

EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE O CRESCIMENTO, MEIO-AMBIENTE E BEM-ESTAR NA ECONOMIA CEARENSE

ÁREA 3 – Geografia e História Econômica

Francisco Assuero Monteiro Saraiva
Doutorando em Economia – CAEN/UFC
saraiva@caen.ufc.br – (85)99169-9086

Aline Samara Santos Xavier
Mestranda em Desenvolvimento Sustentável – PRODEMA/UFC
alinesamarasx@gmail.com

Bruno Aragão Pacheco
Mestre em Economia de Empresas – CAEN/UFC
bpacheco@outlook.com.br

Ricardo Antônio de Castro Pereira
Diretor de Estudos Econômicos (IPECE)
Professor no Programa de Pós-graduação em Economia (CAEN/UFC)
rpereira@caen.ufc.br

Arley Rodrigues Bezerra
Professor no Programa de Graduação em Economia (UFRPE)
arleyrb@hotmail.com

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo verificar os impactos sobre o crescimento econômico, meio-ambiente e bem-estar gerados a partir de uma mudança climática temporária na economia cearense. Foi construído um modelo dinâmico de equilíbrio geral regional que considera dinâmicas climáticas e os efeitos sobre a produção e bem-estar gerados pelo estoque de recursos naturais renováveis. O modelo foi calibrado de forma que seu estado estacionário seja semelhante aos dados observados para a economia cearense em 2018. Os resultados obtidos nas simulações da mudança climática temporária realizadas para os diferentes cenários considerados, indicam que os choques de temperatura afetam negativamente a produção e arrecadação de impostos. São observadas reduções no nível de bem-estar das famílias em todos os cenários, os efeitos são maiores com maior persistência do choque de temperatura, menor a capacidade máxima dos recursos naturais renováveis e maior a consciência ambiental das famílias.

Palavras-Chave: Recursos Naturais Renováveis. Mudanças Climáticas. Bem-estar. Crescimento Econômico.

Abstract

This paper aims to verify the impacts on economic growth, environment and welfare generated from a temporary climate change in the Ceará economy. A dynamic regional general equilibrium model that considers climate dynamics and the effects on production and welfare generated by the stock of renewable natural resources was built. The model was calibrated so that its steady state is similar to the observed data for the Ceará economy in 2018. The results obtained from the temporary climate change simulations carried out for the different scenarios considered, indicate that temperature shocks negatively affect production and tax collection. Reductions in the household's welfare level families are observed in all scenarios, the effects are greater with greater persistence of temperature shock, lower maximum capacity of renewable natural resources and greater environmental awareness of families.

Keywords: Renewable Natural Resources. Climate Change. Welfare. Economic Growth

Classificação JEL: C68; Q20; Q54.

1. INTRODUÇÃO

O entendimento das mudanças climáticas previstas nas próximas décadas, bem como o entendimento sobre suas causas e consequências sobre a natureza e o padrão de vida da população, são tópicos essenciais de investigação nas mais diversas áreas de conhecimento. As mudanças climáticas apresentam-se como uma grande ameaça para a estabilidade econômica mundial. Seus efeitos atingem todos os setores da economia e podem ser percebidos na redução da produtividade do trabalho, e nos estoques de capital físico e humano em função da intensificação de eventos extremos. Adicionalmente, as mudanças climáticas afetam especialmente as atividades produtivas dos países em vias de desenvolvimento que apresentam economias dependentes de recursos naturais. Essas economias baseadas na produção de produtos primários, estão mais sujeitas aos efeitos gerados por choques climáticos, potencializando a desigualdade de renda entre as nações e a consequente perda de bem-estar dessas populações, além do comprometimento da segurança alimentar mundial.

O IPCC (2014), Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), afirma que mudanças climáticas são inequívocas e que as observadas a partir da década de 1950 são sem precedentes, quando comparadas aos dados observados ao longo das décadas verificadas. O estudo ainda afirma que, além da criação de novos riscos aos sistemas natural e humano, as mudanças climáticas podem vir a amplificar os riscos já existentes. Considerando os possíveis danos à sociedade em termos econômicos e de bem-estar provenientes das mudanças climáticas, tais como alterações na produção agrícola, derretimento das calotas polares, redução na biodiversidade, entre outros. Torna-se evidente a importância de verificar os impactos de mudanças da temperatura para melhor compreensão dos mecanismos que afetam o padrão de vida.

Ao verificar os possíveis impactos das mudanças climáticas para o Brasil, Pereda (2012) encontra evidências no sentido de que no contexto do aquecimento global praticamente todos os setores agrícolas podem ser negativamente afetados. A autora ainda encontra evidências que um processo de aumento das temperaturas pode alterar a distribuição geográfica da incidência de dengue no Brasil, com maiores riscos de infecção nas regiões Sul e Sudeste.

Os possíveis impactos das mudanças climáticas podem ressaltar as disparidades de renda observadas entre as regiões do país, prejudicando ainda mais as regiões mais pobres como o Nordeste. Uma das formas diretas de impacto é observada na redução da produtividade do setor agrícola, conforme exposto por Araújo *et. al.* (2014). Analisando a produção de três culturas específicas, os autores encontram que a produtividade pode ser consideravelmente maior caso as mudanças climáticas esperadas não ocorram.

Para além dos efeitos puramente climáticos, a expectativa de que a escassez de recursos naturais devesse restringir o crescimento da economia já foi frustrada tantas vezes que o fator recursos naturais deixou de ser um elemento central nos estudos macroeconômicos (HOCHSTETLER, 2002). Conforme Siebert (2008), o meio-ambiente como um todo atualmente deve ser considerado como um recurso escasso do ponto de vista econômico, tal escassez se dá no sentido de que nem todas as demandas pelo uso do meio-ambiente podem ser satisfeitas devido a intensa concorrência entre os agentes. As escolas de pensamento econômico tradicionais apresentam uma visão mecanicista do sistema econômico. Com a inserção da sustentabilidade como um novo paradigma social, surgem novas alternativas que propõem ganhos econômicos com a minimização dos impactos ambientais (RENZI; HENZ; RIPPEL, 2019).

Desta forma, a tentativa de adicionar aos modelos econômicos variáveis que representassem os recursos naturais em algum nível não é recente. Dentre os trabalhos neste sentido, se destacam Fischer e Springborn (2011) que acrescentaram a variável emissões de gases ao modelo de ciclos reais. Uma vertente sobre a temática ambiental é caracterizada pelo uso de modelos dinâmicos de equilíbrio geral para verificar os impactos de crescimento e bem-estar em diversos contextos.

Chan (2020), verifica os efeitos sobre o meio ambiente e o bem-estar dos indivíduos gerados por diversas políticas relacionadas a emissão de gás carbônico previamente anunciadas. Os resultados obtidos pelos autores indicam que um aumento na carga tributária sobre a emissão de carbono e o estabelecimento de metas de intensidade de carbono se mostram efetivo para reduzir as emissões.

Arbex e Batu (2018) verificam os impactos de mudanças climáticas sobre a economia norte-americana. Os autores constroem um modelo que incorpora os impactos de choques de temperatura de forma direta sobre a produção e utilidade dos agentes via *damage functions*. Os resultados encontrados

indicam que o um aumento não antecipado na temperatura gera quedas no consumo e nas horas trabalhadas. Por fim, o aumento no consumo necessário para compensar um aumento permanente de 2°C na temperatura é equivalente a 3% do produto da economia.

Argentiero, Bollino e Micheli (2014) utilizam um modelo semelhante com o intuito de verificar a efetividade de mecanismos de incentivos que capturam a intensidade do comprometimento de longo prazo por parte do setor público em estimular o desenvolvimento de novas tecnologias na área de energias renováveis comparativamente ao desempenho de um fluxo de incentivos monetários. Os resultados indicam que os incentivos públicos ao setor de energia renovável baseados em estoque de capital público podem produzir efeitos superiores aos subsídios.

Para o Brasil, Pereira e Góes (2019) desenvolvem um modelo no qual a variável relacionada com o meio ambiente é o estoque de floresta tropical. O desmatamento gera redução no estoque florestal, afeta negativamente a utilidade das famílias e entra diretamente como um insumo na função de produção do modelo. Apesar de admitirem uma especificação linear para a evolução do estoque florestal, os autores argumentam que uma abordagem mais precisa seria dada por uma forma funcional na qual a taxa de renovação florestal seja dependente do estoque corrente como em uma equação de diferenças não linear, de forma que incorpore a ideia do estoque florestal não se expandir indefinidamente em uma situação na qual não há interferência humana. Os autores encontram que mudanças de comportamento no sentido de uma maior qualidade ambiental reduz o desmatamento. Este efeito varia inversamente com o rigor da política ambiental, de forma que a mudança de comportamento combinada com uma política ambiental mais branda gera maior benefício ambiental.

Riekhof, Regnier e Quaas (2019) utilizam um modelo de crescimento endógeno visando estudar a interdependência entre crescimento econômico, comércio internacional e extração de recursos naturais renováveis. O modelo desenvolvido pelos autores admite que a variação no estoque de recursos naturais renováveis seja função de uma taxa de crescimento intrínseca, do seu estoque corrente, da capacidade máxima suportada de recursos naturais e das extrações desses recursos realizada. Tais extrações seguem uma função de produção própria, na qual os insumos são dados pela força de trabalho dedicada à atividade e a quantidade de recursos naturais disponíveis. Os resultados encontrados sugerem a existência de possíveis efeitos conflitantes entre o comércio internacional e o alcance das metas de desenvolvimento sustentável.

Buscando verificar as formas de impacto de choques de temperatura na economia, Arbex e Batu (2020) consideram um modelo onde é possível melhorar a produtividade de recursos naturais, sejam eles renováveis ou não, via alocação de recursos dos indivíduos destinada para este fim. No modelo desenvolvido pelos autores, frações dos recursos naturais são consideradas como insumos essenciais às atividades produtivas. A utilização dos recursos naturais na produção, no entanto, afeta negativamente a utilidade dos indivíduos. Os autores encontram que aumentos permanentes de temperatura podem gerar reduções no produto de até 1,61%.

A utilização da abordagem para impactos de mudanças climáticas em economias de entes subnacionais se mostra escassa, desta forma o presente estudo visa contribuir na literatura neste sentido. É desenvolvido um modelo dinâmico de equilíbrio geral regionalizado para a economia cearense que considera os impactos dos recursos naturais renováveis na produção e no bem-estar das famílias. Devido a indisponibilidade de informações relacionadas com o estoque de recursos naturais renováveis e seu uso para a economia cearense, são considerados diversos cenários em um exercício de análise de sensibilidade. Os resultados obtidos podem ser utilizados para desenhos de políticas voltadas à minimizar os possíveis efeitos gerados pelas mudanças climáticas no Estado.

2. MODELO

A economia hipotética é uma adaptação do modelo de crescimento regional feito por Paiva (2017) para incorporar elementos de economia ambiental. O modelo é constituído pelas famílias, um setor produtivo, uma dinâmica ambiental e dois governos sendo um local e outro federal. A dinâmica de acumulação dos recursos naturais renováveis segue as sugestões realizadas por Pereira e Góes (2019) para a acumulação do estoque florestal. Considera-se que existem muitas famílias idênticas de forma que seja possível caracterizá-las por um agente representativo. Esse agente vive infinitos períodos e maximiza seu

fluxo descontado de utilidade. As atividades produtivas da economia hipotética são realizadas por uma firma representativa que agrega toda a produção (Y_t).

O setor público local age na política fiscal arrecadando impostos sobre o consumo e os rendimentos de aluguel do capital e dos recursos naturais renováveis, recebendo transferências do setor público federal e ofertando bens e serviços de consumo para as famílias. O setor público federal arrecada impostos sobre o consumo e sobre os rendimentos dos insumos produtivos e realiza transferências ao governo local e às famílias.

Apesar da utilização dos recursos naturais renováveis (N_t) ser essencial para a condução das atividades produtivas, a sua utilização gera desconforto para as famílias. A economia é fechada e com duas formas de governo, sendo a demanda agregada dada por:

$$Y_t = C_t + I_t + Cg_t \quad (1)$$

Onde C_t é o consumo das famílias, I_t é o investimento na acumulação de capital e Cg_t representa a oferta de serviços públicos em consumo.

2.1. Famílias

O papel das famílias na economia hipotética é realizado por uma agente representativo que obtém utilidade do consumo, lazer e conservação dos recursos naturais renováveis. No período inicial o agente representativo recebe dotações de estoque de capital (k_0) e de recursos naturais renováveis (n_0). A cada período o agente tem uma dotação de tempo para ser alocada entre lazer e oferta de trabalho (h_t).

Conforme Barro (1981), a oferta de serviços públicos (cg_t) é interpretada pelo agente representativo como um substituto próximo para as despesas de consumo privado (c_t), de forma que cada unidade de serviços públicos seja equivalente em termos de utilidade à μ unidades de despesa em consumo privado, onde $\mu \in (0,1)$.

Considera-se que a cada período o agente representativo oferte uma fração (ϕ_t) do seu estoque de recursos naturais renováveis para ser empregada nas atividades produtivas. Adicionalmente, supõe-se a existência de uma taxa de depreciação dos recursos naturais que não seja associada com a atividade humana (δ_n), de forma que os recursos naturais tenham um limite superior para a acumulação. O fluxo descontado de utilidade do agente é dado por:

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(c_t + \mu cg_t) + \psi \ln(1 - h_t) + \theta \ln[(1 - \delta_n - \phi_t)n_t] \} \quad (2)$$

Onde β é o fator de desconto intertemporal e os parâmetros ψ e θ são os pesos relativos ao nível consumo na utilidade do lazer e da conservação dos recursos naturais renováveis, respectivamente. Este último pode ser entendido como uma aproximação do grau de consciência ambiental do indivíduo. Admite-se que as famílias não sejam conscientes dos impactos de suas escolhas para a oferta de recursos naturais renováveis sobre sua trajetória de acumulação em termos agregados.

O agente recebe rendimentos provenientes da oferta de trabalho de acordo com a taxa de salários w_t , do aluguel do estoque de capital (k_t) e da fração dos recursos naturais ofertadas ($\phi_t n_t$) com taxas de retorno dadas respectivamente por r_t e ρ_t . Adicionalmente, o governo federal realiza transferências de renda diretas para as famílias (tr_t^f). Os rendimentos do capital e dos recursos naturais são tributados pelo governo local com alíquotas τ_k^e e τ_n^e , respectivamente. O governo federal tributa os rendimentos do trabalho (τ_w^f), do aluguel do capital (τ_k^f) e da oferta de recursos naturais (τ_n^f). Finalmente, ambos os governos tributam o consumo privado com alíquotas τ_c^e e τ_c^f . As despesas do agente representativo se dividem em consumo e investimento (i_t), desta forma a restrição orçamentária é dada:

$$(1 + \tau_c^e + \tau_c^f)c_t + i_t = (1 - \tau_k^e - \tau_k^f)r_t k_t + (1 - \tau_w^f)w_t h_t + (1 - \tau_n^e - \tau_n^f)\rho_t \phi_t n_t + tr_t^f \quad (3)$$

A despesa com investimento determina a acumulação do estoque de capital das famílias de acordo com a seguinte regra:

$$k_{t+1} = i_t + (1 - \delta_k)k_t \quad (4)$$

A cada período, o agente representativo realiza escolhas sobre a despesa em consumo, oferta de trabalho, investimento e uso dos recursos naturais renováveis de forma a maximizar seu fluxo de utilidade (2) sujeito às restrições dadas em (3) e (4).

2.2. Produção

Para gerar o produto único da economia, a firma representativa demanda estoque de capital (K_t), trabalho (H_t) e recursos naturais renováveis (Nd_t) pertencentes às famílias, pagando respectivamente uma taxa de aluguel r_t , uma taxa de salários w_t e uma taxa retorno ρ_t . A firma combina os insumos na função de produção da economia:

$$Y_t = D_t^y Z K_t^{\sigma_k} N d_t^{\sigma_n} H_t^{1-\sigma_k-\sigma_n} \quad (5)$$

O parâmetro Z é um parâmetro que mede a Produtividade Total dos Fatores (PTF), os parâmetros σ_k e σ_n são as elasticidades do produto em relação ao estoque de capital e aos recursos naturais renováveis utilizados respectivamente, satisfazendo $\sigma_k > 0$, $\sigma_n > 0$ e $\sigma_k + \sigma_n < 1$. A variável D_t^y representa uma *damage function* que determina os efeitos dos desvios de temperatura em relação ao seu valor normal (T_t) sobre o produto, sua forma funcional segue Arbex e Batu (2018):

$$D_t^y = \frac{1}{1 + \xi(T_t)^2} \quad (6)$$

Se a temperatura for igual ao seu valor médio ($T_t = 0$), acha-se que a função D_t^y não apresenta qualquer efeito sobre o nível de produto. Adicionalmente, pelo termo de desvio da temperatura estar na forma quadrática não há distinção de efeitos de acordo com a direção em que a temperatura se desvia do valor médio. Finalmente o parâmetro ξ mede a intensidade na qual os desvios de temperatura afetam a produção. Pela maximização de lucros da firma representativa:

$$r_t = \frac{\sigma_k Y_t}{K_t} \quad (7)$$

$$\rho_t = \frac{\sigma_n Y_t}{N d_t} \quad (8)$$

$$w_t = \frac{(1 - \sigma_k - \sigma_n) Y_t}{H_t} \quad (9)$$

2.3. Setor Público

Conforme exposto anteriormente, o setor público é dividido entre duas formas de governo – local e federal – que atuam apenas na política fiscal.

2.3.1. Governo Local

O governo local usa todos os seus recursos na oferta serviços públicos de consumo para as famílias (Cg_t), sua arrecadação ocorre com impostos que incidem sobre o consumo e rendimentos do capital e dos recursos naturais com alíquotas respectivamente dadas por τ_c^e , τ_k^e e τ_n^e . Adicionalmente o governo local recebe recursos do governo federal tanto pelos fundos de participação (Fp_t) e demais transferências (Tr_t^g). A restrição orçamentária do governo local é dada por:

$$Cg_t = \tau_c^e C_t + \tau_k^e r_t K_t + \tau_n^e \rho_t N d_t + Fp_t + Tr_t^g \quad (10)$$

2.3.2. Governo Federal

As receitas do governo federal na economia local se dão por impostos que incidem sobre o consumo e rendimentos do capital, trabalho e uso dos recursos naturais renováveis com alíquotas dadas respectivamente por τ_c^f , τ_k^f , τ_w^f e τ_n^f . As despesas públicas federais no estado são dadas por transferências para as famílias (Tr_t^f), repasses de fundos de participação (Fp_t) e outras transferências para o governo local (Tr_t^g). Sua restrição orçamentária é dada por:

$$Tr_t^f + Fp_t + Tr_t^g = \tau_c^f C_t + \tau_k^f r_t K_t + \tau_w^f w_t H_t + \tau_n^f \rho_t N d_t \quad (11)$$

Considera-se que as transferências relacionadas aos fundos de participação sejam determinadas pelo desempenho da economia estadual em termos de produto, desta forma:

$$Fp_t = \alpha_p Y_t \quad (12)$$

Onde α_p é a fração da produção da economia estadual que o governo se compromete em alocar como transferência dos fundos de participação.

2.4. Dinâmica Ambiental

Conforme exposto anteriormente, a economia hipotética considera o papel dos recursos naturais renováveis na produção e bem-estar dos indivíduos. Pereira e Góes (2019) definem algumas direções para

a modelagem da dinâmica de renovação do estoque florestal, os autores afirmam que a taxa de crescimento de uma floresta tropical deve depender negativamente do seu estoque atual e que na ausência de atividade humana, a floresta não apresente expansão ilimitada – havendo um limite superior a ser obedecido. O presente trabalho adapta as definições dos autores ao expandi-las a todos os recursos naturais renováveis. Neste contexto, a taxa de renovação dos recursos naturais depende negativamente de seu estoque e existem níveis estacionários para esses recursos considerando a presença ou a ausência de atividade humana.

Riekhof, Regnier e Quaas (2018) utilizam uma regra de acumulação de recursos naturais com um limite superior alcançado na ausência de atividade humana, contudo no presente trabalho opta-se por uma abordagem distinta¹. A motivação envolve incorporar de forma mais simples a possibilidade da completa devastação dos recursos naturais renováveis, fazendo com que seu estoque nos períodos seguintes seja nulo caso o uso atual seja o estoque completo. A acumulação dos recursos naturais renováveis é dada por:

$$N_{t+1} = N_t - (\phi_t + \delta_n)N_t + R_t^n \quad (13)$$

Onde ϕ_t é a taxa de utilização dos recursos renováveis, δ_n é a taxa de depreciação que não está associada a atividade humana e R_t^n é uma função de renovação dos recursos naturais. Define-se que esta última seja uma função crescente e côncava dos recursos naturais renováveis que foram conservados em cada período e, conforme a função de produção, a renovação de recursos naturais está sujeita a uma *damage function* (D_t^n) representando os efeitos de choques de temperatura para além do valor médio. Desta forma:

$$R_t^n = D_t^n [(1 - \phi_t - \delta_n)N_t]^\eta \quad (14)$$

$$D_t^n = \frac{1}{1 + \zeta(T_t)^2} \quad (15)$$

O parâmetro η representa a elasticidade da renovação de recursos naturais em relação ao estoque conservado no período e ζ representa os impactos de mudanças na temperatura sobre a renovação de recursos. Novamente, a *damage function* não distingue sobre a direção das mudanças de temperatura em relação ao valor médio.

De acordo com as equações (13) e (14), observa-se que se todos os recursos naturais forem destruídos em um período ($\phi_t + \delta_n = 1$) seu estoque será nulo em todos os períodos seguintes. Adicionalmente, fazendo com que $\eta \in (0,1)$ temos que a taxa de renovação dos recursos naturais seja negativamente relacionada com o estoque existente.

Admitindo que o uso dos recursos naturais seja consistente com a manutenção de recursos no longo prazo ($\phi^* < 1 - \delta_n$), é possível analisar comparativamente os resultados de longo prazo para os recursos naturais renováveis na presença (N^*) ou na ausência (N^{**}) de atividade humana:

$$N^* = \left(\frac{(1 - \phi^* - \delta_n)^\eta}{\phi^* + \delta_n} \right)^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (16)$$

$$N^{**} = \left(\frac{(1 - \delta_n)^\eta}{\delta_n} \right)^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (17)$$

Este último (N^{**}) doravante determinado como o limite superior do estoque de recursos naturais renováveis. A dinâmica de temperatura admite que seus desvios em relação ao valor médio sigam um processo autorregressivo de primeira ordem:

$$T_{t+1} = \gamma T_t + v_t \quad (18)$$

Onde γ representa a persistência das mudanças geradas por choques de temperatura (v_t).

2.5. Definição do Equilíbrio

Dado uma política fiscal federal $\{\tau_c^f, \tau_w^f, \tau_k^f, \tau_n^f, \alpha_p\}_{t=0}^\infty$, uma política fiscal local $\{\tau_c^e, \tau_k^e, \tau_n^e\}_{t=0}^\infty$, estoques de iniciais de capital $\{k_0\}$ e recursos naturais renováveis $\{n_0\}$ pertencentes às famílias, o equilíbrio

¹ Cabe destacar que no modelo de Riekhof, Regnier e Quaas (2018) a destruição dos recursos renováveis envolve a utilização da mão de obra no processo de extração destes recursos. O modelo admite a possibilidade da completa devastação a partir de um nível de mão de obra suficientemente alto. Contudo, o presente trabalho considera uma regra de acumulação simplificada, onde a redução no estoque dos recursos naturais renováveis envolve uma depreciação natural e uma fração ofertada pelas famílias ao setor produtivo.

competitivo será dado por uma sequência de decisões das famílias $\{c_t, i_t, \phi_t\}_{t=0}^{\infty}$; por uma sequências de estoques de capital privado $\{K_t\}_{t=0}^{\infty}$ e recursos naturais renováveis $\{N_t\}_{t=0}^{\infty}$; por uma sequência de preços de fatores $\{r_t, w_t, \rho_t\}_{t=0}^{\infty}$, que satisfaçam: i) a maximização de utilidade das famílias; ii) a maximização de lucros das firmas; iii) a condição de equilíbrio no mercado de recursos naturais ($Nd_t = \phi_t N_t$); iv) a restrições orçamentárias dos governos federal e local; v) a restrição de factibilidade da economia e; vi) as condições de agregação das decisões individuais e agregadas.

2.6. Medida de Bem-Estar

A medida de bem-estar (x) considerada é definida em Lucas (1987) e Cooley e Hansen (1992), representando a mudança percentual no consumo privado necessária para tornar o agente representativo indiferente entre a situação estacionário inicial e a realização de choques. Assim, x deve satisfazer:

$$\begin{aligned} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(c_t^a(1+x) + \mu c g_t^a) + \psi \ln(1 - h_t^a) + \theta \ln[(1 - \delta_n - \phi_t^a)n_t^a] \} \\ = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ \ln(c_t^c + \mu c g_t^c) + \psi \ln(1 - h_t^c) + \theta \ln[(1 - \delta_n - \phi_t^c)n_t^c] \} \end{aligned} \quad (19)$$

Onde as variáveis com índice a correspondem a situação na ausência de mudanças, enquanto as variáveis com índice c representam as mesmas variáveis quando são considerados os choques.

3. CALIBRAÇÃO

A calibração é realizada de forma que o estado estacionário obtido para a economia hipotética seja consistente com os dados observados na economia cearense no ano de 2018. A obtenção dos agregados macroeconômicos se deu pelas proporções no produto obtidas pela Tabela de Recursos e Usos Regional do Ceará (TRUR/CE) de 2013 multiplicados pelo PIB do estado de 2018, obtidos respectivamente pelo IPECE e IBGE. Para o processo de calibração, os parâmetros do modelo foram divididos em quatro grupos:

- Parâmetros estruturais: $\sigma_k, \sigma_n, \delta_k, \eta, \xi$ e ζ ;
- Parâmetros fiscais: $\tau_c^e, \tau_k^e, \tau_n^e, \tau_c^f, \tau_w^f, \tau_k^f, \tau_n^f$ e α_p ;
- Parâmetros comportamentais: β, μ e ψ ;
- Parâmetros sujeito à análise de sensibilidade: γ, δ_n, θ e Z .

3.1. Parâmetros Estruturais

As elasticidades do produto em relação ao estoque de capital e aos recursos naturais renováveis são calibradas conforme os resultados obtidos em Arbex e Batu (2020), desta forma $\sigma_k = 0,3$ e $\sigma_n = 0,1$. Cabe ressaltar que a calibração para a elasticidade do produto em relação aos recursos naturais renováveis é obtida ao simplificar o modelo de Arbex e Batu (2020) considerando apenas o uso dos recursos renováveis, sendo a escolha motivada pela ausência de resultados oficiais para o Ceará ou Brasil neste sentido. Por simplicidade, admite-se que a elasticidade da renovação de recursos naturais em relação a quantidade de recursos conservados no período seja igual ao resultado obtido para a elasticidade do produto em relação aos recursos utilizados, $\eta = \sigma_n$. O parâmetro que mede a intensidade dos choques de temperatura sobre o produto é calibrado de forma que um aumento de 2°C gere uma redução no produto de aproximadamente 1% conforme os resultados apresentados em Nordhaus (2008), desta forma $\xi = 0,0025$. Novamente, admite-se comportamento semelhante entre a função de produção e a renovação de recursos naturais, fazendo com que os parâmetros em ambas *damage functions* sejam iguais $\zeta = \xi$.

O cálculo da taxa de depreciação segue a especificação estacionária da lei de acumulação do capital, sendo obtido pela razão entre o investimento privado e o estoque de capital. Para o cálculo do investimento privado na economia cearense, utiliza-se a proporção do investimento no produto obtido de acordo com os agregados macroeconômicos citados anteriormente. Devido a ausência de dados, considera-se a relação capital-produto para o Brasil em 2018 obtida pelo IPEA. Desta forma, encontra-se $\delta_k = 0,0614$. A tabela a seguir apresenta a síntese dos parâmetros estruturais:

Tabela 1 - Síntese da calibração dos parâmetros estruturais

σ_k	σ_n	η	ξ	ζ	δ_k
0,3	0,1	0,1	0,0025	0,0025	0,0614

Fonte: Arbex e Batu (2020), Nordhaus (2008), IBGE, IPECE e IPEA.

3.2. Parâmetros Fiscais

Para o cálculo das alíquotas dos impostos do governo local, a receita tributária do Estado e dos Municípios disponibilizada pelo IPECE é dividida entre impostos sobre consumo e demais tributos:

- Impostos sobre consumo: ICMS e ISSQN;
- Demais Tributos: IPVA, ITCD, IPTU, ITBI, Contribuições de melhoria e Taxas.

De acordo com os dados disponibilizados pelo IPECE, em 2018 a receita obtida pelos impostos sobre o consumo ($\tau_c^e C_t$) correspondeu a 8,49% do PIB cearense, com os dados para os agregados macroeconômicos definidos anteriormente obtém-se $\tau_c^e = 0,1253$.

Para fins de calibração, as demais receitas tributárias são consideradas como as receitas obtidas com impostos incidentes sobre os rendimentos do capital e dos recursos naturais ($\tau_k^e r_t K_t + \tau_n^e \rho_t N d_t$). Devido às características dos dois insumos no modelo, é possível considerá-los como formas distintas de capital e assim admitir a hipótese simplificadora de igualdade entre as duas alíquotas ($\tau_k^e = \tau_n^e$). Para 2018 as receitas dos tributos mencionados foram de 1,79% do PIB da economia cearense, juntamente com os valores calibrados para σ_k e σ_n obtém-se $\tau_k^e = \tau_n^e = 0,0447$.

Os dados da arrecadação federal no estado do Ceará em 2018 foram obtidos junto a Secretaria da Receita Federal do Brasil (SRFB). Assim como nas receitas estaduais e municipais, as receitas federais são distribuídas em categorias:

- Tributos sobre consumo: II, IE, IPI, CIDE e outras receitas;
- Tributos sobre trabalho: IRPF, IRRF (exceto rendimentos do capital) e CPSS;
- Demais Tributos: IRPJ, IRRF rendimentos do capital, IOF, ITR, COFINS, PIS/PASEP e CSLL.

As receitas federais relacionadas ao consumo foram da ordem de 1,20% do PIB do Ceará em 2018, utilizando a mesma metodologia anterior encontra-se $\tau_c^f = 0,0178$. Para o mesmo ano, os tributos federais sobre o rendimento do trabalho foram 1,97% do PIB cearense. Considerando que a participação da renda do trabalho no produto é de 60%, encontra-se $\tau_w^f = 0,0329$. As demais receitas tributárias foram equivalentes a 5,37% do produto cearense em 2018. Considerando novamente a igualdade entre as alíquotas de impostos que incidem sobre os rendimentos do capital e dos recursos naturais ($\tau_k^f = \tau_n^f$), calcula-se $\tau_k^f = \tau_n^f = 0,1342$.

A proporção dos fundos de participação no produto (α_p) é calculada a partir da soma entre a receita recebida pelo Ceará proveniente do Fundo de Participação dos Estados (FPE) com as receitas obtidas por municípios cearenses do Fundo de Participação dos Municípios (FPM) como proporção do PIB do estado para 2018. De acordo com dados do IBGE e da Secretaria do Tesouro Nacional (STN) encontra-se $\alpha_p = 0,0598$. A tabela a seguir apresenta a calibração dos parâmetros fiscais:

Tabela 2 - Síntese da calibração dos parâmetros fiscais

τ_c^e	τ_k^e	τ_n^e	τ_c^f	τ_w^f	τ_k^f	τ_n^f	α_p
0,1253	0,0447	0,0447	0,0178	0,0329	0,1342	0,1342	0,0598

Fonte: IPECE, IBGE, SFRB e STN.

3.3. Parâmetros Comportamentais

O parâmetro que mede a valoração relativa da oferta de serviços públicos em termos da despesa de consumo privado na utilidade (μ) é calibrada de acordo com o valor utilizado na literatura (FERREIRA; NASCIMENTO, 2005; BEZERRA *et. al.*, 2014; CAMPOS; PEREIRA, 2016). Desta forma, $\mu = 0,5$.

O fator de desconto intertemporal é calibrado de acordo com a substituição da demanda por parte da firma do estoque de capital pertencente às famílias (7) na equação de Euler obtida na maximização de utilidade do agente representativo em estado estacionário. Utilizando a relação capital-produto do IPEA e os demais parâmetros já calibrados encontra-se $\beta = 0,9622$.

Segundo Cooley e Prescott (1995) e Pereira e Ferreira (2010), o peso relativo do lazer na utilidade é calibrado de forma que as horas trabalhadas em estado estacionário sejam correspondentes a um terço do tempo disponível pelo agente representativo. Considerando a solução estacionário do modelo e os

parâmetros calibrados, $\psi = 1,3292$. A tabela a seguir apresenta a calibração dos parâmetros comportamentais.

Tabela 3 - Síntese da calibração dos parâmetros comportamentais

μ	β	ψ
0,5	0,9622	1,3292

Fonte: Ferreira e Nascimento (2005), Pereira e Ferreira (2010), IPEA e IBGE.

3.4. Análise de Sensibilidade

São considerados dois valores para a persistência das mudanças na temperatura (γ), um cenário base é dado utilizando o valor calibrado para Arbex e Batu (2020) de 0,46. Alternativamente, considerando que a calibração dos autores não é referenciada para o Brasil, utiliza-se uma calibração alternativa dada pela metade do valor anterior (0,23).

Devido à falta de informações oficiais sobre a quantidade de recursos naturais renováveis para o Ceará e o Brasil como um todo, é realizada uma análise de sensibilidade com diferentes cenários para o limite superior do estoque de recursos naturais renováveis (N^{**}) na ausência de influência humana conforme o resultado obtido na equação (17). Dado um valor determinado para os retornos de escala da função de renovação de recursos, a taxa de depreciação dos recursos renováveis (δ_n) é calibrada em três valores distintos para determinar diferentes níveis de N^{**} . Assim, são construídos três cenários para o estoque de recursos naturais renováveis na ausência de atividade humana: *i*) nível alto ($\delta_n = 0,0025$); *ii*) nível intermediário ($\delta_n = 0,005$) e; *iii*) nível baixo ($\delta_n = 0,01$). A tabela a seguir apresenta a síntese da calibração destes primeiros parâmetros de análise de sensibilidade.

Tabela 4 - Síntese da calibração para γ e δ_n

γ		δ_n		
Base	Alternativa	N_{alto}^{**}	N_{inter}^{**}	N_{baixo}^{**}
0,46	0,23	0,0025	0,005	0,01

Fonte: Arbex e Batu (2020).

Em cada um dos três cenários possíveis descritos para o limite superior dos recursos naturais renováveis, são consideradas diferentes conjecturas para a taxa de utilização desses recursos em equilíbrio estacionário. Um valor base é obtido em Arbex e Batu (2020), $\phi^* = 0,02$, valores alternativos dados pela metade e o dobro do valor base são considerados. Assim, o peso relativo da conservação dos recursos naturais na utilidade (θ) recebe nove calibrações distintas com o intuito de que para cada valor possível de δ_n sejam considerados as três conjecturas para a taxa de uso dos recursos naturais em estado estacionário mencionadas.

De forma semelhante, para cada um dos nove cenários anteriormente descritos o parâmetro que mede a produtividade total dos fatores (Z) é calibrado de forma que o produto em estado estacionário seja unitário. A tabela a seguir apresenta os diferentes valores de θ e Z calibrados.

Tabela 5 - Síntese da calibração para θ e Z

	N_{alto}^{**}	N_{inter}^{**}	N_{baixo}^{**}
$\phi^* = 0,01$	$\theta = 9,2875$	$\theta = 9,2640$	$\theta = 9,2169$
	$Z = 1,4399$	$Z = 1,4694$	$Z = 1,5172$
$\phi^* = 0,02$	$\theta = 4,5967$	$\theta = 4,5850$	$\theta = 4,5614$
	$Z = 1,4343$	$Z = 1,4512$	$Z = 1,4810$
$\phi^* = 0,04$	$\theta = 2,2513$	$\theta = 2,2455$	$\theta = 2,2337$
	$Z = 1,4365$	$Z = 1,4457$	$Z = 1,4628$

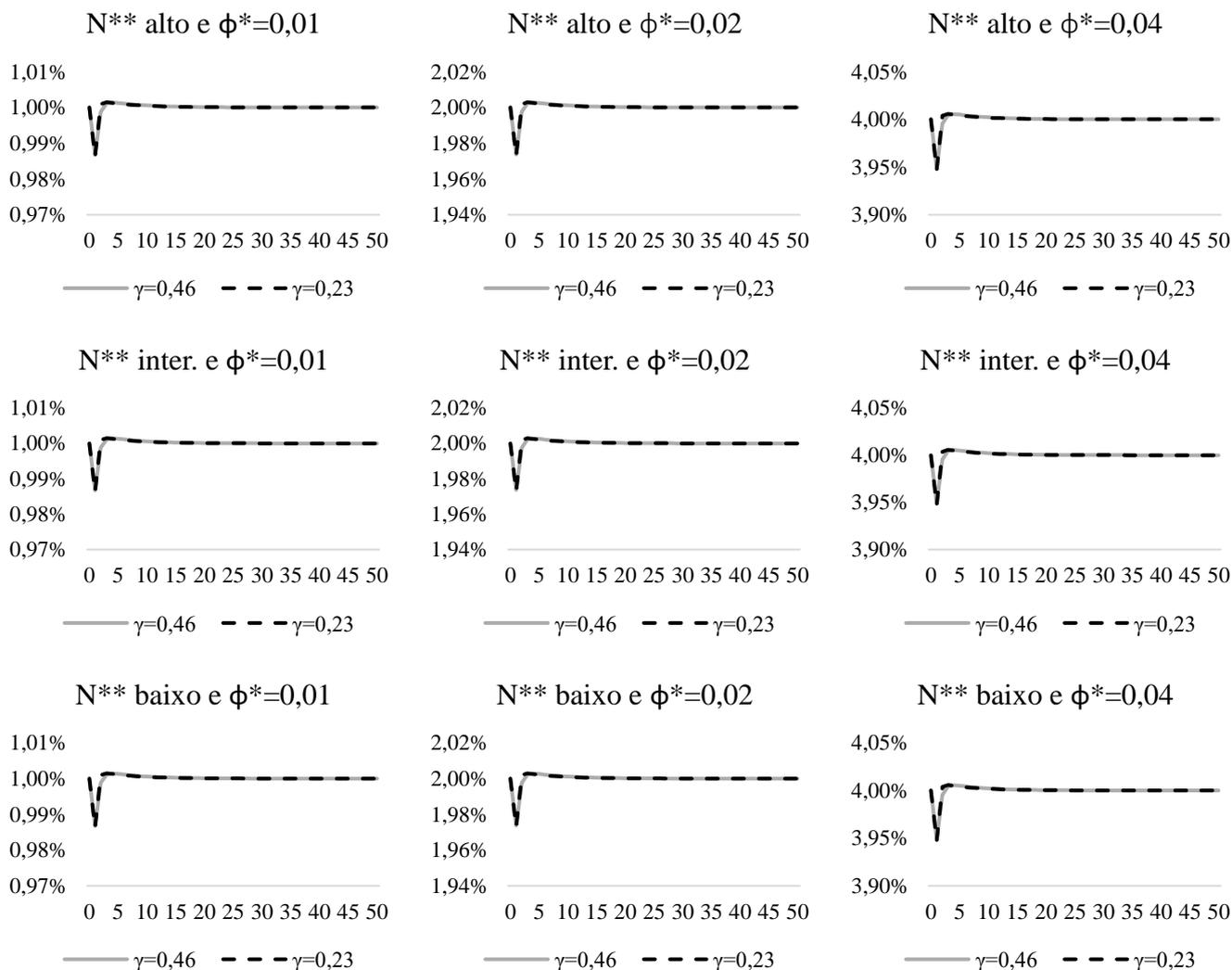
Fonte: Elaboração própria.

Considerando cada conjunto possível de valores do nível máximo de recursos naturais renováveis, as diferentes taxas de utilização desses recursos em estado estacionário e os valores para a persistência dos choques de temperatura calibrados, a mudança climática é analisada em dezoito cenários.

4. SIMULAÇÕES

Nas simulações realizadas é considerado um desvio na temperatura de 2°C acima do seu valor médio em um período. Como destacado na seção anterior, o choque na temperatura é analisado sob 18 diferentes cenários com diferentes taxas de uso dos recursos naturais, graus de persistência das mudanças de temperatura e capacidade máxima do estoque de recursos naturais renováveis. O gráfico 1 a seguir apresenta as trajetórias simuladas para a taxa de utilização dos recursos naturais obtidas nos diversos cenários.

Gráfico 1 - Trajetórias de ϕ_t nas diversas simulações



Fonte: Elaboração própria.

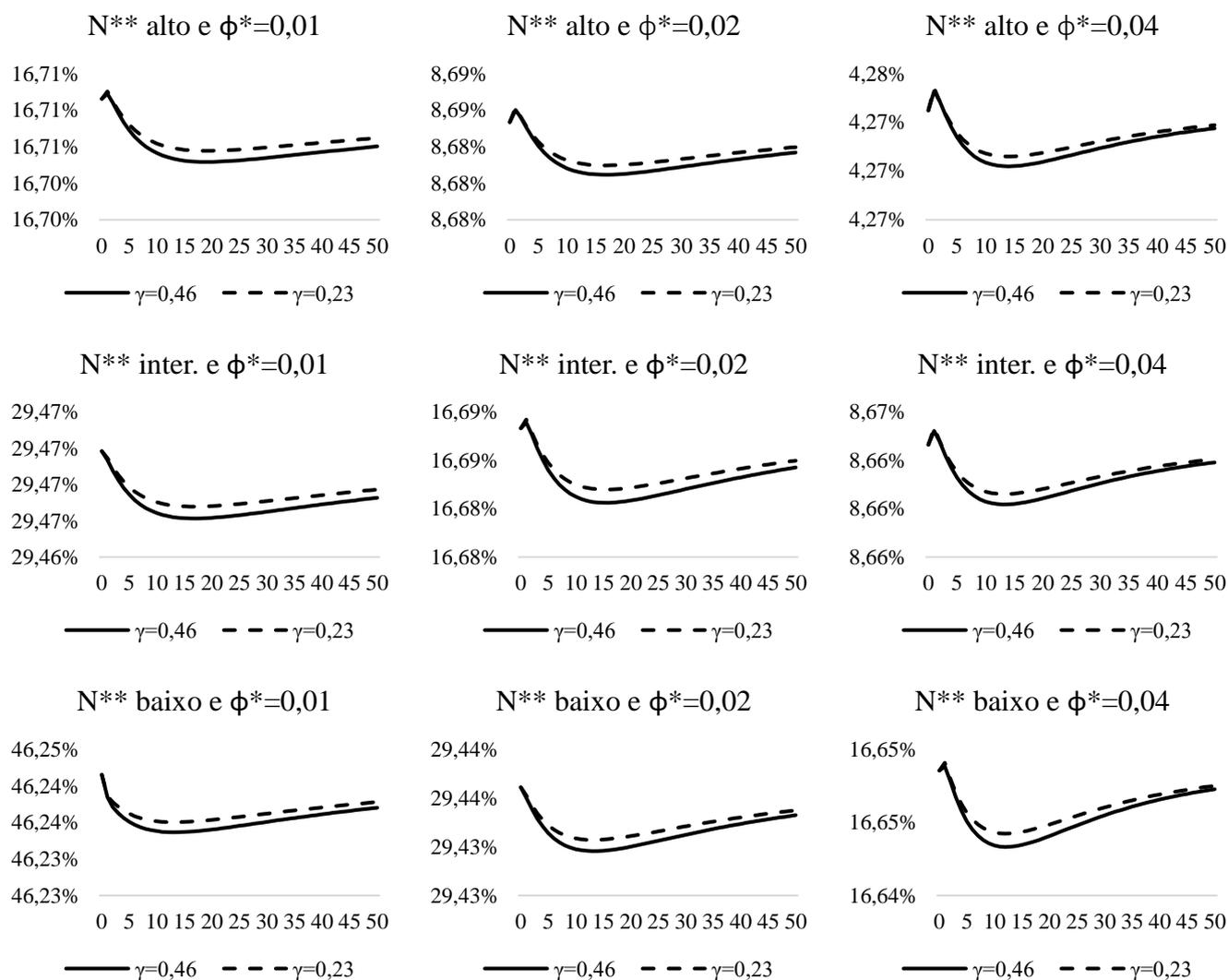
Em todos os cenários são observadas reduções nas taxas de utilização dos recursos naturais renováveis no momento do choque, com retomada para valores próximos aos observados em estado estacionário logo em seguida. Não são constatadas diferenças significativas entre as simulações quando se confrontam os resultados de diferentes níveis de capacidade máxima do estoque de recursos naturais, bem como ao comparar os diferentes graus de persistência das mudanças na temperatura.

No entanto, comparando os resultados de diferentes taxas iniciais de utilização dos recursos naturais, i.e., diferentes pesos relativos para a conservação desses recursos na utilidade, encontra-se que reduções mais significativas ocorrem em cenários que apresentam maiores taxas de utilização iniciais.

A redução observada na taxa de utilização incentiva o incremento dos recursos naturais renováveis de duas formas. Diretamente, via a maior quantidade de recursos conservada no período em que ocorre o choque. Já indiretamente, devido ao fato de que a renovação de recursos naturais é uma função crescente na quantidade de recursos conservados no período. O gráfico 2 a seguir apresenta para cada cenário, o estoque de recursos naturais como proporção do limite superior que seria obtido na ausência da

atividade humana. Consta-se que na maioria dos cenários simulados a redução na utilização dos recursos naturais fez com que o seu nível fosse incrementado no período em que a mudança climática ocorre.

Gráfico 2 - Trajetórias do estoque de recursos naturais como proporção da capacidade máxima possível em todas as simulações



Fonte: Elaboração própria.

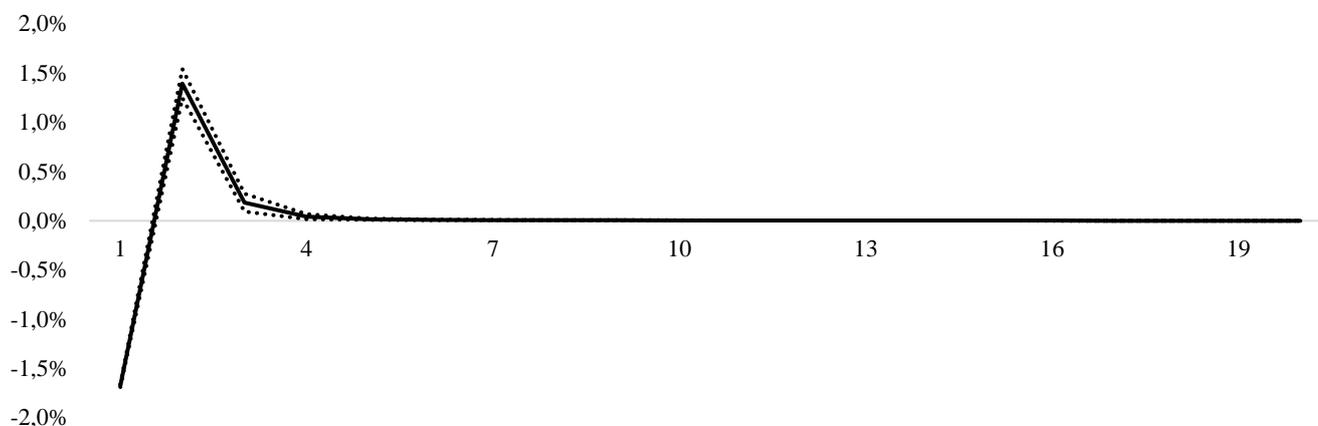
Observa-se que com uma maior persistência das mudanças climáticas, ocorrem reduções maiores no estoque de recursos naturais renováveis. O resultado é advindo das trajetórias distintas dos desvios da temperatura em relação ao seu valor médio combinadas com a ausência de diferenças na taxa de utilização observada anteriormente. Em todos os cenários, as reduções no estoque de recursos naturais renováveis são mantidas até aproximadamente dez períodos após o choque, deste período em diante a variável converge novamente ao para o estado estacionário.

Vale esclarecer que apesar dos níveis de estado estacionário dos recursos naturais como proporção do valor máximo possível entre os diferentes cenários com uma mesma taxa de utilização (em cada "coluna" do gráfico 2 acima) serem menores conforme maior for a capacidade máxima desses recursos, este resultado se dá apenas pelo efeito denominador (N^{**}). Em níveis absolutos, para uma mesma taxa de utilização, o nível dos recursos naturais renováveis será maior conforme a capacidade máxima que seria obtida na ausência de atividade humana em cada cenário.

Devido aos resultados próximos observados para as trajetórias do produto entre os diferentes cenários analisados, são construídas três séries para a análise de sua taxa de crescimento. A primeira é construída pela mediana de cada período da taxa de crescimento do produto em cada uma das dezoito

simulações realizadas. As demais são construídas de forma semelhante, tomando o máximo e o mínimo de cada período. O gráfico 3 a seguir apresenta os resultados obtidos nas simulações.

Gráfico 3 - Trajetórias das séries construídas da mediana, máximo e mínimo da taxa de crescimento do produto observada a cada período nas diferentes simulações

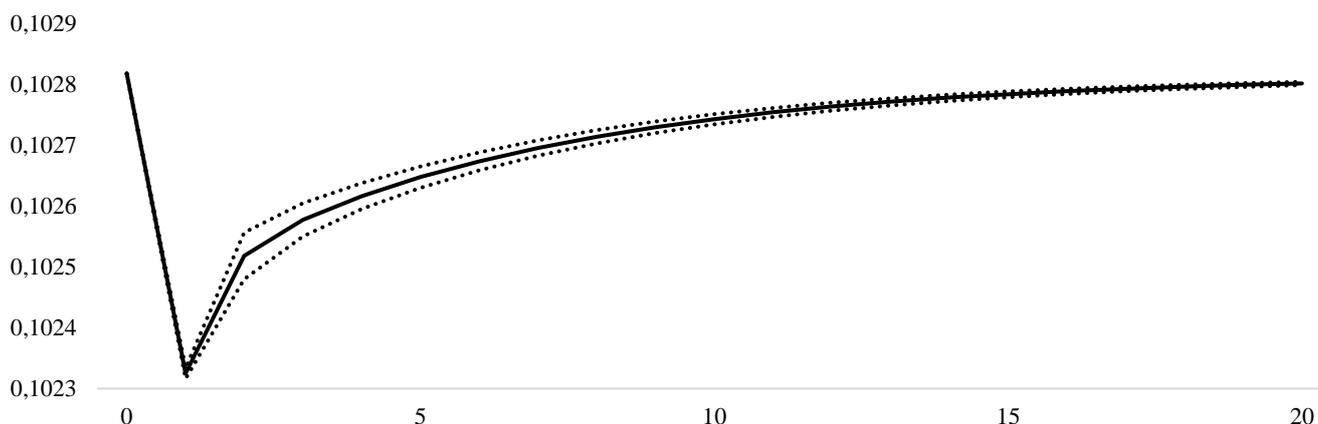


Fonte: Elaboração própria.

Além da redução de 1% no produto relacionada aos impactos diretos da mudança de temperatura sobre a produção, observa-se uma queda adicional no primeiro período de aproximadamente 0,5% em todas as medidas consideradas. A queda adicional na produção se dá pela redução de todos os fatores de produção, em especial aos resultados observados para utilização dos recursos naturais renováveis. Seguindo os resultados observados para ϕ_t anteriormente, a produção da economia volta a crescer a partir do segundo período convergindo para o valor estacionário.

Para análise do desempenho do setor público local perante choques de temperatura, opta-se por analisar a arrecadação de impostos no governo local no modelo. Novamente devido à semelhança nas trajetórias entre os diferentes cenários de simulação, realiza-se uma análise semelhante a realizada para o produto. São construídas três medidas para a arrecadação de impostos do governo local, a primeira dada pela mediana de cada período entre as simulações, as demais dadas pelos valores máximo e mínimo de cada período. Os resultados obtidos estão expostos no gráfico a seguir.

Gráfico 4 - Trajetórias das séries construídas da mediana, máximo e mínimo arrecadação de impostos do governo local observada a cada período nas diferentes simulações



Fonte: Elaboração própria.

Seguindo o desempenho da economia como um todo, a arrecadação de impostos do governo local sofre uma queda no período em que ocorre o choque de temperatura. Observa-se uma recuperação lenta nos períodos seguintes, alcançando valores próximos aos de estado estacionário após 20 períodos do choque de temperatura, quando a convergência entre a mediana e os valores máximos e mínimos é observada com mais intensidade.

Finalmente, para avaliar o desempenho da economia cearense em termos de bem-estar são apresentados os resultados na tabela a seguir.

Tabela 6 - Resultados de Bem-Estar

	$\gamma = 0,46$			$\gamma = 0,23$		
	N_{alto}^{**}	N_{inter}^{**}	N_{baixo}^{**}	N_{alto}^{**}	N_{inter}^{**}	N_{baixo}^{**}
$\phi^* = 0,01$	-0,1510	-0,1721	-0,2089	-0,1253	-0,1430	-0,1740
$\phi^* = 0,02$	-0,1285	-0,1369	-0,1517	-0,1067	-0,1137	-0,1262
$\phi^* = 0,04$	-0,1119	-0,1148	-0,1200	-0,0930	-0,0955	-0,0999

Fonte: Elaboração própria.

São observadas reduções no nível de bem-estar em cada um dos dezoito cenários analisados, desta forma as famílias cearenses estariam dispostas sacrificar o consumo para evitar o choque de temperatura considerado. Conforme esperado, para dados níveis de utilização e capacidade máxima dos recursos naturais renováveis, uma maior persistência das mudanças climáticas geram maiores danos ao bem-estar das famílias. O resultado é consequência direta da maior quantidade de períodos necessária para que a economia retorne as condições iniciais.

Entre os cenários com mesma persistência de mudanças climáticas e mesma capacidade máxima de recursos naturais renováveis, as reduções no bem-estar das famílias serão maiores conforme as taxas de utilização desses recursos sejam menores. Vale destacar que, conforme o processo de calibração, menores taxas de utilização dos recursos naturais estão associadas com maior peso relativo da conservação desses recursos na utilidade. Desta forma, indivíduos com maior consciência ambiental – menor uso de recursos naturais – irão sentir mais os efeitos de mudanças climáticas no seu bem-estar. Os resultados estão associados com efeitos das mudanças de temperatura sobre a renovação dos recursos naturais. Mesmo com a redução na utilização desses recursos quando ocorre o choque, a manutenção da temperatura fora de sua média reduz a renovação dos recursos naturais nos períodos seguintes, quando a taxa de utilização alcança valores próximos aos iniciais. Com a redução do estoque desses recursos, a quantidade conservada é reduzida afetando o bem-estar.

Finalmente, para mesmos níveis de uso de recursos naturais renováveis e persistência dos choques de temperatura, uma menor quantidade máxima de recursos naturais renováveis está associada com maiores reduções nos níveis de bem-estar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou mensurar os efeitos sobre o crescimento econômico e bem-estar dos indivíduos gerados por uma mudança climática temporária na economia cearense. Desta forma, foi construído um modelo dinâmico de equilíbrio geral regional fechado para a economia do Ceará. O modelo incorpora elementos de economia ambiental, ao considerar os efeitos do uso de recursos naturais renováveis sobre a produção e os efeitos da conservação desses recursos sobre o bem-estar das famílias. Seguindo Pereira e Góes (2019), define-se uma regra de renovação dos recursos naturais tal que sua taxa de renovação seja crescente e côncava no estoque existente e que na ausência de atividade humana os recursos naturais não cresçam indefinidamente.

Como forma de contornar os problemas relacionados com a ausência de dados sobre os recursos naturais renováveis existentes no Ceará, são consideradas diferentes conjecturas para a persistência dos choques climáticos, para a taxa de utilização dos recursos naturais em atividades produtivas determinadas por comportamentos distintos considerados para o agente representativo em relação à conservação ambiental e diferentes valores para a capacidade máxima dos recursos naturais obtidas quando não há interferência da atividade humana.

Em todos os cenários considerados, o agente representativo reage ao choque climático reduzindo a taxa de utilização dos recursos naturais em atividades produtivas. Contudo, o uso desses recursos retorna a valores próximos dos iniciais no período seguinte. O comportamento do agente representativo faz com que na maioria dos cenários ocorra um sutil aumento na quantidade de recursos naturais no período em que ocorre a mudança na temperatura. No entanto, são observadas em todos os cenários reduções no estoque de recursos naturais renováveis após o segundo ano, sendo mantidas por até dez anos.

O choque de temperatura combinado com a redução no uso no primeiro ano gera redução de aproximadamente 1,5% do PIB em todos os cenários considerados, com recuperação nos anos seguintes. Resultados semelhantes são observados para a arrecadação de impostos do governo local, porém com recuperação mais lenta, aproximando-se do valor inicial após 15 anos do choque de temperatura.

Em todos os cenários, as mudanças na temperatura geram reduções no nível de bem-estar das famílias. Os efeitos são mais fortes conforme maior o nível de consciência ambiental por parte das famílias, maior for a persistência das mudanças climáticas e menor a capacidade máxima dos recursos naturais renováveis.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. H. C.; SILVA, F. F.; GOMES, M. F. M.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J. Uma análise do impacto das mudanças climáticas na produtividade agrícola da região nordeste do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 45, n. 3, p. 46-57, 2014.
- ARBEX, M.; BATU, M. **Weather, Climate and the Economy: Welfare Implications of Temperature Shocks**. University of Windsor, Department of Economics, Working Paper No. 1707. 2018.
- ARBEX, M.; BATU, M. What if people value nature? Climate change and welfare costs. **Resource and Energy Economics**, v. 61, p. 101-176, 2020.
- ARGENTIERO, A.; BOLLINO, C. A.; MICHELI, S. **Sustainable growth with renewable and fossil fuels energy sources: a DSGE approach**. In: Sustainable Energy Policy and Strategies for Europe, 14th IAEE European Conference, 2014 Anais. International Association for Energy Economics, 2014.
- BARRO, R. J. Output effects of government purchases. **Journal of political Economy**. v. 89, p. 1086-1121, 1981.
- BEZERRA, A. R.; PEREIRA, R. A. C.; CAMPOS, F. d. A. O.; CALLADO, M. d C. Efeitos de crescimento e bem-estar da recomposição dos investimentos públicos no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico** (Rio de Janeiro). v. 44, p. 579-607, 2014.
- BRASIL. RECEITA FEDERAL. Arrecadação Tributária por Estado. Brasília: Secretaria da Receita Federal do Brasil. 2018.
- BRASIL. TESOUREIRO NACIONAL. Transferências Obrigatórias da União. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional. 2018
- CAMPOS, F. d. A. O.; PEREIRA, R. A. C. Corrupção e ineficiência no Brasil: Uma análise de equilíbrio geral. **Estudos Econômicos** (São Paulo). v. 46, 373-408, 2016.
- CHAN, Y. T. On the impacts of anticipated carbon policies: A dynamic stochastic general equilibrium model approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, p. 120- 342, 2020.
- COOLEY, T. F.; PRESCOTT, E. **Economic growth and business cycles**. In: Frontiers of Business Cycles Research. Princeton Press. 1995.
- COOLEY, T. F.; HANSEN, G. Tax distortions in a neoclassical monetary economy. **Journal of Economic Theory**. v. 58, p. 290-316. 1992.
- FERREIRA, P. C.; NASCIMENTO, L. G. **Welfare and growth effects of alternative fiscal rules for infrastructure investment in Brazil**. EPGE 604. Fundação Getúlio Vargas, 2005. Ensaio Econômico.
- FISCHER, C., SPRINGBORN, M. Emissions Targets and the Real Business Cycle: Intensity Targets Versus Caps or Taxes. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 62, p. 352-366, 2011.
- HOCHSTETLER, R. L. **Recursos Naturais e o Mercado: Três Ensaio**. Tese do Departamento de Economia FEA/USP, Universidade de São Paulo, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contas Regionais. **Sistema de Contas Regionais 2018**. 2019.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2014**: synthesis report. Geneva, Switzerland. 2014.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Ipeadata. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Ipecedata. Fortaleza. Disponível em <<http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 05 set. 2021.

_____. Tabela Recursos e Usos Regional do Ceará (TRUR/CE). Fortaleza. Disponível em <<https://www.ipece.ce.gov.br/tabela-de-recursos-e-usos-e-matriz-de-insumo-produto-regionais-para-economia-cearense/>>. Acesso em: 05 set. 2021.

LUCAS, R. E. **Models of business cycles**. Oxford: Basil Blackwell, 1987.

NORDHAUS, W. D. **A Question of Balance**: Weighing the Options on Global Warming Policies. Yale University Press, 2008.

PAIVA, W. L. **Políticas Fiscais e Efeitos Dinâmicos Nas Economias Subnacionais: Uma Avaliação a Partir de Modelos de Equilíbrio Geral Aplicados à Economia Cearense**. 2017. 123f. - Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Economia, Fortaleza (CE), 2017.

PEREDA, P. C. **Long-and short-run climate impacts on Brazil: theory and evidence for agriculture and health**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEREIRA, R. A. C.; FERREIRA, P. C. Avaliação dos impactos macro-econômicos e de bem-estar da reforma tributária no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 64, n. 2, p. 191-208, 2010.

PEREIRA, R. M.; GÓES, G. S. **Deforestation and environmental policy**: a DSGE approach. IPEA Discussion Paper n° 247. 2019.

RENZI, A., HENZ, A. P., RIPPEL, R. Desenvolvimento Econômico: do Crescimento à Prosperidade. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, N° 16, p. 65-77, Taubaté, 2019.

RIEKHOF, M. C.; REGNIER, E.; QUAAS, M. F. Economic growth, international trade, and the depletion or conservation of renewable natural resources. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 97, p. 116-133, 2018.

SIEBERT, Horst. **Economics of the Environment**: Theory and Policy. Springer, 2008.