própria unidade consumidora, de pequeno porte e não despachada pelo ONS. No entanto, não há consenso no meio acadêmico sobre o tamanho dessa geração [...] (2011, p. 3).

As centrais geradoras descentralizadas oferecem uma série de vantagens, dentre elas: A) o atendimento rápido ao crescimento da demanda, por ter tempo de implantação inferior a um empreendimento de grande porte; B) o aumento da estabilidade do sistema elétrico, pela existência de reservas de gerações distribuídas; C) a redução das perdas na transmissão e adiamento nos investimentos relativos à ampliação do sistema elétrico; D) redução dos impactos ambientais nas geradoras que fazem uso de energias renováveis.

Seguindo a tendência em investimento em fontes renováveis de energia, o grupo Neoenergia – COELBA percebeu a importância de dar um passo em direção ao futuro e instalou o SFCR no estádio de futebol Governador Professor Roberto Santos, localizado na região urbana de Salvador, capital da Bahia. O sistema tem potência nominal aproximada de 400 kWp e é composto por módulos fotovoltaicos de silício amorfo e silício mono cristalino, instalados na cobertura, estacionamento e adjacências do estádio. O projeto é pioneiro na América Latina e será, provavelmente, replicado em outros estádios do país, principalmente frente à perspectiva de novos estádios para Copa do Mundo de 2014.

2. Desenvolvimento

O sistema fotovoltaico de que trata este documento foi instalado no Estádio Governador Roberto Santos, localizado no bairro de Pituvaçu, em Salvador. Possui capacidade para 31.677 espectadores, sendo mais conhecido como Estádio Metropolitano de Pituvaçu e tem 400 kWp de potência real instalada. Na Figura 4 pode-se ver a planta de localização na qual se observam as regiões onde foram instalados os painéis fotovoltaicos.

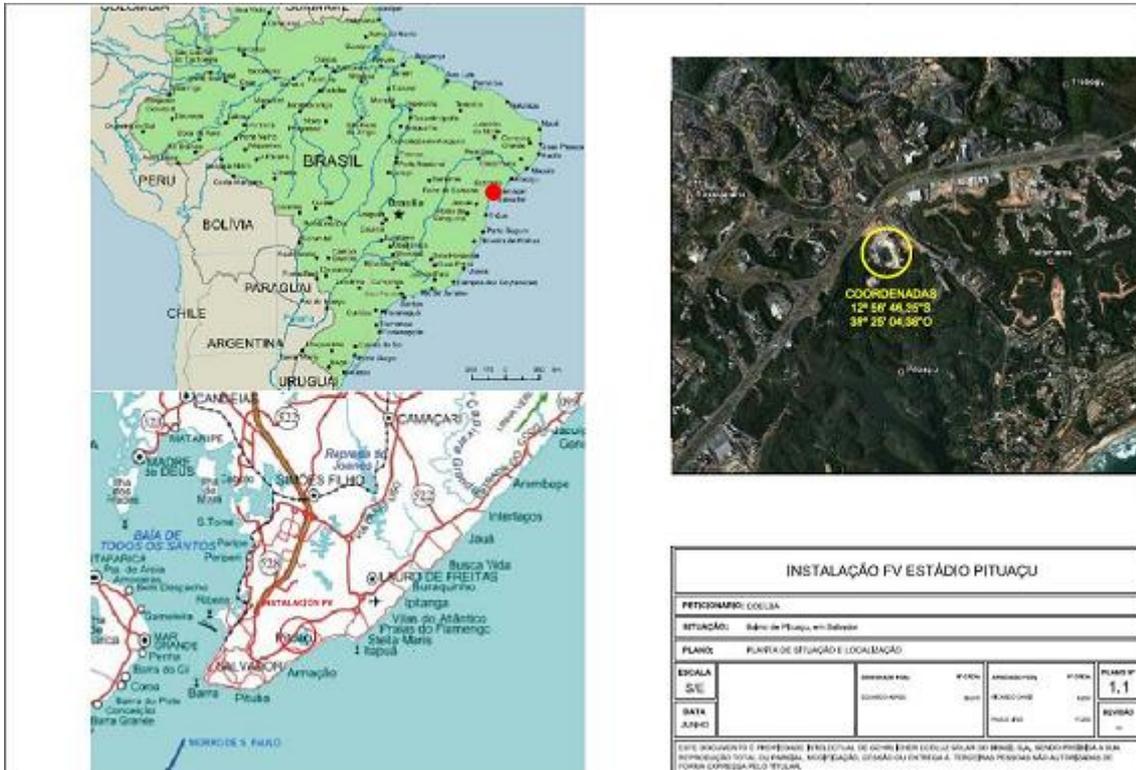


Figura 4 - Planta de localização e situação.

O Estádio foi dividido em 8 áreas, conforme se mostra na Figura 5, para que o estudo de implantação dos módulos fotovoltaicos fosse feito respeitando as características de uso e estrutura de cada local. Na cobertura das arquibancadas, áreas 3 e 4 da Figura 5, o sistema será composto por módulos fotovoltaicos de silício amorfo (a-Si) modelo PVL-144 do fabricante Uni-Solar, do tipo filme fino flexível, que formam um total de cerca de 237,888 kWp. Foi escolhida esta tecnologia devido à sua melhor produtividade em climas quentes, além de ser adequada às limitantes de sobrecarga de 7 Kg/m² das coberturas, áreas 3 e 4 da Figura 5. Em estudo anterior, desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foram analisadas as plantas arquitetônicas das coberturas do estádio, principalmente quanto ao sombreamento e à resistência a sobrecargas nas principais coberturas disponíveis. Optou-se por utilizar os referidos módulos fotovoltaicos flexíveis de silício amorfo, por serem bastante leves.

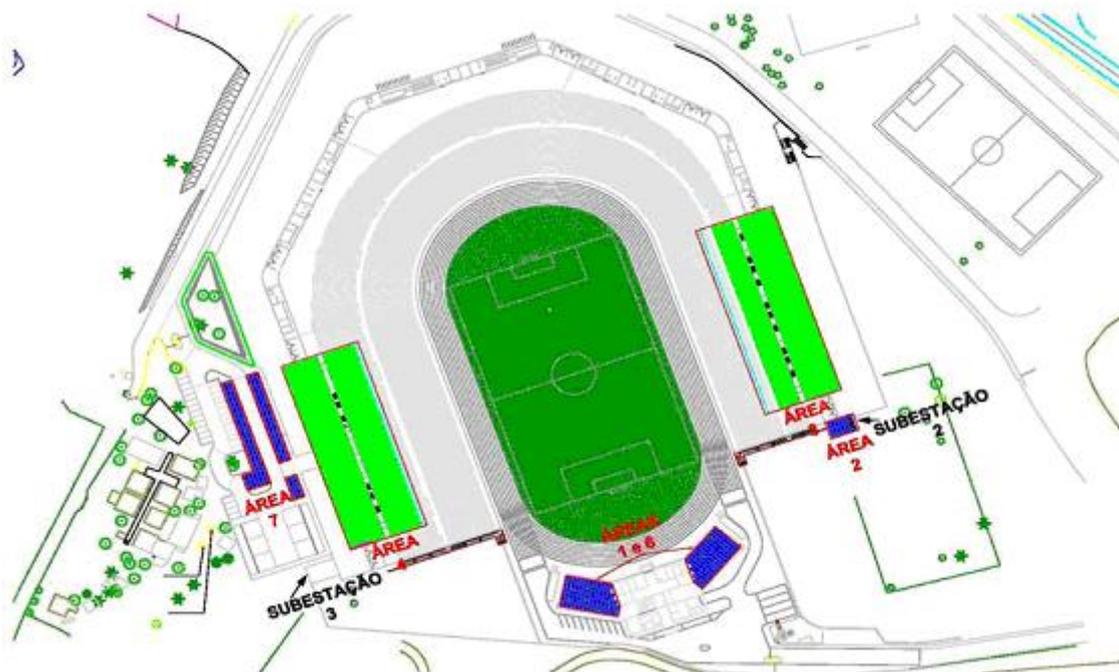


Figura 5 - Planta geral da instalação.

Para as outras coberturas (áreas 1, 2, 6 e 7), Figura 5, os módulos que foram usados são de silício monocristalino de alto rendimento do fabricante Yingli Solar, modelo 260C-30b Panda, formando um total de 170,030 kWp, cumprindo com a carga máxima exigida de 30 Kg/m².

Os módulos fotovoltaicos da marca Uni-Solar foram conectados a 33 inversores monofásicos da marca SMA, modelo SMC7000 HV, com tensão de operação AC de 220V. Os módulos fotovoltaicos da marca Yingli, modelo 260C-2b, foram conectados a 16 inversores Sunny Mini Central da marca SMA modelo SMC8000TL e 3 inversores Sunny Tripower da marca SMA modelo STP10000TL. Os inversores CC/CA foram instalados em salas elétricas, já existentes, exclusivas ao sistema fotovoltaico.

Os inversores foram ligados diretamente ao secundário dos transformadores já existentes no estádio, e a conexão em média tensão será feita no sistema de distribuição da concessionária local.

O sistema fotovoltaico contempla os seguintes equipamentos principais (conforme mostra a Figura 6):

1. Módulos Fotovoltaicos;
2. Inversores CC-CA;
3. Sistema de Medição de Energia;
4. Sistema de Aquisição de Dados.

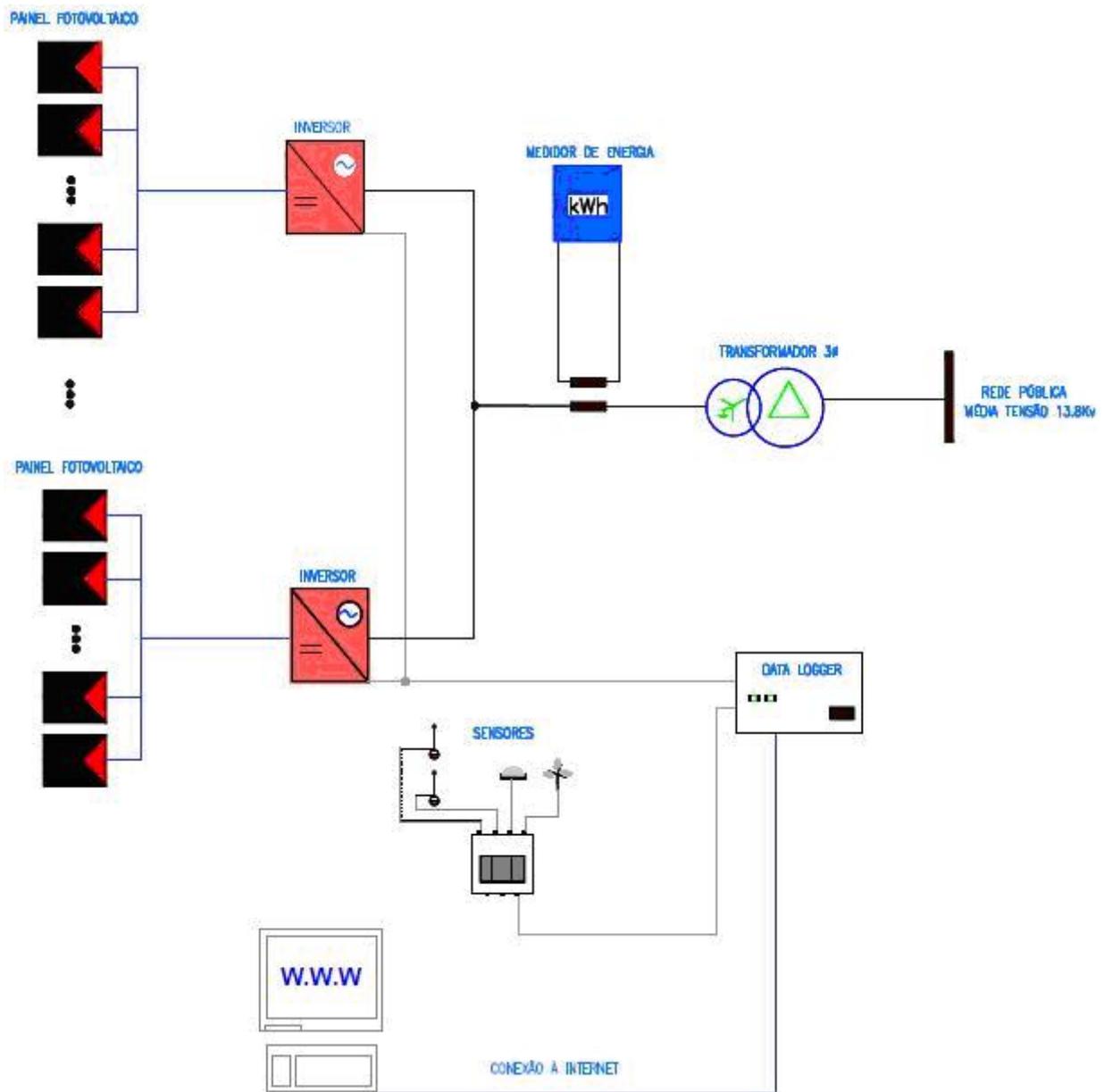


Figura 6 - Diagrama de bloco do sistema fotovoltaico.

Inversores CC/CA

A topologia dos inversores propostos para o sistema fotovoltaico é do tipo mini-central, descentralizado. Com inversores com esta topologia, eventuais reparos ou substituições nos equipamentos são feitos com maior velocidade, reduzindo o *downtime* de operação. Por serem de pequeno porte, o custo de equipamentos reservas tende a ser menor, se comparado aos custos de grandes inversores centrais. Além de facilidade na manutenção, inversores de pequeno porte garantem maior eficiência global do sistema devido a menores perdas por *mismatching* (não homogeneidade entre a potência máxima de módulos individuais “idênticos”). Os módulos fotovoltaicos da Uni-Solar foram conectados aos 33 inversores monofásicos da marca SMA modelo SMC7000 HV com tensão de operação AC de 220V. Os módulos fotovoltaicos da Yingli Solar foram conectados a um total de 15 inversores Tripower da marca SMA modelo STP10000TL. Os inversores CC/CA foram instalados em salas elétricas exclusivas ao sistema fotovoltaico.

Salas Elétricas e Conexão à Rede

O Estádio Pituáçu possui três subestações de energia. As salas elétricas que seriam destinadas aos grupos geradores nessas subestações são utilizadas para instalação dos inversores. A energia gerada pelo sistema

fotovoltaico é interligada na rede elétrica interna do estádio. A saída dos inversores é conectada ao secundário, de baixa tensão, dos transformadores.

Com relação às tensões de regime permanente e carregamento de circuitos, verificam-se condições adequadas de operação da Usina Solar Fotovoltaica (USF) Pituauçu, nas configurações extremas de carga do sistema (carga mínima e carga máxima). Verificou-se ainda, através de estudos, que mesmo em caso de desconexão total dessa geração, não ocorrerão variações de tensão no ponto de conexão desse cliente.

A Energia Gerada e a Legislação

Segundo o Decreto nº 5.163, de 30 de Junho de 2004 o projeto da USF de Pituauçu se enquadra no conceito de Geração Distribuída (GD), aquela proveniente de fontes renováveis de energia e com potência instalada inferior a 30MW.

A geração por pequenos geradores próximos às cargas traz muitos benefícios para o sistema elétrico, porque posterga investimentos em expansão dos sistemas de distribuição e transmissão, reduz o carregamento das redes, reduz as perdas ôhmicas, melhora o nível de tensão da rede no período de carga pesada e tem baixo impacto ambiental.

Os diversos modelos de medição e incentivo às GDs variam em diferentes lugares do mundo, sendo utilizados na atualidade os seguintes:

A. Tarifa *Feed-in*

Consiste no pagamento de uma tarifa mais vantajosa pela compra da eletricidade paga aos centros geradores, que utilizam energias renováveis, superior em comparação com as fontes convencionais. Essa tarifa diferenciada é garantida por um determinado período, de 10 a 20 anos, prazo estimado para que as tecnologias renováveis atinjam a paridade de preços com as fontes não-renováveis.

B. Quotas

Neste sistema é estabelecida uma parcela de energia a ser compulsoriamente comprada pelas distribuidoras, para cada fonte de energia que se deseja incentivar, e o custo final é repassado para o consumidor.

C. “*Net-Metering*”

Trata-se de um sistema de medição bidirecional, que mensura tanto a energia consumida quanto a energia injetada na rede, a partir do ponto de conexão da unidade consumidora. Registra-se o valor líquido de energia no ponto de conexão, de forma que o consumidor só pagará o resultante entre energia ativa consumida menos energia ativa gerada. Caso a geração seja maior que a carga, o consumidor recebe créditos de energia (em kWh) ou dinheiro na próxima fatura e, em caso contrário, pagará apenas o excedente de consumo, considerando a potência gerada para a rede.

D. Certificados de Energias Renováveis

As centrais geradoras recebem certificados que atestam a quantidade de energia renovável a ser produzida, assim ela pode ser comercializada em mercado especificamente criado para tais certificados. Essa modalidade de venda de energia é interessante para empresas que têm políticas ambientais ou que precisam alcançar determinada meta de sustentabilidade.

No âmbito da regulamentação das GDs a Nota Técnica nº 0025/2011-SRD-SRC-SRG-SCG-SEM-SRE-SPE/ANEEL propôs alterações em Resoluções e nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) para reduzir barreiras existentes para a conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição e também alterar os descontos da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD e na Tarifa de uso do Sistema de Transmissão – TUST para usinas que utilizam a fonte solar. As contribuições apresentadas na Consulta Pública nº 015/2010 da ANEEL – que teve o objetivo de colher pareceres técnicos e subsídios sobre o tema de geração distribuída de pequeno porte, a partir de fontes renováveis conectada em tensão de distribuição – convergem para a opinião de que há viabilidade operacional para as distribuidoras realizarem a medição e contabilização das energias injetadas e consumidas pelos consumidores com geração instalada.

Dessa forma, o Sistema de Compensação de Energia, ou *Net-Metering*, mostra-se possível de ser aplicado na realidade do sistema energético brasileiro e de forma geral ele foi proposto num formato muito similar ao aplicado em outros países. Foi recomendado na Nota Técnica que a energia gerada seja transformada em créditos de energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo na fatura do mês subsequente, tendo esses créditos validade de 12 meses. A energia gerada seria valorada com o peso igual ao estabelecido para a respectiva tarifa de energia da carga.

Em Resolução Normativa nº 482 divulgada no dia 17 de Abril de 2012, a ANEEL definiu as condições gerais para a Geração Distribuída – no caso específico da microgeração e minigeração, estabelecendo critérios para operação e medição. A Resolução enquadra o tipo de geração do projeto de Pituáçu, conforme segue:

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras(2012, p. 1).

Portanto, a USF Pituáçu fica classificada como minigeração, submetida à normatização da resolução supracitada, que ainda estabelece o modelo de medição a ser adotado que considera o saldo entre energia gerada e consumida. Em conformidade com o que foi apresentado na Nota Técnica nº 0025/2011, a Resolução Normativa nº 482 estabelece, entre outros itens:

1. O modelo adotado para medição de energia elétrica é o Sistema de Compensação de Energia (*Net Metering*), no qual a energia ativa gerada compensa o consumo de energia ativa consumida, o que pode gerar créditos de energia ativa, no caso de a geração ser maior que o consumo, com validade de 36 meses;
2. O prazo de 240 dias para que as Distribuidoras adequem os seus sistemas comerciais, elaborem ou revisem normas técnicas para tratar do acesso a microgeração e minigeração distribuída.

É importante destacar que o período de pico de geração da USF Pituáçu raramente irá coincidir com o pico de carga, de forma que consumo e geração irão ocorrer em períodos diferentes. A geração acontecerá no período do dia e a operação do estádio ocorre normalmente no período da noite. A energia consumida do Estádio de Pituáçu, medida entre maio de 2010 e abril de 2011, foi de 358.272 kWh e tomando por base a estimativa de geração de 630.000kWh/ano percebe-se que cerca de 272.000 kWh/ano deverá ser injetado na rede.

3. Conclusões

O uso dos SFCRs surge como opção para geração distribuída, mostrando-se bastante interessante, principalmente em centros urbanos, porque aproxima a geração de eletricidade dos centros consumidores, o que fatalmente reduz as perdas decorrentes da transmissão de energia e reduz emissões de CO2 por utilizar a energia solar como fonte primária de sua geração. Cabe destacar que a GD não deve ter o objetivo de substituir as grandes plantas de geração, mas sim o de diversificar a matriz energética, adiar o investimento na ampliação do sistema e descentralizar a produção de eletricidade, estimulando a autossuficiência energética local.

Por conta do Plano Decenal de Energia 2020 (PDE 2020), da EPE, percebe-se a urgente necessidade do

Brasil em incentivar o uso de fontes renováveis de energia. Conforme se pode ver pela Figura 7, a porcentagem de energias renováveis precisa crescer 46,2% até o ano de 2020. Tendo em vista o aumento do consumo por parte da população, estimado pelo mesmo PDE 2020 em mais de 134.000.000 Toneladas Equivalente de Petróleo (TEP), conclui-se que será um enorme desafio para o país alcançar essa meta.

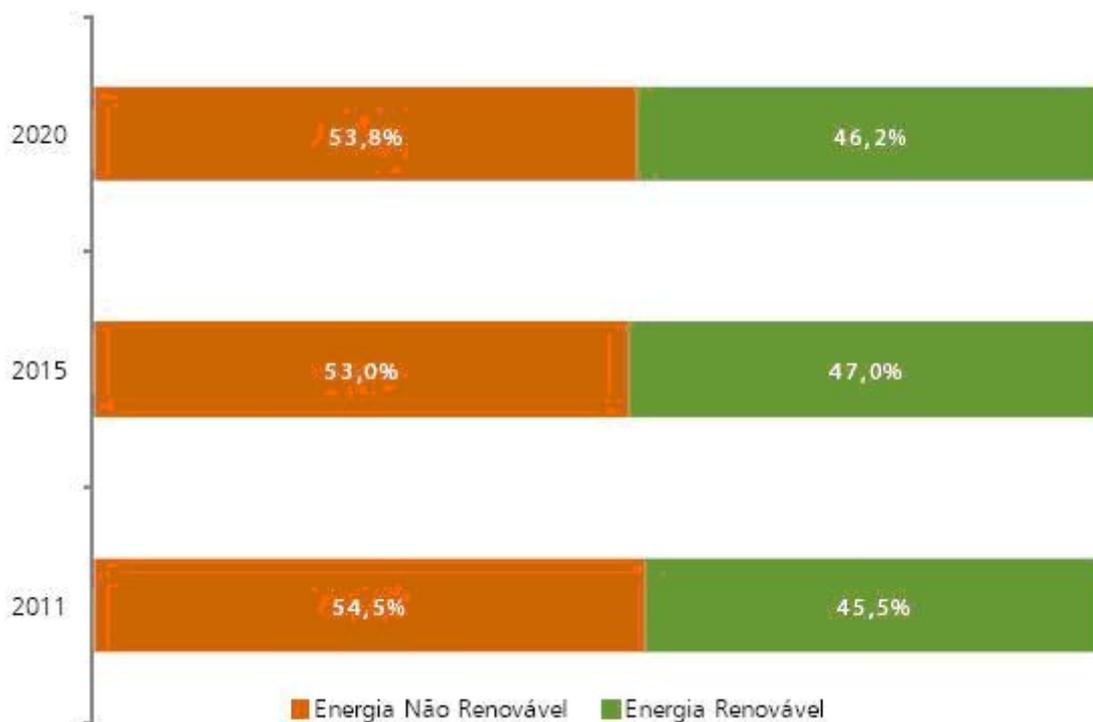


Figura 7 - Matriz energética brasileira: energia renovável vs. não renovável.

É premente que haja incentivos fiscais e financeiros aos produtores de energias limpas, para que o preço de produção de eletricidade torne-se competitivo no mercado, frente a outras fontes de geração. No caso específico da energia fotovoltaica, além dos citados incentivos financeiros e fiscais é importante que se estimule a criação de indústrias nacionais que produzam os componentes dos sistemas fotovoltaicos. Assim, será possível diminuir gradualmente os preços relativos à tecnologia solar, possibilitando a paridade dos preços da energia gerada pelas SFCRs com os preços praticados no mercado.

O Projeto de Pituaçu foi objeto de discussões que em muito contribuíram para formatação do Sistema de Compensação de Energia recém normatizado pela ANEEL. Abrindo, então, precedente para que outras iniciativas da mesma natureza sejam implantadas, torna-se pioneiro também como primeiro SFCR implementado em estádio de futebol da América Latina. A energia injetada na rede aliviará o carregamento do alimentador durante o período de geração, as perdas relativas à distribuição serão reduzidas de maneira significativa, já que o estádio se localiza em região urbana, ou seja, próximo à região com alta densidade de carga. A concessionária se antecipou à adequação do seu sistema comercial, mesmo antes da Resolução Normativa nº 482, facilitando o atendimento do prazo de 240 dias determinado pela ANEEL. Através de sistema de aquisição de dados elétricos e ambientais, o desempenho do sistema pode ser monitorado em tempo real de qualquer ponto com acesso remoto via internet. Os resultados da geração são colhidos e armazenados para alimentar banco de dados sobre a geração fotovoltaica, para que o sucesso do modelo implantado seja de fato constatado e replicado por todo o país.

O projeto estimula o mercado de energias limpas na região, reduz impactos sócio-ambientais, com benefícios de duração em longo prazo, estimado em 20 anos. Respeita o conceito de desenvolvimento sustentável e torna-se referência em se tratando de SFCRs. Sob o prisma da Copa do Mundo de 2014, percebe-se que a possibilidade de replicação do projeto de Pituacu em outros estádios em construção ou reforma, e a experiência prévia ajudará as futuras instalações a prever possíveis limitações ou problemas e o modelo de compensação de energia aplicado poderá ser avaliado em aplicação piloto.

4. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Consulta Pública nº 015/2010**. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20T%C3%A9cnica_0043_GD_SRD.pdf >. Acesso em: 30 de mar. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 0025/2011-SRD-SRC-SRG-SCG-SEM-SRE-SPE**. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/042/documento/nota_tecnica_0025_gd.pdf >. Acesso em: 29 de mar. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 0043/2010-SRD**. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20T%C3%A9cnica_0043_GD_SRD.pdf >. Acesso em: 29 de mar. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional: Módulo 1 – Introdução**. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Módulo1_Revisao_5.pdf >. Acesso em: 26 de abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional : Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Módulo1_Revisao_5.pdf >. Acesso em: 26 de abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional : Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição**. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Módulo1_Revisao_5.pdf >. Acesso em: 26 de abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de Abril de 2012**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >. Acesso em: 27 de abr. 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2011: Ano base 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto nº 6.353, de 16 de Janeiro de 2008**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6353.htm. Acesso em: 03 abr. 2012.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P13&uf=00>> . Data de acesso: 28 de mar. 2012.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Outlook Energy 2011**. Paris, 2011.

QUAGLIA, R. B.; OLIVEIRA, S. H. F. **Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica como Geradores Distribuídos: Situação recente no PVPS-IEA e no cenário brasileiro**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 7., Campinas – SP: Nipe Unicamp, 2008.

TIBA, C. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000.

[1] : Foi utilizado para o cálculo o valor da média de moradores em domicílios particulares ocupados, por situação do domicílio e localização da área, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação