Do colapso à emancipação: uma Economia Política da modelagem de cenários globais

From Collapse to Emancipation: a Political Economy of Global Scenarios Modelling

Rosana Icassatti Corazza[1]

Paulo Sérgio Fracalanza[2]

Resumo

Em um contexto de agravamento do colapso ecológico e de crescente difusão do diagnóstico do Capitaloceno – que enfatiza as bases histórico-estruturais da crise ambiental no modo de produção capitalista -, torna-se central revisitar criticamente os fundamentos das formas pelas quais imaginamos e modelamos o futuro. Este artigo revisita dois exercícios pioneiros de modelagem global da década de 1970 – o modelo *World3*, desenvolvido no MIT para o Clube de Roma, e o Modelo Mundial Latino-Americano, ou Modelo Bariloche – este último feito por cientistas latino-americanos e agora em seu cinquentenário (1976–2026) – para analisar seus fundamentos epistemológicos contrastantes, premissas normativas e implicações políticas. Parte-se do argumento de que os diagnósticos sobre o colapso ambiental e os cenários projetados para o futuro dependem não apenas de pressupostos ontológicos acerca da natureza do sistema socioeconômico e das relações entre seres humanos e o sistema terrestre, mas também das escolhas metodológicas que orientam a produção do conhecimento científico — incluindo as formas de modelagem, as métricas mobilizadas e os valores que, muitas vezes de maneira implícita, informam a construção dos conceitos e dos próprios horizontes de futuro. Embora ambos os modelos tenham emergido de um contexto comum de preocupação planetária durante o debate sobre os "limites do crescimento", propuseram visões de futuro radicalmente distintas. Enquanto o *World3* adotou uma abordagem projetiva baseada em dinâmica de sistemas (*forward-looking*), enfatizando restrições biofísicas, controle populacional e algum ceticismo em relação a soluções tecnológicas, o Modelo Bariloche articulou uma estratégia normativa e retroprojetiva (*backcasting*), centrada na igualdade social, participação democrática e desenvolvimento transformador para o Sul Global. A metodologia deste artigo combina análise bibliométrica de recepção das obras que apresentam os dois modelos, a partir de bases de citações da área de Ciências Sociais e Humanidades da WoS, com síntese narrativa comparativa da literatura especializada, focalizando quatro dimensões: lógica de modelagem, premissas fundamentais, caminhos políticos e legado intelectual. Argumenta-se que a modelagem de cenários globais não constitui um exercício técnico neutro, mas um experimento político impregnado de valores, cuja análise requer uma abordagem de Economia Política. Os modelos analisados ilustram imaginários divergentes – um ancorado na escassez ecológica e no controle tecnocrático; outro na emancipação, justiça e pluralismo epistêmico. Ao sintetizar esses contrastes, o artigo identifica tensões persistentes nos esforços contemporâneos de construção de cenários e extrai lições para a modelagem na era da emergência climática, defendendo abordagens historicamente informadas, geopoliticamente referidas e normativamente explícitas em seu compromisso com futuros inclusivos e sustentáveis.

Palavras-chave

Emergência climática; Capitaloceno; planejamento e reforma; pensamento crítico latino-americao; cenários prospectivos

[1] Professora Associada do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E-mail: rcorazza@unicamp.br Artigo realizado no escopo do Projeto CNPq 402907/2023-0.

[2] Professor Titular do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E-mail: fracalan@unicamp.br Artigo realizado no escopo do Projeto CNPq 402726/2023-5.

Abstract
In a context of deepening ecological collapse and the growing diffusion of the Capitalocene diagnosis - emphasizing the historical-structural roots of the environmental crisis within the capitalist mode of production - it becomes essential to critically revisit the foundations through which we imagine and model the future. This article revisits two pioneering global modeling exercises from the 1970s - the World3 model, developed at MIT for the Club of Rome, and the Latin American World Model, or Bariloche Model - the latter produced by Latin American scientists and now marking its fiftieth anniversary (1976–2026) - in order to analyze their contrasting epistemological foundations, normative premises, and political implications. The argument advanced here is that diagnoses of environmental collapse and projections of future scenarios depend not only on ontological assumptions regarding the nature of the socio-economic system and the relationship between human societies and the Earth system, but also on the methodological choices that guide the production of scientific knowledge, including modeling approaches, the metrics mobilized, and the values that, often implicitly, shape the construction of concepts and future horizons themselves. Although both models emerged from a shared context of planetary concern during the debate on the "limits to growth," they advanced radically different visions of the future. While World3 adopted a forward-looking approach grounded in system dynamics, emphasizing biophysical constraints, population control, and a degree of skepticism toward technological solutions, the Bariloche Model articulated a normative and backcasting-oriented strategy centered on social equality, democratic participation, and transformative development for the Global South. The methodology of this article combines a bibliometric analysis of the reception of the works presenting both models, based on citation databases in the Social Sciences and Humanities within Web of Science, with a comparative narrative synthesis of the specialized literature, focusing on four dimensions: modeling logic, foundational assumptions, political pathways, and intellectual legacy. It is argued that global scenario modeling does not constitute a neutral technical exercise, but rather a value-laden political experiment whose analysis requires a Political Economy approach. The models examined illustrate divergent imaginaries: one anchored in ecological scarcity and technocratic control; the other in emancipation, justice, and epistemic pluralism. By synthesizing these contrasts, the article identifies persistent tensions in contemporary efforts of scenario-building and draws lessons for modeling in the era of climate emergency, advocating for approaches that are historically informed, geopolitically situated, and normatively explicit in their commitment to inclusive and sustainable futures.

Keywords
Climate emergency; Capitalocene; planning and reform; Latin American critical thought; scenario building

1. Introdução: contexto, problemas, metodologia e organização do artigo

Vivemos em um contexto de agravamento do colapso ecológico, marcado pela intensificação das mudanças climáticas, pela perda acelerada de biodiversidade e pela crescente instabilidade dos sistemas socioecológicos (Marques, 2018, 2025). Na literatura acadêmica, ganha relevo o diagnóstico do Capitaloceno, que enfatiza as bases histórico-estruturais da crise ambiental no modo de produção capitalista, deslocando a análise de uma responsabilidade abstrata da "humanidade" para as dinâmicas concretas de acumulação, poder e desigualdade (Moore, 2016, Saito, 2023, Fraser, 2024). Essa perspectiva converge com o "ecologismo dos pobres", que identifica conflitos distributivos causados pelo metabolismo crescente da economia global (Martinez-Alier, 2007). É nesse contexto que se torna central revisitar criticamente os fundamentos das formas pelas quais imaginamos e modelamos o

futuro. A modelagem de cenários globais - frequentemente apresentada como instrumento técnico de apoio à decisão - assume, assim, um papel estratégico na delimitação dos horizontes do possível, tornando indispensável sua problematização a partir de uma perspectiva crítica.

A modelagem de cenários globais - hoje onipresente nos relatórios do IPCC, nas promessas nacionais de descarbonização e nas estratégias de investimento corporativo - nasceu no terreno fértil das tensões geopolíticas, do fermento sociocultural e das inovações técnico-científicas que marcaram os longos anos 1960. Entre o lançamento do Sputnik e o primeiro choque do petróleo, a bipolaridade da Guerra Fria impulsionou a ascensão de laboratórios de estudos estratégicos de futuro (Armatte, 2007; Dahan-Dalmedico, 2007; Jones, 2012; Heymann & Dalmedico, 2019). Paralelamente, movimentos pacifistas, feministas, ambientalistas e anticoloniais redefiniram os contornos do possível (Pepper, 1993; Sandbach, 1978). Ao mesmo tempo, os avanços na computação e na dinâmica de sistemas permitiram a transformação dessas preocupações em modelos numéricos, catalisados pela recém-criada organização conhecida como Clube de Roma (McCormick, 1992).

Neste contexto, este artigo cumpre três funções principais: (i) situar historicamente a emergência da modelagem de cenários globais; (ii) explicitar o problema analítico - compreender cenários como experimentos políticos que distribuem poder, conhecimento e responsabilidade - por meio do contraste entre dois exercícios emblemáticos dos anos 1970, o modelo *World3*, desenvolvido no MIT, e o Modelo Mundial Latino-Americano (Modelo Bariloche); e (iii) enquadrar a modelagem como uma questão de Economia Política, evidenciando como pressupostos sobre crescimento, tecnologia, governança e relações sociedade-natureza refletem e reproduzem estruturas de poder globais.

A modelagem de cenários tornou-se um pilar da governança climática contemporânea. Desde a Cúpula da Terra de 1992, sucessivas rodadas de negociação internacional passaram a se apoiar em projeções cada vez mais sofisticadas - como os Cenários Representativos de Concentração (RCPs) e as Vias Socioeconômicas Compartilhadas (SSPs), no âmbito do IPCC - que orientam compromissos nacionais, estratégias corporativas e fluxos de investimento (Dahan-Dalmedico, 2007; Aykut, Demortain e Benbouzid, 2019; Rothman et al., 2023). Esses cenários, embora tecnicamente sofisticados, operam como dispositivos de poder: delimitam horizontes do possível, estruturam expectativas e reforçam um enclave de especialistas no qual pressupostos normativos permanecem amplamente opacos. Nesse sentido, a modelagem de cenários constitui um espaço privilegiado de inscrição de disputas político-econômicas em artefatos quantitativos aparentemente neutros.

Essas questões não são novas. Muito antes da consolidação da governança climática contemporânea, os anos 1970 testemunharam duas tentativas seminais de modelar o sistema humano-ambiental em escala planetária: o modelo *World3*, desenvolvido no MIT e difundido em *The Limits to Growth* (1972), e o Modelo Mundial Latino-Americano, formulado pelo Grupo de Bariloche e

apresentado em *¿Catástrofe o Nueva Sociedad?* (1976). Embora raramente analisados em conjunto, esses modelos constituem marcos epistemológicos e políticos na genealogia da modelagem global. Ambos traduziram preocupações socioecológicas complexas em linguagem matemática, mas divergiram profundamente em seus horizontes normativos, no tratamento das questões de tecnologia e população e nas teorias implícitas de justiça. Revisitar esses modelos como experimentos políticos historicamente situados permite iluminar a dimensão normativa da modelagem e extrair lições relevantes para o presente.

Essa problematização dialoga com a trajetória recente da Economia Política Internacional (EPI), que tem progressivamente incorporado questões sobre crise climática, energia e transições, deslocando-se de abordagens centradas em soluções de mercado para análises que enfatizam Estado, governança global, financeirização e o papel de atores não estatais (Clapp, Dauvergne, 2011; Shields, 2014; Van De Graaf et al, 2016; Falkner, 2018; Newell, 2021). Trabalhos mais recentes ampliam esse escopo para abordar questões sobre gênero, raça, austeridade, finanças "verdes", desinvestimento e transições sociotécnicas, evidenciando o caráter profundamente político e interseccional da crise ambiental (Kholer, Stockhammer, 2022; Helleiner, 2023; Perry, 2023). No entanto, tais avanços ainda raramente se traduzem em análises sistemáticas dos próprios instrumentos de modelagem que orientam a governança climática. Nesse sentido, este artigo propõe aproximar esses dois campos, analisando a modelagem de cenários como um terreno privilegiado de disputa em torno da construção de futuros.

O artigo persegue dois objetivos inter-relacionados. Em primeiro lugar, apresenta e contrasta o modelo World3 e o Modelo Bariloche, destacando suas diferenças em termos de lógica de modelagem, pressupostos centrais e implicações políticas. Em segundo lugar, extrai lições metodológicas e normativas para os esforços contemporâneos de modelagem de cenários globais em um contexto de emergência climática. Metodologicamente, combina-se análise bibliométrica da recepção das obras - com base em bases de citações da *Web of Science* - com uma síntese narrativa comparativa da literatura especializada. Afresne (2023) explica a recepção como soma dos efeitos que a circulação de um objeto tem em um campo e propõe que ela pode ser estudada a partir de uma perspectiva editorial, por meio do estudo de publicações e citações. A metodologia fundamenta-se na ideia do autor de que a recepção de uma obra científica constitui sua vida social posterior e que a análise de citações permite mapear os rastros deixados por um objeto de conhecimento ao circular entre campos científicos distintos. Cortés et al. (2023) ponderam que o mapeamento científico ajuda a visualizar as conexões entre atores e o fluxo de conhecimento, enquanto Beigel (2023) alerta que as bases *mainstream* são endogâmicas e escondem a produção de excelência que circula em circuitos regionais (como SciELO e Latindex). Da perspectiva da sociologia da circulação do conhecimento, à qual aqui recorremos para amparar esse estudo, embora amplamente utilizadas, as citações

apresentam limitações como indicadores de impacto, refletindo também assimetrias geopolíticas e práticas acadêmicas socialmente mediadas (Velho, 1986). Por essas razões, a análise quantitativa é complementada por uma interpretação qualitativa e contextualizada.

O artigo estrutura-se da seguinte forma: a seção 2 examina o modelo World3; a seção 3 analisa o Modelo Bariloche; e a seção 4 sintetiza os contrastes entre ambos e extrai implicações para a modelagem contemporânea. Ao fazê-lo, o artigo contribui ao (i) reinterpretar esses modelos como experimentos políticos historicamente situados, (ii) explicitar os pressupostos normativos e epistêmicos que estruturam a modelagem global e (iii) inserir a análise da construção de cenários no campo da Economia Política, enfatizando a necessidade de abordagens reflexivas, pluralistas e comprometidas com a construção de futuros mais justos e sustentáveis.

2. O Modelo *World3*: viés malthusiano, cenarização projetiva e catástrofe global

Esta seção revisita o modelo *World3*, desenvolvido no MIT sob os auspícios do Clube de Roma, como um marco fundacional, embora contestado, na modelagem de cenários globais. Tomando forma na encruzilhada entre a geopolítica da Guerra Fria, a emergência do ambientalismo moderno e o otimismo tecnológico, o *World3* buscou simular a interação dinâmica entre crescimento populacional, produção agrícola, produção industrial, uso de recursos e degradação ambiental em escala planetária. Embora sua arquitetura organizada a partir da epistemologia dos sistemas dinâmicos tenha inaugurado uma nova era de prospectiva computacional, o modelo também codificou um imaginário tecnocrático e pretensamente despolitizado que priorizava os limites biofísicos, em detrimento da complexidade institucional, ao tratar a humanidade como um agente homogêneo. A obra de Martinez-Alier (2007) nos apoia para questionar essa homogeneidade, pois indaga sobre quem tem o poder de impor a linguagem econômica como linguagem suprema numa discussão ambiental, permitindo pensar que colapso projetado pelo *World3* ignora que os impactos já recaem desproporcionalmente sobre grupos marginalizados. O modelo *World3*, incorpora o "ambientalismo" como o momento histórico em que as consequências indesejadas da ação humana passam a ser vistas, por cientistas, analistas, tecnocratas e parcelas significativas de um público "esclarecido", conforme apontados por Latour (2011), como uma monstruosidade, levando à conclusão de que a única saída seria a abstinência e o arrependimento: "Não deveríamos ter cometido tantos crimes; agora devemos nos redimir e nos limitar." Essa era a percepção dominante antes de uma ruptura epistemológica, em uma época em que ainda era praticamente incontroverso acreditar na existência de um "meio ambiente" separado da ação humana. (Latour, 2011, p. 24).

Ao analisar as escolhas metodológicas do modelo, seu cenário-padrão de colapso (o *standard run*) e suas reverberações políticas - especialmente em relação ao controle populacional, ao ceticismo tecnológico e às condicionalidades da ajuda humanitária e ao desenvolvimento ao Sul Global - esta

seção explicita os pressupostos epistemológicos e normativos embutidos no discurso dos "limites do crescimento". Com isso, esta seção também prepara o terreno para compreender o Modelo Bariloche não apenas como uma alternativa regional, mas como um "contra-modelo" paradigmático, elaborado a partir de uma Economia Política do Sul Global.

2.1. Clube de Roma: o destino da humanidade à beira da crise ambiental nos anos 1960

No final da década de 1960, em meio à crescente preocupação ambiental e às tensões geopolíticas, um grupo de industriais, cientistas e intelectuais fundou o Clube de Roma com o objetivo de enfrentar o que consideravam ser uma crise global iminente. Seu foco não recaiu sobre os ciclos políticos de curto prazo, mas sobre os limites estruturais ao crescimento econômico e demográfico exponencial em um planeta de recursos finitos (Cole et al, 1973; Freeman, 1973; Cole & Lucas, 1981).

Em busca dessa visão, o Clube de Roma encomendou a uma equipe do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) o desenvolvimento de um modelo computacional capaz de simular tendências globais e testar futuros alternativos. O modelo resultante, *World3*, procurou traduzir interdependências complexas - entre crescimento populacional, produção de alimentos, produção industrial, poluição e esgotamento de recursos - em um arcabouço coerente, apto a informar o debate público e a formulação de políticas (Cole et al, 1973; Sandbach, 1978; Cole & Lucas, 1979).

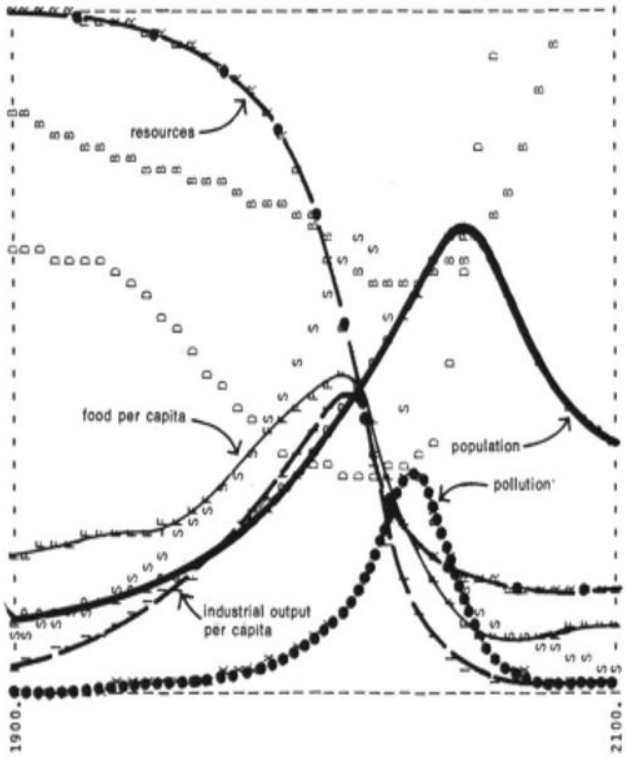
A publicação de *The Limits to Growth*, em 1972, provocou amplo debate. Alguns o celebraram como um marco no pensamento sistêmico, enquanto outros o criticaram por seus tons neomalthusianos (Cole et al, 1973; Freeman, 1973; Julien & Freeman, 1974; Sandbach, 1978). Para compreender os fundamentos dessas respostas polarizadas, é necessário examinar a estrutura metodológica dos Modelos Mundiais do MIT.

2.2. Os Modelos Mundiais do MIT: concepção metodológica e desenvolvimento

O modelo *World3* foi a terceira geração de um conjunto de modelos que estavam, desde o final da década de 1960, sendo desenvolvidos por uma equipe interdisciplinar do MIT, baseado na dinâmica de sistemas, perspectiva de modelagem formulada originalmente por Jay Forrester (Forrester, 1971; Meadows et al, 1972). A equipe encarregada do projeto *World3* foi liderada por Donella Meadows, pupila de Forrester. Embora o projeto contasse com uma equipe de composição interdisciplinar, sua orientação epistemológica estava predominantemente enraizada nas ciências naturais e na engenharia, refletindo uma abordagem de pensamento sistêmico sem interlocução com as ciências sociais críticas. A abordagem de modelagem adotada era projetiva e *forward-looking*: ela extrapolava tendências históricas para simular dinâmicas futuras, assumindo que os ciclos de retroalimentação sistêmica poderiam ser adequadamente representados por meio de equações e parâmetros (Meadows et al, 1972; Cole & Lucas, 1979; Cole, 1981).

A construção do modelo envolveu cinco conjuntos de variáveis - produção industrial, produção de alimentos, recursos naturais, crescimento populacional e poluição - que interagiam entre si por meio de ciclos de retroalimentação positivos e negativos (Meadows, 1972; Cole & Lucas, 1979). Esses conjuntos de variáveis buscavam capturar as dinâmicas essenciais de um sistema global finito e servir de base para diferentes simulações de cenários.

Figura 1. Cenário *Standard Run*:
o mais icônico resultado do *The Limits to Growth*



Fonte: Meadows et al, 1972, p. 124.

Essas escolhas metodológicas culminaram na geração de diversas simulações de cenários, sendo o mais conhecido - comumente referido como "simulação padrão" (*standard run*) - aquele que projetava uma trajetória de sobrecarga e colapso. A próxima seção examina esse cenário e suas implicações com maior profundidade.

2.3. Previsões do Modelo World3: crise como insumo, catástrofe como resultado

Construído com base na premissa de que o sistema global já havia ultrapassado seus limites ecológicos, o modelo *World3*, com seu arcabouço baseado em dinâmica de sistemas, privilegiava os constrangimentos biofísicos e os ciclos de retroalimentação, favorecendo, estruturalmente, resultados orientados ao colapso (Freeman, 1973; Cole et al, 1973; Julien & Freeman, 1974; Sandbach, 1978).

Assim, suas previsões de colapso, evidenciadas na figura 1, mais abaixo, iam além da antecipação científica: elas encarnavam uma epistemologia específica da crise (Cole et al, 1973; Freeman, 1973; Julien & Freeman, 1974).

As implicações políticas desse marco preditivo tornaram-se evidentes nas recomendações de política que, ainda que de forma indireta, ajudou a legitimar, especialmente aquelas centradas no controle populacional e na austeridade imposta ao Sul Global. A seção seguinte examina essa orientação malthusiana com maior profundidade.

2.4. Dinâmica das variáveis e o papel da tecnologia

No modelo World3, as interações entre população, capital, produção industrial, recursos naturais e poluição são formalizadas como um sistema de equações diferenciais não lineares

acopladas. O sistema computacional organiza-se a partir da ideia de estoques e de fluxos, mediado por múltiplos circuitos de retroalimentação. Embora, em um primeiro momento, predominem mecanismos de reforço que impulsionam o crescimento autocatalítico do sistema, o progressivo estresse dos limites biofísicos - especialmente a depleção de recursos e a acumulação de poluentes - aciona as alças de retroalimentações negativas que passam a operar, contudo, sob condições de defasagem temporal. Essa defasagem compromete a capacidade de ajuste do sistema, fazendo com que os mecanismos de regulação entrem em funcionamento apenas após a ultrapassagem dos limiares de sustentabilidade. O resultado não é uma estabilização suave, mas uma dinâmica de colapso sistêmico, na qual múltiplas variáveis-chave declinam de forma abrupta e interdependente, revelando a incapacidade estrutural do sistema de sustentar sua própria trajetória de crescimento frente a restrições biofísicas finitas.

A figura 1, acima, apresenta a evolução das cinco variáveis ao longo do tempo. Pode-se ver claramente, neste cenário de *standard run* (ou *business as usual*) as trajetórias do tipo sigmoidal seguido de *overshooting* da oferta de alimentos per capita, da produção industrial per capita, da poluição e, com alguma defasagem, da população mundial. No caso da trajetória dos recursos, a modelagem sugere uma depleção monotônica.

Portanto, a mensagem é clara: a população sofreria, após algum tempo, um colapso inevitável.

Por outro lado, no *World3*, o avanço tecnológico é reconhecido, mas amplamente descartado como contrapeso eficaz à crise ambiental sistêmica (Cole et al, 1973; Freeman, 1973; Herrera et al, 1976). Neste arcabouço projetivo, os avanços tecnológicos são considerados como adiamentos temporários, capazes apenas de mitigar sintomas, sem alterar as dinâmicas subjacentes do crescimento exponencial em um sistema finito (Meadows et al, 1972). Em outras palavras, o *World3* critica, de fato, não a tecnologia em si, mas a "solução tecnológica": a crença de que a tecnologia, dentro das estruturas econômicas e institucionais vigentes, pode resolver os problemas criados por essas mesmas estruturas.

2.5. Desdobramentos políticos: controle populacional e desmonte da ajuda internacional

Os resultados do modelo *World3* foram rapidamente traduzidos em narrativas políticas que enfatizavam a necessidade de conter o crescimento populacional e reduzir o consumo de recursos, especialmente nos países em desenvolvimento (Corazza e Fracalanza, 2018).

Utilizando-se destes ensinamentos, agências internacionais passaram a condicionar a ajuda humanitária e a assistência ao desenvolvimento à implementação de medidas de controle populacional, muitas vezes direcionadas a mulheres em regiões empobrecidas por meio de instrumentos coercitivos ou tecnocráticos (Corazza e Fracalanza, 2018). Essa inflexão coincidiu com

a redução do financiamento para programas sociais universais, reformulando o desenvolvimento como disciplina demográfica.

2.6. Entre diagnóstico e despolitização: síntese da leitura crítica do World3

Em síntese, apesar de suas limitações, o modelo World3 desempenhou um papel fundamental na consolidação do campo da modelagem de cenários globais. Ele enquadrou os limites biofísicos à expansão econômica em termos sistêmicos, amparado pelos recursos informacionais e metodológicos mais atualizados de seu tempo, numa perspectiva da dinâmica de sistemas e da modelagem computacional, oferecendo uma das primeiras tentativas de traduzir preocupações ecológicas para uma linguagem compreensível por formuladores de políticas e instituições internacionais (Cole et al, 1973; Sandbach, 1978).

Porém, para muitos autores, longe de constituir um instrumento neutro de diagnóstico, o modelo World3 codificou, em sua própria arquitetura, um conjunto de pressupostos teóricos e políticos que se tornaram alvo de críticas substantivas desde sua publicação.

A despeito de sua sofisticação técnica, esse desenho de modelo apresentava limitações, como a escassez de dados empíricos e uma representação simplificada da sociedade global (Freeman, 1973; Cole et al, 1973). O modelo invisibilizava questões relativas ao poder, à responsabilidade e à vulnerabilidade diferenciada ao tratar a humanidade como um agente homogêneo e ao modelar a mudança como função de limiares físicos, ao invés de resultante de dinâmicas políticas.

Neste sentido, embora seu arcabouço baseado em dinâmica de sistemas privilegiasse os constrangimentos biofísicos e os ciclos de retroalimentação, negligenciava, ao mesmo tempo, as heterogeneidades institucionais, culturais e geopolíticas, o que gerou críticas quanto à sua capacidade de subsidiar decisões políticas equitativas e realistas (Julien & Freeman, 1974; Herrera et al, 1976).

No importante aspecto da dinâmica populacional, a representação modelística apartava-se das condições sociais e políticas que impactam e moldam as dinâmicas demográficas, sugerindo a dinâmica reprodutiva como um processo biológico indiferenciado e a própria humanidade como um agente homogêneo de reprodução (Cole et al, 1973; Herrera et al, 1975; Cassen & Cointe, 2022; Smith & Ely, 2025). Essa linha de raciocínio foi interpretada, desde a divulgação dos resultados da pesquisa do MIT com o World3, como eivada de uma lógica (neo)malthusiana, na qual a expansão demográfica era vista como a principal fonte de desequilíbrio ecológico.

Para Herrera (1976), ao ignorar dimensões e variáveis cruciais, a exemplo da concentração de riqueza, do desperdício de alimentos, da dissipação de recursos com guerras e armamentos, da capacidade tecnológica e de seus usos criativos e dos padrões diferenciados de consumo, o World3 obscureceu, assim, a Economia Política da escassez (Herrera et al, 1976).

Essa invisibilização de conflitos distributivos é central também na perspectiva de Martinez-Alier (2007), que argumenta que a degradação ambiental não resulta de uma pressão demográfica abstrata, mas de conflitos ecológicos distributivos gerados por um metabolismo social crescente que transfere custos para os mais pobres.

Esta síntese crítica, que o World3 enquadra como limite biofísico universal, constitui, em realidade, uma disputa de poder sobre quem tem o direito de usar os recursos e sumidouros do planeta. Ao posicionar o crescimento populacional como um problema cultural "típico do Sul Global", dissociado de seu contexto político e histórico, e passível de ser tecnicamente incorporado na modelagem, o exercício de cenarização do MIT contribuiu, ainda que indiretamente, para a legitimação de medidas que afetaram desproporcionalmente economias subdesenvolvidas e comunidades empobrecidas.

Com respeito à questão do progresso técnico, embora o ceticismo *do The Limits to Growth* em relação ao papel da tecnologia ofereça um alerta necessário contra o tecno-otimismo e suas vertentes prometeicas – algo importante no debate contemporâneo e suas promessas de geoengenharia climática - seu enquadramento sobre o tema, estreito para muitos autores, deixa pouco espaço para imaginar a tecnologia como instrumento de transformação sistêmica. Na síntese apreciativa de Freeman (1984, p. 495, grifos nossos):

> "The critique of the MIT models, however, related not to these fundamental limitations of the 'room to grow', nor to the gravity of the environmental hazards associated with a particular pattern of growth, nor yet to the global nature of the problems**. It related to the possibilities open to human societies to make intelligent use of technical change over the next century and so to modify the pattern of growth**, that living standards could still be vastly improved throughout the world whilst the gravest environmental hazards were averted."

Modelos subsequentes deveriam buscar enfrentar esses pontos cegos por meio da introdução de perspectivas normativas, plurais e historicamente referidas. Uma dessas respostas veio do Sul Global, na forma do Modelo Bariloche, uma tentativa ambiciosa de reivindicar a modelagem de cenários como ferramenta para a construção de futuros justos e sustentáveis. A seção seguinte examina suas ousadas escolhas metodológicas e seus compromissos políticos.

3. Um Modelo Mundial Latino-Americano: escolhas metodológicas ousadas e uma nova sociedade

Após termos desvelado o imaginário tecnocrático embutido no *World3*, esta seção desloca o foco para o Sul Global a fim de examinar o Modelo Mundial Latino-Americano (MMLA), também conhecido como *Modelo Bariloche*, concebido como uma contraproposta deliberada ao discurso do *Limits to Growth* promovido pelo Clube de Roma.

Idealizado em meados da década de 1970 por uma equipe interdisciplinar no Instituto Bariloche, na Argentina, o projeto propôs o entendimento da crise global não como uma perspectiva

futura de colapso ecológico, mas como uma condição já vivida de pobreza, dependência e degradação ambiental em amplas regiões do Sul Global (Herrera et al, 1976; Grondona, 2020; Grondona, 2024; Smith e Ely, 2025). Rejeitando a projeção de tendências passadas, o Grupo de Bariloche adotou uma abordagem normativa de retroprojeção (*backcasting*), que pode ser chamada de "modelagem de sociedade", vislumbrando um futuro ancorado na equidade, na participação democrática e na busca da qualidade ambiental, para então traçar as transformações necessárias à sua realização (Chichilnisky, 1977; Gallopín, 2001; Corazza e Fracalanza, 2018).

As subseções que seguem acompanham esse giro intelectual do diagnóstico à prescrição: situam o modelo nos debates do estruturalismo latino-americano sobre o subdesenvolvimento, detalham sua arquitetura metodológica e parametrização regional, rastreiam sua difusão por meio de iniciativas de capacitação lideradas pela UNESCO no chamado Terceiro Mundo e avaliam seu legado, lamentavelmente ainda pouco reconhecido, para os debates contemporâneos sobre futuros climáticos justos e plurais.

3.1. A catástrofe já está entre nós, especialmente no Sul Global

Na perspectiva do Grupo de Bariloche, a catástrofe global projetada pelo modelo *World3* não era um cenário futuro iminente, mas uma realidade já vivida em grande parte do Sul Global (Herrera et al, 1976; Chichilnisky, 1977; Gallopín, 2001; Grondona, 2020; Grondona, 2024; Smith & Ely, 2025). Pobreza, desigualdade, degradação ambiental e fragilidade institucional compunham uma crise sistêmica presente para bilhões de pessoas, segundo Herrera et al (1976). De certa forma, o Modelo Bariloche quantifica o que Martinez-Alier (2007) define como o interesse material dos pobres em manter os recursos fora do sistema de mercado para garantir a vida.

Em contraste com o sujeito abstrato e universalizado do *World3*, a abordagem de Bariloche partia de uma compreensão situada do subdesenvolvimento como uma condição estrutural, historicamente produzida e politicamente sustentada. Essa perspectiva converge com o chamado "ecologismo dos pobres", que rejeita a ideia de que a defesa da natureza seja um "luxo pós-materialista" de sociedades ricas. Para Martinez-Alier (2007), o ecologismo no Sul Global manifesta-se como uma estratégia de sobrevivência de populações que lutam para manter os recursos naturais fora da lógica de mercado para garantir seu sustento material. Nessa visão, a modelagem de cenários não poderia ser epistemologicamente neutra: ela precisava reconhecer a geografia desigual da crise.

Ao reconhecer a catástrofe presente como produto de estruturas globais desiguais, o Grupo de Bariloche optou não por prever o agravamento do colapso, mas por construir um cenário normativo, um modelo aspiracional, porém viável, de futuro justo e sustentável (Herrera et al, 1976; Chichilnisky, 1977; Marí, 2018, Corazza e Fracalanza, 2018). A próxima subseção se debruça sobre esse ousado giro rumo à "modelagem de sociedade".

3.2. Um futuro para todos: uma perspectiva normativa de "modelagem de sociedade"

Em vez de projetar tendências existentes para o futuro, o *Modelo Bariloche* adotou uma abordagem normativa de *backcasting*. Como ponto de partida, ao contrário da perspectiva *forward-looking* adotada pela modelização empreendida pela equipe de Meadows no MIT, o grupo de Bariloche adotou a visualização de uma sociedade futura socialmente justa, ecologicamente sustentável e democraticamente governada para, a partir daí, formular a pergunta sobre quais transformações seriam necessárias para alcançar tal horizonte (Fundación Bariloche, 1976; Grondona, 2020; Grondona, 2024). Esse exercício não se configurava como modelagem de cenários no sentido tradicional, mas sim como um exercício de "modelagem de sociedade".

A abordagem de Bariloche colocou explicitamente a justiça social, a equidade e a participação democrática no centro de sua lógica de modelagem. Esses valores não foram adicionados como meras considerações éticas; eles moldaram os parâmetros, as prioridades e as trajetórias projetadas do modelo (Chichilnisky, 1977; Gallopín, 2001). Ao fazê-lo, o grupo redefiniu o que a modelagem de cenários poderia - e deveria - ser.

Como expressão da autonomia intelectual latino-americana, o Modelo Bariloche reivindicou não apenas o direito ao desenvolvimento, mas também o direito à futuridade: o direito de imaginar e planejar desde o Sul, para o Sul e com o Sul. A próxima seção explora o desenvolvimento metodológico e a estrutura operacional desse modelo pioneiro.

3.3. O desenvolvimento do Modelo Mundial Latino-americano (MMLA)

Desenvolvido por uma equipe de pesquisadores latino-americanos com base no Instituto Bariloche, na Argentina, o modelo reuniu especialistas das ciências naturais, sociais e humanas (Herrera et al, 1976). Essa composição pluralista contrastava com a predominância tecnocientífica da equipe do MIT, permitindo uma integração mais rica de considerações éticas, históricas e políticas.

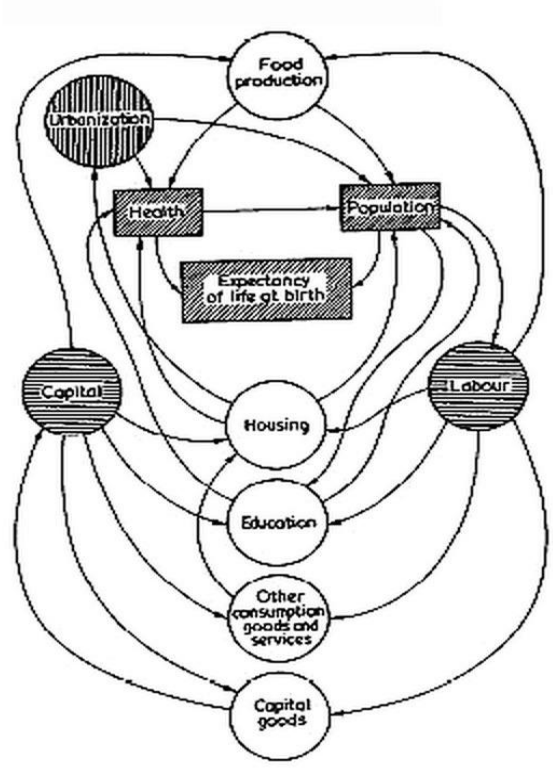
A proposta do grupo de Bariloche e o nascimento da equipe se deu no contexto da reunião, promovida pelo Clube de Roma, em julho de 1970, no Instituto Universitário de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, a fim de apresentar a um grupo de especialistas os primeiros resultados dos esforços de modelagem de cenários então em curso no MIT. Dentre os participantes encontravam-se Amilcar Herrera, Carlos Mallman (um dos fundadores da Fundação Bariloche), Jorge Sabato, Enrique Oteiza, Hélio Jaguaribe e Osvaldo Sunkel. Ali mesmo, nesse encontro, Herrera, Mallman, Sabato e Oteiza elaboraram o primeiro rascunho do MMLA. O financiamento do projeto foi possível graças ao Centro Internacional de Pesquisa para o Desenvolvimento do Canadá (IDRC) e sua execução ficou sediada na Fundação Bariloche, sob a direção de Herrera (Marí, 2018).

Metodologicamente, o Modelo Bariloche baseou-se em simulações matemáticas para quatro grandes regiões do mundo e sua lógica central era radicalmente normativa. Em sintonia com a

abordagem sobre necessidades básicas - debate vitalizado sobre desenvolvimento no início dos anos 1970 - o modelo de sociedade, coletivamente imaginado, proposto pelo Grupo de Bariloche partia do atendimento equitativo das necessidades básicas (Sartorius e Ruttan, 1988; Curry, 1989; Saith, 2005; Emmerij, 2010; Corazza e Fracalanza, 2018). Partindo de um futuro desejável, utilizava técnicas de *backcasting* para traçar trajetórias coerentes de transformação social e econômica (Amaya, 1976; Fondación Bariloche, 1976).Três diferenças contrastantes com relação ao *World3* se destacam na proposta da arquitetura do Modelo Bariloche: a) a centralidade da consideração das necessidades básicas (que faz a conexão entre o "modelo de sociedade" e o modelo matemático propriamente dito); b) o tratamento dado à questão populacional; e c) as considerações sobre tecnologia, a partir da compreensão sobre os investimentos de capital e do próprio entendimento sobre o que vem a ser tecnologia. Essas especificidades podem ser reconhecidas na representação gráfica do modelo, conforme Chichilnisky (1977), ilustrada pela Figura 2.

Primeiramente, observe-se que a alimentação, habitação, saúde e educação – tomadas como condições *sine qua non* para um modelo de "Nova Sociedade" comprometido com a dignidade humana -, também representam papel central no modelo matemático. Sua satisfação não é condição suficiente para alcançar essa sociedade que, por definição, requer a participação de seus membros no desenho do seu devir; mas condição necessária. Portanto, as necessidades básicas têm papel endógeno e crítico para a variável populacional.

Figura 2. Representação simplificada do Modelo Mundial Latino-Americano



Fonte: Chichilnisky, 1977, p. 298

Note-se, portanto, em segundo lugar, a questão populacional. Ao contrário do World3, no qual o crescimento populacional era concebido como uma ameaça às perspectivas de crescimento econômico, à conservação de recursos e à estabilidade ambiental, o Modelo Bariloche tratava as tendências demográficas como contingentes ao desenvolvimento social.

Melhoria nas condições de vida, educação e acesso à saúde eram modeladas não apenas como resultados desejáveis, mas como variáveis ativas capazes de transformar as trajetórias demográficas. A expectativa de vida ao nascer foi considerada uma proxy para a qualidade de vida - e a equipe estava consciente das limitações desta opção. Assim, a expectativa de vida era endogenamente determinada pelas condições de saúde, que dependiam

diretamente, da educação e, indiretamente, do conjunto mais complexo das condições de vida, afetados, como veremos mais abaixo, da forma de aplicação do capital e, portanto, da direção do progresso técnico. No desenho do Modelo Bariloche, é possível notar, conforme a Figura 2, que, para a determinação da dimensão "população", concorre uma sub-rotina do modelo que integra loops de retroalimentação diretos, que partem de quatro dimensões modeladas - a produção de alimentos, a urbanização, a habitação e a educação e diversos loops indiretos provenientes de múltiplas interações envolvendo outras dimensões modeladas, como trabalho, capital e acesso a outros bens e serviços (Chichilnisky, 1977).

Em terceiro lugar, observemos que, neste modelo, a tecnologia não era autônoma, nem determinista; era compreendida como um conjunto de instrumentos cujos efeitos dependiam de sua inserção em estratégias socialmente orientadas (Chichilnisky, 1977). A forma pela qual o capital é aplicado gera efeitos associados aos resultados desejados, diretamente, como também se observa por meio da Figura 2, nos setores de produção de alimentos, habitação, outros bens de consumo e bens de capital. Os efeitos indiretos envolvem loops de retroalimentação que se difundem sobre todo o sistema, afetando saúde, população e trabalho. Investimento público, desenho institucional e controle democrático eram considerados centrais para seu uso eficaz (Chichilnisky, 1977).

Ancorado nas contradições da dependência e da desigualdade latino-americanas, o Modelo Bariloche articulou uma visão de desenvolvimento que combinava planejamento econômico com transformação democrática. A próxima seção abordará sua difusão para além da região, particularmente por meio de iniciativas lideradas pela UNESCO.

3.4. Desdobramentos políticos: as atividades da UNESCO em planejamento e capacitação para o Terceiro Mundo

O caráter normativo e enraizado regionalmente do *Modelo Bariloche* chamou a atenção da UNESCO, que reconheceu seu potencial para apoiar o planejamento e o pensamento prospectivo nos países em desenvolvimento (UNESCO, 1977). O modelo serviu de base para programas de cooperação técnica, oficinas de capacitação e materiais educativos voltados ao fortalecimento das capacidades de planejamento do chamado Terceiro Mundo (UNESCO, 1981).

Por meio de sua colaboração com o Modelo Bariloche, a UNESCO promoveu não apenas treinamento técnico, mas também uma inflexão epistêmica: a construção de cenários passou a ser concebida como um instrumento para que os países do Sul Global, potencialmente, reconquistassem autonomia sobre seus imaginários de desenvolvimento (UNESCO, 1981). No contexto das iniciativas promovidas por esta agência, naquele momento, incluindo uma adaptação original do modelo para o caso do Brasil, o planejamento deixou de ser visto como mera replicação de modelos externos e

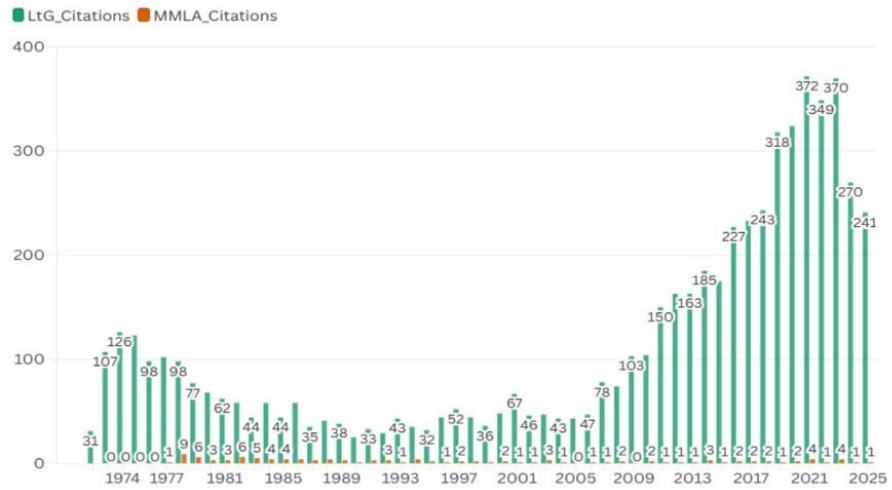
passou a ser entendido como um ato participativo e soberano de construção coletiva do futuro (Ruiz, Loiseau & Scolnick, 1977).

Apesar das crescentes restrições da economia política global no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, o Modelo Bariloche deixou um legado que goza de potência intelectual capaz de desafiar paradigmas dominantes. A seção final examina esse legado, ao mesmo tempo visionário e marginalizado.

3.5. Um legado intelectual proposto pelo Grupo Bariloche e (ainda) por ser acolhido

O *Modelo Bariloche* articulou uma visão de desenvolvimento que transcendia o crescimento material, incorporando a dignidade humana, o equilíbrio ecológico e a participação democrática como princípios fundamentais (Herrera et al, 1976; Marí, 2018; Corazza e Fracalanza, 2018; Grondona, 2020; Grondona, 2024; Smith e Ely, 2025). Seu legado intelectual reside não apenas em sua arquitetura técnica, mas também em sua imaginação política; uma imaginação que se alinha profundamente com os atuais clamores por transições justas e futuros plurais (Grondona, 2020; Grondona, 2024; Smith e Ely, 2025). Apesar de sua originalidade e caráter visionário, o Modelo Bariloche foi marginalizado com a ascensão do neoliberalismo e a consolidação da hegemonia de instituições do Norte no cenário epistêmico global.

Figura 3. Número de citações ao longo do tempo:
The Limits to Growth (LtG) *versus Catastrophe or New Society* (MMLA)
(número total de citações ao longo do tempo)



Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

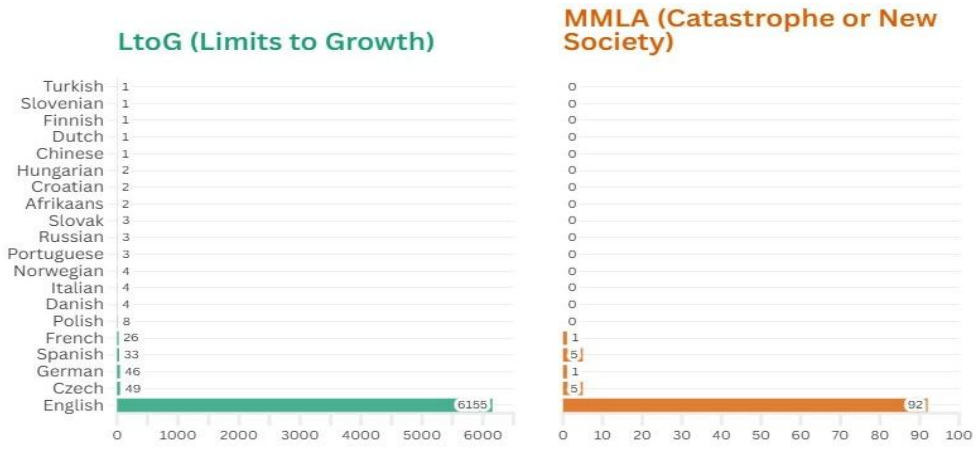
O estudo sobre as citações contribuem para ilustrar essa marginalização, em vários aspectos. Optamos por exiguidade, por apresentar apenas três evidências para a análise comparativa do impacto das publicações em análise em termos do estudo de suas citações: número de citações para cada uma

das obras ao longo do tempo (figura 3); idiomas da literatura citante (figura 4); e o país de origem das afiliações institucionais dos principais autores na literatura citante (figura 5).

A análise longitudinal das citações, apresentada na figura 3, evidencia a intensidade da assimetria da recepção entre *Limits to Growth* (LtG) e *Catastrophe or New Society* (MMLA). Desde sua publicação em 1972, o relatório do MIT acumula milhares de citações ao longo do tempo, com picos significativos em períodos de renovado interesse por modelos de previsão global, como a partir de 2009. Já o modelo latino-americano de Bariloche, embora contemporâneo e propositivo em sua crítica à tecnocracia e à hegemonia epistêmica do *Limits to Growth*, permanece quase invisível nas bases de citação internacionais, com no máximo quatro citações por ano e presença residual em quase todas as décadas. Tal discrepância não pode ser atribuída apenas à "qualidade" científica ou à difusão linguística - uma vez que parte relevante da literatura mapeada nas bases de citação da WoS sobre o *Catastrophe or New Society* (MMLA) está publicada em inglês - mas sim à marginalização estrutural do pensamento periférico no campo da modelagem global. A persistente hegemonia do *Limits to Growth* (LtG), mesmo diante de suas limitações epistêmicas já amplamente debatidas, revela a força das hierarquias geopolíticas e das redes institucionais do Norte Global na legitimação do que é considerado "conhecimento válido" no sistema científico internacional.

Quanto à questão do idioma, observa-se, na Figura 4, que, dentro do campo das Ciências Sociais e Humanidades - para as quais foram escolhidas as bases de citação oferecidas pela *Web of Science Core Collection* -, é possível aquilatar as assimetrias dos perfis de citação na literatura citante das obras *The Limits to Growth* e *Catastrophe or New Society*.

Figura 4. Idiomas da literatura citante:
The Limits to Growth versus Catastrophe or New Society (em número de citações)



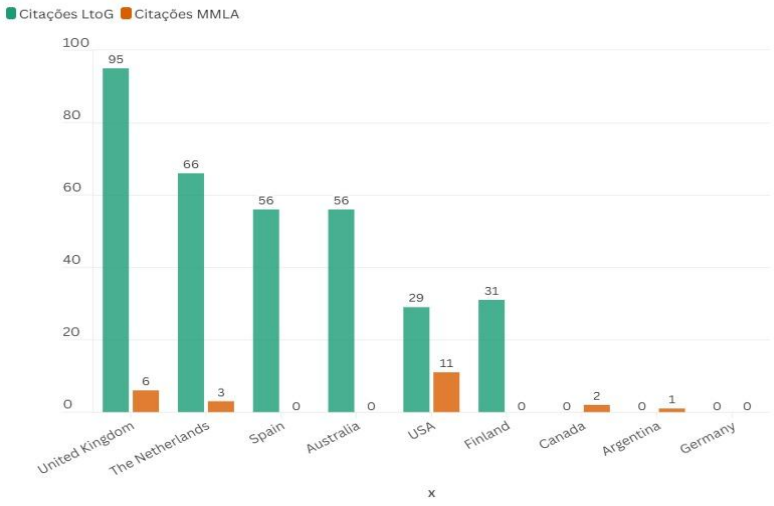
Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Vê-se o padrão, recorrente aliás, de que a produção científica não anglófona permanece marginalizada no circuito global de citações para as obras em análise. Como já se argumentou, essa marginalização não se dá por falta de relevância epistemológica, mas por barreiras estruturais que

desvalorizam a ciência produzida na periferia, independentemente de sua qualidade ou pertinência - e mesmo do idioma da publicação.

A distribuição institucional dos autores citantes, representada a seu turno pela figura 5, evidencia que o reconhecimento do Modelo Bariloche permanece condicionado a centros de saber do Norte Global, com baixa articulação entre universidades latino-americanas.

Figura 5. País de origem das afiliações institucionais dos principais autores: *The Limits to Growth versus Catástrofe or New Society*: número de citações



Fonte: elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Essa geografia da citação reforça o papel periférico atribuído ao pensamento crítico do Sul, mesmo quando trata de alternativas globais.Com respeito à análise das citações aqui empreendida, observamos nossa convergência com o entendimento de Velho (1986), a respeito de que as assimetrias geopolíticas e as hierarquias de prestígio marginalizam a ciência periférica independentemente do idioma. Essa marginalização faz eco aos resultados do estudo de Cintra, Silva e Furnival (2020), que problematiza a premissa de que a publicação em inglês garantiria um maior impacto à produção científica periférica. Os autores demonstraram que, na SciELO Brasil, artigos em português e espanhol nas Ciências Sociais Aplicadas receberam, em média, mais citações do que os em inglês.

Esse achado, assim como os nossos no presente artigo, ressoa a crítica de Velho (1986) sobre como fatores extracientíficos – como hierarquias geopolíticas e barreiras de acesso – distorcem a relação entre idioma e visibilidade. Enquanto Velho destacava a desconfiança dos centros anglófonos em relação à ciência periférica, Cintra, Silva e Furnival revelam que, mesmo em uma plataforma regional como a SciELO, a adoção do inglês não assegura maior influência, sugerindo que a internacionalização exige mais do que a mera tradução linguística: demanda reconhecimento epistemológico e redes de colaboração sólidas.

Ao lado dos estudos desses autores, nosso estudo evidencia que a hegemonia do inglês não é um atalho automático para a inserção global, especialmente em áreas com forte dimensão local, como as Ciências Sociais.

No caso em análise neste artigo, essa marginalização é, por si só, reveladora: ela expõe as exclusões estruturais presentes no campo da modelagem de cenários globais e o persistente rebaixamento dos sistemas de conhecimento do Sul.

Em tempos de emergência climática e agravamento das desigualdades globais, o Modelo Bariloche não oferece um passado nostálgico, mas sim um recurso estratégico. Sua clareza normativa, ambição política e epistemologia situada fazem dele uma referência indispensável para repensar a modelagem de cenários globais na atualidade.

4. Conclusões: síntese interpretativa e lições para a modelagem futura em um mundo marcado por emergências climáticas

Esta seção sintetiza os contrastes centrais entre os modelos *World3* e *Modelo Bariloche* e reflete sobre seus legados intelectuais e políticos. Embora ambos tenham emergido em meio às ansiedades planetárias da década de 1970, representam epistemologias, posicionamentos geopolíticos e compromissos normativos divergentes. Enquanto o primeiro projeta o colapso a partir de uma lógica de sistema fechado centrada em restrições biofísicas, o segundo imagina a transformação ancorada na justiça social, na participação democrática e nas realidades regionais. Suas diferenças importam não apenas como artefatos históricos, mas também como lentes duradouras para avaliar os pressupostos, silêncios e ambições da modelagem de cenários contemporânea.

Esses achados ilustram, do ponto de vista do método de análise de citações como forma de análise do impacto de trabalhos científicos – empregado neste artigo –, aspectos para os quais Velho (1986) chama a atenção: a crítica à confluência automática entre citações, qualidade e impacto; o papel de fatores externos (linguagem, acesso, competição) na distorção de padrões de citação – com o endosso do estudo de Cintra, Silva e Furnival (2020); as práticas de citação como "ritual acadêmico"; as assimetrias geopolíticas e hierarquias de prestígio; a defesa de métodos mistos (quantitativos e qualitativos) para análise robusta.

A seguir, apresenta-se uma síntese interpretativa estruturada em torno de seis eixos de distinção, complementada por um conjunto de lições extraídas dessa análise. Tomadas em conjunto, essas contribuições oferecem um quadro de valores críticos para orientar os esforços futuros de análises sobre os processos de modelagem de cenários em um momento em que as emergências climáticas exigem abordagens inclusivas, politicamente conscientes e explicitamente valorativas para imaginar o futuro global.

i. *Lógicas epistêmicas: projetar limites versus imaginar alternativas*

Modelos globais fazem mais do que processar números - eles codificam ontologias do futuro. O *World3* extrapolou curvas de crescimento passadas para o século XXI, tratando os ciclos de retroalimentação como leis quase naturais e tornando o colapso um desfecho praticamente como desdobramento mecânico. O Modelo Bariloche, por sua vez, partiu de um horizonte valorativo eticamente escolhido de dignidade e de respeito à qualidade ambiental (ainda não se falava, à época, em "sustentabilidade"), para então realizar uma retroprojeção dos caminhos necessários para alcançá-lo. Essas lógicas epistêmicas divergentes mostram que os cenários nunca são espelhos neutros da realidade; suas arquiteturas privilegiam narrativas selecionadas a partir de premissas por vezes não totalmente explicitadas, enquanto excluem outras. Reconhecer a modelagem como um ato de construção de mundos - e não restrita ao espaço da prospecção científica - pode ser considerado um primeiro passo para democratizar quais futuros são pensáveis.

ii. *Demografia revisitada: da ameaça neomalthusiana ao resultado determinado por escolhas coletivas*

No *World3*, o crescimento populacional aparece como uma pressão externa que aperta inexoravelmente o nó górdio da escassez dos recursos; os debates sobre política rapidamente traduziram isso em apelos por controle da fertilidade, sobretudo imposto aos mais pobres. O Modelo Bariloche, por outro lado, reformula a demografia como endogenamente determinada: as taxas de natalidade caem quando há avanços nas condições de vida, particularmente educação, saúde e equidade. Enxergar a população como uma variável responsiva a políticas orientadas pela justiça, desloca o foco analítico da culpabilização dos corpos para a transformação das estruturas. O contraste revela que o "destino demográfico" é uma narrativa política, não um fato biológico; uma narrativa política que os modeladores de cenários devem interrogar, e não herdar.

iii. *Tecnologia e poder: fatalismo, otimismo ou instrumento democrático?*

Os idealizadores do *World3* descartaram as soluções tecnológicas como meros adiamentos do inevitável, reforçando um fatalismo tecnocrático; muitos economistas do *mainstream*, por sua vez, recorreram a um tecno-otimismo irrestrito. O Modelo Bariloche traça um caminho intermediário: os impactos ambientais e sociais da tecnologia dependem de quem a detém, com quais finalidades e sob que arranjos institucionais. Ao incorporar coeficientes tecnológicos dentro de objetivos normativos – como a satisfação universal das necessidades básicas e o planejamento participativo – o modelo demonstra que a tecnologia pode tanto aprofundar crises quanto viabilizar emancipações. Analisar a atividade de elaboração de cenários, hoje, demanda, portanto, observar como se articulam parâmetros técnicos a questões explícitas de poder, propriedade e distribuição.

iv. Economia política da escassez: colapso universalizado vs. crise desigual

O *World3* globaliza a escassez, abstraindo as histórias coloniais e as desigualdades contemporâneas; seu "humano médio mundial" obscurece quem lucra com a extração e quem arca com a fatura ecológica. O Modelo Bariloche, ao contrário, coloca o desenvolvimento desigual em primeiro plano: a catástrofe não é uma possibilidade futura para o planeta, mas uma condição já à época presente no Sul, forjada pela dependência e pela troca desigual. Essa divergência revela os dilemas geopolíticos da formulação dos cenários, que não deve escapar às lentes de analistas: imaginar o colapso como destino universal ou como injustiça desigualmente produzida molda quais políticas parecerão sensatas ou legítimas.

v. Modelagem como práxis carregada de valores

Ambos os exercícios confirmam que modelar é uma práxis política, mas apenas o *Modelo Bariloche* torna explícitos – e, portanto, passíveis de debate – seus compromissos com a equidade, a democracia e a paz. O *World3* encobre seus pressupostos (como visto, apontados na literatura como [neo]malthusianos) sob o jargão dos sistemas, naturalizando pontos cegos redistributivos. A neutralidade técnica alegada por modelos como o *World3* ignora a questão fundamental de "quem tem o poder de impor a linguagem econômica como linguagem suprema numa discussão ambiental?". Ao reduzir conflitos socioambientais complexos a métricas quantitativas, a modelagem tecnocrática ignora a incomensurabilidade de valores - como o sagrado, a cultura e a subsistência - que não podem ser traduzidos em preços ou equações sem desqualificar os pontos de vista das populações afetadas. O Modelo Bariloche demonstra que a transparência quanto aos fundamentos normativos enriquece, em vez de enfraquecer, a credibilidade científica, ao abrir espaço para a deliberação plural. Sugere-se que análises das iniciativas de modelagem - correntes e futuras - devem tratar a explicitação de valores como um requisito de rigor metodológico, não como uma fragilidade teórico-metodológica.

vi. Legados intelectuais e silêncios

O *World3* tornou-se cânone, citado em relatórios de políticas públicas e ensinado em universidades do Norte Global, sendo seus legados reconhecidos inclusive na literatura que circula em fóruns sobre ambiente e desenvolvimento no Sul Global; o *Modelo Bariloche*, na melhor das hipóteses, desapareceu nas notas de rodapé, sua epistemologia sulista foi marginalizada pela guinada neoliberal e pelo controle anglo-atlântico da ciência dita "global". O que os processos de canonização e de esquecimento revelam é que a autoridade epistêmica segue o rastro do poder geopolítico. Recuperar linhagens suprimidas como a do *Modelo Bariloche* constitui, portanto, um ato de descolonização que amplia o repertório de futuros que a academia pode legitimamente imaginar e discutir.

Lições para a modelagem contemporânea de cenários climáticos

Revisitar esses debates dos anos 1970 permite o desenho de um quadro de valores críticos para orientar os esforços futuros que, aqui, sintetizamos em quatro lições práticas : (a) adotar transparência normativa e declarar a serviço de qual futuro um modelo é construído; (b) incorporar métricas de justiça ao lado das curvas de carbono; (c) desagregar as trajetórias em escalas multinível, como regionais, nacionais e por segmentos populacionais, para reconhecer responsabilidades e vulnerabilidades desiguais; (d) tratar a tecnologia e a população como condicionadas social e politicamente, e não como salvadoras ou ameaças exógenas. Em uma era de emergência climática – e outras ameaças em cascata -, a modelagem de cenários precisa evoluir da previsão tecnocrática para a imaginação coletiva, fundamentada em valores plurais, de justiça epistêmica, atenta às relações de poder e comprometida com a transformação equitativa.

Reconhecemos que os resultados aqui apresentados, embora revelem com clareza as assimetrias do que Beigel (2023) chama de "acumulação primitiva de prestígio" no circuito *mainstream*, constituem apenas uma primeira cartografia da recepção dessas obras. Diante do que nos ensina a sociologia da circulação do conhecimento, uma limitação central deste estudo reside no foco exclusivo na base *Web of Science*, que tende a silenciar a resiliência de circuitos regionais e locais de reconhecimento. Como vias de aprofundamento, é imperativo que futuras pesquisas adotem uma perspectiva multiescalar, integrando sistemas de indexação como SciELO, Latindex e Redalyc. Tal expansão permitiria captar o que Afresne (2023) denomina "vida social posterior" para o caso do Modelo Bariloche em seu solo de origem, mapeando não apenas citações quantitativas, mas os mediadores e usos estratégicos que sustentam o pluralismo epistêmico e a autonomia científica na periferia, convertendo a análise editorial em um exercício pleno de justiça epistêmica.

Em síntese, para diante dos resultados que observamos até o presente estágio desta análise de recepção dos dois modelos de cenários globais, nesse contexto marcado pelo aprofundamento da crise ecológica e pela crescente contestação das bases do capitalismo contemporâneo, podemos sustentar que revisitar criticamente os fundamentos da modelagem de cenários globais torna-se não apenas um exercício analítico, mas uma tarefa política. A contraposição entre o *World3* e o Modelo Bariloche evidencia que os futuros não são simplesmente projetados, mas socialmente construídos a partir de visões de mundo situadas, interesses em disputa e escolhas normativas frequentemente invisibilizadas. Nesse sentido, recuperar tradições críticas - especialmente aquelas oriundas do Sul Global - é fundamental para ampliar o repertório de alternativas e reabrir o debate sobre os caminhos possíveis diante do colapso ecológico. Trata-se, em última instância, de recolocar a imaginação do futuro no terreno da Economia Política.

Referências bibliográficas

AFRESNE, Laurent. Studying the circulation of academic knowledge as reception. In: **Routledge Handbook of Academic Knowledge Circulation**. Routledge, 2023. p. 38-50.

AGLIETTA, Maurice et al. **La Théorie de la régulation**. Paris: La Découverte, 1976.

ALTSTAEDT, Sören. Future-cultures: How future imaginations disseminate throughout the social. **European Journal of Social Theory**, v. 27, n. 2, p. 279-297, 2024.

AMAYA, Susana. Modelo mundial latinoamericano. **CIID informa, v. 5, no. 2**, 1976.

ARMATTE, Michel. Les économistes face au long terme: l'ascension de la notion de scénario. In: **Les modèles du futur**. La Découverte, 2007. p. 63-90.

ASAYAMA, Shinichiro et al. Three institutional pathways to envision the future of the IPCC. **Nature Climate Change**, v. 13, n. 9, p. 877-880, 2023.

AYKUT, Stefan; DEMORTAIN, David; BENBOUZID, Bilel. The politics of anticipatory expertise: Plurality and contestation of futures knowledge in governance – Introduction to the special issue. **Science & Technology Studies**, v. 32, n. 4, p. 2-12, 2019.

BABIC, Milan; SHARMA, Sarah E. Mobilising critical international political economy for the age of climate breakdown. **New Political Economy**, v. 28, n. 5, p. 758-779, 2023.

BAUER, Anja et al. Diversification, integration, and opening: developments in modelling for policy. **Science and Public Policy**, v. 50, n. 6, p. 977-987, 2023.

BEIGEL, Fernanda. Circulation of academic knowledge and recognition. *In*: KEIM, Wiebke *et al*. (ed.). **The Routledge Handbook of Academic Knowledge Circulation**. London: Routledge, 2023. p. 75-87.

BEIGEL, Fernanda. Centros y periferias en la circulación internacional del conocimiento. **Nueva Sociedad**, Buenos Aires, n. 245, p. 110-123, mayo/jun. 2013.

BEIGEL, Fernanda. A multi-scale perspective for assessing publishing circuits in non-hegemonic countries. **Tapuya: Latin American Science, Technology and Society**, v. 4, n. 1, 1845923, 2021.

CHICHILNISKY, G. Economic development and efficiency criteria in the satisfaction of basic needs. **Applied Mathematical Modelling**, Guildford, v. 1, n. 6, p. 290-298, Sept. 1977.

CINTRA, Paulo Roberto; SILVA, Marco Donizete Paulino da; FURNIVAL, Ariadne Chloe. Uso do inglês como estratégia de internacionalização da produção científica em Ciências Sociais Aplicadas: estudo de caso na SciELO Brasil. **Em Questão**, p. 17-41, 2020.

CLAPP, Jennifer; DAUVERGNE, Peter. **Paths to a green world: The political economy of the global environment**. MIT press, 2011.

COLE, H. S. D., FREEMAN, C., JAHODA, M., PAVITT, L. R. **Models of Doom**: a Critique of The Limits to Growth. New York: Universe Books, 1973.

COLE, S. Methods of analysis for long-term development issues. In: UNESCO. **Methods for development planning: scenarios, models and micro-studies**. Paris: The Unesco Press, 1981. p. 11-27.

COLE, S.; LUCAS, H. (Ed.). **Models, planning and basic needs.** Oxford: Pergamon Press, 1979. Disponível em: . Acesso em: 26 maio 2018.

CORAZZA, Rosana Icassatti; FRACALANZA, Paulo Sérgio. A abordagem das necessidades básicas para o desenvolvimento: contribuições do Grupo de Bariloche e sua institucionalização na UNESCO, na OIT e na USAID na década de 1970. In: QUELUZ, Gilson Leandro; BRANDÃO, Tiago.

Pensamentos e identidades em ciência, tecnologia e sociedade no mundo ibero-americano. 2018. Curitiba, PR: Editora da UTFPR.

CORTÉS, Julián D.; BOHLE-CARBONELL, Katerina; CHINCHILLA-RODRÍGUEZ, Zaida. Bibliometrics and the study of academic knowledge circulation. *In*: KEIM, Wiebke *et al*. (ed.). **The Routledge Handbook of Academic Knowledge Circulation**. London: Routledge, 2023. p. 541-555.

CURRY, R. L. The basic needs strategy, the congressional mandate, and US foreign aid policy. **Journal of Economic Issues**, Sacramento, v. 23, n. 4, p. 1085-1096, Dec. 1989.

DAHAN-DALMEDICO, Amy. **Les modèles du futur: changement climatique et scénarios économiques: enjeux scientifiques et politiques**. La Découverte, 2007.

DUARTE, Tiago Ribeiro; MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung. The geopolitics of expertise at the science-policy interface. **Environmental Science & Policy**, v. 150, p. 103575, 2023.

DUIT, Andreas; FEINDT, Peter H.; MEADOWCROFT, James. Greening Leviathan: the rise of the environmental state?. **Environmental politics**, v. 25, n. 1, p. 1-23, 2016.

EMMERIJ, L. The basic needs development strategy. **World Economic and Social Survey**, New York, p. 1-4, 2010.

ESTENSSORO, Fernando; DEVÉS, Eduardo. Antecedentes históricos del debate ambiental global: Los primeros aportes latinoamericanos al origen del concepto de Medio Ambiente y Desarrollo (1970-1980). **Estudos Ibero-Americanos**, v. 39, n. 2, p. 237-261, 2013.

FALKNER, Robert. Climate change, international political economy and global energy policy. **Handbook of the International Political Economy of Energy and Natural Resources**, p. 77-78, 2018.

FORRESTER, J. **World Dynamics.** Cambridge: Wright-Allen Press, 1971.

FRASER, Nancy. **Capitalismo canibal: como nosso sistema está devorando a nossa democracia, o cuidado e o planeta e o que podemos fazer a respeito disso**. Autonomia Literária, 2024.

FREEMAN, Christopher. 1. Malthus with a computer. **Futures**, v. 5, n. 1, p. 5-13, 1973.

FUNDACIÓN BARILOCHE. El modelo mundial latinoamericano. **Revista Economía**, n. 65, p. 90-109, 1976.

GALLOPIN, Gilberto C. The Latin American World Model (aka the Bariloche Model): three decades ago. **Futures**, v. 33, n. 1, p. 77-89, 2001.

GRONDONA, A. (2020). Los límites del desarrollo rebatidos desde el Sur: Circulación, representaciones y olvidos alrededor del Modelo Mundial Latinoamericano. **Pasado Abierto**, 11, 76–94.

GRONDONA, Ana Lucía. Latin American World Model: A Third-World Voice to Face Limits to Growth. **The Journal of Imperial and Commonwealth History**, v. 52, n. 6, p. 1003-1031, 2024.

HELLEINER, Eric. Silences of Bretton Woods: gender inequality, racial discrimination and environmental degradation. **Review of International Political Economy**, v. 30, n. 5, p. 1701-1722, 2023.

HERRERA, Amílcar O. et al. **¿Catastrofe o nueva sociedad?: modelo mundial latinoamericano**. CIID, Ottawa, ON, CA, 1976.

HEYMANN, Matthias; DAHAN DALMEDICO, Amy. Epistemology and politics in Earth system modeling: Historical perspectives. **Journal of Advances in Modeling Earth Systems**, v. 11, n. 5, p. 1139-1152, 2019.

JONES, T. C. America, oil, and war in the Middle East. **The Journal of American History**, v. 99, n. 1, p. 208-218, 2012.

JULIEN, P.-A.; FREEMAN, Christopher. 6. The capital and industrial output sub-system. **Futures**, v. 5, n. 1, p. 66-79, 1973.

JULIEN, Pierre-André; FREEMAN, Christopher. Malthus in, Malthus out?. **L'Actualité économique**, v. 50, n. 2, p. 232-244, 1974.

KOHLER, Karsten; STOCKHAMMER, Engelbert. Growing differently? Financial cycles, austerity, and competitiveness in growth models since the Global Financial Crisis. **Review of International Political Economy**, v. 29, n. 4, p. 1314-1341, 2022.

KREIMER, Pablo. ¿Dependientes o integrados? La ciencia latinoamericana y la nueva división internacional del trabajo. **Nómadas**, Bogotá, n. 24, p. 199-212, abr. 2006.

MAECHLER, Sylvain; GRAZ, Jean-Christophe. Is the sky or the earth the limit? Risk, uncertainty and nature. **Review of international political economy**, v. 29, n. 2, p. 624-645, 2022.

MANIGLIO, Francesco. Knowledge dependency and circulation. *In*: KEIM, Wiebke *et al*. (ed.). **The Routledge Handbook of Academic Knowledge Circulation**. London: Routledge, 2023. p. 265-277.

MARÍ, Manuel. **Ciencia, tecnología y desarrollo**: políticas y visiones de futuro en América Latina (1950-2050). Teseo, 2018. Disponível em: https://repositorio.esocite.la/358/1/Mari2018-CienciaTecnologiaYDesarrollo.pdf Acesso em 27 de maio de 2025.

MARQUES, Luiz. **Capitalismo e colapso ambiental**. Editora da UNICAMP, 2018.

MARQUES, Luiz. **O decênio decisivo: propostas para uma política de sobrevivência**. Editora Elefante, 2025.

MARTINEZ-ALIER, Joan. **O ecologismo dos pobres**: conflitos ambientais e linguagens de valoração. São Paulo: Contexto, 2007.

MCCORMICK, John. **Rumo ao paraíso**: a história do movimento ambientalista. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, v. 213, 1992.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D.; RANDERS, J.; BEHRENS, W. **The Limits to Growth.** A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York: Universe Books, 1972.

MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung; MAHONY, Martin; MONTEIRO, Marko Synésio Alves. A "geopolítica infraestrutural" do conhecimento climático: o Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre e a divisão Norte-Sul do conhecimento. **Sociologias**, v. 21, p. 44-75, 2019.

MOORE, Jason W. (Ed.). **Anthropocene or capitalocene?: Nature, history, and the crisis of capitalism**. PM press, 2016.

NEWELL, Peter. **Power shift: The global political economy of energy transitions**. Cambridge University Press, 2021.

NEWELL, Peter; PATERSON, Matthew. **Climate capitalism: global warming and the transformation of the global economy**. Cambridge University Press, 2010.

NEWELL, Peter; PATERSON, Matthew. **Climate capitalism: global warming and the transformation of the global economy**. Cambridge University Press, 2010.

PEPPER, D. **Eco-socialism: from deep ecology to social justice.** London: Routledge, 1993.

PERRY, Keston K. (Un) Just transitions and Black dispossession: The disposability of Caribbean 'refugees' and the political economy of climate justice. **Politics**, v. 43, n. 2, p. 169-185, 2023.

PIELKE, Roger; RITCHIE, Justin. How climate scenarios lost touch with reality. **Issues in Science and Technology**, v. 37, n. 4, p. 74-83, 2021.

ROTHMAN, Dale S. et al. Global Discontinuity: Time for a Paradigm Shift in Global Scenario Analysis. **Sustainability**, v. 15, n. 17, p. 12950, 2023.

RUIZ, C.; LOISEAU, I.; SCOLNIK, H. D. **Adaptation of the Bariloche Model to Brasil.** 1977. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000325/032525eb.pdf>. Acesso em: 26 maio 2025.

SAITH, A. Reflections: Louis Emmerij. **Development and Change**, v. 36, n. 6, 2005.

SAITO, Kohei. **Marx in the Anthropocene: Towards the idea of degrowth communism**. Cambridge University Press, 2023.

SANDBACH, Francis. The rise and fall of the limits to growth debate. **Social Studies of Science**, v. 8, n. 4, p. 495-520, 1978.

SARTORIUS, R. H.; RUTTAN, V. W. **The sources of the basic human needs mandate.** Minnesota: University of Minnesota, 1988. Disponível em:https://core.ac.uk/download/pdf/7062024.pdf. Acesso em: 18 maio 2025.

SAURO, Sandra. Cosmovisiones, utopías y polémicas a propósito del Club de Roma y del modelo mundial latinoamericano. **Revista de la Red Intercátedras de Historia de América Latina Contemporánea: Segunda Época**, n. 2, p. 28-45, 2015.

SCHMELZER, Matthias. 'Born in the corridors of the OECD': the forgotten origins of the Club of Rome, transnational networks, and the 1970s in global history. **Journal of Global History**, v. 12, n. 1, p. 26-48, 2017.

SCOLNIK, Hugo D. **El Modelo Mundial Latinoamericano y sus innovaciones metodológicas**. Disponível em: https://cepcuyo.com/wp-content/uploads/2018/10/EL-MODELO-MUNDIAL-LATINOAMERICANO-Y-SUS-INNOVACIONES-METODOLGICAS-SCOLNIK-2014.pdf. Acesso em: 14 junho 2025.

SHIELDS, Stuart. **The international political economy of transition**. Routledge, 2014.

SMITH, Adrian; ELY, Adrian. From limits to growth to post-growth: The international politics of technology in historical perspective. **Science, Technology and Society**, p. 09717218251326833, 2025.

SOVACOOL, Benjamin K. et al. The perils of climate diplomacy: the political economy of the UNFCCC. In: Benjamin K. Sovacool e Björn-Ola Linnér (Org.) **The Political Economy of Climate Change Adaptation**, p. 110-135, 2016.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. UNESCO. **Methods for development planning: scenarios, models and microstudies**. Paris: The Unesco Press, 1981.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. UNESCO. **Handbook of the Latin American world model.** Paris, 1977.

VAN DE GRAAF, Thijs et al. (Ed.). **The palgrave handbook of the international political economy of energy**. London, UK: Palgrave Macmillan, 2016.

VELHO, Léa. The "meaning" of citation in the context of a scientifically peripheral country. **Scientometrics**, v. 9, n. 1-2, p. 71-89, 1986.