

Projeto de Implantação de Sistemas Fotovoltaicos em Áreas Degradadas e Recuperadas Ambientalmente

Deployment Project of Photovoltaic Systems in Degraded Areas and Environmentally Recovered

Giuliano Arns Rampinelli

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Araranguá, SC

giuliano.rampinelli@ufsc.br

Julio César Quintão Gomes

Centro Tecnológico do Carvão Limpo

Associação Benfíciente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina - SATC,

Criciúma, SC

julio.gomes@satc.edu.br

Resumo: Os sistemas fotovoltaicos convertem energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico e podem ser conectados à rede elétrica. Atualmente, no Brasil, o setor está em processo de normatização e regulamentação e estima-se que, nos próximos 10 anos, serão investidos 17 bilhões de reais e instalados 5 GW_p de potência. Esses sistemas de potência podem ser integrados em edificações ou instalados em solo. Este trabalho descreve a proposta de implantação de sistemas fotovoltaicos em áreas degradadas de recuperação ambiental na região carbonífera de Santa Catarina. Atualmente, estão mapeados 5759 hectares de áreas degradadas para recuperação. A instalação de sistemas fotovoltaicos tem a finalidade de produzir conhecimento técnico e científico sobre a geração de energia elétrica a partir da energia solar e sua inserção na matriz energética brasileira e proporcionar, também, um destino para a área recuperada, garantindo a preservação da mesma e evitando ocupações irregulares, beneficiando comunidades que foram diretamente impactadas pela extração do carvão mineral, gerando emprego e renda a partir de uma área sem perspectiva de uso futuro, devido restrições, podendo reduzir inclusive os custos da recuperação ambiental. O projeto deve respeitar critérios geotécnicos e de utilização e conservação do

Recebido em 16/11/2013 - Aceito em 31/01/2014.

RECEN 15(2) p. 291-305 jul/dez 2013 DOI: 10.5935/RECEN.2013.02.08

solo durante e após a instalação do sistema fotovoltaico detalhando a atividade que será desenvolvida sobre o local, cumprindo rigorosamente as exigências previstas e estabelecidas em lei.

Palavras-chave: áreas degradadas; energia solar; indústria carbonífera; recuperação ambiental; sistemas fotovoltaicos.

Abstract: Photovoltaic systems convert solar energy into electricity through the photovoltaic effect and can be connected to the grid. Currently in Brazil, the sector is in the standardization and regulation process. This paper describes the proposed deployment of photovoltaic systems in degraded areas of environmental restoration in the coal region of Southern Brazil. The installation of photovoltaic systems aims to produce scientific and technical knowledge on the generation of electricity from solar energy and its insertion in the Brazilian energy matrix. It is also intended to provide a destination for the recovered area, ensuring the preservation of it and avoiding irregular occupations, benefiting communities who were directly impacted by the extraction of coal, generating jobs and income from an area with no prospect of future use because of restrictions.

Key words: coal industry; degraded areas; environmental recovery; photovoltaic system; solar energy.

1 Introdução

A sociedade contemporânea do século XXI apresenta diversas demandas em diferentes áreas do conhecimento científico-tecnológico. O desenvolvimento econômico sustentável é um dos desafios fundamentais para que sejam alcançados níveis elevados de bem estar social e integração da atividade humana com o meio ambiente. Os propulsores da economia são capital investido, mão de obra e energia.

A geração de energia está baseada na utilização de combustíveis fósseis, como por exemplo, petróleo e seus derivados, carvão e gás natural. Esse modelo predominante tem impactos relevantes na natureza. É necessário que a sociedade organizada cons-

trua um novo modelo energético baseado no aproveitamento racional e sustentável de fontes não renováveis e renováveis de energia. A eficiência energética também deve ser destacada, afinal é imperativo aumentar a produtividade a partir da redução do consumo energético.

A participação das energias renováveis na matriz de energia elétrica aumentou 2,5% em 2011, atingindo 88,8%. Em 2011, condições hidrológicas favoráveis asseguraram aumento de 6,1% na produção de usinas hidroelétricas. Destaca-se ainda a forte expansão da energia eólica. A participação de energias renováveis na matriz energética brasileira manteve-se no elevado patamar de 44,1%, muito acima da média mundial de 13,3%, conforme a Agência Internacional de Energia [1]. A oferta interna de energia (total de energia demandada) cresceu 1,3% no país em 2011 ante 2010. Esse é um crescimento menor que o registrado pelo PIB que, conforme o IBGE, expandiu 2,7%. O menor crescimento da demanda de energia significa que a economia brasileira gastou menos energia para produzir a mesma quantidade de bens e serviços, aumentando a eficiência energética da economia em 2011 [1].

A geração hidráulica responde por cerca de 80% da geração de energia elétrica no Brasil, o que torna o país dependente de condições climatológicas. Para tornar a matriz de energia elétrica mais segura, é necessário diversificar a mesma a partir da inserção contínua e gradual de outras fontes de energia. Entre as energias renováveis, pode-se destacar a energia eólica, as diversas aplicações da energia solar, como a energia solar fotovoltaica, a energia solar termoelétrica, a energia solar térmica e a energia solar passiva, pequenas centrais hidroelétricas, biomassa, células combustíveis e o aproveitamento da energia das ondas e marés. Entre as energias não renováveis que participam da matriz de energia elétrica brasileira destacam-se os derivados de petróleo, gás natural, carvão e nuclear. Nos anos de 2010 e 2011 a participação do carvão foi da ordem de 1,5% [1].

Os sistemas fotovoltaicos são comumente classificados em três categorias: sistemas autônomos, híbridos e conectados à rede. Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) constituem a aplicação de energia solar fotovoltaica que tem apresentado a maior taxa de crescimento anual no mundo. Os módulos fotovoltaicos convertem energia solar em energia elétrica em corrente contínua. O arranjo fotovoltaico é co-

nectado a inversores que convertem energia elétrica em corrente contínua em energia elétrica em corrente alternada. Finalmente, os inversores entregam a energia convertida à rede elétrica e são responsáveis por manter os padrões de qualidade e segurança exigidos pelas companhias locais de abastecimento.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser integrados em edificações utilizando áreas já existentes ou podem ser instalados em áreas urbanas ou rurais disponíveis. O Brasil é um país que possui uma extensa área territorial, entretanto esse fato não elimina a necessidade de uma utilização e ocupação racional, permitindo as mais diversificadas atividades focadas no desenvolvimento sustentável do país. Nesse contexto, destacasse a possibilidade de desenvolvimento de projetos de instalação de sistemas fotovoltaicos em áreas de recuperação ambiental sem perspectiva de utilização futura devido restrições diversas.

Em 1980 a região carbonífera catarinense foi reconhecida, por decreto federal, como área crítica nacional, dado o estágio de degradação ambiental da mesma [2]. Em 1993, as empresas carboníferas, o Estado de Santa Catarina e a União Federal sofrem ação civil pública do Ministério Público Federal, visando à recuperação ambiental das áreas degradadas pela atividade mineradora. Os réus foram condenados a apresentarem projetos de recuperação para as áreas degradadas, compreendendo as áreas de depósitos de rejeitos, áreas mineradas a céu aberto e minas abandonadas, bem como o desassoreamento, fixação de barrancas, descontaminação e retificação de cursos d'água, além de outras obras que visem amenizar os danos sofridos principalmente pela população dos municípios-sede da extração e do beneficiamento [3]. Esse fato denota a extrema relevância da implantação, na região, de tecnologias limpas de produção e beneficiamento do carvão mineral, bem como das outras atividades industriais aí situadas, com o objetivo de assegurar a manutenção da qualidade dos mananciais e sua recuperação, se for o caso. A recuperação das áreas mineradas, pela recomposição da paisagem e o monitoramento das águas superficiais, subterrâneas e dos solos, permite propor novos usos às áreas. Entretanto, é importante ressaltar que a definição dos usos do solo mais apropriados a cada área deve considerar o tempo e grau de recuperação da qualidade ambiental, importantes parâmetros para o planejamento territorial de usos futuros de áreas degradadas, considerando suas aptidões, intenção

de uso e fragilidade dos meios físico e biótico [4].

Este trabalho descreve a proposta de projeto para implantação de sistemas fotovoltaicos em áreas degradadas de recuperação ambiental na região carbonífera de Santa Catarina. Atualmente, estão mapeados 5759 hectares de áreas degradadas para recuperação. A instalação de sistemas fotovoltaicos tem a finalidade de produzir conhecimento técnico e científico sobre a geração de energia elétrica a partir da energia solar e sua inserção na matriz energética brasileira e proporcionar, também, um destino para a área recuperada, garantindo a preservação da mesma e evitando ocupações irregulares, beneficiando comunidades que foram diretamente impactadas pela extração do carvão mineral, gerando emprego e renda a partir de uma área sem perspectiva de uso futuro devido restrições podendo reduzir, inclusive, os custos da recuperação ambiental. O projeto deve respeitar critérios geotécnicos e de utilização e conservação do solo durante e após a instalação do sistema fotovoltaico, detalhando a atividade que será desenvolvida sobre o local, cumprindo rigorosamente as exigências previstas e estabelecidas em lei. Evidentemente que os diversos impactos, entre eles os ambientais, da instalação de sistemas fotovoltaicos devem ser rigorosamente avaliados em todas as etapas do projeto de implantação do sistema piloto [5-8].

2 Inserção da energia solar fotovoltaica

As primeiras centrais fotovoltaicas com potências da ordem de 1 MW_p foram instaladas recentemente ou estão em fase de implantação no Brasil. A chamada nº 13/2011 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), denominada Projeto Estratégico: Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira aprovou diversos projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação de centrais fotovoltaicas entre 0,5 MW e 3 MW a serem desenvolvidos nos próximos anos, totalizando 24,4 MW.

Também se destacam, neste cenário promissor para o aproveitamento da energia solar fotovoltaica, iniciativas como a resolução normativa 482/2012 da ANEEL, na qual estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração (potências menores ou iguais a 100 kW) e minigeração (potências maiores que 100 kW e menores ou iguais a 1 MW) aos sistemas de distribuição de energia elétrica.

A CELESC Distribuição S. A. e outras distribuidoras de energia elétrica, recentemente, disponibilizaram manuais de procedimentos estabelecendo a regulamentação e requisitos necessários para a conexão de micro ou mini geradores de energia ao sistema elétrico das empresas. Outro marco importante que deve ser destacado é o programa brasileiro de etiquetagem de módulos fotovoltaicos e inversores do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). O atual processo de regulamentação elimina uma das maiores barreiras ao desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil. Krenzinger e Zilles estimam que no ano de 2020 os sistemas fotovoltaicos contribuam com cerca de 1% a 2% da geração de energia elétrica e que a potência acumulada será da ordem de 10 GW [9].

Enquanto isso, o preço dos módulos e inversores tem diminuído consideravelmente. Somando esses fatos ao potencial solar brasileiro e ao atual desenvolvimento de regulamentação, pode-se dizer que o futuro da energia solar fotovoltaica no Brasil é altamente promissor, para grandes centrais ou sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte. Estima-se que o investimento no setor, nos próximos 10 anos, será da ordem de R\$ 17 bilhões e que o preço médio que atualmente é da ordem de R\$ 450,00/MWh seja reduzido para valores da ordem de R\$ 150,00/MWh [10]. Com a geração distribuída, a energia solar fotovoltaica tende a ser ainda mais competitiva [9].

Analisando a evolução da capacidade mundial instalada de sistemas fotovoltaicos, fica evidente a importância que essa fonte de energia tem conquistado nos últimos anos na matriz energética de diversos países. No ano de 2000 a potência fotovoltaica instalada no mundo era de 1,4 GW, enquanto que, no final de 2012, a potência instalada era de aproximadamente 96,5 GW [11]. Em 2012 o mercado global de energia solar fotovoltaica estabilizou em níveis similares ao ano de 2011. A Alemanha instalou, em 2012, cerca de 7,6 GW, e continua sendo o país com a maior potência instalada acumulada, com aproximadamente 32 GW. A Itália, depois de instalar 9,3 GW, em 2011 e 3,3 GW, em 2012, tem uma potência fotovoltaica acumulada com cerca de 16,2 GW. Alemanha e Itália, geraram a partir da energia solar fotovoltaica, cerca de 5,6% e 5,75% da energia elétrica em 2012, respectivamente [11]. A China foi o segundo mercado de energia solar fotovoltaica em 2012, instalando cerca de 3,5 GW. Na sequência,

pode-se destacar os Estados Unidos e Japão com instalações fotovoltaicas, em 2012, de 3,3 GW e 2 GW, respectivamente. Atualmente, existem 13 países com capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos acima de 1 GW [11].

No ano de 2012, foram instalados aproximadamente 28,4 GW_p de potência fotovoltaica no mundo. No caso do Brasil, a realidade da energia solar fotovoltaica ainda está muito longe desses patamares. Paralelo a esse fato, a paridade de rede para sistemas fotovoltaicos já será atingida em 2013 para sistemas residenciais e estará muito próxima para sistemas industriais [12]. A paridade de rede será uma realidade altamente favorável à energia solar fotovoltaica para sistemas residenciais e industriais já no ano de 2016 [12].

Embora o Brasil ainda possua recursos hídricos para aumentar a sua matriz energética baseada nessa fonte de energia, a instalação de novas usinas hidrelétricas será dificultada por questões ambientais [13]. Além disso, as grandes distâncias das centrais aos centros de consumo farão com que os preços da energia se tornem maiores [13]. Podem-se enumerar diversos fatores importantes que, em meio ao cenário atual brasileiro, fazem da energia solar fotovoltaica uma excelente alternativa para a diversificação da matriz energética. Esses fatores são: perda de energia pela transmissão reduzida, uma vez que as unidades consumidoras encontram-se próximas ou, às vezes, são as próprias unidades geradoras; alto preço das tarifas de energia residencial; o alto potencial solar (variando de 1500 a 2200 kWh/m² ao ano) e a complementaridade existente entre sistemas hídricos e solares [13]. Em um cenário onde sistemas fotovoltaicos começarão a ser instalados, em um futuro próximo e onde a oferta de inúmeras tecnologias preenche o mercado mundial com preços e características diversas, a escolha correta dos módulos apropriados para uma determinada região é fundamental.

3 Procedimentos metodológicos

O projeto técnico-científico para implantação de sistemas fotovoltaicos em áreas degradadas e recuperadas ambientalmente deve ser dividido em quatro etapas:

- Levantamento de dados energéticos e ambientais; seleção e dimensionamento

dos equipamentos.

- Instalação e monitoramento das características elétricas e térmicas do sistema fotovoltaico e dos parâmetros ambientais.
- Análise e descrição dos impactos energéticos e ambientais.
- Capacitação técnica e transferência dos resultados.

O objetivo geral do projeto deve ser a instalação de um sistema fotovoltaico em uma área de recuperação ambiental sem perspectiva de utilização futura e a determinação experimental, através de uma instalação de dimensão efetivamente real, dos impactos energéticos da conversão de energia solar e sua distribuição na rede elétrica e os impactos ambientais nesta área visando à redução do custo da recuperação. Os objetivos específicos do projeto devem ser:

- Medir o recurso solar e parâmetros ambientais no local da instalação.
- Dimensionar, selecionar equipamentos e detalhar um projeto de um SFCR.
- Realizar simulações de possíveis sistemas fotovoltaicos em *softwares* comerciais.
- Estudar as características elétricas e térmicas das diferentes tecnologias de módulos destacando as vantagens e desvantagens de cada tecnologia.
- Estudar a otimização dos sistemas visando estabelecer as melhores combinações entre módulos e inversores.
- Garantir que os critérios de utilização e conservação do solo previstos em lei sejam respeitados.
- Instalar um sistema fotovoltaico e seus equipamentos de medidas para seu monitoramento na área recuperada ambientalmente.
- Monitorar o comportamento do sistema de geração fotovoltaica e a qualidade da energia injetada à rede.

- Monitorar, depois da instalação do sistema fotovoltaico, o comportamento da área recuperada ambientalmente.
- Realizar a avaliação técnica e econômica, incluindo projeção de custos no médio e longo prazo, vida útil, desempenho adequação ao clima local das distintas tecnologias de módulos.
- Analisar os resultados experimentais obtidos através da medição.
- Comparar dados experimentais com simulações e previsões anteriores.
- Analisar os parâmetros ambientais do solo.
- Comparar os parâmetros ambientais anteriores e posteriores à instalação do sistema fotovoltaico.
- Identificar áreas recuperadas ou em recuperação que podem receber sistemas fotovoltaicos similares.
- Capacitar tecnicamente profissionais na área de energia solar fotovoltaica.
- Transferir o conhecimento produzido a partir dos resultados do projeto.

Os critérios geotécnicos que devem ser respeitados para instalação do sistema fotovoltaico, compreendem as etapas de:

- Prévia caracterização do material que compõe o substrato na área de estudo, no intuito de recomendar áreas geotecnicamente adequadas para receber os sistemas fotovoltaicos.
- Monitoramento do comportamento da cobertura argilosa e de sua capacidade de suporte em caso de recebimento de sobrecargas, no intuito de verificar a eficiência da compactação que foi realizada.

Os critérios de utilização e conservação do solo durante e após a instalação do sistema fotovoltaico são os seguintes:

- Previsão de uma adequada conformação do terreno, para que a superfície topográfica não favoreça o escoamento superficial de alta energia, o que pode desencadear formação de sulcos erosivos. Também deve ser observado que a topografia não poderá ser demasiadamente aplainada, uma vez que favorecerá o acúmulo e infiltração de água para o interior do depósito de material contaminante.
- Independentemente da área escolhida, deve ser introduzida, ou mantida, vegetação de gramínea que, neste caso, por ser de pequeno porte, não sombreará os módulos fotovoltaicos, e protegerá o solo ante aos agentes erosivos.

O primeiro sistema fotovoltaico, que seria referência para outros sistemas similares, seria instalado em uma área degradada já recuperada ambientalmente e que está em processo de monitoramento. A figura 1 apresenta a área referida.



Figura 1. Área degradada recuperada ambientalmente.

Esta área é propriedade da empresa Carbonífera Criciúma S.A. que foi responsável pela recuperação. Atualmente a área encontra-se em processo de monitoramento dos parâmetros ambientais. A Carbonífera Criciúma S.A. vem desenvolvendo uma série de projetos que contemplam antigos passivos ambientais cujas áreas demandaram a caracterização física e biótica com vistas à implantação de projetos de monitoramento e de recuperação ambiental.

A comparação e análise do desempenho entre diversos e diferentes sistemas fotovoltaicos podem ser realizadas mediante análise de um conjunto de índices, denominados de índices de mérito técnico de sistemas fotovoltaicos. A análise do desempenho do sistema fotovoltaico baseia-se nos índices de mérito, utilizados pelo programa de avaliação energética da Comunidade Econômica Europeia, em seu programa de avaliação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede [14]. Essa metodologia de análise necessita que a instalação fotovoltaica seja monitorada por um período mínimo de um ano para que sejam conhecidos os índices médios mensais e, por consequência, o desempenho energético do sistema fotovoltaico conectado à rede.

As instalações fotovoltaicas conectadas à rede comumente incorporam um sistema de monitoramento experimental que tem a vantagem de retornar dados reais e confiáveis, mas implica a necessidade de equipamentos de medidas adequados e tempo para aquisição dos dados. Os índices de mérito técnico também podem ser obtidos mediante simulação computacional, que tem a vantagem de não requerer equipamentos e ensaios e tem uma rápida resposta dos resultados. O índice de *performance ratio* (PR) é comumente utilizado para avaliação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Esse índice relaciona a energia real gerada por um determinado SF com a energia máxima que teoricamente seria gerada e é expresso em porcentagem. Diversos são os fatores que fazem com o PR seja inferior a 100, como por exemplo, acúmulo de poeira sobre os módulos, perdas elétricas nas conexões entre os módulos, perdas por aquecimento dos módulos.

Depois das etapas que antecedem a instalação dos sistemas fotovoltaicos, os mesmos devem ser monitorados por um sistema automático de aquisição de dados, por um período mínimo de um ano. Os dados devem ser processados continuamente para verificação periódica das características elétricas e térmicas dos sistemas fotovoltaicos e das características da radiação solar local. Os índices de mérito devem ser calculados sendo a base de avaliação dos dados reais entre os sistemas fotovoltaicos de distintas tecnologias de módulos. Além disso, esses dados devem ser comparados com os índices de mérito obtidos a partir das simulações com os *softwares* disponíveis no mercado. O projeto, portanto, deve ser composto por uma etapa de instalação dos sistemas fotovoltaicos, onde são escolhidas as tecnologias de módulos e inverso-

res que serão utilizados nos sistemas, bem como a avaliação das áreas disponíveis para instalação dos sistemas e do recurso solar.

A etapa seguinte deve ser de monitoramento das características dos sistemas fotovoltaicos e da radiação solar. Na terceira e última etapa deve ser desenvolvido o processamento final dos dados reais medidos, o cálculo dos índices de mérito técnico de sistemas fotovoltaicos a partir desses dados reais e a comparação com resultados obtidos a partir dos *softwares*.

4 Resultados esperados

Utilizar-se de áreas que constituíam pretéritos passivos ambientais de mineração implica detalhar a atividade que será desenvolvida sobre o local, bem como a sua relação com o ambiente circundante, seja ele físico ou social. Nesse intuito, o uso futuro de uma área recuperada ambientalmente, para instalação de sistemas fotovoltaicos, surge como alternativa sustentável e adequada, em locais nos quais a introdução de atividades agropastoris demandaria monitoramentos mais criteriosos. Da mesma forma, a comunidade circundante seria duplamente beneficiada: primeiro pelo fato de a área deixar de constituir passivo ambiental e, segundo, porque seria implantado um uso que dinamizaria os aspectos econômicos e tecnológicos de uma localidade, inclusive, como referência para os moradores quando comparado o passado ambiental e a atualidade. Destacam-se, também, os benefícios advindos da valorização fundiária e atenção que a comunidade envolvida receberá por parte das iniciativas envolvidas. Entre os resultados esperados do projeto de implantação de sistemas fotovoltaicos em áreas degradadas e recuperadas ambientalmente destacam-se:

- Geração de energia renovável em uma área de recuperação ambiental com restrições de uso futuro.
- Beneficiamento de comunidades que foram diretamente impactadas pela extração do carvão mineral.
- Produção de emprego e renda a partir de uma área de recuperação ambiental sem perspectiva de uso futuro devido restrições e a consequente valorização da região.

- Produção de conhecimento de sistemas fotovoltaicos, geração distribuída e de aspectos ambientais do solo.
- Divulgação da tecnologia fotovoltaica para a comunidade científica e sociedade em geral.
- Capacitação e treinamento de profissionais.

5 Considerações finais

Este trabalho apresentou uma proposta para implantação de sistemas fotovoltaicos em áreas que representam antigos passivos ambientais e que se encontram em processo de recuperação ambiental. Os sistemas fotovoltaicos convertem energia solar em energia elétrica e o panorama atual e as características técnicas de sistemas fotovoltaicos foram descritas ao longo do desenvolvimento.

A instalação de sistemas fotovoltaicos em áreas recuperadas ambientalmente tem a finalidade de produzir conhecimento técnico e científico sobre a geração de energia elétrica a partir da energia solar e sua inserção na matriz energética brasileira e proporcionar principalmente um destino para a área recuperada, uma vez que estas apresentam severas restrições quanto a sua utilização futura. A partir da utilização destas áreas com fins de geração de energia elétrica pode-se garantir a preservação da mesma evitando, por exemplo, ocupações irregulares. A atividade energética pode beneficiar comunidades que foram diretamente impactadas pela extração do carvão mineral a partir da valorização da região. A proposta visa à instalação de um sistema fotovoltaico em uma área recuperada para que o mesmo seja uma referência, possibilitando que o projeto seja replicado em outras áreas degradadas que ainda não foram recuperadas ou estão em processo de recuperação. Essa finalidade energética visa também possibilitar a redução dos custos da recuperação ambiental.

O projeto deve respeitar critérios geotécnicos e de utilização e conservação do solo durante e após a instalação do sistema fotovoltaico, detalhando a atividade que será desenvolvida sobre o local, cumprindo rigorosamente as exigências previstas e estabelecidas em lei.

Referências

- [1] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2012 – Ano base 2011: Resultados Preliminares. Rio de Janeiro: EPE, 2012.
- [2] FRANCO, A. C. V.. Tecnologias de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão e Usos Futuros do Solo. Trabalho de Conclusão de Curso, CCE/FAED, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. 2008.
- [3] MPF – Ministério Público Federal. Primeiro Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais. Criciúma, 2007. [Versão 03, revisão 02].
- [4] MPF – Ministério Público Federal. Critérios para Recuperação ou Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão. Criciúma, 2008.
- [5] CHIABRANDO, R.; FABRIZIO, E.; GARNERO, G.. The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renew Sust Energ Rev*, v13, p. 2441-2451, 2009.
- [6] TURNEY, D.; FTHENAKIS, V.. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renew Sust Energ Rev*, v. 15, p. 3261-3270, 2011.
- [7] PHILLIPS, J.. Determining the sustainability of large-scale photovoltaic solar power plants. *Renew Sust Energ Rev*, v. 27, p. 435-444, 2013.
- [8] HERNANDEZ, R. R.; EASTER, S. B.; MURPHY-MARISCAL, M. L.; MAESTRE, F. T.; TAVASSOLI, M.; ALLEN, E. B.; BARROWS, C. W.; BELNAP, J.; OCHOA-HUESO, R.; RAVI, S.; ALLEN, M. F.. Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renew Sust Energ Rev*, v. 29, p. 766-779. 2014.
- [9] KRENZINGER, A; ZILLES, R.. Fotovoltaica en Brasil: potencial, mercado y políticas públicas. XV Congresso Ibérico y X Congresso Iberoamericano de Energia Solar. Vigo, Galicia, Espanha, 2012.

- [10] ZILLES, R.. Avanços e desafios para a energia solar fotovoltaica no Brasil. III Workshop Inovação para o Fortalecimento do Setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. São Paulo, 2013.
- [11] IEA – International Energy Agency. PVPS Report A Snapshot of Global PV 1992-2012. Preliminary Information from the IEA PVPS Programme. 2013.
- [12] BREYER, C. E GERLACH, A. Global overview on grid-parity. *Prog in Photovoltaics: Res Appl*, 2012.
- [13] RÜTHER, R. E ZILLES, R.. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. *Energ Policy*, v. 39, n. 3, p. 1027-1030, 2010.
- [14] OLIVEIRA, S. H. F.. Geração distribuída de eletricidade: inserções de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no estado de São Paulo. Tese de Doutorado, PIPGE/USP, São Paulo, Brasil. 2002.