

SOLARMAP: COMUNICAÇÃO DE CONTEÚDO TÉCNICO-COMERCIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA NO BRASIL

Matheus Gonçalves Marinho – matheusmarinho1406@gmail.com

Carmen Brum Rosa – carmen.b.rosa@ufsm.br

Paula Donaduzzi Rigo – pauladonaduzzi@gmail.com

Graciele Rediske - gra_rediske@hotmail.com

Julio Cezar Mairesse Siluk – jsiluk@ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia de Produção

Resumo. *O setor de energia solar fotovoltaica no Brasil está em um caminho de procura por informações técnicas e comerciais para proporcionar conhecimento e dados de fácil acesso aos atores, a fim de conduzir uma tomada de decisão mais assertiva em relação ao mercado. Em visto disso, este artigo tem como objetivo apresentar uma facilidade criada para o cenário de energia solar fotovoltaica no Brasil por meio de uma plataforma de conteúdo técnico-comercial. Com base na metodologia de roadmaps, a plataforma proposta auxilia o desenvolvimento do setor específico. Para tanto, criou-se a ideia do SOLARMAP, que se configura como uma plataforma analítica do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil integrada por um banco de dados atualizado diariamente com informações sobre a geração de energia fotovoltaica distribuída no Brasil e que facilita a consulta essencial e infográfica de informações específicas ao tema examinado pelo usuário do sistema. O Projeto SOLARMAP abrange a ferramenta online e a publicação trimestral de relatórios sobre o setor com base em artigos e publicações científicas. O setor é promovido a partir da disseminação dessas informações, assim, ocorre a garantia de informações técnico-comerciais, conseqüentemente, eleva o nível de satisfação dos agentes envolvidos e colabora para o desenvolvimento da competitividade.*

Palavras-chave: solar fotovoltaica, competitividade, ferramenta computacional, roteiro tecnológico.

1. INTRODUÇÃO

O aumento substancial da participação das fontes renováveis de energia na matriz elétrica deu-se, efetivamente, com o crescimento do consumo de energia nos países desenvolvidos e emergentes. A transição para um sistema de energia misto com abastecimento por fontes renováveis mais expressivas está em curso, apoiado por avanços tecnológicos e projeções de demanda (Brummer, 2018). Nesse sentido, a integração de diferentes fontes de geração de energia é vista como uma estratégia fundamental para alcançar os objetivos de sustentabilidade, mesmo com a existência de consideráveis desafios técnicos e econômicos para garantir o alcance de uma elevada porcentagem de integração. Sistemas de energia elétrica foram tradicionalmente concebidos de forma hierárquica, onde grandes centros produzem a energia, sistemas de transmissão transportam a energia gerada em alta tensão para os consumidores distribuídos em ampla área, onde um sistema radial de distribuição de baixa tensão entrega a energia ao consumidor final. No entanto, nas últimas décadas, muitos países começaram o processo de liberalização de seus sistemas elétricos e abertura de acesso às redes de transmissão e distribuição (Dranka e Ferreira, 2018). O processo tem sido acompanhado por uma crescente presença de pequenos geradores de energia por fontes diversas, algumas delas sob a forma de fontes renováveis de energia.

É notável que, embora muitos países da América do Sul tenham feito esforços para desenvolver um mercado de energia gerada por fontes renováveis, o Brasil ainda é considerado o líder nessa área. Apesar do cenário nacional da geração distribuída apresentar-se com um crescimento exponencial, o Brasil tem um grande potencial a ser explorado. Em novembro de 2021, o país acumulou 8.105.692,71 kW de potência instalada, distribuídos entre 711.540 unidades de geração, deste total mais de 95% é representado pelo cenário da energia solar fotovoltaica, a qual se constitui de expectativas promissoras, justificado pela localização geográfica vantajosa. Isso também é percebido no cenário internacional, onde a geração distribuída é explicada com preponderância pela difusão dos sistemas fotovoltaicos, que, até agora tem sido distribuída de forma desigual geograficamente, e até recentemente, alguns países com regimes de subvenções ambiciosos, mais notavelmente Alemanha, representou a maior parte do mercado mundial. Dessa forma, sabe-se que existem diferenças na difusão de sistemas fotovoltaicos entre países, conquanto, os padrões não podem ser

explicados unicamente pela rentabilidade econômica (Palm, 2016). Essa mesma observação é refletida no Brasil, um país com 5.570 municípios que possui variações expressivas nas taxas de competitividade de difusão da instalação de sistemas fotovoltaicos (ROSA et al., 2020).

Nesse sentido, as razões para variações locais na difusão da energia solar fotovoltaica têm sido insuficientemente compreendidas. Apesar da necessidade da diversificação da matriz de geração elétrica e a boa radiação solar no país, os principais desafios à sua utilização generalizada podem ser classificados como tecnológico, legislativo (política) e financeiros (De Faria, Trigo e Cavalcanti, 2017). De modo a acrescentar, uma compreensão melhorada das variações locais da difusão da GD por fonte fotovoltaica, por predominância de geração, tem-se como exemplo os dois estados brasileiros com maior taxa de difusão: Minas Gerais, com total de 1.433.046,10 kW de potência instalada, isso representa uma taxa de geração per capita de 67,30 Watts/hab; e, São Paulo, com total de 1.026.694,43 kW e uma taxa de difusão de 22,00 Watts/hab. (ANEEL, 2021a).

Em vista disso, propôs-se o desenvolvimento de uma plataforma integrativa e analítica para dados do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil chamada SOLARMAP. O Projeto SOLARMAP é caracterizado por dois produtos: (1) solarmap.app e (2) Relatórios SOLARMAP. O solarmap.app é uma plataforma online cujo banco de dados é atualizado diariamente com dados sobre a geração de energia fotovoltaica distribuída de todas as cidades do Brasil. Os Relatórios SOLARMAP possuem conteúdo técnico-comercial voltado para tomadores de decisão envolvidos no setor fotovoltaico no Brasil. Os relatórios resumem as principais informações sobre o setor e as tendências de mercado. Assim, os relatórios traduzem as informações para fornecer subsídios para melhorar a transparência do mercado fotovoltaico e auxiliar no processo de tomada de decisão dos atores, bem como na prospecção de cenários técnicos e econômicos. Essas informações promovem o setor, trazendo conhecimento técnico, o que eleva o nível de eficiência na geração de energia, e contribui para a competitividade do setor, tornando-o mais consolidado, visto que as informações aprimoram processos, produtos e serviços.

Além disso, o projeto também tem alguns objetivos específicos de promoção do setor, tais como (i) identificar as questões relevantes a serem abordadas nos relatórios SOLARMAP; (ii) acompanhar as novidades, regulamentos, tendências, cadastro de sistemas fotovoltaicos instalados, inversores aprovados e módulos aprovados; (iii) gerar relatórios com base em publicações científicas do setor, por vezes restritas a grupos específicos; (iv) alimentar de forma construtiva a plataforma online solarmap.app; (v) otimizar e propor melhorias para a plataforma após testes funcionais; (vi) divulgar os resultados para a sociedade. Este artigo está dividido em quatro seções. A seção 2 apresenta como solarmap.app funciona. A seção 3 revela os quatro Relatórios SOLARMAP publicados nos anos 2020 e 2021. A quarta seção aponta as conclusões deste artigo e o futuro do projeto SOLARMAP.

2. METODOLOGIA DA CONSTRUÇÃO DO SOLARMAP

Para melhor compreensão da elaboração da plataforma e do objetivo apresentado no estudo, o método de estruturação do SOLARMAP é exposto conforme a seguintes etapas, dada Fig. 1.

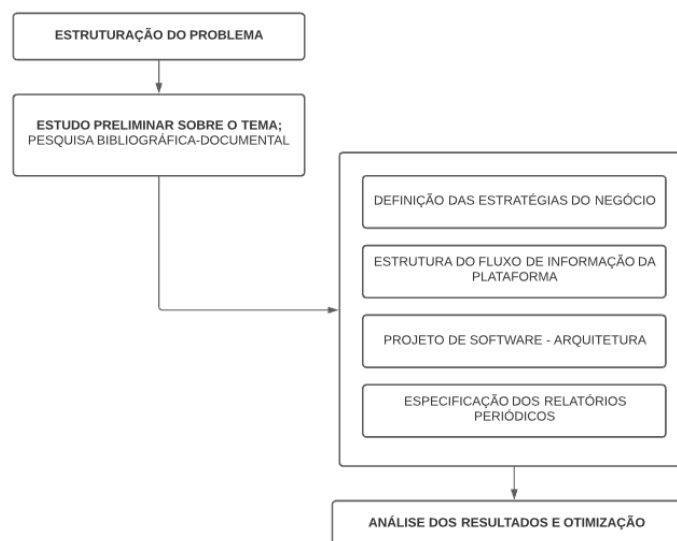


Figura 1 – Esquema metodológico de criação da plataforma.

A primeira fase do projeto, a qual compreendeu a produção da introdução e justificativa do projeto, foi aplicado o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/MEC) através da leitura de artigos publicados em anais de eventos, consulta em livros e Notas Técnicas conduzidas para a construção de *roadmaps* e ao setor solar fotovoltaico nacional, com o propósito de alcançar as justificativas teóricas para o reconhecimento do contexto sistemas fotovoltaicos instalados atualmente no Brasil através do conceito de *roadmapping*.

Para entender o *design* e o escopo da ferramenta, definiu-se a estratégia para o fluxo de geração de conhecimento de acordo com o esquema que apresentamos na Fig. 2. O esquema identifica os blocos de variáveis de entrada e saída. As variáveis de entrada armazenadas no banco de dados solarmap.app são: o bloco de dados de Geração Distribuída com coleta semanal na ANEEL; os dados sociodemográficos dos 5.570 municípios fornecidos pelo IBGE e atualizados a cada censo; dados sobre inversores, módulos e baterias, disponibilizados pelo INMETRO; e outros dados do mercado fotovoltaico, como pesquisas de preços, impacto regulatório, perfil do investidor, entre outras pesquisas realizadas pela equipe SOLARMAP. Com isso, apresentou-se a estratégia de informação e requisitos de sistema à equipe de desenvolvimento de software, promovendo assim a implementação da plataforma e delimitando as funcionalidades dos relatórios.

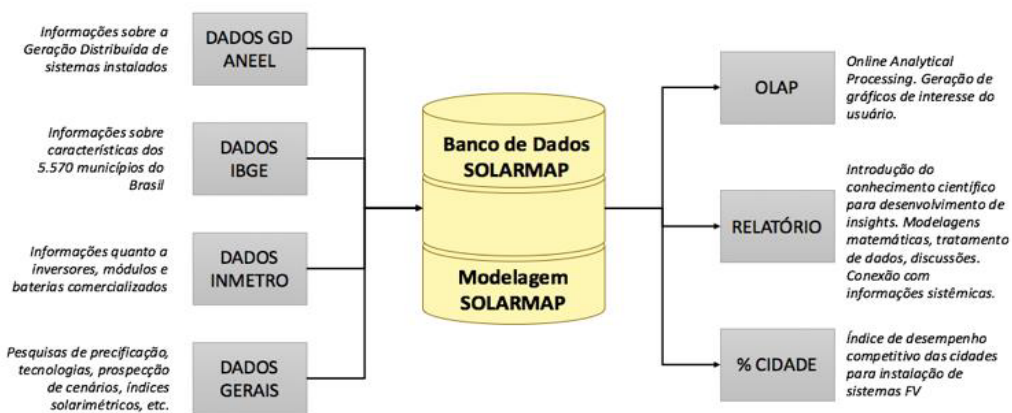


Figura 2 – Estratégia para o fluxo de geração de conhecimento da plataforma.

O SOLARMAP configura-se como um *Data Warehouse* (DW), ou seja, uma associação de bancos de dados para análises e *business intelligence* (BI). São feitas três metodologias relacionadas à funcionalidade da plataforma:

(1) OLAP (*Online Analytical Processing*), capacidade para manipular e analisar um grande volume de dados sob múltiplas perspectivas. Desse modo, o usuário cadastrado poderá gerar gráficos personalizados a partir dos próprios interesses. Por exemplo, o usuário pode escolher uma cidade qualquer de todo território nacional e na sequência demandar uma informação gráfica sobre potência instalada em geração distribuída (fonte solar) nos últimos cinco anos.

(2) a metodologia configurada dos relatórios trimestrais do SOLARMAP, assim como um editorial de revista técnico-científica, os próprios autores são convidados a traduzir suas publicações à uma linguagem de mercado, facilitando a leitura e compreensão para os agentes de mercado. Todos os dados do setor são atualizados a cada mudança de tema, visto que os relatórios são elaborados por trimestre. A exemplo disso, tem-se as últimas edições disponíveis no endereço eletrônico: <https://nic-ufsm.org/solarmap/>.

Ademais, o Índice de Competitividade das Cidades (%), resultado (3) da plataforma ao usuário, é metodologicamente construído com base no modelo matemático da pesquisa realizada por ROSA et al. (2020). A plataforma autoriza que o usuário escolha qualquer cidade ou região do Brasil que tenha interesse e a modelagem matemática fornece o índice de competitividade previsto para a instalação de sistemas FV na perspectiva dos fatores indicados no estudo, isto é, uma porcentagem do quão competitiva é a cidade ou região em comento para a venda e instalação de sistemas solares distribuídos.

3. RESULTADOS

3.1 solarmap.app

O solarmap.app foi implementado para disponibilidade online usando as seguintes tecnologias de programação: PHP, JavaScript, HTML e o framework CSS Bootstrap. Para tanto, a plataforma trabalha com um banco de dados integrativo frequentemente atualizado com dados sobre a geração de energia fotovoltaica no Brasil que permite a geração de informações específicas ao tema investigado pelo usuário do sistema, de acordo com a tecnologia de Processamento Analítico Online (OLAP). Na página inicial, o usuário pode inserir seu ID de usuário e senha. Ao fazer o login, o usuário tem acesso ao SOLARMAP *Data Warehouse* e às ferramentas OLAP. Dentro do aplicativo, como pode ser visto na Fig. 3 e Fig. 4, o usuário pode navegar pelas seções de dados, com informações organizadas e atualizadas semanalmente a partir dos dados GD ANEEL.

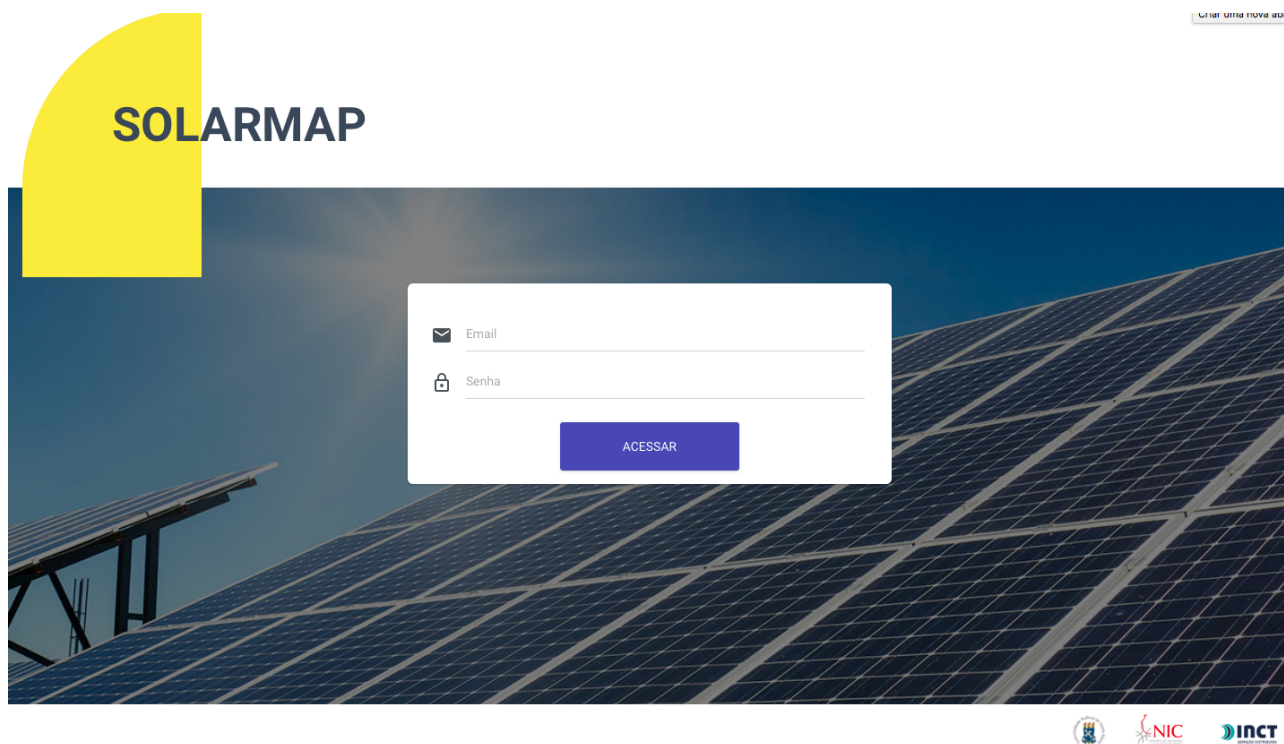


Figura 3 – Página inicial do SOLARMAP.

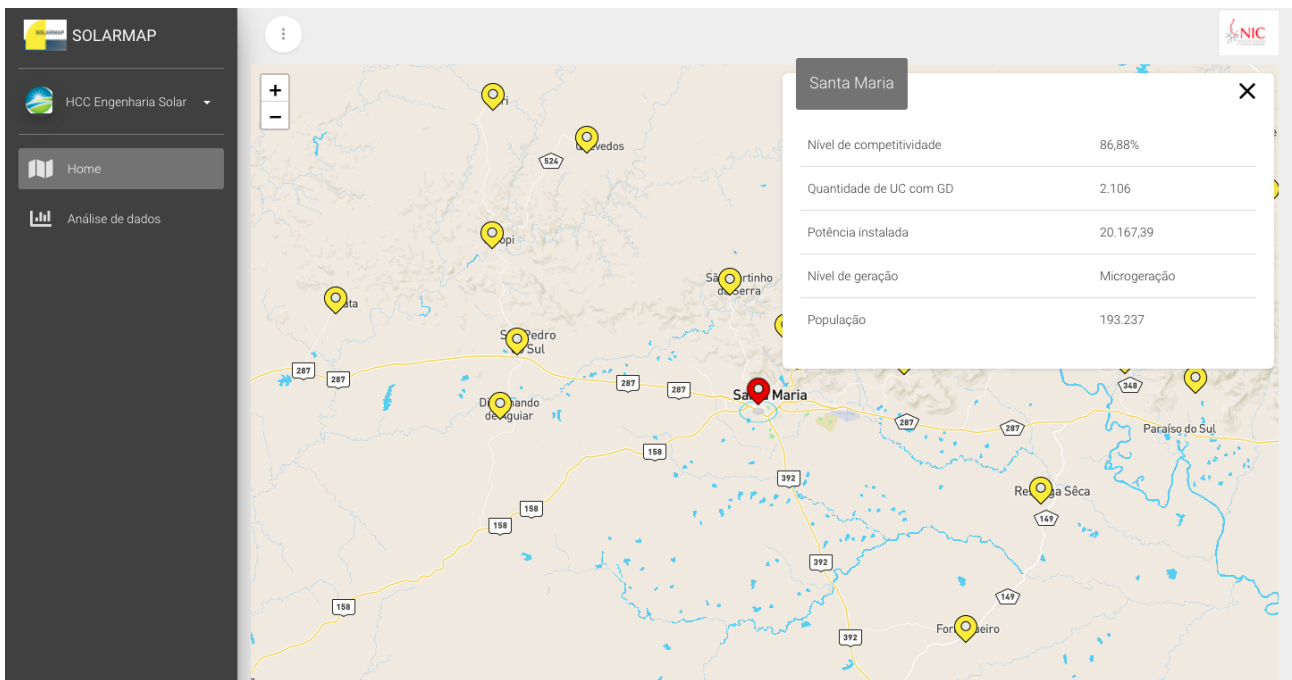


Figura 4 – Seleção de dados do SOLARMAP.

Caso o usuário tenha um tema de interesse específico para investigar, como ranking das cidades mais competitivas para venda de sistemas solares do estado de Santa Catarina, este poderá consultar e gerar suas informações de interesse, conforme Fig. 5. Este resultado é relevante para o mercado das empresas integradoras, tendo em vista a oportunidade dos atores do setor de energia solar avaliarem o potencial competitivo nas cidades para venda de sistemas solares de diferentes classes, residencial, comercial, rural e industrial. A ferramenta proposta permite desenvolver os setores urbanos com base no desempenho dos indicadores levantados, os quais auxiliarão na prospecção de cenários futuros e facilitarão a tomadas de decisão. A licença de uso do solarmap.app foi concedida à uma empresa integradora da região de Santa Maria (Rio Grande do Sul), a qual faz uso dos resultados para prospectar regiões competitivas para instalação de franquias.

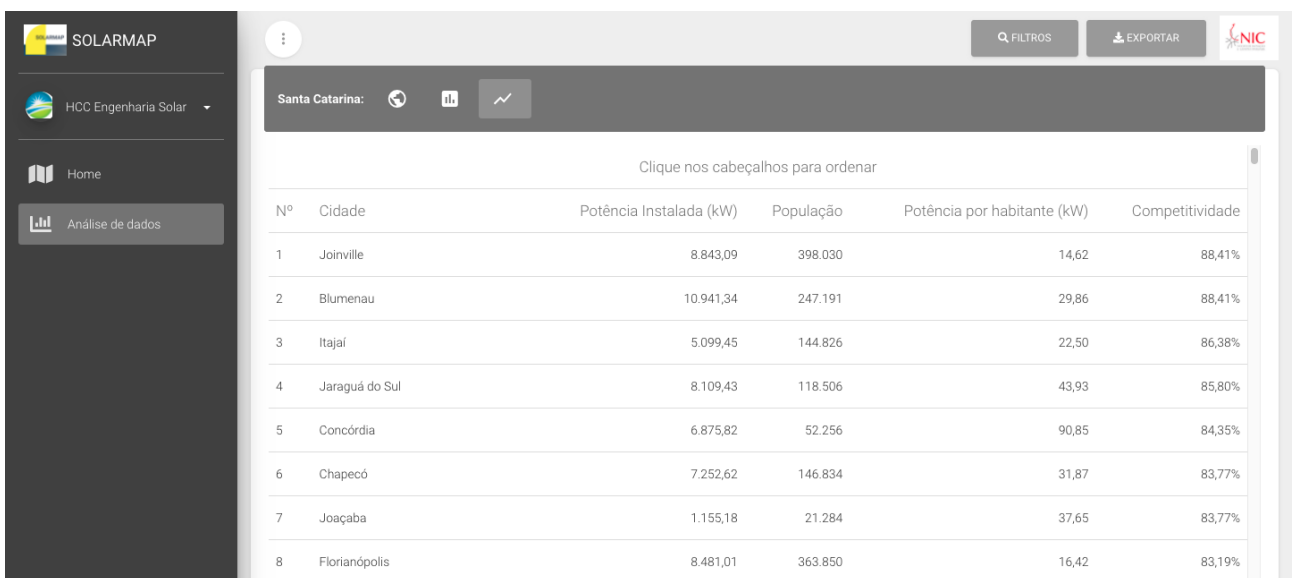


Figura 5 – Análise de dados, ranking das cidades do SOLARMAP.

Antes da implantação do solarmap.app, as organizações apresentavam os dados do setor fotovoltaico de duas formas: dados estáticos em relatórios específicos ou dados brutos de fontes da ANEEL. Após solarmap.app, a

informação apresentada é analítica, possibilitando gerar e exportar planilhas customizadas com dados confiáveis, uma vez que não existem outros aplicativos que proporcionem essa customização, em especial, para resultados sobre a competitividade dos municípios para instalação de unidades geradoras de energia solar fotovoltaica.

3.2 SOLARMAP Relatórios

A plataforma solarmap.app está conectada aos Relatórios SOLARMAP através da comunicação técnica sobre investigações na área da gestão de energia utilizando conhecimentos de modelagem que resultam no aumento da competitividade de toda a cadeia e na redução das perdas comerciais para todo o setor. Os Relatórios SOLARMAP são levantamentos trimestrais que fornecem informações formuladas com base científica a partir do cenário nacional de geração de energia elétrica e que podem subsidiar o processo de tomada de decisão.

Um roteiro nacional pode ajudar as partes interessadas a identificar tendências e definir requisitos para quaisquer melhorias necessárias. O objetivo dos Relatórios SOLARMAP é informar aos agentes do setor sobre os fatores críticos de sucesso e tendências de mercado no mercado de energia e estimular a discussão sobre melhorias e padrões exigidos. Procura-se elucidar o leitor sobre o comportamento do mercado para auxiliar o setor com informações baseadas em dados científicos e responsabilidade metodológica. Existem duas formas de acessar os relatórios trimestrais: (i) por meio do link <https://nic-ufrs.org/solarmap/>; (ii) por e-mail, enviado aos interessados na data publicada. As subseções a seguir apresentam um resumo de cada edição.

3.2.1 Volume 1, edição 1, 2020

A primeira edição do relatório SOLARMAP trouxe fatores críticos de sucesso para os investidores de Micro e Minigeração Distribuída no Brasil (MMGD). A investigação permeou 34 fatores que englobam aspectos econômicos, ambientais, mercado, política, social e aspectos técnicos. Os entrevistados responderam perguntas sobre seus projetos fotovoltaicos já implementados. Essas pesquisas foram publicadas em artigos científicos na revista *Solar Energy* e no *Journal of Cleaner Production*. (RIGO et al., 2019, 2020). Além disso, foram identificados fatores críticos de sucesso para garantir o desempenho competitivo de grandes usinas e fazendas solares no país, conforme dissertação de mestrado de ROSA et al. (2018). Esta edição também descreveu o perfil dos investidores em energia fotovoltaica, aplicando quatro questionários, que buscam captar valores psicológicos (*Portrait Values Questionnaire – PVQ*). A relação homem-natureza (Relação Homem-Natureza-RHN); a motivação para ter investido; e as características do investidor (GAVA GASTALDO et al., 2019). A Fig. 6 apresenta Capa, Página 2 com a apresentação do relatório e a Página 8, destacando no relatório o perfil do investidor em energia fotovoltaica do SOLARMAP.



Figura 6 – Capa, Página 2 e Página 8 do relatório SOLARMAP.

A diferença dos Relatórios SOLARMAP para publicações científicas de revistas na constituição é a conexão e discussão com os dados reais do setor. Para cada investigação, a equipe do SOLARMAP utiliza os dados atuais de solarmap.app e discute a realidade do setor e como a investigação científica traz, de fato, informações úteis para a

sociedade. Sabe-se que a taxa de leitores brasileiros de artigos em revistas internacionais é baixa, por isso o relatório traduz informações científicas para fins factíveis e linguagem jornalística.

3.2.2 Volume 5, edição 1, 2021

A primeira edição de 2021 trouxe uma explicação detalhada sobre o comportamento das cidades no contexto da MMGD nos últimos anos. O processo de difusão da energia solar fotovoltaica na ótica da Micro e Minigeração Distribuída não é considerado trivial à sociedade, pois abrange diversos aspectos sociais, técnicos, governamentais, ambientais e culturais. Não se atentou ao entendimento técnico e estrutural do sistema elétrico brasileiro, como, por exemplo, a eficiência técnica na geração de energia elétrica por instalações MMGD, mas sim, buscou-se elucidar o leitor acerca do comportamento mercadológico dos setores urbanos, a fim de auxiliar o setor com informações obtidas em dados científicos e fornecidos com responsabilidade metodológica. A leitura desta edição esclarece o leitor acerca do contexto MMGD no Rio Grande do Sul e no Brasil, além de, ilustrar o cenário com dados que envolvem o potencial competitivo das capitais brasileiras. A Fig. 7 apresenta a Capa, os destaques da edição e a Página 4, dá ênfase às barreiras e à difusão da geração distribuída no Brasil.



Figura 7 – Capa, Página 2 e destaques da edição.

3.2.3 Volume 6, edição 2, 2021

A última edição do SOLARMAP destacou a viabilidade antes *versus* durante a Pandemia do COVID-19. Analisando a viabilidade econômica de sistemas residências de 4kWp nas capitais brasileiras entre quatro cenários: (1) à vista, antes do Covid-19, (2) financiado, antes do Covid-19, (3) à vista durante a Covid-19; e (4) financiado durante a Covid-19. Além de revelar o quão impactante foi a mudança regulatória na viabilidade econômica de sistemas residenciais, comerciais e industriais sob as perspectivas de mudança regulatória. A Fig. 8 apresenta a Capa da 6 edição, a Página 2 do relatório com a apresentação e os destaques da edição.



Figura 8 – Capa, Página 2 e destaques da edição.

4. CONCLUSÃO

O mercado fotovoltaico encontra-se em desenvolvimento em muitos países. Consequentemente, para facilitar a difusão da geração de energia por fontes renováveis, especialmente nos países em desenvolvimento, é decisivo fornecer um roteiro bem desenhado. O projeto SOLARMAP surgiu para se tornar uma plataforma analítica para o setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil por meio de dois produtos, o solarmap.app e o Relatório do SOLARMAP. Os resultados dos estudos científicos apresentados nos relatórios descrevem abordagens específicas para contribuir para o desenvolvimento do setor elétrico nacional. Os roteiros fazem parte de um processo que evolui com a transferência de conhecimento científico e esforços colaborativos para garantir o caminho a seguir para alcançar os objetivos de expansão da fonte solar na matriz elétrica e o desenvolvimento do setor elétrico nacional com garantia ambiental e econômica para todos os agentes envolvidos.

As informações do projeto SOLARMAP ajudam a promover o setor fotovoltaico e contribuem para a competitividade da energia solar, tornando-a mais consolidada, uma vez que as informações orientam a tomada de decisões mais assertivas. Como melhorias futuras, pretende-se desenvolver um modelo de previsão da difusão de sistemas fotovoltaicos por estado e por cidade brasileira, sendo implementado diretamente como saída de dados de solarmap.app e possibilitando novas discussões nos relatórios SOLARMAP. Quando os dados são acompanhados de análise preditiva, o conteúdo desenvolvido na plataforma de comunicação permitirá e caracterizará o setor para apresentar previsões ao usuário. Essas previsões podem destacar as lacunas no investimento em tecnologia e pesquisa e destacar a tendência da tecnologia de energia fotovoltaica no Brasil.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGEyYjYjQTYWYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYjTctNDZmMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiJrR9>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

BRUMMER, V. Of expertise, social capital, and democracy: Assessing the organizational governance and decision-making in German Renewable Energy Cooperatives. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 37, p. 111–121, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629617303250>>.

C. B. Rosa, J. F. M. Wendt, D. M. S. Chaves, V. Thomasi, L. Michels, e J. C. M. Siluk, “Mathematical modeling for the measurement of the competitiveness index of Brazil south urban sectors for installation of photovoltaic systems”, *Energy Policy*, vol. 136, p. 111048.

DRANKA, G. G.; FERREIRA, P. Planning for a renewable future in the Brazilian power system. **Energy**, [s. l.], v. 164, p. 496–511, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218317006>>.

- DE FARIA, H.; TRIGOSO, F. B. M.; CAVALCANTI, J. A. M. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 75, p. 469–475, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116307407>>.
- PALM, A. Local factors driving the diffusion of solar photovoltaics in Sweden: A case study of five municipalities in an early market. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 14, p. 1–12, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629615301079>>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- RIGO, P. D. *et al.* A model for measuring the success of distributed small-scale photovoltaic systems projects. **Solar Energy**, v. 205, p. 241–253, 2020. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X20304631>>.

SOLARMAP: A TECHNICAL-COMMERCIAL CONTENT PLATFORM OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY DISTRIBUTED IN BRAZIL

Abstract. *The photovoltaic solar energy sector in Brazil is on a path of searching for technical and commercial information to provide knowledge and data that is easily accessible to actors in order to conduct more assertive decision-making. In view of this, this article aims to present a facility created for the photovoltaic solar energy scenario in Brazil through the methodology of a technical-commercial content platform. Based on the roadmap methodology, the proposed platform assists the development of the specific sector. To this end, the idea of SOLARMAP was created, which is configured as an analytical platform of the photovoltaic solar energy sector in Brazil integrated by a database updated daily with information on the generation of photovoltaic energy distributed in Brazil and that facilitates the essential and infographic consultation of information specific to the theme examined by the user of the system. SOLARMAP covers the online tool and the quarterly publication of industry reports based on scientific articles and publications. The sector is promoted from the dissemination of this information, thus, the guarantee of technical-commercial information occurs, consequently, increases the level of satisfaction of the agents involved and contributes to the development of competitiveness.*

Key words: *Photovoltaic solar, Computational tool, Technological roadmap;*