

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DEMOGRAFIA

VICTOR HUGO DIAS DIÓGENES

EFEITOS DE IDADE, PERÍODO E COORTE NO
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS DOMICÍLIOS
BRASILEIROS NO SÉCULO XXI: uma análise sob a
perspectiva da relação população-consumo-ambiente

NATAL/RN

2022

VICTOR HUGO DIAS DIÓGENES

**EFEITOS DE IDADE, PERÍODO E COORTE NO
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS DOMICÍLIOS
BRASILEIROS NO SÉCULO XXI: uma análise sob a
perspectiva da relação população-consumo-ambiente**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Demografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Demografia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ojima

NATAL/RN

2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Ronaldo Xavier de Arruda - CCET

Diógenes, Victor Hugo Dias.

Efeitos de idade, período e coorte no consumo de energia elétrica dos domicílios brasileiros no século XXI: uma análise sob a perspectiva da relação população-consumo-ambiente / Victor Hugo Dias Diógenes. - 2022.
164f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Demografia. Natal, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ojima.

1. Demografia - Tese. 2. População-ambiente - Tese. 3. Consumo - Tese. 4. Energia elétrica - Tese. 5. Efeitos de idade-período-coorte - Tese. I. Ojima, Ricardo. II. Título.

RN/UF/CCET

CDU 314

Elaborado por Joseneide Ferreira Dantas - CRB-15/324

Este trabalho é dedicado à minha esposa Raissa e aos meus dois pequenos,
José Vicente e Maria Flor.

AGRADECIMENTOS

Durante boa parte do doutorado, uma das maiores preocupações da população era se manter vivo e com condições mínimas de sobrevivência. Portanto, é imperativo agradecer primeiramente a Deus pelo privilégio de ter tido saúde física e mental, além de condições materiais, para a conclusão deste trabalho.

À Raissa, minha esposa, por ter vivido comigo todas as conquistas e fracassos, prazeres e amarguras, alegrias e tristezas ao longo do doutorado; por todo o amor, desprendimento, companheirismo, incentivo e compreensão; e por muitas vezes ter “dado de conta” sozinha da casa e dos nossos pequenos.

Aos meus filhos, José Vicente e Maria Flor, por diariamente, sempre ao acordarem, me encherem de coragem, determinação e inspiração.

À minha mãe, Teresa, por todo o esforço e dedicação de uma vida para propiciar a mim e aos meus irmãos a melhor educação possível. Esse doutorado também é dela!

Aos meus irmãos, TT e Pedrão, por serem meus melhores amigos e eternos companheiros de vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Ojima, pela orientação sempre serena, respeitosa, paciente, motivadora e célere. A importância da orientação acadêmica dele, que venho tendo desde a graduação, vai além da concretização dos trabalhos monográficos. O seu modo de ver e exercer a ciência/docência é fonte contínua de inspiração e foi determinante para o meu desejo de seguir a carreira acadêmica e ter prazer na prática da pesquisa científica.

A todos de professores do PPGDEM por todo o aprendizado adquirido não apenas em sala de aula, mas também nas mais despretensiosas conversas nos corredores e no GED. Agradecer de forma especial aos professores Dr. Marcos Roberto, Dra. Luana Myrrha e Dra. Luciana Lima por terem me proporcionado valiosas oportunidades de participar dos seus projetos de pesquisa.

Aos meus amigos de turma por todos os momentos e experiências compartilhados. Infelizmente, tivemos a nossa convivência pessoal abruptamente interrompida devido à pandemia. No entanto, o incentivo e suporte mútuos continuaram nos grupos de WhatsApp e videochamadas no Meet.

À Rumenick, amigo de longa data, que me ajudou de forma fundamental na modelagem estatística do trabalho.

À toda equipe da secretaria e de apoio do PPGDEM, do DDCA e do CCET, cujo trabalho é essencial para o sucesso de todos. Em especial, agradecer ao meu amigo Mário, que

além de sempre ter sido solícito e ágil para resolver os problemas que levava, compartilhou comigo bons momentos de conversas e risadas.

À UFPB e aos meus colegas de Departamento de Finanças e Contabilidade, por terem me liberado das atividades docentes e assim poder me dedicar ao doutorado de forma integral.

A todos, o meu muito obrigado!

“A formulação do problema é muitas vezes mais essencial do que a sua solução.”

Albert Einstein, físico alemão.

“Um problema bem colocado está meio resolvido.”

John Dewey, filósofo e pedagogo norte-americano.

“Todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis”

George Box, estatístico britânico.

RESUMO

O consumo é um dos principais mediadores na relação entre população e ambiente, principalmente em um contexto em que estão associadas uma sociedade de consumo e severos impactos ambientais, como as mudanças climáticas globais. Compreender a dinâmica histórica entre população e consumo em sua plenitude exige a exploração de diversas áreas de conhecimento, notadamente das ciências sociais, pois é necessária a consideração de aspectos sociais, econômicos, históricos, comportamentais, éticos e de valores. Uma forma de captar essa vasta gama de fatores é fazer uma análise de idade-período-coorte (APC). Os efeitos de idade representam as mudanças ao longo do curso de vida das famílias; os efeitos de período estão associados às mudanças devido a acontecimentos específicos ao longo dos anos; e os efeitos de coorte compreendem a ideia de que os diversos contextos sociais e econômicos em que a geração foi submetida desde o seu nascimento podem influenciar seus valores e comportamentos. O consumo de energia elétrica dos domicílios, em especial, é uma boa forma de representar o estilo de vida das famílias e a pegada ecológica de uma população. O objetivo principal da pesquisa é identificar e entender os efeitos da idade, do período e da coorte no consumo da energia elétrica domiciliar *per capita* no Brasil a partir dos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF dos 2002-2003, 2008-2009 e 2017-2018. Para a superação do problema de identificação dos coeficientes, foram utilizados modelos de regressão lineares com diferentes formas de restrição e o modelo hierárquico de efeitos mistos com dois níveis. Como resultados, foi verificado um aumento do consumo na medida em que o domicílio é chefiado por pessoas mais velhas e entre os períodos analisados. Já no efeito de coorte, foi verificado que as coortes nascidas após 1960 apresentaram declínio na intensidade de consumo energética em relação às coortes mais antigas. Esses resultados significam impactos distintos das três dimensões temporais e contribuem para o melhor entendimento do comportamento do consumo energético dentro dos domicílios brasileiros e como ele se moldou ao longo do tempo, subsidiando assim as políticas públicas ambientais e de planejamento energético para um melhor direcionamentos de ações e recursos.

Palavras-chave: população-ambiente, consumo, energia elétrica, efeitos de idade-período-coorte.

ABSTRACT

Consumption is one of the main advocates in the relationship between population and environment, especially in a context in which a consumer society and severe environmental impacts, such as global climate change, are associated. Understanding the historical dynamics between population and consumption in its fullness, requires the exploration of several areas of knowledge, particularly of the social sciences, because it is necessary to consider social, economic, historical, behavioural, ethical and value aspects. One way to capture this wide range of factors is to do an age-period-cohort (APC) analysis. The effects of age, represent the changes throughout the course of families life; period effects are associated with changes due to specific events over the years; and the cohort effects comprise the idea that the various social and economic contexts in which the generation has been submitted since birth can influence their values and behaviours. Electricity consumption in households, in particular, is a good way to embody the lifestyle of families and the ecological footprint of a population. The main objective of the research is to identify and understand the effects of age, period and cohort on household electricity consumption *per capita* in Brazil from the Household Budget Survey – HBS data of 2002-2003, 2008-2009 and 2017-2018. To overcome the coefficients identification problem, linear regression models with different forms of restriction and the hierarchical model of mixed effects with two levels were used. As results, there was an increase in consumption as the household is headed by older people and between the periods analysed. In the cohort effect, it was verified that the cohorts born after 1960 showed a decline in the intensity of energy consumption in relation to the older cohorts. These results mean distinct impacts of the three-time dimensions and contribute to a better understanding of energy consumption behaviour within Brazilian households and how it has shaped over time, thus supporting environmental public policies and energy planning for better directions on actions and resources.

Keywords: population-environment, consumption, electricity, age-period-cohort effects.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APC: age-period-cohort
APCD: APC Detrended
CO₂: dióxido de carbono
EBIA: Escala Brasileira de Insegurança Alimentar
EI: Estimador Intrínseco
EUA: Estados Unidos da América
FEq: Fator de Equivalência
FGV: Fundação Getúlio Vargas
FP: Fator de Produtividade
GCLIM: Generalized Linear Models estimator
GEE: Gases de efeito estufa
GFN: Global Footprint Networking
HAPC: Modelo Hierárquico
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRE: Instituto Brasileiro de Economia
IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPEA: Instituto de Pesquisa Aplicada
OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU: Organização das Nações Unidas
P-A: população-ambiente
P-C-A: população-consumo-ambiente
PE: Pegada Ecológica
PEA: população economicamente ativa
PIB: Produto Interno Bruto
POF: Pesquisa de Orçamentos Familiares
RM: Região Metropolitana
STD: Segunda Transição Demográfica
UF: Unidade da federação
WWF: World Wide Fund

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1 ANÁLISES DE IDADE, PERÍODO E COORTE: CONTRIBUIÇÕES E POTENCIALIDADES PARA OS ESTUDOS DE POPULAÇÃO-CONSUMO-AMBIENTE.....	22
1.1 O papel do consumo(ismo) no debate ambiental.....	22
1.2 Inserção da demografia nos estudos ambientais: consolidação da relação população-consumo-ambiente	38
1.3 Efeitos de idade-período-coorte sobre o consumo.....	51
1.4 Desafios de medir o consumo.....	66
1.4.1 Métrica de consumo.....	67
1.4.2 Unidade e escala de análise do consumo.....	71
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	76
2.1 Fontes de dados – Pesquisa de Orçamento Familiares - POF.....	76
2.1.1 Formas de consumo selecionadas	77
2.2 Abrangência geográfica	78
2.3 Medida de consumo	79
2.4 Modelo de idade-período-coorte - APC.....	82
2.4.1 Descrição teórica dos modelos APC	82
2.4.2 Estrutura e disposição dos dados para análises APC.....	83
2.4.3 Problema de Identificação dos modelos APC	86
2.4.4 Modelos e estratégias para estimação adotados.....	93
3 RESULTADOS.....	100
3.1 Análise descritiva do consumo de energia elétrica	100
3.2 Efeitos de idade, período e coorte no consumo de energia elétrica domiciliar <i>per capita</i>	107
3.3 Discussão	115
4 CONCLUSÕES.....	129
REFERÊNCIAS	138

INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e com os efeitos adversos das mudanças climáticas globais ganhou notoriedade e eco na sociedade nas últimas décadas, estando no topo das agendas de políticas públicas dos mais diversos governos do globo. O campo científico tem exercido função determinante neste contexto ao discutir as principais causas da degradação ambiental e o aquecimento global, atribuindo um papel decisivo à ação do homem e seu modo de viver. O 6º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC descreve como inquestionável a influência humana no aquecimento da biosfera (IPCC, 2021).

Na evolução do debate ambiental, o entendimento da dimensão populacional e dos seus efeitos no meio ambiente teve notáveis avanços, tendo sido incorporadas múltiplas dimensões aos estudos que buscam melhor compreender a ação antrópica na crescente degradação ambiental (MELLO; SATHLER, 2015). Entretanto, apesar dos evidentes progressos, ainda são persistentes nos estudos de população-ambiente (P-A) abordagens que limitam essa relação ao entendimento malthusiano, que reduzem a importância e o impacto do homem na degradação ambiental, no esgotamento dos recursos naturais e nas mudanças climáticas apenas ao crescimento absoluto da população (HOGAN, D., 2007b; OJIMA, 2011). Se entre os demógrafos praticamente não resta dúvidas de que a chamada “bomba populacional” foi desarmada, nos estudos e relatórios ambientais ainda persistem abordagens de viés malthusiano (JIANG; HARDEE, 2011).

Se esse entendimento fosse amparado por evidências empíricas, com o processo da transição demográfica e diminuição do crescimento populacional em grande parte do mundo, era de se esperar também um arrefecimento da pressão e demanda feita pelo homem ao meio ambiente. Contudo, conforme Mello e Hogan (2007) afirmam, essa relação direta não foi observada. Ou seja, mesmo em países que já estão em estágio avançado da transição demográfica, que apresentam inclusive diminuição populacional, há um crescente aumento na demanda por recursos naturais. Desse modo, o que vários autores no campo das relações entre população e ambiente vêm concluindo é que o impacto da dimensão populacional sobre as questões ambientais não é explicado apenas pelo volume e crescimento populacional (CURRAN; DE SHERBININ, 2004; HOGAN, D., 2007b; HOGAN, D.; MARANDOLA; OJIMA, 2010; JIANG; HARDEE, 2011; O’NEILL; CHEN, 2002; OJIMA, 2011; ZAGHENI, 2011).

Nesse sentido, Martine e Schensul (2013) afirmam que se tornou pertinente o debate de qual seria o efeito da população no meio ambiente em um contexto pós-transição

demográfica. Ao encontro desse entendimento, D'Antona (2017) e Martine (2012) afirmam que é um esforço da literatura recente de uma Demografia Ambiental apresentar elementos que comprovem a necessidade de incorporar outros aspectos da dinâmica demográfica às análises de P-A, pois toda a complexidade da dinâmica demográfica e sua influência nos processos ambientais não podem ser reduzidos a meros números absolutos. Há na literatura da Demografia Ambiental, portanto, um consenso que ao restringir a análise demográfica nos estudos de P-A apenas ao tamanho populacional é negligenciar todo o potencial que a Demografia possui para um melhor entendimento dessas questões (DIÓGENES; OJIMA, 2020)

Nesse contexto, uma das formas que a Demografia Ambiental vem encontrando para dar mais contribuições ao debate de P-A é refinar a análise demográfica nos níveis e padrões de consumo de população (CURRAN; DE SHERBININ, 2004). Segundo esses autores, a importância do padrão de consumo da população se fez presente historicamente no discurso ambiental, mas, na maioria das vezes, é abordada de forma superficial ou enviesada, sempre limitada ao parâmetro malthusiano. A conclusão simplista e majoritária presente nos estudos ambientais ou que relacionam população e ambiente é que um maior consumo seria decorrente simplesmente do aumento populacional, desprezando outras variáveis demográficas. O 6º Relatório do IPCC, por exemplo, coloca o crescimento populacional como papel de protagonista para o aumento das emissões dos GEE (IPCC, 2021). Cabe ressaltar que esse reducionismo já foi superado em parte por algumas áreas da ciência que se inserem no debate de P-A, especialmente a demografia e em parte na sociologia ambiental. Contudo, apesar desses avanços, eles ainda formam uma posição minoritária, mantendo-se o *mainstream* ainda com traços malthusianos, se não de forma explícita, se mostrando presente nas entrelinhas (OJIMA, 2011).

Em grande parte do mundo, desde a revolução industrial, o consumo de massa é um dos principais fundamentos sustentadores do atual modelo de desenvolvimento econômico. No entanto, ao mesmo tempo, a ele é atribuído um papel determinante nas danosas mudanças ambientais e climáticas observadas no planeta (ROMEIRO, 2012). Essa dualidade entre a importância do consumo no desenvolvimento econômico e os efeitos adversos do consumismo no meio ambiente é considerada como um dos grandes dilemas a serem resolvidos pela sociedade.

Desse modo, dada a importância do consumo nos impactos ambientais e a limitação do efeito populacional nessa relação a partir do entendimento malthusiano, o interesse da Demografia Ambiental é cada vez maior sobre o tema, consolidando um debate sobre

população-consumo-ambiente (P-C-A). Vários trabalhos vêm discutindo essa relação e levantando hipóteses de quais outras dimensões populacionais devem ser incorporadas nas ciências ambientais, entre eles podemos citar: Mello (2009); Hogan, Marandola Jr. e Ojima (2010); Martine, Torres e Mello (2012); Ojima (2012); Mello e Hogan (2007); Modesto (2011); Ojima (2011); Martine (2009); Curran e Sherbinin (2004); Liddle (2011); Liddle e Lung (2010) e Satterthwaite (2009).

Uma das principais hipóteses defendidas nesses estudos é que o nível e padrão de consumo de uma população não é dependente apenas do número de pessoas e ressaltam que outros efeitos da dinâmica demográfica podem ter efeitos até mais importantes no consumo agregado da população. Envelhecimento populacional, estrutura etária, aumento da expectativa de vida, mudanças nas composições, arranjos e tamanho das famílias, migração e concentração urbana, por exemplo, são colocadas como dimensões demográficas que exercem impacto determinante nos padrões e níveis de consumo da população, sendo, portanto, imperativa a inclusão desses fatores nas pesquisas e estudos sobre mudanças climáticas (LIDDLE, 2011; MARTINE, 2012; MODESTO, 2011; PEBLEY, 1998).

Algumas pesquisas se esforçaram além do debate analítico e tentaram evidenciar através de dados novas formas de compreender a relação população-consumo-ambiente. Um trabalho de destaque é o realizado por Zagheni (2011), no qual mostrou os diferentes perfis de consumo de diversos bens e serviços por idade utilizando dados da população americana. O consumo de gasolina, comida e roupas tem seu ápice entre 50 e 60 anos, já o consumo de outros bens aumenta na medida em que as pessoas envelhecem. O autor ainda verificou que as emissões médias de dióxido de carbono (CO₂) aumentam até às últimas idades antes dos 70 anos.

Liddle e Lung (2010), Liddle (2011) e Mason e Lee (2013) também demonstraram que o consumo de bens e serviços variam conforme a idade da população e dos indivíduos. Várias outras pesquisas evidenciaram os efeitos da dinâmica demográfica no perfil de consumo: Jiang e O'Neill (2007), Liu *et al* (2003); Tung (2011); Yu e Liu (2007); Barros *et al* (2008); Silva *et al* (2012); Druckman e Jackson (2008); Lins (2010); Carvalho e Alves (2012); Zanon *et al* (2013); Martine *et al* (2012); Grenning e Jeng (1994); O'Neill e Chen (2002), Cole e Neumayer (2004); Prskawetz *et al* (2004).

Contudo, mesmo considerando os recentes esforços da literatura especializada de P-C-A, Mello e Sathler (2015) ponderam que, devido à complexidade e interdisciplinaridade do tema, ainda há muitas possibilidades a serem exploradas,

principalmente do ponto de vista metodológico. Compreender o consumo em sua plenitude exige a exploração de diversas áreas de conhecimento, notadamente as ciências sociais, pois é necessária a consideração de aspectos sociais, econômicos, comportamentais, éticos e de valores, de modo que a compreensão e conceituação do consumo mudou ao longo da história (MARTINE, 2012). Atualmente, além de ser a base do modelo de desenvolvimento, como já afirmado, o consumo é fator preponderante para a própria sensação de bem-estar e de felicidade. Essas mudanças na relação da população com o consumo podem ser atribuídas às profundas transformações propiciadas pela urbanização e modernização das sociedades, além do exponencial desenvolvimento tecnológico observado desde a revolução industrial.

Os volumes e as taxas ou intensidades de consumo de determinada população podem ter inúmeros determinantes ao longo do tempo. Todas as pesquisas já citadas nesta introdução, em sua grande maioria, mostram que o consumo (tanto na tipologia, como na intensidade) é variável conforme a idade do indivíduo ou estágio do ciclo de vida do domicílio, ou seja, é verificado o efeito da idade no consumo dos indivíduos ou do domicílio (DIÓGENES; OJIMA, 2020). Esse efeito da idade pode ser atribuído às mudanças biológicas dos indivíduos, o que acarreta demandas de consumo diferentes. Em outros termos, os efeitos da idade ou do ciclo de vida são variações ligadas aos processos biológicos e sociais do envelhecimento dos indivíduos e incluem mudanças fisiológicas e acumulação de experiências sociais ao longo do tempo.

No entanto, sob a perspectiva demográfica, pode-se levantar a hipótese de que mais dimensões, além da idade, podem diferenciar o consumo das pessoas de uma população ao longo do tempo. Uma dessas dimensões pode ser o período de análise, já que podem ocorrer diversos eventos nos anos ou períodos de análise (como o surgimento de determinada tecnologia ou depressão econômica, por exemplo) que mudam os hábitos de consumo de toda a população, atingindo concomitantemente todas as pessoas independentemente da idade ou de outra característica qualquer. Esta influência do marco temporal na análise de qualquer variável é comumente denominada de “efeito de período”.

O efeito do período no consumo é habitualmente atribuído às flutuações na atividade econômica, que podem aumentar ou diminuir a capacidade de consumo de determinados bens e produtos. Nesse aspecto, por exemplo, Zhao *et al.* (2018) sugeriram que ajustes tributários em determinados períodos na China tiveram potencial para orientar os consumidores no sentido de economizar energia e Wang *et al.* (2013) verificaram que

aspectos macroeconômicos, como PIB per capita, nível de industrialização, nível de serviço e comércio exterior, podem causar um aumento ou diminuição nas emissões de CO2. Além disso, mudanças metodológicas das pesquisas nacionais sobre renda e consumo utilizadas nos estudos, como forma de coleta de dados e variáveis investigadas, também poderiam levar a efeitos de período.

As análises de período de determinada variável, considerando os diferenciais por idade, são as técnicas mais utilizadas nos estudos demográficos devido a uma maior facilidade na obtenção dos dados, haja vista a dificuldade na produção e obtenção de dados longitudinais, dados de longo prazo. Esse é o caso de grande parte da bibliografia de População-Consumo-Ambiente. Holford (1991) advoga que essas abordagens de análises de idade e período podem ser necessárias se houver ausência de dados de longo prazo, pois fornecem uma maneira simples de atualizar informações anualmente ao monitorar tendências. No entanto, esse tipo de análise só pode ajustar o efeito da idade em um determinado período, ignorando o efeito de coorte.

No que se refere a este efeito específico, de coorte¹, pode-se defini-lo como sendo o impacto gerado por fatores que afetaram determinada geração e que acarretaram em alterações diversas na variável de estudo em sucessivos grupos etários e sucessivos períodos (MEIRA *et al.*, 2015) e está geralmente associado às variações resultantes da experiência única de um grupo de sujeitos (coorte) à medida que se movem ao longo do tempo.

É creditado a Normam Ryder (1965) o pioneirismo em alçar o conceito de coorte como uma relevante variável nos estudos das mudanças sociais. O autor argumenta que as pessoas de uma coorte, ao se moverem pela vida em conjunto e comungarem os mesmos eventos históricos e sociais nas mesmas idades, constituem uma categoria da estrutural social que tem uma utilidade analítica semelhante à classe social, dada a sua singularidade. Ryder afirma ainda que a sucessão de coortes com diferentes experiências de vida na sociedade altera constantemente a composição da população, processo denominado por ele de “metabolismo demográfico”. Décadas depois do trabalho seminal de Ryder, Lutz (2013) ratificou a importância do processo pelo qual as sociedades mudam

¹ Coorte, em sua definição mais genérica, refere-se a um grupo de pessoas que possuem alguma característica em comum ou que compartilham a vivência de um determinado evento. Na demografia, o termo é geralmente aplicado ao grupo de pessoas que nasceu em determinado ano ou período, por exemplo: coorte de 1955 significa o grupo de pessoas que nasceu em 1955; coorte da década de 1980 representa o conjunto de indivíduos que nasceu durante a década de 1980. Nesse sentido, a coorte é de nascimento e ganha significado próximo de geração. Um vídeo didático e acessível explicando sobre o termo pode ser acessado em: https://youtu.be/S5kXf_57Aog.

por meio da substituição geracional e teorizou o metabolismo demográfico como sendo uma poderosa ferramenta conceitual e metodológica para projeções populacionais que caracterizasse a população além de sexo e idade.

No caso específico da variável de interesse desse estudo, o consumo, é plausível levantar hipóteses de que houve diversos acontecimentos e mudanças ao longo da história que impactaram de forma decisiva determinada coorte, sendo cruciais no delineamento dos seus hábitos e comportamentos de consumo e persistiram durante toda a existência da geração. Ou seja, as interações entre diversas variáveis podem produzir coortes únicas quanto ao seu comportamento e padrão de consumo. Para ilustrar o efeito de coorte, Rezende, Wajnman e Heller (2006, p. 290) afirmam que “as coortes mais novas são as mais ativas no processo de transformação e de introdução de novas posturas, por estarem menos influenciadas por aspectos históricos, e por serem mais capazes de se adaptar a novas situações ou de criar novos modos de vida.”

Nesse sentido de enfatizar a importância de se identificar o efeito da coorte, Menz e Welsch (2012) ressaltam que aparentes efeitos do envelhecimento populacional na pressão de recursos naturais, na verdade, é explicado, pelo menos em parte, pela coorte de nascimentos, de modo que esta questão ainda não é devidamente investigada na literatura.

No caso específico do efeito da coorte na consciência ambiental dos indivíduos e suas práticas de consumo, Büttner e Grübler (1995) sugerem que atitudes, estilos de vida e comportamentos ambientalmente conscientes significativamente distintos podem ser observados entre indivíduos da mesma idade, porém em momentos diferentes. Ou seja, um indivíduo de 20 anos em 2020 pode apresentar práticas e hábitos de consumo mais ou menos ambientalmente conscientes do que uma pessoa da mesma idade em 1990. A análise apenas sob a perspectiva da idade ou ciclo de vida não conseguiria explicar tal fenômeno, sendo necessário identificar os efeitos de coorte.

Portanto, a hipótese levantada nesse estudo é que o consumo, variável proeminente nos estudos de P-A, é impactada por três dimensões demográficas de formas distintas: **idade**, **período** e **coorte**. Para compreender e identificar os efeitos isolados ao longo do tempo de cada um desses fatores são utilizadas técnicas de análise denominadas modelos APC (age-period-cohort). Eles são amplamente utilizados em pesquisas epidemiológicas e de saúde para analisar tendências na incidência de doenças e mortalidade (ROBERTSON; BOYLE, 1998). Pode-se dar destaque aos estudos que identificaram os efeitos de idade-período-coorte na mortalidade por Doença de Chagas

(SIMÕES *et al.*, 2018); por câncer do colo uterino (MEIRA *et al.*, 2013); por câncer colorretal (GASPARINI *et al.*, 2018); por câncer de mama (MEIRA *et al.*, 2015) e por doenças crônicas em adultos (YANG; LAND, 2008). Uma ampla aplicação dos modelos APC também foi realizada pelos cientistas sociais, produzindo uma série de estudos que tentaram compreender as mudanças sociais históricas concernentes a diversas variáveis, como habilidade verbal (WILSON; GOVE, 1999), afiliação religiosa (FIREBAUGH; HARLEY, 1991), identificação partidária (TILLEY; EVANS, 2014) e confiança social e interpessoal (CLARK; EISENSTEIN, 2013).

Na literatura brasileira há também a aplicação dos modelos APC para o estudo de diversas outras variáveis. Na interface entre demografia e economia, por exemplo, Rios Neto e Oliveira (1999) utilizaram da técnica para analisar as tendências de participação na população economicamente ativa (PEA) e da força de trabalho. Na educação, Guimarães e Rios Neto (2011) buscaram identificar os efeitos de idade, período e coorte em uma medida de progressão escolar no Brasil. Outras variáveis diversas foram analisadas por modelos APC, como, por exemplo, demanda por domicílio (GIVISIEZ; RIOS-NETO; SAWYER, 2006) e condições sanitárias (REZENDE; WAJNMAN; HELLER, 2006). Percebe-se, portanto, que são amplas as possibilidades de aplicação de modelos APC.

Mesmo com todo esse potencial, são raros na literatura de P-C-A os estudos que se utilizam desse tipo de técnica (MENZ; WELSCH, 2012). Pode-se citar os trabalhos de Rentz *et al.* (1983), que aplicaram modelo de APC para prever os efeitos do envelhecimento populacional no consumo de refrigerantes, Kraus *et al.* (2015), que utilizaram a técnica para verificar tendências temporais no consumo de álcool na população adulta sueca, e Mori *et al.* (2000), que analisaram os efeitos de coorte nas mudanças do consumo de alimentos da população japonesa. Entretanto, o que se verifica nestes estudos é que, apesar de aplicarem modelos APC no consumo de produtos específicos, é escassa uma abordagem e discussão em um contexto de protagonismo da relação P-A e das mudanças climáticas globais.

Além disso, boa parte desses estudos não estima os efeitos “puros” de idade, período e coorte, pois utilizam métodos que omitem inteiramente uma ou duas das variáveis temporais sem fazer referência à perda dos possíveis efeitos que estão sendo ignorados (FOSSE; WINSHIP, 2019). Por exemplo, deseja-se estimar o efeito de coorte em determinada variável, mas, intencionalmente ou não, omite-se que essa variável também pode sofrer efeito de idade ou período. Alguns estudos inclusive confundem os

conceitos e, conseqüentemente, os efeitos das dimensões APC. O estudo de Carlsson-Kanyama, Lindén Eriksson (2005) pode ser citado como exemplo disso, pois propuseram identificar os efeitos de coorte no comportamento energético residencial, mas não os distinguem dos efeitos de idade no modelo adotado, confundindo-os na análise.

Além do aspecto do modelo propriamente dito, Curran e Sherbinin (2004) descrevem outros aspectos metodológicos que possuem ampla possibilidade de discussão e avanços para entender melhor o impacto do consumo no meio ambiente, como: nível de escala do consumo e unidade ou medida de consumo.

Quanto à escala de análise, há um debate e uma divisão na literatura quanto à melhor escala de análise de consumo. Percebe-se uma predominância de autores que defendem o domicílio como a melhor unidade de escala, em detrimento de um consumo individual (CURRAN; DE SHERBININ, 2004; HOGAN, D.; MARANDOLA; OJIMA, 2010; MELLO; SATHLER, 2015; O'NEILL; CHEN, 2002) pois advogam que alguns tipos de consumo muito importantes na contribuição do aquecimento global são de bens coletivos, ao nível de domicílio, como de energia elétrica, água, etc (DEATON, A. S., 2018; TUNG, 2011). Em favor da escolha do domicílio como nível de consumo, o pressuposto adotado é que o comportamento dos domicílios com relação ao consumo é variável conforme o ciclo de vida e coorte apresentados pelo agregado familiar que o compõe.

No que se refere à unidade ou medida de consumo, há várias possibilidades analíticas que procuram de certa forma mensurar o impacto da ação humana no ambiente. Pode-se utilizar o consumo de bens específicos com relevantes apelo e impacto ambientais como água, energia elétrica, combustíveis fósseis, proteína animal, entre outros. É salutar também o uso de medidas agregadas de consumo, que contemplem diversas dimensões dos gastos familiares, como a equação STIRPAT², Pegada de Carbono e Pegada Ecológica - PE. Curran e De Sherbinin (2004) enaltecem a potencialidade o uso da Pegada Ecológica³, afirmando que é uma das abordagens que mais vem se solidificando na literatura devido a sua capacidade de aglutinar diversas formas de consumo em uma medida sintética, de fácil interpretação e possibilidade de comparação entre populações.

² Proposta por Dietz e Rosa (1997), a equação STIRPAT é uma abordagem estocástica baseada na equação contábil $I=PAT$ de Ehrlich e Holdren (1971), que sugeriram medir o impacto ambiental (I) a partir do produto de três fatores: população (P), afluência ou consumo per capita (A) e tecnologia ou impacto por unidade de consumo (T).

³ Tradução do termo original *Ecological Footprint* (WACKERNAGEL; RESS, 1996).

No entanto, a dificuldade de se fazer uma série temporal da Pegada Ecológica consistente para o Brasil reside na ausência de fatores de conversão, de produtividade e de equivalências confiáveis referentes aos anos mais longínquos e que reflitam com fidedignidade os contextos históricos/físicos brasileiros. Sem esses fatores confiáveis necessários para o cálculo, há considerável risco de se obter medidas inverossímeis e inconsistentes. Deste modo, utilizar medida de consumo de bens ou serviços específicos e de forma isolada, que são coletados diretamente na unidade de grandeza física, dispensando, assim, qualquer transformação prévia, pode-se tornar uma opção válida.

Nesse contexto, um dos itens de consumo com maior potencial para o propósito desta pesquisa e subsidiar a discussão é o de energia elétrica dos domicílios. Trata-se de um item de consumo elementar à vida das famílias e pode-se ser colocada como uma aproximação consistente para o consumo de outros bens duráveis. De forma genérica, um maior consumo de energia elétrica dos domicílios reflete um padrão de vida mais elevado desse agregado familiar, refletindo assim uma maior demanda por recursos naturais e emissão dos gases do efeito estufa (IVANOVA, O. *et al.*, 2018).

Nesse sentido, compreender de forma efetiva a evolução do consumo das famílias e seus determinantes demográficos corroborarão com esforços recentes dos pesquisadores da área em inserir no debate ambiental e de mudanças climáticas uma nova importância para a dimensão demográfica, que se desvincule cada vez mais de um persistente lastro malthusiano.

O fato é que a população brasileira vivenciou nas últimas sete décadas profundas transformações sociais, como a urbanização e as mudanças de valores intrínsecos a esse processo, passou pelo processo de transição demográfica, apresentando taxas de fecundidades baixas, famílias menores e mais diversas e tornou-se mais envelhecida. De forma conjunta e simultânea, foram verificados um aumento nos níveis de instrução, aumento e distribuição de renda, ciclos econômicos prósperos e ascensão de um discurso pós-materialista em torno da necessidade de uma maior conscientização ambiental. De forma sinérgica, esse conjunto de transformações históricas, sociais, econômicas e demográficas podem ter exercido uma forte influência nos hábitos, práticas, preferências, níveis e padrões de consumo da população brasileira ao longo do tempo. Desse modo, torna-se relevante examinar a dinâmica do consumo dos domicílios brasileiros sobre uma perspectiva dos efeitos de idade, período e coorte.

Diante do exposto, o objetivo principal da pesquisa é identificar e desagregar os efeitos da idade, do período e da coorte na evolução do consumo de energia elétrica *per*

capita dos domicílios brasileiros a partir da utilização de modelos APC nos dados da Pesquisa de Orçamento Familiares – POF, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em suas últimas 3 edições: 2002-2003, 2008-2009 e 2017-2018.

Para tanto, foram utilizados modelos de regressão APC cuja variável dependente foi o logarítmico do consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* e as variáveis explicativas são a idade e coorte do chefe do domicílio, além do período (ano da pesquisa). Para a superação do problema de identificação dos coeficientes, decorrente da perfeita linearidade entre as variáveis explicativas, foram utilizados vários modelos com diferentes formas de se estimar os efeitos: i) omissão de pelo menos uma das variáveis APC (modelos parciais); ii) modelos com as três variáveis APC e com restrições de igualdade entre as categorias de uma delas (modelos completos); iii) modelos que substituem alguma variável APC por outra variável que se aproxime dos efeitos das variável substituída (modelos alternativos); iv) Modelo multinível ou hierárquico.

Espera-se com os resultados identificar a importância da idade, do período e da coorte de forma desagregada no consumo dos domicílios brasileiros. Com isso, será possível identificar se algumas coortes possuem padrões de consumo mais intensos e, conseqüentemente, mais danosos ambientalmente; em que estágio do ciclo de vida dos domicílios se encontram os maiores níveis de consumo; e quais períodos tiveram relevância para o aumento ou diminuição do consumo da população.

Acredita-se que esses resultados possam direcionar de forma mais efetiva as políticas públicas e empresariais de conscientização ambiental, de diminuição dos impactos ambientais das famílias brasileiras e de mitigação dos efeitos antropogênicos nas mudanças climáticas globais.

1 ANÁLISES DE IDADE, PERÍODO E COORTE: CONTRIBUIÇÕES E POTENCIALIDADES PARA OS ESTUDOS DE POPULAÇÃO-CONSUMO-AMBIENTE.

1.1 O papel do consumo(ismo) no debate ambiental

O início da questão ambiental na forma a qual conhecemos atualmente emerge durante os anos de 1950 e 1960, induzida por uma série de desastres ambientais que causaram sérios danos à saúde das populações locais, como a inversão térmica no centro industrial de Dandora, Pennsylvania/EUA , 1948; a poluição atmosférica aguda ocorrida em Londres em 1952, que ficou conhecida como a “névoa matadora”; e a intoxicação da população da Baía de Minamata, Japão, que foi ocasionada pela ingestão de peixes e crustáceos contaminados por metais pesados emitidos por uma fábrica de fertilizantes que funcionava no local. Essa série de acontecimentos, embora não tenham sido os primeiros nem os maiores desastres ambientais já documentados, foram emblemáticos por terem tido grandes repercussões, acendendo assim os primeiros sinais de alerta sobre como o homem estava se relacionando com o meio natural (HOGAN, D., 2007b).

A partir desse momento, o que se viu foi a crescente importância da questão ambiental nos mais diversos setores da sociedade, ganhando novos contornos e dimensões ao longo do século XX. Institucionalizada mundialmente a partir da Conferência de Estocolmo da Organização das Nações Unidas - ONU, em 1972, a preocupação ambiental era tratada inicialmente sob uma perspectiva apenas de poluição e conservação dos recursos naturais (HOGAN, D.; MARANDOLA; OJIMA, 2010). No entanto, testemunhado pelas diversas outras conferências mundiais que aconteceram a partir de então, com destaque para Rio +20, o debate amadureceu diante das novas evidências científicas que vinham surgindo e a questão ambiental evoluiu para um problema de ordem muito maior, saindo da escala de impactos locais para evidenciar o iminente problema global decorrente da aceleração da emissão dos gases do efeito estufa e as consequentes mudanças climáticas globais.

Como fruto desse crescente interesse, viu-se nas últimas décadas um aumento exponencial de pesquisas sobre a problemática ambiental e sustentabilidade, de tal modo que essa temática se estabeleceu como um destacado campo de pesquisa na comunidade científica internacional, com a formação de bases de dados e a produção de um grande número de publicações, periódicos e livros, constituindo-se de um caráter eminentemente multi/inter/transdisciplinar amplo e complexo (FERNANDES; PHILIPPI JR., 2017).

Contudo, Fernandes e Philippi Jr. (2017) e Frodman (2014) criticam a literatura que sugere a concepção de uma ciências da sustentabilidade, no singular. Para os autores, trata-se de um tema transversal à todas as ciências, por isso há de falar em ciências da sustentabilidade, no plural.

Embora ainda haja vozes dissonantes, é consenso entre os estudiosos que a maior pressão dos recursos naturais e alteração do clima global é devido ao modelo econômico vigente presente em quase toda a totalidade dos países. Esse padrão de desenvolvimento tem como baliza primordial o aumento indefinido da produção e do consumo, o que exige a exploração ilimitada de recursos naturais que, por sua vez, são finitos e, em sua grande maioria, não renováveis (BARBER, 2003; HOGAN, D. J., 2010; MARTINE, 2012).

É fato que o progresso econômico baseado na expansão da produção e do consumo de massa foi em grande medida o responsável pelo vistoso desenvolvimento social e melhorias na qualidade de vida observados durante do século XX, como redução da miséria e da pobreza e avanços tecnológicos e medicinais. Por outro lado, esses ganhos civilizatórios foram obtidos através da exploração dos recursos ecológicos de forma desenfreada, redução da biodiversidade e contaminação do meio natural (JACKSON, 2009; MARTINE, 2012). De fato, a história recente da sociedade remete à uma grande explosão do consumo, que associado ao aumento do comércio global, está impulsionando a destruição e degradação da natureza, com o mundo agora usando excessivamente os recursos naturais em um ritmo sem precedentes.

Uma das principais consequências do aquecimento global, os eventos climáticos extremos estão sendo cada vez mais corriqueiros e intensos. Conforme dados da International Disaster Database, o ano de 2020, além de ter sido juntamente com 2016 o ano mais quente já registrado, contabilizou 389 desastres e eventos climáticos extremos (maior do que a média de 2000 a 2019), que resultaram em 15.080 mortes, 98,4 milhões de pessoas impactadas e perdas econômicas por volta de U\$ 171,3 bilhões. (CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS, 2021)

Segundo Relatório *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss* (ALMOND; GROOTEN; PETERSEN, 2020), desde a década de 1970 o padrão de consumo da população excedeu a taxa de regeneração da Terra e houve uma queda média de 68% nas populações monitoradas de mamíferos, pássaros, anfíbios, répteis e peixes entre 1970 e 2016. Conforme Jackson (2009), nos últimos vinte e cinco anos, enquanto a economia global dobrou, cerca de 60% dos ecossistemas mundiais foram degradados e as emissões globais de carbono aumentaram em 40% desde 1990. No ano de 2020,

especificamente, em menos de oito meses a humanidade alcançou o *Earth Overshoot Day*, que representa o dia do ano em que a demanda da humanidade pela natureza excede a capacidade da Terra de regenerar essa demanda ao longo do ano inteiro (GFN, 2020).

Ademais, os impactos da degradação dos recursos naturais acima da sua capacidade de regeneração e das alterações no clima global devido à emissão dos gases de efeito estufa- GEE não se resumem apenas a perda de biodiversidade, poluição ambiental, número maior de desastres e uma maior indisponibilidade de recursos naturais. Um mundo em aquecimento e com severa alteração climática nos termos observados atualmente traz uma série de consequências diretas para a saúde humana.

O relatório The Lancet Countdown 2019 (WATTS *et al.*, 2019), que consiste em uma colaboração internacional e multidisciplinar, dedicada a monitorar o quadro de saúde da população associada às mudanças climáticas, traz uma série de indicadores e cenários que atestam o quanto prejudicial está sendo o aquecimento global para a saúde humana. As principais conclusões desse estudo são que as crianças serão as principais afetadas pela desnutrição e insegurança alimentar causadas pelas tendências de queda no potencial de rendimento global em todas as principais safras monitoradas desde 1960; as novas condições climáticas serão mais propícias para a transmissão de determinadas doenças, como a dengue, que teve nove dos dez anos mais propícios para a transmissão da doença já registrados ocorridos desde 2000, além de outras doenças diarreicas; a partir da adolescência, danos ao coração e pulmão devem ser mais corriqueiros devido a poluição atmosférica; o aumento da temperatura e as ondas de calor estão limitando cada vez mais a capacidade de trabalho de várias populações; e populações com 65 anos ou mais são particularmente vulneráveis aos efeitos da mudança climática na saúde, especialmente, aos extremos de calor.

Além do mais, existem outras dimensões sociais que estão sendo modificadas pelas mudanças climáticas globais e que vêm sendo alvo de atenção de vários autores, como migração (KELMAN, 2019), agravamento da pobreza (LEICHENKO; SILVA, 2014), conflitos violentos (TOL; WAGNER, 2010) e doenças mentais (BERRY *et al.*, 2018). Esses dados e estudos evidenciam que o desenvolvimento observado nas últimas décadas baseado necessariamente no aumento da produção e do consumo está cobrando já algum tempo o seu “preço”, e alguns autores já avaliam que este pode ser caro demais, podendo colocar até em xeque a possibilidade de um futuro com uma mínima qualidade de vida para as gerações futuras (MARTINE *et al.*, 2009).

Essa visão é considerada por alguns demasiadamente alarmista ou catastrófica, sob o argumento de que não consideram a capacidade inventiva e tecnológica da humanidade em resolver os problemas e desafios ambientais gerados pelo próprio desenvolvimento. Com essa linha de pensamento, Lam (2011), em seu trabalho seminal, argumenta que as inúmeras preocupações sobre o potencial impacto do rápido crescimento populacional na década de 1960, esgotamento de recursos não renováveis e aumento da pobreza em países de baixa renda não se observaram na prática. O autor argumenta que a experiência real foi muito diferente do que se temia e o que foi visto foi o aumento da produção de alimentos mais rápido do que a população mundial, os preços dos recursos caíram durante a maior parte do período e a pobreza diminuiu significativamente em grande parte do mundo em desenvolvimento. O autor é convencido de que a superação dos desafios enfrentados pela humanidade no período de 1960-2010 é argumento suficientemente forte para se ter uma visão otimista da capacidade humana em enfrentar os desafios vindouros.

Em mesmo sentido de relativizar o problema ambiental, o *mainstream* econômico neoclássico argumenta desde a década de 60 e 70 que o próprio mercado superaria os limites ambientais ao crescimento econômico ao internalizar os custos de poluição e degradação causados pelos processos produtivos e isso se daria através do Estado por meio da precificação ou da privatização dos recursos naturais, já que estes são essencialmente bens públicos (ROMEIRO, 2012). Além disso, essa corrente de pensadores econômicos compartilhava em certa medida com as ideias de Lam (2011), de que o homem conseguiria aumentar de forma ilimitada a eficiência do uso dos recursos naturais.

Datam de muito tempo atrás os grandes debates históricos entre os otimistas *versus* pessimistas quanto ao futuro da humanidade. Martine e Alves (2015) descrevem as ideias opostas desde o século XIX, entre Malthus e Marx, passando pela discussão entre neomalthusianos e seus críticos durante a segunda metade do século XX, terminando no debate posto no século presente com as questões ambientais contemporâneas. Apesar de fazer esse diálogo entre os argumentos antagônicos, os mesmos autores firmam posição ao considerar que o contexto vivenciado no século passado que propiciou o ciclo virtuoso de conquistas sociais e econômicas não é mais observado atualmente e que, se o modelo de desenvolvimento baseado em níveis de consumo que extrapolam a biocapacidade da terra continuar predominando, a humanidade certamente irá para um caminho sem volta ao colapso ambiental.

Vozes otimistas como a de Lam, ou até mesmo as negacionistas quanto ao problema ambiental, tendem a ficar cada vez mais isoladas e em menor número diante das contundentes evidências científicas que não deixam muito espaço para contestação do agravamento dos problemas ambientais observados atualmente, especialmente o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Como uma *proxy* dos inúmeros cientistas e estudos que compartilham a preocupação com o meio ambiente, tem-se o sucessivos relatórios do IPCC, notadamente a sua última versão (IPCC, 2021). Este documento, que foi produzido por diversos pesquisadores de diferentes países e de vários institutos de ensino, pesquisa e órgãos governamentais, conclui que a mudança climática e seus efeitos adversos não são mais projeções futuras e incertas, trata-se de fatos que já estão sendo observados atualmente, como o aumento da frequência e severidade dos eventos climáticos extremos (secas, inundações, ondas de calor, etc.). O relatório é taxativo ao afirmar que as mudanças aceleradas do clima são sem precedentes, irreversíveis e ocasionadas pelo homem e seu modo como trata o meio ambiente, principalmente aos elevados níveis de emissão dos GEE.

Diante do volume de estudos e evidências científicas, não há margem para contestação de que a maior parte dos graves problemas ambientais vivenciados pela humanidade atualmente, em especial as mudanças climáticas, é resultante dos altos padrões e níveis de produção e consumo, base fundamental do modelo de desenvolvimento econômico vigente (MARTINE, 2007). A lógica por trás desse *modus operandi* é que para a economia crescer e gerar riqueza é preciso o aumento contínuo do consumo, que por sua vez induzirá o aumento na produção, o que levará a uma maior demanda de recursos naturais e mais emissão de resíduos e gases poluentes nos meios físico e atmosférico (JACKSON, 2009).

Para se apreender a real importância e dimensão do consumo no modelo econômico e nos valores culturais da sociedade atual, é preciso não somente entender o efeito físico/biológico que o aumento do consumo causa ao meio ambiente, também se faz necessária uma análise mais sociológica e antropológica do consumo, e a sua forma mais extrema, o consumismo. Nesse cenário, o consumo não é apenas um meio para adquirir bens e serviços que visem a subsistência e o bem-estar das pessoas. A sociedade moderna trata o consumo como um próprio fim, estado esse que foi induzido e alimentado pelo modo de produção econômico do qual é extremamente dependente.

O início do século XX marca não somente a ascensão da revolução industrial, mas também de uma orientação consumista cada vez mais incorporada em diversas instituições sociais dominantes pelo mundo, como empresas, governos, mídia e educação. Especialmente na segunda metade do século passado, inovações como televisão, técnicas sofisticadas de publicidade, corporações multinacionais, franquias e a Internet ajudaram as instituições a espalhar o consumismo por todo o planeta (ASSADOURIAN, 2013).

Durante o século XX, três acontecimentos históricos foram grandes impulsionadores para fortalecer esse contexto: i) o fim da Segunda Guerra Mundial, momento este que os Estados Unidos, prestes a entrar em recessão econômica, promoveu ativamente altos níveis consumo como um meio para o desenvolvimento; ii) o processo de globalização econômica nas décadas de 80 e 90, que propiciou o compartilhamento de bens, serviços, dinheiro e valores culturais; e iii) a queda do Muro de Berlin, que simbolizou a superioridade do modelo capitalista sobre os regimes comunistas (MARTINE; TORRES; MELLO, 2012).

Ainda durante o século XX, governos se utilizaram de ferramentas econômicas para incentivar o consumo. A ideia da “demanda efetiva”⁴ começou a se popularizar como ferramenta para controlar cenários de crises econômicas (LINTOTT, 1998; MARTINE; TORRES; MELLO, 2012), como foi o caso dos Estados Unidos no pós-guerra citado anteriormente. Caso análogo, onde o consumo estimulado por políticas governamentais foi o motor propulsor de um ciclo virtuoso de crescimento econômico, foi o Brasil durante a década 2000. Nesse período, através de políticas de distribuição de renda, subsídios tributários e linha de crédito, houve uma grande ascensão de pessoas à classe média, propiciou o aumento do consumo de bens e serviços, que induzia a produção e que por sua vez gerava mais empregos (OJIMA; DIÓGENES; SILVA, 2014)

Associado a esse incentivo, se tornou cada vez mais presente nos meios de produção, principalmente os da área de bens eletroeletrônicos, a prática da “obsolescência programada”, modo pelo qual os fabricantes lançam um produto cuja obsolescência já é conhecida, incentivando assim as pessoas a estarem constantemente trocando e renovando os aparelhos que foram recentemente adquiridos, justamente por terem se tornadas obsoletas. Essa prática evidencia de como a indústria projeta produtos para aumentar artificialmente o consumo (SATYRO *et al.*, 2018).

⁴ De forma resumida, trata-se da proposta que o volume de emprego e o nível de renda de uma economia são determinados pelo volume de gastos agregados (WASQUES, 2016).

Um outro fator decisivo para a consolidação da cultura do consumo na sociedade moderna foi o marketing e a propaganda. A partir da popularização dos meios de comunicação, especialmente televisão e internet, as empresas reservam grande parte de seu orçamento para gastos em propaganda e publicidade dos seus produtos, atuando até mesmo no subconsciente das pessoas sobre o desejo e necessidade de se adquirir determinado produto (ASSADOURIAN, 2013; FIRAT *et al.*, 2013).

Essa indústria detém técnicas sofisticadas de divulgação e exposição de produtos, além da própria propaganda direta, que de fato incentivam certos comportamentos de consumo, associando sempre o bem material a mensagens positiva e a personagens populares. As crianças são particularmente suscetíveis a esse tipo de exposição por terem menos capacidade de distinguir entre publicidade e conteúdo (LINN, 2010).

A utilização da mídia pelas empresas através das suas peças publicitárias foi de fundamental importância para a propagação de um modo de vida baseado no consumo e determinado status social, geralmente espelhadas em novelas e filmes, que por sua vez fomenta a aspiração da população telespectadora em ter o padrão de vida divulgado e com consequente associação a sentimentos de sucesso e bem estar (SACHS; FINKELPEARL, 2010).

De forma sucinta, pode-se afirmar que existiu uma confluência de ações que ajudaram a implementar de maneira profunda a cultura do consumo na sociedade. O crescimento do modo de desenvolvimento econômico prescinde de um contínuo aumento do consumo; as políticas públicas encampam essa lógica econômica e baseiam suas ações no incentivo ao consumo; e através da mídia e propaganda, a população incorpora no seu subconsciente e nos seus hábitos não a possibilidade, mas sim a necessidade do consumo constante e indefinido. Fernandes e Vieira (2021) abordam essa questão como um sistema que inverteu a racionalidade da produção e consumo, já que a produção não decorre mais das necessidades das pessoas, mas se tornou a própria indutora do consumo conforme seus interesses. Ou seja, não é mais a demanda que estimula a produção, mas sim o inverso, os meios de produção induzem a novas necessidades.

Todo esse cenário estruturou um paradigma cultural do consumo dominante em grande parte do planeta. Denominada de consumismo, essa orientação cultural tem como premissa que a posse e o uso de um número cada vez maior de bens e serviços é a principal aspiração das pessoas e esse é um caminho fácil para felicidade (ASSADOURIAN, 2010). Firat *et al* (2013) corroboram nesse sentido ao afirmar que a sociedade de consumo

como a qual observa-se atualmente está organizada em torno da aquisição e exibição de mercadorias, por meio das quais os indivíduos ganham prestígio, identidade e posição.

Muito embora esse fenômeno possa se manifestar de diferentes formas em diferentes contextos culturais e regionais, é generalizada na sociedade moderna a associação de altos níveis de consumo com bem-estar e status social, de modo que o ato de consumir tenha virado uma necessidade básica até para o próprio sentimento de felicidade e aceitação social. Assadourian (2013, p. 13) afirma que “o consumismo agora se infiltrou tanto nas culturas humanas que às vezes é difícil até mesmo reconhecê-lo como uma construção cultural. Simplesmente parece natural.”

Sobre a incessante necessidade de consumo, alguns autores vem chamando atenção ao paradoxo da cultura do consumo contemporâneo, já que mesmo que as pessoas adquiram o que desejam, a sensação de bem estar sempre vai estar associada a produtos que elas não possuem, tendo assim pessoas indefinidamente insatisfeitas (LINTOTT, 1998). Além disso, níveis mais elevados de consumo não aumentam significativamente a qualidade de vida além de um certo nível de renda, já que há uma tendência das pessoas se habituarem ao nível de consumo a que estão expostas, sendo cada vez mais essencial para um maior sentimento de felicidade os relacionamentos íntimos, uma vida significativa e uma boa saúde (ASSADOURIAN, 2010).

Outro aspecto agravante quando se projeta o papel danoso do consumo é que, além de já estar em níveis excessivamente altos, ele se dá de forma desigual entre as populações dos países. Conforme Pacala (2007), 7% da população mundial é responsável por 50% das emissões de dióxido de carbono do mundo, enquanto que a metade das pessoas mais pobres são responsáveis por apenas 6%. Em 2006, os 65 países de maiores rendas *per capita* responderam por 78% das despesas de consumo, mas representam apenas 16% da população mundial. Só a população americana, especificamente, gastou U\$ 9,7 trilhões em consumo em 2006, representando 32% dos gastos globais com apenas 5% da população global.

Essa desigualdade do acesso ao consumo é também verificada na responsabilização dos seus efeitos negativos, só que em proporção oposta (MARTINE; SCHENSUL, 2013). Ou seja, enquanto os países ricos são aqueles que mais consomem, mais poluem e mais contribuem para as alterações climáticas, eles são os menos vulneráveis pelos males ambientais causados majoritariamente por eles mesmo. Enquanto isso, os países mais pobres, que são a grande maioria, além de não usufruir das benesses do desenvolvimento baseado no consumo e pouco contribuírem para os problemas

ambientais globais, são aqueles que mais sofrem com as consequências das mudanças climáticas. Trata-se de uma verdadeira distorção na divisão das responsabilidades socioambientais.

Nesse sentido, Fernandes e Philippi Jr (2017) destacam que a assimetria na apropriação dos recursos naturais e distribuição dos impactos ambientais, o que está relacionada às desigualdade geopolítica e econômica entre países do mundo, mostra o caráter de interdependência entre as escalas locais e globais. Ou seja, a exploração excessiva do meio ambiente tem gerado riqueza apenas para alguns e poucos, enquanto os efeitos colaterais danosos desses usos se distribuem para muitos, principalmente entre as populações dos países mais vulneráveis.

Esse contexto de desigualdade é abordado por Martinez-Alier (2001) e Ribeiro (2017) sob a perspectiva de Justiça Ambiental e/ou Socioambiental. Os autores entendem igualmente que as benesses do *modus operandi* do modelo de desenvolvimento econômico e os seus impactos ambientais e sociais deletérios não acontecem apenas de forma desigual entre os países, mas também de maneira injusta. Os países economicamente dominantes muitas vezes se apropriam dos recursos naturais dos países menos desenvolvidos e se aproveitam de mão-de-obra mais barata e regulamentações ambientais menos rígidas dessas populações para transferência de indústrias potencialmente mais poluidoras. Ou seja, há um deslocamento dos custos ambientais e uma distribuição ecológica injusta e conflituosa, o que deu origem ao conceito e movimento de justiça ambiental no mundo (MARTINEZ-ALIER, 2001). Ribeiro (2017), nesse sentido, teoriza que o conceito de (in)justiça ambiental é uma manifestação do processo de desigualdade social que ocorre na apropriação dos recursos ambientais (e vantagens dela decorrentes) promovido pelo sistema econômico e vem se mostrando como uma ferramenta analítica válida para entender e fazer frente à esse processo injusto e desigual.

Portanto, insurge um problema ainda maior e que extrapola questões puramente ambientais, englobando também aspectos democráticos e de justiça social: já que o planeta está dando sinais de colapso ambiental para sustentar o alto nível de consumo de apenas uma pequena parte da população mundial, é justo limitar ou até mesmo negar o acesso dos países subdesenvolvidos aos mesmos direitos de consumir, se desenvolver e sair da pobreza? Martine (2012) faz questionamento semelhante e afirma que essa situação é um verdadeiro dilema civilizatório.

Assadourian (2010) reflete sobre esse questionamento e afirma que são os países desenvolvidos que precisam mais urgentemente redirecionar seus padrões de consumo, pois o planeta não consegue lidar com os seus níveis elevados de consumo, bem como não se pode negar o acesso ao mercado consumidor aos subdesenvolvidos. Portanto, é de fundamental importância que as políticas e os acordos climáticos globais futuros identifiquem de forma justa os países que devem assumir a responsabilização da mitigação e adaptação às mudanças climáticas, bem como os encargos que cada uma delas devem suportar, considerando a contribuição para o problema e a capacidade de pagar (PAGE, 2008). Para se alcançar essa justiça ambiental, Ioris (2009) afirma que não bastam medidas de cunho puramente técnica-regulatórias, mas também devem ser incorporados mecanismos compensatórios, redistributivos e participativos entre os países, o que depende essencialmente de vontade e iniciativa políticas.

Em contrapartida, são inimagináveis as consequências ambientais e climáticas caso haja uma disseminação global dos mais altos padrões de consumo. Os países ditos como emergentes, especialmente a Índia e China, representam um potencial e enorme contingente populacional que está aumentando a sua renda e seus níveis consumo (MARTINE; TORRES; MELLO, 2012).

Para se ter uma ideia, segundo a Global Network Footprint⁵, a humanidade necessita hoje de 1,5 planeta⁶ para manter seu padrão de consumo, ou seja, o planeta já funciona sob déficit ecológico. Agora, se toda a população mundial possuísse apenas a metade do nível de consumo que os norte-americanos apresentam atualmente, seriam necessários pelo menos 5 planetas Terra. Obviamente, trata-se de um cenário insustentável. Esse resultado relativiza em certa medida os postulados malthusianos e os seus seguidores contemporâneos, os neomalthusianos, na medida em que fica claro que, mais do que a quantidade de pessoas, o real impacto da população no meio ambiente é de como elas vivem e consomem. Esse ponto será melhor debatido mais adiante.

Nesse sentido, fica exposto o profundo dilema a ser resolvido de como comungar com a população mais pobre do planeta o progresso social e econômico baseado no aumento consumo sem que isso gere necessariamente uma maior pressão sobre os recursos naturais e mais emissão dos GEE.

⁵ Disponível em <https://data.footprintnetwork.org>.

⁶ Para esse cálculo, dividiu-se a Pegada Ecológica per capita média mundial pela biocapacidade per capita média mundial.

Trata-se de um processo histórico, social e complexo o que fez com que as pessoas consumissem bens ou serviços por razões além de seu valor de uso básico e que fizesse isso se tornar um nobre valor em si para a sociedade, motivo pelo qual esse trabalho não pretende esgotar as análises antropológicas/filosófica/sociológicas possíveis a respeito desse tema. Para uma leitura mais aprofundada sob esse aspecto, recomenda-se Fernandes (2008), que analisou a racionalização da vida como um processo histórico sob o ponto de vista de diversos autores, desde a visão filosófica de Aristóteles acerca da razão, passando por Weber e autores da Escola de Frankfurt, até a autores mais contemporâneos. Com esse resgate teórico, o autor aglutina elementos para uma crítica à excessiva racionalidade econômica da sociedade moderna, concluindo que o modelo de desenvolvimento vigente reduz todas as dimensões humanas à algum tipo de relação ou raciocínio econômico. Deixa-se, assim, de ser um meio para se tornar o próprio fim, desvirtuando valores éticos e morais e as noções de progresso, bem-estar e felicidade.

Quanto à relação do homem e o consumo nesse contexto, Fernandes (2008) conclui que a mentalidade do consumidor opera apenas com noções de “mais” e de “menos”, perdendo a capacidade de assimilar o “suficiente”. Imposta pela racionalidade econômica que não concebe outros tipos de racionalidades, a falta de limites ao consumo e à produção terá como consequências o colapso da sociedade e à destruição irreparável da biosfera.

O fato é que em uma sociedade onde o consumo indefinido é essencial para o seu progresso econômico e para o sentimento de felicidade das pessoas, mas que para isso depende do uso e exploração de recursos naturais finitos e não-renováveis, é de se esperar que em algum momento o colapso ambiental e climático chegue de forma contundente e para todos, mesmo que de diferentes formas.

Se consideramos que esse tema trata, em última análise, até da própria capacidade de sobrevivência dos seres humanos e outras formas de vida na terra, cabe à sociedade se perguntar quais caminhos alternativos a seguir, caso haja algum. Como afirmado anteriormente, existem os estudiosos que presumem que a capacidade cognitiva, inventiva e intelectual dos humanos é o suficiente para a superação dos desafios futuros. No entanto, esse tipo de argumento parece estar muito escorado em sentimentos de otimismo e fé do que em evidências científicas propriamente ditas. Além disso, os problemas ambientais consequentes das mudanças climáticas globais são de dimensões que nunca foram enfrentados pela sociedade, justamente por envolver simultaneamente e

em escala global aspectos políticos, econômicos, culturais, sociais, ideológicos, civilizatórios, democráticos e religiosos.

Essa preocupação com o meio ambiente vem sendo cada vez mais debatida na sociedade e tentando ser incorporada nas pessoas desde as primeiras idades através dos meios educacionais, de modo que uma maior conscientização sobre a problemática ambiental esteja presente na sociedade. Excluindo a população negacionista e acientífica, praticamente não há contestação acerca da importância da inserção da educação ambiental entre as crianças desde os primeiros níveis de ensino. Essa prática vem produzindo as denominadas “gerações verde”, ou seja, pessoas que eventualmente têm uma maior conscientização das consequências ambientais dos seus atos. No entanto, o que alguns autores vêm verificando é que essa aparente maior consciência ambiental não necessariamente reflete em atos ecologicamente mais corretos, principalmente os relacionados ao consumo (BONERA; CODINI; MINIERO, 2020; BÜTTNER; GRÜBLER, 1995; INGLEHART, 1971). Esta contradição é um aspecto que esse estudo pretende explorar e se aprofundar com os resultados obtidos ao identificar os efeitos de coorte no consumo. Mas por hora, pode-se levantar a hipótese de que o consumismo é tão forte, enraizado e necessário nos valores da sociedade moderna (desde crianças), de modo que as pessoas continuam com esse modo de viver mesmo conscientes dos seus aspectos deletérios ao meio ambiente.

Talvez o que inspira mais esperança para um futuro não tão danoso é o crescimento da denominada economia verde ou ecológica. Esse novo paradigma econômico, apesar de ter em sua essência um aspecto adjacente sobre uma maior conscientização ambiental, não prende as suas atenções e esforços para a necessidade de novos hábitos de consumo mais sustentáveis. A maior promessa dos seus idealizadores/adeptos reside no emprego de tecnologias mais limpas e baseadas em meios de produção que utilizam recursos ambientais renováveis, como a energia solar e a eólica, com consequente diminuição na emissão dos GEE. O relatório da *Global Commission on the Economy and Climate* de 2018⁷, entidade composta por ex-chefes de governo e ministros das finanças, e líderes nas áreas de economia, negócios e finanças, é bastante otimista nesse sentido e afirma que uma nova era de crescimento econômico pode surgir propiciando simultaneamente um crescimento forte, sustentável, equilibrado e inclusivo, e isso se daria através da interação entre rápida inovação tecnológica, investimento em

⁷ <https://newclimateeconomy.report/2018/>

infraestrutura sustentável e maior produtividade dos recursos naturais. No entanto, o relatório destaca que para se alcançar esse objetivo, os investimentos necessários para essa ação precisam ser decididos e direcionados o quanto antes, referindo-se inclusive o momento da publicação como *“use it or lose it moment”*.

Em que se pese possíveis vieses, interesses particulares e otimismo deliberados das grandes incorporações e do setor privado, as tecnologias baseadas na geração de energia limpa, que utilizam fontes renováveis e com baixa emissão de GEE, são as grandes esperanças para o um futuro mais sustentável. No entanto, essas tecnologias para terem efetivamente resultados climáticos benéficos precisam ainda se desenvolverem tanto em escala como em eficiência para que não comprometam o crescimento econômico e os níveis de consumo desejados pelos países, principalmente os mais desenvolvidos.

Smil (2010) analisou todo o potencial de produção de energia de fontes renováveis considerando a área terrestre e as limitações de conversão de energia de cada fonte renovável. O autor concluiu que melhorias de eficiência através das inovações técnicas/científicas não resolverão o problema de energia da civilização atual, já que o agregado global de todas as fontes de energia renováveis propostas são menores do que o uso atual de energia no mundo, além de nenhuma dessas fontes energéticas estar disponível em densidades de potência suficientemente altas para fornecer os fluxos de alta energia exigidos pela civilização global existente.

Além disso, o mesmo autor, em um trabalho mais recente (SMIL, 2021), mostrou que não houve ganhos significativos no aproveitamento agregado das fontes de energia primárias para conversão em energia elétrica disponível nos EUA quando comparado à década de 1950. O autor explica esse cenário ponderando que, apesar de ter havido melhorias na eficiência dos conversores de energia individualmente, por uma questão de escala, o a eficiência de todo o sistema de geração de energia pode não melhorar, ou até mesmo piorar. O autor exemplifica que a eficiência média dos motores dos carros tem melhorado desde meados da década de 1970, e os voos tiveram ganhos de eficiência ainda mais impressionantes por passageiro-quilômetro. No entanto, o aumento da propriedade de carros, veículos mais pesados, voos muito mais frequentes e maiores distâncias percorridas por ano per capita explicam a sua ligeira queda de eficiência de 26 para 21% durante os últimos 70 anos. Em relação ao uso de energia das residências, viu-se um declínio na eficiência média de conversão, de cerca de 70% para 65%, já que os ganhos de aquecimento mais eficiente foram mais do que apagados pela adoção em massa do ar-condicionado. O autor conclui que este é um paradoxo comum que acompanhou o design

aprimorado de bens e maior eficiência de conversores de energia individuais: mesmo quando seu desempenho específico melhora, o desempenho geral piora.

Corroborando com o entendimento de que melhorias ambientais por meio do aumento da eficiência tecnológica são superestimados, Moses (2019) reconhece o aumento da eficiência energética nas últimas décadas na agricultura, por exemplo, que aumentou em 10 vezes a sua produtividade quando comparado há um século. No entanto, esse aumento foi viabilizado por um aumento de 90 vezes nos insumos energéticos - causado por maquinário agrícola movido por combustíveis fósseis, maior uso de eletricidade para irrigação e produção de fertilizantes. O autor conclui que quando considerada essa complexidade, “a história da eficiência vira de cabeça para baixo” (MOSES, 2019, p. 344). Dessa forma, muitas atitudes que foram tomadas para reduzir os impactos ambientais das atividades humanas, muitas vezes, tem seus efeitos minimizados por um incremento no gasto energético, no uso de recursos naturais, no consumo e no próprio impacto ambiental associado a essa atitude, fenômeno denominado como “efeito rebote” (HERTWICH, 2005).

Em mesmo sentido, Binswanger (2001) também afirma que muitas melhorias de eficiência demandam por mais recursos e energia, e muitas vezes um aumento na eficiência em 1% não causará uma redução no uso de recursos na mesma proporção, sendo possível, às vezes, causar até mesmo um aumento no uso de recursos. Curran e De Sherbinin (2004) exemplificam essa situação citando que todos os ganhos de energia nos setores de produção na economia dos EUA nas últimas décadas foram anulados pela compra de automóveis e uso de casas maiores pelas famílias. É o que Smil (2021) chamou de progredir regredindo.

Além disso, ainda não há uma grande vontade dos formuladores de políticas públicas para induzir esse processo, tendo enormes interesses econômicos ligados à indústria dos combustíveis fósseis, ressalvadas poucas exceções, como políticas de descarbonização dos veículos da Europa, apesar de que a geração de energia no continente dependa predominantemente de combustíveis fósseis, o que relativiza os ganhos potenciais com a transição para carros elétricos. Para se ter uma ideia dessa inação, devido ao crescente aumento dos subsídios ao consumo global de combustíveis fósseis nos últimos anos, a intensidade de carbono do sistema energético permaneceu inalterada entre 1990 e 2018 e de 2016 a 2018, o fornecimento total de energia primária a partir do carvão aumentou 1,7%, revertendo uma tendência de queda registrada anteriormente (WATTS *et al.*, 2019).

Romeiro (2012) propõe algumas diretrizes para o que ele denomina de economia ecológica e entre elas está o “crescimento zero”, que seria uma estabilização do crescimento econômico em taxas próxima a zero ou até mesmo negativas para que se caracterize como sustentável. Esta ideia foi anteriormente sugerida pelo famoso relatório “Limites do Crescimento”, produzido pelo Clube de Roma, que na época foi duramente criticado por reduzir a dimensão demográfica apenas ao crescimento populacional e por condenar os países pobres ao estado de pobreza eternamente (MELLO; HOGAN, 2007).

Romeiro (2012), nesse sentido, também elenca dois grandes desafios para se chegar no crescimento zero: primeiro de ordem econômica, qual forma seria possível estagnar o crescimento sem gerar crise, gerar emprego, diminuir a desigualdade e estimular as inovações tecnológicas. O segundo e maior desafio, do qual dependeria a legitimidade do primeiro, seria combater as expectativas de consumo em sociedades de consumo. Nesse caso, seria necessário certa dose de coletividade e altruísmo da população para rever e restringir os seus hábitos de consumo, o que parece pouco provável, pelo menos a curto e médio prazo.

De uma forma geral, percebe-se que existe uma lacuna na maioria das pesquisas e propostas sobre a interface entre a economia e o meio ambiente, pois é dado enfoque demasiado no impacto ambiental da produção, suas emissões e da sua demanda por ativos ambientais, negligenciando que a produção pressupõe o consumo. Em outros termos, tanto os formuladores de políticas públicas como a literatura científica dão muito mais importância aos métodos e tecnologias de produção do que aos padrões de vida e de consumo. Experiências de regulação do consumo de energia na esteira das crises do petróleo demonstraram que o aumento da eficiência tecnológica tendeu a ser compensado pelo aumento da demanda por energia. O aquecimento global, em particular, é um problema difícil de se lidar apenas por meio de melhorias tecnológicas, de modo que é imperativa a necessidade de olhar além da produção (RØPKE, 2005). Ainda segundo esse autor, a própria ONU, através de sucessivos relatórios e programas que teve como tema padrões de vida e consumo, embora reconhecesse nos documentos a relevância de se discutir o estilo de vida da sociedade moderna, muito enfatizou que “o consumo sustentável não se tratava de renunciar a nada, mas apenas de proporcionar o conforto de forma mais eficiente” (RØPKE, 2005, p. 3).

Princen (2001) faz uma interessante reflexão sobre esse aspecto e destaca que existem duas abordagens analíticas e políticas para os problemas ambientais contemporâneos. A primeira se refere aqueles que consideram as práticas de exploração

dos recursos naturais como dadas e focam as suas atenções às melhorias marginais na produção, como ganho de eficiência energética e melhorias ambientais. Esse é o pensamento, que ele denomina de “ângulo na produção”, predominante nas ciências sociais que se propõem a reflexões econômicas. Já a segunda abordagem sugere que as práticas atuais de consumo são insustentáveis, que melhorias marginais não são suficientes para resolver o problema e buscam formas alternativas de organização social. O autor, como conclusão maior do trabalho, afirma que o “ângulo de produção” ignora as questões de irreversibilidade dos danos ambientais e propõe uma alternativa, o qual denomina de “ângulo do consumo”, que é o define da seguinte maneira:

[...] é um meio de repensar como os humanos se relacionam com a natureza. É uma forma de, na verdade, limpar a lousa no que diz respeito de como analistas, formuladores de políticas e cidadãos entendem a organização social para o uso de recursos. Ele põe de lado, ou volta às origens, o modelo econômico neoclássico e pergunta qual modelo teria sido mais útil dada a restrição ecológica, dada a falta de fronteiras infinitas e dada a incapacidade de encontrar um substituto técnico para tudo, do petróleo à camada de ozônio. O ângulo do consumo não apenas permite a consideração do mundo inteiro, condições ecologicamente restritas, mas coloca o funcionamento do ecossistema na frente e no centro (PRINCEN, 2001, p. 14).

No entanto, a realidade que grande parte da literatura e da sociedade não quer ou não consegue enxergar é que, mesmo com o ganho através da incorporação de meios de produção mais sustentáveis e menos poluentes, o aumento do consumo em larga escala impede que qualquer benefício propiciado com adoção de práticas ambientalmente mais corretas reflita em menor impacto agregado no meio ambiente. Romeiro (2012) afirma que mesmo com o advento da economia verde, que promete adoção de práticas de produção mais limpas, não haverá implicações significativas em diminuir os efeitos antrópicos no meio ambiente se não houver uma alteração no estilo de crescimento econômico e nos padrões de consumo, principalmente em sua forma mais extremada.

Em outros termos, tem-se visto que as respostas da sociedade aos problemas ambientais concentram-se principalmente no lado produtivo das atividades econômicas: tecnologias inovadoras para extração de matérias primas, geração e fornecimento de energia e processos de manufatura. Mas os fatos mostram que os ganhos ambientais significativos só podem ser alcançados se houver mudanças no lado da demanda, especialmente nos padrões de vida mais elevados e no desejo das pessoas de consumir produtos e serviços. Uma sociedade sustentável não pode ser realizada sem uma mudança fundamental nos padrões de consumo (LIU, JINGRU; WANG; YANG, 2005).

Diante de todo o exposto, é pertinente fazer a seguinte pergunta, mas que ainda não há resposta clara e contundente na literatura: há ainda uma alternativa de modelo de desenvolvimento para a sociedade que considere as três dimensões contempladas no conceito do desenvolvimento sustentável (social, econômico e ambiental)? Segundo Martine e Alves (2015), aparentemente não se a sociedade continuar a atrelar seu crescimento econômico e seus valores ao contínuo e crescente consumo. Os autores inclusive enfatizam que os três valores inerentes ao desenvolvimento sustentável passaram de ser o tripé do conceito para ser um verdadeiro trilema. Ou seja, o crescimento econômico, desenvolvimento social e a sustentabilidade ambiental são três dimensões mutualmente excludentes em uma sociedade de consumo que é sustentada por uso insustentável de recursos naturais não renováveis e crescente aumento dos gases do efeito estufa.

1.2 Inserção da demografia nos estudos ambientais: consolidação da relação população-consumo-ambiente

A busca pelo entendimento da relação entre a população e o meio ambiente é de longa data. Apesar de Cohen (2002) afirmar que há registros de que essa relação causa inquietação desde da época antes de Cristo, considera-se certo pioneirismo do economista inglês Thomas Malthus entre os autores que propuseram uma relação conflituosa entre homem e natureza, o qual no final do século 18 postulou que a desordem e o colapso sociais seriam ocasionados por um crescimento populacional muito além da capacidade de produção de alimentos e da disponibilidade de recursos naturais, o que levaria à fome e carestia da população (MALTHUS, 1798).

Esse ensaio não marca apenas os esforços científicos para estudar a relação P-A, mas também o próprio campo da demografia (BARBIERI, 2013; HOGAN, D., 2007a; MELLO; SATHLER, 2015). Nesse sentido, pode-se afirmar que a demografia nasce sob a égide de uma relação mais ampla entre a população, desenvolvimento e meio ambiente, sob uma perspectiva de preocupação com o crescimento populacional e que foi decisiva não apenas no direcionamento dos estudos populacionais, mas também para uma vasta gama de áreas de estudos que em certa medida se preocupam nessa temática, como economia, sociologia, entre outras. Como bem afirmam Hogan, Marandola Jr. e Ojima (2010), as ideias de Malthus tiveram tanta relevância na sociedade de modo que elas foram

determinantes no delineamento das políticas de população nos dois últimos séculos, sendo verificadas, entretanto, variações do seu alcance ao longo das décadas.

No entanto, apesar de ser possível apreender certa coerência entre os contextos macroeconômico e demográfico vivenciados por Malthus a época e os seus postulados (BARBIERI, 2013), o fato é que, passados mais de dois séculos, a história não testemunhou as suas previsões. O que foi observado é que o homem, através do desenvolvimento tecnológico, sempre conseguiu até o momento produzir a quantidade de alimentos necessária para alimentar toda a população mundial (LAM, 2011), considerando aqui apenas em termos de volume e não aspectos relacionados a desigualdade de acesso à comida, que é o que faz com que exista ainda 1 em cada 10 pessoas do mundo que não tem a comida suficiente para garantir uma vida saudável (FAO, 2021).

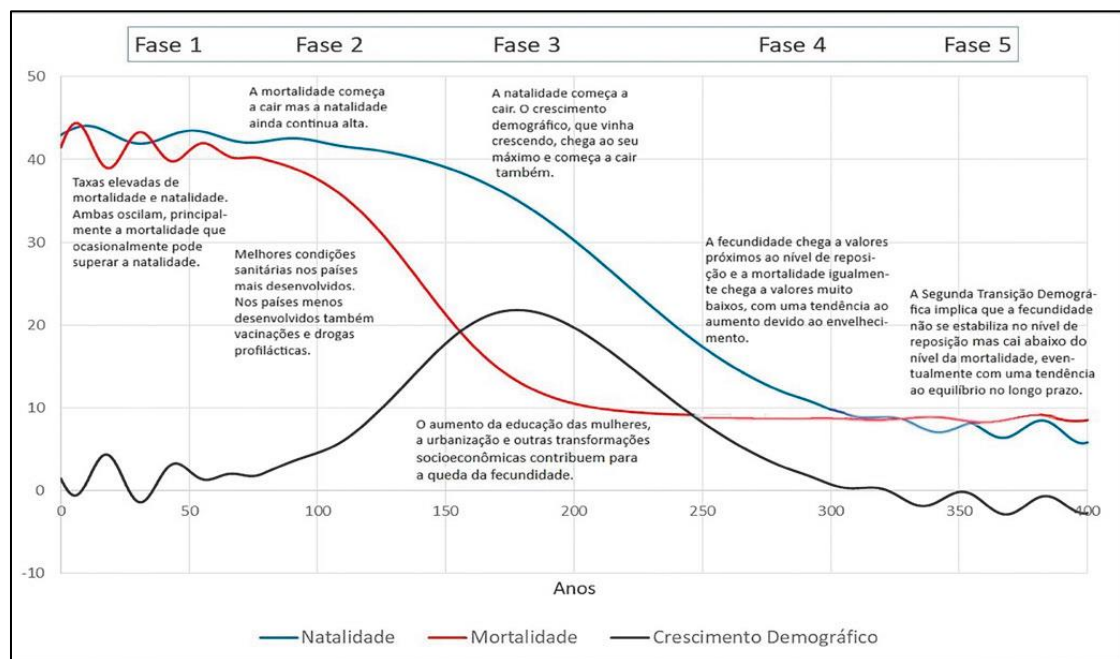
Além disso, outra falha na previsão de Malthus foi que a população não vivenciou um processo indefinido de crescimento. Como consequências das transformações associadas à modernização, industrialização e urbanização das sociedades, foi verificada uma mudança nos regimes demográficos, cuja principais consequências são a diminuição do crescimento populacional e o envelhecimento populacional (WONG; CARVALHO, 2006).

A Teoria da Transição Demográfica explica de que forma se deu esse processo, como altas taxas de mortalidade e fecundidade nas sociedades pré-industriais passaram para baixos níveis nas sociedades urbanas e modernas (LEE, 2003). Comumente, se divide o comportamento padrão da transição demográfica em 5 fases (Figura 1), variando apenas em termos de intensidade entre os países (FOZ, 2021): 1º) a primeira fase refere-se ao momento pré-transicional, com a mortalidade e fecundidade estando em níveis muito elevados e o crescimento da população sendo muito pequeno; 2º) a segunda fase é caracterizada pela queda da mortalidade devido às melhorias das condições sanitárias, descobertas médicas e melhores condições de habitação, higiene nutrição, enquanto que a fecundidade permanece em níveis elevados, o que faz com que a população apresente neste momento elevadas taxas de crescimento; 3º) a terceira fase é marcada pela continuidade da queda da mortalidade e pelo início da queda da fecundidade, que teve como principais causas a urbanização da população e a emancipação feminina através da maior escolaridade das mulheres e a sua inserção no mercado de trabalho, além de outras mudanças nos valores sociais de uma população urbana; 4ª) nessa fase, tanto a mortalidade e a fecundidade tendem a se estabilizar em valores muito baixos, levando

com que o crescimento populacional seja muito pequeno, assim como no início da transição; 5) a última fase, o que alguns autores denominam também de 2ª transição demográfica, é caracterizada por uma estabilização da fecundidade em um nível muito baixo, menor do que seria necessário para repor a população entre as gerações, o que garante que a população decresça a longo prazo.

No Brasil, especificamente, o final da 1ª fase deflagra-se entre as décadas de 1940 e 1960 com o rápido declínio de mortalidade. O final da 2ª fase e início da 3ª, caracterizado pelo início do declínio da fecundidade, se deu ao final da década de 1960. Acredita-se que o país esteja vivenciando atualmente os últimos momentos da 3ª fase e já sendo observado características da 4ª e 5ª fases em algumas regiões brasileiras, notadamente o Sul e Sudeste.

Figura 1 – Representação gráfica do processo de Transição Demográfica



Fonte: FOZ (2021)

São muitos detalhes a serem discutidos e inerentes ao processo de transição demográfica, mas não é um intuito deste trabalho fazer isso. Para uma compreensão mais completa dessa teoria, recomenda-se a leitura dos seus primeiros proponentes (CALDWELL, 1976), para uma descrição mais genérica de como ela ocorreu ao redor do mundo e suas principais consequências (LEE, 2003), para o caso específico da transição demográfica no Brasil (BRITO, 2007; RIOS-NETO, E. L. G., 2005; WONG; CARVALHO, 2006) e sobre a segunda transição demográfica especificamente - ou a 5ª fase da transição (LESTHAEGHE, 2010; VAN DE KAA, 2002).

Das conclusões de todos estes trabalhos, o que merece ser destacado é que existe um momento da transição em que os países vivenciam um grande crescimento demográfico (quando a mortalidade cai e a fecundidade continua alta), mas que terminado o processo as populações apresentam invariavelmente as seguintes condições: aumento da longevidade; envelhecimento populacional, que significa o aumento da participação da população idosa; e crescimento populacional muito baixo, nulo ou negativo. Essas são as consequências esperadas e decorrentes ao final das quatro primeiras etapas da transição demográfica citadas anteriormente, denominada também de 1ª Transição Demográfica.

Em relação à 5ª fase da transição ou Segunda Transição Demográfica – STD, cabe detalhá-la um pouco mais dada a sua importância para a unidade de análise deste trabalho, que é as famílias/domicílio. A SDT é um processo decorrente da primeira transição e está associada à continuação da queda da fecundidade, mantendo-se permanentemente abaixo do nível de reposição, crescimento negativo, aumento da diversidade de uniões e arranjos familiares, desconexão entre casamento e procriação e aumento dos divórcios (LESTHAEGHE, 2010; VAN DE KAA, 2002). Ou seja, a SDT tem como cerne as mudanças que estão ocorrendo nas famílias e nos domicílios, sendo caracterizado por novos padrões de união conjugal, heterogeneidade na formação e arranjos das famílias e mudanças no comportamento reprodutivo.

As explicações para os comportamentos que levaram à SDT são diferentes daquelas que foram utilizadas na primeira transição demográfica. A queda da fecundidade na primeira transição é motivada pela valorização da qualidade da criação dos filhos em detrimento da quantidade da prole, através de um enorme investimento sentimental e financeiro, além das conquistas das mulheres no que se refere à maior escolarização e inserção no mercado de trabalho. Já a motivação da continuidade da queda da fecundidade durante a SDT é marcada pela individualização do adulto, caracterizada pela priorização da autorrealização e da busca pela realização pessoal (LESTHAEGHE, 2010; VAN DE KAA, 2002). Como bem sucinta Silva (2008), na SDT os filhos são ainda importantes, mas não estão mais no topo das prioridades do casal, dando lugar às preocupações e aos desejos de autorrealização.

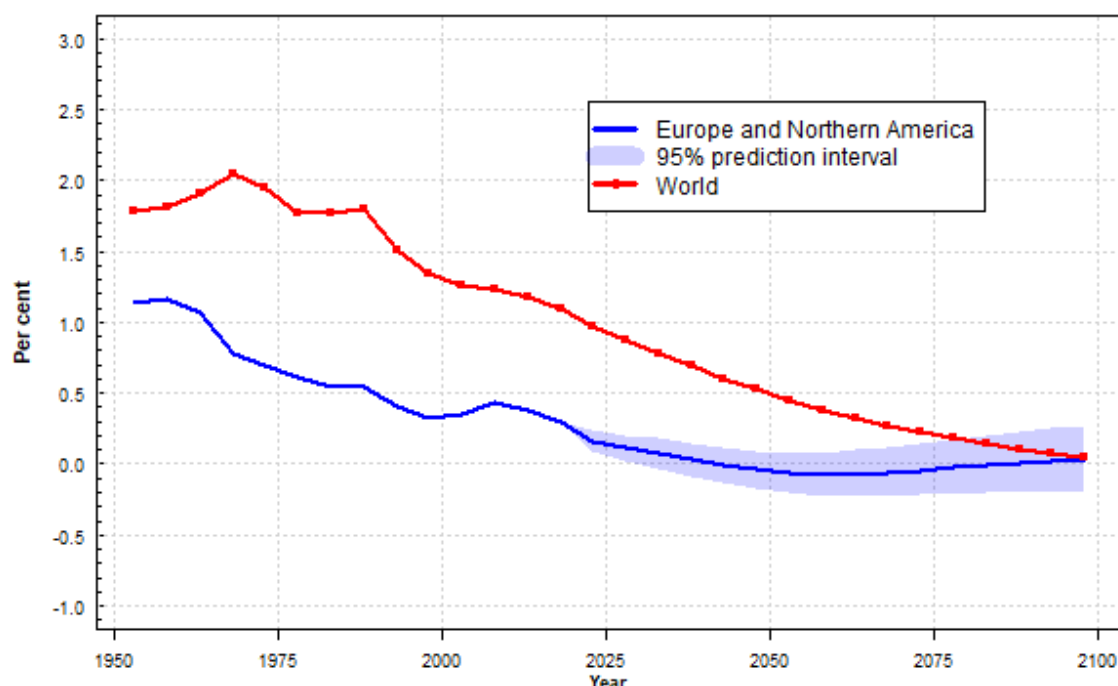
Uma das grandes características da SDT é o seu impacto nas famílias, alterando a sua estrutura, seu comportamento e aspirações. De fato, uma característica marcante nesta fase é a desinstitucionalização da família nuclear, mudando dramaticamente a sua estrutura e função social, que é, tradicionalmente, a principal unidade de parentesco no mundo desenvolvido (BUZAR; OGDEN; HALL, 2005). Enquanto na primeira transição

demográfica a família tornou-se uma instituição mais forte, o enfraquecimento do modelo nuclear foi considerado característica na SDT.

Portanto, além do envelhecimento populacional e diminuição das taxas de crescimento decorrentes da primeira transição, os países ao vivenciarem a STD começaram a apresentar uma diminuição do tamanho médio das famílias e uma maior heterogeneidade nos arranjos e composições domiciliares.

Os países mais desenvolvidos, em especial os europeus e os da América do Norte, que foram aqueles que vivenciaram primeiramente a transição demográfica e já concluíram o processo, apresentam taxas de crescimentos muito baixas ou até negativas, segundo as estimativas e projeções populacionais das Nações Unidas (Figura 2). Alguns países, como Portugal, Espanha e do leste europeu já apresentam decréscimo populacional.

Figura 2 – Estimativas e projeções da taxa anual média de crescimento populacional da Europa e da América do Norte, 1950 – 2010.



Fonte: Nações Unidas, Divisão de População. Projeção da População Mundial – Revisão 2019.

Disponível em: <https://population.un.org/wpp>

Desse modo, segundo a lógica do pensamento malthusiano, o incremento populacional cada vez menor, tendendo a taxas muito próximas de zero, deveriam ser

acompanhadas de um arrefecimento na pressão sobre os recursos naturais. No entanto, o que se viu foi justamente a relação inversa (MELLO; HOGAN, 2007). Ou seja, enquanto grande parte dos países apresenta uma diminuição no crescimento populacional, a demanda por recursos naturais e alterações no meio ambiente e no clima advindas destes países foi crescente. Portanto, a relação entre volume populacional (ou taxa de crescimento demográfico) e pressão no meio ambiente não se mostrou tão linear e direta como supunha Malthus (HOGAN, D.; MARANDOLA; OJIMA, 2010; MODESTO, 2011).

Apesar disso, o pensamento malthusiano nunca deixou de ter lugar cativo nos estudos ambientais, ganhando maior destaque em momentos históricos específicos. Assim foi durante a década de 60 e 70, quando eclodiu a preocupação ambiental no debate público, conforme discutido anteriormente. Durante esse período, vários dos países menos desenvolvidos, como o Brasil e os da América Latina, começaram a viver o período da transição demográfica e apresentaram altas taxas de crescimento demográfico (WONG; CARVALHO, 2006). Essa coincidência histórica entre o aumento da disseminação das questões ambientais ao redor do mundo e o rápido crescimento demográfico dos países menos desenvolvidos formou um contexto perfeito para o recrudescimento do pensamento malthusiano e essa foi a resposta predominantemente utilizada pela demografia quando instigada a contribuir com o debate (OJIMA, 2011). Nesse sentido, Hogan (2007b, p. 37) afirma “quando a questão ecológico-ambiental ou a questão dos limites ao crescimento aflorou na década de setenta, a demografia (ou uma parte dela) teve uma resposta à mão. A visão malthusiana está sempre presente”.

Os neomalthusianos, como eram chamados os autores que encamparam os argumentos de Malthus no debate ambiental durante a segunda metade do século passado, produziram trabalhos que tiveram grande repercussão e penetração na sociedade. D’Antona (2017) elenca algumas dessas obras que causaram grande impacto na época: o livro *Population Growth and Economic Development in Low-Income Countries* de Coale e Hoover (1958); o livro *The Population Bomb* de Paul Ehrlich (1968) e o Relatório *The Limits to Growth* do casal Meadows e colegas (1972).

Todos esses trabalhos marcaram o ressurgimento do argumento que um rápido crescimento demográfico seria uma força impeditiva para o desenvolvimento econômico, já que haveria uma oferta de recursos naturais cada vez menor para suprir uma demanda cada vez maior por parte de uma população crescente. Com esse argumento, os autores responsabilizaram em certa medida os países de baixa renda e menos desenvolvidos, que

vivenciavam o ápice do seu crescimento populacional, pelos problemas ambientais constatados pela comunidade científica.

Essa lógica foi predominante inclusive na análise do consumo da população. Como destacado no tópico anterior, a partir das décadas de 60 e 70 o consumo sempre esteve colocado nos relatórios e estudos ambientais como um dos principais intermediadores na relação entre o homem a natureza, atribuindo à maior demanda por recursos naturais os danos ao meio ambiente e as mudanças climáticas globais. No entanto, essa forma de compreensão do consumo e de como ele aumentou ao passar do tempo não foi aprofundada além de uma concepção malthusiana. Ou seja, as análises que versavam sobre consumo não ultrapassavam o argumento raso de que o seu aumento se daria predominantemente devido ao crescimento populacional. (CRAICE, 2012; MELLO; SATHLER, 2015)

Contudo, o que os autores neomalthusianos não previram, assim como o próprio Malthus, foi que o rápido crescimento populacional observados por estes países compõe um momento específico e passageiro da transição demográfica a qual vivenciavam. O transcorrer da história mostrou que muitas destas nações, como o Brasil, já completou ou está em vias de completar a transição demográfica e já apresentam taxas de crescimento muito baixas. Ou seja, o aumento do consumo e agravamento das condições ambientais e climáticas observado atualmente não pode ser atribuído ao crescimento populacional da forma como foi propagado.

Além disso, o fato observado é que as populações que exercem as maiores pressões sobre os recursos naturais são justamente àquelas que apresentam as menores taxas de crescimento populacional (SATTERTHWAITE, 2009), o que contradiz defronte ao postulado por Malthus. Segundo o autor, a África Subsaariana foi responsável por muito pouco do crescimento das emissões de CO₂ entre 1980 e 2005, mesmo tendo crescido 18,5% no mesmo período. Em contraste, a América do Norte foi responsável por cerca de 4% do crescimento populacional e por 14% do crescimento das emissões de CO₂.

Entretanto, mesmo com a constatação fáctica de que as ideias de Malthus e seus contemporâneos não se confirmaram, o fantasma do *boom* populacional foi plantado de forma profunda na consciência da sociedade, de modo que o faz ainda muito presente tanto no senso comum como em produções científicas. Vide as notícias jornalísticas quando se alcança um número significativo de habitantes, como os 7 bilhões de pessoas no mundo em 2011, ou publicações em prestigiosos periódicos, como o *Lancet*, que

estabeleceu implicações positivas ao meio ambiente decorrente da redução populacional (VOLLSET *et al.*, 2020). Outro exemplo é Pham, Huynh e Nasir (2020), que só na base Scopus foi citado 98 vezes e apresenta um FWCI⁸ de 8,61, onde os autores linkam um maior impacto e degradação ambiental a um suposto aumento populacional na Europa, reduzindo a relevância da dinâmica demográfica e seu impacto no meio ambiente apenas ao tamanho da população e sem praticamente fazer nenhuma ressalva quanto às outras dimensões populacionais e padrões de consumo.

Pode-se dizer, portanto, que entre os demógrafos não há mais contestação acerca da refutação de um iminente *boom* populacional ou explosão demográfica, mas o mesmo não se verifica nos estudos e relatórios ambientais e de áreas afins, onde ainda persiste certo traço malthusiano (DE MELLO; SATHLER, 2015; JIANG; HARDEE, 2011). Esse esforço para se distanciar das abordagens malthusianas reducionistas e a inclusão de outras dimensões da dinâmica demográfica na relação P-A são marcas dos estudos demográficos recentes e especializados à temática tanto no Brasil (MARANDOLA; HOGAN, 2007), como na literatura internacional (D'ANTONA, 2017). Isso explica o porquê da maioria das publicações da área da demografia ambiental no Brasil sempre menciona essa questão como uma forma justificar a pertinência do trabalho.

Para se evitar injustiças e generalizações imprecisas, é preciso ponderar que, apesar de significativos avanços na literatura sobre esse aspecto, existem certos diferenciais quanto à aderência ao discurso malthusiano entre as grandes áreas da ciência que propõem em dialogar com a temática de P-A. Como já afirmado, na demografia ambiental a armadilha do fácil discurso malthusiano já foi superada, bem como em parte da sociologia ambiental. Contudo, o mesmo não vem sendo observado nos estudos de economia ambiental e/ou ecológica, por exemplo.

Como argumento final para consolidar o entendimento sobre a inadequação do pensamento puramente malthusiano para as questões ambientais atuais, tem-se a constatação da seguinte realidade e que chega a ser até irônica para Malthus: a civilização conseguiu se sustentar, se suprir e se desenvolver em contextos de alto crescimento demográfico; contudo, é justamente em um contexto demográfico de estabilização ou diminuição do tamanho da população (mas que consome de forma crescente e desenfreada) que o planeta Terra dá sinais de colapsos ambientais irreversíveis. Portanto,

⁸ O Field-Weighted Citation Impact (FWCI) é uma métrica que mostra quão bem citado é o artigo quando comparado a trabalhos semelhantes. Um valor maior que 1,00 significa que o artigo é mais citado do que o esperado de acordo com a média.

Malthus acertou quanto ao colapso ambiental e quanto a origem da sua causa, a população. Contudo, errou em sua dimensão, que não se deu através do volume ou do crescimento demográfico, mas sim do consumo e do modo de viver da população. Ou seja, não se trata apenas de uma questão de mais pessoas, mas essencialmente de quanto e como eles consomem.

De toda forma, não desconsideramos totalmente a relevância do volume populacional no debate ambiental. Em um cenário hipotético onde todas as pessoas do mundo tenham as mesmas condições e intensidade de consumo e que outras variáveis que o influenciam se mantenham constantes, é claro que o nível do consumo vai aumentar se essa população crescer, um efeito de escala puro. No entanto, a crítica feita por quase toda a literatura da demografia ambiental e endossada por este trabalho é que a hegemonia da concepção malthusiana nos estudos ambientais turva o debate de modo que dificulta a inserção de novas abordagens e concepções sobre o tema. Hogan (2007b) ressalta esse aspecto ao afirmar que uma corrente de estudos que adote outros fatores na interação entre população/ambiente/desenvolvimento e que reconheça que a pressão demográfica é apenas mais um fator contributivo nessa relação abre espaço para uma análise sociológica e holística mais apropriada.

Dando como superada essa barreira, a literatura da demografia ambiental começou a se questionar quais outros fatores demográficos são relevantes para a degradação ambiental. Em outros termos, de que forma a dinâmica demográfica pode potencializar ou amenizar as mudanças climáticas globais em um cenário de estabilidade do crescimento populacional (OJIMA, 2011; ZLOTNIK, 2009). O meio encontrado pela Demografia para responder essa pergunta foi direcionar sua atenção ao consumo da população. Com isso, o questionamento recorrente na literatura foi de que maneira mudanças na dinâmica demográfica interfere nos níveis e padrões de consumo, dada a sua importância singular na questão ambiental. Assim nasceu a recente linha de pesquisa da demografia ambiental denominada População-Consumo-Ambiente (P-C-A).

Uma extensa lista de autores nacionais e internacionais começaram a levantar hipóteses de que maneira mudanças na dinâmica demográfica poderiam interferir no consumo agregado da população, como Mello (2009); Hogan, Marandola Jr. e Ojima (2010); Martine, Torres e Mello (2012); Ojima (2012); Mello e Hogan (2007); Modesto (2011); Ojima (2011); Martine (2009); D'Antona (2011), Johansen *et al.* (2018) Curran e Sherbinin (2004); Liddle (2011); Liddle e Lung (2010), Satterthwaite (2009), Pebley (1998). Todos esses autores convergem quanto a importância de entender a variação do

consumo a partir de outras dimensões demográficas, como diminuição da fecundidade, envelhecimento populacional, nupcialidade, divorcialidade, tamanho e composição familiar dos domicílios, urbanização e movimentos migratórios. Estudos mais recentes, como Wu *et al* (2021), Estiri e Zagheni (2019) e Diógenes e Ojima (2020), confirmam a pertinência dessa agenda de pesquisa, de modo que seu esgotamento ainda não pode ser cogitado.

Além de uma discussão teórica, já há uma série de estudos que mostra fortes evidências do impacto desses fatores da dinâmica demográfica sobre o nível e padrão de consumo da população, especialmente os relacionados as mudanças da estrutura etária e das composições dos domicílios. Esses efeitos dizem respeito à Teoria do Ciclo de Vida, que teoriza que vários tipos de comportamento, dentre eles o do consumo, são em parte determinados pelos diferentes níveis ou fases do ciclo de vida das pessoas e das famílias. (PERZ; WALKER; CALDAS, 2006; TUNG, 2011; VANWEY *et al.*, 2004).

Esse efeito da idade (ou da fase ciclo de vida ou da estrutura etária da população) no nível e padrão de consumo das pessoas pode ser explicado pelas mudanças biológicas e sociais inerentes ao processo de envelhecimento dos indivíduos, o que acarreta mudanças nas necessidades de consumo de bens e serviços ao longo do ciclo de vida. Esse justificativa é bastante plausível ao comparar as diferentes formas de consumo de uma criança de 5 anos, de um jovem de 20 anos, de um adulto de 50 anos e de um idoso de 80 anos.

O trabalho de Zagheni (2011), por exemplo, traçou o perfil e nível de consumo nos EUA de diversos produtos conforme a idade do indivíduo. Ele verificou que o consumo alguns bens, como gasolina e roupas, tem o seu pico entre os 50 anos. Já o consumo de gás-natural é crescente durante a vida. Como *proxy* de consumo, o autor estimou a emissão de CO₂e verificou que a maior intensidade de emissão se dá por volta dos 70 anos e concluiu que, mantendo todas as outras variáveis constantes, a mudança da estrutura etária esperada para o Estados Unidos nos próximos 40 anos contribuirá com o aumento da emissão do GEE.

Liddle e Lung (2010), ao analisar as emissões de carbono decorrentes do uso de transporte e energia residencial por faixas etárias da população para um conjunto de países desenvolvidos, verificaram que o impacto ambiental da população difere consideravelmente entre os grupos de idade, com as faixas etárias mais velhas exercendo uma influência negativa no meio ambiente. Em mesmo sentido, utilizando dados da

Alemanha e da Índia, Lee e Mason (2013) demonstraram o aumento do consumo *per capita* ao passar das idades.

Utilizando dados que um painel de 25 países da OCDE durante o período de 1970 a 2000, Menz e Kühling (2011) concluíram que populações com uma baixa proporção de jovens e uma alta proporção de idosos emitem mais dióxido de enxofre. Diógenes e Ojima (2020) chegaram a conclusões semelhantes utilizando dados do Brasil. Os autores verificaram que quanto mais velha for a composição do domicílio (indicada pela idade do chefe do domicílio), maior é o consumo *per capita* de energia elétrica da unidade domiciliar, demandando assim por mais recursos naturais. Conclusão semelhante para o Brasil foi obtido por Gragnolati *et al* (2011). Abrahão e Souza (2021), por sua vez, verificaram que o crescimento do consumo de energia elétrica residencial no Brasil acontece até os 59 anos, com posterior declínio.

Utilizando dados da França, Lengart, Lesieur e Pasquier (2010) verificaram que a emissão de CO₂ por euro gasto por domicílio aumenta gradativamente até a faixa etária de 50 a 59 anos da pessoa de referência pela residência, mantendo relativamente esse pico nas idades seguintes. Os autores justificam esse aumento da intensidade de emissão de CO₂ ao longo da vida devido ao aumento relativo com a idade dos gastos relacionados alimentação e habitação (incluindo despesas de aquecimento) no orçamento das famílias - dois itens com elevado teor de CO₂.

O'Neill e Chen (2002) concluíram que o uso de energia residencial nos Estados Unidos aumenta consistentemente com a idade do chefe do domicílio, enquanto o uso de energia para transporte atinge um pico na idade de 51-55 anos e depois cai para níveis muito baixos nas idades mais avançadas. Ainda para os EUA, Tonn e Eisenberg (2007) e Estiri e Zagheni (2019) chegam a conclusões semelhantes ao afirmarem que o consumo de energia residencial aumenta ao longo da vida.

Um outro aspecto que ajuda explicar o comportamento do consumo por idade faz referência à suposição de que a renda e o acúmulo de capital do agregado familiar são crescentes ao longo do seu ciclo de vida, o que propicia com que o consumo cresça de forma consistente com a idade (DEATON, A. S., 2018). No entanto, em alguns estudos, como em Diógenes e Ojima (2020) e em Abrahão e Souza (2021), apresentaram queda ou estabilidade no consumo de itens específicos nas últimas idades, essencialmente após a aposentadoria. Essa forma quase corcunda do consumo nas últimas idades pode ser explicada por uma queda ou manutenção da renda pós aposentadoria ou pode ser um efeito de coorte, já que, como argumenta Deaton (2018), espera-se em determinados

contextos de desenvolvimento uma menor riqueza acumulada ao longo da vida dos idosos quando comparada com a coortes mais novas. Esse autor, inclusive, traz uma sólida discussão sobre elasticidade renda x consumo considerando os perfis de idade e de coorte, além de apresentar algumas dificuldades no uso de dados de renda, poupança e consumo das famílias, especialmente entre os idosos. Ele ainda pondera que muitas famílias deixam de existir como unidades independentes antes mesmo de o chefe atingir os 70 anos, por exemplo, seja devido à morte ou porque os idosos tendem a viver com os filhos. Nesse sentido, é razoável imaginar que as famílias mais ricas são mais propensas a sobreviver como unidades independentes, o que contribui para que os perfis de renda (logo, consumo) sejam ascendentes na medida em que aumenta a idade. Ou seja, pode haver uma seleção ou viés por idade das famílias.

Além disso, conforme enfatizam Hawkins e Mothersbaugh (2010), mudanças no padrão de consumo podem não estar associadas apenas ao próprio processo biológico de envelhecimento, mas também a composição ou arranjo familiar, o que demonstra a importância da Segunda Transição Demográfica nos níveis e padrões de consumo. Isso significa que datas de casamento, nascimento de filhos, dissolução do casamento e saída dos filhos, por exemplo, podem também ser determinantes no perfil de consumo do domicílio. Para exemplificação, o consumo de uma família nuclear composta por um casal jovem e dois filhos pequenos tende a ser diferente de outra família com a mesma composição, só que mais envelhecida, como um casal idoso e os dois filhos adultos. Da mesma forma, duas famílias que apresentam uma mesma idade média entre seus membros, mas arranjos diferentes, podem apresentar distintas formas de consumo.

Outro processo associado as mudanças dos arranjos domiciliares é a diminuição do seu tamanho médio, ocasionando um efeito de escala no consumo dos domicílios (IRONMONGER; AITKEN; ERBAS, 1995; KISSINGER; DAMARI, 2021; MACKELLAR *et al.*, 1995). No caso da energia elétrica, por exemplo, o seu consumo *per capita* domiciliar tende a diminuir à medida que o número de pessoas aumenta já que a demanda por aquecimento, refrigeração e iluminação é compartilhada por todos em uma única residência. A tendência do número de pessoas por domicílio é ser decrescente conforme a família envelhece, com exceção das primeiras faixas etárias da idade adulta, que é geralmente a situação quando o indivíduo constitui um novo domicílio unipessoal ou um casal sem filhos e logo após isso, a família tende a ter mais pessoas com os nascimentos dos filhos durante as faixas etárias intermediária. No entanto, com o envelhecimento desse domicílio, os filhos também tornam-se adultos e tendem a

constituir novos domicílios, diminuindo, portanto, o número de pessoas. Os divórcios também são acontecimentos familiares que contribuem a diminuir o número de pessoas nos domicílios. Nesse contexto demográfico, pode-se ter o cenário de que “um divórcio pode ter mais impactos nas emissões do GEE do que um nascimento” (OJIMA, 2012).

A importância do tamanho do agregado familiar é enaltecida por Deaton (2018), o qual argumenta que dados de consumo por idade podem ser enganosos se não for levado em conta o tamanho da família conforme o seu estágio do ciclo de vida. Nesse sentido, ainda segundo o autor, é preciso fazer uma equivalência domiciliar para uma análise mais consistente e que a conversão dos dados de um consumo total para uma base de consumo per capita já ajudaria a ajustar os perfis de consumo por idade.

Em relação à composição dos domicílios, Mackellar *et al* (1995) verificaram que, entre os anos 1970-1990, o aumento do número de domicílios contribuiu mais do que o dobro quando comparado ao aumento do número de pessoas para o crescimento do consumo global de energia. Em mesmo sentido, Yu e Liu (2007), argumentando que as famílias com chefes divorciados são menores que as famílias com chefes casados, constataram que nos Estados Unidos, em 2005, as famílias divorciadas gastaram 46% e 56% a mais em eletricidade e água, respectivamente, por pessoa do que as famílias casadas. Além disso, as famílias dos EUA que experimentaram o divórcio usaram 42-61% mais recursos por pessoa do que antes de sua dissolução. Em um estudo mais abrangente, contemplando dados de emissão de CO₂ de 84 países durante 24 anos, Cole e Neumayer (2004) verificaram que um menor tamanho médio das famílias aumenta as emissões de CO₂.

Menz e Welsch (2012) corroboram nesse sentido ao verificarem que as pessoas nas faixas etárias intermediárias emitem menos CO₂ do que as pessoas mais jovens e mais velhas, sendo a razão mais provável as diferenças no tamanho das famílias. Ao encontro desse entendimento, Lengart, Lesieur e Pasquier (2010) afirmam o efeito de escala das mudanças do arranjos domiciliares afirmando que famílias maiores emitem mais CO₂ como um todo, mas as emissões *per capita* tendem a ser reduzidas pois elas têm mais oportunidade de compartilhar as emissões relacionadas ao consumo domiciliar.

Portanto, de uma forma geral e com base na literatura emergente sobre população-consumo-ambiente, já pode-se afirmar que há um forte acúmulo de evidências que permitem atestar que uma população mais envelhecida e com arranjos domiciliares com menor número de pessoas podem ocasionar um aumento no nível do consumo da população.

Desse modo, os efeitos sobre o consumo advindos dessas transformações demográficas, os quais denomina-se efeito de idade e da composição nos domicílios, podem exercer um impacto negativo sobre o meio ambiente e as mudanças climáticas globais, mesmo em um cenário pós transição demográfica, quando é característico um crescimento populacional pequeno, nulo ou até mesmo negativo (OJIMA, 2012).

Com base na bibliografia consultada para esse trabalho, percebe-se que a maior parte dos estudos que se propõe a objetivos correlatos considera algum dado de período e mensura o consumo a partir da idade do indivíduo ou estágio do ciclo de vida do domicílio. Ou seja, há uma maior atenção entre os pesquisadores da temática nos efeitos da idade sobre o consumo.

No entanto, o que ainda é muito pouco observado é o questionamento se esse consumo sofre efeitos também de período ou da coorte de nascimento. Em outros termos, é válida e escassa na literatura a seguinte indagação: o nível e o perfil de consumo de uma pessoa de 50 anos em 2020 são os mesmos ou semelhantes de uma pessoa também de 50 anos em 1990? De forma genérica, pessoas de coortes de nascimentos distintas possuem o mesmo comportamento relacionado ao consumo quando possuírem a mesma idade (mas em períodos distintos)? Esses eventuais diferenciais no consumo de duas pessoas de mesma idade em períodos distintos também não podem ser uma consequência do contexto do período em que se deu cada análise?

Esses questionamentos relativizam em certa medida os estudos que identificam apenas o efeito da idade no consumo das pessoas e levantam a hipótese de que mais fatores, como o período de análise e a coorte de nascimento, determinam o padrão e o nível de consumo das pessoas. Nesse sentido, torna-se imperativa uma análise mais abrangente para entender os efeitos conjuntos de idade, período e coorte e de que forma eles se relacionam simultaneamente sobre o consumo, o que será melhor discutido no tópico seguinte.

1.3 Efeitos de idade-período-coorte sobre o consumo

O consumo é uma variável multidimensional e está relacionado tanto aos aspectos mais individuais e particulares das pessoas, como também aos contextos sociais, culturais e econômicos em que elas estão inseridas. O papel do consumo no processo de desenvolvimento econômico, seus danos para o meio ambiente e de que forma ele está inserido na sociedade foram debatidos no tópico 1.1. A maneira com a qual a demografia

se inseriu nos estudos ambientais para melhor compreender o consumo foi discutido no tópico 1.2, com destaque para os argumentos e resultados dos estudos que concluem acerca dos efeitos da idade no consumo. Neste tópico serão discutidos os efeitos de outras dimensões que ainda são pouco exploradas na literatura de população-consumo-ambiente, os efeitos de coorte e de período (MENZ; WELSCH, 2012; YANG; LAND, 2008).

Quanto ao efeito de período, especificamente, este pode ser compreendido através dos diversos eventos que podem ocorrer em determinados anos ou período com potencial de mudar os hábitos e capacidade de consumo dos indivíduos, independentemente da sua idade ou coorte. São exemplos desses eventos: i) depressão econômica que reduziu a renda da população; ii) desastre ambiental que ocasionou prejuízos patrimoniais significativos; iii) épocas de conflitos armados e guerra; iv) políticas de isenção tributária em determinados produtos; v) políticas de distribuição de renda; vi) surgimento ou barateamento de determinada tecnologia. Evidentemente que os três primeiros exemplos são referentes a eventos com potencial para diminuir a capacidade de consumo da população, já os outros três exemplos produziram estímulo ao consumo.

Verificar o efeito do período se faz necessário para uma melhor identificação e compreensão dos efeitos da dinâmica demográfica no perfil de consumo de uma população. Por exemplo, quanto se deve ao período de análise um eventual aumento no nível de consumo de uma população entre dois períodos específicos? Será que no segundo período não houve um contexto econômico que favoreceu um consumo maior das famílias e das pessoas, tendo menos influência outras características demográficas, como a idade? Outro exemplo, quando verificada uma diminuição na intensidade de consumo da população de 50 anos entre 2000 e 2010, isso pode ser atribuído as diferenças de hábitos distintos entre essas duas coortes (efeito de coorte será melhor discutido mais adiante) ou aos períodos de análise, já que pode ter havido uma recessão econômica, conflito bélico, crise política ou uma pandemia no segundo período analisado que gerou uma diminuição da capacidade de consumo dessa população?

Os estudos que se propuseram a identificar os efeitos de período geralmente sugerem indicadores macroeconômicos como fatores determinantes. Wang *et al* (2013), por exemplo, utilizando dados da província de Guangdong da China, verificaram que o PIB *per capita*, a taxa de industrialização e a taxa de participação do setor serviço têm efeitos positivos nas emissões de CO₂; por outro lado, a taxa do balanço comercial em relação ao PIB tem efeitos negativos e inibitórios. Zhao *et al* (2018) sugeriram que a majoração em tributos específicos na China pode orientar os consumidores no sentido de

economizar energia, controlar o consumo de gasolina e reduzir as emissões de CO₂. Para dados dos Estados Unidos, Shahzad *et al* (2021) evidenciaram a existência de causalidade positiva entre complexidade econômica (indicador proposto pelos autores relacionado ao progresso econômico, nível de renda e exportações do país) e a pegada ecológica da população.

A conclusão geral desses estudos é que os macro-fatores econômicos, como crises, PIB, renda, emprego, inflação, carga tributária e comércio exterior, por exemplo, exercem forte influência no consumo de bens e serviços da população. Esses fatores econômicos, por sua vez, são cíclicos no modelo de desenvolvimento vigente, o que imputa um claro efeito de período (que pode ser considerado uma espécie de sazonalidade, nesse caso) nos padrões e níveis de consumo.

Como exemplo doméstico desse cenário, pode ser citada a primeira década do século XXI no Brasil, quando o país vivenciou um tempo de plena prosperidade econômica graças à uma série de fatores favoráveis (alto preço das commodities, políticas de distribuição de renda, aumento do emprego e da renda média, entre outros) que dinamizaram e impulsionaram a atividade econômica. Nesse período, mais de 12 milhões de famílias (o que corresponde a aproximadamente 40 milhões de pessoas) ascenderam à classe média entre 2003 e 2009 (NERI, 2019), o que fomentou a demanda e o consumo interno, especialmente de bens duráveis, e que, em certa medida, retroalimentava o próprio crescimento econômico.

Outro exemplo de período que afeta o consumo é o que o mundo enfrentou nos anos de 2020 e 2021. Apesar de não muito frequentes, as pandemias possuem um grande potencial para mudar os hábitos de consumo da população. A pandemia de COVID-19, cuja características foram o seu alto poder de propagação e o desconhecimento da ciência em relação ao vírus, teve como principal medida de prevenção o isolamento e distanciamento social. Assim, vários países, em maior ou menor grau de rigidez, adotaram medidas de restrição de deslocamento e incentivo para que as pessoas ficassem em seus domicílios, além de fechamento de estabelecimentos comerciais considerados não essenciais.

Com essas medidas, grande parte da população começou a trabalhar e/ou estudar em casa, passando, deste modo, mais tempo dentro do domicílio. Nesse novo cenário, vários hábitos de consumo mudaram drasticamente. A preocupação com a saúde e imunidade foi naturalmente evidenciada, o que, associada a uma orientação das

autoridades de saúde de rígida higienização, ocasionou um aumento por procuras de medicamentos e produtos de limpeza e higienização, como o álcool, por exemplo.

Por passar mais tempo em casa, as pessoas também se preocuparam mais com o seu bem-estar dentro do domicílio, realizando pequenas reformas ou reparos. Com isso, produtos e serviços relacionados a este aspecto, como os comercializados por lojas de material de construção, tiveram uma maior procura durante este período.

Por outro lado, outras formas de consumo tiveram uma drástica diminuição com as medidas de isolamento e *lockdown*. Uma consequência benéfica e não intencional dessas medidas foi a melhoria da qualidade do ar devido a um menor consumo de combustíveis fósseis e com consequente diminuição na emissão de gases poluentes. Liu, Wang e Zheng (2021), por exemplo, estimaram o impacto causal das medidas isolamento social na qualidade do ar em 597 grandes cidades de 76 países. Eles concluíram que diferentes poluentes atmosféricos tiveram sua concentração no ar diminuída devido às medidas de isolamento, embora em magnitudes diferentes. Os autores também enaltecem que as medidas de isolamento social que tiveram o melhor desempenho na contenção da poluição do ar foram as restrições às viagens intra / intermunicipais.

Outros itens que tiveram considerável variação em seus consumos durante a pandemia foram a energia elétrica e a água. Por motivos óbvios, era de se esperar que os consumos residenciais de energia elétrica e água tivessem um aumento nesse período de isolamento. Nešovic, Terzic e Cvetkovic (2021) verificaram que nas residências da região central da Sérvia, considerando os vários graus de rigidez nas medidas de isolamento, houve aumento no consumo de gás natural em 21,26%, a eletricidade em 58,39% e o consumo de água da rede municipal de abastecimento de água em 25,45% em relação ao consumo padrão antes da pandemia.

No entanto, devido ao fechamento temporário de grande parte dos estabelecimentos comerciais, indústrias e fábricas, a demanda de energia elétrica no agregado nacional apresentou significativa diminuição. Nesse aspecto, Carvalho, Bandeira e Delgado (2020) estudaram os impactos das medidas de isolamento social no consumo de energia do sistema energético brasileiro e descobriram arrefecimentos estatisticamente significativos nos níveis de consumo de energia elétrica. No mesmo sentido, Werth, Gravino e Prevdello (2021), utilizando dados de 16 países europeus, constataram que a geração de energia elétrica foi fortemente impactada na maioria dos países, com queda significativa sobre a carga produzida.

Outro aspecto relacionado aos efeitos de período sobre o consumo e que é bastante presente no Brasil é o relacionado aos anos de secas e de crises hídricas. Cerca de 64% da geração de energia elétrica no Brasil advém de recursos hídricos em 2020 (EPE, 2021). Desse modo, em períodos de crises hídricas, há uma diminuição na disponibilidade de água o que leva a uma diminuição da produção de energia pelas usinas hidrelétricas. Em tempos como este, para continuar a atender a demanda de energia do país, são utilizadas outras fontes de geração de energia, como as usinas termoeletricas, cuja produção energética é bem mais cara e poluente quando comparada à fonte hídrica. Como consequência desse cenário, tem-se o aumento do custo da produção de energia elétrica no Brasil.

Para fazer frente a essa elevação dos custos, as operadoras de energia elétrica adotaram o sistema de bandeiras, que é uma espécie de sobretaxação do preço do kWh conforme as condições climáticas e disponibilidade hídrica. Na bandeira vermelha – patamar 2, que é adotada no pior cenário, o preço da energia fica mais cara R\$ 9,42 para cada 100 kWh⁹.

Com energia mais cara e menor disponibilidade de água, associadas às políticas de conscientização e incentivo ao racionamento, é de se esperar que o consumo desses recursos caia nas residências. Na indústria e no comércio que utilizam grande demanda de energia elétrica e de água, essa elevação dos custos tende a ser repassados ao preço final do produto ou serviço, o que deve diminuir a sua demanda e seu consumo.

Esse cenário foi observado no Brasil, especialmente na região metropolitana de São Paulo em 2014/2015, quando houve uma severa crise hídrica no sistema Cantareira. Em junho de 2015, houve um aumento extraordinário de aproximadamente 6% além da inflação na tarifa de água decorrente da escassez hídrica¹⁰. Em relação à tarifa da energia elétrica, o baixo nível dos reservatórios a encareceu em 8% em 2015¹¹. Considerando o efeito cascata na cadeia produtiva, esses aumentos nas tarifas de água e energia corresponderam por até 10% da inflação na cidade de São Paulo no primeiro semestre de 2015. Com custos mais elevados e adoção de medidas de mitigação à crise hídrica, houve uma diminuição de 20% na demanda e consumo de água na capital paulista (SORIANO *et al.*, 2016). Desse modo, a conclusão é que a crise hídrica vivenciada em São Paulo em

⁹ <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>

¹⁰ <https://exame.com/seu-dinheiro/sp-quer-aumentar-preco-da-agua-sempre-que-o-consumo-diminuir/>

¹¹ <http://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2015/03/ crise-da-agua-pesa-na-conta-de-luz-e-eleva-ainda-mais-inflacao.html>

2014/2015 elevou os preços da água e energia, os custos de produção e a inflação, o que, naturalmente, acarretará um arrefecimento no consumo desses recursos naturais e de produtos e serviços a eles altamente dependentes.

Uma interessante reflexão pode ser extraída desse acontecimento. Quando debatida a relação entre consumo e meio ambiente, o fluxo de interação geralmente se dá da esquerda para direita, ou seja, o impacto do consumo no ambiente ($C \rightarrow A$). Contudo, esse cenário de seca observado em 2015 evidenciou também que o ambiente pode também impactar e interferir de modo significativo o consumo, podendo até ser entendida de forma lúdica como sendo uma espécie de “resposta” da natureza à forma como é tratada. Assim sendo, a relação entre consumo e ambiente não é unidirecional, mas trata-se na verdade de um fluxo de mão dupla, com mão e contramão ($C \leftrightarrow A$), e com o estabelecimento de relações recíprocas de interação e causalidade entre si, para usar o termo cunhado por D’Antona (2017).

Como última questão relativa ao efeito de período, cabe ponderar que pode haver acontecimentos que afetam o consumo de toda a população ou apenas uma parte dela e que o efeito sobre o consumo pode ser positivo ou negativo para todos ou positivo para alguns e negativo para outros. Isso quer dizer que o efeito de período sobre o consumo pode ser desigual e até mesmo antagônicos conforme o extrato populacional adotado. Para fins ilustrativos, podemos citar que fortes chuvas, geralmente, causam grandes danos financeiros e patrimoniais aos moradores de periferias, áreas de encosta e residências precárias devido à alagamentos e até mesmo desmoronamento de suas casas. Essa população, portanto, decorrente dessa perda de bens e precarização da vida como um todo, tem a sua capacidade de consumo, que já não é alta, consideravelmente deteriorada.

A pandemia de COVID-19 é também um exemplo de como um acontecimento pode afetar de forma desigual o consumo da população. Devido as necessárias medidas de distanciamento social e lockdown, pessoas perderam seus empregos ou tiveram diminuição de renda, pequenos empreendedores e trabalhadores informais tiveram que parar as suas atividades. Enquanto isto, outra parte da população mais abastada conseguiu manter seus níveis de rendimento e tinham meios de manter suas atividades remotamente. Isso quer dizer que a pandemia de COVID-19 não afetou as pessoas igualmente, tendo a desigualdade da qualidade do trabalho, renda e consumo, que já era marcante característica nacional, se agravado ainda mais durante este período.

Nesse sentido, Galindo *et al* (2021) mensuraram o quanto a insegurança alimentar (que se refere à incerteza ao consumo regular e permanentes à quantidade e qualidade

adequadas de alimentos) se agravou durante o período pandêmico. Utilizando dados coletados entre novembro e dezembro de 2020 e amostra representativa da população brasileira, os autores verificaram que os domicílios chefiados por homem branco, localizados em área urbana do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, e com renda per capita maior que mil reais tem uma situação de menor propensão à insegurança alimentar quando comparados com os domicílios chefiados por mulheres pardas ou pretas, situadas em área rural das regiões Norte e Nordeste e com renda menor que mil reais. É enaltecido no trabalho que os diferenciais na insegurança alimentar por extrato socioeconômico já existiam antes da pandemia, mas que foi agravada durante o período. Com objetivo análogo, Santos *et al* (2021) verificaram uma maior concentração da insegurança alimentar entre os mais jovens, os menos escolarizados e que residiam em domicílios com cinco moradores ou mais.

Com dados da pandemia nos Estados Unidos, Finck e Tillmann (2022) estimaram o comportamento no consumo das famílias americanas após observado um determinado excesso de mortalidade por COVID-19, o que denominaram de choques pandêmicos. Os autores verificaram que as famílias de baixa renda apresentam uma queda significativamente maior no consumo do que as famílias de alta renda, o que faz com que a desigualdade de consumo aumentasse após um choque pandêmico. Já um estudo do Instituto Brasileiro de Economia – IBRE da Fundação Getúlio Vargas – FGV (2021) verificou que a desigualdade na intenção de compras no período de Natal entre as famílias de menor e maior poder aquisitivo foi a maior já registrada na série histórica, apesar de ter havido aumento no volume de compras em 2021 quando comparadas ao ano de 2020. O próprio estudo cita para 2021 como o “Natal mais desigual” no Brasil.

Sob essa perspectiva, é importante ponderar que a adoção de medidas médias ou totais para captarem o efeito de período no consumo podem mascarar severas desigualdades de acordo com diversos segmentos da população.

No que se refere ao efeito de coorte, especificamente, este está relacionado com a possibilidade da data de nascimento das pessoas ter forte influência sobre o seu modo de agir pelo resto da vida. O conceito mais amplo de coorte pode ser definido como um grupo de pessoas que compartilham simultaneamente um evento específico. Por exemplo: coorte de alunos que concluíram uma graduação em determinado ano, coorte de soldados que serviram a guerra, etc. Neste trabalho – e geralmente na demografia - a coorte se refere a um grupo de pessoas que tem como característica em comum o ano de nascimento, de modo que compartilham sempre na mesma idade determinadas

experiências ao longo do ciclo de vida e socialização. Ou seja, é uma coorte de nascimento, que pode ser citada aqui neste trabalho também como geração.

O argumento principal que sustenta essa ideia do efeito de coorte (ou geracional) é que cada coorte adquire coerência e continuidade a partir do desenvolvimento particular de seus componentes e de suas próprias características e que isso é decorrente de experiências formativas resultantes da intersecção de biografias individuais e influências macrosociais (RYDER, 1965). Isso quer dizer que a exposição a um determinado contexto socioeconômico desde a primeira infância pode ser determinante no comportamento do indivíduo ao longo da sua vida. Essas características de especificidade e de persistência do comportamento de determinada geração é denominada por Chauvel (2013) como “*scarring effect or cohortal scar*”, efeito cicatrizante ou cicatriz da coorte. Chancel (2014) afirma que a literatura de diversas áreas, como epidemiológica, econômica e sociológica, demonstra que fatores geracionais são importantes determinantes nos diferenciais observados entre indivíduos e famílias.

É evidente que uma coorte não representa um grupo social totalmente homogêneo, já que todos os indivíduos que a compõem possuem outras características distintas, como classe social, religião, cultura, sexo, etc. Esse é o argumento da heterogeneidade intra-coorte, no qual é advogado que o efeito geracional não seria específico para a coorte em geral, mas de forma mais acentuada para os estratos mais vulneráveis (aqueles de origens sociais desfavorecidas, pessoas com baixas qualificações) dentro da coorte. Pampel e Hunter (2012) observaram mudanças temporais nos diferenciais acerca da conscientização ambiental dos diferentes níveis socioeconômicos dentro de várias coortes. Entretanto, os próprios autores não refutam o efeito da qual toda a coorte está submetida, relativizando apenas a intensidade de que cada subgrupo da coorte vivenciará o contexto vivido. Chauvel (2013) afirma que esse argumento antigeneracional ainda carece de demonstração empírica e que o efeito de coorte é geral para todos os seus componentes, mesmo que de formas diferentes e intensidades variáveis conforme as suas características socioeconômicas.

Desse modo, o argumento central é de que ao vivenciar determinados contextos históricos, sociais e econômicos em uma mesma idade (principalmente na infância, quando os traços de personalidade e de comportamento estão sendo constituídos), os indivíduos de uma coorte tendem a compartilhar uma memória coletiva capaz de o caracterizarem como um grupo social único (RYDER, 1965).

Apenas para termos ilustrativos, é razoável pensar que a pandemia de COVID-19 afetou a sociedade e seu modo de viver de tamanha maneira que foi capaz de impactar profundamente e permanentemente as crianças e os adolescentes, tendo esse contexto pandêmico contribuído decisivamente para o delineamento dos comportamentos ligados à socialização e práticas de higienização desses jovens ao longo de todas as suas vidas. É por isso que, segundo Chauvel (2013), os estudos sociológicos sobre efeitos geracionais se interessam tanto por grandes desastres, crises econômicas, guerras e revoluções, pois são acontecimentos que devem resultar em traumas coletivos cujos efeitos devem ascender ao longo da vida dos indivíduos da coorte, mudando o modelo de socialização dessas pessoas com o resto da sociedade.

Em suma, o efeito de coorte pode ser explicado pelo fato de que uma geração de pessoas que nasceu em determinado ano não compartilha apenas o período em que veio ao mundo, mas também toda uma série de variáveis e acontecimentos sinérgicos, vivenciados sempre na mesma fase do ciclo de vida dessas pessoas, que delinearam suas características sociais, comportamentais e culturais, sendo assim decisivos na definição dos seus hábitos e comportamentos. Rios Neto e Oliveira (1999) afirmam que esses efeitos estão relacionados, comumente, às mudanças genéticas, sociais, de tamanho, de educação dos pais, de educação da coorte e das interações históricas da coorte. Ressaltando a importância da identificação do efeito de coorte, Robertson e Boyle (1998) afirmam que esse é um fator importante na compreensão das tendências temporais de determinada variável, dando destaque para as taxas de mortalidade, e Meira *et al* (2015, p. 403) relatam que “o efeito da coorte permite avaliar o risco associado aos hábitos e às exposições de longa duração”.

Ryder (1965), a quem é atribuído o pioneirismo da abordagem de coorte, destaca que, dada a singularidade que cada coorte adquire, é esperado que sucessivas coortes sejam diferenciadas por vários aspectos (como mudança do conteúdo da educação formal), pela socialização do grupo geracional e pela experiência histórica única e comungada por todos os componentes da coorte. Nesse sentido, ele alçou a sucessão de coortes como uma importante ferramenta de mudança social e esse fenômeno ele o denominou de “metabolismo demográfico”. Em outros termos, o metabolismo demográfico seria um processo pelo qual as sociedades mudam a sua composição a partir de substituição das gerações.

Anos após ao estudo pioneiro de Ryder, Lutz (2013) retoma o termo metabolismo demográfico para ratificar a importância da substituição de coortes como ferramenta para

entender como as sociedades mudam ao longo do tempo. E Lutz foi um pouco além, ele observou que em nenhum momento Ryder destaca em seu artigo o grande potencial da abordagem de coorte não apenas para estudar o passado, mas também para prever mudanças sociais futuras. Lutz, nesse momento, propõe uma generalização do conceito de metabolismo demográfico para fazer previsões e projeções das mudanças sociais futuras, ou, como o título do trabalho dele se apresenta, uma teoria preditiva da mudança socioeconômica.

Essa nova abordagem de quantificar e projetar importantes características populacionais ao longo dos ciclos de vida de coorte forneceu as bases teóricas para novas formas de se fazer projeções populacionais que vão além da composição por sexo e idade, conseguindo estimar a futura composição populacional em relação a diversas outras características relevantes e mensuráveis da sociedade, como escolaridade, força de trabalho, população adulta jovem, etc. (LUTZ, 2013), ou seja, trata-se de um modelo de projeção multidimensional.

Corroborando com a potencialidade dessa nova abordagem, Lutz e Muttarak (2017) afirmam que desde meados do século XX, a maioria das projeções populacionais baseou-se no modelo de componente de coorte, que projeta populações ao longo de linhas de coorte (por exemplo, a coorte de 30 a 34 anos em 2010 se torna a de 35 –39 em 2015) ajustando-as pelas três principais componentes da dinâmica demográfica: fecundidade, mortalidade e migração. Enquanto o modelo que diferencia a população apenas por idade e sexo tem sido amplamente utilizado, modelos populacionais multidimensionais podem realmente subdividir populações por outras características observáveis que são consideradas relevantes e cuja distribuição pode influenciar a dinâmica populacional (LUTZ; MUTTARAK, 2017).

A partir dessa abordagem de coorte e do metabolismo demográfico, Lutz (2013) verificou como a população da Coreia do Sul vinha mudando drasticamente a sua composição por escolaridade, sendo as coortes mais antigas, que apresentavam baixa escolaridade, substituídas por coortes com maior escolaridade, fruto de uma massiva política educacional pelo país. Enquanto em 1960 a maioria da população feminina acima dos 20 anos nunca tinha frequentado a escola, em 1990 quase toda a população abaixo dos 50 anos já tinha completado o ensino médio. Utilizando-se de taxas de mortalidade e fecundidade diferenciadas por nível educacional, o autor estimou que em 2020 a maioria das coortes mais velhas sem instrução terá morrido, ao mesmo tempo em que as mulheres jovens sul coreanas estarão entre as mais escolarizadas do mundo, com mais da metade

delas completando o ensino superior. Quando isso acontecer, o metabolismo demográfico na população coreana terá completado o seu curso e o país asiático terá uma sociedade totalmente diferente do que apresentava em 1960.

No mesmo artigo, Lutz utiliza a mesma abordagem para mostrar de que forma a população europeia está mudando a sua autopercepção de identidade, que aconteceu a partir da substituição de coortes mais antigas, que relatavam uma percepção de identidade apenas nacional, por coortes mais novas que apresentavam identidades múltiplas, isso é, se viam com nacionalidade do país e europeia.

Evidente que todo tipo de projeção populacional está sujeito uma incerteza de sua concretização e o método de previsão de mudanças sociais através do metabolismo demográfico não seria diferente. O grau de incerteza pode estar associado a vários aspectos, como tempo da projeção, premissas adotadas, tamanho da população, variável a ser projetada, etc.

Lutz (2013) afirma que a abordagem de projeção sugerida é aplicável para prever a composição populacional de muitas características relevantes que, sendo adquiridas pelas pessoas, tendem a ser estáveis ao longo do resto da vida, assim viabilizando a capacidade preditiva do modelo associadas a essas características por muitas décadas à frente. Esse argumento é coerente para a projeção da composição da população por escolaridade na Coreia do Sul apresentada no artigo, já que ao atingir determinado nível escolar, o indivíduo não tem como retroceder nesse aspecto. No entanto, a outra aplicação que Lutz (2013) traz é da autopercepção da identidade dos europeus, se eles se identificam apenas com a nacionalidade ou também uma identidade europeia. Essa característica parece apresentar menos estabilidade como uma característica imutável da coorte.

Em que pese essa ponderação, a abordagem de sucessão de coorte e do metabolismo demográfico aparenta ter ampla aplicabilidade. Aplicação análoga foi feita para prever a composição educacional das populações futuras com intuito de identificar grupos mais ou menos vulneráveis às mudanças climáticas (LUTZ; MUTTARAK, 2017); mudança na prevalência de atitudes referentes à questão de gênero (PAMPEL, 2011), à homossexualidade (ANDERSEN; FETNER, 2008) e às questões ambientais (INGLEHART, 1995).

Em relação ao efeito de coorte no consumo, a literatura converge quanto a sua importância nos comportamentos, normas e valores dos consumidores (MENZ; KÜHLING, 2011). De fato, o ano de nascimento, ao definir todo o contexto socioeconômico-cultural em que a criança estará inserida e modular em algum grau o seu

cotidiano e seus hábitos na vida, deve exercer um papel fundamental nos padrões e níveis de consumo da coorte. Adotada essa premissa, a pergunta que se coloca, portanto, é se há uma geração mais ou menos propensa ao consumo? Tem como identificar se uma coorte, ao vivenciar um evento ou contexto histórico em uma idade específica, apresentou hábitos de consumo mais ou menos conscientes? Pode-se identificar gerações mais “limpas” ou mais “danosas” do ponto de vista ambiental e climático?

Como respostas a essas indagações, Chancel (2014) exemplifica que coortes que careciam de recursos em geral, especialmente na infância, podem ter obtidos hábitos permanentes de baixo consumo, como são as gerações criadas durante tempos bélicos. Já gerações desenvolvidas durante períodos de prosperidade econômica podem perpetuar seus hábitos de alto consumo e ser menos propensos para adaptar a comportamentos de consumo mais racionais.

Além disso e como já afirmado anteriormente, a identificação do efeito de coorte se faz pertinente para distinguir do efeito da idade. Ou seja, ao identificar determinado nível de consumo de uma população exclusivamente por idade, não se consegue esclarecer se possíveis diferenciais de consumo se referem apenas as demandas distintas em função da fase do ciclo de vida do indivíduo ou se há efeitos específicos da coorte a qual ele pertence. Lenglar, Lesieur e Pasquier (2010), por exemplo, identificaram baixos níveis de emissão de CO₂ advindos do uso de transporte pelos idosos, mas se questionaram se isso se deve à uma menor demanda e necessidade de mobilidade após certa idade ou ao hábito de fazer pouca viagem associado as coortes mais velhas.

Diante da pertinência de se incorporar a identificação do efeito de coorte no consumo da população, é verificado um aumento da produção de estudos com esse objetivo desde o início do século XXI (SCHULHOFER-WOHL; YANG, 2011). Dentre eles, podem-se citar pesquisas que identificaram o efeito de coorte no consumo médio per capita de energia residencial e de transporte para dados dos Estados Unidos (O'NEILL; CHEN, 2002); que gerações recentes tendem a gastar cada vez mais em energia do que as gerações anteriores no Paquistão (ASLAM; AHMAD, 2018); que a geração X exibe taxas mais altas de consumo excessivo e competitivo, ao mesmo tempo que exibe as taxas mais baixas de consumo consciente, quando comparada às coortes anteriores (CARR *et al.*, 2012); que gerações recentes apresentam maior gasto energético residencial na Itália (BARDAZZI; PAZIENZA, 2017), que a intenção de compra de produtos ambientalmente

responsáveis é mais forte para a Geração X francesa, embora a Geração Y¹² seja mais susceptível ao apelo de campanhas publicitárias de produtos ecologicamente corretos (IVANOVA, O. *et al.*, 2018); que na Europa a educação – característica sujeita ao efeito de coorte – tendem a aumentar a extensão de comportamento pró-ambiental (MEYER, 2015); e que as emissões de carbono aumentam em pessoas nascidas após 1960 (MENZ; WELSCH, 2012).

As conclusões da maior parte desses estudos é de que coortes mais novas possuem um maior nível de consumo. Contudo, tem-se também na literatura argumentos de que as gerações mais recentes são ecologicamente mais conscientes do que as anteriores e que estão intrinsecamente ligadas aos valores pós-materialistas¹³ e a um mundo globalizado que caracterizam o contexto social das coortes mais novas (DUNLAP; YORK, 2008).

Um dos primeiros proponentes dessa teoria foi Inglehart (1971), o qual argumenta que novos valores não se disseminam na população da mesma forma e intensidade, sendo as pessoas mais novas ou pertencentes a gerações mais recentes mais susceptíveis para novos e emergentes valores morais e éticos. Além disso, acrescenta que as coortes pós 1950 tem como características uma maior preocupação com a meio ambiente, com o bem-estar coletivo e um maior altruísmo, valores esses categorizados como pós-materialista. Embora Chancel (2014) cite como crítica a falta de uma base empírica sólida, o próprio autor reconhece que a ideia de que coortes mais novas apresentam preocupações ambientais mais sólidas e comportamentos de consumo mais conscientes merece a devida atenção dos pesquisadores.

Portanto, em direção antagônicas, pesquisadores argumentam que há de forma simultânea uma geração recente pós-materialista, caracterizada por elevados valores ambientais, e coortes mais novas que consomem mais que as antecessoras. Inglehart (1971), utilizando dados de renda e despesa das famílias japonesas, verificou que as gerações mais jovens, justamente aquelas com os valores pós-materialistas mais acentuados, contraditoriamente, mostram uma disposição maior ao consumo, mesmo depois de controladas os efeitos de renda e status familiar. De mesmo modo, Pampel e

¹² A rotulação das gerações é utilizada para caracterizar as atitudes e os comportamentos típicos de cada uma delas, havendo variações nos rótulos e nas denominações conforme o autor. No estudo específico que Ivanova *et al* (2018), os autores consideraram da geração X indivíduos que nasceram entre 1967 e 1979 e da geração Y, nascidos entre 1980 e 1997.

¹³ Termo cunhado por Inglehart através do livro *The Silent Revolution* publicado em 1977. O autor defende que novos valores e comportamentos relacionados a autorrealização, valorização das ideias e maior conscientização ambiental, denominados de valores pós-materialistas, surgiram em economias prósperas e ricas em um contexto de pós segunda guerra, e que sucederam valores materialistas, como valoração do trabalho, dinheiro e consumo.

Hunter (2012) verificaram que nos EUA as coortes mais recentes declaram uma maior predisposição a pagar mais por produtos ambientalmente mais corretos, mas não necessariamente apresentam menores emissões de CO₂ em comparação com as outras coortes.

Esse paradoxo de ascensão simultânea do pós-materialismo e da sociedade de consumo é exaltado por Büttner e Grübler (1995) e o aponta como um dilema mais profundo em nossa compreensão da mudança de comportamento social. Ou seja, até que ponto uma suposta maior preocupação com meio ambiente presente nas gerações mais recentes reflete necessariamente em hábitos de consumo mais conscientes e menos danosos ao planeta e à natureza? Inglehart (1995), a partir de dados de 43 países que contemplam 70% da população mundial, verificou até que ponto determinados públicos estão suficientemente preocupados com os problemas ambientais a ponto de estarem dispostos a fazer sacrifícios financeiros e realizar outras ações para ajudar a proteger o meio ambiente. A principal conclusão do artigo é que a grande maioria dos públicos estudados aprova a proteção ambiental em geral, principalmente as coortes mais novas e que apresentam predominantemente valores pós-materialistas. Contudo eles são muito mais relutantes em apoiá-lo quando são levantadas questões sobre quanto eles estão dispostos a pagar ou fazer mudanças em seu comportamento. Essas questões estão longe de serem plenamente respondidas para se obter o devido entendimento sobre os efeitos de coortes na consciência ambiental e na prática de consumo da população.

Posta a importância dos efeitos de idade, período e coorte e de que forma cada um desses fatores pode condicionar o consumo da população, embora seja intuitivo explicar os seus efeitos de forma teórica e desagregada, tarefa mais difícil é identificá-los e mensurá-los na prática, pois esses componentes agem de forma concomitante, acumulativa ao longo do tempo e atuam como fatores de confundimento entre si. Isto significa dizer que os hábitos de consumo de uma pessoa são determinados de forma agregada pela sua idade, pelo período de análise e pelo seu ano de nascimento, e que não é um exercício trivial identificar exatamente a importância de cada um desses fatores separadamente. Considerando a formulação de políticas públicas, especialmente as políticas ambientais e econômicas, é de grande valia identificar e quantificar quais desses fatores foram impulsionadores ou repressores do consumo da população ao longo do tempo.

Para esta tarefa, existem os modelos denominados de Idade-Período-Coorte (Age-Period-Cohort) APC. Trata-se de um modelo regressivo cuja variável resposta é as taxas

da variável de interesse e as variáveis explicativas são apenas a idade, o período e a coorte referente as taxas. Embora já muito utilizado na área da saúde e epidemiologia (MEIRA *et al.*, 2015; ROBERTSON; BOYLE, 1998), a presença do modelo APC é raro na literatura científica de P-C-A (MENZ; WELSCH, 2012).

Vale ressaltar que alguns dos estudos que identificaram o efeito da coorte no consumo citados até agora no trabalho utilizaram modelos APC, mas não exploraram os efeitos de confundimento com a idade e o período. Isso se deve ao fato de que alguns autores advogam pela pertinência do modelo fundamentalmente pela identificação do efeito de coorte na variável em estudo, ignorando os componentes da idade e do período (CAMARGO, 2019).

Além disso, muitos estudos utilizaram modelos de APC para identificar as tendências de consumo de produtos ou serviços específicos, como de alimentos no Japão (MORI *et al.*, 2000), de álcool no Suécia (KRAUS *et al.*, 2015), de refrigerantes nos EUA (RENTZ *et al.*, 1983), e de energia na Itália (BARDAZZI; PAZIENZA, 2017) e no Paquistão (ASLAM; AHMAD, 2018). Menos comuns são os estudos que aplicaram o método para medidas de consumo agregado, cuja medida represente de certa forma a pressão que o modo de viver da população está impactando o meio ambiente.

Entre os poucos estudos encontrados que se propuseram a aplicar modelos de APC em alguma variável de consumo agregado, pode-se citar o trabalho de Chancel (2014), que objetivou identificar os impactos da data de nascimento e da renda nas emissões domésticas de CO₂ na França e nos EUA. O autor verificou que as coortes francesas de 1935 a 1955 têm uma tendência mais forte de emitir CO₂ do que seus predecessores e sucessores, mesmo quando controlada pela renda e tipo de moradia. Nos EUA não foram encontradas diferenças significativas na emissão de CO₂ entre as coortes e justifica este fato pela fraca desigualdades de renda intergeracionais no país americano. Como crítica a este trabalho, tem-se a questão já comentada acerca da não exploração dos efeitos da idade e do período.

Especificando apenas a literatura nacional e para o contexto brasileiro, encontram-se alguns estudos que utilizaram os modelos de APC para algumas variáveis diversas, como câncer de mama (MEIRA *et al.*, 2015), saneamento básico (REZENDE; WAJNMAN; HELLER, 2006), demanda por domicílio (GIVISIEZ; RIOS-NETO; SAWYER, 2006), e progressão escolar (GUIMARÃES, R. R. DE M.; RIOS-NETO, 2011). Entretanto, este trabalho não encontrou um estudo dentro da literatura nacional de população-consumo-ambiente que se propusesse decompor os efeitos da idade, do

período e da coorte de uma medida de consumo. Este trabalho busca preencher esta lacuna.

1.4 Desafios de medir o consumo

A literatura de população-consumo-ambiente muito se desenvolveu nos últimos anos, principalmente no sentido de entender como diversos fatores demográficos, além do número de pessoas, pode impactar nos níveis e padrões de consumo de uma população (DE MELLO; SATHLER, 2015). No entanto, ainda segundo os mesmos autores, por comportar múltiplas abordagens conceituais, esse tema tem como característica uma série de desafios complexos do ponto de vista metodológico, mas que devem ser enfrentados para uma melhor compreensão da relação entre a dinâmica populacional e consumo. É devido a essa incipiência de abordagens metodológicas mais consolidadas na produção científica de população-consumo-ambiente que este trabalho se propõe a discutir essa questão ainda no referencial teórico, além de uma discussão do modelo estatístico.

Uma questão primordial que se enfrenta nessa área de pesquisa é: como medir o consumo, de que forma pode-se aferir o consumo de um indivíduo ou de uma população? Quais dimensões a serem consideradas? Qual métrica a ser utilizada?

O consumo é uma variável que pode assumir diversos conceitos e múltiplas dimensões, que varia conforme a área em que se está utilizando o termo. Stern (1997) diferencia a definição de consumo na física, economia, ecologia e na sociologia e verifica o que cada uma dessas áreas entende por impacto ambiental decorrente do consumo. Entre os físicos, por exemplo, a produção e o consumo de alguma coisa são impossíveis, já que toda matéria e/ou energia existente no planeta é apenas transformada; para os economistas, o consumo trata-se de gasto monetário de bens e serviços; do ponto de vista sociológico, se utiliza o termo consumo sob a óptica de sua reverberação no status social, geralmente denominada de consumismo ou consumo conspícuo; e entre os ecologistas, qualquer organismo que obtém sua energia comendo é um consumidor.

No dicionário o termo é definido como ato de utilizar alguma coisa. Essa coisa pode ser desde uma coisa banal, até coisas intangíveis. O consumo também pode ser de um objeto, bem ou serviço específico ou um conjunto destes. Não é objetivo deste trabalho fazer um resgate epistemológico e/ou etimológico do termo. O que pretende deixar claro é a variedade de abordagens conceituais do termo e a qual esta pesquisa vai se basear.

Nesse sentido, a definição do consumo adotado por esse trabalho se refere ao uso de bens e serviços por parte da população e que de alguma forma contribua para a transformação do meio ambiente e seu (des)equilíbrio natural, com consequências danosas para o bem-estar da própria humanidade, como escassez de recursos naturais, emissão de poluentes e mudanças climáticas globais. Esta delimitação conceitual de consumo está em consonância com o proposto por Stern (1997, p. 20):

O consumo consiste em transformações humanas e induzidas por humanos de materiais e energia. O consumo é ambientalmente importante na medida em que torna materiais ou energia menos disponíveis para uso futuro, move um sistema biofísico em direção a um estado diferente ou, por meio de seus efeitos nesses sistemas, ameaça a saúde humana, o bem-estar ou outras coisas que as pessoas valorizam.

Evidentemente que nem toda forma de consumo acarreta necessariamente em um dano ou desgaste ambiental, principalmente quando ponderado pelo o que se está consumido. Além disso, a avaliação do custo-benefício do impacto ambiental de determinado forma de consumo é relativizado por diferentes valores morais e éticos das pessoas. No entanto, esse trabalho se limita a utilizar as formas de consumo dentro de um escopo de bens e serviços que comprovadamente altera o meio ambiente fisicamente. Nestes termos, adota-se o consumo como uma atividade humana que tem motivações sociais e econômicas, mas que necessariamente contém efeitos biofísicos danosos.

1.4.1 Métrica de consumo

Delimitado o aspecto conceitual, uma arbitrariedade necessária é a definição da métrica do consumo. O intuito inicial deste trabalho era discutir uma métrica que contemplasse diversas formas consumo da população, que fosse capaz de refletir em certa medida o seu estilo de vida e seu respectivo impacto sobre o meio ambiente. Ou seja, uma medida composta e sintética que seja útil para analisar os impactos ambientais do consumo e do modo de viver da população. Curran e De Sherbinin (2004) listam uma agenda de pesquisa necessária para a consolidação da exploração consumo de forma mais sistemática na literatura de população-ambiente e ressaltam a métrica de consumo entre um dos fatores-chave.

Dentre as diversas formas de aferir o consumo da população e seu impacto ambiental, vem ganhando notoriedade um conjunto de indicadores denominado de “famílias de pegadas”. Esse conjunto de indicadores é composto pelas Pegadas Ecológica,

Hídrica e de Carbono, e buscam quantificar a pressão exercida pelo consumo na biosfera, hidrosfera e atmosfera, respectivamente (TIMMERS *et al.*, 2015).

A Pegada de Carbono é amplamente utilizada nos estudos da economia ecológica e está diretamente relacionada à quantidade de emissões dos GEE, especialmente o CO₂, oriunda das atividades humanas e seus efeitos na atmosfera, notadamente o aquecimento global. Essa medida tem ganhado notoriedade devido à crescente preocupação com as mudanças climáticas globais, sendo verificadas cada vez mais organizações públicas e privadas buscando “projetos de pegada de carbono” para estimar suas próprias contribuições para a mudança climática global (MATTHEWS; HENDRICKSON; WEBER, 2008). Além disso, o princípio do cálculo da Pegada de Carbono é utilizado para viabilizar o mercado de compensação de carbono e nos relatórios do IPCC para atribuir responsabilidades das causas do aquecimento global.

Já a Pegada Ecológica - PE, em especial, vem recebendo especial atenção pelos estudos de P-C-A (CURRAN; DE SHERBININ, 2004; DE MELLO; SATHLER, 2015). Desenvolvida originalmente por Wackernagel e Ress (1996), a PE é uma estimativa da quantidade de área de terra com produtividade média global necessária para sustentar determinado padrão de vida e nível de consumo de uma população. De forma simplificada, o cálculo da PE tem como intuição transformar várias formas de consumo em áreas de terra com produtividade média global (gha).

A *Global Footprint Network*¹⁴, por exemplo, estima que a PE *per capita* do Brasil em 2017 foi de 2,8 gha. Isso quer dizer que cada brasileiro precisa de uma área de terra de 2,8 hectares com produtividade média global para sustentar seu estilo de vida e padrão de consumo. Já um norte americano, dado o seu alto nível de consumo, apresentou uma PE *per capita* de 9,8 gha, 3,5 vezes maior do que a pegada do brasileiro.

Como já afirmado anteriormente, a PE vem se solidificando como uma métrica de consumo ou indicador de sustentabilidade útil e consistente na literatura especializada (CURRAN; DE SHERBININ, 2004; SICHE *et al.*, 2008; VAN-BELLEN, 2002). Além disso, a PE vem sendo utilizada em diversos relatórios de organizações ambientais, como a Greenpeace e WWF, bem como vem sendo incorporada como indicador nas políticas públicas de diversos países, como Canadá, Inglaterra, Bélgica, Japão, País de Gales e

¹⁴ Entidade não governamental composta por diversos cientistas, pesquisadores e professores de todo o mundo, responsável por congrega e divulgar os dados da PE dos países. <https://www.footprintnetwork.org/>

Alemanha. A Suíça, em especial, calcula a sua PE pelo próprio órgão de estatística oficial do país (PEREIRA, 2008).

Geralmente, a PE é divulgada para agregados populacionais maiores, como países, estados e cidades (ALMOND; GROOTEN; PETERSEN, 2020) e comparada com as suas respectivas biocapacidades de carga (ou capacidade de suporte), chegando assim em um diagnóstico acerca do saldo ecológico da população. Por exemplo, a média mundial da PE é de 2,7 hectares globais por pessoa, enquanto a biocapacidade disponível para cada ser humano é de apenas 1,8 hectare global. Tal situação coloca a população do planeta em déficit ecológico, correspondente a 0,9 gha/*per capita*. Isso significa dizer que a humanidade necessita hoje de 1,5 planeta para manter seu padrão de consumo.

Essa abordagem da comparação entre a PE e biocapacidade corrobora com discussão posta anteriormente sobre a injustiça ambiental e social que há entre os países ricos e pobres. As nações mais desenvolvidas têm grandes PE per capita quando comparadas as nações economicamente mais desfavorecidas. Essencialmente, o déficit ecológico em termos de capacidade de carga do planeta é muito maior para as nações ricas do que para as pobres. O fato é que as nações ricas só podem sustentar seus estilos de vida pródigos atraindo o capital natural dos países pobres. As medidas da PE e biocapacidade destacam essas desigualdades entre as nações em termos do fardo que colocam sobre a capacidade produtiva da terra. (RAPPORT, 2000).

Em termos práticos, pode-se dizer que o cálculo da PE se dá em três etapas:

- 1) Transforma o consumo do bem em área de terra (ha), com base na produtividade média do país ou da região;
- 2) Normaliza a produtividade dos países com as médias mundiais. Para isso utiliza-se o **Fator de Rendimento ou Produtividade (FP)**. Isso se faz necessário porque a produtividade (toneladas por hectare, por exemplo) de trigo no Reino Unido é diferente da produtividade do Brasil, diferença essa decorrente de fatores naturais, como precipitação ou qualidade do solo. Portanto, para possibilitar a comparação entre diferentes regiões com distintas produtividades, pondera-se a produtividade nacional pela média global. Cada país tem os seus FP para cada tipo de terra e são divulgados anualmente pela GFN;
- 3) Converte um tipo específico de terra em uma área mundial biologicamente produtiva (gha). Para isto utiliza-se do **Fator de Equivalência (FEq)**. Esse

fator é utilizado para considerar as diferenças de produtividade média entre os tipos de terra, já que um ha de área de agricultura produz mais do que um ha de área de pastagem, por exemplo. Portanto, existe um Fator de Equivalência para cada tipo de terra e são os mesmos para todos os países. Desse modo, assume-se o pressuposto de que as diferenças de bioprodutividade entre os tipos de terra são os mesmos para todas as nações. Com a aplicação do FP e do FEq, consegue-se converter áreas reais de diferentes tipos de uso da terra em diferentes países (em hectares) em seus equivalentes de hectare globais.

A crescente utilização da PE nos estudos de P-C-A pode ser atribuída às suas vantagens, sendo as principais a simplicidade, intuitividade e a didaticidade do indicador, a possibilidade de comparação entre diferentes regiões, já que o método padroniza a medida para uma área de terra de produtividade média mundial, e mensura de forma agregada o estilo de vida de uma população (PEREIRA, 2008). Em relação a esse último aspecto, Santos *et al.* (2008) adiciona como potencialidade da PE o fato dela não restringir a população apenas ao seu metabolismo biológico, conseguindo contemplar também o metabolismo cultural e industrial da humanidade.

Como desvantagens, tem-se que a PE apresenta uma visão demasiadamente antropocêntrica, obscurece as causas específicas de uma eventual sobrecarga exercida pelo homem ao meio ambiente e não considerara a dimensão social do desenvolvimento sustentável (RAPPORT, 2000). A simplicidade do indicador, que é por vezes apontado como vantagem, também pode ser considerado uma importante limitação, pois é impossível contemplar todas as formas de consumo da população e toda a complexidade das alterações nos ecossistemas, não sendo incorporados, por exemplo, questões relativas ao equilíbrio climático e perda de biodiversidade (CHAMBERS; SIMMONS; WACKERNAGEL, 2000).

Outra desvantagem que pode ser atribuída à PE é o uso de diversos fatores de conversão e transformação, como fatores de equivalência e produtividade, aos quais estão atribuídos uma grande quantidade de pressupostos e que nem sempre são razoáveis aos contextos em que estão sendo aplicados. Além disso, o uso de indicadores agregados e sintético de consumo, como a PE, impossibilita uma análise mais profunda dos padrões e tendências de itens específicos de consumo, o que impede verificar os impactos

ambientais de cada um deles especificamente (HARDER; DOMBI; PETERS, 2017; KISSINGER; DAMARI, 2021).

Diante do exposto, tentou-se evidenciar a aplicabilidade, pertinência e o aumento da utilização de indicadores agregado de consumo, em especial a PE, nos estudos de P-C-A. Esse método nasceu para responder o questionamento básico se a exploração dos recursos naturais feita pelo homem corresponde com a capacidade da terra em se regenerar. Apesar da pergunta motivadora ter permanecido a mesma, muito se evoluiu em sua metodologia, especialmente na acurácia e verossimilidade de suas estimativas, tornando o método mais popular no meio científico, gerando em média mais de 250 artigos acadêmicos anualmente desde 2010 (GFN, 2020b).

1.4.2 Unidade e escala de análise do consumo

Quanto à unidade de análise, há um entendimento cada vez mais predominante de que deve ser usado o domicílio como unidade de consumo em detrimento do indivíduo (HARDADI; BUCHHOLZ; PAULIUK, 2021; PRSKAWETZ; LEIWEN; NEILL, 2004; TUNG, 2011). Essa crescente preferência é justificada pelo argumento de que é no âmbito domiciliar onde acontecem as formas de consumo que apresentam maior impacto ao meio ambiente, mesmo considerando o consumo dos setores público e privado, mas que, mesmo assim, são demandados em boa parte pelas necessidades das famílias. Ou seja, os domicílios são os usuários finais ou beneficiários da maioria das formas de consumo que ocorrem nos outros setores, ainda que indiretamente (CURRAN; DE SHERBININ, 2004).

Portanto, a ideia de preferir o consumo do domicílio em vez do indivíduo é considerando que o uso de bens e serviços coletivos e que está relacionado com o funcionamento do domicílio, como energia, água, combustíveis, alimentação e transporte, são mais ambientalmente significativos do que o consumo de objetos de uso individual, como celular, por exemplo. Han, Xu e Han (2015) corroboram afirmando que grande parte da necessidade de energia e das emissões de carbono relacionadas em uma economia é alocada ao setor doméstico. Ivanova *et al* (2016) estimaram que o consumo proveniente das famílias é responsável por mais de 60% das emissões globais de GEE e entre 50% e 80% do uso total de terras, materiais e água.

Se consideramos a questão da disponibilidade de dados sobre renda, gastos e orçamentos nas pesquisas ou inquéritos domiciliares realizados ao redor do mundo,

Deaton (2018) destaca que quase todos os dados de consumo dizem respeito às famílias e não aos indivíduos. Ele ainda pondera que, mesmo quando o interesse é análise do consumo em relação a idade, não se tem muitas opções a não ser adotar o domicílio como unidade de análise e classificar as famílias pela a idade do chefe, por exemplo.

Uma abordagem que ressalta a importância dos domicílios e das famílias como unidades de análise úteis para mensuração do consumo é o “metabolismo doméstico” (ou domiciliar). Muito utilizado na literatura das áreas das ciências ambientais e economia, esse termo é geralmente definido formalmente como um conjunto de fluxos de matéria e energia decorrentes do consumo no âmbito domiciliar, abrangendo tanto fluxos diretos (que são fluxos físicos de matéria e energia que ocorrem diretamente na residência) quanto fluxos indiretos (que são fluxos físicos decorrentes dos fluxos diretos) (HARDER; DOMBI; PETERS, 2017). De forma mais didática, Liu *et al* (2005) explicam que a família, entendida como uma forma de sistema econômico, interage com o meio ambiente para atender as suas necessidades. Nessa relação, as famílias utilizam recursos e emitem resíduos ao meio ambiente. Esse padrão de fluxos de entrada e saída de recursos naturais, matéria e energia dos domicílios é chamado de metabolismo doméstico. Três tipos de fluxos são identificados nessa abordagem: i) fluxos referentes aos processos de entrada do consumo doméstico, como energia, material e água; ii) fluxos dos processos de saída do consumo doméstico, como emissão de água, gases e resíduos sólidos e; iii) fluxos que representam o processo de reciclagem. A qualificação da pressão ambiental do consumo oriundo das famílias pode ser feita investigando a direção, quantidade e velocidade desses fluxos (LIU, JINGRU; WANG; YANG, 2005).

O principal argumento que sustenta a abordagem do metabolismo doméstico é que a maior parte das atividades de consumo está relacionada, pelo menos em algum grau, às famílias. Por consequência, mensurar, descrever e analisar os fluxos de matéria e energia das famílias é um importante indicador de sustentabilidade e gestão ambiental. Logo, identificar os protagonistas e fatores determinantes desses fluxos de recursos pode subsidiar valiosas medidas e políticas públicas para mitigar o impacto ambiental decorrente do consumo das famílias (KISSINGER; DAMARI, 2021), além de poder contabilizar a responsabilidade das famílias pelas emissões de gases de efeito estufa e mudanças climáticas (DONATO; LOMAS; CARPINTERO, 2015)

Harder, Dombi e Peters (2017) fizeram um levantamento das aplicações e perspectivas de uma ampla variedade de estudos que têm interface com o conceito de metabolismo doméstico, pois objetivaram de uma forma ou de outra mensurar a

intensidade de consumo das famílias ou, simplesmente, a taxa de metabolismo domiciliar. Essa diversidade de estudos varia desde aqueles com visão puramente física dos fluxos de matéria e energia até às pesquisas que buscam entender como acontecem as práticas e escolhas de consumo das famílias.

Uma reflexão interessante proposta pela literatura referente ao metabolismo domiciliar é descrever justamente como ocorrem a alocação de recursos e as decisões de consumo na dinâmica e em um contexto familiar. Apesar de existirem alguns bens de consumo individuais, ou seja, advindo de um único membro da família, a maioria dos bens e serviços são consumidos em conjunto. Nesse cenário, os laços emocionais entre os membros da família são determinantes na medida em que o bem estar de um membro da família não depende apenas de sua satisfação pessoal, mas também dos outros componentes do núcleo domiciliar, o que é denominado de “preferências de cuidado” ou “preferências da família”. Sob esse aspecto, os componentes da família não agem de forma racional no sentido da teoria econômica clássica (HARDER; DOMBI; PETERS, 2017). Ou seja, a função de utilidade a ser maximizada não é a individual, mas sim a do coletivo familiar. Do ponto de vista sociológico, Curran e De Sherbinin (2004) corroboram que a família é a unidade econômica e social mais estabelecida da sociedade, de modo que grande parte do comportamento de consumo é decidida pela coletividade domiciliar e, às vezes, após a conjugação dos recursos financeiros percebidos por todos.

Sob o aspecto demográfico, um aspecto relevante é que o crescimento dos domicílios não se dá na mesma proporção da população. Como consequência ligada à transição demográfica (baixa fecundidade, divorcialidade e longevidade), tem-se observado cada vez mais domicílios e menos pessoas por domicílio. Nesse cenário de famílias menores, o consumo doméstico não segue essa mesma tendência de queda, dado que há a necessidade dos mesmos equipamentos básicos (como geladeira, fogão, etc.) em cada um dos domicílios. Desse modo, a adoção do consumo individual não captará de forma adequada os efeitos da transição demográfica na composição e no tamanho famílias (TUNG, 2011).

A verdade é que as escolhas, decisões e atitudes dos agregados familiares relacionada às suas práticas e níveis de consumo são determinadas por uma grande e complexa série de fatores que interagem entre si, como renda, poupança, educação, cultura, valores morais, tamanho e arranjo domiciliar, estágio do ciclo de vida da família, tipo e local da residência, percepção de felicidade e bem-estar, etc. Entender e modelar essa dinâmica não é um exercício trivial, necessitando a iteração entre diversas áreas do

conhecimento. A aplicação de modelos APC é justamente uma tentativa metodológica de alocar o máximo possível desses fatores nas três dimensões temporais: idade, período e coorte.

Na literatura específica de demografia e P-C-A, pode-se citar aqui outros estudos que utilizaram o domicílio como unidade de análise de consumo: Liu *et al* (2003), Guadián (2016), Yu e Liu (2007), Silva, Barbieri e Monte-Mor (2012), Druckman e Jackson (2008), Lins (2010), entre outros.

Por todo o exposto, pode-se afirmar que a literatura vem indicado que os domicílios representam uma escala útil e pertinente para os estudos de população-consumo-ambiente e que medidas de impactos ambientais efetivas requerem a compreensão dos padrões de comportamento e consumo das famílias (FROEMELT; DÜRRENMATT; HELLWEG, 2018).

Um último aspecto quanto a mensuração do consumo consiste na escala de análise. O modo de como as pessoas tratam o meio ambiente e suas formas de consumo têm certas especificidades conforme a escala em que se está analisado o fenômeno, desde a individual até a mais agregada, como a nacional (CARMO, 2007).

Importante ressaltar que não se deve confundir a unidade de análise com a escala de análise adotada. Foi advogado anteriormente o uso do domicílio como unidade de análise, ou seja, é a unidade em que se medirá o consumo. Já a escala de análise entendida por este trabalho se refere ao qual nível de desagregação (ou representatividade) os dados podem chegar. Por exemplo, pode-se ter uma unidade de consumo domiciliar, mas que tenha representatividade apenas para os níveis mais agregados, como a nacional ou regional.

Essa questão da representatividade está diretamente relacionada à disponibilidade de dados de consumo da população. São raras fontes de dados sobre os gastos individuais e das famílias de modo que se consiga uma representatividade para pequenas áreas, como cidades. Pesquisas com foco no orçamento e consumo da população geralmente são produzidas contemplando uma pequena amostra, o que limita a desagregação do dado.

D'Antona (2017), ao fazer um levantamento bibliométrico na base da *Scopus* sobre trabalhos das áreas de população-ambiente, verificou que há uma preponderância de análises macro, agregadas ou regionais, geralmente fazendo uso de dados censitários e bases de dados ambientais. Quando verificados trabalhos com abordagem micro, esses foram viabilizados apenas por dados coletados em estudos de caso.

Portanto, dadas as diversas especificidades e diferenciais de padrões de consumo que podem ser observados conforme a escala adotada, análises em níveis cada vez menores (microescalas) podem contribuir de forma significativa para uma melhor compreensão da relação homem, consumo e ambiente e seus determinantes (MARANDOLA; HOGAN, 2007).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os principais desafios metodológicos da área de população-consumo-ambiente foram tratados de forma mais genérica e contextualizada no tópico anterior no que se refere, principalmente, às escolhas das unidades de medida e de análise. Nesta seção do trabalho serão expostas de forma mais objetiva as escolhas metodológicas e suas respectivas justificativas quanto à fonte de dados, métrica de consumo e os modelos APC propostos.

2.1 Fontes de dados – Pesquisa de Orçamento Familiares - POF

O trabalho utilizou como fonte principal de dados a Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF, que é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Esta pesquisa levanta dados detalhados sobre os gastos, rendimentos, estado e condições de vida das famílias brasileiras. Desse modo, a POF tem por objetivo primordial fazer o levantamento da estrutura orçamentária dos domicílios brasileiros, identificando as fontes de rendimentos e as formas de gastos e consumo (IBGE, 2019).

Já foram realizadas pelo IBGE 5 (cinco) edições da POF: 1987-1988, 1995-1996, 2002-2003, 2008-2009 e 2017-2018. Anteriormente, com o objetivo correlato à POF, o IBGE fez o Estudo Nacional de Despesa Familiar – EndEF em 1974-1975.

A unidade básica de pesquisa da POF é denominada “unidade de consumo”, cuja definição é um conjunto de moradores que compartilham da mesma fonte de alimentação ou despesas com moradia. Na teoria, em um único domicílio podem existir mais de uma unidade de consumo, sendo raros domicílios com mais de uma. E para fins de divulgação de resultado da pesquisa, o IBGE adota o termo família para se referir ao conceito de unidade de consumo (IBGE, 2019), embora a definição de família utilizada nas outras pesquisas domiciliares do IBGE, como o Censo, não faça referência a dependência de consumo e orçamentária entre seus membros. Desse modo, para fins didáticos, este trabalho adotará os termos domicílio, unidade de consumo e família como sinônimos.

A última edição da POF foi dividida em sete questionários de coleta de informação, sendo assim estruturadas: POF 1 – características gerais do domicílio e dos moradores; POF 2 – são registradas as aquisições de bens e serviços coletivos, de uso comum da família, como energia elétrica, água, gás, aluguel, etc.; POF 3 – se refere à caderneta de aquisição coletiva, na qual são registradas aquisições de alimentos, bebidas,

produtos de limpeza e etc.; POF 4 – levantamento das aquisições de uso individual, como comunicação, educação, jogos, fumo, lazer, entre outros.; POF 5 – são registrados os rendimentos provenientes do trabalho e de outras formas de obtenção de recursos monetários; POF 6 – são obtidas informações subjetivas sobre a percepção das condições e qualidade da família; e POF 7 – são registradas informações acerca do consumo alimentar de todos os indivíduos de 10 anos ou mais de idade pertencentes à família.

Dessa breve descrição dos questionários da POF, percebe-se a variedade e detalhamento das informações coletada pela pesquisa. Desse modo, para ampliar a capacidade do declarante fornecer com detalhamento as informações das diversas formas de consumo, a POF adota quatro períodos de referência (7, 30, 90 dias ou 12 meses) conforme for a frequência e o valor de aquisição de cada bem ou serviço. Por exemplo, o consumo de determinados alimentos que são mais corriqueiros é registrado no período de referência de 7 dias, já a compra de alguns tipos de bens de consumo que acontecem de forma mais esporádica refere-se aos últimos 12 meses.

A potencialidade e o detalhamento das informações coletadas pela POF são ressaltados por Silveira *et al* (2007) e destacam a importância da pesquisa ao possibilitar a associação de informações sociodemográfica com dados de consumo. No entanto, ainda segundo os autores, trata-se de uma fonte de informação muito pouco utilizada pelos pesquisadores justamente pela dificuldade na leitura, montagem e compreensão das bases.

Cabe ressaltar que, com a evolução da POF e de acordo com as demandas por novas informações conforme novas formas de consumo surgiam, foi havendo um incremento dos quesitos coletados pela pesquisa. Questões sobre aquisições não-monetárias, consumo alimentar efetivo, percepção da qualidade de vida, Escala Brasileira de Insegurança Alimentar – EBIA e novas categorias de produtos foram sendo incorporadas ao longo das edições da POF. Obviamente, gasto com Internet não era uma informação coletada nas primeiras edições da pesquisa, por exemplo. Nesse sentido, uma devida atenção se faz necessária na comparabilidade dos gastos realizados pelas famílias brasileiras entre as diversas edições da POF.

2.1.1 Formas de consumo selecionadas

Dada a impossibilidade operacional de se analisar todas as formas de consumo constantes na POF, foram selecionadas aquelas que atendessem os seguintes critérios: i) itens de consumo coletivo do domicílio; ii) que represente substancialmente o uso de

algum recurso natural (ou decorrente do uso dele) ou emissão de poluentes no meio ambiente; iii) que esteja presente em todas as edições da pesquisa iv) que fosse coletado na grandeza física em todas as edições da POF. Sob esses critérios, foi selecionado o consumo de energia elétrica.

A importância da escolha da energia elétrica é corroborada por Liu, Wang e Yang (2021) ao afirmarem que a evolução do consumo da população em geral está intimamente relacionada à energia usada pelas famílias e é parte importante do metabolismo doméstico.

Frisa-se que alguns itens de consumo sofreram algumas alterações em suas nomenclaturas ao longo das edições da POF, bem como a inclusão/exclusão de algum ou outro item específico. No entanto, o item selecionado por esse trabalho consta com a mesma nomenclatura em todas as edições da POF.

2.2 Abrangência geográfica

A abrangência geográfica da POF a partir da edição de 2002-2003 é para todo o território brasileiro, com seu desenho amostral permitindo a representatividade dos resultados para os níveis nacional, grandes regiões, por situação urbana ou rural e para Unidades da Federação - UF (no caso das UF's, os resultados contemplam apenas o total e situação urbana). Para nove Regiões Metropolitanas - RM e capitais das UF, os resultados permitem inferência apenas para situação urbana (IBGE, 2019).

As POF de 1987-1988 e 1995-1996, por sua vez, foram realizadas apenas nas mesmas 9 RM contempladas nas edições posteriores, quais sejam: Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, além do município de Goiânia e do Distrito Federal. Nessas duas edições da pesquisa objetivava-se essencialmente a atualização das estruturas de consumo dos índices inflacionários produzidos pelo IBGE.

O intuito deste trabalho era inicialmente utilizar todas as edições da POF e, conseqüentemente, ter a maior quantidade possível de observações dos dados, sendo delimitada a abrangência geográfica da análise às RM já citadas.

No entanto, algumas limitações metodológicas, que serão detalhadas no tópico seguinte, foram encontradas para o uso das duas primeiras edições da POF, o que inviabilizou a inclusão delas neste trabalho. Deste modo, já que serão utilizadas as edições da POF que têm representatividade nacional, a área de abrangência escolhida adotada é

para todo o Brasil em detrimento das RM, justamente para poder contemplar as diversas formas e intensidades de consumo que devem existir no Brasil decorrentes dos diferenciais geográficos.

2.3 Medida de consumo

Este trabalho tentou primeiramente agregar os gastos de diversos itens de consumo coletados pela POF e que atendessem aos critérios elencados na subseção 2.1.1 (energia, água e combustíveis) para compor um índice sintético de consumo utilizando a proposta da Pegada Ecológica. A ideia era estimar a quantidade de terra necessária para sustentar todas as formas de consumo selecionadas através da PE *per capita* por domicílio.

Apesar de ser possível encontrar inúmeros estudos nacionais e internacionais com estimativas da PE, a sua grande maioria se aplica a dados agregados nacionais ou subnacionais, como estados e municípios, sendo escassos os estudos que propuseram estimativas de PE domiciliar. Dentre eles pode citar o de Gao e Liu (2011), que calcularam a Pegada Ecológica domiciliar *per capita* na China. Os autores utilizaram o método clássico de cálculo da PE proposto pela GFN, no qual divide o consumo de determinado item pela produtividade média das terras chinesas desse mesmo item e depois multiplica esse valor, que está representado em hectare, pelos fatores de produtividade e equivalência para se chegar aos hectares globais. Caird e Roy (2009) estimaram a PE para 1078 famílias no Reino Unido, mas o método utilizado para chegar nas estimativas foi o preenchimento de uma “calculadora” de PE *on-line* denominada EcoCal e sem detalhar o cálculo utilizado pela calculadora. De mesma forma, sem detalhar de forma satisfatória o cálculo realizado, Holden (2004) verificou na Noruega se há diferenças na PE das famílias previamente classificadas como “verdes” ou comuns. Na literatura brasileira, não foram encontrados trabalhos que se propusessem estimar a PE ao nível domiciliar, sendo verificados estudos apenas nos níveis nacional, estadual ou municipal (BECKER *et al.*, 2012; FEITOSA; GÓMEZ; CÂNDIDO, 2013; SANTOS, M. F. R. F. DOS; XAVIER; PEIXOTO, 2008; TIMMERS *et al.*, 2015).

Mas é importante destacar que as POF 1987-1988, 1995-1996 e 2018-2019 têm uma especificidade. As informações sobre o consumo dos itens selecionados foram coletadas apenas em termos financeiros, ou seja, quanto se gastou em reais com combustível, água, etc. Em 2018-2019, a exceção é a energia elétrica, cujo consumo é

coletado em grandeza física, no caso em kWh (quilowatt/hora). As edições de 2002-2003 e 2008-2009 da POF coletaram e divulgaram o consumo de todos os itens em termos monetário e físico. O consumo de água, por exemplo, é disponibilizado em litros e em reais. Desse modo, como o método proposto necessita da grandeza física do consumo (litros, m³, kWh, etc.), para a estimativa da PE dos anos 1987-1988, 1995-1996 e 2018-2019 seria preciso fazer a transformação da grandeza monetária do consumo para unidade física.

Com os dados de consumo em grandeza física, a abordagem inicialmente proposta era de transformar todas as formas de consumo em emissão de CO₂ equivalente, depois, baseada em fatores de absorção de poluentes, estimar a área de floresta em hectare necessária para neutralizar esses poluentes, concebendo assim o conceito de pegada ecológica. O método requereria, portanto, uma série histórica de fatores de conversão que seriam provenientes de distintas fontes, conforme o item específico de consumo que está sendo analisado e o período de análise. Esses fatores seriam escolhidos de acordo com as suas pertinências diante do contexto brasileiro.

No entanto, não foram encontrados na literatura fatores de conversão adequados para a aplicação do método da PE em todos os anos da POF. Por exemplo, para o cálculo da PE dos anos de 1987-1988 e 1995-1996, o primeiro passo seria transformar o consumo de energia elétrica em reais para consumo em kWh. Para tanto, seria preciso saber qual era o valor de um kWh no Brasil nesses períodos, mas não foi encontrado por esse trabalho informações sistematizadas e confiáveis sobre esse aspecto e para essa época. Para a transformação do consumo de água, também não foram encontrados o quanto custavam nos anos das duas primeiras edições da POF as unidades do m³. Além disso, diferentemente da energia elétrica que tem uma tarifação nacional, a água tem seus preços definidos regionalmente ou até municipalmente, o que exigiria a coleta dos preços para cada Estado, município ou adoção de um preço médio nacional. Para ambas as opções, não foram encontrados dados confiáveis sobre os valores desses itens de consumo para os anos mais antigos.

Mesmo sob a hipótese de que conseguisse o consumo de todos os itens de consumo em grandeza física, a indisponibilidade de uma série histórica de fatores de conversão continuaria limitando o trabalho. Exemplificando novamente: supondo que tivéssemos obtido o consumo de energia elétrica em kWh para todos os períodos de análise, o próximo passo seria estimar a quantidade de CO₂ equivalente, o que, para tanto, seria preciso informação do quanto de emissão desse gás é emitido para a geração de um

kWh para cada ano da pesquisa. Essa informação não foi encontrada para todo o período de análise. Além disso, para uma informação mais fidedigna, seria preciso a consideração das diferentes composições histórica da matriz energética do Brasil ao longo do tempo. Essa indisponibilidade de fatores de conversão adequados é mais evidente para os anos mais antigos da pesquisa, que são da década de 80 e 90.

Diante de todas essas limitações, o trabalho concluiu que não era possível estimar uma série histórica da Pegada Ecológica no Brasil considerando todo o período de análise de modo consistente e fiel o suficiente para os fins propostos. Diante disso, optou-se por utilizar apenas o consumo de energia elétrica, em sua grandeza física e somente para as três últimas edições da POF (2002-2003, 2008-2009 e 2017-2018). Portanto, o objetivo solidificou-se no cálculo dos efeitos de APC no consumo de energia elétrica considerando três observações ao longo do tempo.

A vantagem de usar os itens de consumo individuais, sem agregá-los em um único indicador, é que se pode verificar possíveis efeitos diversos de APC conforme o item analisado. Por exemplo, é possível verificar que determinado ano exerceu um forte efeito no consumo de energia elétrica, mas não para a água.

Para proceder posteriormente com a análise de APC, o consumo de energia elétrica do domicílio é calculado em termos *per capita* e será associado à idade e à coorte do chefe do domicílio. Utilizar as informações do chefe do domicílio, em vez da média dos moradores, por exemplo, vem se mostrando como a opção mais aceita na literatura de P-C-A quando se pretende marcar o estágio do ciclo de vida de um agregado familiar (CHANCEL, 2014; DIÓGENES; OJIMA, 2020; REZENDE; WAJNMAN; HELLER, 2006).

As coortes foram obtidas através da diferença entre a idade do chefe e o ano de realização da pesquisa. Como as pesquisas se referem a dois anos, foi adotado o primeiro ano de cada edição como referência (2002, 2008 e 2017). Desse modo, foi obtido o consumo *per capita* de energia elétrica dos domicílios para os grupos etários e de coorte do chefe do domicílio, além do período da realização da pesquisa.

Deaton (2018) faz a ressalva quanto às limitações quando adota-se o domicílio ou família e define-se a coorte pela idade do chefe. Segundo autor, não haveria problemas se supuséssemos que os agregados familiares, uma vez formados, fossem indissolúveis. No entanto, na prática as famílias podem não ser permanentes; elas mudam com divórcios, novos casamentos e pessoas mais velhas indo morar com seus filhos, por exemplo, de maneira que as famílias anteriormente “velhas” se tornam “jovens” nos anos

seguintes ou vice-versa. Mesmo considerando essa limitação, pelos argumentos já expostos anteriormente, este trabalho considera o domicílio como a melhor e mais profícua unidade de análise sob a perspectiva da relação população-consumo-ambiente.

2.4 Modelo de idade-período-coorte - APC

2.4.1 Descrição teórica dos modelos APC

Identificar ou quantificar efeitos geracionais e diferenciá-los de outros efeitos temporais não é uma atividade trivial. Essa complexidade se deve em grande parte às dificuldades metodológicas que ainda não foram devidamente solucionadas de forma generalizada, além de existirem inúmeros fatores socioeconômicos de confundimento (CHAUVEL, 2013).

De uma forma geral, a classe de modelos que buscam identificar não só os efeitos de coorte, mas também os de idade e de período, é denominada de Modelos de APC (*Age-Period-Cohort*). A análise APC tem a capacidade singular de representar todo o complexo de fatores sociais, históricos e ambientais que afetam concomitantemente os indivíduos de uma população ao longo do tempo. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada para compreender questões de caráter duradouro nos estudos de mudança social, etiologia de doenças, envelhecimento e processos e dinâmicas populacionais (YANG; LAND, 2013a).

Importante esclarecer que o amparo teórico dos modelos APC não consiste em afirmar que uma idade, um período ou uma coorte específicos tem efeito sobre determinada variável. O pressuposto do modelo é que as idades, os períodos e as coortes são apenas proxies de outras variáveis que realmente tem relação causal com a variável de interesse (FOSSE, 2020). Bell (2020) ilustra bem essa questão ao afirmar que não é um ano específico que tem efeito, mas a guerra, recessão ou políticas de saúde que estão ocorrendo naquele momento. Além disso, uma única variável pode operar através de mais uma dimensão APC. A guerra e mudanças nas políticas públicas de saúde, por exemplo, podem exercer um efeito de período e de coorte, além de influenciar apenas determinadas idades. Portanto, quando for afirmado que idade, período ou coorte têm um determinado efeito, na verdade isso é “apenas um atalho para a afirmação mais longa de que as variáveis causais associadas a cada uma das três dimensões APC têm um efeito causal no resultado” (FOSSE; WINSHIP; DAOUD, 2020, p. 87).

Sinteticamente, a abordagem APC trata-se de modelos regressivos, nos quais o comportamento ou variabilidade de uma variável de interesse (variável dependente) é explicada pelas variáveis explicativas ou independentes, no caso a idade, o período e a coorte da população. De forma genérica, um modelo APC possui a seguinte representação:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \theta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

- Y_{ijk} é a variável de interesse na idade i , no ano j e na coorte k ;
- μ é o intercepto e representa a média do efeito ou nível global para Y_{ijk} ;
- α_i representa o efeito da idade i ;
- β_j representa o efeito do ano j ;
- θ_k representa o efeito da coorte k ; e
- ε_{ijk} representa o erro aleatório.

Chauvel (2013) bem ilustra a intuição dos modelos de APC ao afirmar que eles são nada mais nada menos do que uma modelagem estatística do Diagrama de Lexis, ferramenta gráfica muito tradicional entre os demógrafos usada para distribuir os eventos em função da idade, da coorte e do período.

2.4.2 Estrutura e disposição dos dados para análises APC

Dada a dificuldade de se acompanhar todo o ciclo de vida de sucessivas coortes reais, a técnica de APC comumente se utiliza da adoção de seguidas, periódicas e independentes pesquisas transversais (ou *cross-section*), que mantenham minimamente a metodologia adotada e as informações coletadas, de modo que seja possível acumular uma sucessão de dados por determinado período da mesma característica e da mesma população (mesmo que seja de forma probabilística, quando são utilizadas amostras no processo de coleta) (DEATON, A.; PAXSON, 1994). Agrupando os dados coletados através de médias, proporções ou taxas por grupos etários em cada período, pode-se construir uma tabela retangular por idade e período, em que as colunas correspondem às observações específicas por idade em cada ano e as linhas são observações de cada idade ao longo dos anos.

Essa estruturação de dados forma a tabela padrão de coorte e, analisando especificamente as linhas diagonais da tabela, permite que o pesquisador consiga acompanhar em diferentes momentos ao longo do tempo uma mesma coorte, nesse caso, uma coorte sintética. Por exemplo, as pessoas com 30 anos em 2010 serão as mesmas pessoas com 40 anos em 2020, o que permite a observação da mesma informação e da mesma coorte (nesse caso, a coorte que nasceu em 1980) em dois períodos de tempo. Yang e Land (2013a) generalizam essa intuição destacando que a ligação das células diagonais da tabela produz as observações pertencentes às pessoas nascidas no mesmo ano e que envelheceram juntas. A Tabela 1 exemplifica a referida disposição dos dados, composta por 4 idades (a60, a70, a80 e a90), 4 períodos de tempo (p1980, p1990, p2000 e p2010) e 7 coortes (c1890 a c1950)

Tabela 1 – Exemplo de disposição de dados de múltiplas pesquisas transversais

	p1980	P1990	P2000	P2010
a60	c1920	c1930	c1940	c1950
a70	c1910	c1920	c1930	c1940
a80	c1900	c1910	c1920	c1930
a90	c1890	c1900	c1910	c1920

Fonte: Adaptado de Yang e Land (2013a).

Na maioria dos casos, os dados de múltiplas pesquisas transversais são estruturados em tabelas retangulares de idade por período agrupados com o mesmo espaçamento (5 ou 10 anos, por exemplo). Os mesmos dados podem ser apresentados também em tabelas de coorte por período, porém nessa forma perde-se a característica retangular da tabela. Se os dados forem coletados de forma que torne a tabela retangular na estrutura de coorte por período, eles se desequilibram na disposição idade por período. Esse desequilíbrio dos dados é inerente ao se utilizar múltiplas pesquisas transversais. Além disso, importante ressaltar que a escolha da estrutura dos dados pode inclusive interferir nas estimativas dos efeitos de idade, período e coorte (BELL, 2020).

Uma peculiaridade dos dados da POF é que ela é uma pesquisa que não apresenta uma periodicidade regular entre as suas realizações. Os intervalos entre as três edições utilizadas por este trabalho é de 6 e 9 anos. Esse fato por si impede a utilização de espaçamentos idênticos nos agrupamentos das idades e dos períodos. Por consequência, ao estruturar os dados da POF em uma tabela padrão de análise APC, uma mesma coorte pode ser observada no mesmo grupo etário em duas edições da pesquisa. Ou seja, há uma

sobreposição de coortes quando se acompanha a linha diagonal da tabela. Este fato é uma limitação decorrente dos dados da POF, que pode causar uma espécie de confundimento ou de suavização entre os diferenciais de coorte e impede a construção de uma tabela de coorte padrão.

Os dados da POF dispostos no formato clássico das tabelas de coorte estão representados na Tabela 2, no formato de idade (nas linhas) por período (nas colunas). As coortes correspondentes estão representadas nas células diagonais da tabela. Os períodos de tempo são definidos pelos anos de realização da pesquisa: 2002, 2008 e 2017. As idades foram agrupadas em intervalos etários decenais, de 10-19 até 80-89 anos. Já as coortes foram definidas pela diferença entre o ano e as idades e agrupadas decenalmente, o que resultou na coleta de informações desde coortes de 1913 (que foram as pessoas com 89 anos em 2002) até cortes mais recentes de 2007 (pessoas que tinham 10 anos em 2017). Perceba que utilizando os dados dessa forma não há o acompanhamento de uma coorte ou grupo de coortes único na linha diagonal. A coorte de 1950, por exemplo, foi alocada no grupo etário de 50-59 anos em 2002, mas ela não seguiu a linha diagonal na pesquisa seguinte, ou seja, em 2008 essa coorte se manteve no mesmo grupo etário observado em 2002.

Tabela 2 – Disposição dos dados de consumo da POF 2002, 2008 e 2017

Grupo Etário	2002	2008	2017
10-19	1983 - 1992	1989 - 1998	1998 - 2007
20-29	1973 - 1982	1979 - 1988	1988 - 1997
30-39	1963 - 1972	1969 - 1978	1978 - 1987
40-49	1953 - 1962	1959 - 1968	1968 - 1977
50-59	1943 - 1952	1949 - 1958	1958 - 1967
60-69	1933 - 1942	1939 - 1948	1948 - 1957
70-79	1923 - 1932	1929 - 1938	1938 - 1947
80-89	1913 - 1922	1919 - 1928	1928 - 1937

Fonte: Elaboração própria.

Além disso, comumente e quando se tem uma grande quantidade de observações ao longo do tempo, a disposição dos dados nesse formato clássico se utiliza das médias da variável de interesse por idade e período. Contudo, no caso deste trabalho, tem-se disponível apenas 3 períodos observados ao longo do tempo. Nesse sentido, se for utilizada a média do consumo por grupos etários e períodos como disposto na Tabela 2, a base de dados conteria apenas 28 observações de consumo e o modelo APC teria que

estimar 21 parâmetros (que representariam os efeitos dos 8 grupos etários, 3 períodos e 10 coortes). Ou seja, seria constituída uma base de dados com poucas observações em relação ao grande número de parâmetros a serem estimados pelo modelo de regressão, o que consiste em um sério problema do ponto de vista estatístico para quase todos os métodos de análise de regressão.

Ademais, outras críticas que podem ser atribuídas no uso dos dados agregados através de médias do consumo consistem na suavização da variabilidade dos possíveis efeitos APC, perde-se informações acerca das variabilidades individuais entre os domicílios, diminui a precisão do modelo e, a rigor, não estariam sendo identificados os efeitos no consumo dos domicílios, mas sim na média do consumo.

É por estas razões que o trabalho utilizará na modelagem proposta, que será apresentada mais adiante, os dados individualizados de consumo de cada domicílio. Ou seja, cada linha do banco de dados consiste em um domicílio e que estará associado ao respectivo consumo *per capita*, idade e coorte do chefe do domicílio, além do período de análise. Desse modo, os dados das 3 edições da POF foram empilhados formando uma única base de dados e para a expansão da amostra, as observações foram ponderadas pelos respectivos pesos amostrais. Além disso, com intuito de se evitar seletividade dos dados, a análise foi limitada aos domicílios chefiados por pessoas de até 89 anos.

2.4.3 *Problema de Identificação dos modelos APC*

A maior limitação dos modelos de APC apontada pela literatura é o denominado Problema de Identificação, que se refere a presença da perfeita multicolinearidade entre as variáveis explicativas idade, período e coorte. Há, de fato, uma relação linear perfeita entre elas, já que a coorte c sempre será definida pelo período p menos idade a , isto é, $c=p-a$. Isso implica dizer, do ponto de vista dos dados, que um efeito linear de coorte é perfeitamente idêntico aos efeitos lineares conjuntos de período e idade, não sendo possível fazer a distinção entre eles. Sendo assim, é impossível atribuir qualquer mudança da variável resposta a um dos três componentes do modelo APC (YANG; LAND, 2008).

Essencialmente, um modelo de regressão busca estimar o efeito de cada variável independente mantendo as outras variáveis constantes. O que mede esse efeito é o quanto a variável dependente de interesse varia em relação à essa variável explicativa mantendo as demais constantes. No caso deste trabalho, por exemplo, o modelo vai observar a variação no consumo quando houver variação da coorte mantendo a idade e o período

constantes. Entretanto, o problema de identificação nos modelos APC reside justamente no fato de que ao fixar duas das variáveis explicativas (idade e período, por exemplo), não há espaço para variação da terceira (no caso, a coorte) porque ela já está definida pela diferença entre as duas anteriores, sendo impossível, portanto, estimar o seu efeito linear (FOSSE; WINSHIP; DAOUD, 2020).

Essa indeterminação pode ser entendida também de forma mais intuitiva, além do ponto de vista matemático/estatístico. Perceba que o conceito de efeito de coorte definido anteriormente, em outros termos, não é nada mais do que o efeito de período em indivíduos de certa idade. Ou seja, ao identificar possível mudança social no comportamento do consumo, não se pode atribuir de forma definitiva se isso se deve ao efeito de coorte ou do período e da idade associados.

A implicação estatística e algébrica prática do Problema de Identificação é que devido à presença de variáveis explicativas perfeitamente correlacionadas, será produzida uma matriz singular não identificável, a partir da qual é estatisticamente impossível estimar coeficientes únicos para os efeitos de idade, período e coorte, já que haverá infinitas estimativas possíveis para os coeficientes das variáveis explicativas para um mesmo valor da variável resposta. Isso implica dizer que o modelo pode ser parametrizado de diferentes maneiras e ainda produzir resultados idênticos. Em relação à essa limitação dos modelos APC, não é possível estabelecer uma solução estatística para a estimação dos três efeitos do modelo (BELL, 2020)

O Problema de Identificação tem sido um tópico de intensa discussão e pesquisa desde os anos de 1970. Embora tenha sido proposta uma variedade de abordagens para resolver o Problema de Identificação, cada uma tem suas próprias limitações e nenhuma propõe uma solução estatística ao problema sem impor fortes suposições (BELL; JONES, 2014). Fosse e Winship (2019), de forma esquemática, diferenciam os principais métodos propostos na literatura em dois grandes grupos: abordagens que associam variáveis ou indicadores alternativos a alguma das três dimensões APC e métodos que adicionam restrições ao modelo.

O primeiro grupo é denominado pela literatura como *Proxy Variable Method* ou *Mechanism-based Approach* (Método da variável proxy). Nessa abordagem, uma (ou mais) das variáveis idade, período e coorte são substituídas por outras variáveis, proxies ou indicadores que também reflitam os fenômenos biológicos, psicológicos ou sociais/contextuais. Ao utilizar medidas associativas às dimensões APC, quebra-se a linearidade perfeita entre as variáveis explicativas e assim é possível estimar os

coeficientes do modelo. A principal limitação dessa abordagem é a dificuldade de se definir essas variáveis associativas, já que é grande a possibilidade de haver outros aspectos relacionados às medidas APC e não contemplados por essa variável. Por exemplo, como os efeitos de período geralmente são associados ao contexto econômico, é razoável substituir essa dimensão por uma *proxy* de indicadores econômicos, como PIB, inflação, etc. Contudo, é muito provável que existam outros efeitos de períodos não relacionados às questões econômicas e, portanto, não contemplada pela *proxy* adotada. Ou seja, “estas medidas não captam todos os aspectos, as possíveis influências, de cada dimensão” (OLIVEIRA; RIOS-NETO, 2004, p. 32). Nesse caso, os efeitos estimados dos modelos estarão enviesados. Uma aplicação desta abordagem foi feita por Oliveira e Rios-Neto (2004), que substituíram a coorte por uma medida contínua de anos de estudo.

Já a característica do segundo grupo de métodos é o uso de restrições no modelo. Essa estratégia consiste em incluir alguma restrição ao modelo, que pode ser mecânica (automática) ou arbitrada pelo pesquisador, de forma que torne possível a estimação dos parâmetros do modelo e assim superar o problema de identificação. Essas restrições devem ser amparadas em consistente arcabouço teórico e em suposições razoáveis (THIJS; GROTENHUIS; SCHEEPERS, 2020).

Geralmente, as restrições que são arbitradas pelo pesquisador consideram que uma ou duas das variáveis de idade, período e coorte são nulos, ou seja, iguais a zero. Esse tipo de restrição, podendo ser denominada de *Omitted variable approach* ou Variável *drop-one*, é amplamente utilizada na literatura e na prática ela descarta do modelo uma ou duas das três variáveis de idade, período e coorte. Bardazzi e Pazienza (2017), por exemplo, julgaram razoável atribuir todas as tendências observáveis aos efeitos de idade e coorte, restringido os efeitos de período igual a zero. Fosse e Winship (2019) criticam essa abordagem afirmando que eliminar uma variável é equivalente a afirmar que ela não tem efeito, o que normalmente deve envolver suposição demasiadamente frágeis.

Outras restrições arbitradas pelos pesquisadores podem considerar que algumas idades, coortes ou períodos específicos (geralmente adjacentes) têm efeitos idênticos. A ideia básica dessa abordagem, conhecida como *Equality constraints* ou *Constrained Generalized Linear Models estimator* – CGLIM, é considerar que os efeitos para dois grupos de idade, período ou coorte são iguais entre si, o que diminui a colinearidade perfeita entre as variáveis explicativas do modelo, superando assim o problema de identificação. As aplicações mais comuns desse tipo de restrição são imposições para que os efeitos das duas primeiras faixas etárias ou coortes sejam iguais (LUO, 2013).

Algumas pesquisas que utilizaram uma diversidade de restrições podem ser citadas. Oliveira e Rios-Neto (2004) restringiram os coeficientes das duas coortes mais velhas ao valor nulo, ou seja, não apresentam efeito na variável de interesse. Kraus *et al.* (2015) agruparam as três primeiras coortes sob a suposição de que elas possuem o mesmo efeito. Mori *et al.* (2000) adotaram uma suposição de mudanças graduais nas estimativas dos parâmetros, restringindo os efeitos dos grupos de idade, período e coorte adjacentes como iguais.

A maior limitação dos métodos que impõem uma ou mais restrição ao modelo é que a decisão de quais categorias de idade, período ou coorte possuem efeitos similares deve ser baseada em fortes argumentos teóricos e evidências empíricas conhecidas previamente. Entretanto, Fosse e Winship (2019) ponderam que na prática muitos trabalhos vêm impondo tais restrições sem embasamento teórico suficientemente consistente e, portanto, de forma arbitrária. Além disso, vem sendo verificado que modelos com diferentes restrições de igualdade podem produzir estimativas muito diferentes para efeitos de idade, período e coorte e ao mesmo tempo apresentar medidas de ajuste idênticas, o que pode enganar os pesquisadores na escolha das restrições mais adequadas (YANG; LAND, 2013a).

Além dos métodos que utilizam restrições arbitradas pelo pesquisador, foram também propostos métodos para superação do problema de identificação cujas restrições são mecânicas ou automáticas, como é o caso do Estimador Intrínseco – EI proposto por Yang e Land (2004). Os autores argumentam que a principal vantagem do EI é que, através de uma manipulação estatísticas/algébrica, é possível estimar os coeficientes do modelo sem a necessidade de uma restrição arbitrada pelos autores. Nesse sentido, os autores alavancam o EI como sendo um dos métodos mais parcimoniosos a serem utilizados em modelos APC. Chauvel (2013) aponta o EI como o mais radical na intenção de superar o desafio do problema de identificação pelo fato de impor poucas restrições e o mais acessível por se tratar de um modelo de fácil implementação nos softwares estatísticos.

No entanto, o posicionamento dos idealizadores do EI, que atribui ao método quase que um status de solução definitiva para a identificabilidade dos parâmetros nos modelos APC, vem sendo criticado por vários autores. A principal delas é que, apesar de poucas, as suposições feitas no IE são extremamente difíceis, senão impossíveis, de verificar em evidências empíricas, caracterizando como escolhas metodológicas demasiadamente arbitrárias (BELL; JONES, 2018; LUO, 2013; O'BRIEN, 2011). Em

outros termos, os críticos do IE afirmam que o método faz tantas restrições quanto os métodos anteriormente citados, com a diferença que elas no IE são mecânicas e ateóricas, podendo atribuir arbitrariamente efeitos a qualquer um dos componentes de APC. Comparativamente, Bell e Jones (2014) afirmam que os métodos que explicitam e justificam as restrições com base em argumentos teóricos e em informações *a priori* são mais confiáveis do que o EI, que adota uma abordagem mecânica para a solução problema de identificação e por se basearem em restrições muitas vezes arbitrárias, implícitas e, portanto, impossível de verificar.

Outro método proposto para abordar modelos APC é o Modelo Hierárquico - HAPC (também chamado de Modelo Multinível, Modelo Misto ou Modelo de Efeitos Aleatórios). A essência dos modelos hierárquicos consiste na capacidade de separar a variabilidade da variável dependente em diversos níveis e identificar o quão diferente e importantes são essas diversas fontes de variação. Já há uma vasta aplicação desse tipo de modelo nas ciências sociais, tendo uma grande utilização em estudos de desempenho escolar, por exemplo, onde as características dos alunos, das turmas e das escolas são alocados em diferentes níveis e de como eles afetam o desempenho escolar (ANDRADE; LAROS, 2007).

A aplicação dos modelos hierárquicos para análises APC foi inicialmente proposto por Yang e Land (2006) especialmente quando os dados são coletados em níveis individuais, sendo possível construir as tabelas padrão de coorte de tal forma que diferentes intervalos temporais podem ser usados para os agrupamentos de idade, período de tempo e coorte, como é o caso do presente trabalho. Disponibilizados desta forma, individualizados, os dados de repetidas pesquisas transversais podem ser considerados inerentemente hierárquicos ou de multinível.

O pressuposto básico adotado em uma análise longitudinal feita através do acúmulo de dados transversais é a observação de indivíduos ou domicílios em vários anos, criando uma estrutura de multinível de momentos aninhados pelos indivíduos/domicílios. De fato, o desenho transversal repetido se apresenta como uma estrutura multinível no qual as observações de nível individual ou domiciliar são aninhadas e classificadas simultaneamente pelos de nível superior definidos por período de tempo e coorte de nascimentos (YANG; LAND, 2013a). Portanto, podemos considerar que períodos e coortes são tratados como contextos em um nível superior, nos quais os indivíduos/domicílios residem.

Os métodos anteriormente relatados (como os modelos lineares com restrição e o EI) estimam os efeitos fixos de idade, período e coorte. Isso ignora a possibilidade de que os indivíduos/domicílios de uma mesma coorte e ano da pesquisa possam ter compartilhado efeitos aleatórios e de que os seus comportamentos sejam correlacionados. Ou seja, os domicílios no mesmo grupo de coorte ou ano de pesquisa podem ser semelhantes em seu consumo devido ao fato de compartilharem componentes de erro aleatório contextual não medido e exclusivos de suas coortes ou períodos da pesquisa (YANG; LAND, 2008).

Já no modelo hierárquico, como proposto por Yang e Land (2006), a modelagem dos dados por idade, período e coorte é realizado em dois níveis. As informações sobre a idade são modeladas ao nível individual (1º nível), considerando que essas informações dizem respeito às decisões individuais das pessoas e tem relação justamente com o processo de envelhecimento, sendo modelados sob abordagem de efeitos fixos. Já o período e a coorte são modelados em um nível superior (2º nível) e estão mais associados aos contextos sociais e econômicos vivenciados pelas famílias, sendo estes modelados sob a abordagem de efeitos aleatórios, é a parte aleatória do modelo. Isso significa simplesmente que os efeitos de período e coorte podem variar. O modelo hierárquico proposto, portanto, é de efeitos mistos (fixos para a idade e aleatórios para período e coorte). Segundo os seus proponentes, a abordagem HAPC não incorre no problema de identificação porque os três efeitos não são considerados lineares e aditivos no mesmo nível de análise.

Bell e Jones (2018), apesar das ressalvas que fazem ao método, destacam a utilidade intuitiva dos modelos hierárquicos para análises APC ao tratar períodos e coortes como contextos, e idade como uma característica individual, já que passamos de um período para outro com o passar do tempo e pertencemos a grupos de coortes que possuem características comuns, enquanto o envelhecimento é um processo que ocorre individualmente.

A partir desta abordagem, além de identificar os efeitos APC, pode-se avaliar a importância relativa dos dois contextos, coorte e período, na compreensão das diferenças individuais. Ou seja, são quantificadas as variações nas respostas de nível individual por períodos e coortes.

De forma sintética, o modelo multinível aplicado em estudos APC tem como potencialidades a estimação de coeficientes aleatórios para variabilidade entre períodos e coortes; estimam os efeitos de idade (dentro de cada período e coorte); estimam os efeitos

contextuais (entre os diferentes períodos e coortes); ajustam para possível confundimento entre fatores de mesmo nível e de níveis diferentes e estimam possíveis interações entre os efeitos individuais e contextuais.

As críticas ao HAPC são semelhantes às aquelas atribuídas ao EI. Alguns autores argumentam que esses modelos não superam de forma definitiva o problema de identificação, além de só funcionarem sob uma série de restrições mecânicas baseadas em suposições que dificilmente são verificáveis (BELL; JONES, 2014; LUO, 2013). Bell e Jones (2018), em um estudo que procurou validar o HPCA através de dados simulados e reais, verificaram que os resultados dos efeitos produzidos pelos modelos hierárquicos podem as vezes ser influenciados substancialmente pela estrutura de dados e de como eles foram agrupados, podendo chegar a conclusões enganosas.

Mais recentemente foram desenvolvidos outros métodos para superar o problema de identificabilidade dos modelos APC, como *Zero Linear Trend Estimator* (O'BRIEN, 2011) e o modelo *APC Detrended* – APCD (CHAUVEL, 2013). No entanto, esses métodos geralmente objetivam identificar apenas os efeitos não lineares, ou seja, são estimados os efeitos a partir dos desvios das tendências lineares que podem ser identificadas, o que não é objetivo desta pesquisa. Além disso, esses métodos são majoritariamente aplicados para estimar apenas os efeitos de coorte, ignorando ou eliminando a idade e o período.

Após essa revisão dos métodos, a conclusão quase que unânime entre os pesquisadores que se dedicam à temática é que não há solução estatística ou técnica para o problema de identificação dos modelos APC, já que não se trata apenas de um problema de ordem estatística propriamente dito, mas sim da definição conceitual do modelo. Desse modo, não há de se falar em identificação dos efeitos de APC sem a adoção de suposições para amparar as necessárias restrições ao modelo. Pelo menos uma restrição é necessária para identificar uma solução dentro de um número infinito de soluções que existem como consequência da perfeita linearidade entre idade, período e coorte. Estas restrições devem estar devidamente justificadas com base na teoria e claramente declaradas nos trabalhos. Assim sendo, os métodos que alegam ter resolvido o problema de identificação mecanicamente devem ser considerados com certo ceticismo (BELL, 2020). Utilizando os termos adotados por Thijs, Grothenhuis e Scheepers (2020), as questões metodológicas dos modelos de APC se resumem às suposições. Mas, enfim, esses são dilemas de qualquer modelo ou esquema teórico ou empírico enfrentam conscientemente ou não.

2.4.4 Modelos e estratégias para estimação adotados

Precedente à análise inferencial do trabalho, a estatística descritiva dos padrões de consumo será realizada a partir da análise de medidas de tendência central e de dispersão.

Quanto à modelagem do consumo a partir das variáveis de idade, período e coorte, propõe-se um modelo de regressão linear e a adoção da transformação logarítmica dos valores de consumo para normalizar e linearizar os dados. O modelo pode ser expresso conforme a seguir:

$$\log(Cons_{ijkq} + 1) = \mu + \sum_i \alpha_i Ind.GrupoEtário_{iq} + \sum_j \beta_j Ind.Ano_{jq} + \sum_k \theta_k Ind.Coorte_{kq} + \varepsilon_{ijkq}$$

Onde:

- $Cons_{ijkq}$ é o consumo *per capita* domiciliar observado no domicílio q, de idade i, no ano j e de coorte k;
- μ é o intercepto e representa a média do efeito ou nível global para $Cons_{ijkq}$;
- $Ind.GrupoEtário_{iq}$, $Ind.Ano_{jq}$ e $Ind.Coorte_{kq}$ são indicadoras do Grupo Etário i, Ano j e Coorte k, respectivamente, do domicílio q;
- α_i representa o efeito da idade i;
- β_j representa o efeito do ano j;
- θ_k representa o efeito da coorte k; e
- ε_{ijkq} representa o erro aleatório.

A adição de 1 unidade nos valores do consumo é devida pela existência de alguns domicílios terem apresentado o consumo igual a zero. Para fins de análise dos resultados, foi adotada a primeira categoria de idade (10-19), período (2002) e coorte (1912-1919) como de referência e igual a zero, a partir das quais os coeficientes estimados para as outras categorias são comparadas.

Devido ao problema de identificação do modelo já descrito, é preciso explicitar as estratégias para estimação dos efeitos de idade, período e coorte, os diferentes modelos propostos e as restrições adotadas em cada um deles.

Serão estimados inicialmente 6 modelos parciais ou reduzidos adotando apenas uma ou duas dimensões APC como variáveis explicativas. Assim, teremos modelos cujo comportamento do consumo será explicado apenas pela idade (modelo A), pelo período

(modelo P) ou pela coorte (modelo C) e pelos pares de idade e período (modelo AP), idade e coorte (AC) e período e coorte (PC). Nesses modelos parciais está subentendida a ideia de que as dimensões excluídas tem efeito nulo no consumo. Por exemplo, no Modelo A são estimados os efeitos brutos da idade, ignorando os possíveis efeitos de período e coorte; no Modelo AC são estimados os efeitos de idade e coorte e considerado que os efeitos de período são nulos. Esses modelos parciais utilizam o método *Omitted variable approach* já descrito anteriormente, sendo a única restrição imposta a omissão ou exclusão de uma ou duas das variáveis APC. A variável idade nos modelos parciais será tratada como variável categórica ou numérica para fins de comparação. Nenhuma outra restrição adicional é necessária para estimar os coeficientes do modelo.

Em seguida, será estimado o modelo completo considerando os efeitos de idade, período e coorte (modelo APC). Inicialmente, será estimado um modelo completo sem nenhuma restrição, apenas adotando os componentes em intervalos de tempo de diferentes comprimentos, que, segundo Yang e Land (2008), já é o suficiente para superar o problema de identificabilidade, muito embora Bell e Jones (2014) pondera-se que isso não seja capaz de resolver completamente o problema quando usada nos modelos lineares convencionais, pois os resultados podem ser sensíveis aos comprimentos de intervalo específicos. Esse modelo completo sem restrição também será estimado adotando a idade como variável categórica ou numérica.

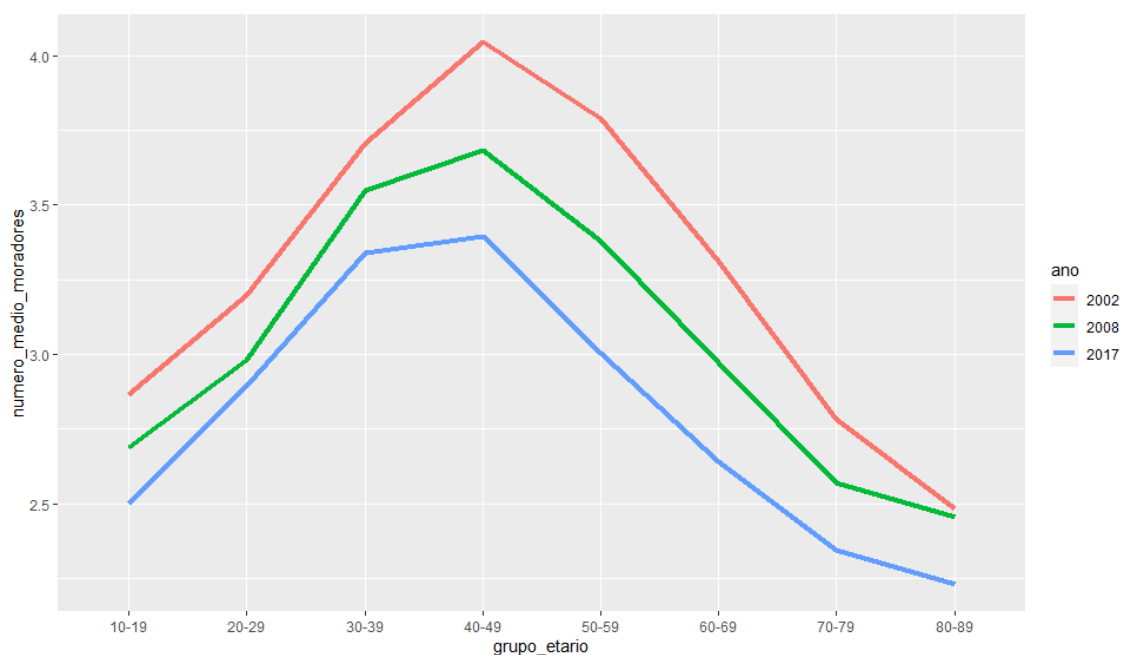
Em seguida, serão estimados modelos completos com adoção de restrições mais explícitas. Conforme defendido por Bell e Jones (2020), só em modelos com restrições devidamente explicitadas e justificadas seria possível superar plenamente o problema de identificação e encontrar resultados confiáveis. Nesse sentido, foram considerados dois modelos completos em que adotam restrições de igualdade de categorias adjacentes. O primeiro modelo APC com restrição adotou como pressuposto que os efeitos dos dois últimos grupos etários (70-79 e 80-89) no consumo *per capita* domiciliar são iguais. Na prática, isso significa que os coeficientes dessas duas categorias no modelo serão iguais. Essa restrição está baseada no argumento de que as principais variáveis que fazem com que o consumo varie entre as idades do chefe do domicílio são a composição, o tamanho e a renda do domicílio e que elas não variam significativamente nos dois últimos grupos etários (ASLAM; AHMAD, 2018).

Já o segundo modelo completo com restrição adota a igualdade dos efeitos das duas coortes mais antigas (1912-1919 e 1920-1929). Esta restrição é amparada pela suposição de que as identidades de coortes adjacentes se confundem à medida em que

elas envelhecem, sendo, portanto, mais difícil diferenciá-las a partir de suas características e comportamentos (OLIVEIRA; RIOS-NETO, 2004).

Além dos modelos parciais e completos, propõe-se a utilização de modelos alternativos que utilizam a abordagem *Proxy Variable Method* já explicitado anteriormente. Nessa abordagem são utilizadas outras variáveis que estão associadas à alguma dimensão APC e ajudam a determinar os efeitos de idade, período e coorte. Nesse sentido, este trabalho adota a hipótese de que um dos fatores que tem forte relação com efeitos de idade é o número de moradores do domicílio, que exerce um efeito de escala no consumo *per capita* de energia elétrica domiciliar, como já discutido anteriormente. No Gráfico 1 pode-se verificar a relação entre o número médio de moradores e a idade do chefe do domicílio em 2002, 2008 e 2017. Percebe-se que o número médio de moradores vem declinando em magnitudes semelhantes em todas as faixas etárias e que o padrão não muda significativamente entre os anos, apresentando um aumento do número médio de moradores até a faixa etária de 40-49, quando atinge seu maior valor, com posterior declínio. Esse comportamento está associado às mudanças na composição e arranjos familiares ao longo do ciclo de vida, conforme já discutido.

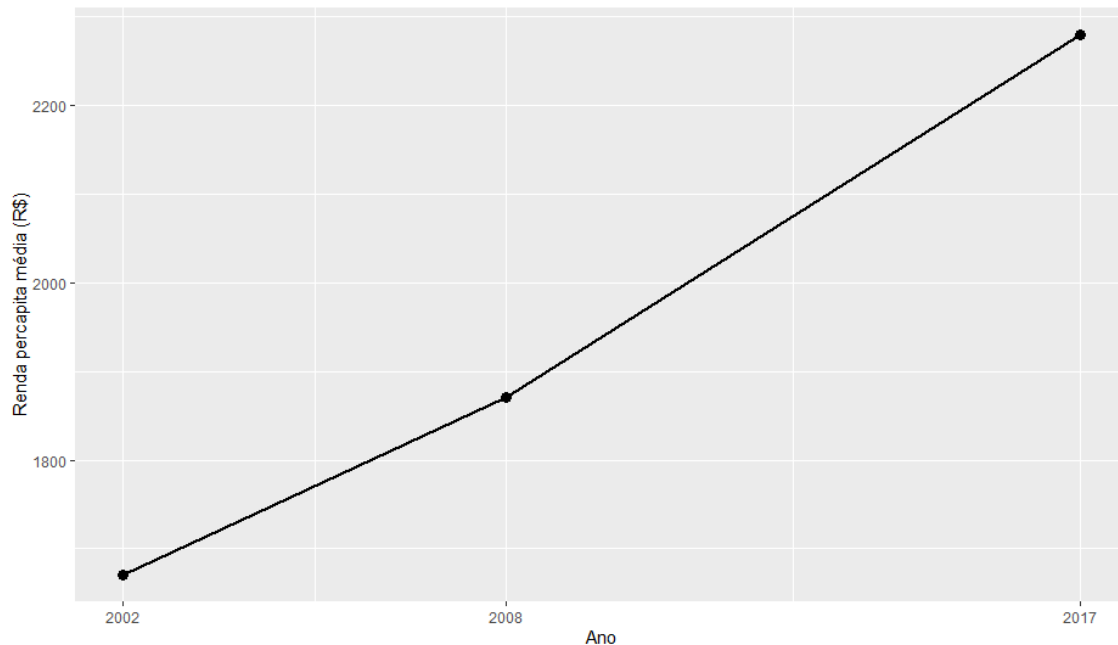
Gráfico 1 – Número médio de moradores por idade do chefe do domicílio, Brasil, 2002, 2008 e 2017.



Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Um segundo modelo alternativo proposto é substituir os períodos pelas médias da renda *per capita* dos domicílios, justificado pela hipótese de que a renda *per capita* das famílias nos períodos da pesquisa foi forte condicionante no comportamento de consumo de energia elétrica. No Gráfico 2 verifica-se um aumento gradual da renda *per capita* média entre os anos analisando.

Gráfico 2– Renda domiciliar per capita média, Brasil, 2002, 2008 e 2017.



Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

OBS: Os valores estão corrigidos para 2017 utilizando o Índice de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA.

Um terceiro modelo alternativo proposto para identificar os efeitos APC no consumo de energia elétrica trata-se de uma abordagem de transformação paramétrica não-linear e consiste em substituir as categorias da covariável idade (que são as faixas etárias) por uma variável numérica também relacionada à idade e representada pelo quadrado da idade central de cada faixa etária. Isso é, em vez de utilizar as categorias 10-19, 20-29, ..., 80-89, serão adotados os valores 15^2 , 25^2 , ..., 85^2 . Espera-se que assim também seja uma forma de quebrar a colinearidade entre as variáveis explicativas.

Resumindo, foi proposto um conjunto de 15 modelos para verificar de que forma as dimensões de idade, período e coorte exercem influência no consumo de energia elétrica dos domicílios brasileiros:

- *Modelos parciais*

- I) Idade (A)
- II) Período (P)
- III) Coorte (C)
- IV) Idade + Período (AP)
- V) Idade + Coorte (AC)
- VI) Idade como variável numérica + Período ($A^{num}P$)
- VII) Idade como variável numérica + Coorte ($A^{num}C$)
- VIII) Período + Coorte (PC)

- *Modelos completos*

- IX) Idade + Período + Coorte (sem nenhuma restrição - APC)
- X) Idade como variável numérica + Período + Coorte (sem nenhuma restrição - $A^{num}PC$)
- XI) Idade + Período + Coorte (sob a restrição de igualdade das duas últimas idades – $A*PC$)
- XII) Idade + Período + Coorte (sob a restrição de igualdade das duas coortes mais antigas – APC^*)

- *Modelos alternativos*

- XIII) Número médio de moradores + Período + Coorte (PC+ Mor)
- XIV) Idade + Renda domiciliar *per capita* média + Coorte (AC + Renda)
- XV) Idade Central² + Período + Coorte (A^2PC)

A qualidade de ajuste dos modelos será verificada a partir da comparação das seguintes estatísticas: R^2 (coeficiente de determinação), que expressa em porcentagem o quanto da variação do consumo é explicada pelo modelo ou pela variação das variáveis explicativas; R^2 Ajustado (coeficiente de determinação ajustado), que tem a mesma interpretação do R^2 , mas é penalizado (ajustado) pelo número de variáveis explicativas em relação ao número de observações; LogLik (log da função de verossimilhança), que é uma medida de comparação de modelos que considera a maximização da função de verossimilhança e quanto maior o seu valor, melhor é o ajuste dos modelos aos dados; AIC (Critério de Informação de Akaike) e BIC (Critério Bayesiano de Schwarz), que são critérios para seleção de modelos baseados no máximo da função de verossimilhança. A ideia básica dos critérios AIC e BIC consiste na estimação da quantidade de informações

perdas pelo modelo estimado, dado que quanto menos informações um modelo perde, maior a qualidade desse modelo, penalizando os modelos conforme a quantidade de variáveis utilizadas. Portanto, a vantagem dos critérios AIC e BIC é que, ao estimar a quantidade de informação perdida por um modelo, eles lidam com um *trade-off* entre a qualidade do ajuste e a simplicidade do modelo. Quanto menor forem os valores de AIC e BIC, mais ajustado seria o modelo.

Dada toda a controvérsia existente na literatura acerca da efetividade dos diversos métodos propostos para identificar os efeitos APC, para fins de comparação e validação dos resultados encontrados, este trabalho também propõe a utilização do método hierárquico HAPC conforme proposto por Yang e Land (2006) para estimar os efeitos de idade, período e coorte no consumo dos domicílios. Nessa abordagem, concebe-se a característica de multinível dos microdados da POF a partir do aninhamento dos domicílios entrevistados em períodos e coortes (entendidos como contextos sociais). Assim, a idade do chefe do domicílio foi incluída como efeito fixo de nível 1, e período e coorte foram estimados como efeitos aleatórios de nível 2. A seguir a representação formal do modelo:

Modelo de nível 1:

$$\log(Cons_q + 1) = \mu + \sum_i \alpha_i Ind. GrupoEtário_{iq} + \varepsilon_q, \quad \varepsilon_q \sim N(0, \sigma^2);$$

Modelo de nível 2:

$$\mu = \pi_0 + u_{0j} + v_{0k}, \quad u_{0j} \sim N(0, \tau_u) \text{ e } v_{0k} \sim N(0, \tau_v); \text{ e}$$

Modelo completo:

$$\log(Cons_q + 1) = \pi_0 + \sum_i \alpha_i Ind. GrupoEtário_{iq} + u_{0j} + v_{0k} + \varepsilon_q,$$

onde $q = 1, 2, \dots, n$ domicílios, μ é o intercepto ou média do consumo dos domicílios que pertencem à coorte j e foram pesquisados no ano k ; α_i é o efeito fixo dos domicílios de grupo etário i ; $Ind. GrupoEtário_{iq}$ é a indicadora da idade i do domicílio q , ε_q indica o efeito individual aleatório e residual; π_0 é o intercepto do modelo ou média global do consumo de todos os domicílios; u_{0j} é o efeito aleatório residual da coorte j , ou seja, o efeito médio da coorte j em todos os períodos de tempo; e v_{0k} é o efeito aleatório residual do período de tempo k , ou seja, o efeito médio do período de tempo k sobre todas as coortes. Essa

especificação do modelo permite que o intercepto de nível 1 varie aleatoriamente entre coortes e períodos de tempo, mas não as inclinações.

A partir da notação do modelo completo, percebe-se que as diferenças entre os efeitos das idades são fixas. Já a comparação dos efeitos entre coortes e períodos se dão por termos de variância u_{0j} e v_{0k} , componentes aleatórios do modelo.

Para testar a significância dos efeitos aleatórios, foram estimados modelos restritos contendo o efeito fixo (idade) e um dos dois efeitos aleatórios (período ou coorte), além de um modelo nulo contendo apenas o efeito fixo. Estes modelos foram testados contra o modelo completo (irrestrito) contendo todas as três dimensões usando um teste de razão de verossimilhança. Com isso, é possível verificar se as variáveis contextuais (período e coorte) influenciam de forma estatisticamente significativa na variação do consumo dos domicílios brasileiros.

É necessário esclarecer que a comparação de desempenho e ajuste dos diferentes tipos de modelos utilizados nesse trabalho nem sempre será possível por se tratar de distintas classes de modelos, com métodos de estimação específicos. Embora não seja esse o objetivo deste trabalho, o intuito dessa abordagem foi utilizar distintos modelos com potencialidades e fragilidades específicas para encontrar convergências entre os resultados e evidências mais robustas acerca das tendências dos efeitos de idade, período e coorte no consumo.

3 RESULTADOS

Para fins didáticos e organizacionais do trabalho, será feita inicialmente uma análise descritiva e exploratória dos dados. Posteriormente, serão apresentados os resultados da análise inferencial, a descrição dos efeitos propriamente ditos. Por fim, segue uma discussão mais substancial sobre os achados do trabalho.

3.1 Análise descritiva do consumo de energia elétrica

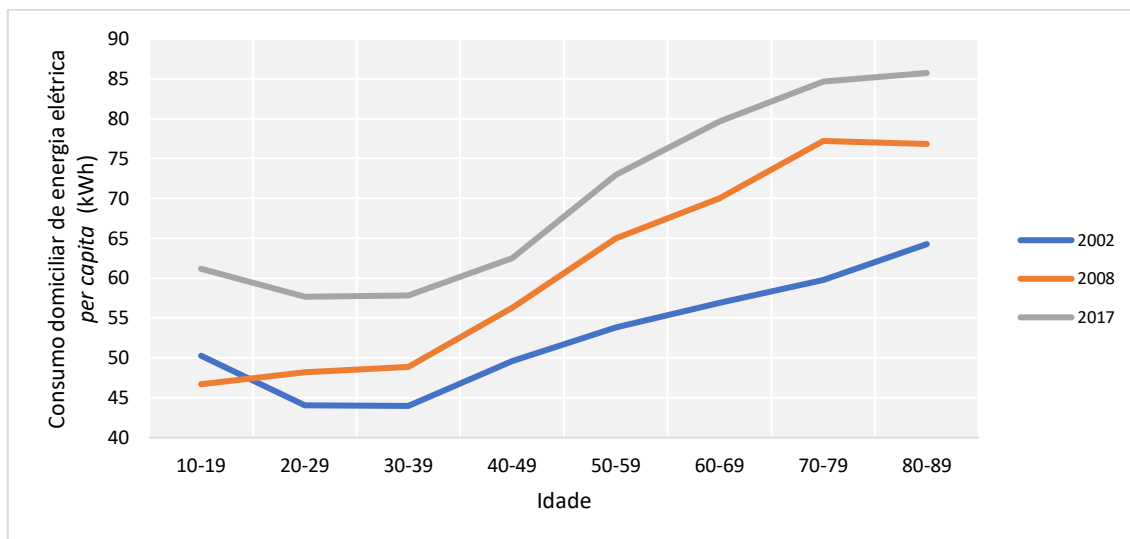
A Tabela 3 contém os dados de consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* por idade do chefe do domicílio e por ano. Essa é a disposição clássica de dados na estrutura idade x período utilizando sucessivas pesquisas transversais, como discutido anteriormente. Uma melhor análise pode ser feita a partir da disposição desses dados no Gráfico 3.

Tabela 3 – Média do consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* (kWh), Brasil, 2002, 2008, 2017.

	2002	2008	2018
10-19	50,26	46,70	61,18
20-29	44,07	48,23	57,67
30-39	43,98	48,85	57,85
40-49	49,59	56,27	62,54
50-59	53,79	65,01	72,95
60-69	56,91	70,04	79,66
70-79	59,79	77,21	84,64
80-89	63,73	76,56	85,54

Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Gráfico 3- Média do consumo de energia elétrica domiciliar per capita (kWh) por idade e período, Brasil, 2002, 2008, 2017.



Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Verifica-se que o consumo de energia elétrica *per capita* apresenta uma elevação de nível a cada período e em todas as idades, com exceção do grupo etário 10-19 anos entre os anos 2002 e 2008. Esse comportamento sugere a presença de efeitos de período no consumo de energia elétrica.

Em relação à estrutura por idade, percebe-se que houve praticamente a manutenção de um padrão em todas as pesquisas, caracterizado por um declínio entre as duas primeiras faixas etárias, com exceção em 2008, chegando ao menor nível entre as idades de 20 e 39, com posterior e consistente aumento. Nos anos de 2008 e 2017 verifica-se uma certa estabilidade nos dois grupos etários mais velhos. Esse comportamento do consumo de energia elétrica por idade converge com o que vem apontando a literatura e sugere a presença de relevantes efeitos de idade.

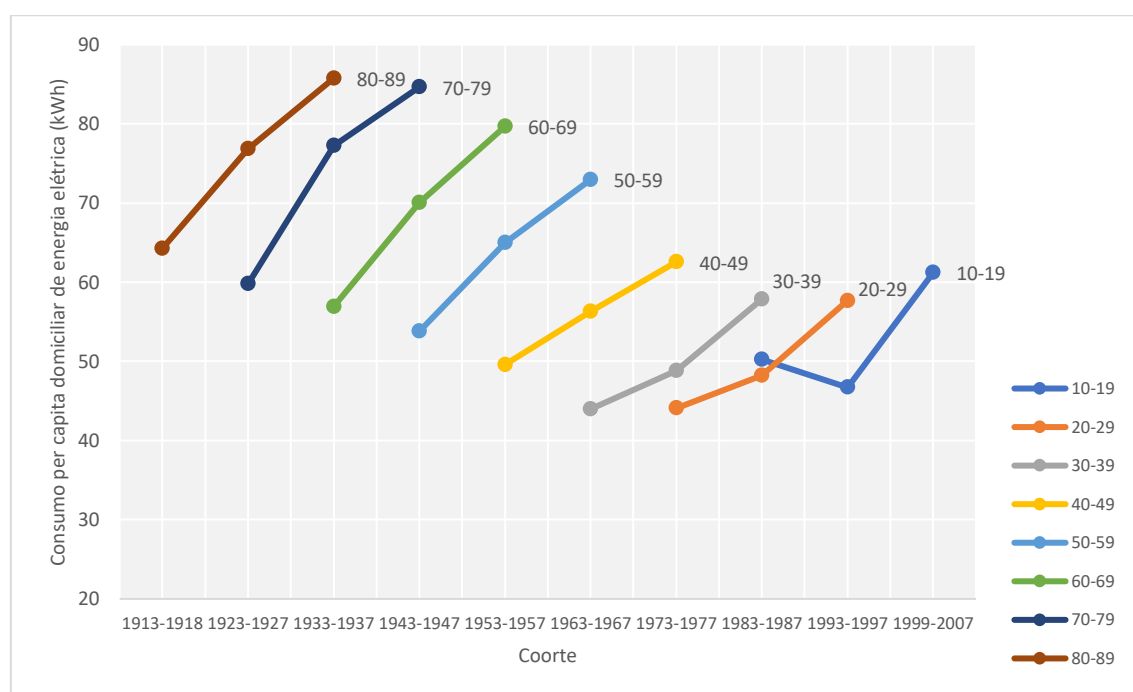
A presença dos efeitos de coorte também já podem ser levantados a partir da análise gráfica dos dados. No Gráfico 3, por exemplo, os domicílios chefiados por pessoas que tinham 50-59 anos em 2017 apresentaram maior consumo em relação aos domicílios que eram chefiados por pessoas com a mesma idade no ano 2008. É plausível imaginar que essa diferença possa ser também influenciada por diferenças comportamentais relacionadas à essas duas coortes, além do efeito de período.

Sob a suposição que não há efeitos de coorte, as curvas do consumo de energia elétrica por idade x período do Gráfico 3 deveriam apresentar um perfeito paralelismo, já

que não haveria efeito interativo de determinada idade e período, que é justamente a concepção do efeito de coorte.

Para uma melhor visualização dos possíveis efeitos de coorte, pode-se dispor os mesmos dados da tabela 3 só que em uma estrutura de coorte por idade, conforme o Gráfico 4. Observa-se de uma forma geral que as coortes mais novas apresentam um maior consumo de energia elétrica do que suas antecessoras quando comparadas no mesmo estágio do ciclo de vida. Por exemplo, se fixada a análise na faixa etária de 40-49 anos, verifica-se que a coorte de 1973-1977 apresentou um maior consumo do que do que a coorte 1963-1967, que por sua vez foi maior do que sua antecessora, a coorte de 1953-1967. Além disso, nota-se que praticamente todas as coortes tiveram um aumento do consumo de energia elétrica na medida em que envelheceram, com exceção da coorte 1983-1987, que apresentou um leve declínio entre as faixas etárias 10-19 e 20-29.

Gráfico 4– Média do consumo de energia elétrica domiciliar per capita (kWh) por idade e coorte, Brasil, 2002, 2008, 2017.



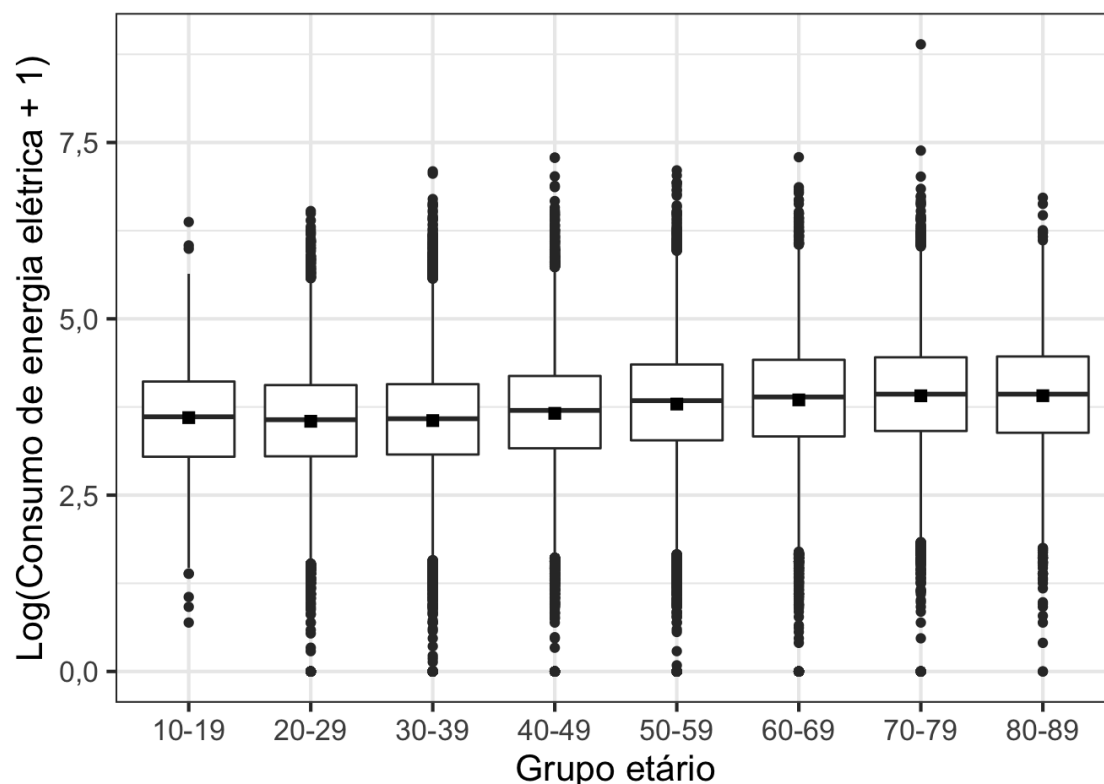
Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Os dados dos gráficos anteriores consistem nas médias do consumo de energia elétrica em grupos etários, por período e/ou em faixas de coorte. No entanto, como já discutido anteriormente, há uma série de desvantagens no uso dos dados agregados em média, tanto que para a modelagem APC propriamente dita foram utilizados os dados de

consumo individualizados de cada domicílio. Nesse sentido, se faz pertinente também uma análise exploratória desses dados desagregados. Nesse caso, para uma melhor representação de possíveis diferenciais, os dados serão apresentados na escala logarítmica.

Nos Gráficos 5, 6 e 7 está representado o logarítmico do consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* por idade, período e coorte, respectivamente, com medidas de tendência e de dispersão dos dados. Em relação ao comportamento do consumo de energia por faixas etárias da pessoa de referência do domicílio (Gráfico 5), verifica-se um suave comportamento crescente do consumo em função da idade. Percebe-se também que a média (quadrado) e a mediana possuem valores muito próximos, o que indica simetria da distribuição dados. Chama atenção também a grande variabilidade do consumo dentro de cada grupo etário e da presença de muitos outliers, o que, por um efeito de escala no gráfico, ajuda a ocasionar essa aparente uniformidade na média do consumo. Além disso, verifica-se que a dispersão dos dados não muda significativamente entre as faixas etárias.

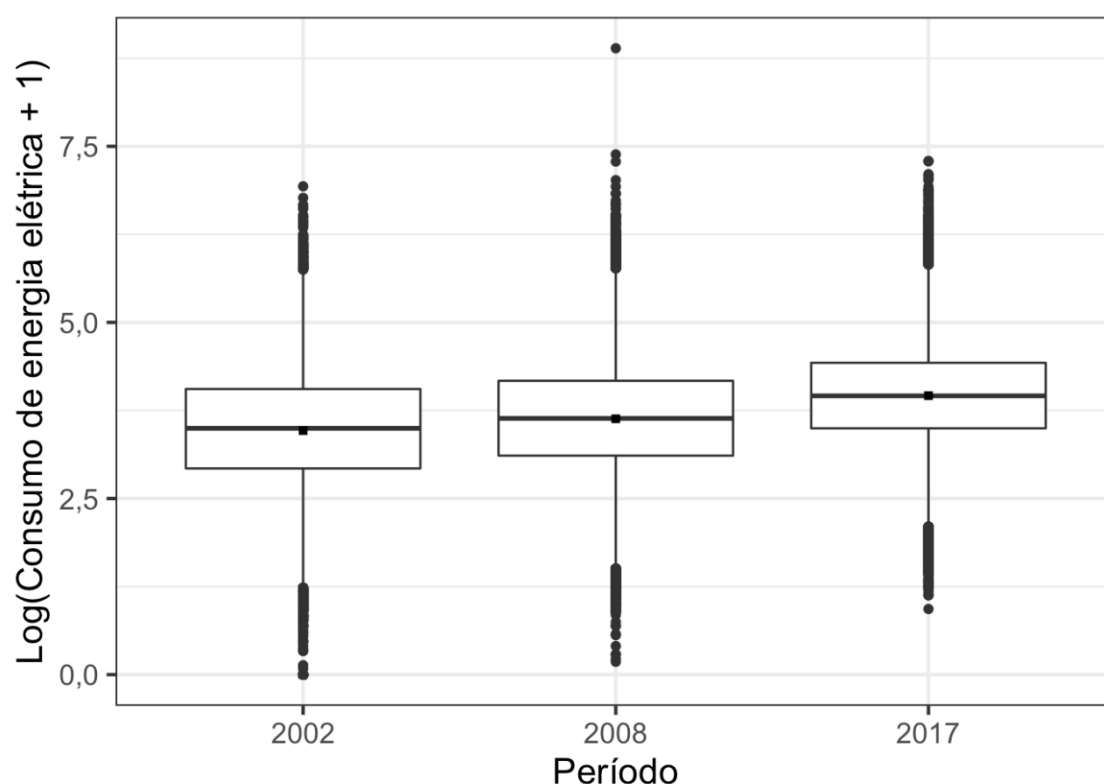
Gráfico 5 – Log do consumo de energia elétrica domiciliar per capita (kWh) por faixa etária, Brasil, 2002, 2008, 2017



Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Quanto aos períodos analisados (Gráfico 6), é mais perceptível um aumento do consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* ao longo do tempo, com maior destaque entre os anos de 2008 e 2017.

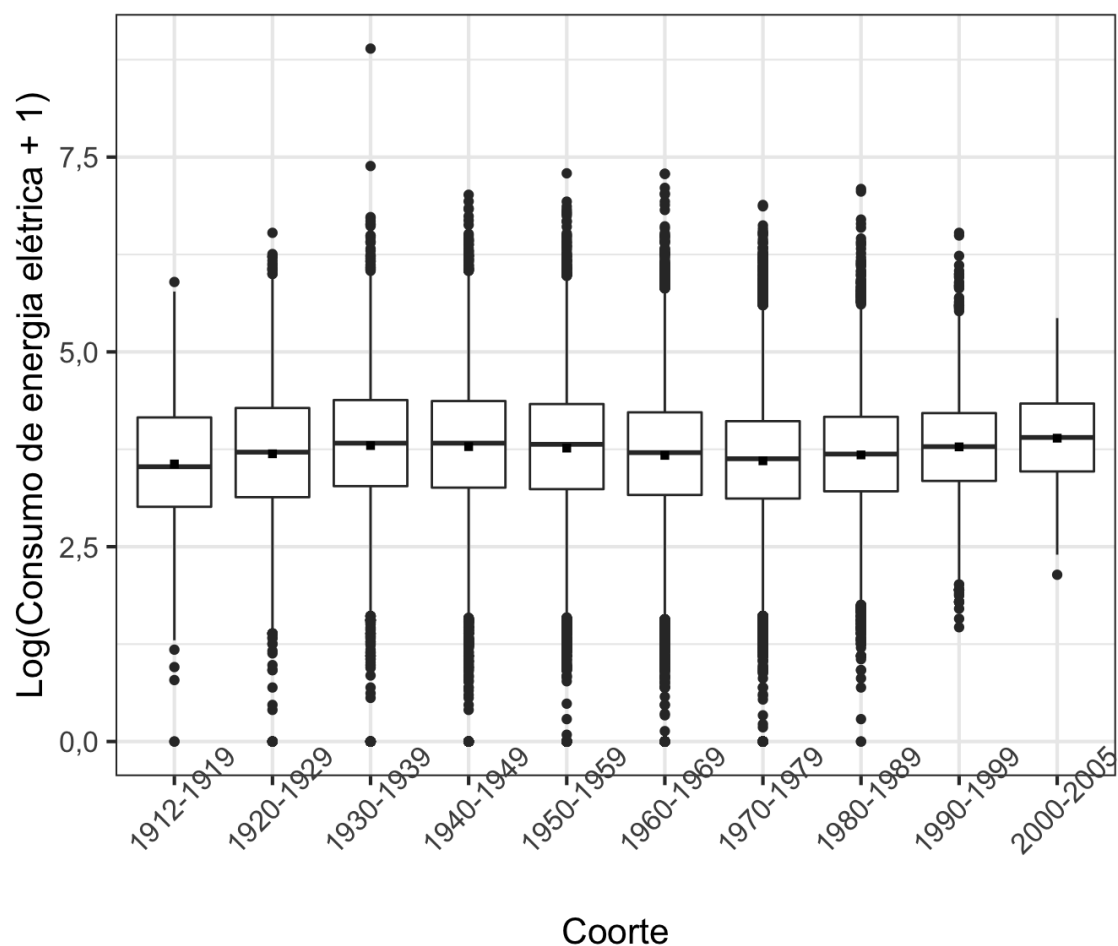
Gráfico 6 - Log do consumo de energia elétrica domiciliar per capita (kWh) por período, Brasil, 2002, 2008, 2017



Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Considerando o diferenciais do consumo entre os grupos decenais de coortes (Gráfico 7), verifica-se novamente uma aparente uniformização dos valores médios. No entanto, se analisados os valores numéricos e uma observação mais minuciosa do gráfico, é possível identificar um aumento do consumo médio até as coortes entre 1930 e 1949, um posterior declínio até faixa de coorte de 1970-1979, com a retomada de um crescimento nas faixas de coortes mais novas.

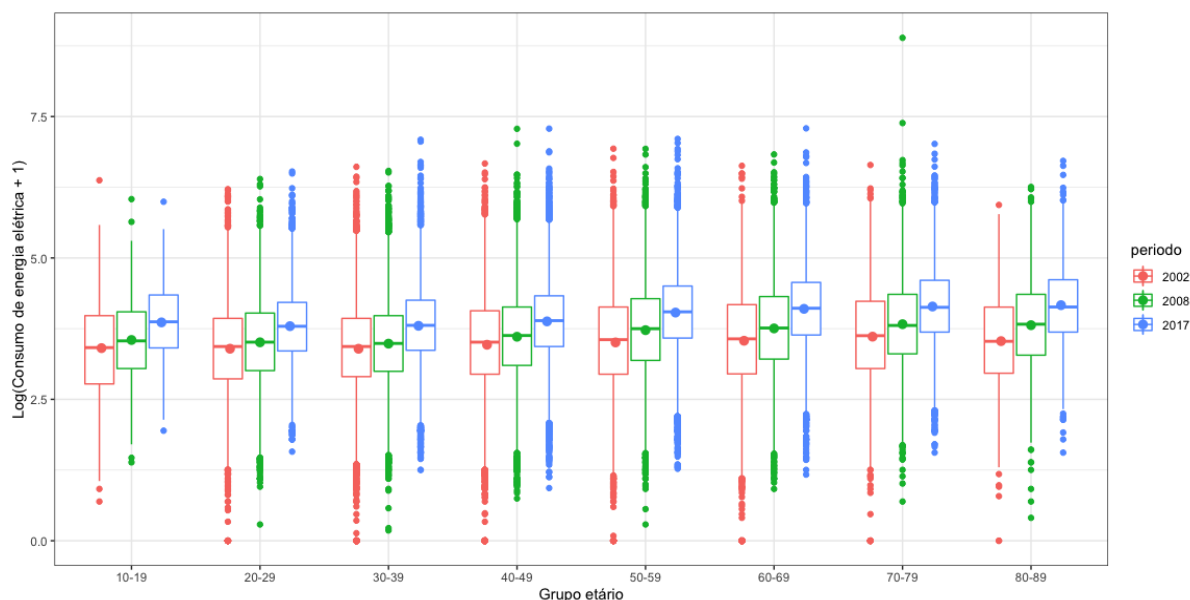
Gráfico 7 - Log do consumo de energia elétrica domiciliar per capita (kWh) por período, Brasil, 2002, 2008, 2017



Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Análogo ao Gráfico 3, o Gráfico 8 apresenta o log do consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* por faixas etárias e períodos. Nele pode-se observar claramente que o aumento do consumo entre os períodos se deu em todas as faixas de idade.

Gráfico 8 - Consumo de energia elétrica domiciliar per capita (kWh) por idade e período, Brasil, 2002, 2008, 2017.



Fonte: IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2002, 2008 e 2017)

Embora muitos aspectos possam ser discutidos e os efeitos de idade, período e coorte possam ser sugeridos a partir dessas análises gráficas, o fato é que apenas através da inspeção de gráficos não se consegue aferir o quanto cada uma das variáveis APC contribuiu para a mudança no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. No Gráfico 3, por exemplo, se fixar a análise em um determinado grupo etário, verifica-se que o consumo aumentou ao longo dos anos, contemplando várias coortes. Desse modo, não se sabe exatamente se esse aumento do consumo se deu por influências de fatores associados aos diferentes períodos, as diferentes coortes ou conjugação de ambas dimensões. De forma análoga, se fixada a análise em apenas um período, haverá variação das idades e das coortes analisadas, sendo impossível identificar a importância de cada dimensão no comportamento do consumo. O mesmo problema ocorre no Gráfico 4. Se fixada a atenção em uma coorte apenas, como a de 1963-1967, por exemplo, verifica-se que o consumo aumentou ao longo do tempo, mas não se sabe o quanto esse aumento pode ser atribuído ao processo de envelhecimento da própria coorte ou aos diferentes períodos observados.

Em suma, o que ocorre na análise gráfica pura é que fixando uma das dimensões APC, as outras duas irão variar, impedindo uma análise mais assertiva e inferências precisas sobre os efeitos de idade, período e coorte. Como afirmam Yang e Land (2013b), gráficos oriundos de tabelas de idade por período ou idade por coorte são úteis para

impressões qualitativas sobre padrões temporais, mas não fornecem avaliação quantitativa da fonte de mudança.

3.2 Efeitos de idade, período e coorte no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*

Para responder efetivamente as questões dos efeitos APC, serão analisados os resultados dos modelos propostos. Uma forma inicial de análise é verificar as estatísticas de qualidade do ajuste dos modelos, conforme disposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Medidas de ajuste dos modelos – Energia Elétrica

Modelo	logLik	df	AIC	BIC	R2	R2Ajustado
I. Idade (A)	-201315.8	9	402649.6	402738.4	0.03	0.03
II. Período (P)	-200133.3	4	400274.7	400314.1	0.04	0.04
III. Coorte (C)	-202586.8	11	405195.6	405304.2	0.01	0.01
IV. Idade + Período (AP)	-198507.9	11	397037.8	397146.3	0.07	0.07
V. Idade + Coorte (AC)	-199530.4	18	399096.8	399274.4	0.05	0.05
VI. Idade numérica + Período (A^{numP})	-198524.3	5	397058.5	397107.8	0.07	0.07
VII. Idade numérica + Coorte (A^{numC})	-198967.8	12	397959.5	398077.9	0.06	0.06
VIII. Período + Coorte (PC)	-198483.2	13	396992.4	397120.6	0.07	0.07
IX. Idade + Período + Coorte (APC)	-198422.3	20	396884.6	397081.9	0.07	0.07
X. Idade + Período + Coorte (A^{numPC})	-198434.2	14	396896.4	397034.5	0.07	0.07
XI. Idade restrito + Período + Coorte (A^*PC)	-198422.9	19	396883.8	397071.2	0.07	0.07
XII. Idade + Período + Coorte restrito (APC^*)	-198424.1	19	396886.2	397073.7	0.07	0.07
XIII. Qtd. Moradores + Período + Coorte (PC + Mor)	-180338.6	14	360705.2	360843.3	0.28	0.28
XIV. Renda per capita + Idade + Coorte (AC + Renda)	-190665.5	19	381368.9	381556.4	0.16	0.16
XV. Idade central ² + Período + Coorte (A^2PC)	-198467.1	14	396962.2	397100.4	0.07	0.07

Fonte: Elaboração própria com base nos microdados da POF 2002, 2008 e 2017.

Como é de se esperar, os modelos apresentam melhores ajustes e maior poder preditivo na medida em que se acrescenta mais variáveis explicativas, não sendo observado diferenças entre o R^2 e R^2 Ajustado. Isso quer dizer que os modelos completos e alternativos explicam mais a variação do consumo.

Analisando apenas os modelos parciais, verifica-se que aqueles que possuem a variável Período (modelos II, IV, VI e VIII) apresentam maiores valores para R^2 , ou seja, um melhor poder preditivo, em comparação aos outros modelos parciais com idade e/ou coorte. Esse fato sugere uma maior importância dos efeitos de período sobre a variação do consumo de energia elétrica.

Em relação aos modelos completos (modelos IX ao XII), todos eles apresentaram medidas de ajustes bastante semelhantes, quase idênticos, independentemente se continha ou não restrição. Os modelos que apresentaram os melhores ajustes foram os modelos alternativos, especialmente os modelos XIII e XIV. O modelo XIII, que utilizou as variáveis período, coorte e número de moradores por domicílio (utilizado como fator determinante para o efeito de idade), apresentou os menores valores para o AIC e BIC, e maiores valores para o LogLik, R^2 e R^2 ajustado. Esse modelo, especificamente, consegue explicar 28% da variabilidade dos dados de consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Logo após, pode-se elencar o modelo XIV com o segundo melhor ajuste considerando todas as medidas, apresentando um R^2 de 16%.

Um fato que chama atenção são os baixos valores que os modelos apresentaram para o R^2 , o que significa, a rigor, que as os modelos conseguem explicar pouco da variação do consumo de energia elétrica. Como já afirmado, o modelo que apresentou o maior valor foi o XIII, conseguindo explicar cerca de 28% da variação do consumo. No entanto, apesar de se desejar altos valores para essa medida, o R^2 por si só não indica se um modelo é adequado ou não. É possível ter valores baixos de R^2 para modelos adequados e valores altos da medida em modelos que não se ajustam aos dados. Nesse sentido, é possível afirmar que os valores baixos do R^2 dos modelos utilizados não os invalida, especialmente quando consideramos dois aspectos. O primeiro é que valores de R^2 mais baixos são esperados em estudos que envolvam o comportamento humano, como é o caso deste trabalho, cuja complexidade de fatores que envolve o fenômeno de interesse é mais difícil de se contemplar plenamente. Valores semelhantes de R^2 encontrado por este trabalho também foram verificados em estudos análogos que objetivaram verificar os efeitos de idade e coorte no consumo de energia elétrica residencial (ASLAM; AHMAD, 2018; BARDAZZI; PAZIENZA, 2017).

Já o segundo aspecto diz respeito a situação em que, mesmo tendo baixos valores para R^2 , as variáveis preditoras podem ser estatisticamente significantes. Desse cenário pode-se extrair relevantes conclusões para o estudo, por exemplo: como as mudanças nos valores das variáveis explicativas interferem na variação da variável resposta e de que forma diferentes categorias das variáveis preditoras diferenciam uma da outra, ou seja, se os efeitos das categorias das variáveis explicativas são diferentes. De uma maneira geral, pode-se dizer que o R^2 baixo encontrado nos modelos reflete a alta dispersão dos dados ao redor da linha de regressão estimada, já os coeficientes dos modelos estimam a tendência. E é essa tendência e diferenciação entre os coeficientes do modelo o principal

foco do trabalho, pois são eles que vão ajudar a identificar se existem efeitos e diferenças estatisticamente significativas na intensidade do consumo entre as diversas faixas etárias, períodos analisados e coortes contempladas.

Os coeficientes dos 15 modelos estimados estão apresentados na Tabela 5. Os resultados complementares dos modelos como intervalo de confiança e valores da estatística do teste e valor-p estão no Apêndice 1. Ressalta-se novamente que a primeira categoria de cada variável (faixa etária de 10 a 19 anos, ano de 2002 e coorte de 1912-1919) foram tomadas como referência e com valor 0, a partir das quais os coeficientes estimados para as outras categorias são comparadas.

Os efeitos de idade estão dispostos no Gráfico 9 de acordo com o modelo adotado. Nos efeitos de idade dos modelos parciais (modelos I, IV e V) verifica-se que há um aumento contínuo na intensidade do uso de energia elétrica domiciliar *per capita* na medida em que o chefe do domicílio é mais velho. Uma maior inclinação é verificada no Modelo V, que associa a Idade e a Coorte, enquanto que um crescimento mais suave é verificado no Modelo I e IV, que contemplam somente a idade e a idade mais o período, respectivamente. Nos modelos parciais VI e VII, que consideraram a idade como variável numérica, o efeito da idade foi positivo e significativo.

Os efeitos de idade estimados pelos modelos completos (modelos IX, XI e XII) apresentaram comportamentos bastante semelhantes, tanto em termos de estrutura como de nível. Há um suave declínio no consumo até o grupo etário de 30-39 anos, com posterior e sustentado crescimento para os grupos seguintes. Uma certa estabilidade é verificada entre os dois últimos grupos etários, 70-79 e 80-89 anos. Percebe-se que os modelos completos, que contemplam a três dimensões APC, mesmo com a adoção ou não de restrições de igualdade em alguma das variáveis, apresentaram comportamentos dos efeitos de idade convergentes, inclusive com o que retrata a literatura. No modelo completo X, que adota a idade como variável numérica, é verificado também o efeito positivo da idade no consumo de energia elétrica.

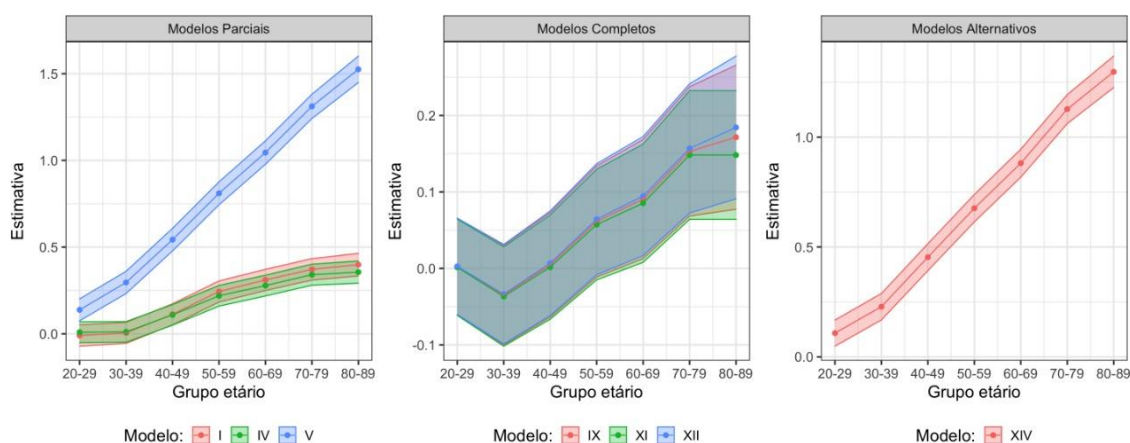
Nos efeitos de idade estimados pelo modelo alternativo XIV, que associou idade, coorte e renda, verifica-se um aumento quase que linear entre o consumo de energia elétrica e a idade do chefe do domicílio, comportamento condizente com aquele estimado pelo modelo parcial V.

No modelo XIII, em que o efeito de idade foi representado pelo número médio de moradores, o coeficiente foi -0,23, o que indica que a redução de 1 pessoa no domicílio ocasiona um aumento médio de 0,8 kWh no consumo *per capita* do domicílio (foi

aplicado a exponencial no coeficiente para transformar o consumo na sua escala original). Esse é o efeito de escala relacionado a redução do tamanho das famílias brasileiras, que está em parte associada ao ciclo de vida do domicílio, ocasionando assim um aumento do consumo de energia elétrica *per capita*.

No modelo XV, no qual foi utilizado o quadrado da idade central de cada faixa etária, o coeficiente foi positivo, corroborando assim com os resultados dos modelos anteriores que estimaram um efeito crescente no consumo de energia elétrica na medida em que o chefe do domicílio e todo agregado familiar envelhecem.

Gráfico 9- Efeitos de Idade no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* segundo modelo adotado, Brasil, 2002, 2008 e 2017.

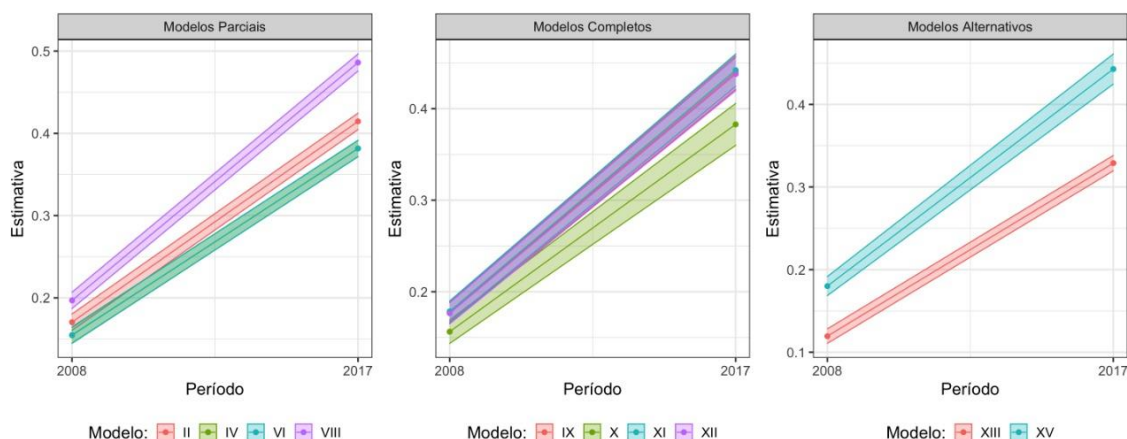


Fonte: Elaboração própria com base nos microdados das POF 2002, 2008 e 2017 (IBGE)

Nota: Estimativas pontuais e Intervalo de Confiança ao nível de 95%

Em relação aos efeitos de período, os coeficientes dos modelos parciais, completos e alternativos estão dispostos no Gráfico 10. Foi encontrado um padrão muito bem definido e semelhante em todos os modelos, que é um maior efeito dos anos mais recentes no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. No modelo XIV, onde o efeito de período foi aproximado pela renda domiciliar *per capita*, verificou-se um efeito positivo da renda no consumo, como era esperado. Ou seja, o aumento da renda domiciliar verificado entre os anos de 2002 e 2017 exerceu significativa influência no aumento do consumo de energia elétrica para o mesmo período.

Gráfico 10- Efeitos de Período no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* segundo modelo adotado, Brasil, 2002, 2008 e 2017.



Fonte: Elaboração própria com base nos microdados das POF 2002, 2008 e 2017 (IBGE)

Nota: Estimativas pontuais e Intervalo de Confiança ao nível de 95%

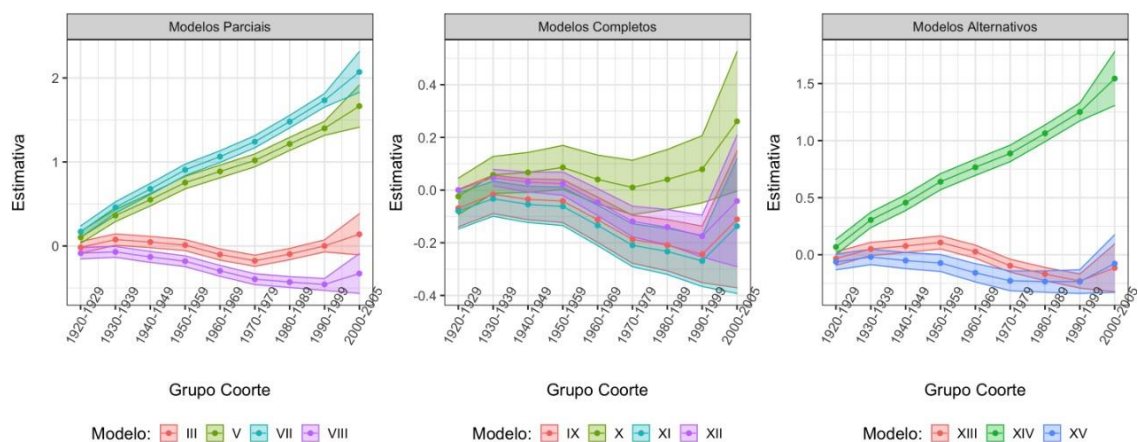
Quanto aos efeitos de coorte no consumo de energia elétrica, foi verificada uma maior divergência nas estimativas encontradas pelos modelos. Os resultados dos modelos parciais, completos e alternativos estão dispostos no Gráfico 11. Nos modelos parciais que utilizaram apenas a coorte (modelo III) e o par de período e coorte (modelo VIII), foi verificada uma diminuição na intensidade do consumo de energia na medida em que se considerava coortes mais novas até a de 1980-1989, com posterior e suave aumento nas coortes seguintes. Já nos modelos que associaram a coorte com idade (modelos V e VII), verifica-se um aumento consistente do consumo nas coortes mais recentes em comparação com as suas antecessoras.

Nos modelos completos, os efeitos de coorte identificados foram mais similares, principalmente em relação à estrutura. Tomando como referência a coorte mais velha (1012-1919), verifica-se uma certa estabilidade até a coorte de 1950-1959. Logo após, há uma diminuição mais proeminente no consumo até a coorte 1990-1999, com posterior crescimento pela última coorte de 2000-2005. No modelo X, esse aumento na intensidade de consumo energético pelos domicílios se deu já a partir da coorte de 1980-1989.

Nos modelos alternativos, os efeitos de coorte divergiram assim como nos modelos parciais. Os modelos XIII e XV apresentaram uma estabilização do consumo entre as coortes mais velhas e uma discreta diminuição nas coortes mais novas, com exceção da última coorte, 2000-2005. Já o modelo XIV estimou um efeito crescente do consumo em relação as coortes. De uma maneira geral, pode-se afirmar que todos os

modelos completos, os modelos parciais III e VIII e os modelos alternativos XIII e XV convergiram quanto à estrutura do efeito de coorte.

Gráfico 11 - Efeitos de Coorte no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* segundo modelo adotado, Brasil, 2002, 2008 e 2017.



Fonte: Elaboração própria com base nos microdados das POF 2002, 2008 e 2017 (IBGE)

Nota: Estimativas pontuais e Intervalo de Confiança ao nível de 95%

Tabela 5 – Estimativas dos modelos de regressões

Variável	MODELOS PARCIAIS								MODELOS COMPLETOS				MODELOS ALTERNATIVOS		
	I (A)	II (P)	III (C)	IV (AP)	V (AC)	VI (A ^{num} P)	VII (A ^{num} C)	VIII (PC)	IX (APC)	X (A ^{num} PC)	XI (A*PC)	XII (APC*)	XII (PC+Mor)	XIV (AC+Renda)	XV (A²PC)
(Intercept)	3.64 (0.031)*	3.6 (0.004)*	3.85 (0.034)*	3.48 (0.03)*	2.33 (0.051)*	3.25 (0.007)*	1.46 (0.043)*	3.84 (0.033)*	3.67 (0.058)*	3.23 (0.069)*	3.69 (0.054)*	3.6 (0.045)*	4.41 (0.029)*	2.4 (0.048)*	3.58 (0.055)*
Idade															
20-29	-0.01 (0.031)			0.01 (0.031)	0.14 (0.032)*				0 (0.032)		0 (0.032)	0 (0.032)		0.11 (0.03)*	
30-39	0.01 (0.031)			0.01 (0.03)	0.3 (0.033)*				-0.03 (0.033)		-0.04 (0.033)	-0.03 (0.033)		0.23 (0.031)*	
40-49	0.11 (0.031)*			0.11 (0.03)*	0.54 (0.033)*				0 (0.035)		0 (0.035)	0.01 (0.035)		0.45 (0.031)*	
50-59	0.24 (0.031)*			0.22 (0.03)*	0.81 (0.034)*				0.06 (0.037)		0.06 (0.037)	0.06 (0.037)		0.68 (0.032)*	
60-69	0.31 (0.031)*			0.28 (0.031)*	1.05 (0.035)*				0.09 (0.04)*		0.09 (0.039)*	0.09 (0.04)*		0.88 (0.032)*	
70-79	0.37 (0.032)*			0.34 (0.031)*	1.31 (0.036)*				0.15 (0.043)*		0.15 (0.043)*	0.16 (0.043)*		1.13 (0.034)*	
80-89	0.4 (0.033)*			0.36 (0.033)*	1.53 (0.039)*				0.17 (0.048)*		0.15 (0.043)*	0.18 (0.048)*		1.3 (0.037)*	
Período															
2008		0.17 (0.005)*		0.15 (0.005)*		0.15 (0.005)*		0.2 (0.005)*	0.18 (0.006)*	0.16 (0.007)*	0.18 (0.006)*	0.18 (0.006)*	0.12 (0.004)*		0.18 (0.006)*
2017		0.41 (0.005)*		0.38 (0.005)*		0.38 (0.005)*		0.49 (0.005)*	0.44 (0.009)*	0.38 (0.012)*	0.44 (0.009)*	0.44 (0.009)*	0.33 (0.005)*		0.44 (0.009)*
Coorte															
1920-1929			-0.02 (0.036)		0.1 (0.036)*		0.17 (0.035)*	-0.09 (0.035)*	-0.07 (0.036)	-0.02 (0.035)	-0.08 (0.035)*	0 (restrição)	-0.03 (0.031)	0.07 (0.034)*	-0.06 (0.035)
1930-1939			0.08 (0.034)*		0.36 (0.037)*		0.46 (0.034)*	-0.07 (0.033)*	-0.02 (0.037)	0.06 (0.036)	-0.03 (0.034)	0.05 (0.016)*	0.05 (0.029)	0.3 (0.034)*	-0.02 (0.035)
1940-1949			0.05 (0.034)		0.55 (0.038)*		0.68 (0.034)*	-0.13 (0.033)*	-0.04 (0.039)	0.07 (0.039)	-0.05 (0.035)	0.03 (0.019)	0.08 (0.029)*	0.46 (0.035)*	-0.05 (0.036)
1950-1959			0.01 (0.034)		0.75 (0.038)*		0.91 (0.035)*	-0.18 (0.033)*	-0.04 (0.042)	0.09 (0.043)*	-0.06 (0.037)	0.02 (0.023)	0.11 (0.029)*	0.64 (0.036)*	-0.07 (0.038)
1960-1969			-0.1 (0.034)*		0.89 (0.039)*		1.06 (0.036)*	-0.3 (0.033)*	-0.11 (0.044)*	0.04 (0.047)	-0.13 (0.039)*	-0.05 (0.026)	0.03 (0.029)	0.77 (0.036)*	-0.16 (0.041)*
1970-1979			-0.18 (0.034)*		1.02 (0.039)*		1.24 (0.037)*	-0.4 (0.033)*	-0.19 (0.047)*	0.01 (0.053)	-0.21 (0.042)*	-0.12 (0.03)*	-0.1 (0.029)*	0.89 (0.037)*	-0.23 (0.044)*
1980-1989			-0.1 (0.034)*		1.21 (0.04)*		1.48 (0.038)*	-0.43 (0.033)*	-0.21 (0.05)*	0.04 (0.058)	-0.23 (0.045)*	-0.14 (0.034)*	-0.17 (0.029)*	1.06 (0.037)*	-0.24 (0.048)*
1990-1999			0 (0.037)		1.4 (0.043)*		1.73 (0.041)*	-0.46 (0.036)*	-0.24 (0.055)*	0.08 (0.065)	-0.27 (0.05)*	-0.17 (0.041)*	-0.23 (0.032)*	1.25 (0.04)*	-0.24 (0.053)*
2000-2005			0.14 (0.125)		1.66 (0.128)*		2.07 (0.124)*	-0.33 (0.121)*	-0.11 (0.132)	0.26 (0.135)	-0.14 (0.13)	-0.04 (0.127)	-0.12 (0.107)	1.54 (0.12)*	-0.08 (0.129)
idade numérica						0.01 (0)*	0.03 (0)*			0.01 (0.001)*					
num_moradores													-0.23 (0.001)*		
renda_per capita														0 (0)*	
idade_central															0.01 (0.001)*

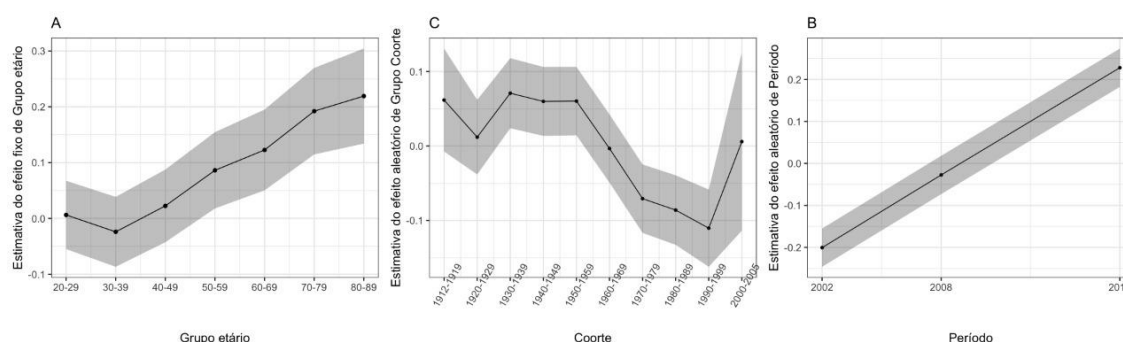
Fonte: Elaboração própria com base nos microdados da POF 2002, 2008 e 2017.

Nota: O primeiro valor dentro de cada célula da tabela corresponde à estimativa, entre parênteses é o erro padrão da estimativa e o asterisco representa a significância da variável ou da categoria ao nível de 5%.

Analisando os resultados obtidos pelo modelo hierárquico, observa-se resultados congruentes com os dos modelos completos. As estimativas do modelo estão apresentadas na Tabela 6. Os efeitos de idade estão dispostos no Gráfico 12A e verifica-se que a intensidade do consumo de energia elétrica *per capita* apresenta uma certa estabilidade entre os dois primeiros grupos etários (10-19 e 20-29), chega-se ao seu menor nível na faixa etária no grupo etário 30-39 e em seguida cresce de forma constante até à última idade.

Os efeitos aleatórios de coorte e período estão dispostos nos Gráficos 12B e 12C, respectivamente. Mesmo sendo estimados os coeficientes de efeitos aleatórios, verifica-se que os efeitos de coorte e período do modelo hierárquico apresentam um comportamento muito similar em comparação com dos efeitos identificados pelos modelos de efeito fixo, especialmente dos modelos completos que utilizam as três dimensões APC. Considerando o efeito aleatório de período, especificamente, nota-se o efeito crescente entre os três períodos de tempo medidos no aumento do consumo de energia. Já em relação aos efeitos aleatórios de coorte, percebe-se um maior efeito no consumo proveniente das coortes de 1912 até 1959, seguido por uma queda nas coortes seguintes e mais novas. A coorte nascida no século XXI (2000-2005) apresenta uma quebra nesse comportamento de declínio, apresentando um aumento na intensidade de consumo de energia elétrica.

Gráfico 12 – Efeitos de idade, coorte e período no consumo de energia elétrica domiciliar per capita estimados pelo modelo hierárquico, Brasil, 2002-2017.



Fonte: Elaboração própria com base nos microdados das POF 2002, 2008 e 2017 (IBGE)

Como proposto na metodologia, foram estimados modelos restritos contendo pelo menos um dos dois efeitos aleatórios de nível 2. Com base no resultado do teste de razão de verossimilhança, verificou-se que as variáveis tidas como contextuais (período e

coorte) influenciam de forma estatisticamente significativa na variação do consumo de energia elétrica *per capita* dos domicílios brasileiros, ao nível de significância de 5%. Os resultados do teste estão no Apêndice 2.

Tabela 6 - Estimativas, erros padrão e Intervalos de 95% de confiança (IC 95%) do efeito fixo e dos efeitos aleatórios:

Modelo	Estimativa	Erro padrão	IC 95% de Confiança - LI	IC 95% de Confiança - LS
(Intercept)	3,7442	0,1102	3,5283	3,9601
Grupo Etário: 10-19 (referência)	0			
Grupo Etário: 20-29	0,0063	0,0313	-0,055	0,0675
Grupo Etário: 30-39	-0,024	0,032	-0,0866	0,0386
Grupo Etário: 40-49	0,0225	0,0332	-0,0427	0,0877
Grupo Etário: 50-59	0,0863	0,0349	0,0179	0,1546
Grupo Etário: 60-69	0,1227	0,0369	0,0503	0,1951
Grupo Etário: 70-79	0,1922	0,0396	0,1147	0,2697
Grupo Etário: 80-89	0,2193	0,0434	0,1341	0,3044
Grupo Coorte: 1912-1919	0,0617	0,0353	-0,0074	0,1308
Grupo Coorte: 1920-1929	0,0119	0,0256	-0,0382	0,062
Grupo Coorte: 1930-1939	0,0709	0,024	0,0238	0,1179
Grupo Coorte: 1940-1949	0,0599	0,0236	0,0136	0,1062
Grupo Coorte: 1950-1959	0,0603	0,0234	0,0143	0,1062
Grupo Coorte: 1960-1969	-0,0034	0,0234	-0,0492	0,0424
Grupo Coorte: 1970-1979	-0,0707	0,0234	-0,1167	-0,0248
Grupo Coorte: 1980-1989	-0,086	0,0238	-0,1327	-0,0393
Grupo Coorte: 1990-1999	-0,1103	0,0265	-0,1622	-0,0584
Grupo Coorte: 2000-2005	0,0059	0,061	-0,1137	0,1254
Período: 2002	-0,2006	0,0233	-0,2462	-0,155
Período: 2008	-0,0274	0,0233	-0,0731	0,0183
Período: 2017	0,228	0,0233	0,1824	0,2736
Desvio padrão do efeito aleatório de Grupo Coorte	0,071			
Desvio padrão do efeito aleatório de Período	0,1776			
Desvio padrão do erro	0,0036			

Fonte: Elaboração própria com base nos microdados da POF 2002, 2008 e 2017.

Nota: LI - Limite Inferior e LS - Limite Superior

3.3 Discussão

Diante de todo o exposto, é possível tecer considerações importante diante dos resultados descritos, levantar suposições acerca das causas socioeconômicas e demográficas para as mudanças no comportamento do consumo de energia elétrica dos

domicílios brasileiros, refletir sobre as consequências para o meio ambiente e propor reflexões e debates sobre a temática.

Primeiramente, cabe ressaltar mais uma vez que este trabalho propôs a utilização de diferentes modelos APC, que utilizam distintas formas de estimação dos coeficientes e variadas suposições para superar o problema de identificação, cada um com suas potencialidades e limitações, com o intuito de se observar possível convergência dos resultados, assim, ter evidências mais robustas sobre os efeitos APC no consumo. Todos os modelos utilizados convergiram em alguma medida para os efeitos de idade e período. Diferenças em níveis e padrões mais significativos foram verificados nos efeitos de coorte.

Entre todos os modelos utilizados, os modelos parciais são aqueles em que as suposições impostas são as mais rígidas e difíceis de serem observadas na prática, já que se trata de um contexto em que não há nenhum efeito de pelo menos uma das variáveis de idade, período e coorte. Por isso, os resultados dos modelos parciais são aqueles em que o trabalho apresenta as maiores ressalvas.

Os modelos alternativos, apesar de terem apresentado os maiores valores para R^2 , também carregam fortes limitações, já que concebem que os efeitos de idade, período ou coorte podem ser resumidos à uma única proxy ou variável, o que é pouco verossímil com a realidade. Como forma de estimar os efeitos de período, por exemplo, este trabalho utilizou a renda domiciliar *per capita* no modelo XIV. No entanto, é razoável imaginar que outros fatores econômicos, como políticas de exoneração fiscal, tenham exercido forte influência ao longo do tempo na disposição das famílias brasileiras em adquirir produtos elétricos, especialmente os bens de consumo tidos como de linha branca (geladeira, ar condicionado, micro-ondas, etc). Além disso, a variável nº de moradores por domicílio, que foi utilizada para estimar os efeitos de idade no modelo XIII, também pode exercer possíveis efeitos de período, já que esse indicador varia não somente em relação ao ciclo de vida dos domicílios, mas também ao longo do tempo, apresentando constante declínio decorrente da transição demográfica. Desse modo, os resultados dos modelos alternativos também devem ser analisados com bastante cautela.

Já os modelos completos são àqueles em que o trabalho credita maior confiabilidade. Primeiramente, por motivo óbvio, é o fato de se utilizar as três variáveis APC para entender os seus efeitos no consumo de energia elétrica. O segundo bom motivo para confiar nos modelos completos é que as restrições impostas para a estimação dos coeficientes nos modelos XI e XII possuem forte amparo teórico na literatura. Além disso,

os efeitos do modelo completo sem restrição (modelo IX) apresentaram comportamento muito similar quando comparado com os efeitos estimados pelos modelos completos com restrição, o que sugere que os microdados da POF, por não apresentarem um espaçamento de igual tamanho entre as idades e os períodos, já possibilita a superação do problema de identificação mesmo sem a adoção de restrições.

Este trabalho entende também que o modelo hierárquico apresenta uma forte aplicabilidade teórica aos problemas relacionados à identificação dos efeitos APC, apesar das críticas feitas ao método (BELL; JONES, 2014). A congruência e similaridade dos coeficientes estimados pelos modelos completos (com e sem restrição) e hierárquico são fortes evidências de que esses resultados representam os efeitos de APC mais plausíveis para o consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Deste modo, as análises feitas a seguir serão baseadas nos resultados encontrados pelos modelos completos e hierárquico.

Em relação aos efeitos de idade, especificamente, o trabalho encontrou um comportamento de leve queda nas idades mais jovens, chegando ao menor nível na faixa etária de 30-39 anos, mas que posteriormente apresenta um crescimento contínuo na intensidade do consumo na medida em que o chefe do domicílio é mais envelhecido. Esse resultado pode ser generalizado para uma conclusão de que quanto mais velha é a família, maior tende a ser o consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Esse resultado corrobora com a literatura sobre o tema consultada, que já acumula um vasto conjunto de evidências que demonstra essa associação positiva entre idade do agregado familiar e consumo de energia elétrica: Inoue, Matsumoto e Mayuni (2022) para dados do Japão, Estiri e Zagheni (2019) nos EUA, Bardazzi e Pazienza (2020) na Itália, Aslam e Ahmad (2018) no Paquistão, Diógenes e Ojima (2020) para o caso brasileiro, apenas para citar os artigos mais recentes.

Esse efeito de idade é explicado pelo fato de que as famílias adaptam o comportamento de consumo às necessidades das diferentes fases do ciclo de vida. Por exemplo, os idosos passam mais tempo em casa durante o dia e geralmente requerem mais conforto térmico, utilizando assim mais equipamentos elétricos de resfriamento ou aquecimento. Inoue, Matsumoto e Mayuni (2022) verificaram que as porcentagens de famílias relatando que “alguém estava em casa quase todos os dias no turno diurno ao longo da semana” aumentaram à medida que a idade do chefe da família aumentou. Em mesmo sentido, Yu *et al.* (2018) concluíram que estimativas de emissões de CO₂ das famílias chinesas podem ser subdimensionados se o efeito do tempo alocado pelas

peças no uso de bens e serviços domésticos relacionados à energia (por exemplo, refrigeração, aquecimento e cozimento), que é crescente com a idade, for desconsiderado.

Menz e Welsch (2012) e Bhattacharjee e Reichard (2011) sugerem outro fator que pode contribuir com o aumento do consumo de energia entre as pessoas mais velhas, que é uma maior resistência entre os idosos para atitudes pró-ambientais, já que não se beneficiarão de uma melhoria na qualidade ambiental no futuro. Em mesmo sentido, Hersch e Viscusi (2006) verificaram empiricamente de como a idade interfere nas preferências ambientais na Europa e concluíram que a disposição de pagar ou fazer determinado sacrifício por uma melhor qualidade ambiental diminui significativamente com a idade. Os autores argumentam que existem diferenças relacionadas à idade nas informações sobre riscos ambientais, riscos percebidos para a saúde decorrentes das mudanças climáticas e grau de preocupação com as mudanças climáticas. Esses diferenciais sobre a conscientização ambiental também estão relacionados aos efeitos de coorte, que serão analisados mais adiante.

Outro aspecto que certamente contribui com o aumento do consumo *per capita* em relação à idade do agregado domiciliar é a diminuição do número de pessoas das famílias. Como já visto anteriormente, o número médio de moradores é um bom marcador para a idade do agregado familiar. A constituição de um domicílio começa tradicionalmente e de forma genérica com um casal jovem e que depois gera filhos. Esse domicílio, constituído agora predominantemente por pais e filhos jovens, apresentará o maior número de membros quando o chefe do domicílio tiver entre 30 e 49 anos no Brasil (Gráfico 1). Após esta fase do ciclo de vida da família, os filhos viram adultos, tendem a sair de casa e constituir uma nova moradia, o que faz com que o número de pessoas no domicílio de origem caia. Desse modo, se anteriormente tinha-se um familiar nuclear compartilhando todo o gasto energético de uma casa, ao longo do envelhecimento da família esse arranjo familiar passa a ser de 1 ou 2 pessoas, demandando praticamente o mesmo gasto energético para manter o domicílio (como geladeira, ar condicionado, etc.), o que acarreta no aumento do consumo *per capita* da família. Ou seja, não se trata apenas de um aumento nos itens de maior intensidade de consumo energético nos domicílios (como pode parecer a partir de uma observação mais geral), mas uma combinação com a redução progressiva do número médio de moradores por domicílio. É o efeito economia de escala.

Assim sendo, o número de pessoas por domicílio ajudar a entender o aumento do consumo de energia elétrica *per capita* nos domicílios mais velhos, já que são eles que

tendem a apresentar uma quantidade menor de membros. Esses efeitos foram discutidos e mensurados por Inou, Matsumoto e Mayumi (2022), que estimaram um aumento no consumo de energia elétrica dos domicílios japoneses na ordem de 16,6% de 1990 a 2015 decorrente a deseconomia de escala; e Wu *et al* (2021), que estimaram com dados chineses que a redução do tamanho da família incorre em um aumento de 17,0 a 23,6% no consumo de energia elétrica *per capita*. Resultados análogos foram encontrados por Fernandez-Villaverde e Krueger (2007) nos EUA e Ironmonger, Aitken e Erbas (1995) na Austrália.

A associação de diversas transformações demográficas que ocorrem ao longo do ciclo de vida de um domicílio, portando atribuído como efeito de idade, e o consumo de energia elétrica pode ser resumido de forma genérica da seguinte forma: um casal jovem sem filhos, com ambos trabalhando fora de casa, tende a ter um menor nível de uso de energia. O consumo *per capita* tende a cair após a geração de filhos. Depois que as crianças crescem e se mudam, o consumo total pode até diminuir em um primeiro momento, mas o consumo *per capita* aumenta já que há um consumo mínimo para manter o funcionamento do domicílio e não acompanha linearmente a redução do número de moradores. Com o envelhecimento dos pais, tende a haver um aumento no uso de energia devido à tendência dos idosos passarem mais tempo em casa e a uma maior necessidade de regulação de temperaturas interiores para garantir o conforto e bem estar. Perceba que ao passar dessa breve descrição do ciclo de vida de uma família, houve transformações no tamanho e arranjo do agregado domiciliar, nas necessidades energéticas devido à idade dos moradores e tempo de permanência no domicílio. Todos esses fatores, que variam conforme a idade do domicílio, interferem no consumo de energia elétrica.

A renda é outra variável relevante que pode contribuir para o aumento do consumo de energia elétrica com a idade, já que se espera um aumento da renda e acúmulo de capital ao longo do ciclo de vida dos indivíduos. Os microdados da POF 2017 mostram que há um aumento constante da renda domiciliar *per capita* até a faixa etária de 60-69 e um posterior e pequeno declínio nas faixas etárias de 70-79 e 80-89 anos. Com uma renda maior, a família está mais propícia a adquirir mais bens de consumo elétricos, morar em casas maiores, entre outras atitudes que incrementarão a intensidade do uso de energia do domicílio. Estiri e Zagheni (2019) corroboram com esse argumento mostrando uma forte associação positiva entre renda e consumo de energia residencial e que essa relação se dá principalmente pelo impacto do nível de renda nos estilos de vida e nas características da habitação.

Contudo, alguns autores ponderam que há vários fatores de confundimento na relação de renda e consumo de energia dos domicílios. Deaton (2018) aponta alguns efeitos diretos e indiretos nessa relação. Se por um lado uma renda mais elevada contribui com a capacidade das famílias em adquirir casas maiores e mais eletrodomésticos que tendem a aumentar sua demanda de energia, por outro lado também pode implicar na compra de casas e produtos do ponto de vista energético mais eficientes.

Um exemplo da dualidade dessa relação é o aumento de usinas de geração de energia elétrica por fonte solar nos domicílios brasileiros. A geração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos na modalidade Geração Distribuída¹⁵ vem se expandindo no Brasil, passando de uma capacidade instalada de 190 megawatts em 2017 para 12.727 megawatts até agosto de 2022, segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica¹⁶. Esse tipo de usina de geração de energia elétrica possibilita que os domicílios que possuem esse sistema possam abater na sua conta de energia a quantidade que foi gerada por ela própria. Apesar da sua expansão, trata-se ainda de um investimento demasiadamente dispendioso para a grande maioria da população brasileira. Assim sendo, é cada vez mais comum no Brasil ter domicílios que apresentam alta renda e elevado consumo de energia, mas que, por terem um sistema de geração próprio de energia, apresenta um gasto monetário ínfimo com esse item.

Do ponto de vista da coleta da informação pela POF, essa questão em específico se impõe como um desafio a ser considerado pelas pesquisas posteriores. A princípio, isso não seria problema, já que o questionário registra o consumo de energia em kWh. No entanto, pelo menos uma das concessionárias de energia elétrica do Brasil¹⁷, que tem atuação em 7 estados brasileiros, registra na conta de energia o consumo da “energia faturada”, que é a diferença entre a energia que efetivamente o domicílio consumiu e a que ele gerou e injetou na rede da concessionária. Desse modo, um domicílio que consumiu no mês 800 kWh, por exemplo, e gerou 900 kWh, terá a energia faturada na conta apenas com a tarifa mínima de manutenção e o excedente fica guardado como crédito para abatimentos futuros. Um relatório com todas essas informações detalhadas sobre o sistema fotovoltaico é gerado mensalmente para consulta da unidade

¹⁵ Geração Distribuída de energia se refere ao modelo em que várias unidades geradoras de menor porte, como as residências, abastecem a rede. Diferentemente da Geração Centralizada, que consiste em grandes usinas com alta potência de geração, distribuindo energia para uma alta quantidade de domicílios.

¹⁶ <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>

¹⁷ Grupo Neoenergia (www.neoenergia.com)

consumidora, contudo é um documento distinto e emitido separadamente da conta de energia usual.

Portanto, se o intuito da pesquisa for compreender apenas a estrutura de gasto financeiro dos domicílios brasileiros, não há problemas a coleta da informação continuar do jeito que está e considerar apenas a energia faturada. Mas se o objetivo for uma análise mais qualitativa acerca dos hábitos de consumo das famílias, a informação coletada dessa maneira cria ruído e ajuda a mascarar o real comportamento energético. Afinal, é possível crer que ao ter o gasto financeiro reduzido à tarifa mínima por conta da geração própria de energia elétrica, os domicílios tendam a ter menores preocupações em economia de energia e até elevar seu consumo. Claro que a popularização dessa tecnologia ainda é distante, mas cresceu rapidamente no país nestes últimos anos.

Esse cenário do contexto brasileiro ilustra bem os achados e questionamentos feitos por Kissinger e Damari (2021). Utilizando dados de Israel, eles identificaram domicílios que estão dos decis de maior renda apresentando taxas de consumo semelhantes às dos domicílios dos decis de menor renda e, às vezes, até menores. Apesar de não apresentar as razões para esse comportamento, os autores destacam a complexa relação entre a taxa de consumo, renda e as características do domicílio, de modo que é preciso investigar quais outros fatores que também moldam o metabolismo energético do domicílio. Parte dessa relação não linear entre renda e consumo de energia pode ser atribuída ao fato de que os domicílios, mesmo possuindo o mesmo nível de renda, podem diferir em diferentes padrões de poupança e dívida, norteados assim necessidades e preferências específicas (PACHAURI, 2004). Em mesmo sentido concluem Bardazzi e Pazienza (2017) quando afirmam que o nível de renda em si é importante, mas menos relevante para prever a heterogeneidade do consumo do que o esperado, além das estimativas de elasticidade renda-consumo variarem muito entre os estudos e o item de consumo adotado, com tendência de ser menor quando se utilizam conjuntos de microdados e não dados agregados.

Sobre os efeitos de período, especificamente, o trabalho identificou um crescimento na intensidade de consumo de energia elétrica *per capita* entre os anos observados. Esse comportamento pode ser atribuído a uma série de fatores, dentre eles está a diminuição do tamanho das famílias brasileiras.

O número de pessoas por domicílio (ou tamanho da família), além de variar ao longo do seu ciclo de vida, como já discutido no efeito de idade, vem apresentando também uma diminuição gradual e consistente ao longo do tempo (Gráfico 1).

Ocasionado por níveis de fecundidade bastantes baixos e sendo uma das principais características dos países que concluíram ou estão em estágio muito avançado da transição demográfica, as famílias menores contribuem para o aumento do consumo *per capita* de energia através do efeito de escala. Ou seja, se anos atrás toda a demanda energética de um domicílio era compartilhada por uma família de 5 membros em média, atualmente o mesmo gasto é demandado por uma família de 2 ou 3 pessoas, considerando o mesmo estágio do ciclo de vida.

Diógenes e Ojima (2020) ponderaram sobre essa questão e observaram que, devido à transição demográfica, o Brasil apresenta um crescimento do número de novos domicílios maior do que a da própria população, de modo que é observado um processo de mais domicílios e menos pessoas por domicílio. Assim sendo, o Brasil apresenta o seguinte contexto demográfico: uma população cada vez mais idosa, que, como visto, apresenta os maiores níveis de consumo, com taxas de crescimento vegetativo decrescentes, distribuída em famílias cada vez menores e morando em um maior número de domicílios. Nesse contexto pós-transição demográfica, os autores refletem que ao contrário do que se podia esperar, reduzir o ritmo de crescimento populacional não necessariamente acarreta em uma diminuição nos níveis de consumo de energia elétrica domiciliar, podendo inclusive aumentá-la. Em mesmo sentido, Inou, Matsumoto e Mayumi (2022) ponderam que parte da redução do consumo de energia com base no declínio populacional será perdida devido às deseconomias de escala que acompanham o envelhecimento populacional e todo o processo de transição demográfica. Essas conclusões ajudam a retirar o papel de protagonismo do malthusianismo no debate sobre o impacto da dinâmica demográfica sobre o meio ambiente.

Em relação à influência da renda no efeito de período observado, pode-se atribuir ao aumento da renda *per capita* dos domicílios durante o período de análise uma importância considerável para que tenha havido um aumento do consumo de energia ao longo do tempo. Essa relação é esperada pelo fato de que quanto maior a renda do agregado familiar, maior é a possibilidade da aquisição de bens de consumo elétricos para o domicílio. No entanto, a relação renda x consumo tem uma série de ressalvas que já foi discutida.

Outra questão de aspecto econômico referente aos efeitos de período é a resposta que as famílias apresentam no consumo de energia mediante alterações nos preços. Existem evidências que comprovam que as famílias adaptam a sua demanda energética conforme a taxa do serviço, mas não tão rapidamente e plenamente como estabelece

a teoria econômica (GILLINGHAM; NEWELL; PALMER, 2009). No Brasil, essa questão é especialmente relevante devido as recorrentes crises hídricas que impactam de sobremaneira o preço da produção/distribuição da energia elétrica às residências. Em um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Aplicada – IPEA (SOUZA *et al.*, 2021) que utilizou dados de eletricidade de residências brasileiras de 2012 a 2016, foi verificado uma correlação negativa entre consumo e preço, mas com variação de intensidade de acordo o nível de renda da unidade consumidora. Os autores observaram que a resposta no consumo à mudança de preço é menos relevante e menos rápida no consumidor residencial de renda média em comparação com consumidores de baixa renda. Desse modo, a conclusão do estudo é que a variação dos preços da energia elétrica afeta mais rapidamente e intensamente os consumidores de menor renda e menor consumo. Ou seja, o efeito de período, que reflete a variações cíclicas na taxa da energia elétrica, é maior na população mais pobre.

Contudo, é preciso fazer algumas ponderações para os efeitos de período. A POF não tem uma periodicidade regular, além de ser relativamente grande o período entre uma edição e outra. Isso acaba dificultando a identificação dos fatores associados ao efeito de período, especialmente os de caráter econômico. Por exemplo, é possível supor que a crise econômica vivenciada pelo Brasil entre 2014 e 2016 tenha afetado o poder de consumo da população e tenha tido algum efeito no consumo de energia elétrica pelos domicílios brasileiros. No entanto, como esse fato, que é tipicamente associado ao efeito de período, aconteceu justamente no interstício entre duas edições da pesquisa, o seu impacto pode ter sido “perdido” ou diluído na análise. Ou seja, fica mais difícil ver flutuações no consumo decorrentes de políticas e crises econômicas, que geralmente são agudas e podendo ter efeitos prolongados ou não.

Ainda sobre o efeito de período, foi identificado um aumento do consumo de energia mais expressivo entre 08-09 e 17-18 do que entre 02-03 e 08-09. Isso pode ser explicado em parte devido ao tempo diferente entre essas edições da pesquisa. Enquanto o tempo entre a antepenúltima e penúltima edições foi de 6 anos, entre a penúltima e última foi de 9 anos. Dado que em média a renda dos domicílios cresceu ao longo do tempo, é de se esperar que um maior aumento seja verificado justamente entre as edições com maior espaçamento temporal.

No que diz respeito aos efeitos de coorte observados, pode-se dividir as coortes em dois grupos. Verifica-se que as coortes mais antigas, nascidas entre 1912 e 1959, apresentaram maiores níveis de intensidade de consumo de energia elétrica domiciliar *per*

capita, sem diferenças estatisticamente significantes dentro desse grupo. Já as coortes nascidas entre 1960 e 1999 apresentaram uma queda significativa e constante no consumo.

Quanto ao repique observado na coorte mais recente, 2000-2005, este deve ser analisado com cautela, pois a base de dados possui poucas observações de domicílios chefiados por pessoas que nasceram nesse período, podendo ser, portanto, apenas um ruído decorrente de uma amostra ainda muito pequena. É preciso mais observações desse grupo para atestar se de fato essa coorte apresenta maior consumo de energia elétrica nos domicílios.

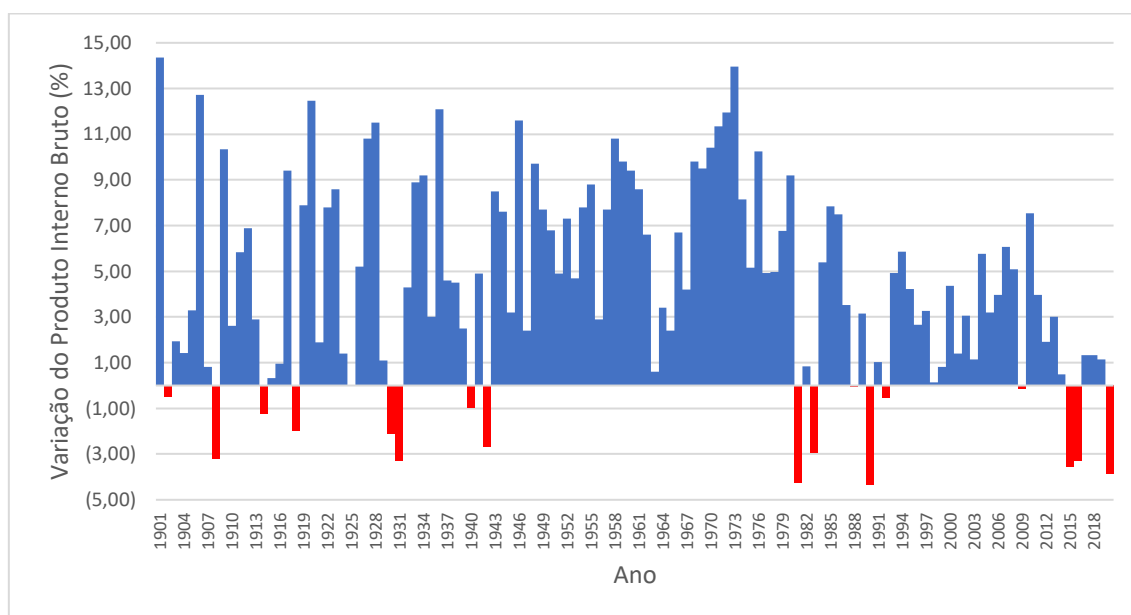
Esse resultado para os efeitos de coorte é consistente com o argumento teórico de que as coortes mais jovens - ao apresentarem um nível de escolaridade mais elevado, terem vivenciados ainda jovens o nascimento e amadurecimento do discurso ambiental, inclusive com a inclusão dessa temática nos conteúdos escolares - apresentam atitudes mais econômicas do ponto de vista energético no âmbito domiciliar. Uma generalização mais abrangente pode ser levantada de que as coortes mais jovens, pelas razões já expostas, apresentam uma maior consciência ambiental acerca das consequências dos seus hábitos de consumo e materializa valores pós-materialistas, os quais estão ligados a comportamentos com menor intensidade de consumo (INGLEHART, 1971; MENZ; KÜHLING, 2011). Chancel (2014) corrobora com esse entendimento afirmando que as gerações nascidas após 1960 entram na vida adulta após o segundo choque do petróleo, quando a necessidade de reduzir o consumo de energia está se tornando uma forte preocupação pública.

Sob essa perspectiva, uma hipótese é que o aumento da escolaridade observado no Brasil nas últimas décadas e advento e disseminação da problemática ambiental propiciou uma geração ambientalmente mais consciente após 1960, de modo que reflete em ações e hábitos de menor intensidade de consumo energia elétrica do que as coortes antecessoras. Muito embora, cabe ponderar que existem pesquisas que mostram justamente ao contrário, onde os jovens, apesar de mais escolarizados e cientes das questões ambientais, não incorporam em seus cotidianos hábitos de consumo menos intensos e atitudes ambientalmente menos danosas. Ou seja, um desencontro entre consciência e ações concretas (PAMPEL, F. C.; HUNTER, 2012).

O contexto econômico no qual as coortes foram expostas, ao que a teoria também impute grande influência na definição do comportamento e hábitos de consumo duradouros, também pode ajudar a entender os efeitos de coorte no consumo de energia

elétrica observados. A história do crescimento econômico do Brasil é caracterizada por distintas fases de crescimento e retração, que pode ser observado a partir da variação do Produto Interno Bruto – PIB no Brasil durante todo o século XX e XXI, conforme disposto no Gráfico 13. Percebe-se uma fase cíclica de aumento e diminuição do PIB durante a primeira metade do séc. XX. Mas a partir de 1945 foi verificado durante 3 décadas (até o fim da década de 1970) um constante e considerável crescimento econômico, com menor ritmo apenas nos anos de 1963-1965. Sem adentrar nos aspectos econômicos que propiciaram esse cenário próspero, o fato é que esse período compreendeu as maiores taxas médias de crescimento econômico no Brasil desde o século 19.

Gráfico 13 – Variação do PIB (%), Brasil, 1901-2020.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Estatísticas do Século XX (IBGE) e Sistema de Contas Nacionais (IBGE). Disponível em: <https://seculoxx.ibge.gov.br/economicas/contas-nacionais>

Tombolo e Sampaio (2013) estimaram sete fases de crescimento do PIB brasileiro durante os séculos 19 e 20: 1820-1875 apresentou um crescimento médio de 2,70% a.a.; 1876-1905, 2,29% a.a.; 1906-1945, 4,34% a.a.; 1946-1957, 6,33% a.a.; 1958-1978, 7,39% a.a.; 1979-2003, 2,26% a.a.; e 2004-2012, com crescimento médio de 3,80% a.a. Ou seja, os autores atestam que o período em que o Brasil apresentou as maiores taxas de crescimento econômico foi predominantemente durante as três primeiras décadas da segunda metade do século 20, de 1946 a 1978.

É justamente nesse período de contínuo crescimento econômico que grande parte das coortes que apresentaram o maior consumo de energia vivenciaram as suas fases formativas de infância e juventude, que são as fases mais determinantes para definição dos hábitos e comportamentos de consumo. Perceba que as coortes de 1940 a 1960, por exemplo, vivenciaram todos os seus primeiros 20 anos de vida em um período de ampla bonança econômica. Isso pode ter contribuído com a definição de padrões mais elevados e duradouros de consumo. Já as coortes mais recentes, pós-1960, tiveram menos ou nenhuma oportunidade de vivenciar esse período economicamente próspero. Essa geração mais recente foi submetida ao contexto econômico mais instável, notadamente a partir da década de 1980, caracterizado por períodos de alta inflação e desemprego, o que pode ter ajudado a definir hábitos permanentemente mais baixos de consumo. Portanto, é provável que o contexto econômico brasileiro tenha exercido considerável influência nos efeitos de coortes.

Outros fatores podem ser alocados nos efeitos de coorte, sejam eles decorrentes ou não de uma maior consciência da causa ambiental. As coortes mais jovens tendem a morar em casas menores, o que pode ser uma consequência da própria redução das famílias, reflexos de uma cultura moderna/urbana, mudanças nos padrões arquitetônicos da moradia e/ou uma indução do próprio mercado imobiliário e da construção civil. O fato é que 55,2% dos lançamentos imobiliários da cidade de São Paulo em 2021 são de unidades de até 45m², participação bem maior do que os 34% do ano de 2020, tendência essa observada já em anos anteriores, segundo Anuário do Mercado Imobiliário 2021¹⁸. Essas residências menores geralmente apresentam menor demanda de energia para aquecimento, resfriamento ou iluminação do que casas de maior porte. Desse modo, as gerações mais jovens, quem tendem a viver em casas menores, devem consumir menos energia do que as gerações mais velhas que vivem em casas maiores (INOUE; MATSUMOTO; MAYUMI, 2022).

Além de menores, os domicílios formados mais recentemente tendem a ser construídos e equipados por equipamentos tecnologicamente mais eficientes, de modo que diminui a sua intensidade de consumo de energia elétrica. Pourouchottamin *et al* (2013) estimaram que na França um domicílio equipado em 2013 com aparelhos mais eficientes do ponto de vista energético pode emitir até duas vezes menos CO₂ decorrente

¹⁸ <http://www.secovi.com.br/downloads/url/2607>

do uso de eletricidade do que residências que adquiriu seu equipamento até a década de 1990.

Os efeitos de coortes no consumo de energia elétrica domiciliar reportados pela literatura são diversos. Algumas pesquisas chegaram a conclusões semelhantes a deste trabalho: Inoue, Matsumoto e Mayumi (2022) verificaram que no Japão existem diferenças na intensidade do uso de energia entre as gerações, e as gerações mais jovens consomem menos energia do que as gerações mais velhas; e Meyer (2015) encontrou evidências na Europa de que as coortes mais jovens, ao terem um maior nível educacional, apresentaram uma maior preocupação com o bem-estar social e se comportam de forma ambientalmente mais amigável, incluindo a redução do uso de energia;

Já resultados divergentes foram encontrados em Bardazzi e Pazienza (2020), Aslam e Ahmad (2018), Menz e Welsch (2012) e Carlsson-Kanyama, Lindén e Eriksson (2005). Nesses estudos foi verificado que a intensidade no uso de eletricidade domiciliar é maior nas coortes mais jovens quando comparada às suas antecessoras. Já Chancel (2014) verificou para dados franceses um formato de U para o efeito de coorte, tendo as coortes de 1935-1955 emitindo um nível relativamente mais baixo de emissões de CO₂ relacionadas à eletricidade em comparação as coortes antecessoras e posteriores.

De uma maneira geral, os efeitos de idade no consumo de energia elétrica domiciliar encontrados por este trabalho convergiram com o que a maioria da literatura especializada sugere, que é um aumento do consumo com a idade. Já os efeitos de período e coorte apresentaram uma maior heterogeneidade em relação aos estudos consultados. Essa similaridade dos efeitos de idade e divergências dos efeitos de período e coorte é coerente com a própria definição dos efeitos. Lembre-se que os efeitos de idade fazem referência às mudanças no comportamento do consumo decorrente de variações ligadas aos processos biológicos e sociais do envelhecimento dos indivíduos. Ou seja, é um efeito ligado ao aspecto individual e fisiológico das pessoas e espera-se que não haja diferença significativa entre distintas populações nesse aspecto. Já os efeitos de período e coorte refletem as consequências dos eventos e contextos históricos, sociais, econômicos, culturais e políticos a que essas pessoas foram expostas, de modo que essa questão é muito particular e específica para cada população ou país. Nesse sentido, uma maior divergência é esperada.

Outro aspecto que vale ressaltar são as análises equivocadas que podem ser feitas quando utilizados dados agregados e sem a devida decomposição dos efeitos de idade, período e coorte. No Gráfico 4, onde foram dispostas as médias do consumo de energia

elétrica domiciliar per capita por idade e coorte, foi plausível concluir que as coortes mais novas apresentaram maiores médias de consumo. No entanto, como já visto, quando utilizados os dados desagregados e separados os efeitos das três dimensões APC, foi verificado justamente o inverso. Isso demonstra a importância do uso de métodos adequados para separar os efeitos de idade, período e coorte, o que não é possível fazê-lo apenas por inspeção gráfica.

Nesse sentido, faz-se necessário destacar as potencialidades geradas a partir da disponibilidade e uso de dados desagregados e individualizados de consumo provenientes de repetidas pesquisas transversais, especialmente quando se tem poucas observações coletadas ao longo do tempo. A maioria dos estudos APC utiliza dados agregados em nível populacional em formas de médias, taxas ou porcentagens. No entanto, dado o amplo debate sobre as potencialidade e limitações dos métodos para superação do problema de identificação e tendo em vista o argumento trazido por alguns autores que a própria forma de estruturação dos dados pode interferir na estimação dos efeitos APC, é salutar o uso de dados que possibilitem diferentes formas de disposição da tabela de coorte padrão. A própria abordagem hierárquica, em que pese as críticas que são feitas a ela, só é possível pela disponibilidade dos dados dessa forma. Além disso, a utilização de microdados individualizados possibilita o uso de outras informações socioeconômicas e demográficas dos indivíduos/domicílios, que podem ser utilizadas para regressões e análises mais refinadas.

4 CONCLUSÕES

O consumo é um dos principais mediadores na relação entre população e ambiente, principalmente em um contexto em que estão associadas a uma sociedade de consumo e severas mudanças climáticas globais. O campo demográfico vem contribuindo nesse debate evidenciando cada vez mais aspectos da dinâmica demográfica, além do volume populacional, que influenciam no nível e no padrão do consumo, afastando assim cada vez mais o lastro malthusiano que ocupou (e ainda ocupa) nos estudos e relatórios ambientais.

O consumo de energia elétrica das famílias ou dos domicílios, em especial, vem ganhando destaque na agenda de pesquisas dado o seu impacto na demanda global de bens serviços e, conseqüentemente, na emissão de gases de efeito estufa, além de refletir estilos de vida, hábitos e comportamentos da unidade social em que grande parte das formas consumo acontece. Ou seja, dentre diversas formas de consumo de um domicílio, a demanda de energia elétrica apresenta particular utilidade para entender as mudanças ambientais, especialmente as alterações do clima do globo, pois este item consegue representar em grande medida a capacidade de consumo de outros bens duráveis e não duráveis e que contribuem de forma significativa para o aumento da pegada ecológica do agregado familiar e de seus componentes. Portanto, é pertinente questionar quais os principais condicionantes e condutores do consumo de energia elétrica dos domicílios ao longo do tempo. Dada a característica multidimensional e conceitual do consumo, a sua efetiva compreensão só é possível sob abordagens que contemplem minimamente essa complexidade que a envolve. Os métodos de idade-período-coorte apresentam grande utilidade nesse sentido, podendo fornecer uma ferramenta perspicaz acerca da evolução da prática energética das famílias e quais as influências das diversas fases do seu ciclo de vida e dos contextos sociais, históricos e econômicos vividos. A ideia central é que qualquer mudança temporal no consumo de energia pode ser atribuída a três tipos de processos: mudanças ao longo do curso de vida das famílias (efeitos da idade); mudanças devido a acontecimentos específicos ao longo dos anos (efeitos de período); e alterações decorrente da substituição de coortes mais velhas pelas mais novas e que apresentam comportamentos de consumo diferenciados (efeitos de coorte).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi identificar os efeitos de idade, período e coorte no consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*. Os resultados obtidos mostram de forma geral um efeito crescente do consumo com o passar da idade do

domicílio. Esse comportamento é explicado pelas diferentes necessidades energéticas conforme as pessoas envelhecem; pelos diferenciais na consciência ambiental e na disposição de adotar hábitos de maior economia de energia entre pessoas de diferentes idades; e pela alteração na composição, no número de pessoas e na renda dos domicílios ao longo do seu ciclo de vida.

O período também apresentou um efeito crescente no consumo de energia *per capita* e atribui-se esse comportamento basicamente à diminuição do tamanho das famílias ao longo do tempo em decorrência da transição demográfica e aumento da renda média *per capita* dos domicílios durante o período de análise.

Quanto ao efeito de coorte, foi verificado um declínio na intensidade de consumo de energia elétrica a partir das coortes nascidas pós-1960, tendo as coortes antecessoras comportamentos de maior consumo energético no âmbito residencial. Ou seja, as coortes mais novas consomem menos energia do que as mais antigas, sendo a década de 1960 o marco temporal para mudança. As possíveis causas para alteração de comportamento entre as coortes são: (i) a adoção hábitos de menor consumo energético entre as gerações mais novas decorrente de uma maior consciência ambiental, que foi advinda por uma conjugação entre uma maior escolaridade com o surgimento e disseminação da preocupação mundial com às questões ambientais, cujas primeiras manifestações se deram justamente ao final dos anos 60 e início dos anos 70 através de grandes conferências mundiais; (ii) diferentes contextos econômicos vividos entre as coortes durante o período da infância e adolescência, tendo as coortes nascidas antes de 1960 vivenciado essa fase da vida em contextos de crescimento econômicos mais robustos, o que implicou em hábitos duradouros de consumo de energia mais intensos; e (iii) predileção das coortes mais jovens por moradias de tamanhos menores, além de serem equipados com aparelhos eletroeletrônicos mais eficientes.

Desse modo, o Brasil, que vivencia as últimas fases da transição demográfica, tenderá a apresentar um maior consumo de energia elétrica domiciliar *per capita* decorrente do acelerado processo de envelhecimento populacional. Esse aumento também ocorrerá ao longo do tempo devido ao menor número de pessoas nos domicílios e aumento da renda *per capita*. Em direção oposta, devido ao processo de substituição das coortes mais velhas pelas mais jovens, é de se esperar uma diminuição do consumo energético. Portanto, são verificados efeitos de idade e período com sentidos opostos ao de coorte. Nesse cenário, cabem as seguintes e pertinentes indagações: até que ponto os efeitos antagônicos do envelhecimento populacional e do metabolismo demográfico irão

se compensar na demanda de energia residencial no Brasil? Ou ainda, quanto as coortes mais novas precisariam ser "mais conscientes" para compensar os efeitos de idade e período? Essas perguntas não conseguimos responder plenamente (pelo menos por enquanto) e que ficam como provocações para pesquisas futuras.

Contudo, cabe a reflexão se (e até que ponto) podemos responsabilizar as coortes mais novas a serem mais ambientalmente conscientes como forma de compensar a elevada intensidade de consumo das gerações mais antigas. Em caso de afirmativo, é possível conceber a presença de uma dependência ambiental intergeracional, dado que a redução dos padrões consumo, que é tão necessária para manter um equilíbrio mínimo do ecossistema global, se dá de maneira desigual entre coortes. Ou seja, trata-se de uma espécie de (in)justiça ambiental geracional. Enquanto que as gerações passadas continuam com hábitos de elevados gastos elétricos, as coortes mais recentes carregam o fardo, de forma consciente ou não, de compensar ambientalmente seus pais e avôs.

No entanto, cabe esclarecer que essas reflexões são pertinentes sob a hipótese de que as tendências dos efeitos APC identificadas pelo trabalho se perpetuarão. Essa suposição é mais plausível para os efeitos de idade, especificamente. Já para os efeitos de período e coortes, que estão mais relacionados aos aspectos contextuais, pode-se esperar possíveis mudanças em decorrência das inevitáveis flutuações nos aspectos sociais, econômicos, políticos e culturais no longo prazo.

Quanto às principais limitações do trabalho, pode-se citar a dificuldade de se construir um histórico de indicador de consumo agregado devido ausência de dados e fatores de conversão nacionais para anos mais remotos. Além disso, poucas edições da POF foram realizadas e menos ainda foram utilizadas por este trabalho pelos motivos já explicados, o que pode interferir na acurácia das estimativas dos efeitos APC. Outra limitação é o uso do consumo domiciliar de energia elétrica como forma de se estimar o estilo de vida da família, tendo em vista que existem várias outras formas de consumo do agregado familiar e dos indivíduos que os compõe e que contribuem com o seu impacto no meio ambiente.

Cabe sopesar também que o trabalho utilizou os dados de consumo das coortes dos domicílios a partir do seu chefe e não de todas as pessoas da coorte. Isso é, temos acesso ao consumo *per capita* de um agregado familiar chefiado por uma pessoa nascida em determinado ano, mas não temos o consumo individual de todas as pessoas que nasceram nesse mesmo ano. Nesse sentido, é possível presumir que um jovem de 25 anos, que já é o responsável pelo domicílio e com possíveis dependentes, até mesmo pelos

encargos financeiros decorrentes, tenha condutas de maior economia do que um jovem da mesma idade que mora na casa dos pais e que não carregue as mesmas responsabilidades. Nesse sentido, há uma certa seletividade para as coortes mais novas. Portanto, é necessário enfatizar que, a rigor, o resultado encontrado é que as coortes das famílias mais jovens consomem menos energia elétrica do que as coortes das famílias mais envelhecidas, resultado esse que, por plausibilidade, extrapolamos para a população de uma forma geral. Se pudéssemos considerar essa situação, utilizando dados de consumo de todas as pessoas da coorte, independentemente se chefia ou não um domicílio, é possível que haja uma diminuição na diferença no nível de consumo entre as coortes. Contudo, entendemos que isso não seja suficiente para mudar a tendência do efeito de coorte observado, até porque, em estudos correlatos que utilizaram a mesma medida de consumo (energia elétrica domiciliar *per capita* por coorte do chefe) observaram tendências divergentes para os efeitos de coorte, como Bardazzi e Pazienza (2017) e Aslam e Ahmed (2018).

Devido à toda essa discussão sobre as limitações e dada a relativa controvérsia acerca dos métodos APC, mesmo este trabalho tendo utilizado os métodos que julgamos mais adequados, recomenda-se que os resultados sejam analisados sob tais contextualizações. Por fim, o que deve ser levado em consideração e ressaltado não é propriamente o valor das estimativas, mas as tendências identificadas dos efeitos de idade, período e coorte.

Dessa forma, cabe ponderar que apesar do resultado encontrado para os efeitos de coortes, considera-se prematuro rotular a coorte pós-1960 no Brasil como uma “geração verde”, pós-materialista ou qualquer outra denominação semelhante. A rigor, este trabalho encontrou um menor consumo dessa geração referente apenas à energia elétrica domiciliar. Esse comportamento mais ambientalmente amigável pode não ser totalmente em decorrência de uma maior conscientização ambiental das coortes mais jovens. Pode ter mais influência outras questões ligadas à uma estrutura/organização social e domiciliar e que não estão relacionadas a atitudes deliberadas de economia de energia resultante de uma preocupação mais nobre com o impacto do seu consumo ao meio ambiente. Além disso, as coortes mais recentes podem apresentar um menor consumo de energia elétrica domiciliar *per capita*, mas ter hábitos mais intensos de consumos em diversos outros aspectos: podem viajar mais, produzir mais resíduos, consumir mais bens e serviços fora do âmbito residencial, etc., aumentando assim a sua pegada ambiental em relação as coortes mais antigas.

Essa relativização dos efeitos de coorte é em parte decorrente do fato de que este trabalho se caracteriza como uma das primeiras tentativas empíricas de se compreender o impacto geracional no consumo de população brasileira, de acordo com a literatura consultada. É necessária uma maior quantidade de estudos quanto ao efeito de coorte, assim como já se tem para o efeito de idade, para se consolidar um conjunto de evidências mais robusto acerca do tema. Este trabalho espera ter sido um dos primeiros passos para ajudar no estabelecimento de uma agenda de pesquisa voltada aos efeitos de coorte na literatura sobre população-consumo-ambiente no Brasil.

Nesse sentido, os resultados dessa pesquisa também contribuem ao deixar uma série de sugestões para trabalhos futuros. Uma questão central que deve ser mais explorada, principalmente se o objetivo for consolidar evidências acerca de coortes mais ou menos “verdes”, é as medidas, métricas e formas de consumo. Portanto, estudos APC que utilizem outros itens de consumo (como combustíveis e proteínas de origem animal) ou métricas de consumo agregado (como a própria Pegada Ecológica ou Pegada de Carbono) podem contribuir para esse entendimento. Além da questão da medida de consumo, são necessárias pesquisas qualitativas para captar os diferenciais de idade e coorte no grau de educação e consciência ambiental e até que medida isso se reflete concretamente em ações menos danosas ao meio ambiente.

Há também estudos que sugerem fortes diferenciais no consumo por outras características que não utilizadas por esta pesquisa. Sexo do chefe do domicílio, situação socioeconômica e localização geográfica são exemplos de alguns dos fatores que podem diferenciar o consumo. Portanto, são pertinentes e necessárias pesquisas que busquem identificar se esses diferenciais também são refletidos nos efeitos de idade, período e coorte.

Outra questão que seria de grande pertinência é desagregar os dados para regiões urbanas e rurais. Embora a visão clássica e do senso comum que estereotipou o urbano e o rural não consiga mais explicar as diferenças de consumo e padrões de vida entre essas duas regiões, tendo o meio rural muito absorvido da cultura urbana, ainda deve haver características que mantenham diferenciais significativos de consumo de energia elétrica, água e uso da terra, principalmente. Portanto, além de uma análise APC, estudos que pretendam achar evidências das novas relações de consumo entre os meios urbano e rural parecem pertinentes e profícuos.

O aspecto metodológico dos modelos APC, principalmente acerca da superação do problema de identificação, também estão longe de uma consolidação. Os

pesquisadores não concordam com as soluções metodológicas para esse problema. Desse modo, utilizar outros métodos (como o Estimador Intrínseco) e outras suposições nas restrições aos modelos torna-se primordial para identificar possíveis convergências de evidências.

Como sugestões para as fontes de dados de consumo, especialmente à POF, ressalta-se que não só novos itens são consumidos pela população ao longo do tempo, mas também novas formas de como velhos itens são consumidos. Um exemplo é o consumo de combustível. Uma tendência observada é o uso cada vez maior de transporte por aplicativo, notadamente entre os jovens, em detrimento do uso de carro próprio. No seu questionário 2, a POF 2017/2018 coleta informações sobre os gastos decorrentes de transportes coletivos e próprios, como: ônibus, táxi, gasolina, pedágio, estacionamento, lavagem, etc., mas não contempla de forma explícita o transporte por aplicativo, que já operava no Brasil pelo menos desde 2014¹⁹. Pode-se citar também a tendência cada vez maior do uso de carros elétricos. Apesar do Brasil ainda estar atrasado em relação a outros países do mundo, a Associação Brasileira do Veículo Elétrico – ABVE²⁰ evidencia dados recentes que mostram um importante crescimento do setor. Nesse caso, dois itens de consumo (energia elétrica domiciliar e transporte) irão se confundir, dificultando assim a diferenciação na estrutura de gastos das famílias. Desse modo, as transformações nas formas de consumo devem ser motivo de atenção das edições seguintes da POF, até mesmo para poder identificar e quantificar os efeitos que induzem à essas mudanças de comportamento.

Ressalta-se que apesar de estatisticamente significantes, algumas diferenças entre os coeficientes estimados são aparentemente pequenas, podendo levar a interpretação de que não há implicação em termos de demanda de energia e impacto no meio ambiente. Contudo, é importante ressaltar que esses diferenciais são para o nível do domicílio. Desse modo, essa diferença dos coeficientes que é em primeira vista pequena, ao ser expandido para todos os domicílios brasileiros, deve ter relevante impacto na matriz energética brasileira.

Portanto, considerando as políticas públicas de planejamento da demanda e geração de energia elétrica no país, os resultados encontrados levam luz sobre a importância de se levar em consideração nas projeções populacionais as mudanças na sua

¹⁹ <https://www.uber.com/pt-BR/newsroom/uber-celebra-7-anos-no-brasil/>

²⁰ <https://www.abve.org.br/bevs-puxam-aumento-de-eletrificados-no-semester/>

composição em relação à idade (envelhecimento populacional) e coorte (metabolismo demográfico), bem como os diferenciais de consumo por estas características. Além disso, é importante que essas projeções de demanda de energia, mais do que utilizar o número de pessoas no futuro, deve se amparar em projeções do número de domicílios, pois, como visto, a dinâmica da relação população/tamanho das famílias/domicílios vem mudando no Brasil.

Por fim, toda discussão teórica feita por este trabalho e consolidada pelos resultados encontrados, induzem à reflexão para qual direção as alterações de valores morais e éticos em uma sociedade de consumo estão levando a humanidade. Não se pode negar os avanços substanciais em eficiência energética nas últimas décadas e nem subestimar as potencialidades das inovações tecnológicas nos processos de geração de energia elétrica por fontes limpas e nos processos industriais de manufatura, mesmo aqueles que se baseiam no uso de combustíveis fósseis. Nesse contexto, pode-se destacar a potencialidade do hidrogênio verde como fonte energética e também políticas relevantes de descarbonização em alguns setores da economia, como a decisão da União Europeia para extinção completa da produção e venda de carros movidos à combustão até 2035, data a partir da qual só será permitida a venda de carros elétricos. Nesse sentido, é possível o uso de argumentos que creditem o futuro próspero da humanidade baseada na cultura do consumo à capacidade inventiva do homem e nos surgimentos de novas tecnologias, em linha do que argumenta Lam (2011). Junte-se a isto a evidência otimista encontrada por este trabalho de que os as gerações mais novas consomem menos energia elétrica em seus domicílios.

No entanto, esta argumentação está amparada demasiadamente em expectativas otimistas do futuro e que podem não se concretizar. Além disso, outros fatores podem ser elencados para que a sociedade não continue apostando nessa busca constante por uma “bala de prata”. Os avanços tecnológicos, além do tempo que requerem para todo o seu desenvolvimento, sempre necessitam de algum tempo a mais para ser utilizada em grande escala e assim fazer diferença nas questões ambientais. A questão é se nós, uma sociedade em que está vivendo em um planeta com acelerada mudança do clima e com consequências potencialmente catastróficas para própria sobrevivência, dispõe ainda desse tempo. A resposta da maioria dos relatórios ambientais, notadamente os do IPCC, é que não podemos mais esperar. Atitudes efetivas e contundentes já deveriam ter sido tomadas para se evitar males piores, dentre eles, rever os padrões de consumo.

Outra questão pertinente é que as inovações tecnológicas para produção de energia mais limpa e políticas de descarbonização da economia estão concentradas em países já desenvolvidos, que detêm de recursos financeiros para tanto, mas que tiveram todo o seu processo de desenvolvimento até então ancorado no uso de combustíveis fósseis. Contudo, as mesmas condições financeiras, tecnológicas e de infraestrutura não são observadas nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, como o Brasil, China e Índia. Irá se exigir desse grupo de países que ainda buscam o seu desenvolvimento pleno a limitação do uso do petróleo e derivados? Os países mais ricos irão recompensá-los por essa restrição e fomentar financeiramente o uso de tecnologia ambientalmente mais limpas em seus processos produtivos? Essa questão esteve no cerne das últimas edições da Conferência do Clima da ONU, se mostrando ainda muito distante de um consenso e de uma efetiva implementação.

Apenas por hipótese, imaginemos que fosse descoberta ou desenvolvida uma nova tecnologia alternativa ao uso dos combustíveis fósseis e que ela conseguisse suprir a demanda energética global sem a emissão dos GEE na atmosfera. À uma primeira vista, o problema do acelerado aquecimento global estaria resolvido, pelo menos a sua causa seria cessada. No entanto, mesmo imaginando esse cenário hipotético, a continuidade de um modelo de desenvolvimento baseado no aumento da produção e consumo, uma sociedade caracterizada pelo consumismo e pelo consumo conspícuo, faria com que outros problemas ambientais continuasse e até se agravassem. O uso indiscriminado de recursos minerais para a produção incessante de bens, potenciais perdas de biodiversidade da flora e da fauna decorrente da exploração e modificação dos seus habitats naturais, produção excessiva de resíduos sólidos poluentes e com pouca capacidade de biodegradação, além de todos os problemas sociais deles decorrentes, são apenas alguns outros problemas ambientais que continuarão a existir se mantida o *status quo* de desenvolvimento e consumo. Ou seja, as implicações de altos níveis de consumo da sociedade moderna não se restringem apenas ao aquecimento global, que é, de fato, o problema ambiental mais proeminente e urgente. Outros impactos ambientais persistiriam, mesmo com considerando um cenário de geração de energia mais limpo em todo o globo.

Em outros termos, o que se pretende concluir é que a continuidade da atenção apenas nas melhorias tecnológicas e energéticas dos processos produtivos não é suficiente e oportuno para fazer frente às todas alterações negativas que o homem vem exercendo

sobre a natureza e que, para tanto, se faz necessária e urgente a revisão do quanto a gente precisa de fato consumir para suprir nossas necessidades.

Em suma, o fato é que a demanda energética continua aumentando constantemente. Mais do que isso, há uma crescente exploração de recursos naturais finitos para satisfazer as necessidades e satisfações pessoais dos homens que parecem ser infinitas. Em consequência, o planeta vem demonstrando claros sinais de colapso ambiental manifestado através do aquecimento global, o que certamente levará também ao colapso social, se agravado de sobremaneira. Portanto, é imprescindível inserir no debate público e em todas as dimensões de convívio social as implicações para o futuro da humanidade se mantido o modelo de desenvolvimento que induz à cultura de consumo como a qual é observada atualmente. Inglehart, um dos pioneiros da teoria do efeito geracional na mudança de valores da sociedade, faz uma reflexão cirúrgica sobre esse aspecto, motivo pelo qual se pede permissão para utilizar exatamente as palavras do autor:

Indagar onde as pessoas estão dispostas a traçar a linha, quando se trata da compensação entre custos econômicos e benefícios ambientais, é realista. Às vezes, é possível proteger o meio ambiente sem incorrer em custos econômicos e, nesses casos, é fácil fazer escolhas políticas. A crise surge quando é necessária uma escolha difícil entre estradas ou árvores, barragens ou espécies ameaçadas, queimar combustíveis fósseis que podem levar ao aquecimento global ou permanecer não industrializado. É quando uma sociedade é forçada a fazer escolhas difíceis como essas que a proteção ambiental se torna uma questão política. (INGLEHART, 1995, P. 59, TRADUÇÃO NOSSA)

Desse modo, este trabalho espera ter contribuído não somente com o acúmulo de evidências empíricas à literatura especializada e despertar interesse de pesquisadores sobre o tema. Na esperança de uma ampla divulgação ao público em geral, espera-se também induzir o leitor a uma autorreflexão acerca de suas atitudes de consumo e as decorrentes consequências ao meio ambiente e ao futuro da humanidade. Afinal, que mundo queremos deixar para os nossos filhos?

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, K. C. DE F. J.; SOUZA, R. V. G. DE. What has driven the growth of Brazil's residential electricity consumption during the last 19 years? An index decomposition analysis. *Ambiente Construído*, v. 21, n. 2, p. 7–39, 2021.
- ALMOND, R. E. A.; GROOTEN, M.; PETERSEN, T. *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss*. . Gland, Switzerland: WWF. , 2020
- ANDERSEN, R.; FETNER, T. Cohort differences in tolerance of homosexuality attitudinal change in Canada and the United States, 1981-2000. *Public Opinion Quarterly*, v. 72, n. 2, p. 331–330, 2008.
- ANDRADE, J. M. DE; LAROS, J. A. Fatores associados ao desempenho escolar: estudo multinível com dados do SAEB/2001. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 23, n. 1, p. 33–41, 2007.
- ASLAM, M.; AHMAD, E. Impact of ageing and generational effects on household energy consumption behavior: Evidence from Pakistan. *Energies*, v. 11, n. 8, 2018.
- ASSADOURIAN, E. The rise and fall of consumer cultures. *State of the World 2010: Transforming Cultures from Consumerism to Sustainability*. 27. ed. Londres: Routledge, 2013. p. 3–20.
- ASSADOURIAN, E. Transforming cultures: From consumerism to sustainability. *Journal of Macromarketing*, v. 30, n. 2, p. 186–191, 2010.
- BARBER, J. The world summit on sustainable development: The Johannesburg conference. *Environment, Development and Sustainability*, v. 5, n. 2, p. 63–93, 2003.
- BARBIERI, A. Transições populacionais e vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil. *Redes*, v. 18, n. 2, p. 193–213, 2013.
- BARDAZZI, R.; PAZIENZA, M. G. Switch off the light, please! Energy use, aging population and consumption habits. *Energy Economics*, v. 65, p. 161–171, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2017.04.025>>.
- BARDAZZI, R.; PAZIENZA, M. G. When I was your age: Generational effects on long-run residential energy consumption in Italy. *Energy Research and Social Science*, v. 70, n. May, p. 101611, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101611>>.

BARROS, L. F. W.; ALVES, J. E. D.; CAVENAGHI, S. *Novos Arranjos Domiciliares : condições socioeconômicas dos casais de dupla renda e sem filhos (DINC). XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais*. Caxambu-MG: [s.n.], 2008.

BECKER, M. *et al.* *A Pegada Ecológica de São Paulo - Estado e Capital e a família de pegadas*. Brasília: WWF Brasil, 2012.

BELL, A. Introducing age, period and cohort effects. In: BELL, A. (Org.). . *Age, Period and Cohort Effects: Statistical Analysis and the Identification Problem*. New York: Routledge, 2020. p. 248.

BELL, A.; JONES, K. Another ‘ futile quest ’? A simulation study of Yang and Land’s Hierarchical Age-Period-Cohort model. *Demographic Research*, v. 30, n. 11, p. 333–360, 2014.

BELL, A.; JONES, K. The hierarchical age–period–cohort model: Why does it find the results that it finds? *Quality and Quantity*, v. 52, n. 2, p. 783–799, 2018.

BERRY, H. L. *et al.* The case for systems thinking about climate change and mental health. *Nature Climate Change*, v. 8, n. 4, p. 282–290, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41558-018-0102-4>>.

BHATTACHARJEE, S.; REICHARD, G. Socio-economic factors affecting individual household energy consumption: a systematic review. 2011, Washington, DC: [s.n.], 2011. p. 1–11.

BINSWANGER, M. Technological progress and sustainable development: What about the rebound effect? *Ecological Economics*, v. 36, n. 1, p. 119–132, 2001.

BONERA, M.; CODINI, A. P.; MINIERO, G. The great Millennials’ trouble: leading or confused green generation? An Italian insight. *Italian Journal of Marketing*, v. 2020, n. 4, p. 289–308, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s43039-020-00015-4>>.

BRITO, F. *A transição demográfica no Brasil: as possibilidades e os desafios para a economia e a sociedade*. , Texto para Discussão., nº 318. Belo Horizonte: [s.n.], 2007.

BÜTTNER, T.; GRÜBLER, A. The birth of a “Green” generation?. Generational dynamics of resource consumption patterns. *Technological Forecasting and Social*

Change, v. 50, n. 2, p. 113–134, 1995.

BUZAR, S.; OGDEN, P. E.; HALL, R. Households matter: The quiet demography of urban transformation. *Progress in Human Geography*, v. 29, n. 4, p. 413–436, 2005.

CAIRD, S.; ROY, R. Household ecological footprints - Demographics and sustainability. *Tools, Techniques and Approaches for Sustainability: Collected Writings in Environmental Assessment Policy and Management*, v. 8, n. 4, p. 145–167, 2009.

CALDWELL, J. C. Towards a restatement of demographic transition theory. *Population and Development Review*, v. 2, n. 3/4, p. 321–366, 1976.

CAMARGO, J. D. DE A. S. *Evolução temporal da mortalidade por câncer de mama nos estados da Região Nordeste sob a perspectiva dos efeitos idade, período e coorte*. 2019. 135 f. UFRN, 2019.

CARLSSON-KANYAMA, A.; LINDÉN, A.; ERIKSSON, B. Residential energy behaviour : does generation matter ? *International Journal of Consumer Studies*, v. 29, n. May, p. 239–253, 2005.

CARMO, R. L. DO. População e mudanças ambientais globais. *Revista Multiciência*, n. 8, p. 65–87, 2007.

CARR, D. J. *et al.* Examining Overconsumption, Competitive Consumption, and Conscious Consumption from 1994 to 2004: Disentangling Cohort and Period Effects. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, v. 644, n. 1, p. 220–233, 2012.

CARVALHO, A. A. DE; ALVES, J. E. D. Explorando o consumo das famílias brasileiras e sua interface com o ciclo de vida e gênero. *Revista Brasileira de Economia Doméstica.*, v. v.23, n.1, p. 6–29, 2012.

CARVALHO, M. *et al.* Effects of the COVID-19 pandemic on the Brazilian electricity consumption patterns. *International Journal Energy Research*, v. 45, p. 3358–3364, 2020.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS. *Global trends and perspectives Executive Summary*. . Brussels: [s.n.], 2021.

CHAMBERS, N.; SIMMONS, C.; WACKERNAGEL, M. *Sharing Natures's Interest -*

ecological footprints as an indicator of sustainability. Londres: Earthscan, 2000.

CHANCEL, L. Are younger generations higher carbon emitters than their elders? Inequalities, generations and CO2 emissions in France and in the USA. *Ecological Economics*, v. 100, p. 195–207, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.009>>.

CHAUVEL, L. Spécificité et permanence des effets de cohorte : le modèle apcd appliqué aux inégalités de générations, France/états- unis, 1985-2010. *Revue française de sociologie*, v. 54, n. 4, p. 665–707, 2013. Disponível em: <<https://www.cairn.info/revue-etudes-2003-11-page-475.htm>>.

CLARK, A. K.; EISENSTEIN, M. A. Interpersonal trust: An age-period-cohort analysis revisited. *Social Science Research*, v. 42, n. 2, p. 361–375, 2013.

COHEN, C. *Padrões de consumo: desenvolvimento, meio ambiente e energia no Brasil*. 2002. 237 f. COPPE/UFRJ, 2002.

COLE, M. A.; NEUMAYER, E. Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment*, v. 26, n. 1, p. 5–21, 2004.

CRAICE, C. População e Consumo : considerações para o debate ambiental. *Revista Espinhaço*, v. 1, n. 1, p. 15–24, 2012.

CURRAN, S. R.; DE SHERBININ, A. Completing the picture: The challenges of bringing “consumption” into the population-environment equation. *Population and Environment*, v. 26, n. 2, p. 107–131, 2004.

D’ANTONA, Á. DE O. Do mito malthusiano ao das relações recíprocas – a constituição interdisciplinar do campo de População e Ambiente. *Rev. Bras. Est. Pop.*, v. 34, n. 2, p. 243–270, 2017.

D’ANTONA, Á. DE O. População, ambiente e sustentabilidade: desafio à demografia ambiental. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 28, n. 1, p. 253–254, 2011.

DE MELLO, L. F. População, consumo e mudança climática. In: HOGAN, D. J.; MARANDOLA, E. (Org.). *População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais*. Campinas, Brasília: Nepo/Unicamp, UNFPA, 2009. p. 292.

- DE MELLO, L. F.; SATHLER, D. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. *Revista Brasileira de Estudos de Populacao*, v. 32, n. 2, p. 357–380, 2015.
- DEATON, A.; PAXSON, C. Intertemporal choice and inequality. *Journal of Political Economy*, v. 102, n. 3, p. 437–467, 1994.
- DEATON, A. S. *The Analysis of Household Surveys: A Microeconometric Analysis for Development Policy*. Washington, DC: World Bank, 2018.
- DIETZ, T.; ROSA, E. A. Effects of population and affluence on CO 2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, v. 94, p. 175–179, 1997.
- DIÓGENES, V. H. D.; OJIMA, R. Análise do impacto da transição da estrutura etária no consumo de energia elétrica domiciliar do Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 54, p. 428–448, 2020.
- DONATO, M. DI; LOMAS, P. L.; CARPINTERO, Ó. Metabolism and environmental impacts of household consumption: A review on the assessment, methodology, and drivers. *Journal of Industrial Ecology*, v. 19, n. 5, p. 904–916, 2015.
- DOS SANTOS, L. P. *et al.* Trends and inequalities in food insecurity during the COVID-19 pandemic: Results of four serial epidemiological surveys. *Cadernos de Saude Publica*, v. 37, n. 5, 2021.
- DRUCKMAN, A.; JACKSON, T. Household energy consumption in the UK: A highly geographically and socio-economically disaggregated model. *Energy Policy*, v. 36, n. 8, p. 3177–3192, 2008.
- DUNLAP, R. E.; YORK, R. The globalization of environmental concern and the limits of the postmaterialist values explanation: Evidence from four multinational surveys. *Sociological Quarterly*, v. 49, n. 3, p. 529–563, 2008.
- EHRILICH, P. R.; HOLDREN, J. P. Impact of Population Growth on JSTOR. *Science*, v. 171, n. 3977, p. 1212–1217, 1971. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1731166?seq=3#metadata_info_tab_contents>.
- EPE. *Anuário estatístico de energia elétrica 2021*. . [S.l: s.n.], 2021.
- ESTIRI, H.; ZAGHENI, E. Age matters: Ageing and household energy demand in the

United States. *Energy Research and Social Science*, v. 55, n. September 2018, p. 62–70, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.006>>.

FAO. *The State of the Food Security and Nutrition in the World. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. Roma: [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/ca9692en>>.

FEITOSA, M. J. DA S.; GÓMEZ, C. R. P.; CÂNDIDO, G. A. Pegada Ecológica Municipal : Uma Análise Da (in) Sustentabilidade Ambiental Dos Municípios De João Pessoa E Campina Grande. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, v. 3, n. 3, p. 49–65, 2013.

FERNANDES, V. A racionalização da vida como processo histórico : crítica à racionalidade econômica e ao industrialismo. *Cadernos Ebape.BR*, v. 6, n. 3, p. 1–20, 2008.

FERNANDES, V.; PHILIPPI JR., A. Sustainability Sciences: Political and Epistemological Approaches. In: FRODEMAN, R. (Org.). . *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. 2. ed. Lon: Oxford Academic, 2017. p. 370–382.

FERNANDES, V.; VIEIRA, A. Consumo responsável. In: ANDREOLI, C. V.; TORRES, P. L. (Org.). . *Ciência, inovação e ética : tecendo redes e conexões para a sustentabilidade*. 1ed. ed. Curitiba: SENAR AR-PR, 2021. p. 505–520.

FERNÁNDEZ-VILLAVERDE, J.; KRUEGER, D. Consumption over the life cycle: Facts from Consumer Expenditure Survey data. *Review of Economics and Statistics*, v. 89, n. 3, p. 552–565, 2007.

FINCK, D.; TILLMANN, P. Pandemic Shocks and Household Spending. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 84, n. 2, p. 273–299, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil_wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625>.

FIRAT, A. *et al.* Consumption, Consumer Culture and Consumer Society. *Journal of Community Positive Practices*, v. 13, n. 1, p. 182–203, 2013.

FIREBAUGH, G.; HARLEY, B. Trends in U . S . Church Attendance : Secularization

and Revival , or Merely Lifecycle Effects ? *Journal for the Scientific Study of Religion*, v. 30, n. 4, p. 487–500, 1991.

FOSSE, E. Bayesian age–period–cohort models. In: BELL, A. (Org.). . *Age, period and cohort effects : statistical analysis and the identification problem*. New York: Routledge, 2020. p. 248.

FOSSE, E.; WINSHIP, C. Analyzing Age-Period-Cohort Data : A Review and Critique. *Annual Review of Sociology*, v. 45, p. 1–26, 2019.

FOSSE, E.; WINSHIP, C.; DAOUD, A. Learning from age–period–cohort data. In: BELL, A. (Org.). . *Age, period and cohort effects : statistical analysis and the identification problem*. New York: Routledge, 2020. p. 248.

FOZ, G. DE. *Métodos Demográficos Uma Visão Desde os Países de Língua Portuguesa*. São Paulo: Edgard Blücher, 2021.

FRODEMAN, R. *Sustainable Knowledge: A Theory of Interdisciplinarity*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2014.

FROEMELT, A.; DÜRRENMATT, D. J.; HELLWEG, S. Using Data Mining to Assess Environmental Impacts of Household Consumption Behaviors. *Environmental Science and Technology*, v. 52, n. 15, p. 8467–8478, 2018.

FUNDAÇÃO GEÚLIO VARGAS, F.-I. *FGV aponta Natal mais desigual, apesar de melhor para o comércio*. . [S.l.]: FGV. , 2021

GALINDO, E. *et al. Efeitos da pandemia na alimentação e na situação da segurança alimentar no Brasil. Food for Justice: Power, Politics, and Food Inequalities in a Bioeconomy*, nº 4. Berlin: [s.n.], 2021. Disponível em: <https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/29813/WP_%234_final_version.pdf?%0Asequence=2&isAllowed=y%0A>.

GAO, Z.; LIU, C. Empirical analysis on ecological footprint of household consumption in China. *Energy Procedia*, v. 5, p. 2387–2391, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.410>>.

GASPARINI, B. *et al. Análise do efeito idade-período-coorte na mortalidade por câncer colorretal no Estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período 1980 a 2014. Cadernos de Saude Publica*, v. 34, n. 3, p. 1–12, 2018.

GFN. *Calculating Earth Overshoot Day 2020*. (D. Lin et al., Org.). Oakland.: [s.n.], 2020a.

GFN. *Ecological Footprint Accounting : Limitations and Criticism*. . [S.l.]: Global Footprint Network. , 2020b

GILLINGHAM, K.; NEWELL, R. G.; PALMER, K. Energy Efficiency Economics and Policy. *Annual Review of Resource Economics*, v. 1, p. 597–620, 2009.

GIVISIEZ, G. H. N.; RIOS-NETO, E. L. G.; SAWYER, D. O. Projeção da demanda demográfica por domicílios: aplicação da metodologia das taxas de chefia baseada em modelos idade-período-coorte. *Demografia dos negócios: campo de estudo, perspectivas e aplicações*, p. 214–255, 2006. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/series/article/view/73>>.

GRAGNOLATI, M. *et al. Envelhecendo em um país mais velho (sumário executivo)*. Washington: [s.n.], 2011.

GREENING, L. A.; JENG, H. T. Lifecycle analysis of gasoline expenditure patterns. *Energy Economics*, v. 16, n. 3, p. 217–228, 1994.

GUADIÁN, G. P. *Centro de estudios demográficos, urbanos y ambientales*. 2016. 114 f. El Colegio de México, 2016.

GUIMARÃES, R. R. DE M.; RIOS-NETO, E. L. G. Comparação entre metodologias de idade-período-coorte para o estudo de uma medida da progressão escolar no brasil. *Revista Brasileira de Estudos de Populacao*, v. 28, n. 2, p. 349–367, 2011.

HAN, L.; XU, X.; HAN, L. Applying quantile regression and Shapley decomposition to analyzing the determinants of household embedded carbon emissions: Evidence from urban China. *Journal of Cleaner Production*, v. 103, p. 219–230, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.078>>.

HARDADI, G.; BUCHHOLZ, A.; PAULIUK, S. Implications of the distribution of German household environmental footprints across income groups for integrating environmental and social policy design. *Journal of Industrial Ecology*, v. 25, n. 1, p. 95–113, 2021.

HARDER, R.; DOMBI, M.; PETERS, G. M. Perspectives on quantifying and influencing household metabolism. *Journal of Environmental Planning and*

Management, v. 60, n. 2, p. 178–203, 2017.

HAWKINS, D. I.; MOTHERSBAUGH, D. L. *Building Marketing Strategy Consumer Behavior*. 11. ed. Nova York: McGraw-Hill/Irwin, 2010.

HERSCH, J.; VISCUSI, W. K. The generational divide in support for environmental policies: European evidence. *Climatic Change*, v. 77, n. 1–2, p. 121–136, 2006.

HERTWICH, E. Consumption and the Rebound Effect - An Industrial Ecology Perspective. *Journal of Industrial Ecology*, v. 9, n. 1, p. 85 – 98, 2005.

HOGAN, D. *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. 1. ed. Campinas: Nepo/Unicamp, 2007a.

HOGAN, D. População e Meio Ambiente: a emergência de um novo campo de estudos. In: HOGAN, D. J. (Org.). . *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. 1ª ed. Campinas: Nepo/Unicamp, 2007b. p. 13–57. Disponível em: <http://www.unfpa.org.br/Arquivos/livro_dinamica.pdf>.

HOGAN, D. J. Demographic dynamics and environmental change in Brazil. *Ambiente & Sociedade*, v. 13, n. 1, p. 01–28, 2010.

HOGAN, D.; MARANDOLA, E.; OJIMA, R. *População e Ambiente: desafios à sustentabilidade*. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2010.

HOLDEN, E. Towards sustainable consumption: Do green households have smaller ecological footprints? *International Journal of Sustainable Development*, v. 7, n. 1, p. 44–58, 2004.

HOLFORD, T. R. Understanding the effects of age, period, and cohort on incidence and mortality rates. *Annual Review of Public Health*, v. 12, p. 425–457, 1991.

IBGE. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018*. . Rio de Janeiro: [s.n.], 2019.

INGLEHART, R. Public Support for Environmental Protection: Objective Problems and Subjective Values in 43 Societies. *Political Science and Politics*, v. 28, n. 1, p. 57–72, 1995.

INGLEHART, R. The Silent Revolution in Europe: Intergenerational Change in Post-Industrial Societies. *American Political Science Review*, v. 65, n. 4, p. 991–1017, 1971.

INOUE, N.; MATSUMOTO, S.; MAYUMI, K. Household energy consumption pattern

changes in an aging society: the case of Japan between 1989 and 2014 in retrospect.

International Journal of Economic Policy Studies, v. 16, n. 1, p. 67–83, 2022.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s42495-021-00069-y>>.

IORIS, A. A. R. O Que É Justiça Ambiental. *Ambiente & Sociedade*, v. XII, n. 2, p.

389–392, 2009.

IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2021.

IRONMONGER, D. S.; AITKEN, C. K.; ERBAS, B. Economies of scale in energy use in adult-only households. *Energy Economics*, v. 17, n. 4, p. 301–310, 1995.

IVANOVA, D. *et al.* Environmental Impact Assessment of Household Consumption. *Journal of Industrial Ecology*, v. 20, n. 3, p. 526–536, 2016.

IVANOVA, O. *et al.* The generational cohort effect in the context of responsible consumption cohort effect. 2018.

JACKSON, T. *Prosperity without growth? The transition to a sustainable economy*.

[S.l.]: Sustainable Development Commission, 2009. Disponível em: <<http://www.sd-commission.org.uk/publications.php?id=914>>.

JIANG, L.; HARDEE, K. How do Recent Population Trends Matter to Climate Change? *Population Research and Policy Review*, v. 30, n. 2, p. 287–312, 2011.

JIANG, L.; O'NEILL, B. C. Impacts of demographic trends on US household size and structure. *Population and Development Review*, v. 33, n. 3, p. 567–591, 2007.

JOHANSEN, I. C. *et al.* *An update of Brazilian household-level income and consumption patterns as an input to the iPETS model*. NCAR Technical Notes, 1.

Boulder - Colorado: [s.n.], 2018. Disponível em:

<<https://opensky.ucar.edu/islandora/object/technotes%3A562/datastream/PDF/view>>.

KELMAN, I. Imaginary numbers of climate change migrants? *Social Sciences*, v. 8, n. 5, 2019.

KISSINGER, M.; DAMARI, Y. Household metabolism : Integrating socio-economic characteristics and lifestyles on individual and national scales as a mean for advancing

environmental management. *Journal of Environmental Management*, v. 279, n. July 2020, p. 111526, 2021. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111526>>.

KRAUS, L. *et al.* Age, period and cohort effects on time trends in alcohol consumption in the Swedish adult population 1979-2011. *Alcohol and Alcoholism*, v. 50, n. 3, p. 319–327, 2015.

LAM, D. How the World Survived the Population Bomb: Lessons From 50 Years of Extraordinary Demographic History. *Demography*, v. 48, n. 4, p. 1231–1262, 2011.

LEE, R. The demographic transition: Three centuries of fundamental change. *Journal of Economic Perspectives*, v. 17, n. 4, p. 167–190, 2003.

LEICHENKO, R.; SILVA, J. A. Climate change and poverty: Vulnerability, impacts, and alleviation strategies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 5, n. 4, p. 539–556, 2014.

LENGLART, F.; LESIEUR, C.; PASQUIER, J.-L. Les émissions de CO2 du circuit économique en France. *L'Economie française*, p. 101–125, 2010.

LESTHAEGHE, R. The unfolding story of the second demographic transition. *Population and Development Review*, v. 36, n. 2, p. 211–251, 2010.

LIDDLE, B. Consumption-driven environmental impact and age structure change in OECD countries: A cointegration-STIRPAT analysis. *Demographic Research*, v. 24, p. 749–770, 2011.

LIDDLE, B.; LUNG, S. Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: Revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts. *Population and Environment*, v. 31, n. 5, p. 317–343, 2010.

LINN, S. O Comercialismo na Vida das Crianças. In: ASSADOURIAN, E. (Org.). . *Estado do Mundo 2010: Transformando Culturas Do Consumo à Sustentabilidade*. 1. ed. Salvador: UMA Editora, 2010. p. 298.

LINS, F. E. *Demanda por energia elétrica residencial urbana no Brasil: uma análise baseada nos microdados das POFS 2002-2003 e 2008-2009*. 2010. 104 f. UFPE, 2010.

LINTOTT, J. Beyond the economics of more: The place of consumption in ecological

- economics. *Ecological Economics*, v. 25, n. 3, p. 239–248, 1998.
- LIU, F.; WANG, M.; ZHENG, M. Science of the Total Environment Effects of COVID-19 lockdown on global air quality and health. *Science of the Total Environment*, v. 755, p. 142533, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142533>>.
- LIU, JIANGUO *et al.* Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity. *Nature*, v. 421, n. 6922, p. 530–533, 2003.
- LIU, JINGRU; WANG, R.; YANG, J. Metabolism and driving forces of Chinese urban household consumption. *Population and Environment*, v. 26, n. 4, p. 325–341, 2005.
- LUO, L. Assessing Validity and Application Scope of the Intrinsic Estimator Approach to the Age-Period-Cohort Problem. *Demography*, v. 50, p. 1945–1967, 2013.
- LUTZ, W. Demographic Metabolism : A Predictive Theory of Socioeconomic Change. *Population and Development Review*, v. 38, p. 283–301, 2013.
- LUTZ, W.; MUTTARAK, R. Forecasting societies’ adaptive capacities through a demographic metabolism model. *Nature Climate Change*, v. 7, n. March, p. 177–184, 2017.
- MACKELLAR, F. L. *et al.* Population , Households , and CO2 Emissions. *Population and Development Review*, v. 21, n. 4, p. 849–865, 1995.
- MALTHUS, T. R. *An essay on the principle of population. An Essay on the Principle of Population: The 1803 Edition*. Londres: St. Paul’s Church-Yard. , 1798
- MARANDOLA, E.; HOGAN, D. J. Em direção a uma demografia ambiental? Avaliação e tendências dos estudos de população e ambiente no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos de Populacao*, v. 24, n. 2, p. 191–223, 2007.
- MARTINE, G. O lugar do espaço na equação. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 24, n. 2, p. 181–190, jul. 2007.
- MARTINE, G. *et al.* *Population Dynamics and Climate Change Population Dynamics and Climate Change*. Nova York / Londres: UNFPA/IIED, 2009. Disponível em: <<http://www.unfpa.org/public/home/publications/pid/4500>>.
- MARTINE, G. Population Dynamics and Policies in the Context of Global Climate

Change. In: GUZMÁN, J.M. *et al.* (Org.). . *Population Dynamics and Climate Change*. New York, London: UNFPA and IIED, 2009. . Disponível em: <<https://www.unfpa.org/public/publications/pid/4500>>.

MARTINE, G. Promovendo a demografia da sustentabilidade. In: MARTINE, G. (Org.). . *População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais*. Belo Horizonte: ABEP, 2012. p. 320.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: Tripé ou trilema da sustentabilidade? *Revista Brasileira de Estudos de Populacao*, v. 32, n. 3, p. 433–459, 2015.

MARTINE, G.; OJIMA, R.; FIORAVANTE, E. F. Transporte individual, dinâmica demográfica e meio ambiente. In: MARTINE, G. (Org.). . *População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira*. Belo Horizonte: ABEP, 2012. .

MARTINE, G.; SCHENSUL, D. *The Demography of Adaptation to Climate Change*. New York, London and Mexico City: UNFPA, IIED and El Colegio de México, 2013. Disponível em: <[https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/The Demography of Adaptation to Climate Change.pdf](https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/The%20Demography%20of%20Adaptation%20to%20Climate%20Change.pdf)>.

MARTINE, G.; TORRES, H.; DE MELLO, L. F. Cultura do consumo e desenvolvimento econômico na era das mudanças climáticas. In: MARTINE, G. (Org.). . *População e sustentabilidade na era das mudanças climáticas*. Belo Horizonte: ABEP, 2012. p. 320.

MARTINE, G.; TORRES, H.; MELLO, L. F. DE. Cultura do consumo e desenvolvimento econômico na era das mudanças climáticas. In: MARTINE, G. (Org.). . *População e Sustentabilidade na Era das Mudanças Ambientais Globais: Contribuições para uma Agenda Brasileira*. Campinas/SP: Abep/Librum, 2012. p. pp.19-32.

MARTINEZ-ALIER, J. Mining conflicts, environmental justice, and valuation. *Journal of Hazardous Materials*, v. 86, n. 1–3, p. 153–170, 2001.

MASON, A.; LEE, R. Labor and consumption across the lifecycle. *Journal of the Economics of Ageing*, v. 1–2, p. 16–27, 2013.

- MATTHEWS, H. S.; HENDRICKSON, C. T.; WEBER, C. L. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. *Environmental Science & Technology*, v. 42, n. 16, p. 5839–5842, 2008.
- MEADOWS, D. *et al.* *The limits to growth*. . New York: Universe Books, 1972.
- MEIRA, K. C. *et al.* Análise de efeito idade-período-coorte na mortalidade por câncer de mama no Brasil e regiões. *Revista Panamericana de Salud Publica*, v. 37, n. 6, p. 402–408, 2015.
- MEIRA, K. C. *et al.* Efeito idade-periodo-coorte na mortalidade por cancer do colo uterino. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, n. 2, p. 274–282, 2013.
- MELLO, L. F. DE; HOGAN, D. População, Consumo e Meio Ambiente. In: HOGAN, D. J. (Org.). . *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. 1ª ed. Campinas: Nepo/Unicamp, 2007. p. 240. Disponível em: <http://www.unfpa.org.br/Arquivos/livro_dinamica.pdf>.
- MELLO, L. F.; SATHLER, D. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. *Revista Brasileira de Estudos de Populacao*, v. 32, n. 2, p. 357–380, 2015.
- MENZ, T.; KÜHLING, J. Population aging and environmental quality in OECD countries: evidence from sulfur dioxide emissions data. *Population and Environment*, v. 33, n. 1, p. 55–79, 2011.
- MENZ, T.; WELSCH, H. Population aging and carbon emissions in OECD countries: Accounting for life-cycle and cohort effects. *Energy Economics*, v. 34, n. 3, p. 842–849, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.016>>.
- MEYER, A. Does education increase pro-environmental behavior? Evidence from Europe. *Ecological Economics*, v. 116, p. 108–121, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.018>>.
- MODESTO, F. . Crescimento populacional e mudanças climáticas: antigas questões em novos contextos. In: D’ANTONA, Á. DE O.; CARMO, R. L. (Org.). . *Dinâmicas demográficas e ambiente*. Campinas: Nepo/Unicamp, 2011. .
- MORI, H. *et al.* Cohort analysis of food consumption: A case of rapidly changing Japanese consumption. *International Food and Agribusiness Management Review*, v. 3,

n. 2, p. 189–205, 2000.

MOSES, M. The Energy Crunch. *Nature*, v. 573, p. 344–345, 2019. Disponível em: <<https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-019-02716-z/d41586-019-02716-z.pdf>>.

NERI, M. *As Classes Médias Brasileiras*. . Rio de Janeiro: [s.n.], 2019.

NEŠOVIC, A.; TERZIC, I.; CVETKOVIC, D. Impact of people ' s behavior on the energy sustainability of the residential sector in emergency situations caused by COVID-19. *Energy & Buildings*, v. 230, p. 14, 2021.

O'BRIEN, R. M. Constrained Estimators and Age-Period-Cohort Models. *Sociological Methods & Research*, v. 40, n. 3, p. 419–452, 2011.

O'NEILL, B. C.; CHEN, B. S. Demographic Determinants of Household Energy Use in the United States. *Source: Population and Development Review*, v. 28, n. 2002, p. 53–88, 2002. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/3115268>>.

OJIMA. As dimensões demográficas das mudanças climáticas: cenários de mudança do clima e as tendências do crescimento populacional. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 28, n. 2, p. 389–403, 2011.

OJIMA, R. Mais quente e mais cheio? Alguns mitos e outras verdades sobre a população e mudanças climáticas no Brasil. In: MARTINE, G. (Org.). . *População e sustentabilidade na era das mudanças climáticas*. Belo Horizonte: ABEP, 2012. p. 320.

OJIMA, R.; DIÓGENES, V. H. D.; SILVA, B. L. DA. Dynamique démographique et politiques sociales au Brésil. Dilemmes et défis politiques du 'bonus démographique'. *Problèmes d'Amérique Latine*, v. 93, n. 2, p. 31–53, 2014.

OLIVEIRA, A. M. H. C. DE; RIOS-NETO, E. L. G. Modelos idade-período-coorte aplicados à participação na força de trabalho : em busca de uma versão parcimoniosa. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 21, n. 1, p. 21–47, 2004.

PACALA, S. Equitable Solutions to Greenhouse Warming : On the Distribution of Wealth , Emissions and Responsibility Within and Betwwen Nations. 2007, Viena, Austria: [s.n.], 2007. p. 10.

PACHAURI, S. An analysis of cross-sectional variations in total household energy

- requirements in India using micro survey data. *Energy Policy*, v. 32, n. 15, p. 1723–1735, 2004.
- PAGE, E. A. Distributing the burdens of climate change. *Environmental Politics*, v. 17, n. 4, p. 556–575, 2008.
- PAMPEL, F. Cohort change , diffusion , and support for gender egalitarianism in cross-national perspective. *DEMOGRAPHIC RESEARCH*, v. 25, n. 21, p. 667–694, 2011.
- PAMPEL, F. C.; HUNTER, L. M. Cohort Change , Diffusion , and Support for Environmental Spending in the United States. *American Journal of Sociology*, v. 118, n. 2, p. 420–448, 2012.
- PEBLEY, A. R. Demography and the environment. *Demography*, v. 35, n. 4, p. 377–389, 1998.
- PEREIRA, L. G. *Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países - o Brasil como estudo de caso*. 2008. 183 f. Unicamp, 2008.
- PERZ, S. G.; WALKER, R. T.; CALDAS, M. M. Beyond population and environment: Household demographic life cycles and land use allocation among small farms in the Amazon. *Human Ecology*, v. 34, n. 6, p. 829–849, 2006.
- PHAM, N. M.; HUYNH, T. L. D.; NASIR, M. A. Environmental consequences of population, affluence and technological progress for European countries: A Malthusian view. *Journal of Environmental Management*, v. 260, n. January, p. 110143, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110143>>.
- POUROUCHOTTAMIN, P. *et al. New representations of energy consumption*. . Paris: [s.n.], 2013.
- PRINCEN, T. Consumption and its Externalities : Where Economy Meets Ecology. *Global Environmental Politics*, v. 1, n. 3, p. 11–30, 2001.
- PRSKAWETZ, A.; LEIWEN, J.; NEILL, B. C. O. Demographic composition and projections of car use in Austria. *Austrian Academy of Sciences Press*, v. 2, n. 2004, p. 175–201, 2004.
- RAPPORT, D. J. Ecological footprints and ecosystem health : complementary

- approaches to a sustainable future. *Ecological Economics*, v. 32, p. 367–370, 2000.
- RENTZ, J. O. *et al.* Analyzing Changing Consumption Patterns with Cohort Analysis. *Journal of Marketing Research*, v. 20, n. 1, p. 12–20, 1983.
- REZENDE, S.; WAJNMAN, S.; HELLER, L. Análise de Idade, Período e Coorte do Saneamento Urbano no Brasil Contemporâneo (1972 a 2002). In: GUIMARÃES, J. R. S. (Org.). . *Demografia dos negócios: campo de estudo, perspectivas e aplicações*. 1. ed. Campinas: ABEP, 2006. p. 287–218.
- RIBEIRO, W. C. Justiça espacial e justiça socioambiental: uma primeira aproximação. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 147–165, 2017.
- RIOS-NETO, E. L. G. Questões emergentes na análise demográfica: o caso brasileiro. *R. bras. Est. Pop.*, v. 22, n. 2, p. 371–408, 2005.
- RIOS-NETO, E.; OLIVEIRA, A. Aplicação de um modelo de idade-período-coorte para a atividade econômica no Brasil metropolitano. *Pesq. Plan. Econ.*, v. 29, p. 243–272, 1999. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5033>>.
- ROBERTSON, C.; BOYLE, P. Age-period-cohort analysis of chronic disease rates I: Modelling approach. *Statistics in Medicine*, v. 17, n. 12, p. 1305–1323, 1998.
- ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: Uma perspectiva econômicoecológica. *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012.
- RØPKE, I. *Consumption in ecological economics*. *Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, Internet Encyclopaedia of Ecological Economics. [S.l: s.n.], 2005.
- RYDER, N. B. The cohort as a concept in the study of social change. *American sociological review*, v. 30, n. 6, p. 843–861, 1965.
- SACHS, J.; FINKELPEARL, S. Da Venda de Sabão à Venda de Sustentabilidade: Marketing Social. In: ASSADOURIAN, E. (Org.). . *Estado do Mundo 2010: Transformando Culturas Do Consumo à Sustentabilidade*. 1. ed. Salvador: UMA Editora, 2010. p. 8.
- SANTOS, M. F. R. F. DOS; XAVIER, L. DE S.; PEIXOTO, J. A. A. Estudo do indicador de sustentabilidade “Pegada Ecológica”: uma abordagem teórico-empírica. *Revista Gerenciais*, v. 7, n. 1, p. 29–37, 2008.

- SATTERTHWAITE, D. The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and Urbanization*, v. 21, n. 2, p. 545–567, 2009.
- SATYRO, W. C. *et al.* Planned obsolescence or planned resource depletion? A sustainable approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 195, p. 744–752, 2018.
- SCHULHOFER-WOHL, S.; YANG, Y. C. *Modeling the Evolution of Age and Cohort Effects*. , Staff Report., nº 461. [S.l: s.n.], 2011.
- SHAHZAD, U. *et al.* Investigating the nexus between economic complexity , energy consumption and ecological footprint for the United States : New insights from quantile methods. *Journal of Cleaner Production*, v. 279, p. 123806, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123806>>.
- SICHE, J. R. *et al.* Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices. *Ecological Economics*, v. 66, p. 628–637, 2008.
- SILVA, H. Aspectos demográficos associados à geração de resíduos domiciliares no município de Belo Horizonte, 2002. 2008.
- SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L. Demografia do consumo urbano: Um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de belo horizonte. *Revista Brasileira de Estudos de Populacao*, v. 29, n. 2, p. 421–449, 2012.
- SILVEIRA, F. G. *et al.* *Gasto e consumo das famílias brasileiras contemporâneas*. 2. ed. Brasília: IPEA, 2007. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160104_gasto_e_consumo_familiar_vol1_ipea_2007_web.pdf>.
- SIMÕES, T. *et al.* Chagas disease mortality in Brazil: A Bayesian analysis of age-period-cohort effects and forecasts for two decades. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 12, n. 9, p. 1–12, 2018.
- SMIL, V. Crosstalk: Energy-conversion efficiency is falling. *IEEE Spectrum*, v. 58, n. 2, p. 18–19, 2021.
- SMIL, V. Science, energy, ethics, and civilization. In: CHIAO, R. Y. *et al.* (Org.). . *Visions of Discovery: New Light on Physics, Cosmology, and Consciousness*. Londres: Cambridge University Press, 2010. p. 709–729. Disponível em:

<<http://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/docs/smil-articles-science-energy-ethics-civilization.pdf>>.

SORIANO, É. *et al.* Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. *Ambiente & Sociedade*, v. XIX, n. 1, p. 21–42, 2016.

SOUZA, J. G. DE M. *et al.* *Elasticidades preço e renda da demanda de energia elétrica domiciliar no brasil.* , Texto para discussão., nº 2702. Brasília: [s.n.], 2021.

STERN, P. C. Environmentally Significant Consumption. In: STERN, P. C. *et al.* (Org.). . *Environmentally Significant Consumption: Research Directions*. Washington: Paul C. Stern, Thomas Dietz, Vernon W. Ruttan, Robert H. Socolow, and James L. Sweeney, 1997. p. 152.

THIJS, P.; GROTENHUIS, M. TE; SCHEEPERS, P. The pros and cons of constraining variables. In: BELL, A. (Org.). . *Age, Period and Cohort Effects: Statistical Analysis and the Identification Problem*. 1. ed. New York: Routledge, 2020. p. 248.

TILLEY, J.; EVANS, G. Ageing and generational effects on vote choice: Combining cross-sectional and panel data to estimate APC effects. *Electoral Studies*, v. 33, p. 19–27, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.electstud.2013.06.007>>.

TIMMERS, G. J. *et al.* *A Pegada Ecológica da cidade de Natal.* . Brasília: [s.n.], 2015.

TOL, R. S. J.; WAGNER, S. Climate change and violent conflict in Europe over the last millennium. *Climatic Change*, v. 99, n. 1, p. 65–79, 2010.

TOMBOLO, G.; SAMPAIO, A. V. O PIB brasileiro nos séculos XIX e XX : duzentos anos de flutuações econômicas. *Revista de Economia*, v. 3, n. 37, p. 181–216, 2013.

TONN, B.; EISENBERG, J. The aging US population and residential energy demand. *Energy Policy*, v. 35, n. 1, p. 743–745, 2007.

TUNG, A.-C. Consumption over the lifecycle: an international comparison. In: LEE, R.; MASON, A. (Org.). . *Population Aging and the Generational Economy: A Global Perspective*. Northampton: Edward Elgar, 2011. p. 136–160.

VAN-BELLEN, H. M. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2002. 235 f. UFSC, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84033/189898.pdf>>.

- VAN DE KAA, D. The idea of a second demographic transition in industrialized countries. 2002, Tóquio: [s.n.], 2002. p. 34.
- VANWEY, L. *et al.* Uso da terra, ciclo de vida da unidade doméstica e ciclo de vida do lote na Amazônia Brasileira. 2004, Caxambu-MG: ABEP, 2004. p. 20.
- VOLLSET, S. E. *et al.* Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*, v. 396, n. 10258, p. 1285–1306, 2020. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2)>.
- WACKERNAGEL, M.; RESS, W. *Our Ecological Footprint - reducing human impact on the earth*. Gabriola Island: The New Catalyst, 1996.
- WANG, P. *et al.* Examining the impact factors of energy-related CO₂ emissions using the STIRPAT model in Guangdong Province, China. *Applied Energy*, v. 106, p. 65–71, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.036>>.
- WASQUES, R. N. O Investimento em Keynes: elo entre o curto e o longo prazos e crítica à neutralidade da moeda. *Revista de Estudos Sociais*, v. 18, n. 37, p. 114–129, 2016.
- WATTS, N. *et al.* The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, v. 394, n. 10211, p. 1836–1878, 2019.
- WERTH, A.; GRAVINO, P.; PREVEDELLO, G. Impact analysis of COVID-19 responses on energy grid dynamics in Europe. *Applied Energy*, v. 281, n. October 2020, p. 116045, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116045>>.
- WILSON, J. A.; GOVE, W. R. The age-period-cohort conundrum and verbal ability: empirical relationships and their interpretation. *American Sociological Review*, v. 64, n. 2, p. 287–302, 1999.
- WONG, L. L. R.; CARVALHO, J. A. The rapid process of aging in Brazil: serious challenges for public policies. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 23, n. 1, p. 5–26, 2006.
- WU, W. *et al.* Implications of declining household economies of scale on electricity consumption and sustainability in China. *Ecological Economics*, v. 184, p. 106981,

2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.econ.2021.106981>>.

YANG, Y.; FU, W. J.; LAND, K. C. A methodological comparison of age-period-cohort models: the intrinsic estimator and conventional generalized linear models. *Sociological Methodology*. [S.l: s.n.], 2004. p. 75–110.

YANG, Y.; LAND, K. C. A mixed models approach to the age-period-cohort analysis of repeated cross-section surveys, with an application to data on trends in verbal test scores. *Sociological Methodology*, v. 36, n. 1, p. 75–97, 2006.

YANG, Y.; LAND, K. C. *Age-Period-Cohort Analysis New Models, Methods, and Empirical Applications*. 1. ed. Boca Raton: Taylor & Francis CRC Press, 2013a.

YANG, Y.; LAND, K. C. Age-period-cohort analysis of repeated cross-section surveys: Fixed or random effects? *Sociological Methods and Research*, v. 36, n. 3, p. 297–326, 2008.

YANG, Y.; LAND, K. C. Formalities of the Age- Period- Cohort Analysis Conundrum and a Generalized Linear Mixed Models (GLMM) Framework. *Age-period-Cohort Analysis - New Models, Methods, and Empirical Applications*. 1. ed. Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis CRC Press, 2013b. p. 55–71.

YU, B. *et al.* Future scenarios for energy consumption and carbon emissions due to demographic transitions in Chinese households. *Nature Energy*, v. 3, n. 2, p. 109–118, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41560-017-0053-4>>.

YU, E.; LIU, J. Environmental impacts of divorce. *PNAS*, v. 104, n. 51, p. 20629–20634, 2007.

ZAGHENI, E. The leverage of demographic dynamics on carbon dioxide emissions: Does age structure matter? *Demography*, v. 48, n. 1, p. 371–399, 2011.

ZANON, R. R.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L. Envelhecimento populacional e mudanças no padrão de consumo e na estrutura produtiva brasileira. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 30, n. SUPPL, p. 45–68, 2013.

ZHAO, L. *et al.* The effect of gasoline consumption tax on consumption and carbon emissions during a period of low oil prices. *Journal of Cleaner Production*, v. 171, p. 1429–1436, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.117>>.

ZLOTNIK, H. Does Population Matter for Climate Change? In: GUZMÁN, JOSÉ MIGUEL *et al.* (Org.). . *Population dynamics and climate change*. New York/London: UNFPA/ IIED, 2009. p. 31–44.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - RESULTADOS COMPLEMENTARES DOS MODELOS PARCIAIS, COMPLETO E ALTERNATIVOS

Modelo	Termo	Estimativa	Erro padrão	Estatística do teste	Valor-p	IC 95% de Confiança - LI	IC 95% de Confiança - LS
I	(Intercept)	3,6436287	0,0306313	118,9510836	0	3,5835919	3,7036655
I	grupo_etario20-29	-0,0100256	0,031275	-0,3205639	0,7485414	-0,071324	0,0512727
I	grupo_etario30-39	0,0052215	0,0309568	0,1686695	0,8660568	-0,0554532	0,0658961
I	grupo_etario40-49	0,112481	0,0309423	3,6351852	0,0002779	0,0518347	0,1731274
I	grupo_etario50-59	0,2439274	0,0310053	7,8672734	0	0,1831576	0,3046973
I	grupo_etario60-69	0,3107266	0,0311459	9,97648	0	0,2496812	0,371772
I	grupo_etario70-79	0,3716283	0,0315211	11,7898085	0	0,3098474	0,4334091
I	grupo_etario80-89	0,3986212	0,0332636	11,9837122	0	0,3334252	0,4638172
II	(Intercept)	3,604266	0,0036025	1000,487632	0	3,5972052	3,6113269
II	periodo2008	0,1704253	0,0050963	33,4409289	0	0,1604366	0,1804139
II	periodo2017	0,414566	0,0050966	81,3418353	0	0,4045768	0,4245552
III	(Intercept)	3,8547766	0,0335066	115,0454392	0	3,7891044	3,9204488
III	grupo_coortes1920-1929	-0,0172875	0,03585	-0,4822182	0,6296517	-0,0875529	0,0529779
III	grupo_coortes1930-1939	0,0763797	0,0343645	2,2226346	0,026242	0,009026	0,1437334
III	grupo_coortes1940-1949	0,0467035	0,0340061	1,3733846	0,169635	-0,0199479	0,1133549
III	grupo_coortes1950-1959	0,0105409	0,0338428	0,3114672	0,7554459	-0,0557903	0,0768721
III	grupo_coortes1960-1969	-0,1014651	0,0337867	-3,0031081	0,0026728	-0,1676864	-0,0352438
III	grupo_coortes1970-1979	-0,1763759	0,0338368	-5,212547	0,0000002	-0,2426954	-0,1100564
III	grupo_coortes1980-1989	-0,0960594	0,0341626	-2,8118273	0,0049268	-0,1630175	-0,0291013
III	grupo_coortes1990-1999	0,0008903	0,0366848	0,0242676	0,9806392	-0,0710112	0,0727917
III	grupo_coortes2000-2005	0,1390249	0,1246017	1,1157543	0,2645292	-0,105192	0,3832418
IV	(Intercept)	3,4751678	0,0301564	115,2383141	0	3,4160619	3,5342736
IV	grupo_etario20-29	0,0091234	0,0306656	0,2975123	0,7660759	-0,0509806	0,0692275
IV	grupo_etario30-39	0,0110523	0,0303523	0,3641334	0,7157589	-0,0484377	0,0705423
IV	grupo_etario40-49	0,1091501	0,0303386	3,5977338	0,0003211	0,0496871	0,168613
IV	grupo_etario50-59	0,2192412	0,0304021	7,2113797	0	0,1596537	0,2788288
IV	grupo_etario60-69	0,2781075	0,030541	9,1060335	0	0,2182477	0,3379673
IV	grupo_etario70-79	0,3407914	0,0309086	11,0257795	0	0,2802111	0,4013716
IV	grupo_etario80-89	0,3558243	0,0326191	10,9084706	0	0,2918915	0,4197571
IV	periodo2008	0,154495	0,0050469	30,611755	0	0,1446032	0,1643869
IV	periodo2017	0,3816851	0,0050736	75,2300814	0	0,371741	0,3916292
V	(Intercept)	2,3295738	0,0508622	45,801663	0	2,2298848	2,4292627
V	grupo_etario20-29	0,1382284	0,0322494	4,286228	0,0000182	0,0750201	0,2014366
V	grupo_etario30-39	0,2963902	0,0326658	9,0734175	0	0,2323659	0,3604144
V	grupo_etario40-49	0,5431629	0,0332224	16,3493234	0	0,4780478	0,6082781
V	grupo_etario50-59	0,8100723	0,033762	23,9936132	0	0,7438995	0,8762452
V	grupo_etario60-69	1,0452428	0,0345002	30,2966878	0	0,977623	1,1128625
V	grupo_etario70-79	1,3113863	0,0357595	36,6723419	0	1,2412983	1,3814744
V	grupo_etario80-89	1,5252028	0,0388771	39,2314186	0	1,4490045	1,6014012
V	grupo_coortes1920-1929	0,1028869	0,0363397	2,8312564	0,0046372	0,0316619	0,174112

APÊNDICE 1 - RESULTADOS COMPLEMENTARES DOS MODELOS PARCIAIS,
COMPLETO E ALTERNATIVOS (continuação)

Modelo	Termo	Estimativa	Erro padrão	Estatística do estatística	Valor-p	IC 95% de Confiança - LI	IC 95% de Confiança - LS
V	grupo_coortes1930-1939	0,3625859	0,0366413	9,8955429	0	0,2907696	0,4344023
V	grupo_coortes1940-1949	0,5510829	0,0377014	14,6170237	0	0,4771888	0,624977
V	grupo_coortes1950-1959	0,7540235	0,0382477	19,7142404	0	0,6790588	0,8289881
V	grupo_coortes1960-1969	0,8867466	0,0387108	22,9069687	0	0,8108742	0,962619
V	grupo_coortes1970-1979	1,0183655	0,0391721	25,9972349	0	0,941589	1,095142
V	grupo_coortes1980-1989	1,2146377	0,039803	30,5162113	0	1,1366245	1,2926509
V	grupo_coortes1990-1999	1,3999872	0,0425026	32,9388607	0	1,3166829	1,4832914
V	grupo_coortes2000-2005	1,6642277	0,1280037	13,0014037	0	1,413343	1,9151125
VI	(Intercept)	3,2524963	0,0071209	456,7530813	0	3,2385395	3,2664532
VI	idade	0,0076539	0,0001342	57,050056	0	0,007391	0,0079169
VI	periodo2008	0,1548621	0,0050464	30,6876077	0	0,1449712	0,1647529
VI	periodo2017	0,3814484	0,0050726	75,1973698	0	0,3715061	0,3913906
VII	(Intercept)	1,4568275	0,0429124	33,9488559	0	1,37272	1,540935
VII	idade	0,0279816	0,0003247	86,1671829	0	0,0273451	0,0286181
VII	grupo_coortes1920-1929	0,1701155	0,0350175	4,8580081	0,0000012	0,1014818	0,2387492
VII	grupo_coortes1930-1939	0,4591382	0,0337949	13,5860293	0	0,3929009	0,5253755
VII	grupo_coortes1940-1949	0,6779403	0,0339521	19,9675701	0	0,6113949	0,7444857
VII	grupo_coortes1950-1959	0,9058814	0,0345906	26,1886537	0	0,8380845	0,9736783
VII	grupo_coortes1960-1969	1,0631761	0,0356037	29,8614078	0	0,9933936	1,1329586
VII	grupo_coortes1970-1979	1,2403353	0,0368575	33,6521535	0	1,1680953	1,3125754
VII	grupo_coortes1980-1989	1,4798298	0,037996	38,9470225	0	1,4053585	1,5543012
VII	grupo_coortes1990-1999	1,7331278	0,0410266	42,2439994	0	1,6527164	1,8135391
VII	grupo_coortes2000-2005	2,0699416	0,1235229	16,7575549	0	1,8278391	2,3120441
VIII	(Intercept)	3,8351645	0,0325583	117,7938098	0	3,7713509	3,8989781
VIII	periodo2008	0,1969387	0,0050816	38,7553279	0	0,1869789	0,2068986
VIII	periodo2017	0,4860757	0,0053118	91,5093726	0	0,4756648	0,4964867
VIII	grupo_coortes1920-1929	-0,0858148	0,0348602	-2,4616875	0,0138297	-0,15414	-0,0174896
VIII	grupo_coortes1930-1939	-0,0702003	0,0334528	-2,098488	0,0358638	-0,1357671	-0,0046335
VIII	grupo_coortes1940-1949	-0,1301875	0,0331216	-3,9305885	0,0000848	-0,1951053	-0,0652698
VIII	grupo_coortes1950-1959	-0,1813065	0,0329706	-5,4990434	0	-0,2459282	-0,1166849
VIII	grupo_coortes1960-1969	-0,2958152	0,032917	-8,9866971	0	-0,3603319	-0,2312985
VIII	grupo_coortes1970-1979	-0,3951316	0,0329871	-11,9783544	0	-0,4597857	-0,3304774
VIII	grupo_coortes1980-1989	-0,4293766	0,0334144	-12,8500391	0	-0,4948682	-0,363885
VIII	grupo_coortes1990-1999	-0,4572855	0,0359895	-12,7060801	0	-0,5278242	-0,3867468
VIII	grupo_coortes2000-2005	-0,3274387	0,121167	-2,7023745	0,0068854	-0,5649238	-0,0899537
IX	(Intercept)	3,6655983	0,0578613	63,3514831	0	3,5521913	3,7790053
IX	grupo_etario20-29	0,0022106	0,03213	0,0688028	0,9451467	-0,0607636	0,0651848
IX	grupo_etario30-39	-0,0349309	0,0331692	-1,0531107	0,292292	-0,0999419	0,0300802
IX	grupo_etario40-49	0,0046439	0,0348849	0,13312	0,8940987	-0,0637298	0,0730175
IX	grupo_etario50-59	0,0613415	0,0370653	1,6549564	0,0979355	-0,0113058	0,1339888
IX	grupo_etario60-69	0,090694	0,0397585	2,2811207	0,0225428	0,0127681	0,1686199
IX	grupo_etario70-79	0,1530016	0,0431378	3,5468081	0,0003901	0,0684523	0,237551

APÊNDICE 1 - RESULTADOS COMPLEMENTARES DOS MODELOS PARCIAIS, COMPLETO E ALTERNATIVOS (continuação)

Modelo	Termo	Estimativa	Erro padrão	Estatística do estatística	Valor-p	IC 95% de Confiança - LI	IC 95% de Confiança - LS
IX	grupo_etario80-89	0,1715029	0,0480555	3,568851	0,0003587	0,077315	0,2656907
IX	periodo2008	0,1774917	0,0058993	30,086685	0	0,1659291	0,1890543
IX	periodo2017	0,4396543	0,0093097	47,2251988	0	0,4214074	0,4579012
IX	grupo_coortes1920-1929	-0,0687068	0,0362633	-1,8946622	0,0581392	-0,1397822	0,0023687
IX	grupo_coortes1930-1939	-0,0164367	0,0372586	-0,4411525	0,6591033	-0,0894628	0,0565894
IX	grupo_coortes1940-1949	-0,0350306	0,0394333	-0,8883516	0,3743531	-0,112319	0,0422578
IX	grupo_coortes1950-1959	-0,0418185	0,0415346	-1,0068355	0,3140156	-0,1232255	0,0395885
IX	grupo_coortes1960-1969	-0,1126366	0,0438591	-2,5681465	0,0102254	-0,1985995	-0,0266736
IX	grupo_coortes1970-1979	-0,1870081	0,0465009	-4,0216002	0,0000578	-0,2781491	-0,0958672
IX	grupo_coortes1980-1989	-0,2093015	0,0496835	-4,2126993	0,0000252	-0,3066801	-0,1119229
IX	grupo_coortes1990-1999	-0,2440878	0,0546737	-4,4644461	0,000008	-0,3512473	-0,1369284
IX	grupo_coortes2000-2005	-0,1114511	0,1324564	-0,8414172	0,4001157	-0,3710632	0,1481609
X	(Intercept)	3,2316866	0,0691052	46,7647481	0	3,0962418	3,3671314
X	idade	0,0070892	0,0007161	9,8994582	0	0,0056856	0,0084928
X	periodo2008	0,1563152	0,0065303	23,9369547	0	0,1435159	0,1691144
X	periodo2017	0,3828717	0,0116996	32,7251931	0	0,3599407	0,4058027
X	grupo_coortes1920-1929	-0,0240937	0,0354016	-0,6805812	0,4961376	-0,0934802	0,0452928
X	grupo_coortes1930-1939	0,0575725	0,0358458	1,6061179	0,1082502	-0,0126845	0,1278296
X	grupo_coortes1940-1949	0,0669899	0,0386396	1,7337079	0,0829721	-0,0087431	0,1427228
X	grupo_coortes1950-1959	0,0859801	0,0426066	2,0179979	0,0435933	0,0024719	0,1694882
X	grupo_coortes1960-1969	0,040238	0,0472775	0,851103	0,3947136	-0,052425	0,1329011
X	grupo_coortes1970-1979	0,0099477	0,0525529	0,18929	0,8498658	-0,0930548	0,1129503
X	grupo_coortes1980-1989	0,0403892	0,0580312	0,6959917	0,4864352	-0,0733507	0,1541291
X	grupo_coortes1990-1999	0,0789437	0,0650268	1,2140183	0,2247427	-0,0485075	0,206395
X	grupo_coortes2000-2005	0,2609199	0,1349214	1,9338661	0,0531316	-0,0035234	0,5253632
XI	(Intercept)	3,688785	0,0537008	68,6914089	0	3,5835325	3,7940376
XI	grupo_etario20-29	0,0014687	0,0321226	0,0457207	0,963533	-0,0614911	0,0644284
XI	grupo_etario30-39	-0,0367361	0,0331268	-1,1089519	0,2674528	-0,101664	0,0281919
XI	grupo_etario40-49	0,0016956	0,0347772	0,048757	0,961113	-0,0664669	0,0698582
XI	grupo_etario50-59	0,0572857	0,0368733	1,5535824	0,1202863	-0,0149852	0,1295566
XI	grupo_etario60-69	0,085271	0,039438	2,162156	0,0306078	0,0079734	0,1625687
XI	grupo_etario70-79	0,1482142	0,0429079	3,4542399	0,000552	0,0641155	0,2323128
XI	grupo_etario80-89	0,1482142	0,0429079	3,4542399	0,000552	0,0641155	0,2323128
XI	periodo2008	0,1785153	0,0058222	30,6612901	0	0,1671039	0,1899266
XI	periodo2017	0,4420655	0,0090362	48,9218779	0	0,4243548	0,4597762
XI	grupo_coortes1920-1929	-0,0794573	0,0348605	-2,2792947	0,022651	-0,1477831	-0,0111314
XI	grupo_coortes1930-1939	-0,0330083	0,0339281	-0,9728894	0,3306099	-0,0995067	0,0334901
XI	grupo_coortes1940-1949	-0,0543597	0,035106	-1,5484452	0,1215174	-0,1231667	0,0144473
XI	grupo_coortes1950-1959	-0,06204	0,0370418	-1,6748639	0,0939631	-0,1346412	0,0105612
XI	grupo_coortes1960-1969	-0,1340117	0,0391045	-3,4270157	0,0006104	-0,2106558	-0,0573677
XI	grupo_coortes1970-1979	-0,2095039	0,0415384	-5,0436257	0,0000005	-0,2909183	-0,1280896
XI	grupo_coortes1980-1989	-0,2329941	0,0445401	-5,2311097	0,0000002	-0,3202919	-0,1456964

APÊNDICE 1 - RESULTADOS COMPLEMENTARES DOS MODELOS PARCIAIS, COMPLETO E ALTERNATIVOS (continuação)

Modelo	Termo	Estimativa	Erro padrão	Estatística do teste	Valor-p	IC 95% de Confiança - LI	IC 95% de Confiança - LS
XI	grupo_coortes1990-1999	-0,2689691	0,0495454	-5,428744	0,0000001	-0,3660771	-0,1718611
XI	grupo_coortes2000-2005	-0,1370491	0,1303036	-1,0517675	0,292908	-0,3924415	0,1183434
XII	(Intercept)	3,5975435	0,0453627	79,3061654	0	3,5086335	3,6864536
XII	grupo_coortes1920-1929	0					
XII	grupo_coortes1930-1939	0,0472987	0,0160185	2,9527489	0,0031501	0,0159027	0,0786947
XII	grupo_coortes1940-1949	0,0302906	0,0191406	1,5825315	0,1135305	-0,0072246	0,0678059
XII	grupo_coortes1950-1959	0,0242121	0,0225953	1,071556	0,2839213	-0,0200742	0,0684985
XII	grupo_coortes1960-1969	-0,0457767	0,0260451	-1,7575893	0,0788196	-0,0968246	0,0052713
XII	grupo_coortes1970-1979	-0,1193252	0,0297695	-4,0083038	0,0000612	-0,1776729	-0,0609776
XII	grupo_coortes1980-1989	-0,1407505	0,0340499	-4,133658	0,0000357	-0,2074875	-0,0740134
XII	grupo_coortes1990-1999	-0,1747474	0,0406183	-4,3021824	0,0000169	-0,2543586	-0,0951363
XII	grupo_coortes2000-2005	-0,0416083	0,1272247	-0,3270454	0,743634	-0,2909662	0,2077497
XII	grupo_etario20-29	0,0027372	0,0321291	0,0851947	0,9321068	-0,0602352	0,0657096
XII	grupo_etario30-39	-0,0336474	0,0331626	-1,0146172	0,3102901	-0,0986455	0,0313507
XII	grupo_etario40-49	0,0067657	0,0348672	0,1940417	0,8461435	-0,0615733	0,0751047
XII	grupo_etario50-59	0,064281	0,0370332	1,7357693	0,0826068	-0,0083033	0,1368654
XII	grupo_etario60-69	0,0945608	0,0397065	2,3814963	0,0172438	0,0167369	0,1723847
XII	grupo_etario70-79	0,1568598	0,0430901	3,6402721	0,0002724	0,072404	0,2413157
XII	grupo_etario80-89	0,1843328	0,0475764	3,8744561	0,0001069	0,0910839	0,2775816
XII	periodo2008	0,1764727	0,0058748	30,0387744	0	0,1649581	0,1879872
XII	periodo2017	0,4378662	0,0092619	47,2762483	0	0,4197131	0,4560193
XIII	(Intercept)	4,410629	0,0288002	153,1457111	0	4,3541812	4,4670769
XIII	num_moradores	-0,2306834	0,0011347	-203,3033062	0	-0,2329074	-0,2284595
XIII	periodo2008	0,1194313	0,0044895	26,6023717	0	0,1106319	0,1282306
XIII	periodo2017	0,3289228	0,0047394	69,402374	0	0,3196337	0,3382118
XIII	grupo_coortes1920-1929	-0,0340759	0,0306881	-1,1103915	0,2668322	-0,094224	0,0260723
XIII	grupo_coortes1930-1939	0,0503477	0,0294542	1,7093569	0,087387	-0,0073819	0,1080773
XIII	grupo_coortes1940-1949	0,0766207	0,0291744	2,6262954	0,0086329	0,0194393	0,133802
XIII	grupo_coortes1950-1959	0,1071315	0,0290584	3,68677	0,0002272	0,0501777	0,1640853
XIII	grupo_coortes1960-1969	0,0272331	0,0290201	0,9384239	0,3480282	-0,0296457	0,084112
XIII	grupo_coortes1970-1979	-0,0964308	0,0290754	-3,3165748	0,0009115	-0,1534181	-0,0394436
XIII	grupo_coortes1980-1989	-0,1693854	0,0294422	-5,7531471	0	-0,2270915	-0,1116792
XIII	grupo_coortes1990-1999	-0,2307444	0,0317008	-7,2788109	0	-0,2928774	-0,1686114
XIII	grupo_coortes2000-2005	-0,1154467	0,1066674	-1,0823052	0,2791188	-0,3245127	0,0936194
XIV	(Intercept)	2,4020422	0,0477935	50,258808	0	2,3083679	2,4957164
XIV	renda_percapita	0,0000772	0,0000006	137,4021373	0	0,0000761	0,0000783
XIV	grupo_etario20-29	0,1080324	0,0303026	3,5651178	0,0003638	0,0486398	0,1674249
XIV	grupo_etario30-39	0,2283135	0,030697	7,4376434	0	0,1681479	0,2884791
XIV	grupo_etario40-49	0,4534626	0,0312228	14,5234361	0	0,3922665	0,5146587
XIV	grupo_etario50-59	0,6763057	0,031738	21,3090316	0	0,6140999	0,7385115
XIV	grupo_etario60-69	0,88139	0,0324386	27,1710016	0	0,8178109	0,944969
XIV	grupo_etario70-79	1,127238	0,0336267	33,5221299	0	1,0613303	1,1931456

APÊNDICE 1 - RESULTADOS COMPLEMENTARES DOS MODELOS PARCIAIS, COMPLETO E ALTERNATIVOS (continuação)

Modelo	Termo	Estimativa	Erro padrão	Estatística do test	Valor-p	IC 95% de Confiança - LI	IC 95% de Confiança - LS
XIV	grupo_etario80-89	1,2971014	0,0365669	35,471989	0	1,2254309	1,3687719
XIV	grupo_coortes1920-1929	0,0676803	0,034146	1,9820858	0,0474716	0,0007548	0,1346059
XIV	grupo_coortes1930-1939	0,3046653	0,0344311	8,8485539	0	0,237181	0,3721495
XIV	grupo_coortes1940-1949	0,4561982	0,0354313	12,8755652	0	0,3867535	0,5256429
XIV	grupo_coortes1950-1959	0,6392557	0,0359475	17,7830286	0	0,5687992	0,7097121
XIV	grupo_coortes1960-1969	0,765771	0,0363836	21,0471375	0	0,6944598	0,8370822
XIV	grupo_coortes1970-1979	0,8873651	0,0368187	24,1009072	0	0,8152011	0,9595291
XIV	grupo_coortes1980-1989	1,0633747	0,0374155	28,4207372	0	0,9900412	1,1367083
XIV	grupo_coortes1990-1999	1,2505592	0,0399506	31,3026454	0	1,1722569	1,3288616
XIV	grupo_coortes2000-2005	1,5431449	0,1202765	12,8299735	0	1,3074052	1,7788846
XV	(Intercept)	3,5840054	0,0549846	65,1819362	0	3,4762365	3,6917742
XV	idade_central	0,0029746	0,0005248	5,6680472	0	0,001946	0,0040032
XV	periodo2008	0,1800433	0,0058909	30,5631402	0	0,1684973	0,1915892
XV	periodo2017	0,442827	0,0092968	47,6324063	0	0,4246055	0,4610484
XV	grupo_coortes1920-1929	-0,0631609	0,0350847	-1,8002382	0,0718251	-0,1319263	0,0056045
XV	grupo_coortes1930-1939	-0,0202588	0,0345902	-0,5856798	0,5580916	-0,0880548	0,0475373
XV	grupo_coortes1940-1949	-0,051253	0,0359269	-1,4265901	0,1537003	-0,121669	0,0191631
XV	grupo_coortes1950-1959	-0,0728169	0,0381206	-1,9101712	0,0561132	-0,1475326	0,0018988
XV	grupo_coortes1960-1969	-0,158349	0,0408839	-3,8731395	0,0001075	-0,2384806	-0,0782174
XV	grupo_coortes1970-1979	-0,228824	0,0441455	-5,1834096	0,0000002	-0,3153483	-0,1422998
XV	grupo_coortes1980-1989	-0,2356274	0,0477989	-4,9295571	0,0000008	-0,3293124	-0,1419425
XV	grupo_coortes1990-1999	-0,2353895	0,0531749	-4,4267014	0,0000096	-0,3396113	-0,1311677
XV	grupo_coortes2000-2005	-0,07765	0,12892	-0,602311	0,5469681	-0,3303307	0,1750308

APÊNDICE 2 - ESTATÍSTICA DO MODELO E VALOR-P PARA O TESTE DA RAZÃO DE VEROSSIMILHANÇA

Modelo	Qtd. de parâmetros	AIC	BIC	LogLik	Deviance	Estatística do teste	Grau de liberdade	Valor-p
Modelo nulo (sem efeito aleatório)	9	402649,6	402738,4	-201315,8	402631,6	5715,4838	2	<0,0001
Modelo sem efeito aleatório de Grupo	10	397061,5	397160,2	-198520,8	397041,5	125,3747	1	<0,0001
Modelo sem efeito aleatório de Período	10	399168,6	399267,3	-199574,3	399148,6	2232,4844	1	<0,0001
Modelo completo (efeito fixo e aleatório)	11	396938,1	397046,7	-198458,1	396916,1			