

TECHNOLOGY TRANSFER AND TECHNOLOGICAL CAPABILITIES: THE ROLE OF ANEEL POLICY IN THE DEVELOPMENT OF SOLAR PHOTOVOLTAICS IN BRAZIL

Manuella P. da Silva, Energy Systems Planning, Mechanical Engineering Faculty, University of Campinas, Phone +55 19 99720 9831, manuella21@fem.unicamp.br

Gilberto de M. Jannuzzi, Energy Systems Planning, Mechanical Engineering Faculty, University of Campinas, jannuzzi@fem.unicamp.br

Overview

Technology transfer (TT) is a process which expertise or knowledge related to some aspect of technology is passed from one user to another. It is not only a process of supplying capital goods from one company to another, but it also includes the transfer of skills and know-how to the operation and maintenance of technology hardware, and the knowledge to understand this technology (OCKWELL et al., 2008). According to Dechezleprêtre et al. (2009), the adoption of a new technology is strongly associated with human capital, support infrastructure and research and development activities. In the energy sector, technology transfer can be seen as investment. Governments can play a special role in creating markets for environmentally sound technologies through incentives for their development, including subsidies, low interest loans, import tax exemption, income tax exemption, etc. This paper aims to analyze the role of science and technology policy in the development of solar photovoltaics in Brazil and investigate the technology transfer, learning mechanisms and the internal technological capabilities building of power companies in the solar photovoltaics sector. The research subjects were the power companies and the suppliers of technological services and equipment's that submit projects to the call of the Brazilian Electricity Regulatory Agency (ANEEL) for R&D Strategic Projects No. 013/2011 "Technological and Commercial Arrangements for Insertion of Solar Photovoltaic Generation in Brazilian Energy Matrix".

Keywords – Technology transfer; Technological capabilities; Science and Technology Policy; Energy Sector; Solar Photovoltaic Sector; Brazil

1. Introdução

A transferência de tecnologia (TT) é definida como um processo pelo qual expertise ou conhecimento relacionado a algum aspecto da tecnologia é passada de um usuário para outro (OCKWELL et al., 2008). A transferência tecnológica não se trata apenas de um processo de fornecimento de bens de capital de uma empresa para outra, mas também inclui a transferência de competências e know-how para a operação e manutenção do hardware da tecnologia, e conhecimento para entender essa tecnologia.

A TT é um processo que envolve o comércio e investimentos em tecnologia, a seleção, a adoção, adaptação e difusão de tecnologia industrial, e por último, mas não menos importante, o reforço das capacidades, visto que a ciência e a tecnologia são fortemente relacionadas no desenvolvimento de uma infraestrutura industrial (WORRELL et al., 2001), infraestrutura que pode ser inteiramente baseada em tecnologias internacionais, sem haver o desenvolvimento tecnológico local.

Segundo Dechezleprêtre et al., (2009), evidências empíricas indicam que a adoção de uma nova tecnologia é fortemente associada ao capital humano, infraestrutura de apoio e atividades de pesquisa e desenvolvimento. Há três aspectos determinantes das capacidades tecnológicas: a criação de tecnologias, a infraestrutura tecnológica e o desenvolvimento de habilidades humanas.

Segundo Ockwell e Mallett (2012), o desenvolvimento das capacidades de inovação, particularmente através de transferências internacionais de tecnologia, depende de reconhecer o componente fundamental de conhecimento da tecnologia. A construção da "tecnologia" admite que a tecnologia consiste unicamente em 'hardware' (equipamento físico). No entanto, de igual, se não mais importante, é o elemento 'software' da tecnologia, incluindo o conhecimento e os processos que sustentam o desenvolvimento da tecnologia, correção, operação e inovações com base em tecnologias existentes (BELL e PAVITT, 1993), incluindo adaptações para atender novos contextos físicos e culturais.

As políticas públicas possuem um papel central para estimular a adoção de tecnologias específicas e a transferência tecnológica. Isto envolve a tomada de decisão por uma ampla gama de atores: pesquisadores, consumidores, empresas inovadoras, etc. Formas muito complexas de governança podem ser envolvidas nessas decisões. Smith (2012) argumenta que o uso do poder do Estado tem sido fundamental para muitas dessas transições. Como destacado por Mowery, Nelson e Martin (2010), no caso das energias renováveis alternativas, o bom desenvolvimento e adoção de tecnologias certamente exigirão políticas públicas para catalisar e sustentar a demanda.

No caso do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, maiores investimentos em P&D passaram a ser uma exigência instituída pela ANEEL, formulada com diversos objetivos: fazer com que as concessionárias desenvolvessem uma visão mais voltada para o longo prazo, aumentar a produtividade e a competitividade das empresas do setor, possibilitar o desenvolvimento de tecnologias alternativas, bem como ampliar a interação com a sociedade, apoiar grupos de pesquisa e facilitar a articulação universidade-empresa (FERNANDINO e OLIVEIRA, 2010).

O IPEA (2012) analisa que o programa de P&D da ANEEL contribuiu para a criação de uma cultura de inovação nas empresas do setor, apesar de considerar-se que as estruturas de P&D criadas nessas empresas sejam voltadas para atender aos requisitos burocráticos do programa, mas há o reconhecimento dos benefícios que podem ser obtidos com as atividades de P&D, inclusive com a possibilidade de investir em projetos menos incrementais.

Em 2008, a ANEEL, através de chamadas de Projetos de P&D Estratégicos, passou a propor temas ou subtemas estratégicos cujo desenvolvimento é de interesse nacional e de grande relevância para o setor elétrico, envolvendo elevada complexidade em termos científicos e/ou tecnológicos e baixa atratividade para investimento como estratégia empresarial isolada ou individual. Essas chamadas necessitam de esforços conjuntos e coordenados de várias empresas e entidades executoras e grande aporte de recursos financeiros. O IPEA (2012) considera que a criação dos projetos estratégicos no programa da Aneel está ajudando os agentes que não têm capacidade de identificar temas a serem abordados usando seus recursos para P&D.

A presente pesquisa teve como objetivo analisar o papel da Chamada ANEEL de Projeto de P&D Estratégico nº 013/2011 no estímulo e desenvolvimento da energia fotovoltaica no Brasil e os mecanismos de aprendizagem e construção de capacidades tecnológicas internas das empresas relacionadas à energia fotovoltaica no Brasil. Foram estudadas as dinâmicas de aprendizagem de algumas empresas concessionárias de energia elétrica e empresas fornecedoras de serviços tecnológicos e equipamentos envolvidas na Chamada ANEEL de Projeto de P&D Estratégico nº 013/2011 “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira”.

2. Metodologia

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas junto à concessionárias e fornecedores envolvidos em projetos submetidos à Chamada nº 013/2011. Foi investigada a dinâmica de aprendizado de 5 (cinco) projetos selecionados e para alcançar o objetivo apresentado foram realizadas um total de 15 (quinze) entrevistas, sendo 10 (dez) entrevistas com os coordenadores e gestores dos projetos selecionados e 5 (cinco) entrevistas com fornecedores de serviços e equipamentos. Os aspectos principais analisados nas entrevistas foram o aprendizado da empresa durante o envolvimento do projeto da Chamada nº 013/2011 e o desenvolvimento da capacidade tecnológica nas empresas. Também foi realizada uma entrevista junto ao gestor de P&D da ANEEL, com objetivo de discutir as expectativas da agência em relação ao edital, os mecanismos de acompanhamento, avaliação e financiamento dos projetos.

Os cinco projetos investigados estão em fases de desenvolvimento diferentes e por isso as características dos resultados obtidos são distintas. As informações apresentadas são reproduções das declarações dos entrevistados.

O perfil qualitativo da pesquisa, baseada em informações não verificadas concedidas pelos atores entrevistados, foi considerada a principal limitação do método empregado. No entanto, o fato das entrevistas terem sido semiestruturadas possibilitou a abordagem de outros tópicos não previamente antecipados no momento da formulação do roteiro de entrevista.

A estrutura de análise dos estudos de caso foi dividida em quatro categorias:

- A. Aprendizado durante o desenvolvimento da USFV – os entrevistados descrevem todo o processo de aprendizagem dos atores envolvidos no projeto, assim como o aprendizado institucional, relacionados às tecnologias de energia solar fotovoltaica;
- B. Processo de Transferência Tecnológica (TT) – os entrevistados discorrem sobre as transações utilizadas para aquisição dos componentes, os produtos finais e diretos do processo Transferência Tecnológica, etc.;
- C. Problemas e Desafios – os entrevistados relatam os problemas e desafios enfrentados pelos atores envolvidos no projeto ao longo do seu desenvolvimento;
- D. Identificação da P&D e atividades afins – a pesquisadora faz uso do Manual de Frascati (2015) da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2015) destinado à orientação para medição das atividades científicas e tecnológicas. O Manual traz alguns casos ilustrativos da fronteira entre P&D e outras atividades industriais (Figura 1), o que permite fornecer mais informações sobre o que deve e o que não deve ser contado como P&D nas atividades da Chamada nº 013/2011:

Item	Tratamento Requerido	Observações
Protótipos	Para ser incluído na P&D	Sempre que o objetivo principal seja a realização de melhorias
Planta Piloto	Para ser incluído na P&D	Sempre que o objetivo principal seja P&D
Desenhos industrial e técnico	Para ser incluído parcialmente na P&D	Inclui-se o desenho necessário durante o processo de P&D Exclui-se o desenho para os processos de produção
Engenharia industrial e ferramentas	Para ser incluído parcialmente na P&D	Inclui-se o "feedback" da P&D de ferramentas e ferramentas associadas ao desenvolvimento de novos produtos ou novos processos. Exclui-se a que se relaciona com os processos de produção.
Produção Experimental	Para ser incluído parcialmente na P&D	Inclui-se se a produção requer testes à escala natural e subsequentes estudos de desenho e engenharia. Exclui-se para as restantes atividades associadas.
Desenvolvimento prévio à produção	Para excluir da P&D	
Serviço pós-venda e detecção de panes	Para excluir da P&D	Exceto "feedback" de P&D (a ser incluído)
Trabalhos relativos às patentes e licenças	Para excluir da P&D	Excluem-se todos os trabalhos administrativos e jurídicos relacionados com patentes e licenças (exceto o trabalho de patentes diretamente relacionado com projetos de P&D)
Testes de rotina	Para excluir da P&D	Excluem-se mesmo quando são realizados por pessoal de P&D
Coleta de dados	Para excluir da P&D	Excluem-se exceto quando sejam parte integrante da P&D
Inspeção e controle públicos, cumprimento de normas e regulamentos	Para excluir da P&D	

Figura 1 - Alguns casos ilustrativos da fronteira entre P&D e outras atividades industriais
Fonte: OCDE (2015)

3. Estudos de caso

Tendo analisado brevemente o contexto que se insere a presente pesquisa, são analisados os cinco estudos de caso que constituem o foco deste estudo e da discussão junto à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Estudo de Caso 1

Em conjunto com o Grupo de Pesquisa Fotovoltaica da universidade executora do projeto e demais parceiras, o projeto consiste na instalação de oito módulos de avaliação (MA), localizados em regiões federativas com diferentes condições climáticas, e da Usina Solar Fotovoltaica que está localizada na região Sul do Brasil.

A. Aprendizado durante o desenvolvimento da USFV

Todo o desenvolvimento do conhecimento e de novas capacidades do projeto foi liderado pela instituição executora, com a seleção de fornecedores, análise do material, análise do enquadramento nos níveis de exigência mínimas, trabalhando sempre em parceria com a empresa proponente, que é geradora privada de energia.

Graças ao projeto, a equipe da empresa proponente precisou se qualificar na área de energia solar fotovoltaica para participar de suas atividades. Foram capacitadas cerca de 60 pessoas da empresa proponente pela instituição executora, que por sua vez obteve parte de sua infraestrutura de equipamentos no âmbito do projeto da Chamada N° 013/2011.

Vale destacar que houve acúmulo de conhecimento e experiência ao longo da construção dos 8 MA, desde da parte conceitual do projeto, até a instalação da USFV. Percebeu-se uma evolução na construção de cada um, através da otimização do uso de equipamentos, matéria prima e tempo.

Além disso, um fator de grande relevância de estímulo ao aprendizado foi a experiência no campo, através de experiência acumulada ao longo dos anos do projeto. Como principal fonte externa de aprendizagem, o projeto contou com a cooperação de um instituto de pesquisa alemão, para realização de visitas técnicas ao instituto de pesquisa.

Quanto à decisão de continuar investindo no setor e aumentar esses investimentos, a concessionária proponente considera que ainda não cresceu nos leilões de energia por considerar necessário conhecer melhor o setor e esperar os resultados decorrentes do projeto. O objetivo seria se inserir aos poucos no setor e ter bastante confiança que o mercado está atendendo à demanda, através de custos. Por isso a concessionária declarou que sua participação nos leilões para setor de energia solar fotovoltaica ainda não é considerada expressiva.

B. Processo de Transferência Tecnológica

A transferência tecnológica foi identificada no projeto principalmente nas áreas de projetos, operação e manutenção. No aspecto de geração do conhecimento e da capacidade de lidar com a tecnologia solar FV, e na área de desenvolvimento, através da capacidade de trabalhar com novas usinas, identificando quais tecnologias são mais adequadas para uma USFV no Brasil. A TT neste estudo de caso foi muito focada na aplicação no Brasil de tecnologias conhecidas e desenvolvidas no exterior, como painéis FV.

Os componentes e estruturas metálicas das USFV foram todos comprados no exterior. No entanto, durante a execução do projeto, um fornecedor de tecnologias fotovoltaicas desenvolveu um inversor, reforçando suas capacidades na área de energia solar.

As principais transações que foram utilizadas para aquisição dos componentes utilizados no projeto submetido à Chamada Nº 013/2011 foram: licenciamento de softwares; foi desenvolvido um método de pedido de licença ambiental, pois a empresa não possuía uma metodologia específica para essa área; serviços com conteúdo tecnológico; utilização de serviços de consultoria; aquisição/transferência de tecnologia através da compra/venda de equipamento; e transferência de pessoal qualificado.

Os principais outputs advindos do projeto foram o fornecimento de serviços para projetos de energia solar fotovoltaica, publicações de pesquisas científicas sobre energia solar fotovoltaica e a geração de eletricidade através de energia solar fotovoltaica.

C. Problemas e Desafios

Os principais desafios experimentados ao longo do projeto foram sobretudo no início, devido os problemas de qualificação da mão de obra necessária e ao fato deste projeto ter sido o pioneiro e ter sido necessário contratar empresas que nunca tinham construídos usinas solares. Houve a necessidade de desenvolvimento de fornecedores nacionais, causando atrasos e dificuldades na construção das usinas.

D. Identificação da P&D e atividades afins

Baseado no modelo de análise da P&D e outras atividades industriais do Manual de Frascati (OCDE, 2015), é possível identificar quais das atividades listadas na Figura 1 podem ser inclusas como atividades de P&D no Estudo de Caso 1.

É possível afirmar que houve o desenvolvimento de planta piloto com o objetivo principal de pesquisa e desenvolvimento. Os itens de engenharia industrial e ferramentas, produção experimental e serviço pós-venda e detecção de panes foram incluídos, pois houveram atividades de “*feedback*” da P&D associadas ao desenvolvimento de novos processos, como também houveram testes à escala natural. Foi identificada também atividade de coleta de dados como parte integrante da P&D.

Estudo de Caso 2

Os objetivos estudo de caso 2 foram a busca pelo pioneirismo do Grupo no desenvolvimento de nova fonte de geração para a matriz elétrica brasileira; a inserção técnico-comercial da energia solar na rede; integração de energia solar com energia eólica para analisar potenciais ganhos – instalação de plantas solares nos parques eólicos já existentes; e a inserção e teste de 5 tecnologias de energia solar.

A. Aprendizado durante o desenvolvimento da USFV

A empresa proponente possui um grupo específico que trabalha com energias renováveis e outro específico para O&M, que foi treinado para trabalhar na USFV. Hoje a equipe já trabalha de uma maneira que o conhecimento acumulado é considerado incorporado nas atividades rotineiras da empresa. A proponente realiza ainda minicursos abertos para comunidade e workshops sobre os resultados do projeto, que ajuda a difundir a experiência e o aprendizado no setor.

Considera-se que a experiência com o projeto causou um efeito multiplicador para a instituição coordenadora do projeto, que foi uma *spinoff* que abriu uma nova área de negócios na empresa. No início foi encarado como uma atividade de projeto de P&D, mas atualmente a empresa já está inserida no mercado, trabalhando para construção de USFV para atender aos leilões de energia. No âmbito do projeto, a empresa coordenadora do projeto desenvolveu um software de monitoramento de USFV, que atualmente já é usada comercialmente, sendo licenciado para outras usinas.

O marco mais relevante para a concessionária foi o desenvolvimento da capacidade de elaborar um bom projeto de pesquisa e de operar a planta de uma maneira eficaz e ser capaz de ter uma análise crítica das informações adquiridas.

B. Processo de Transferência Tecnológica

O projeto ajudou a disseminar regionalmente a cultura da energia solar fotovoltaica, tendo recebido cerca de 3.000 visitantes na Usina, como empresas, universidades, jornalistas, etc.

As principais transações utilizadas ao longo do projeto da Chamada Nº 013/2011 foi o uso de serviços com conteúdo tecnológico; utilização de serviços de consultoria; aquisição/transferência de tecnologia através da compra/venda de equipamento, que foram em sua maioria adquiridos no exterior; como também a transferência de pessoal qualificado, para trabalhar na inteligência do projeto, que foram absorvidas pela proponente e pela empresa coordenadora do projeto, já o pessoal que trabalhou nas estruturas foi terceirizado.

Os principais resultados de transferência tecnológica advindos do projeto foram o fornecimento de serviços para projetos de energia solar fotovoltaica; publicações de pesquisas científicas sobre tecnologias de energia solar fotovoltaica; e a geração de eletricidade através de energia solar fotovoltaica.

C. Problemas e Desafios

Considera-se que os desafios encontrados foram inerentes à inserção de uma nova tecnologia no mercado. Os principais foram relacionados à falta de mão de obra capacitada, a disponibilidade de fornecedores, a ausência de uma cadeia produtiva nacional e situações relacionadas ao conhecimento da tecnologia para sua implementação, como o dimensionamento da usina, à adequação do local para implementação do projeto, etc.

Para remediar esses problemas, houve uma intensa atividade de capacitação, com o treinamento de cerca de 52 pessoas para construção da Usina, por exemplo. Os treinamentos foram feitos através da contratação de uma empresa de projetos solares fotovoltaico nacional e uma empresa espanhola que fez treinamentos desde a elaboração de projetos até a realização de comissionamento. Houve também relações de colaboração com outra concessionária que contribuiu para a geração de capacidades para a empresa.

Quanto à ausência de uma cadeia produtiva nacional para fornecer equipamentos, apontada como um desafio ao projeto, foi necessário a compra dos equipamentos a nível internacional, entretanto toda a parte de cabeamento foi adquirido nacionalmente. Buscou-se também fornecedores de áreas correlatas, que tinham expertises em montagens elétricas, por exemplo.

D. Identificação da P&D e atividades afins

Assim como no estudo de caso anterior, no Estudo de Caso 2 foi identificado o desenvolvimento de planta piloto com o objetivo principal de pesquisa e desenvolvimento. Os itens de engenharia industrial e ferramentas, produção experimental e serviço pós-venda e detecção de panes foram incluídos, pois houveram atividades de “*feedback*” da P&D associadas ao desenvolvimento de novos processos, como também houveram testes à escala natural. Foi identificada também atividade de coleta de dados como parte integrante da P&D.

Estudo de Caso 3

Os objetivos do Estudo de Caso 3 foram instalar, comissionar e analisar o desempenho de uma planta fotovoltaica de 3MWp interligada à rede elétrica; estudar as características de geração, vida útil dos componentes e desempenho de subsistemas; montar um laboratório nas dependências da Central; identificar empresas nacionais que atuam em áreas correlatas à tecnologia; e realizar um estudo técnico-econômico da geração fotovoltaica. A empresa proponente é uma sociedade anônima de capital aberto que atua na geração e transmissão de energia.

A. Aprendizado durante o desenvolvimento da USFV

Para a empresa proponente do estudo de caso 3, a experiência na Chamada Nº 013/2011 contribuiu para sua capacitação inicial quanto a projetos de energia solar fotovoltaica, pois, embora não tenha sido a primeira experiência da concessionária no setor, foi o primeiro projeto que permitiu vivenciar a energia solar nos módulos atuais, visando a questão dos leilões, da formatação de plantas de grande porte, de geração de energia, questões ambientais, etc. Segundo o entrevistado, esses processos trouxeram para diversos setores da empresa um nível de capacitação e conhecimento sobre a tecnologia que antes não detinham, mesmo que a USFV ainda não tinha sido construída, até o momento da entrevista.

O entrevistado considera que, no geral, a Chamada Nº 013/2011 trouxe um aprendizado para diversas divisões da companhia, como a divisão de licitações, de contratação, do setor jurídico, a divisão de segurança, encarregado de verificar novas regras para uma planta, etc.

B. Processo de Transferência Tecnológica

O entrevistado entende as atividades de transferência tecnológica como a identificação de empresas nacionais que atuam em áreas correlatas à tecnologia - fabricantes de dispositivos de potência, de forma a fomentar a criação de linhas de produção voltadas para a tecnologia fotovoltaica. Para realizar essa atividade foram previstas interações com as empresas ao longo de cada etapa do projeto. Devido ao atraso na montagem da planta, ocasionado por eventos externos, dos quais nem a empresa contratante, nem as instituições contratadas têm gerência direta, a atividade de transferência de tecnologia ainda não foi realizada na totalidade.

No projeto, embora não tenha ainda montado a planta FV, verificou-se que algumas atividades realizadas até o momento contribuíram, direta ou indiretamente, para a transferência da tecnologia FV. As atividades mencionadas fomentaram a transferência de *know-how* para a concessionária e entidades executoras, além das empresas no Brasil ligadas ao setor. Algumas dessas atividades podem ser destacadas, como *workshops* com profissionais das empresas públicas e privadas atuantes na área de energia solar FV, pesquisadores, estudantes e engenheiros; e formação de mão de obra qualificada – níveis de graduação: Engenharia de Energia, Mestrado e Doutorado.

Até o momento, foi declarado que o projeto por si só garantiu a formação de experiência para concessionária, para as Universidades e parceiros nas áreas de: dimensionamento, especificações de componentes e licenciamento.

C. Problemas e Desafios

Houveram três licitações para executar a parte civil e para construção da planta básica e uma outra para construção da planta tecnológica. O projeto passou pela etapa de licitação para a parte civil e para planta básica, e as empresas ganhadoras acabaram não executando o projeto. E foi neste contexto que a EP3 precisou retomar todo o processo licitatório.

As principais dificuldades enfrentadas no projeto foram atribuídas à ausência de know-how no setor e, pelo fato da empresa proponente ser uma empresa pública, foi exigido um maior rigor nas execuções, o que muitas vezes expôs a empresa à legislação que precisa ser atendida.

D. Identificação da P&D e atividades afins

No Estudo de Caso 3, não foi possível listar nenhuma atividade de P&D, baseado no modelo de análise da P&D e outras atividades industriais do Manual de Frascati (OCDE, 2015), pois o projeto, até o momento da entrevista, ainda não havia iniciado a construção da USFV.

Estudo de Caso 4

O objetivo geral do estudo de caso 4 é identificar gargalos comerciais, técnicos e econômicos para inserção da geração solar fotovoltaica conectada à rede elétrica no Brasil, por meio de arranjos comerciais, através de um estudo aprofundado dos nichos de mercado e “gaps” mercadológicos para sua viabilidade, e da concepção, avaliação e implantação de um modelo de negócios; e por meio de arranjos técnicos, através de estimativa do desempenho energético de sistemas fotovoltaicos conectados à rede e da valoração dos impactos da integração nas redes elétricas.

A. Aprendizado durante o desenvolvimento da USFV

Segundo o entrevistado, o considerado um diferencial neste projeto, foi a forma que foi construída o modelo de negócios implantado de solução para o consumidor de médio e grande porte onde a tarifa de energia às vezes não é tão atrativa quanto para um consumidor residencial. Foi desenvolvida uma metodologia de seleção das áreas e dos potenciais clientes a serem prospectados e um modelo de negócio onde as empresas pagariam seus investimentos com a redução da conta de energia. Foi licitada uma consultoria jurídica para fazer uma análise do arcabouço jurídico regulatório voltado para analisar proposta de negócio do projeto e dos modelos que poderiam ser criados, o que foi considerado um dos resultados mais relevantes do projeto.

B. Processo de Transferência Tecnológica

Em virtude desse projeto e outras iniciativas da empresa, a concessionária movimentou uma equipe de profissionais que trabalha no setor de energia solar fotovoltaica, de modo que tem ocorrido uma geração de conhecimento e capacidades importante na empresa. E ainda, na universidade parceira do projeto, todos esses estudos estão gerando diversas teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalhos de fim de curso.

A principal fonte de aprendizado é o núcleo de pesquisa regional de geração fotovoltaica que projeto desenvolveu na universidade parceira do projeto. Houve também como fontes de aprendizado um centro de pesquisa espanhol e uma consultoria jurídica especializada.

C. Problemas e Desafios

De acordo com o entrevistado, os principais desafios do projeto estão sendo ligados a questões institucionais, como questões burocráticas de empresas públicas ou de economia mista, que são complexidades não previstas. Como consequência disso, até o momento da entrevista, a licitação para o projeto executivo da USFV ainda não tinha sido realizada.

Como a USFV piloto do projeto não estava pronta, a proponente estava utilizando a USFV de um estádio de futebol, construída por ela, para suprir as demandas da pesquisa, de modo que os resultados técnicos do projeto não foram comprometidos. O projeto passou por um problema burocrático que, após o vencimento de um convênio, um dos parceiros representava quase 40% dos custos do projeto, não quis dar continuidade; conseqüentemente, até o momento da entrevista, a proponente estava tentando viabilizar um novo parceiro para entrar com os recursos necessários para dar continuidade ao projeto.

D. Identificação da P&D e atividades afins

No Estudo de Caso 4 foi identificado uma planta piloto com o objetivo principal de pesquisa e desenvolvimento, mesmo que, até o momento da entrevista, a USFV não tivesse sido construída, o projeto fez uso de uma outra USFV construída pela concessionária para realização da P&D. Foi identificada uma produção experimental, pois houveram testes à escala natural e subsequentes estudos. Por fim, foi identificada também atividade de coleta de dados como parte integrante do projeto de P&D.

Estudo de Caso 5

O objetivo principal do projeto relacionado ao estudo de caso 5 consiste na instalação, operação e monitoramento de uma usina solar fotovoltaica de 0,540 MWp conectada indiretamente por meio de unidades consumidoras à rede de distribuição de energia elétrica, constituída por 4 subsistemas. O projeto foi o primeiro projeto no setor de energia solar fotovoltaica para a empresa proponente, uma empresa concessionária de transmissão de energia elétrica, e para a outra concessionária, uma empresa de geração de energia, colaboradora do projeto. O projeto está concluído. A estimativa era que a USFV produziria 1% da energia do campus universitário em que ela foi instalada e com o levantamento mais recente, até o momento da entrevista, a USFV está gerando 0,8% da energia do campus.

A. Aprendizado durante o desenvolvimento da USFV

O entrevistado afirma que o projeto proporcionou um grande aprendizado para seus colaboradores. Para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, à medida que os subsistemas da USFV foram operando, foram-se descobrindo alguns problemas, a partir deles elas recebiam os feedbacks para que esses problemas e soluções fossem sendo incorporados em suas boas práticas.

Para a instituição executora, que já possuía um grupo de pesquisa consolidado na área de energia solar FV, o projeto proporcionou a experiência de pesquisa numa escala de atividade maior e o crescimento do grupo de pesquisa, na sua infraestrutura laboratorial e houve uma ampliação nas suas atividades.

B. Processo de Transferência Tecnológica

Segundo o entrevistado, foram realizadas diversas atividades de capacitação de recursos humanos e difusão. Houve seminário sobre micro e minigeração distribuída para representantes de prefeituras e foram realizadas capacitações teóricas e práticas em energia solar FV na ANEEL e em um centro educacional, com objetivo de fornecer uma visão geral das aplicações da energia solar fotovoltaica. Foram publicados diversos artigos científicos e foram defendidas diversas dissertações de mestrado e teses de doutorado, e ainda há algumas teses de doutorado em andamento. O projeto ocasionou um aumento da cooperação internacional na universidade executora, devido as particularidades do sistema, que gerou o interesse em algumas instituições internacionais.

Uma dissertação teve como produto uma metodologia de avaliação de desempenho de USFV que foi incorporado numa norma técnica brasileira de comissionamento; outra pesquisa resultou em uma metodologia de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, que virou uma outra norma técnica; e a nota técnica “DEA 19/14 – Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos”, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), teve a contribuição de uma das dissertações desenvolvidas no projeto.

C. Problemas e Desafios

Um dos principais desafios, de acordo com o entrevistado, foi encontrar empresas capacitadas para realização da obra em tempo hábil e que conhecesse a problemática do projeto. Muitas empresas que se candidataram não tinham muito conhecimento das particularidades do setor, para instalação elétrica da USFV. Houve uma empresa ganhadora da licitação para fornecimento de uma parte dos equipamentos que no final não assinou o contrato, por ter baixado demais os preços dos equipamentos e não serem capazes de entregar o material.

Ao longo do projeto, foi identificado como principais barreiras à execução do projeto a disponibilidade de capital limitada, devido à crise financeira que atingiu as concessionárias de energia, a escassez de pessoal técnico treinado; e a disponibilidade de fornecedores locais de equipamentos e/ou serviços. E a principal maneira de diminuir esses problemas, segundo o entrevistado, foi o estímulo à formação de mão de obra qualificada para instalação.

D. Identificação da P&D e atividades afins

No estudo de caso 5, além de identificados os itens planta piloto, engenharia industrial e ferramentas, produção experimental, serviço pós-venda e detecção de panes, coleta de dados como parte integrante da P&D, pode ser apontado também o item Protótipo da Figura 1, já que um dos fornecedores do projeto desenvolveu um produto, que foi testado no âmbito do projeto.

A experiência da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

Segundo a ANEEL, a construção do edital da Chamada Nº 013/2011 - Projeto Estratégico: “Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira” foi em parceria com a empresa alemã de cooperação internacional Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), cujo principal acionista é o governo federal alemão. A GIZ é especializada em projetos de cooperação técnicos e de desenvolvimento sustentável em escala mundial.

A. Objetivos e expectativas do edital

A Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética (SPE) considerou que a tecnologia de energia solar fotovoltaica estava sendo viabilizada no mundo e no Brasil o número de projetos era escasso, e por isso foi publicada uma chamada de projetos estratégicos de P&D para tentar atrair os investimentos para o setor. Pela regulamentação, os agentes possuem livre escolha nos temas, mas quando a ANEEL publica o tema, considera-se que o interesse aumenta por existir uma redução no risco do quesito originalidade, já que é um tema proposto pela agência.

A Chamada Nº 013/2011 foi vislumbrada para projetos nas fases finais da cadeia de inovação, com tecnologias, em sua maioria, oriundas do exterior e prontas para inserção no mercado e na realidade brasileira. O objetivo foi viabilizar essa tecnologia na matriz energética brasileira e por isso foram considerados a Transferência Tecnológica do exterior e a possibilidade de contratar pesquisadores estrangeiros.

B. Mecanismo de acompanhamento dos projetos

A SPE da ANEEL possui dez servidores para acompanhar 4.000 projetos concomitantes em execução no seu programa de P&D. Vale salientar que ela não é classificada como uma superintendência de fiscalização. De uma maneira geral, o acompanhamento dos projetos é realizado exclusivamente de forma documental e no caso dos projetos das chamadas estratégicas, há também o acompanhamento através de workshops internos, organizados pela ANEEL, ou externos, aproveitando seminários e congressos já existentes.

Na última contabilização dos projetos em andamento na Chamada Nº 013/2011, dos 18 projetos aprovados, a ANEEL contabilizou 11 projetos que ainda estão em atividade.

C. Contribuições da Chamada Nº 013/2011 para o mercado

A ANEEL afirma que a chamada deu a oportunidade de se prever o mercado de energia solar FV, através da criação de uma demanda que suscita em oportunidades de parcerias entre as concessionárias, empresas ofertantes de serviços e produtos e instituições de pesquisa. Os trabalhos da agência relacionados ao setor de energia solar FV foram acontecendo a partir dos resultados advindos da chamada, como a publicação da Resolução Normativa Nº 482 e, posteriormente, os dados da chamada e da Resolução deixaram a equipe da EPE preparados para publicar um leilão direcionado à energia solar FV.

Em relação aos projetos de pesquisa submetidos à chamada que não prosseguiram, considera-se que a experiência de contratação de pesquisadores, de busca por colaboradores e de parcerias internacionais, de elaboração do projeto, etc. gerou uma dinâmica no setor que foi suficiente para apresentar ao mercado, que existe uma demanda sendo criada e que necessitava de pesquisa. Além de avaliar apenas os resultados da chamada, a ANEEL opta por avaliar o caminho tomado pela empresa para chegar nesses resultados. Quantos recursos humanos foram envolvidos no processo? Houveram capacitações humanas e laboratoriais, publicações científicas e etc? Quais conclusões foram extraídas da experiência?

4. Principais considerações

1. A transferência tecnológica é vista como um processo que envolve o comércio e investimentos em tecnologia, a seleção, a adoção, adaptação e difusão de tecnologia industrial, e o reforço das capacidades. E este foi um dos resultados esperados descritos na Chamada ANEEL de Projeto de P&D Estratégico nº 013/2011 “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira”.
2. Destaca-se que a Chamada Nº 013/2011 foi destinada à projetos nas fases finais da cadeia de inovação, com tecnologias, em sua maioria, oriundas do exterior e prontas para inserção no mercado e na realidade brasileira. Foram submetidas e aceitas 18 propostas de pesquisa e, segundo a ANEEL, desse total, 11 projetos ainda estão em desenvolvimento, os demais foram abandonados. A presente pesquisa investigou a aprendizagem e a construção de capacidade tecnológica geradas no âmbito de cinco projetos envolvidos na Chamada Nº 013/2011.
3. Analisando os resultados da pesquisa de campo, pode-se afirmar que a Chamada Nº 013/2011 percorreu as fases principais do processo de TT: primeiramente houve a identificação de uma lacuna tecnológica, que foi o baixo desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil; e em seguida foi lançada a chamada para que, no âmbito dos projetos, fossem selecionados fornecedores da tecnologia, houvesse a contratação da TT; e finalmente, a adaptação da tecnologia.
4. Foram identificados nos projetos submetidos os *stakeholders* chave do processo de TT apontados pelo IPCC: os proprietários; fornecedores, compradores, beneficiários e usuários de tecnologia (como empresas privadas, empresas estatais e consumidores individuais); financiadores; governos; instituições internacionais. E foi constatado que, embora as partes interessadas desempenhem papéis diferentes, há uma necessidade de parcerias entre as partes interessadas para criar êxito da transmissão. A ANEEL, como representante do governo, foi um agente facilitador de tais parcerias.

5. Ao longo do projeto destacou-se um grande foco na transferência tecnológica do Norte para o Sul porque a maioria das tecnologias ainda são desenvolvidas principalmente e implantadas primeiramente nos países industrializados. Houve um comércio internacional que ocorreu através da compra de equipamentos ou conhecimentos não disponíveis comercialmente no país beneficiário. Inclusive foi identificado um caso de um fornecedor que possui um acordo internacional de TT que envolve a compra de direitos de produção e distribuição e as informações técnicas subjacentes e o know-how para explorar uma determinada tecnologia de energia solar fotovoltaica no país.
6. Os resultados da pesquisa de campo também permitiram afirmar que evidências empíricas indicam que a adoção de uma nova tecnologia é fortemente associada ao capital humano, infraestrutura de apoio e atividades de pesquisa e desenvolvimento, sendo esses três aspectos foram os pilares de todos os projetos investigados.
7. A experiência com a chamada permitiu o desenvolvimento do conhecimento tecnológico, associado a habilidades individuais e das empresas, que foi adquirido através do aprendizado tecnológico. Foram compartilhadas, entre os atores envolvidos nos projetos, oportunidades de aprendizagem e capacitação significativas.
8. Através da análise da P&D e outras atividades industriais, baseada no Manual de Frascati (OCDE, 2015), foi possível concluir que os itens identificados de uma maneira geral nos estudos de caso, exceto o estudo de caso 3, foram: planta piloto; engenharia industrial; ferramentas, produção experimental e serviço pós-venda; e detecção de panes. O protótipo foi identificado apenas em um estudo de caso. Percebe-se que as atividades fizeram parte da P&D com o principal objetivo de adquirir experiência e obter dados técnicos ou de outro tipo, como os resultados da inserção de determinada tecnologia internacional nas condições específicas de clima no Brasil.
9. É possível constatar que a maioria das concessionárias proponentes já haviam tido uma experiência no setor de energia solar FV anteriormente, mas através das entrevistas, é possível afirmar que na Chamada N° 013/2011 ocorreram as experiências mais relevantes no setor para todas as entrevistadas.
10. Os principais desafios experimentados ao longo dos projetos, relatados pelos entrevistados, foram sobretudo os problemas de qualificação da mão de obra e a disponibilidade de fornecedores nacionais. A barreira do processo de tomada de decisão surgiu no âmbito de projetos em que a empresa proponente é pública, que foi exigido um maior rigor nas execuções. O caso da disponibilidade de capital limitada surgiu em um caso em que a crise financeira atingiu as concessionárias proponente e em outro caso em que uma empresa conveniada se retirou do projeto.
11. As principais transações utilizadas nos projetos submetido à chamada foram o uso de serviços tecnológicos, a aquisição/transferência de tecnologia e a utilização de serviços de consultoria. Percebe-se que houve pouca transferência de pessoal treinado e não houve depósito de patentes no âmbito dos projetos selecionados.
12. Dentre os produtos finais e diretos do processo Transferência Tecnológica, verifica-se que a Chamada N° 013/2011 não foi destinada à produção local de tecnologias de energia solar FV. Os projetos apresentaram como principal *output* publicações de pesquisas científicas sobre tecnologias de energia solar FV.

5. Conclusão

Por fim, conclui-se que a transferência tecnológica, um dos resultados esperados da Chamada N° 013/2011, foi identificada na maioria dos projetos analisados. A geração do conhecimento e de capacidades no setor de energia solar FV foram observados em atividades relacionadas desde a elaboração do projeto, até a construção da USFV, como em atividades de aquisição de equipamentos, elaboração dos projetos de engenharia, na fase de montagem das estruturas metálicas, na montagem das estruturas elétricas, etc.

Sendo seguro afirmar que a chamada estimulou, ao menos, o início do desenvolvimento de uma capacidade tecnológica nacional na área de energia solar fotovoltaica, que é considerada um conjunto de habilidades, experiências e esforços que permitem que as empresas de um país adquiram, utilizem, adaptem, aperfeiçoem e criem tecnologias com eficiência. Sendo que o Brasil ainda não estaria na fase de criação de tecnologias.

Analisando o desenvolvimento desses projetos, verifica-se que houve um amplo conjunto de processos que abrangem os fluxos de know-how, experiência e equipamentos entre as diferentes partes interessadas. Houve a necessidade de um processo de aprendizagem para compreender, utilizar e replicar a tecnologia, incluindo a capacidade de escolher e adaptar-se às condições locais e integrá-lo com as tecnologias nativas. Foi possível identificar interações diretas que envolveram os fornecedores de insumos ou bens de capital, consultores, fornecedores de tecnologia, universidades, órgãos de treinamento, etc.

Como a maioria das tecnologias de baixo carbono, a energia solar fotovoltaica sofre falhas de mercado e no Brasil, como em muitos países, há pouca demanda, e a sua transferência internacional, bem como a sua aplicação generalizada precisou ser apoiada através de intervenções de políticas, que acabou contribuindo para o início de um desenvolvimento da capacidade nacional na área de energia solar fotovoltaica. Pois a chamada estratégica acabou sendo seguida de ações da ANEEL voltadas para o setor de energia solar FV, como a Resolução Normativa N° 482 da ANEEL, com o sistema de compensação de energia, e em seguida os leilões de energia.

6. Referências

- BELL, M. and PAVITT, K. (1993) 'Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between developed and developing countries', *Industrial and Corporate Change*, vol 2, pp157–210.
- DECHEZLEPRÊTRE A, M GLACHANT, Y MÉNIÈRE (2009). Technology transfer by CDM projects: A comparison of Brazil, China, India and Mexico. *Energy policy* 37 (2), 703-711.
- FERNANDINO, J. A., OLIVEIRA J. L. de. *Arquiteturas Organizacionais para a Área de P&D em Empresas do Setor Elétrico Brasileiro*. RAC, Curitiba, v. 14, n. 6, art. 5, pp. 1073-1093, Nov./Dez. 2010.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (BRASIL). N° 152 - Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. 2012.
- MOWERY, D.C., R.R. NELSON & B.R. MARTIN. Technology policy and global warming: why new policy models are needed (or why putting new wine in old models won't work). *Research Policy* 39(8): 1011–1023. 2010.
- OECD (2015), *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*, OECD Publishing, Paris.
- OCKWELL, D. G.; WATSON, J.; MACKERRON, G.; PAL, P.; YAMIN, F. (2008) Key policy considerations for facilitating low carbon technology transfer to developing countries. *Energy Policy* 36 (2008) 4104– 4115.
- OCKWELL, David G and MALLETT, Alexandra (2012) Introduction: low-carbon technology transfer: from rhetoric to reality. In: Ockwell, David G and Mallett, Alexandra (eds.) *Low Carbon Technology Transfer: From Rhetoric to Reality*. Routledge, Abingdon and New York. ISBN 9781849712699.
- SMITH, K. Transitions to renewable energy systems: the innovation and policy issues. Working Paper. RENTRANS Project. October 2012.
- WORRELL, E.; VAN BERKEL, R.; FENGQI, Z.; MENKE, C.; SCHAEFER, R.; WILLIAMS, R. O. (2001). Technology transfer of energy efficient technologies in industry: a review of trends and policy issues. *Energy Policy* 29 (2001) 29-43.