

A “Geopolítica infraestrutural” do conhecimento climático: o Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre e a divisão Norte-Sul do conhecimento

Jean Carlos Hochsprung Miguel* 

Martin Mahony** 

Marko Synésio Alves Monteiro*** 

Resumo

Este artigo examina como a geopolítica se insere nos esforços das nações do Sul de construção de novas infraestruturas de conhecimento climático. Para tanto, analisa-se a composição da base internacional de modelagem climática do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), sob a perspectiva do Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM) – projeto científico que colocou um país latino-americano, pela primeira vez, entre as bases globais de modelagem do IPCC. Argumenta-se que, para além da ideia de “globalismo infraestrutural” – processo histórico de cooperação científica global liderado por países desenvolvidos –, é preciso também compreender a “geopolítica infraestrutural” dos modelos climáticos. Este conceito procura descrever as ações dos países em desenvolvimento para minimizar o desequilíbrio da produção científica global sobre o tema do clima e a participação desses países na governança e na política climática global. Conclui-se que, a partir da análise da construção do BESM, os investimentos nacionais em modelagem global visaram alcançar uma condição de soberania científica que está estreitamente ligada a uma noção de soberania política do Estado-nação no regime internacional de mudanças climáticas.

Palavras-chave: Conhecimento em mudança climática; IPCC; Modelagem climática; Sul global.

* Federal University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.

** University of East Anglia, Norwich, United Kingdom

*** University of Campinas, Campinas, SP, Brazil.

Introdução

Neste artigo, argumentamos que as infraestruturas de conhecimento climático podem estar estreitamente relacionadas às dimensões geopolíticas do regime de mudanças climáticas. Concentramos, especialmente, em como se relacionam os países desenvolvidos e em desenvolvimento na composição da base científica do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*). Em seu abrangente livro *A vast machine*, Paul Edwards (2010) faz um levantamento histórico da ciência do clima como infraestrutura global de conhecimento. Edwards enfatiza o caráter “globalista” do progresso científico, descrevendo um processo de coevolução do conhecimento científico, suas infraestruturas e instituições políticas, tais como a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o IPCC. No entanto, a construção de uma infraestrutura global de conhecimento climático envolve diferentes grupos científicos, de distintas realidades nacionais, culturais e socioeconômicas.

Como aponta Shackley (2001), o “estilo de vida epistêmico” dos cientistas climáticos pode variar de país para país e refletir importantes dimensões culturais e institucionais. No entanto, o autor – assim como Edwards – concentra-se nas realidades dos grupos de ciência climática euro-americanos, negligenciando amplamente em seus trabalhos as infraestruturas de conhecimento climático do chamado “Sul global”. Uma série de questões importantes permanece inexplorada, tais como os tipos de assimetria que existem entre grupos de ciência climática em países desenvolvidos e em desenvolvimento, os tipos de estratégias que têm sido aplicadas para superar dificuldades na produção de conhecimento científico sobre o clima em países em desenvolvimento, e como esses diferentes “mundos” da ciência climática se relacionam entre si em espaços “globalistas” como o IPCC?

O IPCC é a instituição que define os parâmetros científicos para a discussão internacional sobre mudanças climáticas; é uma agência intergovernamental no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e da OMM, composta por cientistas de 193 estados membros. O IPCC procura resumir o estado da arte do conhecimento científico sobre mudanças climáticas e proporcionar orientação informada aos formuladores de políticas, através de relatórios oficiais de avaliação que representam a

visão consensual dos principais especialistas em mudanças climáticas no mundo (IPCC, 2013).

No entanto, desde sua criação em 1988, a análise crítica da *expertise* mobilizada nas avaliações do IPCC tem destacado a falta de participação de especialistas de países em desenvolvimento (Hulme; Mahony, 2010). Por exemplo, Kandlikar e Sagar examinaram os Primeiro e Segundo Relatórios de Avaliação do IPCC, quanto à participação de especialistas indianos e descobriram uma participação “fortemente enviesada em favor de alguns países industrializados” (Kandlikar; Sagar, 1999, p. 134). Lahsen, em seu estudo sobre o Brasil e o regime de mudança climática afirma que “os cientistas climáticos brasileiros demonstram certa desconfiança com o IPCC, que eles descrevem como dominado pela perspectiva nortista dos problemas e, portanto, tendencioso em detrimento das interpretações e interesses do Sul” (Lahsen, 2004, p. 161). Mahony (2014) discute a relação por vezes antagônica entre o Painel e as comunidades política e científica indianas, trazendo à luz um pouco da geopolítica de produção do conhecimento climático. Esses casos ilustram a coexistência agonística de diferentes “mundos” no IPCC, que podem ser expressos no marco da assimetria Norte Global/Sul Global (Joshi *et al.*, 2013).

O surgimento das noções de Norte global e Sul global pode ser atribuído às primeiras negociações políticas em torno da mudança ambiental e remete às trajetórias históricas de diferentes partes do mundo (ricas/pobres, pós-imperiais/pós-coloniais, desenvolvidas/em desenvolvimento)¹. Neste artigo, a distinção Norte/Sul será utilizada para enfatizar assimetrias na produção de conhecimento sobre o clima entre regiões geográficas compostas por países desenvolvidos e em desenvolvimento². Ao mesmo tempo, atentamos para a forma como essa distinção Norte/Sul é mobilizada por atores científicos e políticos em defesa de diferentes posições e cursos de ação.

¹Harding (2015) explica que o termo “Sul global” foi inventado por ativistas durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em 1992, no Rio de Janeiro, para designar questões relacionadas à globalização que escondiam histórias de colonialismo e políticas de desenvolvimento controladas pelo Norte.

²No entanto, é importante reconhecer que o uso desses termos binários coloca demasiada ênfase em uma suposta homogeneidade de cada lado e subestima a natureza híbrida e interativa de grande parte das relações sociais globais (MacLeod, 1982). Por outro lado, ao evitar essas dicotomias, existe o risco de diluírem-se completamente as dimensões central e periférica e as profundas assimetrias de recursos e poder que perduram nas redes científicas globais (Kreimer, 2016).

Ao investigar o caso do Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM) – projeto científico que, pela primeira vez, colocou um país latino-americano entre as bases globais de modelagem do IPCC – este artigo analisa a constituição dinâmica das dimensões central e periférica da ciência climática global e interpreta as assimetrias de recursos e de poder que persistem no âmbito da rede científica do IPCC. Embora a noção de “globalismo infraestrutural” seja importante para se compreender o surgimento de uma iniciativa global de produção de conhecimento, não é tão útil para entender as diferentes realidades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento e como a ciência produzida por eles participa no IPCC. Neste artigo, procuramos desvendar a política da ciência climática no âmbito do regime internacional de mudanças climáticas, assim como a geopolítica da geração de conhecimento sobre o clima no lado “Sul” da infraestrutura global de conhecimento do clima. Além do globalismo infraestrutural, é preciso compreender a “geopolítica infraestrutural” do conhecimento climático global entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, se quisermos compreender as assimetrias e as diferentes perspectivas políticas envolvidas na produção deste conhecimento.

Além dos processos de inclusão de autores e revisores dos países em desenvolvimento no IPCC, é necessário atentar para os diferentes locais de produção e infraestruturas nacionais do conhecimento primário avaliado: a rede exclusiva de centros de modelagem climática que exercem poder sobre as descrições do clima futuro. Entre os vários métodos, instrumentos e práticas que fazem parte das rotinas da ciência atmosférica e da política climática, modelos numéricos e infraestruturas computacionais avançadas têm desempenhado um papel central.

Modelos computacionais constituem as principais ferramentas das ciências atmosféricas para realizar previsões meteorológicas e estudos climáticos globais (Shackley *et al.*, 1998; Lahsen, 2005; Wynne, 1996; 2010; Edwards, 2010). Esses modelos, frequentemente denominados de “modelos climáticos”, estão presentes nas rotinas diárias dos centros de previsão meteorológica e, de forma substancial, nos relatórios de importantes organizações científicas internacionais, como o IPCC, os quais têm embasado discussões sobre acordos políticos internacionais (Demerit, 2001; Hulme; Mahony, 2010). Assim, a modelagem climática

surgiu como um princípio organizacional fundamental para a comunidade epistêmica global envolvida com as questões climáticas (Sudenberg, 2007a; 2007b; Duarte, 2016), tornando-se também um ator central nos regimes de governança climática global. Pode-se observar um processo de reforço mútuo: os modelos fortalecem a autoridade dos formuladores de políticas e, por sua vez, a hegemonia da simulação computacional como forma de produzir conhecimento sobre o clima global é assegurada (Shackley, 1997; Hulme, 2013).

No entanto, os modelos climáticos globais são ferramentas desenvolvidas por um pequeno número de países com capacidade financeira e técnica para praticar esse tipo de ciência. Historicamente, Estados Unidos, Europa e Japão têm abrigado a maioria dos centros climatológicos que desenvolvem modelos climáticos globais (Edwards, 2010). São também esses países os principais responsáveis pela produção das simulações que definem os cenários de emissão para o Grupo de Trabalho 1³ do IPCC. Portanto, os futuros climáticos divulgados pelo IPCC têm sido, em grande parte, definidos pela ciência climática produzida por países do Norte global. Apenas recentemente os países do Sul global começaram a lidar com esse desequilíbrio, com o Brasil assumindo uma posição privilegiada, resultante do investimento em infraestrutura científica de maior escala para a pesquisa climática⁴.

Para discutir as implicações geopolíticas das infraestruturas de modelagem climática do Sul global, este artigo analisa a história do Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM). A partir da perspectiva dos Estudos Sociais em Ciência e Tecnologia (ESCT), mostramos como o BESM é conformado por elementos políticos, institucionais, culturais e materiais, tendo assumido

³Considerado o “grupo de ciências”, o grupo de ciências naturais e da terra que elabora a base do relatório do IPCC.

⁴Vale mencionar que a publicação deste artigo se dá em um período de transição política que pode levar a uma influência muito menor da ciência brasileira no IPCC, bem como na governança global do clima e do meio ambiente. As razões são os enormes cortes no financiamento da ciência (Ângelo, 2019); uma agenda nacional explicitamente adversa aos regimes ambientais globais e que está revertendo a liderança brasileira neste âmbito (Abessa; Famá; Buruaem, 2019); além de uma política exterior ideologicamente marcada, que equipara as instituições globais e a mudança climática a uma “trama marxista” (Watts, 2018). A recente institucionalização da ideia distorcida do globalismo como uma conspiração da esquerda contra o Brasil prenuncia a provável passagem do país para uma posição muito diferente no âmbito dos regimes globais climáticos nos próximos anos.

importância também para o posicionamento do Brasil na geopolítica global das mudanças climáticas. Através da descrição das condições locais e das negociações do grupo de modelagem climática BESM, analisamos como é composto o mundo da “elite” da simulação climática global e como isso é percebido pelos modeladores do Sul e principais pesquisadores de ciência climática no Brasil.

Este artigo baseia-se em quatro anos de trabalho de campo (entre 2013 e 2016) sobre a organização da meteorologia no Brasil e a história da previsão numérica do tempo (Miguel, 2017). O trabalho incluiu a realização de 29 entrevistas com informantes-chave do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – a principal instituição de desenvolvimento de modelagem climática no país – e a participação em eventos científicos na área de modelagem climática e mudanças climáticas no Brasil. Além disso, foram coletados e analisados documentos relevantes e notícias veiculadas na mídia. O material empírico foi submetido à análise de conteúdo interpretativa com base nas ferramentas da teoria fundamentada em dados (*grounded theory*) (Charmaz, 2006).

As dimensões geopolíticas das infraestruturas de conhecimento climático

As infraestruturas de conhecimento têm sido usadas na política de modo crescente, o que pode ser observado também em escala mundial, como evidencia o exemplo da governança climática global. Para compreender como tais infraestruturas participam dos fluxos globais de política e poder, é necessário definir como infraestruturas se integram à geopolítica, especialmente porque elas são permeadas por assimetrias relacionadas a quem possui quais capacidades e, portanto, quem pode falar sobre o clima de diferentes formas. A conceitualização da geopolítica do clima deve, então, incluir uma reflexão sobre como as infraestruturas tecnológicas não só são condicionadas por tais políticas como também, e sobretudo, são parte daquilo que torna possíveis essas geopolíticas, exercendo um papel na definição e manutenção dos desequilíbrios de poder. Portanto, ações e disputas em torno da construção e manutenção de tais infraestruturas são relevantes para a análise das dimensões geopolíticas globais tanto da governança climática quanto das infraestruturas de conhecimento.

Os ESCT têm mostrado que as infraestruturas, mais do que um conjunto de artefatos ou uma “tecnologia”, devem ser consideradas como um sistema constituído de objetos e de relações entre tecnologias, pessoas e objetos materiais. As infraestruturas, portanto, imbricam-se com hábitos culturais, organizações sociais e econômicas, identidades profissionais e pessoais e assim por diante (Jackson *et al.*, 2007; Jensen; Winthereik, 2013). Andrew Barry (2013) sugere que infraestruturas, artefatos materiais e sistemas físicos constituem objetos e ambientes que devem ser entendidos como parte integrante da condução da política de estado e das relações internacionais. Segundo ele, objetos e infraestruturas materiais nunca existem de forma isolada, mas sim são “entidades cambiantes” que fazem parte de uma constelação de relações sociais dinâmicas. Ele enfatiza que a construção de infraestruturas é uma maneira de manter ou transformar certas relações de poder. As infraestruturas podem, portanto, ser interpretadas como “máquinas políticas” (Barry, 2013), situadas em diferentes arranjos de poder e autoridade.

O regime de mudanças climáticas é um arranjo complexo de poder e autoridade que conecta os contextos microsociais em que se produz o conhecimento sobre o meio ambiente (em laboratórios científicos, experimentos de campo e centros de modelagem climática) às instituições macropolíticas e econômicas que determinam a mudança social e ambiental em escala global (Miller; Edwards, 2001). Historicamente, as infraestruturas de conhecimento climático têm estado profundamente envolvidas em contextos políticos nacionais e internacionais. Sistemas formalizados para observar e prever o tempo e o clima originaram-se nos serviços meteorológicos nacionais do século XIX, principalmente para apoiar operações militares (Fleming, 2016). Inicialmente, os serviços meteorológicos nacionais eram operados como sistemas, em geral, independentes, mas seus relatórios de dados logo passaram a ser vinculados, através de redes internacionais coordenadas – um processo que Paul Edwards (2006) chama de “internacionalismo voluntarista”. Cooperação e coordenação estavam à disposição daqueles que as desejassem, mas os países não estavam obrigados a participar.

Isso mudou logo após o final da 2ª Guerra Mundial, quando a OMM surgiu como uma força para unir os países em uma cooperação global. Edwards (2010, p. 18) argumenta que a “construção de sistemas técnicos

para coleta de dados globais ajudou a criar instituições globais e formas de pensar globalmente”. O globalismo infraestrutural em meteorologia e ciências afins, no pós-guerra, foi um agente-chave tanto da globalização técnica quanto da cultural. Este autor propõe a imagem de “uma imensa máquina” para se referir à infraestrutura global de conhecimento que surgiu na ciência climática – uma rede planetária de instrumentos, satélites, conexões de dados, códigos e modelos computacionais que ofereciam uma maneira radicalmente nova de descrever e compreender sistemas globais e, o mais importante, a mudança global. O “globalismo infraestrutural” da meteorologia e da ciência climática dá sustentação a organizações intergovernamentais globais como a OMM e o IPCC, um processo que interconecta questões científicas e políticas em uma operação sem precedentes de cooperação internacional.

Este “globalismo infraestrutural” constitui um centro onde ciência e política são coproduzidas. Clark Miller (2001) mostra como a capacidade dos cientistas de produzir conhecimento sobre fenômenos naturais em escala global baseou-se em sua capacidade de influenciar instituições políticas e científicas apropriadas. Os governos precisavam ser persuadidos a fornecer os recursos necessários para construir, manter e operar a rede meteorológica. Miller destaca que “os meteorologistas precisavam convencer os governos e públicos céticos de que a cooperação científica e técnica, da forma como eles propunham, traria benefícios para além do próprio conhecimento científico” (Miller, 2001, p. 169). A formação de espaços científicos só pode ser alcançada conectando-os a assuntos nacionais e internacionais.

Uma questão fundamental é a de como diferentes grupos científicos atuam para conectar ciência e política em diferentes contextos nacionais, e como essas conexões se somam para criar uma infraestrutura global. Elzinga (1993) sugere que, em assuntos ambientais internacionais (como as mudanças climáticas), a ciência é, com frequência, “política por outros meios”. Ao analisar o surgimento de programas de pesquisa ambiental global, ele destaca que as aspirações de grupos científicos nacionais de fazer parte das agendas de programas científicos internacionais só se podem realizar por meio de negociações com grupos políticos nacionais. Por um lado, grupos de pesquisa recebem fundos públicos para desenvolver suas pesquisas; por outro, ao conduzir suas pesquisas e obter gradativamente

o reconhecimento científico internacional, os grupos científicos realizam uma tarefa política através da ciência, que permite promover os interesses internacionais das arenas geopolíticas. Elzinga (1993) esclarece que tal correlação entre ciência e geopolítica é possível porque a pesquisa científica possui dois tipos de valor que estão associados: a) o “instrumental prático”, relacionado à capacidade de resolver problemas concretos por meio da aplicação do conhecimento científico; e b) o “instrumental simbólico”, relacionado ao emblema da capacidade científica como símbolo de poder, avanço social e desenvolvimento. Com esses dois modos de poder, o conhecimento científico é um meio eficaz de atingir objetivos nacionais e metas geopolíticas em arenas internacionais.

Por meio das infraestruturas e redes de conhecimento climático global como o IPCC, a mudança climática é formulada com referência a tópicos específicos de economia política e de maneiras que indagam como os estados-nação podem responder e adaptar-se às mudanças climáticas como questão de segurança e soberania (O'Lear; Dalby, 2015). Considerada um dos principais recursos científicos para orientar os planos de adaptação às mudanças climáticas, a modelagem climática oferece poder de cálculo e capacidade de prever as imbricações entre o clima e os territórios nacionais no futuro (Mahony; Hulme, 2012; Mahony, 2014). Enquanto máquinas políticas, os modelos climáticos exercem tanto poder prático quanto simbólico na construção daquilo que os geógrafos políticos têm descrito como uma nova forma de “métrica geográfica” (*geo-metrics*) (Elden, 2013; Dalby, 2013), isto é, aquelas “estratégias de cálculo voltadas para a terra, o terreno e o território”, embora em escalas cada vez mais globais ou mesmo pós-nacionais, que proporcionam aos atores políticos prognoses importantes sobre o futuro e “meios de compreender e compelir, organizar e ordenar” (Elden, 2013, p. 49). Como aponta Dalby (2013, p. 40), à medida que a mudança climática “se torna uma questão prioritária para a governança global, as medidas cruciais da Terra, sua métrica geográfica, são fundamentais para considerações geopolíticas”. No entanto, a atenção a como os modelos climáticos são construídos e utilizados por diferentes grupos científicos nacionais e como eles estão interligados com a geopolítica, é um tema que permanece muito pouco explorado.

Grupos globais de modelagem climática entre o Norte e o Sul

A modelagem numérica do clima da Terra é uma ciência que vem evoluindo desde os anos 1950 e que tem sido impulsionada por diferentes progressos técnicos, incluindo métodos de cálculo mais potentes e expansão da infraestrutura de observação do tempo. Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) simulam o comportamento do sistema climático, dividindo a terra em grades tridimensionais e usando supercomputadores para resolver equações matemáticas que representam trocas de matéria e energia entre os pontos da grade. Com base nos MCGAs, os cientistas do clima gradualmente puderam representar o clima da Terra como um sistema global integrado, a ser conhecido por meio de novas métricas geográficas, como a temperatura média global (Shackley; Wynne, 1996; Lahsen, 2005; Edwards, 2010; Hulme, 2010).

Na década de 1980 houve avanços da tecnologia de modelagem climática no sentido de aumentar a complexidade das representações numéricas do sistema terrestre. Os modeladores reconheceram que a transferência de energia entre os oceanos e a atmosfera tem influência importante tanto nas condições meteorológicas quanto no clima. Por isso, começaram a combinar modelos da circulação geral oceânica com os modelos atmosféricos globais, criando as primeiras versões dos “Modelos de Sistemas Terrestres”. Gradualmente, os modeladores passaram a combinar outros sistemas relacionados ao clima com o de interação oceano-atmosfera, como os da superfície da terra, da criosfera (geleiras, gelo marinho e cobertura de neve), da hidrosfera (lagos, rios, evaporação e chuva) e da vegetação. Hoje, os Modelos de Sistemas Terrestres são os instrumentos mais complexos para a projeção climática de longo prazo e tornaram-se ferramentas cruciais para a produção de projeções futuras de impactos da mudança climática (Harper, 2008; Weart, 2010; Edwards, 2010).

Desde sua criação, em 1988, o IPCC extraiu grande parte de seu conhecimento sobre o clima do trabalho de modeladores climáticos. Para atender ao processo de avaliação do IPCC, os modeladores iniciaram vários exercícios de avaliação de modelos, entre os quais, o mais importante foi o de intercomparação de modelos. Estes modelos exigem que cada grupo de modelagem execute seu modelo usando um conjunto específico de

parâmetros (temperatura média mensal da superfície do mar, distribuição de gelo marinho etc.) para fornecer variáveis de saída específicas em um formato padrão, criando, assim, uma base para a intercomparação do desempenho do modelo e diagnosticando as causas de diferenças no comportamento do modelo (Meel et al., 2000). Hoje, o mais importante projeto desse tipo vinculado ao IPCC é o Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados (CMIP - *Coupled Model Intercomparison Project*), organizado no âmbito do Programa Mundial de Pesquisa Climática (WCRP - *World Climate Research Programme*)⁵. O objetivo do CMIP é produzir experimentos com modelos para simular “mudanças climáticas passadas, presentes e futuras decorrentes de variabilidade natural, não forçada, ou em resposta a mudanças sob forçamento radiativo em um contexto multi-modelo”⁶. Esse conhecimento inclui avaliações do desempenho do modelo durante o período histórico e quantificações das causas da propagação em projeções futuras. Acompanhar o “estado da arte” da modelagem do sistema terrestre requer investimento contínuo tanto em uma infraestrutura de supercomputadores avançados como em capacidade humana.

Poucos grupos de modelagem climática dispõem das infraestruturas necessárias para executar experimentos de modelagem climática global e participar do CMIP. Como aponta Edwards (2010, p.172), “apenas 33 grupos submeteram MCGAs para o Projeto de Intercomparação de Modelos Atmosféricos” (AMIP)⁷ nos anos 1990; alguns anos mais tarde, “só 18 grupos com Modelos de Circulação Geral Acoplados Atmosfera-Oceano [a primeira versão dos Modelos de Sistemas Terrestres] apresentaram resultados ao CMIP, refletindo a maior complexidade e o aumento dos requisitos computacionais dos modelos acoplados”. É importante ressaltar que as simulações de CMIP

⁵O WCRP foi estabelecido em 1980 sob o patrocínio conjunto do *International Council for Science* (ICSU) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Em 1993, a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da UNESCO também se tornou patrocinadora. Os principais objetivos do WCRP, definidos em sua criação e ainda válidos, são determinar a previsibilidade do clima e os efeitos das atividades humanas sobre o clima. Ver: <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>.

⁶Para a descrição do programa principal, ver a página web do CMIP: <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>.

⁷O AMIP foi o primeiro projeto de intercomparação de modelos; contava com menos experimentos com uso intensivo de computadores e utilizava modelos de circulação global atmosférica com menor complexidade do que os Modelos de Sistemas Terrestres (Edwards, 2010, p. 171).

originaram-se entre os líderes históricos em modelagem climática: Europa, Japão e EUA – e ainda não incluíam membros do Sul global. Isso só mudou em 2013, quando o Brasil e a China fizeram suas contribuições. Sobre a exclusividade do CMIP, Edwards aponta:

Na arena política, esse fato contribui para uma percepção generalizada de que a questão da mudança climática “pertence” aos países desenvolvidos, não apenas porque eles são as fontes iniciais (e ainda principais) de emissões de combustíveis fósseis, mas também porque são os “donos” do conhecimento sobre o problema (Edwards, 2010, p. 171).

O caráter elitizado da simulação climática global persiste porque as barreiras à entrada nesse “clube” são muito elevadas. Para participar, os grupos de modelagem climática precisam dispor das mais avançadas infraestruturas de supercomputação⁸, equipes de especialistas em modelagem e grande suporte financeiro para a manutenção desses sistemas extremamente caros. Além disso, as equipes de modelagem precisam estar preparadas para desenvolver modelos climáticos e melhorá-los de acordo com os padrões definidos pelos membros líderes do CMIP. Tais condições infraestruturais implicam um alto custo financeiro que tende a impedir a entrada de países do Sul global.

No entanto, na última fase do CMIP⁹ – o Quinto Relatório do IPCC –, pela primeira vez, um país latino-americano introduziu resultados de modelagem climática global no projeto de intercomparação de modelos acoplados. Esses resultados foram produzidos por modeladores brasileiros do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) envolvidos no projeto nacional de desenvolvimento do Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM). Como se pode observar na tabela a seguir, o Brasil figura entre os outros grupos de modelagem selecionados como participantes da Fase 5 do CMIP.

⁸Em 2015, os dez supercomputadores mais potentes do mundo estavam na China (1º lugar), Estados Unidos (2º, 3º, 5º, 6º e 10º lugar), Japão (4º lugar), Suíça (7º lugar), Alemanha (8º lugar) e Arábia Saudita (9º lugar). Mas, em várias posições da lista, há uma presença massiva dos Estados Unidos, com 193 supercomputadores instalados no país. Fonte: <http://www.top500.org/lists/2015/11/>.

⁹O CMIP realizou cinco fases de experimentos de modelagem relacionados à produção dos cinco relatórios do IPCC, respectivamente, nos anos de 1990, 1995, 2001, 2007, 2013. Ver: <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/index.html>.

Tabela 1 - Países, Centros Climáticos e Modelos Climáticos participantes do CMIP5

Países	Centros Climáticos	Modelos Climáticos
Austrália	CSIRO-BOM	ACCESS 1.0, 1.3
China	BCC	BCC-CSM 1.1, 1.1 (m)
China	GCESS	BNU-ESM
Canadá	CCCMA	CanESM2, CanCM4, CanAM4
EUA	DOE-NSF-NCAR	CCSM4, CESM1 (BGC), (CAM5), (CAM5.1, FV2), (FASTCHEM), (WACCM)
EUA	RSMAS	CCSM4(RSMAS)
Itália	CMCC	CMCC, CESM, CM, CMS
França	CNRM/CERFACS	CNRM-CM%
Austrália	CSIRO/QCCCE	CSIRO-Mk3.6.0
Europa	EC-EARTH	EC-EARTH
China	LASG-IAP & LASG-CESS	FGOALS – g2, s2, gl
China	FIO	FIO-ESM
EUA	NASA/GMAO	GEOS-5
EUA	NOAA/GFDL	GFDL – HIRAM-C360, HIRAM-C180, CM2.1, CM3, ESM2G, ESM2M
EUA	NASA/GISS	GISS E2-H, E2-H-CC, E2-R, E2-R-CC, E2CS-H, E2CS-R
Reino Unido	MOHC	Had – CM3, CM3Q, GEM2-ES, GEM2-A, GEM2-CC
Coreia/Reino Unido	NMR/KMA	HadGEM2-AO
Rússia	INM	INM-CM4
França	IPSL	IPSL – CM5A-LR, CM5A-MR, CM5B-LR
Japão	MIROC	MIROC – 5,3 m, 4 h, ESM, ESM-CHEM
Alemanha	MPI-M	MPI-ESM – HR, LR, P, ESM-P
Japão	MRI	MRI – AGCM3, 2H, AGCM3.2S, CGCM3, ESM1
Noruega	NCC	NorESM1-M, NorESM-ME
EUA	NCEP	CFSv2-2011
Japão	NICAM	NICAM-09
Brasil	INPE	BESM OA2.3

Fonte: Taylor, 2012.

Como evidencia a Tabela 1, a maioria dos centros climatológicos participantes do CIMP5 são norte-americanos, europeus ou de nações asiáticas desenvolvidas, como Japão e Coreia do Sul. Brasil e China são exceções do “Sul”. Deve-se notar (na terceira coluna) que os Estados Unidos participam com a produção de 22 modelos, o que denota uma alta capacidade de modelagem climática e um maior volume de simulações incluídas no banco de dados do CMIP5 em comparação com outros países¹⁰.

É importante ressaltar que as questões científicas e os critérios adotados pelo CMIP são definidos por seu comitê organizador, composto por sete membros de centros meteorológicos norte-americanos e europeus – EUA, França, Alemanha e Reino Unido (Eyring *et al.*, 2016). Atividades para futuros CMIPs foram reconfiguradas, com o objetivo de realizar experimentos em estágios ainda mais avançados de modelagem global (Eyring *et al.*, 2016). Os avanços exigidos tornam cada vez mais hierárquica a relação entre os centros climatológicos neste projeto, pois os novos patamares são produzidos pelos centros de modelagem mais desenvolvidos do Norte, enquanto os países do hemisfério Sul permanecem, em sua maior parte, ausentes dessas estruturas decisórias.

A prática da modelagem climática global ocorre em locais específicos de produção de conhecimento climático. O caráter “global” desses projetos internacionais mascara a divisão desigual do trabalho entre Norte e Sul no sistema internacional de ciência climática. Como um modelador climático brasileiro apontou:

Os centros climáticos desenvolvidos criam as diretrizes científicas, questões e requisitos para o projeto CMIP e produzem os resultados mais importantes; e países com menor capacidade, como o Brasil, participam com algumas simulações que estão incluídas no relatório final (citado em Miguel, 2017, p. 180).

Nesse sentido, a prática de modelagem climática global reflete o grave desequilíbrio entre países desenvolvidos e em desenvolvimento na geração de conhecimento científico em ciência ambiental (Karlsson; Srebotnjak;

¹⁰Embora países como China e França tenham adquirido supercomputadores potentes e aplicado esse poder de computação à climatologia, os EUA ainda lideram o campo, contando com o maior número de pesquisadores, as maiores capacidades de cálculo e os melhores centros de pesquisa.

Gonzales, 2007). Entretanto, qual a implicação desse “desequilíbrio” para as perspectivas políticas das nações do Sul global e como os grupos científicos reagem às assimetrias do IPCC? Para explorar essas questões, descrevemos agora a “geopolítica infraestrutural” do projeto brasileiro de modelagem do sistema terrestre.

O caminho brasileiro para o clube de modelagem global do IPCC

Para entender como os cientistas climáticos brasileiros, da “periferia” científica, foram capazes de integrar o mais alto nível de experimentos de modelagem do IPCC com o BESM, é preciso considerar as condições locais e a evolução histórica da ciência de modelagem climática no Brasil. A modelagem climática no Brasil teve início em 1994, com a criação do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para iniciar as previsões numéricas no CPTEC, o governo primeiro importou um modelo climático global de um centro climatológico da América do Norte, o COLA (*Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies*). Gradualmente, a equipe do CPTEC aprimorou esse modelo com novos componentes que representavam o sistema climático que rege o clima na América do Sul. Não foi fácil realizar essas melhorias: a falta de recursos financeiros e a ausência de especialistas em modelagem foram alguns dos problemas enfrentados pelos brasileiros na época. Mas, apesar de todas essas dificuldades, a equipe conseguiu iniciar a previsão numérica operacional do tempo no Brasil (Miguel; Escada; Monteiro, 2016).

Desde 2007, transformações significativas ocorreram na ciência climática de um modo geral e, particularmente, no campo de modelagem climática no Brasil. A situação econômica e política nacional e a publicação do IPCC AR4, em 2007, impulsionaram um processo de institucionalização da política sobre mudança climática que, por sua vez, reestruturou as redes de ciência

climática no Brasil¹¹. A presidência de Luís Inácio Lula da Silva (2003-2011) foi um momento político e econômico particularmente favorável para a ciência brasileira, com investimentos crescentes e expansão da infraestrutura em ciência e tecnologia (Petherick, 2010). Havia um otimismo generalizado com o que foi considerado a tão esperada “decolagem”¹², com expectativas de que o país se tornaria a quinta maior economia do mundo e ocuparia um papel mais relevante no cenário mundial. Cresceram os investimentos em ciência e tecnologia em áreas estratégicas como petróleo e energia, mas também em ciências para questões diplomáticas e ambientais, como o sensoriamento remoto na Amazônia – para reduzir as taxas de desmatamento da floresta Amazônica – e estudos sobre mudança climática – para proporcionar ao governo e à delegação brasileira dados relevantes para planejar a participação do Brasil nas negociações da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), em Copenhague, em 2009 (Monteiro, 2014; 2015; Monteiro; Rajão, 2017; Miguel, 2017). O impulso político criou a oportunidade para os modeladores climáticos do CPTEC lançarem o projeto científico de um Modelo de Sistema Terrestre.

O projeto do Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre teve início em 2008, quando foi criado o Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) associado ao CPTEC, no INPE. O projeto foi coordenado por alguns dos principais pesquisadores de ciência climática do Brasil – incluindo alguns membros brasileiros do IPCC. O projeto contou com o apoio do então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e das principais agências nacionais de fomento, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O volume de financiamento, comparado a outros projetos apoiados pelas mesmas agências, representou a maior quantia de investimento público

¹¹Depois do IPCC/AR4, que declarou ser “inequívoco” o aquecimento do sistema climático (IPCC, 2007, p. 20), o governo brasileiro e os órgãos financiadores responderam com um rápido processo de institucionalização da política sobre mudança climática e formação de redes científicas de mudanças climáticas como a “Rede Clima” (Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas), o “INCT - Mudanças Climáticas” (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas) e o “Programa FAPESP Mudanças Climáticas” (Miguel; Escada; Monteiro, 2016).

¹²Ver: <http://www.economist.com/node/14845197>.

já concedida a um único projeto em pesquisa sobre mudanças climáticas no Brasil (Miguel, 2017) até aquele momento.

Depois de 2007, o interesse em simulações de mudança climática cresceu entre os tomadores de decisão nos Ministérios das Relações Exteriores, de Ciência, Tecnologia e Inovação, e do Meio Ambiente. As informações científicas sobre os impactos das mudanças climáticas foram consideradas o recurso científico mais importante para o avanço em direção às metas estabelecidas pela política nacional sobre mudanças climáticas e para a formulação do plano nacional de adaptação às mudanças climáticas. A Política Nacional sobre Mudança Climática estabelece que

Quando se considera a questão de mudança no clima no Brasil, depara-se com o problema da falta de cenários confiáveis do futuro possível do clima no País, que tem grandes proporções [...]. Para a elaboração desses estudos há, entretanto, a necessidade de desenvolvimento de modelos de mudança de clima de longo prazo com resolução espacial adequada para análise regional, o que criará condições para a elaboração de cenários de futuros possíveis de mudança do clima com diferentes concentrações de dióxido de carbono na atmosfera e para analisar os impactos da mudança global do clima sobre o Brasil. [...] Com esses resultados, o País estará mais bem capacitado para identificar regiões e setores mais vulneráveis com maior grau de confiabilidade do que oferecido pelos modelos globais e, a partir daí, poderão ser elaborados projetos de adaptação específicos com o embasamento científico apropriado, possibilitando uma alocação mais racional de recursos públicos (Brasil, 2008, p. 84-87).

Essa ideia de que, conhecendo possíveis cenários de mudança climática, o país estaria mais bem preparado para identificar regiões mais vulneráveis foi amplamente difundido entre os formuladores de políticas. A confiança na ciência da modelagem justificou os grandes investimentos feitos no BESM. Nesse sentido, uma das declarações do Secretário Especial para Assuntos Estratégicos da Presidência (SAE) foi ilustrativa: “com o projeto BESM, os modeladores do INPE estão colocando uma ‘lente de aumento’ no território brasileiro para identificar os impactos das mudanças climáticas”¹³ (citado em Miguel, 2017, p. 146).

¹³ Isso foi declarado pelo Secretário Especial da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência (SAE) em entrevista pública em 2014, quando anunciou o investimento de dois milhões de reais no modelo BESM (Miguel, 2017, p. 150).

Este valor “instrumental prático” (Elzinga, 1993) de modelagem climática, que atrai tomadores de decisão, foi utilizado pelos modeladores do BESM como um recurso retórico que legitimava a prática de modelagem. Os modeladores também afirmaram que “precisamos representar aspectos da natureza regional que influenciam a dinâmica climática na América do Sul para que possamos produzir cenários mais confiáveis de mudança climática para o Brasil”, e que “com o modelo BESM, podemos antecipar eventos climáticos extremos que afetam principalmente as populações mais pobres” (Miguel, 2017, p.145). Essa retórica do poder preditivo da ciência foi usada intensivamente na comunicação pública do projeto do BESM para legitimar os enormes investimentos em tecnologia de modelagem.

Além disso, os atores envolvidos no BESM defenderam o projeto como um emblema da capacidade científica nacional com um “valor instrumental simbólico” (Elzinga, 1993): um símbolo da capacidade científica nacional. Ecoando os comentários de Dalby (2013) sobre a centralidade da métrica geográfica climática para a geopolítica climática, afirmava-se que “o Brasil precisa ter autonomia na produção de simulações climáticas futuras para assessorar com soberania a tomada de decisão nas questões de mudanças climáticas” (Coordenador do BESM) (Miguel, 2017, p. 181). Como outros estudos de caso demonstraram (Lahsen, 2002; Mahony, 2014), o papel pragmático da modelagem climática é frequentemente associado à construção discursiva da capacidade do estado-nação de gerenciar seus próprios problemas relacionados aos impactos da mudança climática em seu domínio territorial (ver também Whitehead *et al.*, 2007). A modelagem climática é considerada um recurso estratégico que precisa ser desenvolvido por países soberanos com base em seu potencial científico endógeno. De fato, a formulação do BESM esteve estreitamente relacionada a uma articulação do Brasil ao exercer sua própria soberania epistêmica (e, portanto, política) sobre as questões da mudança climática.

A comunidade científica reunida no projeto BESM conseguiu associar os objetivos do projeto ao apelo nacionalista do governo Lula. Eles denominaram o projeto de “Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre”, com a intenção evidente de enfatizar que esse tipo de tecnologia estava sendo desenvolvida de forma autônoma por uma equipe de pesquisadores nacionais. Assim como o então presidente Lula usava com frequência a frase “nunca antes na

história do nosso país”¹⁴ para destacar o caráter excepcional de seu governo, os modeladores do BESM usaram o *slogan* “Modelo Climático Brasileiro, pela primeira vez no IPCC” como um emblema da então crescente capacidade científica nacional. O alinhamento desses discursos reforçava a legitimidade do grupo BESM, possibilitando que lograsse mais financiamento público, tornando-se o projeto científico central para mudança climática no Brasil.

Em 2010, o governo brasileiro adquiriu um dos mais potentes supercomputadores disponíveis na época, com o objetivo de melhorar a previsão do tempo e as simulações de mudanças climáticas. Essa infraestrutura de alto custo foi instalada no CPTEC/INPE e foi comemorada como um marco na ciência climática brasileira. Nomeado de “Tupã” – em referência ao deus do trovão da mitologia indígena sul-americana – o supercomputador Cray XT6 impulsionou novos avanços na modelagem do clima e do sistema terrestre. Com essa nova infraestrutura, o grupo BESM iniciou os experimentos para o CMIP5. A infraestrutura de supercomputador e a campanha para modelagem climática global no Brasil foram reconhecidas internacionalmente como uma conquista científica nacional. Um artigo emblemático da *Nature* declarava que, com o supercomputador Tupã, “os modeladores climáticos do Brasil lançam-se globalmente” (Tollefson, 2010). O autor afirmava, então, que “o novo supercomputador poderia ajudar o Brasil a conquistar um lugar no pequeno clube das nações que contribuem com conhecimento em modelagem climática global para o IPCC” (Tollefson, 2010, p. 01).

No entanto, os experimentos com o modelo BESM não se concretizaram facilmente. Apesar da disponibilidade da infraestrutura de supercomputador, o grupo não dispunha de número suficiente de especialistas em modelagem climática para conduzir os experimentos de CMIP. Foi necessário organizar oficinas internacionais para atrair jovens pesquisadores de outros países (Índia, África do Sul e China) para participar do projeto (Miguel, 2017). Além disso, para completar a equipe de modelagem, pesquisadores brasileiros que estavam conduzindo suas carreiras profissionais nos EUA foram “repatriados”. Como afirmaram os coordenadores do BESM: “uma

¹⁴O presidente Lula ficou conhecido por suas frases emblemáticas que buscavam enfatizar o que ele considerava o caráter excepcional de seu governo. “Nunca antes na história do nosso país” durante o governo do ex-presidente foi uma frase usada em muitos casos como um signo de soberania e desenvolvimento nacional.

coisa que estava muito clara é que, sem recursos humanos especializados em modelagem climática, não haveria modelagem brasileira no CMIP5” (Miguel, 2017, p. 181).

As expectativas em torno do BESM – de que contribuiria para o IPCC – pressionaram o grupo de modelagem climática. Milhões investidos no programa de computador precisavam ser justificados com resultados. Contudo, uma condição importante para a participação no CMIP5 era de que os resultados dos experimentos de modelagem fossem publicados em periódicos científicos internacionais de alto impacto. Assim, o grupo de modeladores brasileiros direcionou todos os seus esforços para realizar simulações de modelos abrangendo o período entre 1960 e 2105 – seguindo a fase 5 do protocolo CMIP¹⁵. Esses experimentos ocorreram justo a tempo de incluir os resultados na base do CMIP5. Os resultados foram submetidos e posteriormente publicados no *Journal of Climate* da *American Meteorological Society* (Nobre et al., 2013), revista coordenada por alguns dos principais cientistas norte-americanos do CMIP, o que possibilitou ao Brasil ser oficialmente incluído na base de modelagem do IPCC5.

Tendo sido admitidos os resultados do BESM no CMIP5, este marco foi celebrado como uma grande conquista da ciência nacional em alguns dos principais veículos da mídia brasileira. Importantes jornais nacionais noticiaram em 2013 que, pela primeira vez, o Brasil “terá um modelo climático nas Nações Unidas”, que tal modelo “é o primeiro a ter o reconhecimento do IPCC na América Latina” para “simular o clima em todo o mundo” (Escobar, 2015). Este “orgulho nacional” expressava um desejo de ver o Brasil fortalecer sua *expertise* nacional na área de mudança climática. Logo, o modelo climático global tornou-se um signo da capacidade científica.

Na próxima seção discutiremos o significado geopolítico desse tipo de conquista científica, considerando a divisão Norte-Sul da composição do IPCC.

¹⁵Ver: <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>.

A geopolítica infraestrutural do conhecimento climático

Considerar as infraestruturas de conhecimento climático como simples “aparatos por construir” implica minimizar a importância dos problemas sociais, institucionais, culturais, políticos e outros problemas não técnicos enfrentados por seus construtores. Quando falamos de infraestruturas globais de conhecimento, como aquelas que se aglutinam no IPCC, as assimetrias entre grupos científicos e suas intenções particulares no IPCC acabam obliteradas sob termos como “cooperação científica internacional” ou “esforço científico global”¹⁶.

No entanto, a divisão Norte-Sul do trabalho no IPCC é significativa, demarcando e definindo o conhecimento sobre mudanças climáticas. Apesar da crescente atenção dada pelo comitê diretor do IPCC à participação de autores e revisores de países em desenvolvimento no processo de avaliação, o percentual tanto de autores quanto de revisores das nações do Sul global tem sido pequeno em todos os relatórios do IPCC (ver figura 1).

As consequências de um viés geográfico na *expertise* do IPCC têm sido amplamente discutidas como um problema que afeta a legitimidade dos relatórios de avaliação (Kandlikar; Sagar, 1999; Lahsen, 2004; Wynne, 1996; 2010; Hulme; Mahony, 2010; Mahony, 2014). Lahsen (2004) destacou que os líderes brasileiros envolvidos em negociações internacionais sobre o clima e membros da comunidade científica estavam interessados em constituir um grupo brasileiro de especialistas em pesquisa climática, a fim de defender os “interesses nacionais”.

O projeto BESM reflete essa preocupação em relação aos desequilíbrios na produção do conhecimento no IPCC. A cientista brasileira e vice-presidente do IPCC, Thelma Krug, ilustrou essa preocupação ao declarar que países menos desenvolvidos, como o Brasil, “não podem dispensar uma infraestrutura de supercomputador e modelagem climática” (Angelo, 2015, p. 2). Em sua opinião, não é suficiente que os países em desenvolvimento sejam incluídos nas nomeações à presidência do IPCC; é igualmente importante ter a capacidade de produzir conhecimento científico físico e natural sobre as mudanças climáticas. Krug relata que debateu com membros da direção do IPCC. Os argumentos da direção, segundo ela, foram que “os

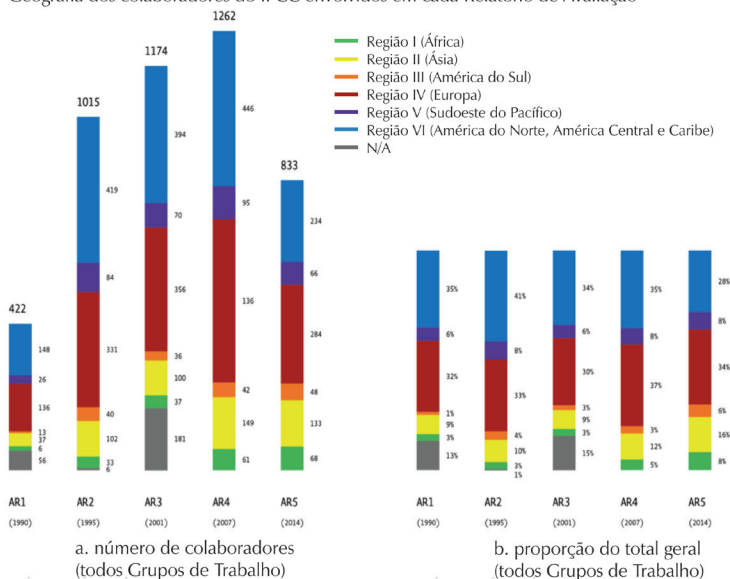
¹⁶Os termos são frequentemente usados pela mídia, por cientistas e aparecem nos relatórios do IPCC para reforçar o caráter global do conhecimento climático do painel.

países em desenvolvimento não têm capacidade instalada para trabalhar com modelos climáticos globais e regionais. Não podemos colocar essas pessoas [pesquisadores desses países] apenas para fazer número e equilíbrio geográfico no IPCC” (Angelo, 2015, s/p). De fato, incluir pesquisadores de diferentes nacionalidades não se traduz em redução da desigualdade na produção de conhecimento climático do IPCC (Lahsen, 2007).

Figura 1: Geografia do conhecimento do IPCC.

Geografia dos colaboradores do IPCC*

Geografia dos colaboradores do IPCC envolvidos em cada Relatório de Avaliação



* A contagem total dos autores do AR5 inclui apenas Autores Principais, Coordenadores, Autores Principais e Editores de revisão. Os nomes de Autores Colaboradores ainda não são públicos; o número total de autores do AR5 deverá aumentar em pelo menos mais 1.000-1.400 pessoas de todos os 3 GTs.



Fonte: SciencePO MediaLab (2016)¹⁷

¹⁷Ver: <http://www.medialab.sciences-po.fr/ipcc/>.

As dificuldades encontradas na produção de conhecimento climático-ambiental nos países emergentes, como o grupo dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) levaram esses países a um acordo sobre cooperação científica em pesquisa ambiental. Em 2014, a cúpula dos BRICS foi realizada no Brasil. Na ocasião, o coordenador do BESM, o climatologista brasileiro Carlos Nobre – na época, também secretário do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – declarou na oficina de cooperação científica que a geração de pesquisadores da qual ele faz parte “foi formada em uma época de produção científica em que tudo passava pelos EUA e pela Europa”.¹⁸ Nobre destacou que “nós, dos países em desenvolvimento, sempre buscamos no Norte a cooperação científica”, mas agora vemos que “o mundo não é composto apenas por um hemisfério e os países do BRICS mostram claramente outros arranjos, que são essenciais para o desenvolvimento sustentável dos países e do planeta como um todo”.¹⁹ A oficina terminou com a formulação e aprovação de um documento estabelecendo a cooperação do BRICS nas áreas de pesquisa oceanográfica, modelagem climática e prevenção de desastres naturais. É, portanto, um processo de cooperação científica que procura produzir novos arranjos geopolíticos para o intercâmbio científico, para além daqueles por meio dos quais esses cientistas podem ter cooperado historicamente com o Norte. Nesses novos alinhamentos geopolítico-científicos que os países do BRICS pretendiam construir foram selecionadas algumas áreas específicas de conhecimento para atingir tais objetivos, incluindo a modelagem climática, que se destacou como um campo estratégico.

Um mês antes da oficina do BRICS no Brasil, o modelo BESM foi apresentado na China para angariar esforços entre equipes de modelagem do Sul. Assim como o Brasil, a China, no cenário internacional, participa das negociações sobre mudanças climáticas com uma forte iniciativa geoestratégica, buscando fortalecer a cooperação com outros países para financiamento, transferência de tecnologia e capacitação para adaptação (Moreira; Ribeiro, 2016). A modelagem climática surge nessas relações como um campo científico estratégico, uma das áreas de cooperação científica

¹⁸Ver: http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/354425/Brics_trocam_ideias_em_mudancas_climaticas_e_prevencao_de_desastres.html.

¹⁹Idem nota 18.

em que os países do Sul deveriam se concentrar se quiserem conquistar maior poder instrumental e simbólico nas arenas globais do meio ambiente.

Da mesma forma, a história recente da ciência climática na Índia expressa o poder geopolítico da modelagem climática no contexto de uma divisão Norte-Sul. A coprodução da modelagem climática e de uma ordem político-climática na Índia demonstra a “coexistência agonística” de diferentes estratégias de reprodução do Estado-nação no suposto espaço global da ciência e da política climáticas internacionais. O desenvolvimento da ciência de modelagem climática também tem sido enquadrado como uma questão de soberania nacional, sem a qual é impossível entrar na disputa política em pé de igualdade com os países do Norte. No entanto, sob a retórica da soberania, encontra-se algo mais profundo – na época das negociações de Copenhague, o poder simbólico dos modelos climáticos foi utilizado pelo ministro do meio ambiente indiano tanto na esfera doméstica quanto na internacional – a nova modelagem climática indiana facilitou os movimentos do Ministro para aproximar a Índia dos EUA em termos da promoção de mecanismos de mitigação voluntaristas e baseados no mercado. Como alguns críticos viam uma renúncia à soberania territorial indiana, a ênfase discursiva na soberania epistêmica foi um importante movimento político.

Nossa análise do caso do BESM também ilustra que a produção de conhecimento sobre o clima global é um processo que deve ser entendido como parte de uma “geopolítica infraestrutural” que envolve relações de poder desiguais incrustadas na divisão global Norte/Sul. Essas relações são condicionadas pelo acesso à infraestrutura para a produção de conhecimento climático e, assim, as arenas da política vão além daquelas geralmente analisadas como tal (ou seja, ONU e fóruns políticos globais), incluindo instituições científicas e como estas se inserem nas relações internacionais. As geografias díspares da modelagem climática global e a busca da autonomia científica tanto por formuladores de políticas como pela equipe de modelagem do BESM indicam a existência de um processo que leva a repensar nossa compreensão histórica sobre o globalismo infraestrutural das ciências climáticas (Edwards, 2010).

Edwards (2010) observa que as ciências climáticas fizeram um esforço sem precedentes de coordenação científica internacional para compartilhar

informações e desenvolver uma infraestrutura abrangente de conhecimento climático global. Contudo, sua análise se concentra no desenvolvimento de infraestruturas climatológicas principalmente dos EUA e da Europa. O caso brasileiro do BESM traz à luz algo diferente: a condição de desigualdade na produção e no controle nacional dessas infraestruturas e os efeitos geopolíticos dessa desigualdade. Com a geopolítica do clima cada vez mais organizada em torno do conhecimento que emerge das observações e simulações por parte da comunidade de ciência climática, a compreensão do poder instrumental e simbólico desses construtos epistêmicos é crucial. A construção de infraestruturas de conhecimento é um meio cada vez mais importante de engajamento na geopolítica.²⁰

O processo “globalista” da ciência climática, que buscou cruzar fronteiras políticas e estabelecer uma comunidade epistêmica global, carrega nuances que revelam agendas distintas e conflitos entre grupos epistêmicos em países desenvolvidos e em desenvolvimento (Lahsen, 2004; Miller, 2004; Jankovic, 2004; Mahony, 2014). O caso da modelagem climática brasileira exemplifica a geopolítica infraestrutural do conhecimento climático conduzida por um grupo científico de um país emergente que, nas negociações climáticas, tradicionalmente adotou posições de liderança entre países em desenvolvimento com um forte discurso de “soberania” (Viola, 2002; Viola; Franchini, 2013). O BESM revela o interesse de uma nação do Sul global em construir *expertise* nacional em pesquisa sobre o clima, a fim de defender os “interesses nacionais”, desenvolver um aparato político que possibilite reformular as relações globais de poder.

Conclusões

A história da ciência climática e do IPCC demonstra que novas construções de ordem natural e social em escalas globais são altamente interdependentes (Miller, 2004). O papel do IPCC nessa coprodução tem derivado de sua capacidade de se constituir como uma instituição legítima de cooperação global.

²⁰Com os recentes acontecimentos nos EUA, podemos observar como a destruição ou proteção de infraestruturas de conhecimento também se tornaram uma forma de geopolítica. Ver Walker *et al.*, 2018.

Neste artigo, argumentamos que alguns modeladores climáticos brasileiros, enquanto pesquisadores de países em desenvolvimento, expressam uma preocupação comum do Sul global em relação ao privilégio de uma forma de ciência climática baseada, quase que exclusivamente, no trabalho de laboratórios e centros de modelagem no Norte global. Ao analisar o grupo BESM, percebemos que os investimentos nacionais em modelagem global visam alcançar uma condição de soberania científica que está estreitamente ligada a uma noção de soberania política do Estado-nação no regime internacional de mudanças climáticas. Sendo assim, o conhecimento científico e suas infraestruturas estão profundamente imbricados na geopolítica das mudanças climáticas. Estes são processos que denominamos de geopolítica infraestrutural do conhecimento climático.

Tal análise, é preciso ressaltar, baseia-se em um projeto que estava associado a um contexto político específico, muito distinto daquele que hoje ocupa o poder no Brasil. À medida que se desdobra e se torna mais clara a agenda da presidência de Jair Bolsonaro para as políticas ambiental, de mudanças climáticas e de ciência e tecnologia, o projeto anterior de autonomia científica vinculado ao aumento progressivo do gasto público em ciência, com infraestruturas de modelagem de grande escala, parece ser coisa do passado. As políticas atuais parecem apontar no sentido de mudar o discurso brasileiro sobre proteção ambiental e desmatamento, deixando para trás um esforço de décadas de construção de uma posição de liderança na governança ambiental global, para assumir uma nova postura que critica a proteção ambiental como retórica esquerdista e valoriza o crescimento econômico através da agricultura e pecuária, às custas do aumento das taxas de desmatamento. Mais pesquisas seriam necessárias para avaliar plenamente como essas mudanças afetarão a atual posição geopolítica do Brasil nos mecanismos de governança climática global.

O globalismo infraestrutural da ciência climática pode ser mais bem compreendido se levarmos em consideração as assimetrias e os aspectos conservadores das redes científicas internacionais e como esses se vinculam às questões geopolíticas. Nesse sentido, é necessário discutir de maneira mais direta as políticas de ciência e tecnologia implícitas ao IPCC, focalizando o conhecimento privilegiado em seus Grupos de Trabalho e quem o produz. Em um período de aparente fragmentação do regime climático global e

da renovada afirmação da territorialidade do Estado-nação em relação a questões “globais”, mais do que nunca é importante entender como ciência, política e soberanias política e epistêmica estão associadas e como são empregadas na condução da geopolítica climática. Este esforço pode ajudar-nos a questionar os processos pelos quais se definem as questões globais relativas à mudança climática e a examinar como elas servem para canalizar o poder em certas direções.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos a Tiago Ribeiro, Luis Reyes-Galindo e Sandra Harding por contribuírem com a revisão deste artigo.

Jean Carlos Hochsprung Miguel é Doutor em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), São Paulo, Brasil.

✉ jean.dpct@gmail.com

Martin Mahony é Doutor em Geografia e professor de Geografia Humana na Faculdade de Ciências Ambientais da University of East Anglia, Norfolk, Reino Unido.

✉ m.mahony@uea.ac.uk

Marko Synésio Alves Monteiro é Doutor em Ciências Sociais e professor no Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), São Paulo, Brasil.

✉ carambol@unicamp.br

Tradução do original "*Infrastructural geopolitics" of climate knowledge: the Brazilian Earth System Model and the North-South knowledge divide* por Carolina Fernandes.

Referências

1. ABESSA, Denis; FAMÁ, Ana; BURUAEM, Lucas. The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, n. 4, p. 510-511, 2019. doi: 10.1038/s41559-019-0855-9
2. ANDRY, Barry. **Material politics**: disputes along the pipeline. Hoboken: John Wiley and Sons, 2013.
3. ANGELO, Claudio. Brazil's government freezes nearly half of its science spending. **Nature**, n. 568, p. 155-156, 2019. doi: 10.1038/d41586-019-01079-9
4. ANGELO, Claudio. País não pode abrir mão de supercomputador. **Observatório do Clima** [online]. URL: <http://www.observatoriodoclima.eco.br/pais-nao-pode-abrir-mao-de-supercomputador/>.
5. BRASIL - Governo Federal. **Plano Nacional sobre Mudanças do Clima** – PNMC - Brasil. Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. Comitê Interministerial sobre Mudanças do Clima. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. URL: http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf.
6. CHARMAZ, Kathy. **Constructing grounded theory**: a practical guide through qualitative analysis. Londres: SAGE Publications, 2006.
7. DALBY, Simon. The geopolitics of climate change. **Political Geography**, v. 37, p. 38–47, Nov. 2013. doi: 10.1016/j.polgeo.2013.09.004
8. DEMERITT, David. The construction of global warming and the politics of science. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 91, n. 2, p. 301-337, June. 2001. URL: <https://www.jstor.org/stable/3651262>
9. DUARTE, Tiago. Mecanismos de Homogenização da Atividade Científica: O caso da ciência de mudanças climáticas. **Sociedade e Estado**, v. 31, n. 3, p. 821-843, 2016. doi: 10.1590/s0102-69922016.00030012
10. EDWARDS, Paul. **A vast machine**: computer models, climate data, and the politics of global warming. Massachusetts: The MIT Press, 2010.
11. EDWARDS, P. Meteorology as Infrastructural Globalism. The History of Science, **Osiris**, v. 21, n. 1, p. 229-250, 2006. doi: 10.1086/507143
12. ELDEN, Stuart. Secure the volume: vertical geopolitics and the depth of power. **Political Geography**, v. 34, p. 35–51, 2013. doi: 10.1016/j.polgeo.2012.12.009
13. ELZINGA, Aant. Science as the continuation of politics by other means. In: BRANTE, Thomas; FULLER, Steve; LYNCH, William. (Eds.) **Controversial science**: from content to contention. Albany: State University of New York Press, 1993. p.127-152.
14. ESCOBAR, Herton. Brasil prepara seu 1º modelo climático para o IPCC. **Portal de Notícias Estadão Ciência**. URL: <http://ciencia.estadao.com.br/blogs/herton-escobar/brasil-prepara-seu-1o-modelo-climatico-para-o-ipcc/>

15. EYRING, Veronica *et al.* Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. **Geoscientific Model Development Discussion**, v. 9, p. 1937-1958, 2016. doi: 10.5194/gmd-9-1937-2016
16. FLEMING, James R. **Inventing the atmospheric science**: Bjerknæs, Rossby, Wexler, and the foundations of modern meteorology. Cambridge: MIT Press, 2016.
17. HARDING, Sandra. **Objectivity and diversity**: another logic scientific research. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, 2015.
18. HARPER, C. Kristine. **Weather by the numbers**. The genesis of modern meteorology. Massachusetts: The MIT Press, 2008.
19. HULME, Mike. How Climate Models Gain and Exercise Authority. In: HASTRUP, Kirsten; SKRYDSTRUP, Martin (Eds.) **The social life of climate change models**: anticipating nature. New York: Routledge, 2013. p. 30-44.
20. HULME, Mike; MAHONY, Martin. Climate change: what do we know about the IPCC? **Progress in Physical Geography**, v. 34, n. 5, p. 705-718, 2010. doi: 10.1177/0309133310373719
21. IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Principles Governing IPCC Work**, 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/ipcc-principles/ipcc-principles.pdf>.
22. JACKSON, Steven J.; EDWARDS, Paul N.; BOWKER, Geoffrey C.; KNOBEL, Cory P. Understanding Infrastructures: History, Heuristics, and Cyberinfrastructures Policy. **First Monday**. Journal on the Internet, v. 12, n. 6, June 2007. URL: <http://www.firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/1904/1786>.
23. JANKOVIC, Vladimir. Science migrations: mesoscale weather prediction from Belgrade to Washington, 1970-2000. **Social Studies of Science**, v. 34, n. 1, p.45-75, 2004. doi: 10.1177/0306312704040490
24. JENSEN, Casper B.; WINTHEREIK, Britt R. **Monitoring movements in development aid**: recursive partnerships and infrastructures. Cambridge: The MIT Press, 2013.
25. JOSHI, Shangrila. Understanding India's representation of North-South climate politics. **Global Environmental Change**, v. 13, n. 2, p.128-147, 2013. doi: 10.1162/GLEP_a_00170
26. KANDLIKAR, Milind; SAGAR, Ambuj. Climate change research and analysis in India: an integrated assessment of a South-North divide. **Global Environmental Change**, v. 9, n. 2, p.119-138, 1999. doi: 10.1016/S0959-3780(98)00033-8
27. KARLSSON, Sylvia; SREBOTNJAK, Tanja; GONZALES, Patricia. Understanding the North-South knowledge divide and its implications for policy: a quantitative analysis of the generation of scientific knowledge in the environmental sciences. **Environmental Science and Policy**, v. 10, n. 7-8, p. 668-684, 2007. doi: 10.1016/j.envsci.2007.04.001

28. KREIMER, Pablo. **Emergencia y desarrollo de campos científicos en la periferia**: Argentina, segunda mitad del Siglo XX. Buenos Aires: CLACSO, 2016.
29. LAHSEN, Myanna. **Brazilian climate epistemers’ multiple epistemes**: exploration of shared meaning, diverse identities and geopolitics in global change science. Discussion Paper, 2002-01. Cambridge, MA: Environment and Natural Resources Program, Belfer Center, Kennedy School of Government, Harvard University, 2002.
30. LAHSEN, Myanna. Transnational locals: Brazilian experiences of the climate regime. *In*: JASANOFF, Sheila; MARTELLO, Marybeth (Eds.) **Earthly politics**: local and global in environmental governance. Massachusetts: The MIT Press, 2004. p. 151-172.
31. LAHSEN, Myanna. Seductive simulations? Uncertainty distribution around climate models. **Social Studies of Science**, v. 35, n. 6, p. 895-922, 2005. URL: www.jstor.org/stable/25046680
32. LAHSEN, Myanna. Trust through participation? Problems of knowledge in climate decision making. *In*: PETTINGER, Mary (Ed.) **The social construction of climate change**. Hampshire: Ashgate, 2007. p. 173-196.
33. MAC LEOD, Roy. On visiting the ‘moving metropolis’: reflections on the architecture of imperial science. **Historical Records of Australian Science**, v. 5, n. 3, p.1-16, 1982. doi: 10.1071/HR9820530001
34. MAHONY, Martin. The predictive state: science, territory and the future of the Indian climate. **Social Studies of Science**, v. 44, n. 1, p. 109-133, 2014. doi: 10.1177/0306312713501407
35. MAHONY, Martin; HULME, Mike. Model migration: mobility and boundary crossing in regional climate prediction. **Transaction of the Institute of British Geographers**, v. 37, n. 2, p. 197-211, 2012. doi: 10.1111/j.1475-5661.2011.00473.x
36. MEEHL, Gerald; BOER, George; COVEY, Curt; LATIF, Mojib; STOUFFER, Ronald. The Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 81, n. 2, p. 313-318, 2000.
37. MIGUEL, Jean C. H. **Políticas e infraestruturas das ciências atmosféricas**: um estudo social da modelagem climática no INPE. Tese [Doutorado em Política Científica e Tecnológica]. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2017.
38. MIGUEL, Jean C. H.; ESCADA, Paulo; MONTEIRO, Marko. Meteorologia no Brasil: a coprodução do conhecimento e das políticas científicas na criação do CPTEC. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 9, n. 1, p. 36-60, 2016.
39. MILLER, Clark. Climate science and the making of a global political order. *In*: JASANOFF, Sheila (Ed.) **States of knowledge**: the co-production of science and social order. Londres: Routledge, 2004. p. 46-66.
40. MILLER, Clark A. Scientific internationalism in American foreign policy: the case of meteorology, 1947-1958. *In*: MILLER, Clark A.; EDWARDS, Paul N.

Changing the Atmosphere: expert knowledge and environmental governance. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2001. p. 168-218.

41. MILLER, Clark A.; EDWARDS, Paul N. **Changing the Atmosphere:** expert knowledge and environmental governance. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2001.

42. MONTEIRO, Marko S. A. Modelling Amazonian environments: some considerations on the science-policy interface in Brazil. **Paper Presented at 4S-ESOCITE Joint Meeting.** Buenos Aires, 2014.

43. MONTEIRO, Marko S. A. Construindo imagens e territórios: pensando a visualidade e a materialidade do sensoriamento remoto. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 577-591, 2015. doi: 10.1590/S0104-59702015000200006

44. MONTEIRO, Marko S. A.; RAJÃO, Raoni. Scientists as citizens and knowers in the detection of deforestation in the Amazon. **Social Studies of Science**, v. 47, n. 4, p. 466-484, 2017. doi: 10.1177/0306312716679746

45. MOREIRA, Helena M.; RIBEIRO, Wagner C. A China na ordem ambiental internacional das mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 87, p. 213-234, 2016. doi: 10.1590/S0103-40142016.30870013

46. O'LEAR, Shannon; DALBY, Simon. **Reframing Climate Change.** Constructing Ecological Geopolitics. Londres: Routledge, 2015.

47. PETHERICK, Anna. High hopes for Brazilian science. **Nature**, n. 465, p.674-675, 9 jun. 2010. doi:10.1038/465674a

48. SHACKLEY, Simon; WYNNE, Brian. Representing uncertainty in global climate change science policy: boundary-ordering devices and authority. **Science, Technology & Human Values**, v. 21, n. 3, p. 275-302, 1996. URL: <https://www.jstor.org/stable/689709>

49. SHACKLEY, Simon. Trust in models? The mediating and transformative role of computer models in environmental discourse. *In*: REDCLIFT, Michael; WOODGATE, Graham (Eds). **The international handbook of environmental sociology.** Londres: Edward Elger Publishing, 1997. pp. 237-260.

50. SHACKLEY, Simon; YOUNG, Peter; PARKINSON, Stuart; WYNNE, Brian. Uncertainty, complexity and concepts of good science in climate change modelling: are CGMs the best tools? **Climate Change**, v. 38, n. 2, p. 159-205, 1998. doi: 10.1023/A:100531010

51. SHACKLEY, Simon. Epistemic lifestyles in climate change modelling. *In*: MILLER, Clark; EDWARDS, Paul (Eds.) **Changing the atmosphere:** expert knowledge environmental governance. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2001. p.107-133.

52. SUDENBERG, Mikaela. Mobilizing networks. researcher roles in atmospheric science. **Acta Sociologica**, v. 50, n. 3, p. 271-282, 2007a. doi: 10.1177/0001699307080932

53. SUDENBERG, Mikaela. Parameterizations as boundary objects on the climate arena. **Social Studies of Science**, v. 37, n. 3, p. 473-488, 2007b. doi: 10.1177/0306312706075330
54. TAYLOR, Karl. **Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison** (PCMDI), Lawrence Livermore National Laboratory. Presented to the WCRP Working Group on Coupled Modelling, Hamburg, Germany, 2012. URL: http://www.wcrp-climate.org/wgcm/WGCM16/Taylor_CMIP5Update_WGCM16.pdf. Acesso: 27 fev. 2015.
55. TOLLEFSON, Jeff. Brazil's climate modellers are set to go global. **Nature**, n. 468, p. 20, 04 nov. 2010. doi:10.1038/468020a
56. VIOLA, Eduardo. O regime internacional de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 17, n. 50, p. 25-46, 2002. doi: 10.1590/S0102-69092002000300003
57. VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matias. Brasil na Governança Global do Clima, 2005-2012; a luta entre conservadores e reformistas. **Contexto Internacional**, v. 35, n. 1, p. 43-76, 2013. doi: 10.1590/S0102-85292013000100002.
58. WALKER, Dawn; NOST, Eric; LEMELIN, Aaron; LAVE, Rebecca; DILLON, Lindsey. Practicing environmental data justice: from data rescue to data together. **Geo: Geography and Environment**, v. 5, n. 2, p. 1-14, 2018. doi: 10.1002/geo2.61
59. WATTS, Jonathan. Brazil's new foreign minister believes climate change is a Marxist plot. **The Guardian** 11/08/2018. URL: <https://www.theguardian.com/world/2018/nov/15/brazil-foreign-minister-ernesto-araujo-climate-change-marxist-plot>.
60. WEART, Spencer. The development of general circulation models of climate. **Studies in History and Philosophy of Modern Physics**. Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, v. 41, n. 3, p. 208-217, 2010. doi: 10.1016/j.shpsb.2010.06.002
61. WYNNE, Brian. SSK's identity parade: signing-up off-and-on. **Social Studies of Science**, v. 26, n. 2, p. 357-91, 1996. doi: 10.1177/030631296026002007
62. WYNNE, Brian. Strange weather, again: climate science as political art. **Theory, Culture & Society**, v. 27, n. 2-3, p. 289-305, 2010. doi: 10.1177/0263276410361499
63. WHITEHEAD, Mark; JONES, Rhys; JONES, Martin. **The nature of the state: excavating the political ecologies of the modern state**. Oxford: Oxford University Press, 2007

Recebido em: 15 fev. 2019

Aceito em: 01 jul. 2019