



Trajetórias socioeconômicas compartilhadas no Brasil: cenários para a dinâmica populacional e os desafios à adaptação e mitigação

César Augusto Marques Silva*

Dentre os múltiplos avanços científicos na compreensão das relações entre mudanças climáticas e dinâmica populacional, uma das principais inovações ocorreu na atual geração de modelagem climática, com a inclusão de um conjunto de cenários em que as questões populacionais são centrais. Baseados em narrativas de trajetórias socioeconômicas, estes cenários traçam alternativas para os desenvolvimentos sociais futuros, que, por sua vez, consideram projeções populacionais multidimensionais, construídas a partir das variáveis sexo, idade e escolaridade. Tais projeções incorporam heterogeneidades populacionais relevantes para a adaptação, sendo, potencialmente, mais sensíveis às mudanças na dinâmica demográfica e à compreensão da relação população e ambiente. No Brasil, contudo, tanto os pressupostos como as implicações desta abordagem são quase inexistentes. O presente artigo aborda esta discussão para o país, considerando seus aspectos teóricos e metodológicos. Destacam-se algumas das inferências da abordagem das *shared socioeconomic pathways* (SSPs) – trajetórias socioeconômicas compartilhadas – para construir projeções populacionais no nível subnacional, enfatizando os ganhos potenciais desta agenda no campo de população e ambiente.

Palavras-chave: Cenários de projeções populacionais. População e ambiente. Adaptação.

* Escola Nacional de Ciências Estatísticas (Ence), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro-RJ, Brasil (cesarmcs@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4935-112X>).

Introdução

A compreensão da relação população e ambiente na contemporaneidade dialoga com questões relativas à complexidade e interdependência, sendo indissociável da dinâmica social como um todo e das relações com o desenvolvimento (O'NEILL *et al.*, 2001; HOGAN; BERQUÓ; COSTA, 2002; MARTINE; OJIMA; MARANDOLA JR., 2014; MARTINE; ALVES, 2019). Contudo, a despeito do intenso esforço de pesquisadores e pesquisadoras dos estudos populacionais, o campo de população e ambiente ainda é majoritariamente considerado uma área específica, com contribuições esparsas de outras expertises. Por exemplo, projeções populacionais, que implícita ou explicitamente possuem cenários relacionados ao padrão de desenvolvimento e às questões ambientais, dificilmente integram tais questões de forma clara.

Nesse contexto, a abordagem das “*shared socioeconomic pathways (SSPs)*”, que podem ser traduzidas como “trajetórias socioeconômicas compartilhadas”, apresenta um potencial caminho. Construída no âmbito das ciências das mudanças ambientais globais, nessa análise a dimensão humana tem como núcleo central a dinâmica populacional, possibilitando tanto a especificação de cenários como a elaboração de projeções populacionais relacionadas à compreensão das interações população e ambiente, especialmente dos desafios à adaptação e mitigação (O'NEILL *et al.*, 2017; KC; LUTZ, 2017).

Para tal, as projeções populacionais partem de um conjunto de narrativas socioeconômicas em que a educação é o indicador-chave do desenvolvimento. A população é considerada em suas estruturas multidimensionais, a partir de diferenciais de sexo, idade e nível educacional. Esta abordagem vai além do debate sobre projeções probabilísticas e determinísticas, incorporando uma visão mais ampla das inter-relações entre diferenciais socioeconômicos e os componentes da dinâmica demográfica (LUTZ, 2021).

No Brasil, porém, educação e projeções multidimensionais não são normalmente consideradas no campo população e ambiente, especificamente na agenda de adaptação e mitigação. O presente artigo argumenta que a incorporação deste debate nas pesquisas nacionais fomentaria a melhor compreensão tanto das mudanças populacionais futuras como de sua relação com questões ambientais.

O artigo está estruturado em três tópicos: população e mudanças climáticas; projeções populacionais e SSPs; e SSPs, educação e projeções populacionais subnacionais no Brasil. Espera-se contribuir para a agenda de pesquisa demográfica, principalmente nos campos de população e ambiente e projeções, destacando alguns dos principais desafios e benefícios da abordagem. Com isso, não buscamos esgotar o tema ou trazer a educação como o elemento “perdido” na compreensão de questões ambientais, mas sim delinear as principais dinâmicas vinculadas à demografia e presentes na SSP em relação ao caso brasileiro, apontando lacunas e os desafios da abordagem.

População e mudança climática

O aquecimento climático é inequívoco. Temperaturas atmosféricas e oceânicas estão aumentando, a cobertura de gelo e neve diminuiu e há elevação do nível médio dos oceanos (IPCC, 2014, 2021). A influência das atividades humanas no sistema climático, derivada das emissões de gases de efeito estufa (atualmente nos maiores níveis históricos), também é clara, com amplos impactos e mudanças na dinâmica da natureza e das sociedades (IPCC, 2018).

Embora a contribuição das ciências sociais e dos estudos populacionais tenha sido relativamente marginal neste campo, os avanços atuais já não embasam esta mesma conclusão. Esse papel foi crescente desde os cenários socioeconômicos do “Special Report on Emissions Scenarios” (SRES), utilizados nos Relatórios de Avaliação (AR) 3 e 4 do IPCC (2000, 2007), as “Representative Concentration Pathways” (RCPs), presentes no 5º AR (IPCC, 2014), até as SSPs, adotadas no 6º AR (IPCC, 2021).

O ponto de partida das SSPs é a criação de narrativas com trajetórias plausíveis e coerentes de desenvolvimento, que buscam sintetizar e traduzir dinâmicas qualitativas em quantitativas, em termos populacionais, econômicos, energéticos e, conseqüentemente, em emissões de gases de efeito estufa (VAN VUUREN *et al.*, 2012). As etapas principais de sua elaboração são: construção das narrativas com as tendências socioeconômicas globais que podem orientar os aspectos quantitativos de cada SSP; elaboração conseqüente das projeções quantitativas de variáveis demográficas e econômicas, especificamente população, níveis educacionais, urbanização e desenvolvimento econômico; e elaboração de modelagem em sistemas de energia, uso da terra e emissões de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos derivados dos impulsionadores socioeconômicos (RIAH *et al.*, 2017).

Assim, o desenho das SSPs leva em conta cenários futuros que sejam relacionados aos respectivos desafios de mitigação e adaptação, mas não considera, por si só, os efeitos das políticas de mitigação e os efeitos das mudanças climáticas. As SSPs resultaram em cinco grandes cenários: sustentabilidade; trajetória intermediária; rivalidade regional; desigualdade; e desenvolvimento baseado em combustíveis fósseis. A Figura 1 e o Quadro 1 apresentam a representação e descrição de cada cenário.

FIGURA 1
Representação dos cenários das SSPs e a relativa associação com os desafios à adaptação e mitigação



Fonte: Adaptado de O'Neill *et al.* (2017).

QUADRO 1
As narrativas das SSPs

SSP 1 Sustentabilidade: baixos desafios à mitigação e adaptação	Há mudança gradual e constante rumo à sustentabilidade, com desenvolvimento inclusivo dentro dos limites ambientais. Existem avanços na gestão dos bens comuns globais e aumento dos investimentos em educação e saúde, acelerando a transição demográfica. Enfatiza-se o bem-estar e não o crescimento econômico, com diminuição da intensidade do uso de recursos naturais e energéticos. A desigualdade é reduzida entre e dentro dos países.
SSP 2 Trajetória intermediária: desafios moderados à mitigação e adaptação	Há continuidade das tendências históricas nas dinâmicas sociais, econômicas e tecnológicas, com persistência da desigualdade. A progressão em direção aos ODSs é lenta. Embora haja melhorias, a degradação ambiental persiste e, em geral, a intensidade de uso dos recursos naturais e da energia diminui. O crescimento populacional se estabiliza na segunda metade do século e ainda há desafios significativos para reduzir a vulnerabilidade.
SSP3 Rivalidade regional. Altos desafios à mitigação e adaptação	Os países aumentam o foco em questões domésticas e/ou regionais em função do nacionalismo, das preocupações com competitividade e da segurança. Políticas de segurança nacional e regional se intensificam. Com a priorização regional das metas de energia e segurança alimentar, não ocorre um desenvolvimento mais amplo. O desenvolvimento econômico é lento, os investimentos em educação e desenvolvimento tecnológico diminuem e o consumo de recursos naturais é alto. Desigualdades persistem ou se agravam. O crescimento populacional é baixo nos países industrializados e alto naqueles em desenvolvimento. Com baixa prioridade internacional em relação às questões ambientais, há forte degradação ambiental em algumas regiões.
SSP 4 Desigualdade: baixos desafios à mitigação e altos desafios à adaptação	Os investimentos na formação do capital humano, crescimento econômico e desenvolvimento político são altamente desiguais, aumentando as desigualdades entre os países. A diferença entre as sociedades aumenta: países desenvolvidos concentram setores intensivos em conhecimento e capital e os não desenvolvidos permanecem com baixa renda e educação, em economias de baixa tecnologia e mão de obra intensiva. O alto desenvolvimento tecnológico ocorre de modo concentrado. Globalmente, o setor de energia se diversifica, com investimentos em combustíveis intensivos em carbono, mas também em fontes de energia renováveis. Conflitos tornam-se mais comuns. Políticas ambientais são concentradas em questões locais, principalmente em áreas de média e alta renda.
SSP 5 Desenvolvimento baseado em combustíveis fósseis: altos desafios à mitigação e baixos desafios à adaptação	A economia global cresce rapidamente, com mercados competitivos, inovação, rápido progresso tecnológico e aumento do capital humano. Há integração gradual dos mercados globais. Altos investimentos em saúde, educação e melhoria das instituições aceleram a transição demográfica. O desenvolvimento é associado à exploração de combustíveis fósseis e à adoção de estilos de vida intensivos em recursos e energia. A população global atinge seu pico e diminui ainda mais no século XXI. Questões ambientais locais são geridas com sucesso e existe confiança na capacidade tecnológica e de gestão dos "sistemas sociais e ecológicos".

Fonte: Adaptado de Riahi *et al.* (2017) e O'Neill *et al.* (2017).

As cinco SSPs são a base para a consequente elaboração das projeções populacionais, que, por sua vez, são consideradas sua principal dimensão social. Ao contrário dos modelos anteriores, que contabilizaram apenas totais populacionais e inclusive reforçaram uma leitura neomalthusiana dos aspectos populacionais, há inclusão da dinâmica populacional de forma multidimensional no 6º AR, considerando estruturas de idade, sexo e nível educacional e suas relações com fecundidade, mortalidade e migração. Com isso são introduzidas uma importante fonte de heterogeneidade populacional e uma maior qualificação sobre o que é a “população”, fomentando análises mais profundas sobre as principais características das capacidades de mitigação e adaptação (KC; LUTZ, 2017). O argumento central aqui é que, ao contrário do que ocorre em projeções populacionais “tradicionais”, ao incluir a escolaridade por idade e sexo de forma relacionada ao desenvolvimento, como uma *proxy* à concepção de capital humano (não se consideram a educação informal ou seus aspectos qualitativos, dentre outros), os desafios socioeconômicos à adaptação e mitigação são mais bem compreendidos, dada a relevância dos três componentes (idade, sexo e educação) nesta dinâmica.

No 6º AR a população total continua sendo considerada, mas em conjunto com diferenciais urbano/rural, estruturas de sexo e idade e trajetórias educacionais. Este é um aspecto central da inovação, diretamente relacionado à crítica da visão malthusiana sobre população e ambiente e direcionado a uma abordagem de relações recíprocas e interações complexas (HOGAN, 1992; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2007; D’ANTONA, 2017; LUTZ *et al.*, 2002; HUMMEL *et al.*, 2013).

Dessa forma, explicitar os mecanismos pelos quais a educação importa neste conjunto de cenários seria central.

Como argumentam Lutz e Muttarak (2017), projeções populacionais por idade, sexo e educação possibilitam ampliação do conhecimento de capacidades adaptativas futuras, nomeadamente nos aspectos de sobrevivência, saúde e subsistência básica. Compreendendo os aspectos individuais e coletivos da educação, os autores argumentam que a educação tem um efeito direto na cognição individual, por meio de mudanças na densidade sináptica do próprio cérebro, melhorando habilidades relacionadas à tomada de decisões e avaliação de riscos, entre outras. Ainda no nível individual, a escolaridade também está associada a maiores rendas, mas possibilita a redução da vulnerabilidade para além desta, com a construção de capital social e melhor *status* socioeconômico em geral. Para os autores, “a mente importa mais do que o dinheiro” (LUTZ; MUTTARAK, 2017, p. 180). O segundo argumento é que a educação também se mostra fundamental no nível macro. Sociedades com maiores níveis médios de educação apresentam instituições mais desenvolvidas, menores perdas de vida e econômicas devido a desastres, maiores níveis de preparação para desastres (já que antecipam melhor suas consequências devido às habilidades de abstração), melhores estratégias de enfrentamento, menor prevalência de estresse pós-traumático e maior potencial para aumentar a conscientização sobre o risco climático.

Nesse sentido, a educação é um aspecto qualitativo fundamental das capacidades adaptativas das populações futuras, uma vez que sua estrutura pode diferir fortemente da atual.

A educação também é central para a dinâmica social e econômica em termos amplos. Por exemplo, argumenta-se que, controladas as mudanças temporais do aumento do capital humano, mesmo o bônus demográfico não afetaria a produtividade do trabalho e o crescimento econômico (CUARESMA; LUTZ; SANDERSON, 2013; LUTZ *et al.*, 2019). A proposição não é unânime, mas, mesmo quando contestada, os níveis educacionais não podem ser negligenciados (KOTSCHY *et al.*, 2020). Desse modo, investimentos em educação e capital humano foram e são fundamentais para melhorar o acesso à informação, aumentar o bem-estar, alcançar a segurança alimentar e promover o desenvolvimento sustentável, dentre outros benefícios (WITTER *et al.*, 1984; LUTZ, 2014).

Evidências de pesquisas em diferentes partes do mundo confirmam tais questões, indicando a importância de relacionar adaptação e vulnerabilidade à dinâmica populacional e educação formal, incluindo questões de mobilidade, distribuição espacial da população, padrões de morbimortalidade, saúde, composição domiciliar, entre outros (SCHENSUL; DODMAN, 2013; FRANKENBERG *et al.*, 2013; STRIESSNIG *et al.*, 2013; WAMSLER *et al.*, 2012; LUTZ; STRIESSNIG, 2015; MARQUES, 2014).

Contudo, a abordagem das SSPs também inclui os desafios à mitigação, representados no eixo y da Figura 1. Embora tais desafios difiram nos cenários apresentados, o mesmo não é necessariamente válido para os aspectos populacionais. As SSPs 1 e 5, que abrangem narrativas de desenvolvimento baseadas na sustentabilidade e no uso intensivo de combustíveis fósseis, respectivamente, possuem tendências educacionais semelhantes e resultam em projeções de crescimento populacional próximas: 6,9 bilhões (SSP 1) e 7,3 bilhões (SSP 5) em 2100. Os cenários divergem nas consequências ambientais. O rápido crescimento econômico na SSP 5 demandará um aumento de ao menos três vezes no uso energético ao longo do século. Em oposição, a trajetória da “sustentabilidade” é baseada em energia de baixo carbono e fontes renováveis. Os desafios à mitigação foram, portanto, opostos: a SSP 1 tem os níveis mais baixos de emissões de gases de efeito estufa e forçantes radiativas (5 W/m^2), enquanto a SSP 5 tem o maior nível de emissões e forçantes radiativas ($8,5 \text{ W/m}^2$) (RIAHI *et al.*, 2017).

O forçamento radiativo da SSP 3, estimado em $7,2 \text{ W/m}^2$, também implica altos desafios à mitigação, mas por diferentes razões. Neste, a população aumenta ao longo de todo o século XXI e se aproxima de 13 bilhões em 2100. A educação estagna e a média de anos de estudo fica em 8,6 anos. A estrutura etária mantém-se próxima da observada em 2010, com elevadas proporções de crianças e jovens. O desenvolvimento econômico é lento e o consumo é intensivo em materiais (RIAHI *et al.*, 2017). Em síntese, a SSP 3 apresenta um cenário com a população mais jovem, com baixa escolaridade e baixo PIB *per capita*. Embora a demanda de energia não seja tão alta quanto a contida nas SSP 2 e 5, ela é baseada no uso de petróleo, gás e carvão, com poucos avanços tecnológicos e de desenvolvimento.

Os cenários 3 e 5 das SSPs apresentam altos desafios de mitigação. No entanto, cada um desses caminhos é radicalmente diferente nos padrões de população e produção-consumo. A população no cenário 5 passa por uma intensa redução do seu volume total e por mudanças estruturais, mas o padrão de desenvolvimento traça o pior panorama para o aquecimento climático. O cenário 3 possui outro conjunto de mudanças estruturais, mas também resulta em maiores pressões ambientais: áreas de cultivo, pastagens e o desmatamento aumentam, enquanto florestas e terras “naturais” diminuem. As emissões de GEE são altas. Estes cenários reforçam uma perspectiva comum na literatura que contesta visões simplistas sobre a população, ilustrando como a dinâmica populacional está compreendida em um contexto muito mais amplo de fatores socioeconômicos de tendências do desenvolvimento, urbanização e dos padrões de produção e consumo (MARTINE, 2009).

Mesmo reconhecendo a importância de apoiar serviços de saúde sexual e reprodutiva para reduzir a fecundidade indesejada (ZLOTNIK, 2009), os programas familiares e seus impactos na redução do crescimento populacional não resolverão as crises ambientais (MARTINE, 2009). As emissões futuras dependem da composição, distribuição e níveis de consumo da população (SATTERTHWAITE, 2009), conforme inclusive as diferentes implicações das SSPs na demanda energética, uso da terra e emissões de gases de efeito estufa (RIAHI *et al.*, 2017). Como Stephenson *et al.* (2010, p. 151) argumentam, “É mais correto dizer que os consumidores, e não as pessoas, causam as mudanças climáticas”.

Em síntese, o conjunto de projeções consideradas nas SSPs parte do pressuposto de que a heterogeneidade populacional é central dada a interdependência das relações entre as dimensões. Quase universalmente, populações mais instruídas têm maior expectativa de vida e melhores condições de saúde (LUTZ; SKIRBEKK, 2013; OECD, 2017). Níveis de fecundidade também são fortemente correlacionados negativamente com a educação das mulheres, uma vez que a TFT diminui à medida que a educação aumenta. Assim, a composição da população feminina por escolaridade afetará significativamente as trajetórias da fecundidade e, conseqüentemente, os resultados das projeções populacionais (BOONGARTS, 2003; MARTIN, 1995; KC *et al.*, 2018).

Contudo, a relação entre aumento da escolarização, ambiente e dinâmica populacional não é unívoca, inclusive no caso brasileiro. A problematização de tais questões é posta nas próximas seções.

Projeções populacionais e as SSPs

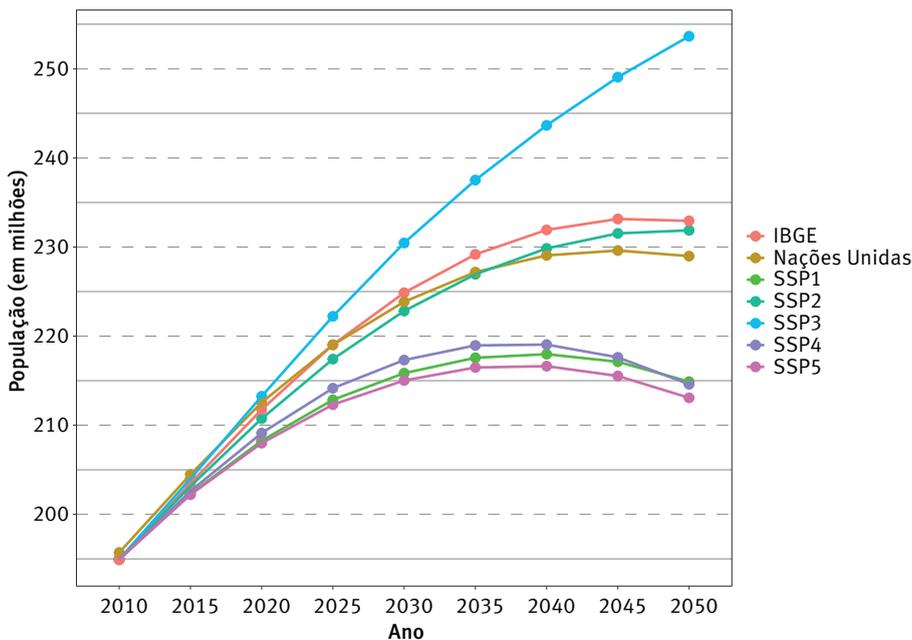
Globalmente, as projeções utilizadas nos cenários das SSPs resultaram em populações entre 7 e 16 bilhões em 2100. O menor volume populacional ocorreria nos cenários 1 e 5, em que há rápida expansão dos níveis educacionais e queda da fecundidade. As maiores populações estão no cenário 3. Juntamente com o cenário 4, este considera a estagnação da escolaridade, com uma média de oito anos de estudo até 2100. A variação do grau de urbanização é estimada entre 60% (SSP 3) e 92% (SSPs 1, 4 e 5). Já na economia, o maior

PIB *per capita* está no cenário 1, os menores no 3 e as maiores desigualdades de renda no cenário 4 (RIAHI *et al.*, 2017).

Considerando as mudanças climáticas, os cenários de forças radiativas variam de 5,0 a 8,7 W/m². Mesmo o nível mais baixo, da SSP 1, resultou em um forçamento radiativo relativamente alto, de 5,0 W/m². Nesse caso, mesmo que as estratégias de mitigação resultem em menor intensidade energética, o aquecimento máximo provavelmente ultrapassaria 2°C até o final do século. Embora seja incerta, a não superação desta temperatura dependerá de uma intensa mudança no padrão de produção/consumo. Estima-se que 50% e 60% do sistema energético deve ser baseado em baixo carbono até 2050 para alcançar 3,4 W/m² e 2,6 W/m² de forçante radiativa, respectivamente (RIAHI *et al.*, 2017).

Os resultados das SSPs estão disponíveis para todos os países. Os dados para o Brasil estão sintetizados nos Gráficos 1 (que inclui as projeções realizadas pelo IBGE e pelas Nações Unidas) e 2, com as estruturas etárias por sexo e nível educacional.

GRÁFICO 1
População total projetada, segundo cenários das SSPs, IBGE e Nações Unidas
Brasil – 2010-2050

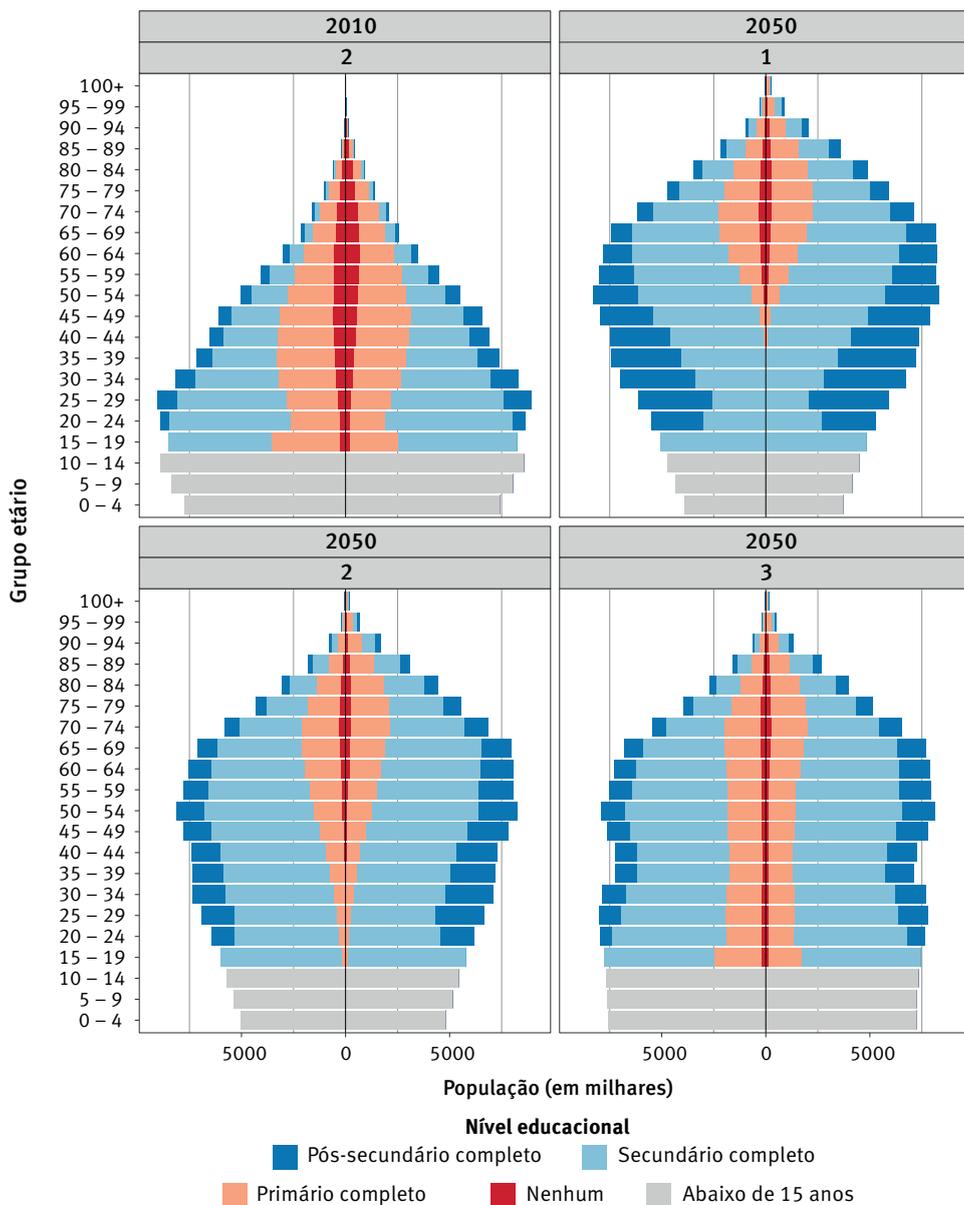


Fonte: United Nations (2022). Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital (2018). Wittgenstein Centre Data Explorer Version 2.0. IBGE (2018).

Três grandes trajetórias são notadas para o Brasil, considerando o crescimento populacional. As estimativas baseadas no cenário da SSP 3 resultaram em crescimento populacional contínuo, com cerca de 255 milhões de habitantes em 2050. No cenário 2, a projeção do IBGE e a variante média da ONU tiveram resultados intermediários, com cerca de 230 milhões de habitantes. Isto é convergente com os pressupostos mais próximos destas

três projeções, com uma continuidade das tendências passadas na dinâmica demográfica futura. Por fim, as trajetórias com menor tamanho populacional – cerca de 213 milhões – são expressas nas SSPs 1, 4 e 5. Isso deve-se ao padrão semelhante de decréscimo da TFT, embora os cenários contenham padrões de desenvolvimento notadamente distintos.

GRÁFICO 2
Estrutura etária da população, por sexo e cenários das SSPs, segundo nível educacional
Brasil – 2010-2050



Fonte: Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital (WIC). Wittgenstein Centre Data Explorer. Version 2.0, 2018.

As variações significativas nos padrões de volume populacional, estruturas etárias e níveis educacionais de tais projeções são dadas pelos diferentes pressupostos das componentes demográficas e educacionais. Na trajetória mais sustentável, com aumento do investimento em educação e rápida expansão da escolarização, há queda da mortalidade e da fecundidade. TFTs chegam a 1,2 filho por mulher em 2050, quando subiriam ligeiramente para 1,4 em 2100 (WITTGENSTEIN CENTER FOR DEMOGRAPHY AND GLOBAL HUMAN CAPITAL, 2018; KC; LUTZ, 2017). O envelhecimento cresce (a maior proporção da população estaria concentrada entre os 45 e os 54 anos), com uma percentagem muito baixa de jovens (cerca de 14% com menos de 19 anos). O aumento da escolaridade resulta em um percentual de 25% da população com nível terciário e 48% com nível médio.

Na trajetória intermediária de desenvolvimento (SSP 2), o nível educacional seguiria uma progressão mais lenta das taxas de educação específica, que seguem as tendências do passado. O envelhecimento populacional seria nítido, mas menos intenso dada a queda mais lenta da fecundidade, que chega 1,5 filho por mulher em 2050.

O menor investimento em educação ocorre na SSP 3, com pressupostos de manutenção das taxas específicas de escolarização observadas no período mais recente e, no longo prazo, estagnação nos níveis educacionais. Neste cenário menos de 10% da população teria nível superior de educação. O contingente com até 19 anos representaria cerca de 25% da população total. As TFTs ficariam estáveis, com pequenas oscilações, sendo estimada em 1,97 filho por mulher em 2050.

Neste contexto, um limite importante das SSPs é que, embora forneçam uma estrutura comum para o desenvolvimento de cenários, os graus de generalidade e homogeneidade são elevados, dificultando a comparação com padrões nacionais ou subnacionais. São nestas escalas que ocorrerão os impactos reais, a adaptação e a vulnerabilidade (ABSAR; PRESTON, 2015). Desse modo, foram propostas as chamadas SSPs estendidas, que partem de narrativas globais, mas incorporam dados e trajetórias setoriais ou regionais, tanto qualitativa quanto quantitativamente (O'NEILL *et al.*, 2014). Ainda recente, este arcabouço é observado principalmente em países e regiões desenvolvidos: casos na Europa (ALFIERI *et al.*, 2015), EUA (ABSAR; PRESTON, 2015) e Japão (CHEN *et al.*, 2020). Na América Latina, esse esforço ainda é pontual (CASTILLO *et al.*, 2017) e praticamente inexistente no Brasil. É neste âmbito que a próxima seção aborda as potencialidades e limites de tal abordagem para o país.

SSPs, projeções populacionais e educação no Brasil

Como já exposto, as projeções populacionais multidimensionais utilizadas nas SSPs contemplam duas questões centrais: são elaboradas a partir de cenários socioeconômicos e consideram a interação entre os componentes da dinâmica demográfica e a educação. Atualmente, embora de grande importância para a compreensão de diferentes aspectos da heterogeneidade futura e regional, as projeções no Brasil, como as construídas pelo IBGE

(IBGE, 2018) e em pesquisas específicas (CAMARANO, 2014; FREIRE; GONZAGA; GOMES, 2020; BONIFÁCIO; GUIMARÃES, 2021), não consideram estes aspectos.

Neste contexto serão relevantes tanto as interações entre as componentes da dinâmica demográfica como destas com a educação. Embora tanto as componentes como os níveis educacionais sejam usualmente projetados de forma individual, é importante frisar que no Brasil o tema é alvo de constante debate.

Não só o aumento da escolarização feminina é relacionado com a queda da fecundidade, mas também a última trará rebatimentos sobre os níveis educacionais, devido à diminuição proporcional da população de crianças e aos impactos no sistema educacional (RIANI, 2001).

Migração e fecundidade também são relacionadas, embora de modo múltiplo. Diferentes concepções visam compreender esta dinâmica, como a seletividade, adaptação, socialização e ruptura (BARRIOS, 2021). No Brasil, com suas intensas heterogeneidade e desigualdades, não há uniformidade na direção de tal relação, podendo ocorrer tanto assimilação (SIGNORINI, 2017) como diferenciação do comportamento reprodutivo (GOMES *et al.*, 2012). Há, ainda, crescente importância da migração em contextos de baixa fecundidade e envelhecimento populacional para as estruturas populacionais futuras, como indicam as simulações realizadas por Caetano (2008) e Oliveira *et al.* (2019).

Ademais, as interações entre migrações e mortalidade (PESCARINI *et al.*, 2023), tal qual entre fecundidade e mortalidade (PALLONI e RAFALIMANANA, 1999), também são complexas e importantes. A pandemia de Covid-19, por exemplo, trouxe efeitos demográficos mais amplos, para além da morbimortalidade, incluindo fecundidade (AASVE *et al.*, 2020) e migração (FERNANDES; BAENINGER, 2020; GONZÁLEZ-LEONARDO, 2023).

Adicionalmente, a inserção de informações sobre as tendências educacionais implica a incorporação de suas dinâmicas recentes, sua relação com a dinâmica demográfica e a diversificação dos elementos de incerteza das próprias projeções.

Como amplamente documentado, o Brasil alcançou a universalização do ensino fundamental e um crescimento expressivo nas matrículas do ensino médio (RIOS-NETO; GUIMARÃES, 2014; MARTELETO *et al.*, 2016). Para 2022, a PNAD Contínua anual indica que 95,2% da população entre 6 e 14 anos estava no ensino fundamental e que 75,2% da população entre 15 e 17 anos estava no ensino médio. Ademais, a frequência da população entre 18 e 24 anos no ensino superior passou de 23% para 25% entre 2016 e 2022.

Com isso, há debates crescentes sobre as mudanças do acesso no ensino superior, já que as trajetórias educacionais no Brasil são fortes e persistentemente marcadas pelas desigualdades de oportunidades educacionais, determinadas tanto pelas origens sociais como pelas características institucionais. Estas desigualdades se revelam nas áreas de residência (urbana e rural), região de nascimento, *status* ocupacional, educacional e de ativos econômicos de pais, pela composição da família, pela própria estratificação do sistema educacional (RIBEIRO, 2011) e nas questões raciais (MARTELETO; DONDERO, 2016). Contudo, houve forte expansão do ensino superior relacionada tanto ao desenvolvimento econômico como às políticas públicas implementadas desde a década de 2000, inclusive

com ações afirmativas. Assim, Marteleto *et al.* (2016) mostram que os efeitos da origem social sobre o ingresso e conclusão do ensino médio, assim como do acesso à faculdade, foram alterados para as coortes mais jovens em relação às mais velhas, mas que as desigualdades relacionadas à origem social e raça persistem.

Para lidar com tais contextos no âmbito das projeções populacionais, duas pesquisas possuem destaque (RIOS-NETO; GUIMARÃES, 2014; GUIMARÃES, 2014).

Rios-Neto e Guimarães (2014) realizaram projeções da composição educacional e das taxas de ocupação da população em idade ativa (20 a 59 anos) para o Brasil e suas grandes regiões. A partir de um modelo multinomial foram estimadas as probabilidades de indivíduos estarem em cada grupo de escolaridade considerando os efeitos de idade, período e coorte (IPC) no horizonte 2020-2050 em quatro grupos etários decenais (entre 20 e 59 anos). Então, a partir da projeção populacional construída pelo Cedeplar/UFMG no Projeto Itaú-Unibanco-Cedeplar (2013), os autores aplicaram tais probabilidades para estimar os volumes absolutos e relativos da população por escolarização.

Guimarães (2014) também apresentou projeções educacionais baseadas nos modelos IPC, mas com comparações entre as abordagens da estatística clássica e da bayesiana. Tais estimativas permitiram o cômputo das incertezas e das diferenciações entre os efeitos idade, período e coorte no avanço da escolarização no Brasil, resultando em projeções da composição educacional, mas não das estruturas populacionais por sexo, idade e educação.

Contudo, mesmo globalmente tais projeções ainda são raras, sendo os exemplos mais notáveis as disponíveis em Lutz *et al.* (2014, 2018), para 201 países, e KC *et al.* (2018), especificamente para a Índia. Neste último caso, os autores apontam que, em contextos de heterogeneidade populacional, incorporar as múltiplas dimensões populacionais é central nos resultados da projeção. A pesquisa indica que as metodologias clássicas (por sexo e idade) resultaram em populações maiores do que as projeções multidimensionais, mostrando que o efeito das mudanças na composição educacional e das desigualdades regionais deve ser considerado metodologicamente.

Neste caso, as pesquisas anteriores para o Brasil ainda não consideraram específica e explicitamente os efeitos da educação nas variáveis demográficas. Visando o desenvolvimento desta abordagem, no sentido de incorporar elementos das SSPs e suas projeções para estados ou regiões, apresentamos algumas das principais características das interações entre educação e componentes demográficos no país, considerando os requisitos do método multidimensional para projeções populacionais por idade, sexo e escolaridade.

Fecundidade

As pesquisas sobre fecundidade no Brasil produziram considerável conhecimento de suas diversas fases de transição e redução (MARTINE, 1996; RIOS-NETO *et al.*, 2018). A evidência atual é que a transição da fecundidade ocorreu em diferentes ritmos (POTTER *et al.*, 2010), sendo iniciada a partir de 1930 em regiões de transição precoce (no centro-sul)

e com rápida transição após 1960 (em todo o país) (GONÇALVES *et al.*, 2019). Considera-se que a transição para níveis abaixo da taxa de reposição terminou entre 2000 e 2010, havendo, atualmente, uma transição para a postergação dos nascimentos em curso (RIOS-NETO *et al.*, 2018).

A TFT estimada a partir do Censo Demográfico 2010 foi de 1,9 filho, com diferenças significativas entre as regiões e dentro dos grupos socioeconômicos (RIOS-NETO *et al.*, 2018). A partir do uso de registros administrativos (dados do Registro Civil e do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos – Sinasc) e métodos de correção e ajuste, o IBGE considerou uma TFT de 1,8 filho em 2015 e 1,76 em 2020 (IBGE, 2018). Utilizando apenas o Sinasc, Marteleto *et al.* (2020) estimaram a taxa em 1,77 em 2015 e 1,68 em 2016.

Para períodos intercensitários, estimativas de TFT pelo nível educacional da mãe não são usuais. Uma possibilidade seria a combinação entre dados do Sinasc (que fornece o número de nascidos vivos por escolaridade da mãe), com dados de projeções de população por sexo e idade e estrutura educacional derivados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC). Contudo, na estimação do total de mulheres em idade reprodutiva por nível de escolaridade devem ser considerados os limites amostrais da PNADC. Entretanto, esta abordagem já existe e foi aplicada por Marteleto *et al.* (2020) para estimar o impacto do vírus Zika na fecundidade brasileira por região e nível educacional da mãe.

Estimativas que considerem a questão são centrais para o Brasil, onde os níveis de fecundidade são fortemente relacionados à escolaridade materna. Em média, mulheres com baixa escolaridade tiveram 1,8 filho a mais do que o grupo com nível superior (BERQUÓ; CAVENAGHI, 2014). Para o futuro, a projeção da escolaridade terá um papel central em novas quedas da TFT, em função de tais diferenciais e interações com outros efeitos, como o tempo (RIOS-NETO *et al.*, 2018).

Embora haja convergência sobre a importância de interações, no Brasil ainda não temos projeções específicas da fecundidade desagregadas pelo nível educacional ou a incorporação de modo mais claro dos potenciais impactos da migração sobre a fecundidade, por exemplo.

Projeções que considerem tais dinâmicas trariam estimativas da fecundidade relacionadas a cenários do desenvolvimento, incorporariam os impactos das mudanças de composição educacional nas TFTs, ampliariam a compreensão de estruturas etárias futuras em relação à heterogeneidade populacional e, especificamente para as relações população e ambiente, subsidiariam análises da dinâmica da adaptação futura. Incorporar os efeitos das variações da fecundidade em estruturas etárias futuras, juntamente com as mudanças educacionais, auxiliaria a compreensão mais clara de “quem” seria a população em termos de sexo, idade e escolarização.

Além disso, em agendas futuras que visem estimar os impactos da mudança climática na fecundidade, a incorporação de dinâmicas desagregadas seria de grande importância (CHERITEL *et al.*, 2023).

Mortalidade

A expectativa de vida ao nascer no Brasil aumentou rapidamente ao longo do século XX: passou de 45,9 para 73,9 anos, entre 1950 e 2010, e para 77 anos em 2021. Por outro lado, os diferenciais da mortalidade foram mantidos. Um dos principais indicadores, relacionado à diferença entre mulheres e homens, se manteve relativamente estável em aproximadamente 7 anos (IBGE, 2018).

Assim como a fecundidade, a mortalidade no Brasil é relativamente bem compreendida. Durante o século XX, com o desenvolvimento econômico, melhorias nas condições ambientais (como saneamento), melhor nutrição e melhores sistemas de saúde, a mortalidade infantil e a predominância das doenças infectocontagiosas diminuíram, alterando os padrões de morbimortalidade por idade, sexo e causa dos óbitos (PRATA, 1992; SIMÕES, 2001). Entretanto, desde a década de 1990 discute-se o caráter incompleto da transição epidemiológica no Brasil, com distribuição desigual de perfis epidemiológicos na população e coexistência de doenças cardiovasculares e infectocontagiosas (PRATA, 1992).

Mais recentemente, o padrão de causas de morte relacionadas às doenças infecciosas e às crônicas não transmissíveis no Brasil se tornou mais semelhante ao observado nos países da OCDE. Contudo, as causas externas, incluindo as violentas, tornaram-se mais frequentes (RACHE *et al.*, 2020). Entre os homens, estas representaram aproximadamente 17% do total de óbitos entre 2014 e 2018 (BATISTA *et al.*, 2021). Para além de abreviar a vida, a violência traz mais incertezas na previsão da mortalidade, afetando mais os homens, mas também acarretando mais consequências para as mulheres. A América Latina, incluindo o Brasil, está entre as áreas com os maiores níveis de violência no globo (ABURTO *et al.*, 2023). Além disso, a distribuição espacial da prevalência para cada causa de morte é específica. Comparativamente, as doenças infecciosas estão mais presentes na região Norte, as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) no Sul e Nordeste e as causas externas no Centro-Norte (RACHE *et al.*, 2020).

As desigualdades em saúde são de grande importância no Brasil, incluindo diferenciais por nível educacional. A mortalidade na infância para filhos de mulheres com menos de quatro anos de escolaridade em relação àquelas com mais de oito anos foi 200% superior nas décadas de 1980 e 1990 (SIMÕES, 2001). Para Sawyer (1981), a educação materna foi a expressão mais reveladora das desigualdades nas mortes na infância.

Apesar da intensidade de tais disparidades, não há informações de mortalidade que incluam dados confiáveis sobre escolarização (SILVA *et al.*, 2016). Visando contornar a questão, Silva *et al.* (2016) utilizaram o Censo Demográfico de 2010 para estimar a mortalidade por nível de escolaridade com base nos anos de estudo da pessoa de referência do domicílio, já que a informação sobre o nível educacional dos mortos não foi capturada. Seus resultados indicam uma diferença maior entre a população masculina: a expectativa de vida dos homens com ensino superior completo foi 6,27 anos maior do que a daqueles com ensino fundamental incompleto. Para as mulheres, o mesmo indicador é de 2,25

anos. Entretanto, um limite de tal metodologia é que ela exclui melhorias intergeracionais na educação. Assim, Ribeiro *et al.* (2021) computaram três diferentes métodos para agregação da escolarização nas informações sobre óbitos. Realizada apenas para o município de São Paulo, a pesquisa utilizou o registro de óbitos do Sistema Nacional de Mortalidade (SIM), Censo Demográfico 2010 (considerando os dados de escolaridade dos responsáveis pelo domicílio) e um método de imputação estatística. Suas conclusões foram de que, em São Paulo, dados do SIM e do Censo com método de imputação foram convergentes. Já a imputação com a escolaridade dos responsáveis pelo domicílio foi inconsistente. As disparidades de mortalidade também foram claras, com grande efeito da aquisição do ensino médio nos ganhos de sobrevivência.

Projeções que considerem a interface entre mortalidade e educação permitem uma aproximação maior com o conhecimento das desigualdades em saúde, uma vez que captam a heterogeneidade da expectativa de vida em função da escolarização (LUTZ; KEBEDE, 2018). Educação e mortalidade estão relacionadas em múltiplos aspectos, incluindo a distribuição de óbitos por causa e idade e saúde mental e física. Há evidências robustas de que a ampliação da escolarização se relaciona com o aumento da longevidade (BAKER *et al.*, 2012). Para a relação população e ambiente, o aumento da escolarização também será relevante. A escolaridade teve papel importante na redução dos óbitos relacionados a desastres (LUTZ *et al.*, 2014; FUCHS *et al.*, 2010). Em pesquisa realizada na favela da Rocinha (Rio de Janeiro) e em El Salvador, Wamsler (2011) concluiu que houve um efeito positivo e direto da educação formal na compreensão dos riscos de desastres, no acesso à informação, no uso de suporte institucional e na melhora das estratégias individuais para lidar com os desastres. Ademais, dado o efeito de composição, o avanço da escolarização por si só poderá implicar aumento da expectativa de vida, considerando a maior participação proporcional de populações mais escolarizadas no total da população.

Migração

Em âmbito nacional, o Brasil passou por pequenas alterações no seu padrão de migração internacional, embora regionalmente tenham ocorrido mudanças intensas. As projeções populacionais consideraram sua população como fechada, com saldo migratório nulo até 2000. Nesta década, com o aumento do retorno de brasileiros residentes no exterior, as projeções oficiais incorporaram um pequeno saldo migratório positivo (OLIVEIRA, 2013; CARVALHO *et al.*, 2018). O volume de imigrantes foi estimado em aproximadamente 650 mil pessoas entre 2015 e 2035 (IBGE, 2013).

Recentemente, entretanto, observou-se outra inflexão, com a redução da imigração para o Brasil após as crises socioeconômica e política iniciadas em 2014. Ainda assim, é de grande importância o aumento de imigrantes da América Latina e Caribe, incluindo refugiados, especificamente da Venezuela e do Haiti. Isso resultou em um total de 1,4 milhão de registros de migrantes e 186 mil solicitações de refugiados entre 2011 e 2021,

considerando apenas os dados do Sistema Nacional de Registro Migratório, que capta requisitos de residências de estrangeiros no país (CAVALCANTI *et al.*, 2022). A projeção mais recente da imigração internacional considerou o Brasil como uma população fechada, com exceção do estado de Roraima, onde houve a inclusão do fluxo internacional com origem na Venezuela (IBGE, 2018).

No entanto, um grande desafio relacionado às projeções de SSPs no Brasil é a estimativa dos fluxos migratórios internos. Ao contrário do que ocorre com a migração internacional (mensurada tanto com dados censitários como oriundos de registros administrativos), a migração interna é majoritariamente computada com medidas diretas e indiretas a partir do Censo Demográfico.

O perfil recente da migração interna do Brasil foi amplamente analisado, destacando as mudanças estruturais de sua economia e alterações nos padrões de mobilidade em direção a um modelo mais diversificado e menos concentrado. Isso inclui a interação entre migração e transição demográfica (que altera a composição familiar, a distribuição etária da população, a distribuição rural-urbana e também a escolaridade), o aumento dos fluxos para cidades médias e periurbanas das metrópoles, a diminuição da importância da Região Metropolitana de São Paulo como área atrativa, o retorno de migrantes para o Nordeste, bem como redução do fluxo proporcional de migrantes em todas as faixas etárias, entre outros (OLIVEIRA; O'NEILL, 2016; RIGOTTI; CAMPOS; HADAD, 2017).

A relação migração e educação também é incluída nas análises brasileiras, embora de forma mais escassa quando comparada às pesquisas sobre mortalidade e fecundidade. Uma das principais referências é Rigotti (2006), que analisa origem e destino de migrantes de alta e baixa qualificação, concluindo que em ambos os casos houve alta concentração de movimentos nas áreas metropolitanas e nas grandes aglomerações urbanas entre as décadas de 1980 e 1990. Contudo, no grupo com maior escolaridade o movimento usual ocorreu na mesma região, entre menores distâncias, ao passo que naqueles com menor escolaridade foram encontrados mais deslocamentos de longa distância, principalmente em direção à Região Metropolitana de São Paulo.

A migração de alta qualificação, especificamente de mestres e doutores, é abordada em Avellar (2014). Como no Brasil esses grupos ainda são majoritariamente empregados em instituições públicas de ensino superior, a migração esteve intimamente relacionada às políticas de expansão deste nível de ensino, resultando em aumento da migração intra e inter-regional. Já em uma perspectiva mais recente, a migração foi correlacionada com trajetórias educacionais considerando origens e destinos, em avaliações sobre a associação entre a mobilidade e ganhos/perdas educacionais (RIGOTTI; CASTRO; HADAD, 2021).

Especificamente nas projeções da população, o IBGE (2018) computou os fluxos migratórios com o uso do quesito data-fixa do Censo 2010, e então estimou a migração líquida para cada estado e faixa etária. Como a migração interna diminuiu proporcionalmente ao longo do tempo, a hipótese para este componente foi linearizada para todas as UFs, com queda de 30% entre 2010 e 2030 e posterior manutenção do volume até 2060.

Embora a projeção considere exatamente a mesma tendência para todo o país, o que dificilmente ocorrerá, pressupostos semelhantes são encontrados em outros países e projeções. As estimativas de KC *et al.* (2018) para a Índia até 2101, que incorporam cinco dimensões (sexo, idade, estado, diferenciais rurais-urbanos e escolaridade), pressupõem taxas de migração constantes, por exemplo. Ambos os casos revelam as dificuldades de projetar a migração e a relevância de uma metodologia relacionada a cenários. Mesmo no contexto das SSPs esta questão foi abordada apenas indiretamente, como fazem Striessnig *et al.* (2019) ao estimar a distribuição populacional por idade em subáreas dos EUA com o uso de árvores de regressão, em um modelo alternativo ao método das componentes demográficas. Apesar de não explicitar cenários migratórios, a pesquisa produz estimativas coerentes da evolução populacional por idade e sexo, incorporando a heterogeneidade espacial e as tendências populacionais em cada área de modo coerente com as diferentes narrativas das SSPs.

Estimativas de urbanização

Estimativas de graus de urbanização são controversas e constantemente criticadas (JIANG; O'NEILL, 2017). No Brasil tal questão também é frequente, com críticas que apontam a potencial subestimação das populações rurais em números oficiais (VEIGA, 2004; VALADARES, 2014). Projeções que considerem esse diferencial são ainda mais escassas. Durante a década de 1960, o Ipea (1969) projetou os graus de urbanização usando um método de extrapolação logística para estimar a população urbano-rural por idade e sexo até 1980. Suas estimativas eram de uma população urbana de 63,3%, enquanto o Censo contabilizou 67,7%. A FJP (2019) produz estimativas municipais para o estado de Minas Gerais que incluem populações rurais/urbanas. Em São Paulo, o Seade elabora suas próprias projeções municipais com o uso do método das componentes, aplicando uma função logística para estimar graus de urbanização (SEADE, 2021). Para o Brasil, o IBGE não projeta populações rurais e urbanas separadamente.

Globalmente, a ONU (2018) produz projeções de urbanização até 2050, mas não reconhece a incerteza e os diferentes cenários. Assim, no âmbito das SSPs foram feitas projeções de urbanização para cobrir um período mais longo (2100) e diferentes cenários (JIANG; O'NEILL, 2017). Nesta, a urbanização até o final do século variou entre 60% (SSP 3) e 92% (SSPs 1, 4 e 5). Os cenários de urbanização das SSPs partem de três aspectos: criação de um padrão de tendências específico por país; uso de uma projeção de dois estágios que captura múltiplas fases de urbanização; e adoção de caminhos alternativos de urbanização (em cada uma das duas etapas há três possibilidades de transição: lenta, mediana e rápida) (JIANG; O'NEILL, 2017). No entanto, considerou-se que países com maior proporção de populações urbanas, caso do Brasil, apresentam trajetória menos incerta quando comparados àqueles em estágios iniciais da transição, e os resultados foram os mesmos em todos os cenários. A população urbana passou de 86,5% em 2010 para 92,2% em 2050 e 94,4% em 2100.

Entretanto, as diferenças regionais no país são grandes. Em 2010, a proporção da população rural foi de cerca de 26% no Norte e Nordeste, 15% no Sul, 11% no Centro-Oeste e 7% no Sudeste. O decréscimo da população rural total também diminuiu recentemente. Durante a década de 1990, houve crescimento negativo de 3,9 milhões de pessoas. Na década seguinte esse número foi de 2,2 milhões, resultando em 29,6 milhões de habitantes nas áreas rurais. Esta dinâmica está relacionada tanto às mudanças demográficas pelo envelhecimento das populações rurais quanto às políticas de proteção social nas áreas rurais (MAIA; BUAINAIN, 2015).

Projetar trajetórias da urbanização permanece como um desafio no Brasil, portanto. Com a intensificação das mudanças climáticas, as especificidades das vulnerabilidades e capacidades de adaptação das populações rurais e urbanas ganharão maior importância.

Como as populações urbanas e rurais são estimadas no âmbito do Censo Demográfico no Brasil, um padrão possível para construir projeções populacionais futuras nos níveis rural/urbano é usar o método das SSPs. Isso geraria estimativas para cada estado em termos dos níveis urbano e rural, nos quais podem ocorrer múltiplas trajetórias de urbanização. Embora essa seja uma melhoria adicional no escopo das projeções das SSPs, ainda não seria uma estimativa dos diferenciais rurais/urbanos por idade/sexo/educação, o que permaneceria como um desafio não resolvido.

Considerações finais

Em sua recente “Advanced introduction to demography”, Lutz (2021) propõe uma teoria demográfica unificada a partir de três teorias existentes: metabolismo demográfico, transição demográfica e dividendo demográfico. Seu argumento é que a demografia apresenta metodologias e teorias com poder preditivo, que a tornam uma “intervention science” com um potencial ainda pouco explorado. Neste caso, a abordagem multidimensional da dinâmica demográfica utilizada pelas SSPs representa uma oportunidade interessante para a disciplina, com uma visão integradora de projeções populacionais, demografia da educação e mudanças ambientais.

No Brasil, pesquisas recentes lidaram com tais questões de modo particularizado. São os casos de Barbieri *et al.* (2010), com cenários econômicos e de imigração relacionados às mudanças climáticas no Nordeste, da busca pela sistematização da relação entre demografia e educação (CUNHA *et al.*, 2000; RIOS-NETO e RIANI, 2004) e dos aprimoramentos e discussões sobre as projeções populacionais (GUIMARÃES, 2014; FREIRE *et al.*, 2019). A integração entre tais abordagens e campos ainda é incipiente, e a estrutura presente na análise das SSPs possui potenciais para tal.

Esta reforça que, no futuro, tanto mudanças climáticas como demográficas podem ser compreendidas em conjunto. Nas próximas décadas não apenas as estruturas de sexo e idade serão alteradas, mas também as educacionais e de participação na força de trabalho (RIOS-NETO; GUIMARÃES, 2014). Estruturas, relações e características populacionais não

são estáticas. No futuro, estas serão outras, tanto qualitativa como quantitativamente. Compreender tais questões será central, inclusive no conhecimento das capacidades adaptativas. A partir dos estudos populacionais é possível antecipar dinâmicas, projetar cenários e efetivamente relacionar a dinâmica biofísica com a população no futuro, quando as mudanças climáticas trarão riscos maiores e serão ainda mais importantes (KC; LUTZ, 2017; MARTINE; SCHENSUL, 2013; SCHENSUL; DODMAN, 2013). Os impactos futuros das mudanças climáticas ocorrerão em um Brasil diferente.

Para isto, a abordagem do metabolismo demográfico apresenta um potencial interessante, em que a mudança populacional é analisada também como mudança social, dada a entrada de novas coortes (ou gerações) e a “reposição” populacional que geram. Como as transições das coortes entre grupos etários e níveis de escolaridade ao longo do ciclo de vida são estimadas, é possível melhor compreender as mudanças sociais a partir das alterações na composição populacional ao longo do tempo (RYDER, 1980; LUTZ, 2013). Tais mudanças também incluem características subjetivas: há efeitos de coorte na exposição à compreensão da crise ambiental, aos valores pós-materiais e à ampliação de cuidados com a saúde, dentre outros. Com o aumento da escolarização, há desenvolvimento das funções cognitivas e melhora das condições socioeconômicas em geral, sendo ambas dinâmicas relevantes para a adaptação à mudança climática (KC; MUTTARAK, 2017).

Contudo, certamente ainda são necessários avanços para a compreensão de tais relações. A adaptação ocorre em múltiplas escalas (individual, domiciliar, comunitária e nacional) que interagem entre si e com as estruturas populacionais. Se os níveis da educação formal apresentam coerência teórica com a adaptação, é preciso também considerar os limites da medida, que não capta nem a educação informal nem a qualidade da educação ofertada. Neste escopo também se coloca uma agenda ampla de pesquisa, que compreende desde a definição conceitual sobre “qualidade” até as suas formas de mensuração. Em um paralelo com o efeito da ampliação da escolarização sob a redução da desigualdade e da pobreza, é preciso atentar para os limites desta, que não é uma panaceia que resolve questões estruturais por si (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Cenários e projeções populacionais não podem prever com precisão o futuro, mas sim informar trajetórias e impactos possíveis dadas certas características sociais. Os cenários das SSPs consideram os efeitos populacionais de distintas trajetórias da mudança educacional e do desenvolvimento, assim como na transição demográfica. Contudo, nada se coloca sobre sua heterogeneidade regional. Para isto, seria importante avançar nas projeções populacionais baseadas em cenários em diferentes escalas, como regiões, estados ou pequenas áreas.

Neste artigo, argumentamos que as projeções populacionais utilizadas pelas SSPs apresentam uma perspectiva relevante para a relação população e ambiente no Brasil, especificamente em relação às mudanças ambientais. Para isso, exploramos algumas das pesquisas atuais e fontes de dados sobre mortalidade, fecundidade e migração, considerando sua interação com os níveis de escolarização. Estas são questões centrais para

avançar nesta agenda, especificamente em termos do método de componente de coorte para projeções multidimensionais.

Os próximos passos deste esforço incluem a projeção da população brasileira por estados em coerência com os cenários e resultados das SSPs, bem como a incorporação das populações rural e urbana nas projeções, o que praticamente inexiste no Brasil e será relevante na compreensão da adaptação e mitigação. Isso exigirá uma visão ampla sobre os três componentes demográficos e sobre as trajetórias educacionais no país e, embora seja uma tarefa complexa, pode contribuir de forma importante para planejar o futuro do Brasil.

Agradecimentos

O autor agradece os comentários e reflexões de Erich Striessnig (Universidade de Viena) e Samir KC (IIASA) sobre o uso das SSPs para as projeções populacionais no Brasil. Todas as posições aqui assumidas são, contudo, de responsabilidade do próprio autor.

Pesquisa realizada com apoio do CNPq, com Bolsa de Pós-Doutorado no Exterior (Processo 402406/2022-2) e do IBGE, com afastamento para realização de pós-doutorado.

Referências

- AASVE, N. *et al.* The COVID-19 pandemic and human fertility. *Science*, v. 369, n. 6502, p. 370-371, 2020.
- ABURTO, J. M. *et al.* A global assessment of the impact of violence on lifetime uncertainty. *Science Advances*, v. 9, p. 1-10, 2023.
- ABSAR, S. M.; PRESTON, B. L. Extending the shared socioeconomic pathways for sub-national impacts, adaptation, and vulnerability studies. *Global Environmental Change*, v. 33, p. 83-96, 2015.
- ALFIERI, L. *et al.* 2015. Ensemble flood risk assessment in Europe under high end climate scenarios. *Global Environmental Change*, v. 35, p. 199-212, 2015.
- AVELLAR, S. O. C. Migração interna de mestres e doutores no Brasil: algumas considerações. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 11, n. 24, p. 429-457, 2014.
- BAKER, D. P. *et al.* The education effect on population health: a reassessment. *Population and Development Review*, v. 37, n. 2, p. 307-332, 2012.
- BARBIERI, A. F. *et al.* Climate change and population migration in Brazil's Northeast: scenarios for 2025-2050. *Population and Environment*, v. 31, n. 5, p. 344-370, 2010.
- BARRIOS, M. L. *Migración y fecundidad: un análisis cuali-cuanti de cubanas residentes en Canadá.* Tese (Doutorado em Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar/UFMG), Belo Horizonte, 2021.
- BATISTA, J. V. *et al.* Perfil epidemiológico da mortalidade masculina no Brasil, 2014-2018. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, 2021.
- BERQUÓ, E. S.; CAVENAGHI, S. M. Notas sobre os diferenciais educacionais e econômicos da fecundidade no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 31, n. 2, p. 471-482, 2014.

BONGAARTS, J. Completing the fertility transition in the developing world: the role of educational differences and fertility preferences. **Population Studies**, v. 57, n. 3, p. 321-335, 2003.

BONIFÁCIO, G.; GUIMARÃES, R. **Projeções populacionais por idade e sexo para o Brasil até 2100**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica – Ipea, 2021 (Texto para Discussão, 2698).

CAETANO, A. J. Fecundidade abaixo da reposição, população estacionária por migração e efeitos sobre a estrutura etária. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 25, n. 2, p. 325-334, 2008.

CAMARANO, A. A. (Org.). **Novo regime demográfico: uma nova relação entre população e desenvolvimento?** Rio de Janeiro: Ipea, 2014.

CASTILLO, A. E.; SANCHEZ-PENA, L.; DELGADO, S. Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social. **Estudios Demográficos y Urbanos**, v. 32, n. 3, p. 669-693, 2017.

CARVALHO, J. A. M. *et al.* Migrações internacionais no Brasil no período 2005-2010, com ênfase nos efeitos diretos e indiretos da imigração de retorno dos brasileiros. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 35, n.3, 2018.

CAVALCANTI, L.; OLIVEIRA, T.; SILVA, B. G. **Dados consolidados da imigração no Brasil 2021**. Brasília, DF: OBMigra, 2022.

CHERITEL, C.; HOFFMANN, R.; MUTTARAK, R. Climate change impacts on fertility in low- and middle-income countries: an analysis based on global subnational data. **PAA**, 2023.

CHEN, H. *et al.* Adapting global shared socio-economic pathways for national scenarios in Japan. **Sustainability Science**, v. 15, p. 985-1000, 2020.

CUARESMA, C.J.; LUTZ, W.; SANDERSON, W. C. Is the demographic dividend an education dividend? **Demography**, v. 51, p. 299-315, 2013.

CUNHA, J. M. P. da. *et al.* **Demografia e educação: incursões preliminares**. Campinas: Unicamp, 2000. (Textos Nepo, 38).

D'ANTONA, A. de O. Do mito malthusiano ao das relações recíprocas – a constituição interdisciplinar do campo de população e ambiente. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 34, n. 2, p. 243-270, 2017.

FERNANDES, D.; BAENINGER, R. (Coord.). **Impacto da pandemia de Covid-19 nas migrações internacionais no Brasil**. Campinas: Nepo/Unicamp, 2020.

FJP – Fundação João Pinheiro. **Metodologia de projeção populacional para áreas urbanas e rurais**. Belo Horizonte, 2019.

FRANKENBERG, E. *et al.* Education, vulnerability, and resilience after a natural disaster. **Ecology and Society**, v. 18, n. 2, 2013.

FREIRE, F. H. M. A.; GONZAGA, M. R.; GOMES, M. M. F. Projeções populacionais por sexo e idade para pequenas áreas no Brasil. **Revista Latinoamericana de Población**, v. 14, p. 124-149, 2019.

FUCHS, R.; PAMUK, E.; LUTZ, W. Education or wealth: which matters more for reducing child mortality in developing countries? **Vienna Yearbook Population Research**, v. 8, p. 175-199, 2010.

GOMES, M. M. F.; DIAS, T. S.; VASCONCELOS, A. M. N. Fecundidade de mulheres migrantes e não migrantes no Distrito Federal: uma análise com base nas informações do Censo 2010. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 18. Anais [...]. Águas de Lindóia: Abep, 2012.

GONÇALVES, G. Q.; CARVALHO, J. A. M.; WONG, L.; TURRA, C. M. A transição da fecundidade no Brasil ao longo do século XX – uma perspectiva regional. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 36, p. 1-34, 2019.

GONZÁLEZ-LEONARDO, M. *et al.* Quantifying the impact of COVID-19 on immigration in receiving high-income countries **PLoS ONE**, v. 18, 2023.

GUIMARÃES, R. R. Uncertainty in population projections: the state of the art. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 31, n. 2, p. 277-290, 2014.

HOGAN, D. J. The impact of population growth on the physical environment. **European Journal of Population**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 1992.

HOGAN, D. J.; BERQUÓ, E.; COSTA, H. S. M. (Org.). **Population and environment in Brazil: Rio + 10**. Campinas: MPC Artes Gráficas de Papel, 2002.

HUMMEL, D. *et al.* Inter- and transdisciplinary approaches to population–environment research for sustainability aims: a review and appraisal. **Population and Environment**, v. 34, p. 481-509, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções da população: Brasil e unidades da federação**. Rio de Janeiro: Coordenação de População e Indicadores Sociais, IBGE, 2013. (Série Relatórios Metodológicos, v. 40).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções da população: Brasil e unidades da federação, revisão 2018**. 2. ed. Rio de Janeiro: Coordenação de População e Indicadores Sociais, IBGE, 2018.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Special Report: emissions scenarios**. Geneva: IPCC, 2000.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: synthesis report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2007.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2013: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2013.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: synthesis report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva: IPCC, 2014.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. *In: Global Warming of 1.5°C*. Special Report Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2018.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. *In: Climate Change 2021: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2021. p. 3-32.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Projeção provisória da população urbana e rural por sexo e grupos de idades**. Ipea, 1969.

JIANG, L.; O'NEILL, B. C. Global urbanization projections for the Shared Socioeconomic Pathways. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 193-199, Jan. 2017.

KC, S. *et al.* Future population and human capital in heterogeneous India. **PNAS**, v. 115, n. 33, 2018.

KC, S.; LUTZ, W. The human core of the shared socioeconomic pathways: population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 181-192, 2017.

KOTSCHY, R.; URTAZA, P. S.; SUNDE, U. The demographic dividend is more than an education dividend. **PNAS**, v. 117, n. 42, p. 25982-25984, 2020.

LUTZ, W. **Advanced introduction to demography**. Edward Elgar Publishing, 2021.

LUTZ, W. Population policy rationale for the twenty-first century. **Population and Development Review**, v. 40, n. 3, p. 527-544, 2014.

LUTZ, W. *et al.* **Demographic and human capital scenarios for the 21st century**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.

LUTZ, W. *et al.* Education rather than age structure brings demographic dividend. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, n. 26, p. 12798-12803, 2019.

LUTZ, W.; SKIRBEKK, V. **How education drives demography and knowledge informs projections**. Laxenburg, Austria: IIASA, 2013. (Interim Report, 13-016).

LUTZ, W.; BUTZ, W. P.; KC, S. **World population and human capital in the 21st century**. Oxford University Press, 2014.

LUTZ, W.; KEBEDE, E. Education and health: redrawing the Preston curve. **Population and Development Review**, v. 44, n. 2, 2018.

LUTZ, W.; MUTTARAK, R.; STRIESSNIG, E. Universal education is key to enhanced climate adaptation. **Science**, v. 346, p. 1061-1062, 2014.

LUTZ, W.; MUTTARAK, R. Forecasting societies' adaptive capacities through a demographic metabolism model. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 3, p. 177-184, 2017.

LUTZ, W.; PRSKAWETZ, A.; SANDERSON, W. C. Introduction. **Population and Development Review**, v. 28, Supplement: Population and Environment: Methods of Analysis, p. 1-21, 2002.

LUTZ, W.; STRIESSNIG, E. Demographic aspects of climate change mitigation and adaptation. **Population Studies**, v. 69, 2015.

MAIA, A. G.; BUAINAIN, A. M. O novo mapa da população rural brasileira. **Confins**, v. 25, nov. 2015.

MARANDOLA JR., 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 População**, v. 24, n. 2, p. 191-223, jul./dez. 2007.

MARANDOLA JR., E. Tangenciando a vulnerabilidade. *In*: HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR, E. (Org.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. Campinas: Nepo/UNFPA, 2009. p. 29-52.

MARQUES, C. **Em busca da resiliência?** Urbanização, ambiente e riscos em Santos (SP). Tese (Doutorado em Demografia) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2014.

MARTELETO, L.; MARSCHNER, M.; CARVALHAES, F. Educational stratification after a decade of reforms on higher education access in Brazil. **Research in Social Stratification and Mobility**, v. 46, p. 99-111, 2016.

MARTELETO, L.; DONDERO, M. Racial inequality in education in Brazil: a twins fixed-effects approach. **Demography**, v. 52, n. 4, p.1185-1205, 2016.

MARTELETO, L.; GUEDES, G.; COUTINHO, R. Z.; WEITZMAN, A. Live births and fertility amid the Zika epidemic in Brazil. **Demography**, v. 57, n. 3, p. 843-872, 2020.

MARTIN, T. C. Women's education and fertility: results from 26 demographic and health surveys. **Studies in Family Planning**, v. 26, n. 4, p. 187-202, 1995.

MARTINE, G. Brazil's fertility decline, 1965-95: a fresh look at key factors. **Population and Development Review**, v. 22, n. 1, p. 47-75, 1996.

MARTINE, G.; SCHENSUL, D. (Org.). **The demography of adaptation to climate change**. New York, London and Mexico City: UNFPA, IIED and El Colegio de México, 2013.

MARTINE, G. Population dynamics and policies in the context of global climate change. *In*: GUZMÁN, J. M.; MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G.; SCHENSUL, D.; TACOLI, C. (Ed.). **Population dynamics and climate change**. New York; London: UNFPA; IIED, 2009.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. Disarray in global governance and climate change chaos. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 36, p. 1-30, 2019.

MARTINE, G.; OJIMA, R.; MARANDOLA JR., E. **Population dynamics and the Brazilian environmental agenda**. Ministry of the Environment, Brazil and UNFPA/Brazil, 2014.

MEDEIROS, M.; BARBOSA, R. J.; CARVALHAES, F. Educational expansion, inequality and poverty reduction in Brazil: a simulation study. **Research in Social Stratification and Mobility**, v. 66, 2019.

NAKICENOVIC *et al.* **Special report on emissions scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2000.

O'NEILL, B. C.; MACKELLAR, L.; LUTZ, W. **Population and climate change**. IIASA, Cambridge University Press, 2001.

O'NEILL, B. C.; KRIEGLER, E.; RIAHI, K.; EBI, K. L.; HALLEGATTE, S.; CARTER, T. R.; MATHUR, R.; VUUREN, D. P. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. **Climatic Change**, v. 122, p. 387-400, 2014.

O'NEILL, B. C. *et al.* The roads ahead: narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 169-180, 2017.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. **Health at a glance 2017: OECD indicators**. Paris: OECD Publishing, 2017.

OLIVEIRA, A. T. R. Um panorama da migração internacional a partir do Censo Demográfico de 2010. **Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana**, v. 21, n. 40, 2013.

OLIVEIRA, A. T. R.; O'NEILL, M. M. V. C. Dinâmica demográfica e distribuição espacial da população: o acesso aos serviços de saúde. *In*: GADELHA, P.; NORONHA, J. C.; DAIN, S.; PEREIRA, T. R. (Ed.). **Brasil saúde amanhã: população, economia e gestão**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2016, p. 39-74.

OLIVEIRA, H. N.; SILVA, C. A. M.; OLIVEIRA, A. T. R. Imigração internacional: uma alternativa para os impactos das mudanças demográficas no Brasil? **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 36, p. 1-31, 2019.

PALLONI, A.; RAFALIMANANA, H. The effects of infant mortality on fertility revisited: new evidence from Latin America. **Demography**, v. 36, p. 41-58, 1999.

PESCARINI, J. M. *et al.* Mortality among over 6 million internal and international migrants in Brazil: a study using the 100 million Brazilian cohort. **The Lancet Regional Health – Americas**, v. 20, 2023.

POTTER, J. E.; SCHMERTMANN, C. P.; ASSUNÇÃO, R. M.; CAVENAGHI, S. Mapping the timing, pace, and scale of the fertility transition in Brazil. **Population and Development Review**, v. 36, n. 2, p. 283-307, 2010.

PRATA, P. R. A transição epidemiológica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 8, n. 2, p. 168-175, abr. 1992.

- PRESTON, B. *et al.* The climate adaptation frontier. **Sustainability**, v. 5, n. 3, p. 1011-1035, 2013.
- RACHE, B.; NUNES, L.; ROCHA, R. **Evolução recente e perfil atual da mortalidade no Brasil: uma análise da heterogeneidade entre municípios.** São Paulo: IEPS, 2020. (Nota Técnica, n. 1).
- RIahi, K. *et al.* The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 153-168, 2017.
- RIANI, J. L. R. Impactos da estrutura etária em indicadores de educação no Brasil, 1991. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 18, n. 1/2, p. 15-33, 2001.
- RIBEIRO, C. A. C. Desigualdade de oportunidades e resultados educacionais no Brasil. **Dados**, v. 54, n. 1, p. 41-87, 2011.
- RIBEIRO, M. M.; TURRA, C. M.; PINTO, C. C. Mortalidade adulta por nível de escolaridade em São Paulo: análise comparativa a partir de diferentes estratégias metodológicas. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 38, 2021.
- RIGOTTI, J. I. R. Geografia dos fluxos populacionais segundo níveis de escolaridade dos migrantes. **Estudos Avançados**, v. 20 (57), p. 237-254, 2006.
- RIGOTTI, J. I. R.; CAMPOS, J.; HADAD, R. M. Migrações internas no Brasil: (des)continuidades regionais à luz do Censo Demográfico 2010. **Revista Geografias, Dossiê Mig**, n. 1, 2017.
- RIGOTTI, J. I. R.; CASTRO, M. C.; HADAD, R. Mapping the education-gain and education-drain: the role of internal migration in education trajectories – Brazil, 2007-2017. *In*: INTERNATIONAL POPULATION CONFERENCE 2021. **Proceedings [...]**. Hyderabad: IUSSP, 2021.
- RIOS-NETO, E. L. G.; RIANI, J. L. (Org.). **Introdução à demografia da educação.** Campinas: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2004.
- RIOS-NETO, E. L. G.; MIRANDA-RIBEIRO, A.; MIRANDA-RIBEIRO, P. Fertility differentials by education in Brazil: from the conclusion of fertility to the onset of postponement transition. **Population and Development Review**, v. 44, n. 3, p. 489-517, 2018.
- SATTERWAITE, D. The implications of population growth and urbanization for climate change. *In*: GUZMÁN, J. M.; MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G.; SCHENSUL, D.; TACOLI, C. (Ed.). **Population dynamics and climate change.** New York; London: UNFPA; IIED, 2009.
- SAWYER, D. Effects of industrialization and urbanization on mortality in the developing countries: the case of São Paulo. *In*: INTERNATIONAL POPULATION CONFERENCE 1981. **Proceedings [...]**. Manila: IUSSP, 1981.
- SCHENSUL, D.; DODMAN, D. Populating adaptation: incorporating population dynamics in climate change adaptation policy and practice. *In*: MARTINE, G.; SCHENSUL, D. (Org.). **The demography of adaptation to climate change.** New York; London; Mexico City: UNFPA; IIED; El Colegio de México, 2013.
- SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **População urbana e rural (2000 a 2050): Anexo metodológico.** São Paulo, 2021.
- SIGNORINI, B. A. **Efeitos da migração sobre a fecundidade: um estudo comparativo entre mulheres nordestinas imigrantes em São Paulo, mulheres não-migrantes naturais do estado e mulheres não-migrantes naturais do Nordeste.** Tese (Doutorado em Demografia) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2017.
- SILVA L. E.; FREIRE, F. H. M. A.; PEREIRA, R. H. M. Diferenciais de mortalidade por escolaridade da população adulta brasileira, em 2010. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, n.4, 2016.
- SIMÕES, C. C. S. **Perfis de saúde e de mortalidade no Brasil: uma análise de seus condicionantes em grupos populacionais específicos.** Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2002.

STEPHENSON, J.; NEWMAN, K.; MAYHEW, S. Population dynamics and climate change: what are the links? *Journal of Public Health*, v. 32, n. 2, p. 150-156, 2010.

STRIESSNIG, E.; LUTZ, W.; PATT, A. G. Effects of educational attainment on climate risk vulnerability. *Ecology and Society*, v. 18, n. 3, 2013.

STRIESSNIG, E. *et al.* Empirically based spatial projections of US population age structure consistent with the shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters*, v. 14, n. 11, 2019.

UNITED NATIONS. **World population prospects 2022**. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2022.

UNITED NATIONS. **World urbanization prospects: the 2018 revision**. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2018.

VALADARES, A. A. **O gigante invisível: território e população rural para além das convenções oficiais**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2014. (Texto para Discussão, 1942).

VAN VUUREN, D. P.; KOK, M. T. J.; GIROD, P.; LUCAS, B. Scenarios in global environmental assessments: key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change*, v. 22, n. 4, 2012.

VEIGA, J. E. Nem tudo é urbano. *Ciência e Cultura*, v. 56, n. 2, p. 26-29, 2004.

WAMSLER, C.; BRINK, E.; RANTALA, O. Climate change, adaptation, and formal education: the role of schooling for increasing societies adaptive capacities in El Salvador and Brazil. *Ecology and Society*, v. 17, 2012.

WITTGENSTEIN CENTRE FOR DEMOGRAPHY AND GLOBAL HUMAN CAPITAL. **Human capital data explorer version 2.0**. 2018. Disponível em: <http://dataexplorer.wittgensteincentre.org/wcde-v2/>.

WITTER, R. A.; OKUN, M. A.; STOCK, W. A.; HARING, M. J. Education and subjective well-being: a meta-analysis. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, v. 6, n. 2, p. 165-173, 1984.

ZLOTNIK, H. Does population matter to climate change. *In*: GUZMÁN, J. M.; MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G.; SCHENSUL, D.; TACOLI, C. (Ed.). **Population dynamics and climate change**. New York; London: UNFPA; IIED, 2009.

Sobre o autor

César Augusto Marques Silva é doutor em Demografia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pós-doutor pela Universidade de Viena e bolsista de produtividade CNPq nível 2. Professor e pesquisador do programa de Pós-graduação em População, Território e Estatísticas Públicas, na Escola Nacional de Ciências Estatísticas (Ence/IBGE).

Endereço para correspondência

Rua André Cavalcanti, 106, sala 502, Centro
20231-050 – Rio de Janeiro-RJ, Brasil

Abstract

Shared socioeconomic pathways in Brazil: Scenarios for population dynamics and the challenges to adaptation and mitigation

During the past decades, there were scientific advances to better comprehend climate change and population dynamics. One of the main ones was the inclusion of a set of scenarios in current generation of climate modelling, with population as its human core. These are the shared socioeconomic pathways that result in population projections constructed by multi-dimensional demography, with population disaggregated by, sex, age and educational attainment. Such projections incorporate relevant population heterogeneities to adaptation and are potentially more sensitive to capture changes in demographic dynamics. This paper addresses this discussion for Brazil, considering both theoretical and methodological aspects. We highlight some of the implications of SSPs approach to construct population projections at the subnational level, emphasizing the benefits this agenda could bring to the population and environment fields.

Keywords: Population projections scenarios. Population and environment. Adaptation.

Resumen

Trajetorias socioeconômicas compartidas en Brasil: escenarios de dinámica poblacional y desafíos para la adaptación y mitigación

Los avances en la ciencia para una mejor comprensión de las relaciones entre el cambio climático y la dinámica de la población se han producido en varios campos durante las últimas tres décadas. Una de las principales innovaciones se observa en la generación actual de modelos climáticos, con la inclusión de un conjunto de escenarios en los que los temas de población son centrales. Estos escenarios, denominados *trayectorias socioeconômicas compartidas*, esbozan alternativas para futuros desarrollos sociales que, a su vez, consideran proyecciones poblacionales multidimensionales, construidas a partir de las variables *sexo, edad y educación*. Estas proyecciones incorporan heterogeneidades de población relevantes para la adaptación y son potencialmente más sensibles a los cambios en la dinámica demográfica. Este artículo aborda esta discusión para Brasil, considerando sus aspectos teóricos y metodológicos. Se destacan algunas de las implicaciones del enfoque para construir proyecciones de población en el ámbito subnacional, con énfasis los logros que esta agenda puede traer al campo de población y medio ambiente.

Palabras clave: escenarios de proyección de población, población y medio ambiente, adaptación.

Recebido para publicação em 23/03/2023

Aceito para publicação em 29/08/2023