

EFEITOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NO RIO GRANDE DO SUL: MÉTODO MATRIZ INSUMO-PRODUTO INTER-REGIONAL

Felipe Gerhard Ledur

Graduado em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). E-mail: felipeledur03@hotmail.com

William Barros Miranda

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Economia Aplicada (PPGE/FURG). E-mail: williambarrosmiranda@gmail.com

Rodrigo da Rocha Gonçalves

Professor do Programa de Pós-graduação em Economia na Universidade Federal do Rio Grande (PPGE/FURG). E-mail: rochagoncalves@gmail.com

RESUMO: A questão energética está ganhando importância mundial, atualmente, há buscas por autossuficiência em geração de energia e a diversificação da matriz energética. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo quantificar os efeitos econômicos da maior utilização da energia solar no estado do Rio Grande do Sul com base na Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre. Desse modo, foi realizado simulações de 2 cenários (realista e otimista) com choques de demanda no setor energético, oriundos dos investimentos em energia solar. Os resultados indicam impactos de aproximadamente R\$ 1,55 (cenário realista) e R\$ 3,49 (cenário otimista) bilhões na economia gaúcha em termos de produção e valor adicionado. Em linhas gerais, os setores mais impactados com os investimentos são os que possuem maior encadeamento para trás com o setor de energia elétrica, pois são os principais fornecedores de bens e serviços intermediários para o referido setor.

Palavras-chave: Energia solar. Rio Grande do Sul. Matriz Insumo Produto.

ABSTRACT: The energy issue is gaining importance worldwide, currently, there are searches for self-sufficiency in energy generation and diversification of the energy matrix. In this sense, this study aimed to quantify the economic effects of greater use of solar energy in the state of Rio Grande do Sul based on the Inter-regional Input-Output Matrix for the Population Arrangement of Porto Alegre. Thus, simulations of 2 scenarios (realistic and optimistic) were carried out with demand shocks in the energy sector, arising from investments in solar energy. The results indicated impacts of approximately R\$ 1.55 (realistic scenario) and R\$ 3.49 (optimistic scenario) billions in the state's economy in terms of production and added value. Generally speaking, the sectors most impacted by investments are those with the greatest backward linkages with the electricity sector, as they are the main suppliers of intermediate goods and services to the sector.

Área 9: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade.

Classificação JEL: Q00, Q42, R15

1 INTRODUÇÃO

A questão energética está ganhando importância mundial, atualmente, há buscas por autossuficiência em geração de energia e a diversificação da matriz energética, isto é, encontrar fontes de energias alternativas e renováveis para suprir a demanda do país, através da diminuição do uso de combustíveis fósseis e a necessidade de redução de emissão de gases poluentes, como exposto na Plataforma de Cenários Energéticos, que informa a possibilidade de mitigar mais de 12% da emissão total proveniente da produção energética com a ampliação destas fontes alternativas nas próximas décadas. No Brasil, cerca de 46,1% da matriz energética é renovável, em meio onde a média é de 14%. Esse fato ocorre pela grande participação do fornecimento de energia por usinas hidrelétricas (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2020).

A partir disso, a energia solar tem ganhado força, visto que não necessita ser extraída e/ou refinada. Há três grandes modalidades: energia solar fotovoltaica, energia solar concentrada (CSP) e energia solar para aquecimento de água. Em síntese, a energia solar utiliza-se de células solares, responsáveis pela geração de energia, e um inversor para transformar a tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. Portanto, o processo é simples, sem emissão de gases poluentes e com baixa necessidade de manutenção, com isso possui vantagens em relação com os outros componentes da matriz energética.

As células fotovoltaicas têm registrado uma considerável queda de preço: aproximadamente 20% a cada duplicação da capacidade instalada. Desse modo, nos próximos anos, as células devem se tornar mais competitivas em relação aos preços médios de tarifas elétricas praticadas atualmente ([R]EVOLUÇÃO ENERGÉTICA, 2013). Corroborando, o custo médio de geração de eletricidade a partir de placas fotovoltaicas caiu de 0,37 centavos de dólar por kilowatt/hora em 2010 para 0,07 centavos em 2019 (IRENA, 2019).

O Brasil tem um ótimo índice de irradiação solar, variando de 4000 a 6300 Wh/m² diária, dessa maneira, o território brasileiro possui alto potencial para captação de energia solar, mesmo assim, é pouco aproveitada, correspondendo a pouco mais de 1% da matriz elétrica brasileira. Contudo no ano de 2019, o aumento da participação, em comparação com o ano anterior, foi de 92,2% (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2020). No contexto do Rio Grande do Sul, a irradiação solar média é de 4540 Wh/m² dia. A região Sul tem níveis maiores aos da região Norte, ou seja, o Rio Grande do Sul tem boa capacidade para energia solar mesmo com as baixas temperaturas que o estado apresenta, portanto, essa condição não interfere na geração, pois a energia solar não se dá pelo calor (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

O Rio Grande do Sul ocupa a segunda posição no ranking por estado da geração distribuída solar fotovoltaica, ultrapassando a potência instalada de 600 megawatts (MW), correspondendo a mais de 12 % do total da produção nacional e representa mais de 8 % da matriz elétrica do estado. Ela já está presente em 99 % das cidades (ABSOLAR, 2020). Os fatores que influenciam a expansão no sistema gaúcho são a disponibilidade de linhas de crédito do banco estadual e de cooperativas, a isenção de ICMS para unidades consumidoras que aderiram à geração distribuída e nas operações com diversos equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia solar e a redução do valor dos leilões no Mercado Livre de Energia como um todo.

Nesse cenário, o objetivo desse trabalho é quantificar os efeitos econômicos da maior utilização da energia solar no estado do Rio Grande do Sul com base na Matriz Insumo Produto. Para isso, são criadas simulações de choques de investimento de curto prazo que serão dados no setor energético. A base de dados utilizada foi a Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre estimada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP – NEREUS em 2015. A escolha se justifica, pois, será possível avaliar o

impacto dos painéis fotovoltaicos e seus efeitos diretos e indiretos no Rio Grande do Sul, como produção, valor adicionado, impostos e número de ocupações (empregos formais e informais, a partir desse instrumental). Dessa maneira, há a possibilidade para os formuladores de políticas públicas justificarem investimentos ou economia de recursos (MILLER e BLAIR, 2009). Além disso, esse presente trabalho será o primeiro com o intuito de quantificar os impactos econômicos da ampliação da energia solar no estado utilizando a MIP.

Este trabalho está estruturado em cinco seções, sendo esta introdução a primeira delas. A segunda parte, apresenta a evolução da literatura internacional e nacional da metodologia aplicadas a fontes de energias renováveis. A parte três apresenta a metodologia, descrição dos dados utilizados e os cenários e simulações criados. Na quarta parte são demonstrados os resultados e as interpretações obtidas. Por fim, a última apresenta as principais conclusões sobre o impacto socioeconômico da energia solar no Rio Grande do Sul.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Literatura empírica internacional

A literatura oferece vários modelos nacionais e regionais de insumo-produto aplicados a fontes de energias renováveis. Entre os que focam na energia solar, encontra-se Huntington (2009) que expõe que cada megawatt de energia solar é mais eficaz, do que as outras energias renováveis, como eólica, biomassa e gás natural, na criação de empregos nos EUA, cerca de 4 a 11 vezes. Porém, a energia eólica e a biomassa são mais eficazes contra a energia solar quando medido em dólares de investimento inicial devido ao seu menor custo de capital.

Anteriormente, Schwer e Riddel (2004), com o uso da matriz insumo-produto regional, calcularam o impacto de uma usina de energia solar térmica concentrada (CSP) de 100 megawatts (MW) em Nevada, EUA. Os resultados apresentados foi um multiplicador de empregos de 2,9 durante a fase de construção de 2004-2006, isso em números mais palpáveis, 817 empregos diretos e 2.387 empregos totais por ano. Ademais, sugerem que o multiplicador de emprego será maior, igual a 3,1 na fase de seguinte de operação/manutenção. Por sua vez, Bae e Dall'érba (2016) calcularam, além da geração de emprego, a renda e a produção de uma nova usina solar no estado do Arizona, EUA.

A base de comparação foram os multiplicadores gerados pela construção e operação/manutenção de uma planta localizada na Califórnia com aqueles que ela teria gerado se tivesse sido construído no Arizona. Os resultados encontrados foram um multiplicador de produção de 1,08, menor que na Califórnia. Cerca de 80% dos empregos gerados são em decorrência da fase de construção. No geral, a instalação de uma fazenda solar no Arizona criaria menos renda e produção de trabalho do que na Califórnia, com a maior diferença proveniente da fase de construção.

Na Espanha, Ramos et al. (2019) analisaram os impactos ambientais e econômicos da ampliação das energias renováveis de geração distribuída, como energia fotovoltaica, pequenas hidrelétricas e micro usinas eólicas. Os resultados indicam que a energia solar e pequenas hidrelétricas têm maior impacto na geração de empregos. Além disso, esses investimentos na geração distribuída levarão a uma diminuição das emissões de 21,67% em 2020 em relação a 2013.

Os trabalhos com matriz insumo-produto nos últimos anos utilizam a MIP inter-regional, dentre eles destacam-se Fu et al. (2017) e Nakano et al. (2018). Dessa maneira, Fu et al. (2017) consideraram as mudanças industriais inter-regionais que reduziram a intensidade do carbono na China através de uma matriz insumo-produto inter-regional, no trabalho sugerem que as políticas industriais devem ser regionais sendo mais eficazes do que uma política estritamente nacional. Também, justificam a diferenciação regional de metas de emissões de carbono para um melhor crescimento econômico, baseado numa mistura de uma melhor

eficácia energética, maior introdução de energias renováveis e avanços tecnológicos para diminuir as emissões da região central e ocidental da China, onde há maior presença das indústrias intensivas e pesadas.

Conforme Nakano et al. (2018) realizaram a criação de uma matriz insumo produto inter-regional para incorporar os setores de energia renovável ao Japão, além disso, estimaram os efeitos da tarifa *feed-in-tariff* (FIT), que são tarifas estabelecidas com contratos de longo prazo para a geração por fonte renovável de energia, independentemente de sua utilização, para cada região do país. Ao expandir a matriz nacional para inter-regional, foi possível analisar a dependência inter-regional e intersetorial da economia quando são utilizadas energias renováveis.

Os principais resultados são que mais da metade do potencial de energia renovável está localizado no leste do Japão, as energias renováveis induzem maior produção e geração de empregos do que a eletricidade convencional, mas, ao mesmo tempo elas são mais caras do que a convencional, isso ainda é um grande empecilho para a introdução delas. O potencial da energia solar residencial é grande em regiões de áreas metropolitanas, sendo extremamente eficazes para a redução de CO₂, ademais os efeitos de inflação de custos são altos para os custos para a energia solar após a abolição da FIT.

A literatura econômica de trabalhos que utilizam matriz insumo produto no contexto internacional é vasta. Os trabalhos expostos acima a respeito da literatura internacional indicam uma variedade de temas e demonstram a relevância dessa modelagem para a mensuração dos efeitos dos investimentos em energias renováveis.

2.2 Literatura empírica nacional

Essa seção possui como objetivo fazer um levantamento bibliográfico da literatura nacional no intuito de apresentar autores que contribuem para um aumento da implantação de energias renováveis no país, diferente da energia hidráulica; e trabalhos com uso da matriz insumo produto nacional e regional aplicados a fontes de energias renováveis.

Na concepção de Martins e Pereira (2011), que reuniram as informações presentes da sociedade brasileira para impulsionar a implantação de energias eólicas e solares, desde o mapeamento de satélites evidenciando as melhores localizações para o aproveitamento do potencial de geração de energia. Também organizou todas as políticas públicas nacionais e regionais criadas, juntamente com as que tramitavam no congresso brasileiro. Por meio de uma pesquisa com as partes interessadas, a fim de compreender melhor a causa da transição lenta, os principais motivos apontados foram que (i) carece de um maior investimento inicial de políticas fiscais do governo, da conscientização dos benefícios ambientais; (ii) um aprimoramento das regulamentações governamentais; e (iii) incentivos para potencializar seus usos em escala industrial.

Como exemplo de literatura nacional que utilizam a matriz insumo produto temos: Avelino e Guilhoto (2009), Montoya et al. (2015) e Oliveira et al. (2021). De acordo com Avelino e Guilhoto (2009), calcularam o tempo necessário para compensar a poluição da construção da usina eólica através da matriz insumo-produto. A MIP com foco ambiental permite analisar as relações interindustriais e seus impactos no meio ambiente, como a matriz energética do Brasil tem como principal componente as hidrelétricas, ocorre um baixo nível de poluição durante a construção.

Dessa maneira, foram desenvolvidas duas simulações para contabilizar o tempo, a primeira foi uma nova planta que substitui uma usina termoeletrica contra quatro cenários (carvão a vapor, gás natural, gasolina e diesel), os retornos foram baixos variando de 8 (carvão) dias até 13 dias (gás natural). Já na segunda simulação, realizou-se sem mudanças nas usinas atuais, adicionando a usina eólica à produção de eletricidade, isto é, apenas a geração de

energia, com isso o efeito marginal para a redução foi baixo, implicando um *payback* de 124 dias.

Ainda a nível nacional, Montoya et al. (2015) avaliaram intersetorialmente a importância relativa do setor energético para o crescimento da economia brasileira por meio da matriz insumo-produto. Verificou-se que o setor energético é o principal setor-chave do país que promove o crescimento de alguns setores, é fornecedor abrangente e uniforme de insumos básicos para grande parte dos setores da economia brasileira.

O estudo de Oliveira, Gonçalves e Romero (2021), que calcularam os impactos econômicos da implementação dos parques eólicos sobre a economia da Costa Sul Gaúcha através da MIP da região. Foram analisados os impactos a curto prazo (choque no setor energético) e a longo prazo (o impacto da geração de energia sobre a tributação). No curto prazo, os choques de demanda geram mais de R\$ 7 bilhões na produção da região e mais de 2000 empregos diretos e indiretos. Já no longo prazo, o funcionamento dos parques eólicos adiciona em torno de R\$ 27 milhões de ICMS por ano para todos os municípios da região.

Conforme os estudos apresentados acima mostram a importância do presente trabalho, visto que, utilizou-se uma metodologia aplicada as energias renováveis. Ademais, será inédito no uso da matriz insumo produto inter-regional para o Rio Grande do Sul com o intuito de quantificar os impactos econômicos da ampliação da energia solar no estado.

3 METODOLOGIA

3.1 Matriz Insumo Produto

A abordagem matriz insumo-produto consiste em um arcabouço analítico que mapeia as relações intersetoriais dos agentes que compõem o sistema econômico, sendo considerada uma ferramenta de planejamento econômico, disponível ao formulador de política pública. A partir desse instrumental, pode-se avaliar o impacto de políticas setoriais e seus efeitos sobre uma economia nacional e/ou regional (MILLER e BLAIR, 2009).

As raízes primitivas da matriz de insumo-produto estão no trabalho feito por François Quesnay sobre o fluxo circular de renda e ao modelo de equilíbrio geral simplificado proposto por Walras. Então, o economista Leontief formulou o primeiro modelo de insumo-produto em seu artigo seminal em 1936, no qual desenvolveu uma nova possibilidade de análise sobre as relações intersetoriais na produção (LEONTIEF, 1936). Com a iniciação da mensuração das contas nacionais em escala mundial, o modelo de produção de Leontief foi utilizado para a avaliação e planejamento de políticas públicas.

O modelo básico (produção) de Leontief é geralmente construído a partir de dados para uma região geográfica específica (nação, regional, mesorregião e etc.). As informações presentes na matriz são os fluxos de cada setor econômico. Conforme Miller e Blair (2009) as linhas descrevem a distribuição da produção de um produtor em toda a economia (vendas) e as colunas a composição dos insumos exigidos por um determinado setor produzir um produto (compras).

Seguindo a formalização de Miller e Blair (2009), a matriz A representa a matriz dos coeficientes técnicos diretos, ou seja, fornece o impacto direto causado pelo aumento na demanda final. Por outro lado, a matriz B é a matriz dos coeficientes técnicos diretos e indiretos, mais conhecida como matriz inversa de Leontief do modelo aberto, examina os efeitos diretos e indiretos, portanto, o modelo avalia o impacto total que uma variação na demanda final causará na produção da economia, dado o aumento de uma unidade.

$$B = (I - A)^{-1} \quad (1)$$

Dessa maneira, através dos multiplicadores calculados na matriz inversa de Leontief (B), há a viabilidade de realizar análises no emprego, renda, produto, impostos, entre outros.

Inclusive, encontram-se os índices de ligação para frente e para trás, que são capazes de identificar os setores chaves da economia. Seguindo a evolução dos estudos de matriz insumo-produto, existe a possibilidade de analisar modelos regionais e inter-regionais.

A estrutura de produção regional pode diferir da matriz nacional, dessa forma, as aplicações regionais precisam-se levar em consideração a relação entre os coeficientes técnicos da tabela nacional e da matriz regional. Além disso, as matrizes regionais e/ou inter-regionais possuem às mesmas identidades contábeis de uma matriz nacional, existindo sempre um equilíbrio entre oferta e demanda agregada, porém as questões relacionadas ao comércio exterior e ao nível de governo são diferentes, com isso, surgem vetores de importações e exportações regionais e/ou inter-regionais.

Nesse sentido, Guilhoto (2011), representa a matriz regional com a estrutura padrão, com a diferença básica da discriminação da exportação para as outras regiões do país e a exportação para outros países. Portanto, complementando a matriz regional, na inter-regional, há uma troca de relações entre as regiões, exportações e importações, que são expressas através do fluxo de bens que se destinam tanto ao consumo intermediário como à demanda final.

3.1.1 Modelo Inter-regional

O modelo inter-regional de insumo-produto, denominado de modelo Isard, por causa da aplicação de Isard (1951), requer uma grande massa de dados, reais ou estimados, principalmente quanto às informações sobre fluxos intersetoriais e inter-regionais. A figura abaixo apresenta as relações dentro de um sistema de insumo produto inter-regional:

Figura 1-Relações de Insumo-Produto num sistema inter-regional

	Setores - Região L	Setores - Região M	L	M	
Set. Reg. L	Insumos Intermediários LL	Insumos Intermediários LM	DF LL	DF LM	Prod. Total L
Set. Reg. M	Insumos Intermediários ML	Insumos Intermediários MM	DF ML	DF MM	Prod. Total M
	Imp. Resto Mundo (M)	Imp. Resto Mundo (M)	M	M	M
	Impostos. Ind. Liq. (IIL)	Impostos Ind. Liq. (IIL)	IIL	IIL	IIL
	Valor Adicionado	Valor Adicionado			
	Prod. Total Região L	Prod. Total Região M			

Fonte: Adaptado de Guilhoto (2011).

De forma sintética, pode-se apresentar o modelo, a partir do exemplo hipotético dos fluxos intersetoriais e inter-regionais de bens para as regiões L e M, com 2 setores, assim, pode-se montar a matriz:

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Z^{LL} e Z^{MM} - matrizes dos fluxos monetários intrarregionais

Z^{LM} e Z^{ML} - matrizes dos fluxos monetários inter-regionais

Com o uso da equação de Leontief (1986):

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + Y_i \quad (3)$$

Onde, X_i - total da produção do setor i,

z_{in} - Fluxo monetário do setor i para o setor n; e

Y_i - Demanda final por produtos do setor i.

Aplica-se as matrizes dos fluxos monetários na equação acima:

$$X_1^L = z_{11}^{LL} + z_{12}^{LL} + z_{11}^{LM} + z_{12}^{LM} + Y_1^L \quad (4)$$

X_1^L - Total do bem 1 produzido na região L.

Considerando os coeficientes de insumo regional para L e M, tem-se os coeficientes intrarregionais:

$$a_{ij}^{LL} = \frac{z_{ij}^{LL}}{X_j^L} \Rightarrow z_{ij}^{LL} = a_{ij}^{LL} \times X_j^L \quad (5)$$

Onde, pode-se definir os a_{ij}^{LL} como coeficientes técnicos de produção, e que representam quanto, o setor j da região L, compra do setor i da região L. Isso segue analogamente para os coeficientes técnicos de produção a_{ij}^{LM} , a_{ij}^{ML} , a_{ij}^{MM} . Logo, estes coeficientes podem ser substituídos na equação 4, obtendo:

$$X_1^L = a_{11}^{LL} \times X_1^L + a_{12}^{LL} \times X_2^L + a_{11}^{LM} \times X_1^M + a_{12}^{LM} \times X_2^M + Y_1^L \quad (6)$$

As produções para os demais setores são obtidas de forma similar. Isolando, Y_1^L e colocando em evidência, X_1^L tem-se:

$$(1 - a_{11}^{LL})X_1^L - a_{12}^{LL} \times X_2^L - a_{11}^{LM} \times X_1^M - a_{12}^{LM} \times X_2^M = Y_1^L \quad (7)$$

Saliente-se que esta mesma formulação valeria para as demais demandas finais. Portanto, de acordo com $A^{LL} = Z^{LL}(\widehat{X}^L)^{-1}$, constrói-se a matriz A^{LL} para os 2 setores. A^{LL} , A^{LM} , A^{ML} , A^{MM} representam as matrizes dos coeficientes técnicos intrarregionais de produção.

O sistema inter-regional completo de insumo-produto é representado por:

$$(I - A)X = Y \quad (9)$$

Efetua-se as operações de substituições, assim obtém-se os modelos básicos à análise inter-regional de Isard (1951), corresponde a:

$$\begin{aligned} (I - A^{LL})X^L - A^{LM}X^M &= Y^L \\ -A^{ML}X^L + (I - A^{MM})X^M &= Y^M \end{aligned} \quad (10)$$

onde Y^L e Y^M corresponde à demanda final por produto de cada setor e X^M e X^L indica o total da produção dos setores L e M, já a I descreve a matriz identidade. Resultando no sistema de Leontief inter-regional da forma, o modelo abaixo é a descrição teórica do modelo inter-regional.

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (11)$$

3.1.2 Métodos de Análise

A partir do modelo básico de Leontief (equação 3), pode-se mensurar o impacto que alterações na demanda final (Y), ou nos componentes (consumo das famílias, gastos do governo, investimentos e exportações), teriam sobre a produção total, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros.

$$\begin{aligned} \Delta X &= (I - A)^{-1}\Delta Y \\ \Delta V &= \widehat{v}\Delta X \end{aligned} \quad (4)$$

Sendo ΔX e ΔV vetores que representam, respectivamente, a estratégia setorial e os impactos sobre o volume da produção, enquanto que ΔV é um vetor que retrata o impacto sobre qualquer das outras variáveis citadas acima. Tem-se \widehat{v} é uma matriz diagonal em que os elementos são, os coeficientes de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros que são obtidos dividindo-se para cada setor, o valor utilizado destas variáveis na produção total pela produção total do setor correspondente, isto é:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i} \quad (5)$$

A soma de todos os elementos dos vetores ΔX e ΔV é utilizada para saber o impacto sobre o volume total da produção, e de cada uma das variáveis que estão sendo analisadas. Cabe lembrar que segundo Miller e Blair (2009) o modelo básico (produção) de Leontief é geralmente construído a partir de dados para uma região geográfica específica (nação, regional,

mesorregião, etc.), buscando verificar impactos econômicos de modificações exógenas na economia (MILLER e BLAIR, 2009). Com base nos coeficientes diretos e da matriz inversa de Leontief, é possível estimar, para cada setor da economia, o quanto é gerado direta e indiretamente de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, etc. para cada unidade monetária produzida para a demanda final. Isto é:

$$GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}v_i \quad (6)$$

Onde:

GV_j é o impacto total, direto e indireto, sobre a variável em questão;

b_{ij} é o ij-ésimo elemento da matriz inversa de Leontief e

v_i é o coeficiente direto da variável em questão.

A divisão dos geradores pelo respectivo coeficiente direto gera os multiplicadores, que indicam quanto é criado, direta e indiretamente da variável para cada unidade diretamente originada. O multiplicador do i-ésimo setor seria dado por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{v_i} \quad (7)$$

MV_i representaria o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme feito anteriormente. Por sua vez, o multiplicador de produção que indica o quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final é definido como:

$$MP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (8)$$

Onde MP_j é o multiplicador de produção do j-ésimo setor. Ele corresponde à produção adicional gerada em toda a economia, decorrente de uma alteração na demanda final de um determinado setor. Em outras palavras, para cada 1 Real em produção gerado diretamente na própria atividade, para atender uma alteração na demanda final, o multiplicador de produção mostra quantos Reais em produção são gerados na economia como um todo. O multiplicador tipo I capta os efeitos diretos e indiretos, e o multiplicador tipo II capta os efeitos diretos, indiretos e induzidos, de modo que a diferença entre os dois multiplicadores corresponde ao efeito induzido pelo consumo das famílias endogenizado ao sistema. Analogamente, encontram-se os multiplicadores de empregos, salários, impostos e importações, os quais são considerados indicadores de desenvolvimento econômico.

Por outro lado, os coeficientes de geração são formados pela razão entre valores que possam ser comparados. Por exemplo, o coeficiente de geração de emprego é calculado:

$$C_i^e = \frac{e_i}{VBP_i} \quad (9)$$

Sendo: C_i^e é o coeficiente de emprego do setor i; e_i é a quantidade de pessoal ocupado no setor i; e VBP_i é o valor bruto da produção do setor i. A unidade do coeficiente de emprego é dada por empregos/reais.

No quesito da geração indireta de empregos, é obtido a partir da combinação dos elementos da matriz inversa de Leontief com o coeficiente de emprego de cada setor. O gerador de empregos diretos e indiretos é calculado da seguinte forma:

$$G^e = C^e(I - A)^{-1} \quad (10)$$

Onde: G^e é o vetor dos coeficientes de emprego direto e indireto; C^e é o dos coeficientes de emprego; $(I - A)^{-1}$ é a matriz inversa de Leontief.

A análise da capacidade de geração de empregos pelo setor deve ser feita conjuntamente com a análise do efeito multiplicador de empregos, pois estas se complementam.

A partir da equação 6, é possível construir um simulador que mensura como os choques de demanda afetam a demanda intermediária por setor. Tal simulador pode ser descrito matematicamente da seguinte forma:

$$SP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \times choque_i \quad (11)$$

Onde: SP_j representa qual o impacto em cada setor de um determinado choque de demanda; principalmente, como o setor que recebe o choque reage direta e indiretamente à ampliação da energia solar no estado, no caso deste trabalho. Além disso, pode-se mensurar, em valores monetários, o impacto de choques em determinadas variáveis, partindo dos multiplicadores de produção, valor adicionado e emprego. No caso deste artigo, mensura-se, em valores monetários, como a produção de energia solar afeta a economia, por meio dos multiplicadores.

3.2 Dados

A base de dados utilizada para realizar o estudo foi a Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP – NEREUS em 2015. A matriz foi gerada a partir do método denominado *Interregional Input-Output Adjustment System* – IIOAS, baseado em Haddad et al. (2017). O IIOAS é um método híbrido que combina dados disponibilizados por agências oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, com técnicas não-censitárias para estimação de informações indisponíveis. As principais vantagens do IIOAS são sua consistência com as informações da matriz de insumo-produto nacional, e a flexibilidade de seu processo de regionalização que pode ser aplicado para qualquer país.

O conceito de arranjo populacional descrito pelo IBGE (2016), refere-se à ligação funcional entre dois ou mais municípios. Essa ligação ocorre pelo fluxo diário entre moradores que transitam entre esses municípios por questões de trabalho ou estudos (HADDAD ARAÚJO e PEROBELLI, 2020).

Conforme Haddad Araújo e Perobelli (2020) a estrutura territorial comum para todas as matrizes iniciando pelo país, estado, arranjo populacional e por último o município a ser utilizado como base. Desta forma consegue-se agregar do nível macro para micro o que atenua possíveis distorções nos dados utilizados conforme desenho ilustrado na figura 2.

Figura 2-Hierarquia dos Arranjos Populacionais



Fonte: Adaptado de Haddad Araújo e Perobelli (2020).

A construção da MIP é dividida em 4 regiões, são elas, a capital do estado (R1), resto do arranjo populacional da capital (R2), restante do estado (R3) e o restante do país (R4). Nesse presente trabalho, R1 corresponde ao município de Porto Alegre, R2 condiz ao resto do arranjo populacional de Porto Alegre, que engloba 11 municípios, Esteio, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Sapucaia do Sul, Eldorado do Sul, Glorinha, Gravataí, Guaíba, Nova Santa Rita e Viamão, o R3 refere-se aos outros 485 municípios gaúchos e o R4 representa o restante do Brasil.

Tabela 1-Estrutura Setorial das Matrizes de Insumo-Produto dos Arranjos Populacionais do Rio Grande do Sul

<i>Id</i>	<i>Descrição</i>
1	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura
2	Indústrias extrativas
3	Produtos alimentares
4	Máquinas e equipamentos
5	Outras indústrias de manufatura
6	Eletricidade e gás
7	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação
8	Construção
9	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas
10	Transporte, armazenagem e correio
11	Alojamento e alimentação
12	Informação e comunicação
13	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
14	Atividades imobiliárias
15	Atividades científicas, profissionais e técnicas
16	Atividades administrativas e serviços complementares
17	Administração pública, defesa e seguridade social
18	Educação
19	Saúde humana e serviços sociais
20	Artes, cultura, esporte e recreação
21	Outras atividades de serviços
22	Serviços domésticos

Fonte: Adaptado de Haddad Araújo e Perobelli (2020).

No tocante da estrutura setorial da matriz insumo-produto do Arranjo Populacional de Porto Alegre, apresentada na tabela 1, demonstra os 22 setores presentes na desagregação setorial comum com foco em atividades predominantes urbanas para estimar a matriz insumo produto da capital gaúcha.

3.3 Cenários e simulações

Em 2012, a ANEEL criou a Resolução Normativa n.º 482, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, criando o sistema de compensação de energia, no qual se injeta a energia produzida na rede, sendo tal energia abatida do consumo da própria unidade ou de outra do mesmo titular. A resolução autoriza o uso de qualquer fonte renovável, dessa forma ampliou a quantidade de sistemas solares no país.

No ano de 2021, o Brasil atingiu a marca de 8,5 GW de potência instalada e ostenta a 16ª posição mundial em potência instalada de energia solar fotovoltaica. No último ano, foram investidos R\$ 13 bilhões, incluindo grandes usinas e geração distribuída, que geraram 3,1 GW, caracterizando um valor de R\$ 4,2 bilhões para 1 GW de potência instalada. (ABSOLAR, 2020). Os custos de instalação da energia solar são divididos em três partes: painéis fotovoltaicos, sistema de equilíbrio e a mão de obra. Os painéis fotovoltaicos correspondem aos módulos e os inversores. Já o sistema de equilíbrio (BoS) compreende os demais componentes, como: estrutura de fixação, cabeamento, fiação, monitoramento e controle e a ligação à rede. Segundos dados da Greener e Receita Federal, os módulos e os inversores são em sua maioria importados da China, Canadá, Alemanha, Áustria e EUA, eles representam 96,2% e 84,0% do mercado nacional, respectivamente. Esses componentes somados a estrutura de fixação

correspondem a 27,8% do total de custos de instalação (IRENA, 2020). Dessa maneira, o valor total investido no estado é reduzido nesta porcentagem, uma vez que esse montante não é alocado no estado.

O Rio Grande do Sul ocupa a segunda posição no ranking por estado da geração distribuída solar fotovoltaica, com uma potência instalada de 652,9 megawatts (MW). Segundo dados da Aneel, o estado consta com mais 57 mil unidades consumidoras e presente em 494 municípios gaúchos, isto configura 99,3% do RS com ao menos um sistema solar fotovoltaico. Em Porto Alegre (R1), há 1624 unidades consumidoras, é o 3º município do estado em capacidade instalada com 16 MW, assim representa 2,9% do estado. Já o restante do arranjo populacional de Porto Alegre (R2) tem 3.838 unidades consumidoras, que equivale a 6,7%. O resto do estado (R3) detém 51.551 unidades consumidoras, reflete os 90,4% restantes. Por fim, o restante do Brasil (R4) reúne 378.365 unidades consumidoras.

Segundo dados da ABSOLAR, a crise sanitária do Covid-19 causou a maior queda histórica da produção nacional, entretanto, durante o período da quarentena em 2020, a energia fotovoltaica apresentou crescimento de 46% no estado gaúcho, pois a energia elétrica provida pelas distribuidoras teve aumentos significativos, desse modo a geração de energia alternativa reduziu os custos possibilitando ao agronegócio e comércios manterem-se abertos mesmo com o cenário atual.

Em meio a essa perspectiva, as projeções da ABSOLAR para o ano de 2021 são de expansão das instalações em cerca de 90% no Rio Grande do Sul, portanto, ao final do ano, seriam investidos R\$ 1.781,87 milhões tirando as importações, chegando numa potência instalada de 1,24 GW, aumentando 0,59 GW em um ano, assim esse seria o cenário otimista para o curto prazo. Por outro lado, um cenário realista de curto prazo, seria uma projeção de crescimento em cerca de 40% para o ano, ou seja, ocorreria um investimento de R\$ 791,94 milhões, novamente, retirando as importações dos componentes, avançando a uma potência instalada de 0,91 GW de energia solar no solo gaúcho, acrescentando em 0,26 GW no período.

Tabela 2-Cenários para o crescimento da energia solar no Rio Grande do Sul¹

Cenário	Expansão	Investimento	R1	R2	R3	Potência Instalada
Realista	40%	R\$ 791,94	R\$ 22,56	R\$ 53,31	R\$ 716,07	0,91 GW
Otimista	90%	R\$ 1.781,87	R\$ 50,76	R\$ 119,95	R\$ 1.611,16	1,24 GW

¹ em milhões de reais.

Fonte: Absolar Elaborado pelos autores.

Conforme a tabela 2, os choques de investimento serão dados no setor energético e o investimento por região foi proporcional a porcentagem existente em cada região. No longo prazo, esses choques de investimentos reduzem os custos em energia elétrica devido à compensação de energia devido a Resolução n.º 482, de modo que o *payback* varia em média de até 5 anos, assim, ao invés de pagar a conta de luz, o dinheiro é investido na economia. A redução pode chegar a 95% dos valores pagos anteriormente, apenas precisando pagar a taxa mínima da distribuidora. Além disso, há inúmeros benefícios ambientais, como baixa emissão de gases poluentes, redução da dependência de chuvas para a geração de energia, entre outros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da MIP do Rio Grande do Sul, foram simulados efeitos de curto prazo (choques de investimentos). Os resultados de curto prazo dos choques de demanda no setor eletricidade e gás, oriundos dos cenários 1 e 2, geram R\$ 1.763,45 e R\$ 3.967,78 milhões na produção do país, respectivamente. Com base em Montoya et al. (2015), o setor energético é o principal setor-chave do país que promove o crescimento de alguns setores, é fornecedor abrangente e uniforme de insumos básicos para grande parte dos setores da economia brasileira. Desse modo, conforme demonstram os resultados da tabela 4, os setores eletricidade e gás; outras indústrias de manufatura; indústrias extrativas; atividades científicas, profissionais e técnicas; transporte,

armazenagem e correio; comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas; atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados; máquinas e equipamentos, são os que sofrem impactos relativamente maiores que os demais setores.

Tabela 3-Resumo dos impactos econômicos nos cenários realista e otimista

Cenário Realista				
Região	PRODUÇÃO	VAB	IMPOSTO	EMPREGO
R1	40,56	17,20	0,15	136
R2	115,89	37,05	0,42	265
R3	1007,22	334,73	3,18	1683
R4	599,79	239,87	4,22	2560
Total	1763,45	628,85	7,97	4644
Cenário Otimista				
Região	PRODUÇÃO	VAB	IMPOSTO	EMPREGO
R1	91,25	38,69	0,35	307
R2	260,75	83,37	0,94	596
R3	2266,25	753,14	7,16	3786
R4	1349,52	539,71	9,49	5760
Total	3967,78	1414,91	17,93	10449

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Obs. Os valores da produção, VAB e impostos estão em milhões de reais e o emprego em unidades.

Conforme observa-se na tabela 3, os investimentos nas placas fotovoltaicas criam 4644 empregos diretos e indiretos no cenário realista e 10449 empregos no cenário otimista; e R\$ 628,85 e R\$ 1.414,91 milhões de valor adicionado bruto nos dois cenários, considerando, respectivamente, os choques nos multiplicadores de emprego e valor adicionado. Ainda, o capital investido adiciona-se impostos em torno de R\$ 7,97 e R\$17,93 milhões, em grande parte vindos do resto do Brasil, assim evidencia-se a ligação do estado gaúcho com os demais representantes do país. Como 90% do choque no setor energético ocorre na região 3, é a região com os maiores impactos, entretanto em nenhuma das variáveis estudadas o investimento fica restrito a região, exemplo o VAB originado fica na casa dos 53% do total gerado, e também, não há nenhum investimento no resto do Brasil, todavia, é impactado, isso retrata as relações intersetoriais e inter-regionais do Rio Grande do Sul. Nessa perspectiva, os empregos gerados se dão em torno de 55 % fora do estado, principalmente no comércio e nas outras indústrias de manufatura.

Tabela 4-Impacto setorial dos investimentos na energia solar em milhões de reais

Setor	Prod. Cenário Realista	Prod. Cenário Otimista	Participação
Eletricidade e gás	1225,76	2757,98	69,51%
Outras indústrias de manufatura	131,78	296,51	7,47%
Indústrias extrativas	68,01	153,01	3,86%
Atividades científicas, profissionais e técnicas	67,05	150,87	3,80%
Transporte, armazenagem e correio	52,67	118,51	2,99%
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	45,99	103,48	2,61%
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	45,71	102,86	2,59%
Máquinas e equipamentos	40,36	90,80	2,29%
Atividades administrativas e serviços complementares	25,18	56,65	1,43%
Informação e comunicação	22,91	51,54	1,30%
Atividades imobiliárias	8,51	19,15	0,48%
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	5,04	11,34	0,29%

Administração pública, defesa e seguridade social	4,92	11,06	0,28%
Outras atividades de serviços	3,93	8,84	0,22%
Produtos alimentares	3,86	8,68	0,22%
Alojamento e alimentação	3,80	8,56	0,22%
Construção	2,91	6,55	0,17%
Educação	2,20	4,95	0,12%
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	2,06	4,64	0,12%
Artes, cultura, esporte e recreação	0,73	1,65	0,04%
Saúde humana e serviços sociais	0,07	0,16	0,00%
Serviços domésticos	0,00	0,00	0,00%
Total	1225,76	2757,98	100,00%

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Conforme a estrutura produtiva da Matriz Insumo Produto do RS (Haddad Araújo e Perobelli, 2020), os multiplicadores de produção intra-regional e inter-regional por região mostram os setores mais relevantes para o nível de produção de cada região, e sua correlação com outros setores da economia. Dessa maneira, as relações intersetoriais são diferentes para cada região, visto que o choque de investimento ocorre no setor energético, nele há os maiores multiplicadores de produção (cenário realista: 1,2 bilhão; cenário otimista: 2,7 bilhões), seguido pelos setores de outras indústrias de manufatura (cenário realista: 131,7 milhões; cenário otimista: 296,5 milhões) e indústrias extrativas (cenário realista: 68 milhões; cenário otimista: 153 milhões). O setor de outras indústrias de manufatura fornece insumos para a instalação dos painéis solares, e por esta razão tem sua produção mais afetada pela ampliação das placas fotovoltaicas. Já o setor de indústrias extrativas inclui a extração do silício (Si), que é a principal matéria prima dos painéis fotovoltaicos no mundo, mais de 80%. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais e cerca de 82% da produção nacional é voltada para a exportação. (BNDES, 2014).

Segundo a tabela 5, na região 1, atividades científicas, profissionais e técnicas e atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados são os setores que completam o pódio de maiores impactos, ratificando os setores chaves da região ligados aos serviços, em virtude de a capital do estado ter sua vocação em atividades ligadas ao terceiro setor e a concentração da administração pública em todos os níveis. O setor de atividades científicas, profissionais e técnicas é afetado positivamente em Porto Alegre, em consequência ao Núcleo de Tecnologia em Energia Solar, que é o único centro de P&D na América Latina projetado para desenvolver e caracterizar células solares e módulos fotovoltaicos em escala piloto. Entretanto nas outras regiões, o setor de outras indústrias de manufatura tem o segundo maior impacto, consolidando a importância de setores ligados à indústria de transformação. Completa-se o pódio, no R2 e R3, os setores de transporte, armazenagem e correio; e comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas, respectivamente. Abaixo observa-se os 9 setores com maiores impactos por região:

Tabela 5-Setores com maior produção com o investimento

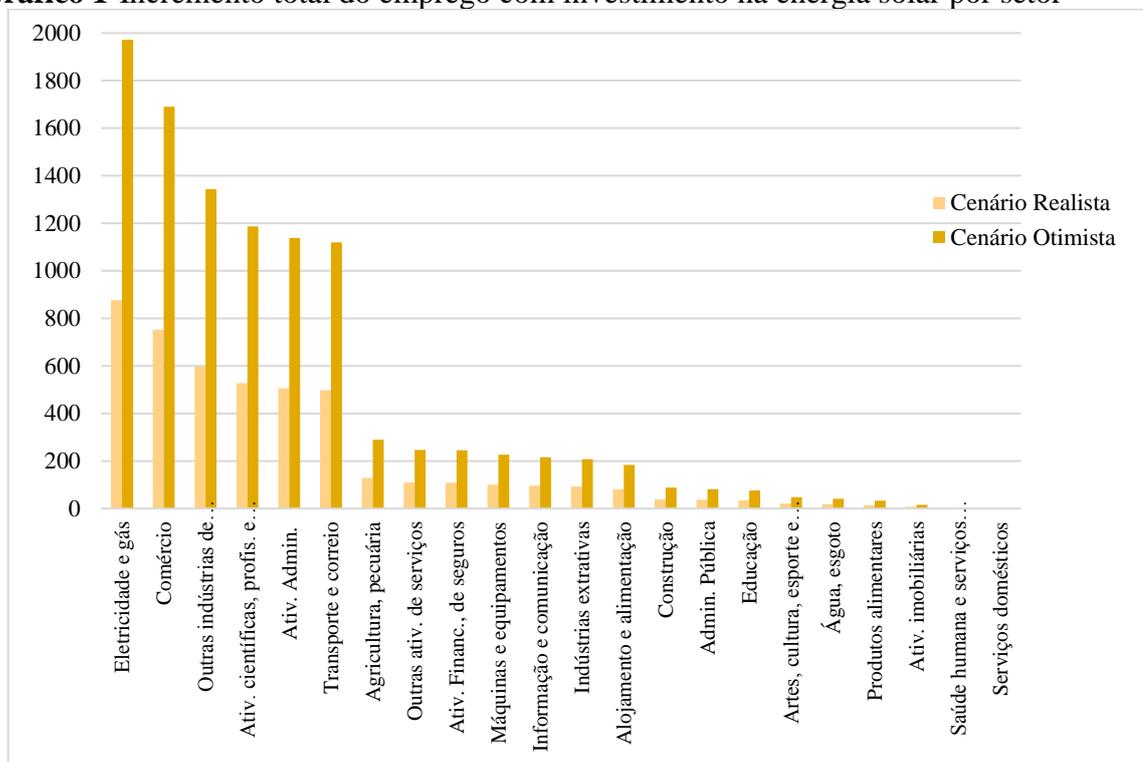
Setor	Cenário Realista				Cenário Otimista			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Atividades administrativas e serviços complementares	2,05	1,43	4,79	16,91	4,62	3,21	10,78	38,04
Atividades científicas, profissionais e técnicas	4,11	3,14	15,41	44,40	9,24	7,07	34,67	99,89
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	2,45	1,02	14,87	27,37	5,52	2,30	33,47	61,57
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	1,30	2,97	16,82	24,90	2,93	6,68	37,85	56,03
Eletricidade e gás	23,3	80,6	891,9	229,79	52,56	181,45	2006,94	517,03
Indústrias extrativas	0,22	0,18	2,66	64,94	0,50	0,41	5,99	146,11

Máquinas e equipamentos	0,81	3,82	9,11	26,60	1,83	8,60	20,51	59,86
Outras indústrias de manufatura	0,84	16,79	21,38	92,78	1,88	37,78	48,10	208,75
Transporte, armazenagem e correio	2,01	3,83	16,43	30,41	4,53	8,61	36,96	68,41

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

A receita oriunda da implantação das placas fotovoltaicas impacta na geração de empregos, principalmente dos empregos verdes, que segundo a OIT, se caracteriza por ocupações que contribuem para a preservação ou restauração da qualidade do meio ambiente (OIT, 2009). Os empregos gerados se dividem em 3 categorias. A primeira delas se refere em desenvolvimento tecnológico, e incluem P&D e fabricação de equipamentos. A segunda categoria se refere a empregos na instalação, e incluem planejamento, gestão de projetos, transporte e construção em residências ou usinas. A terceira categoria é a de operação e manutenção (O&M), e inclui, além dos próprios serviços de O&M, a geração e distribuição de energia. Conforme demonstra o gráfico 1, o setor com maior criação de emprego foi o setor de eletricidade e gás correspondendo em 18,88% das ocupações, com 877 (cenário realista) e 1973 (cenário otimista) empregos diretos e indiretos, seguido do comércio e outras indústrias de manufatura com 751 (cenário realista), 1690 (cenário otimista); 597 (cenário realista) e 1343 (cenário otimista) empregos no Brasil, respectivamente.

Gráfico 1- Incremento total do emprego com investimento na energia solar por setor



Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Com base nos estudos de Huntington (2009), Bae e Dall'ërba (2016) e Carmen Ramos et al. (2018), a ampliação da energia solar contribui fortemente para a geração de empregos em comparação com as outras energias renováveis. Nesse sentido, no estado do Rio Grande do Sul, gera-se um total de 2084 (cenário realista) e 4689 (cenário otimista) de empregos diretos e indiretos. Em POA, os empregos criados giram em torno das atividades científicas e administrativas. Na região metropolitana, os setores do comércio e transporte geram as maiores ocupações, em virtude do transporte e comercialização das placas fotovoltaicas. Já no restante do solo gaúcho, em vista de ser o maior volume investido, o setor de eletricidade corresponde a mais de 41 % das contratações da região.

Tabela 6-Incremento total do valor adicionado por setor

Setor	VAB Cenário Realista	VAB Cenário Otimista	Participação
Eletricidade e gás	385,15	866,59	61,25%
Atividades científicas, profissionais e técnicas	40,25	90,56	6,40%
Outras indústrias de manufatura	31,96	71,90	5,08%
Indústrias extrativas	29,00	65,26	4,61%
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	28,86	64,94	4,59%
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	28,65	64,45	4,56%
Transporte, armazenagem e correio	22,48	50,58	3,57%
Atividades administrativas e serviços complementares	18,64	41,95	2,96%
Informação e comunicação	11,62	26,14	1,85%
Máquinas e equipamentos	8,93	20,09	1,42%
Atividades imobiliárias	7,78	17,51	1,24%
Administração pública, defesa e seguridade social	3,52	7,91	0,56%
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	2,76	6,22	0,44%
Outras atividades de serviços	1,94	4,37	0,31%
Alojamento e alimentação	1,86	4,18	0,30%
Educação	1,74	3,92	0,28%
Construção	1,35	3,03	0,21%
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	1,23	2,76	0,20%
Produtos alimentares	0,67	1,50	0,11%
Artes, cultura, esporte e recreação	0,41	0,93	0,07%
Saúde humana e serviços sociais	0,04	0,10	0,01%
Serviços domésticos	0,00	0,00	0,00%
Total	628,85	1414,91	100,00%

Fonte: Resultados da pesquisa. Elaboração dos autores.

Outro impacto do choque está no valor adicionado, na tabela 6, observa-se que os R\$ 791,94 e R\$ 1.781,87 milhões de investimento resultam em 628,85 e 1414,91 milhões de valor adicionado, com exceção ao setor energético que sofreu os investimentos, destaca-se os setores de atividades científicas, profissionais e técnicas; outras indústrias de manufatura; atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados; comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas e transporte, armazenagem e correio, que são os que possuem maior relevância em termos de salários e lucros. Esses valores mostram o transbordamento do setor para as demais cadeias produtivas.

Por fim, em relação as regiões, em Porto Alegre, a participação do VAB concentra mais de 42,2% no setor de eletricidade e gás, ademais, os setores de atividades científicas, profissionais e técnicas; atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados; e atividades administrativas e serviços complementares, representam 33,0 % do valor adicionado da R1. Na região metropolitana (R2), chama-se atenção do setor de outras indústrias de manufatura, em grande medida em razão de multinacionais presentes, como a GM em Gravataí, representa mais de 7,7 % do valor adicionado, entretanto, novamente o setor energético teve maior participação (67,6%). Por fim, na região 3, o setor de eletricidade e gás atua em mais de 82,8 % do VAB, já, o segundo setor da região é o comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas com apenas 3,1 %.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi quantificar os efeitos econômicos da maior utilização da energia solar no estado Rio Grande do Sul. A contribuição fundamental foi fazer simulações de choques de investimento no setor energético, com base na Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre. Os resultados dos choques de demanda

no setor energético, oriundos dos investimentos em energia solar, geram em torno de R\$ 1,55 (cenário realista) e R\$ 3,49 (cenário otimista) bilhões na economia gaúcha, sendo no cenário 1, mais de R\$ 1,16 bilhão na produção e R\$ 0,39 bilhão de valor adicionado bruto, ainda somados a criação de 2084 empregos diretos e indiretos. Na perspectiva do cenário 2, mais de R\$ 2,62 bilhões na produção e R\$ 0,87 bilhão de VAB, além da geração de 4689 ocupações diretas e indiretas. Na região 1, atividades científicas, profissionais e técnicas; e atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados são os setores, junto do setor energético, que completam o pódio de maiores impactos, ratificando os setores chaves da região ligados aos serviços, em virtude de a capital do estado ter sua vocação em atividades ligadas ao terceiro setor e a concentração da administração pública em todos os níveis. Entretanto nas outras regiões, o setor de outras indústrias de manufatura tem o segundo maior impacto, consolidando a importância de setores ligados à indústria de transformação.

Em Porto Alegre, os empregos criados giram em torno das atividades científicas e administrativas, na região metropolitana, os setores do comércio e transporte geram as maiores ocupações. Já no restante do solo gaúcho, em vista de ser o maior volume investido, o setor de eletricidade corresponde a mais de 41 % das contratações da região. Setores como eletricidade gás; outras indústrias de manufatura; indústrias extrativas; atividades científicas, profissionais e técnicas; transporte, armazenagem e correio; comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas; atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados; máquinas e equipamentos são mais impactados por possuírem um forte encadeamento para trás com o setor energético, isto é, são os principais fornecedores.

Cabe ressaltar que, as análises realizadas no trabalho possuem foco de curto prazo. Porém, a longo prazo, com a produção da energia solar surgem diversos outros benefícios, tais como, recuperação do investimento da instalação do sistema solar em cinco ou seis anos; o aumento da arrecadação municipal de impostos; incentivo a geração de uma cadeia produtiva de suprimentos de energias renováveis; oportunidade de renda com terras degradadas e difíceis aproveitamento para outros fins e a diversificação da matriz energética. Em relação aos efeitos de longo prazo no contexto ambiental, o investimento nas placas fotovoltaicas fornece energia sustentável e limpa com a baixa emissão de gases poluentes e ainda uma redução da dependência de chuvas para geração de energia, com a ampliação haverá a mitigação de cerca de 12% da emissão total proveniente da produção de energia elétrica no Brasil (SOLIANO PEREIRA et al., 2015).

Nesse sentido, o Governo Federal, junto do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, fundamentado nos benefícios apresentados acima, definiu, através da Portaria MCTI Nº 5.109, que as energias renováveis, dentre elas a energia fotovoltaica, como uma das prioridades no que se refere a projetos de pesquisa, de desenvolvimento de tecnologias e inovações, para o período 2021 a 2023. A fim de contribuir para o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, social e preservação ambiental. A partir dos resultados apresentados, é possível esboçar políticas públicas de planejamento voltadas ao estímulo de energias renováveis no RS, enfocando em medidas regionais que busquem estimular novos investimentos e novas tecnologias sustentáveis. Um aperfeiçoamento deste trabalho poderia incorporar uma desagregação da energia solar do restante do setor energético. Além disso, a construção de um modelo de equilíbrio geral econômico-ambiental poderia contribuir com análises de impactos ambientais relacionados a poluição do ar.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012. Acesso em: 23 abr. 2021.

AVELINO, A. F. T.; GUILHOTO, J. **Ecological Payback in National Energy Matrix: Analysis of Wind Energy Expansion.** Rochester, NY: Social Science Research Network, 13 jul. 2009. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=1830407>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

BAE, J.; DALL'ERBA, S. The economic impact of a new solar power plant in Arizona: Comparing the input-output results generated by JEDI vs. IMPLAN. **Regional Science Policy & Practice**, v. 8, n. 1–2, p. 61–73, 2016.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

CARVALHO, P.; MESQUITA, P.; ROCIO, M. **A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira?.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40, p. [205]-233, set. 2014. Disponível em: <<http://pergamum/docs/000026/000026C0.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

FU, X. et al. Actions on climate change, Intended Reducing carbon emissions in China via optimal industry shifts: Toward hi-tech industries, cleaner resources and higher carbon shares in less-develop regions. **Energy Policy**, v. 102, p. 616–638, 1 mar. 2017.

GREENER. **Estudo Estratégico Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída - 2o Semestre 2020. São Paulo.** Disponível em: <<https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-2-semester-de-2020/>>. Acesso em: 10 jul. 2021

GUILHOTO, J. **Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos.** 2011

HADDAD, E.; ARAÚJO, I.; PEROBELLI, F. **Estrutura das Matrizes de Insumo-Produto dos Arranjos Populacionais do Brasil, 2015 (Nota Técnica).** [s.l.: s.n.].

HADDAD, E. A.; JÚNIOR, C. A. G.; NASCIMENTO, T. O. MATRIZ INTERESTADUAL DE INSUMO-PRODUTO PARA O BRASIL: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO IIOAS. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 11, n. 4, p. 424–446, 2017.

HADDAD, E. A.; ARAÚJO, I. F.; PEROBELLI, F. S. (2020). **Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para o Arranjo Populacional de Porto Alegre**, 2015. Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP - NEREUS e Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas - FIPE.

HUNTINGTON, H. G. **Creating Jobs With ‘Green’ Power Sources By.** 2009

IRENA – International Renewable Energy Agency. Disponível em: <<https://www.irena.org/>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

ISARD, W. Interregional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy. **The Review of Economics and Statistics**, v. 33, n. 4, p. 318–328, 1951.

LEONTIEF, W. W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. **The Review of Economics and Statistics**, v. 18, n. 3, p. 105–125, 1936.

LEONTIEF, W.; LEONTIEF, W. W. **Input-output Economics**. [s.l.] Oxford University Press, 1986.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Enhancing information for solar and wind energy technology deployment in Brazil. **Energy Policy**, Special Section: Renewable energy policy and development. v. 39, n. 7, p. 4378–4390, 1 jul. 2011.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. [s.l.] Cambridge University Press, 2009.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. PORTARIA MCTI No 5.109, DE 16 DE Agosto DE 2021 - DOU - Imprensa Nacional. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou>. Acessado 17 de agosto de 2021.

MONTOYA, M. A. et al. As relações intersetoriais do setor energético na economia brasileira: uma abordagem insumo-produto. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 21, n. 44, 10 set. 2015.

NAKANO, S.; ARAI, S.; WASHIZU, A. Development and application of an inter-regional input-output table for analysis of a next generation energy system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2834–2842, 1 fev. 2018.

OLIVEIRA, C.; GONÇALVES, R.; ROMERO, M. Impactos econômicos da energia eólica na costa sul do rs: uma abordagem tipo insumo produto. **Revista Econômica do Nordeste**, vol. 52, no 2, julho de 2021, p. 9–23, 2021.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO Empregos Verdes. 20 de novembro de 2018, Disponível em: http://www.ilo.org/lisbon/temas/WCMS_650825/lang--pt/index.htm. Acessado 17 de agosto de 2021.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. p. 80, [s.d.]. 2017

PUCRS. Núcleo de Tecnologia em Energia Solar (NT-Solar) - Escola Politécnica. <https://www.pucrs.br/politecnica/nt-solar/>. Acessado 19 de agosto de 2021.

RAMOS, C.; GARCÍA, A.S.; MORENO, B.; DÍAZ, G.; Small-scale renewable power technologies are an alternative to reach a sustainable economic growth: evidence from Spain. **Energy** 167, 13–25. 2019

REIS, R. [R]EVOLUÇÃO ENERGÉTICA A CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO LIMPO. p. 41, [s.d.]. 2013

SCHWER, R. K.; RIDDEL, M. **The potential economic impact of constructing and operating solar power generation facilities in Nevada**. [s.l.] EERE Publication and Product Library, 1 fev. 2004. Disponível em: <<https://www.osti.gov/biblio/1216077>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

SOLIANO PEREIRA, O. et al. **Cenários para a matriz elétrica 2050: aportes ao debate energético nacional e ao planejamento participativo de longo prazo**. [s.l.: s.n.]. 201

APÊNDICE

APÊNDICE A-Tabela dos resultados do Cenário Realista

Região	R1				R2				R3				R4			
	PROD.	VAB	IMP.	EMPR.	PROD	VAB	IMP.	EMPR.	PROD	VAB	IMP.	EMPR.	PROD	VAB	IMP.	EMPR.
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	0,00	0,00	0,00	0	0,03	0,02	0,00	1	1,17	0,69	-0,01	16	3,84	2,05	-0,09	112
Indústrias extrativas	0,22	0,25	0,11	1	0,18	0,08	0,00	2	2,66	1,22	0,02	20	64,94	27,59	0,48	70
Produtos alimentares	0,02	0,01	0,00	0	0,13	0,02	0,00	1	0,57	0,09	0,00	2	3,14	0,54	0,03	12
Máquinas e equipamentos	0,81	0,41	0,18	2	3,82	0,78	0,03	8	9,11	2,04	0,05	25	26,60	5,93	0,21	66
Outras indústrias de manufatura	0,84	0,55	0,25	3	16,79	2,85	0,06	44	21,38	5,99	0,14	125	92,78	22,86	0,62	425
Eletricidade e gás	23,36	16,34	7,26	10	80,64	25,07	0,23	27	891,97	277,26	2,44	706	229,79	75,56	1,24	133
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	0,05	0,06	0,03	0	0,13	0,07	0,00	2	0,31	0,18	0,00	3	1,58	0,95	0,02	13
Construção	0,08	0,08	0,04	1	0,11	0,05	0,00	1	0,45	0,20	0,00	5	2,27	1,07	0,01	31
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	1,30	1,82	0,81	16	2,97	1,85	0,02	53	16,82	10,47	0,14	251	24,90	15,51	0,22	431
Transporte, armazenagem e correio	2,01	1,63	0,73	13	3,83	1,50	0,01	45	16,43	6,50	0,05	156	30,41	13,75	0,18	283
Alojamento e alimentação	0,21	0,23	0,10	4	0,15	0,07	0,00	4	1,07	0,51	0,00	22	2,37	1,18	0,02	52
Informação e comunicação	1,73	2,19	0,97	9	0,49	0,28	0,00	3	4,43	2,23	0,04	22	16,26	8,14	0,36	62
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	2,45	3,45	1,53	6	1,02	0,64	0,01	3	14,87	9,28	0,14	43	27,37	17,41	0,35	56
Atividades imobiliárias	0,80	1,64	0,73	1	0,41	0,38	0,00	0	1,94	1,77	0,00	2	5,36	4,90	0,00	4
Atividades científicas, profissionais e técnicas	4,11	5,73	2,55	27	3,14	1,88	0,01	27	15,41	9,97	0,08	125	44,40	25,86	0,30	348
Atividades administrativas e serviços complementares	2,05	3,61	1,60	35	1,43	1,12	0,02	30	4,79	3,73	0,07	100	16,91	12,19	0,24	341
Administração pública, defesa e seguridade social	0,10	0,15	0,07	0	0,22	0,16	0,00	2	1,98	1,43	0,00	16	2,62	1,85	0,00	19
Educação	0,13	0,22	0,10	1	0,14	0,11	0,00	2	0,66	0,52	0,00	10	1,28	1,02	0,01	20
Saúde humana e serviços sociais	0,00	0,01	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,03	0,02	0,00	0	0,03	0,02	0,00	0
Artes, cultura, esporte e recreação	0,05	0,06	0,03	1	0,04	0,02	0,00	1	0,20	0,12	0,00	6	0,45	0,25	0,00	13
Outras atividades de serviços	0,22	0,25	0,11	6	0,22	0,11	0,00	7	0,98	0,50	0,01	28	2,51	1,22	0,02	69
Serviços domésticos	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0

Fonte: Resultados da Pesquisa. Elaboração dos autores.

APÊNDICE B -Tabela dos resultados do Cenário Otimista

Região	R1				R2				R3				R4			
	PROD.	VAB	IMP.	EMPR.	PROD.	VAB	IMP.	EMPR.	PROD.	VAB	IMP.	EMPR.	PROD.	VAB	IMP.	EMPR.
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	0,00	0,00	0,00	0	0,06	0,04	0,00	1	2,64	1,56	-0,03	36	8,64	4,62	-0,19	252
Indústrias extrativas	0,50	0,25	0,01	1	0,41	0,18	0,00	4	5,99	2,74	0,04	45	146,11	62,09	1,07	157
Produtos alimentares	0,06	0,01	0,00	0	0,28	0,05	0,00	1	1,29	0,21	0,01	4	7,06	1,23	0,06	28
Máquinas e equipamentos	1,83	0,41	0,01	4	8,60	1,76	0,07	19	20,51	4,59	0,10	55	59,86	13,33	0,47	147
Outras indústrias de manufatura	1,88	0,55	0,01	7	37,78	6,42	0,13	99	48,10	13,48	0,32	280	208,75	51,44	1,39	957
Eletricidade e gás	52,56	16,34	0,13	22	181,45	56,40	0,53	61	2006,94	623,83	5,50	1590	517,03	170,02	2,78	299
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	0,11	0,06	0,00	1	0,29	0,17	0,00	4	0,70	0,40	0,01	7	3,55	2,13	0,04	29
Construção	0,19	0,08	0,00	2	0,24	0,10	0,00	3	1,01	0,44	0,00	12	5,12	2,41	0,03	71
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	2,93	1,82	0,02	36	6,68	4,16	0,05	120	37,85	23,57	0,30	564	56,03	34,90	0,50	970
Transporte, armazenagem e correio	4,53	1,63	0,01	30	8,61	3,36	0,03	101	36,96	14,63	0,12	351	68,41	30,95	0,40	637
Alojamento e alimentação	0,48	0,23	0,00	8	0,34	0,16	0,00	8	2,40	1,14	0,01	50	5,33	2,65	0,04	117
Informação e comunicação	3,90	2,19	0,02	20	1,11	0,62	0,01	7	9,96	5,01	0,09	50	36,58	18,32	0,82	139
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	5,52	3,45	0,04	14	2,30	1,43	0,02	8	33,47	20,89	0,31	97	61,57	39,18	0,80	126
Atividades imobiliárias	1,79	1,64	0,00	1	0,93	0,85	0,00	1	4,36	3,99	0,00	4	12,07	11,03	0,01	9
Atividades científicas, profissionais e técnicas	9,24	5,73	0,03	61	7,07	4,23	0,03	61	34,67	22,43	0,18	281	99,89	58,18	0,68	784
Atividades administrativas e serviços complementares	4,62	3,61	0,05	79	3,21	2,52	0,05	68	10,78	8,40	0,17	224	38,04	27,43	0,53	767
Administração pública, defesa e seguridade social	0,21	0,15	0,00	1	0,50	0,36	0,00	4	4,46	3,23	0,00	35	5,90	4,17	0,00	42
Educação	0,28	0,22	0,00	3	0,31	0,25	0,00	5	1,48	1,17	0,01	22	2,87	2,29	0,02	46
Saúde humana e serviços sociais	0,01	0,01	0,00	0	0,01	0,01	0,00	0	0,07	0,04	0,00	1	0,07	0,04	0,00	1
Artes, cultura, esporte e recreação	0,11	0,06	0,00	3	0,08	0,05	0,00	3	0,45	0,26	0,00	14	1,00	0,55	0,01	28
Outras atividades de serviços	0,50	0,25	0,00	13	0,49	0,25	0,00	17	2,20	1,12	0,02	63	5,65	2,75	0,04	155
Serviços domésticos	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0

Fonte: Resultados da Pesquisa.