

**MODELOS DO CLIMA, MODELOS POLÍTICOS**

Uma breve historiografia da previsão numérica e modelagem climática no  
CPTEC/INPE.

Jean Carlos Hochsprung Miguel<sup>1</sup>

Marko Monteiro<sup>2</sup>

O campo da Meteorologia passou a ser redefinido na Europa e nos EUA a partir da década de 1950 quando as primeiras previsões do tempo utilizando métodos numéricos foram feitas. Apesar das incertezas presentes no início da aplicação de métodos numéricos de previsão do tempo, estes continuaram a evoluir na década de 1960, de maneira associada ao crescimento da capacidade de processamento dos computadores e da extensão das redes de observação e compartilhamento de dados.

Atualmente, modelos computacionais elaboram cenários climáticos futuros que descrevem as consequências das emissões de carbono à vida na Terra em escalas de décadas a séculos. Desse modo, os modelos computacionais do tempo e clima tornaram-se centrais no desdobramento da história das mudanças climáticas, pois permitiram sustentar políticas direcionadas ao incentivo da pesquisa e desenvolvimento de novos conhecimentos e tecnologias para a aferição e mitigação dos efeitos dessas mudanças.

No Brasil, o Centro de Previsões do Tempo e Estudos do Clima (CPTEC), vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), desenvolve e opera desde sua criação em 1994 modelos numéricos de previsão do tempo e clima, processa dados de satélites meteorológicos e desenvolve pesquisas em Meteorologia, clima e temas correlatos.

Através de uma perspectiva adotada por estudos na área da Política Científica e Tecnológica os quais investigam a produção da Ciência e da Tecnologia (C&T) como uma relação de coprodução da ciência e da sociedade, esse trabalho pretende expor uma

---

<sup>1</sup> Sociólogo. Doutorando em Política Científica e Tecnológica. UNICAMP.

<sup>2</sup> Antropólogo. Professor no Departamento de Política Científica e Tecnológica da UNICAMP.

breve historiografia da implementação e desenvolvimento do CPTEC. Busca-se pontuar os momentos históricos em que este centro foi construído como parte de um processo de reordenamento da política e da ciência para a governança dos riscos climático-ambientais.

Para tanto, o trabalho contempla três momentos. Em um primeiro momento, trata-se do período de implementação e planejamento do CPTEC (1986-1994). Posteriormente, discorre-se sobre o período de consolidação das atividades do centro (1994–2007). Finalmente, trata-se do período recente de readequação de suas atividades (2007 – dias atuais) que está relacionado ao surgimento de outros centros que passaram a trabalhar com modelagem climática e monitoramento do tempo no Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI) como, por exemplo, o Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

Em síntese, indica-se que o desenvolvimento de conhecimentos e produtos tecnológicos relacionados às previsões numéricas e à modelagem climática no CPTEC ocorreu em condições marcadas pelas urgências políticas, econômicas e ambientais apresentadas ao governo federal e à sociedade nos períodos históricos em que o CPTEC teve sua implementação e desenvolvimento. Sugere-se que estas condições influenciaram o desenvolvimento e o direcionamento das pesquisas do CPTEC. Entretanto, isto não significa defender que houve uma relação determinista da política sobre a agenda de pesquisa da instituição. Defende-se que essa relação seja entendida como um processo de “coprodução” da ciência e da sociedade.

Por coprodução da ciência e da sociedade, conforme definido por Sheila Jasanoff (2006), entende-se a produção do conhecimento tecnocientífico como uma relação na qual as pessoas e as instituições envolvidas possuem motivações políticas, interesses e valores específicos que perpassam suas atividades. Entretanto, através dessa abordagem, pensa-se que estes atores e suas motivações transformam-se no decorrer do processo de produção na medida em que o conhecimento por eles produzido passa a legitimar e modificar fundamentalmente o poder e a natureza de suas ações. Nesse sentido, o contexto social e a produção do conhecimento científico implicam em um processo de construção da realidade no qual contexto e conhecimento são indissociáveis, pois são mutuamente construídos. A respeito da interação entre a ciência e a política, essa perspectiva analítica evita tratar esta relação como sendo entre duas esferas separadas

tentando demonstrar que a macro-política é coproduzida pela atividade e o engajamento de cientistas e suas comunidades no processo de sua elaboração e efetivação.

Como principal fonte de dados, esse trabalho utiliza informações obtidas em entrevistas realizadas com diversos modeladores e pesquisadores do INPE e da USP no período de maio a julho de 2013<sup>3</sup>. Também utiliza materiais disponíveis no site do CPTEC como vídeos de eventos realizados pelo centro nos quais questões pertinentes aos objetivos do trabalho foram discutidas.

#### 1. Previsão numérica e modelagem do tempo e clima no CPTEC - período de planejamento e implementação (1986-1994).

O desenvolvimento da área de operação e pesquisa em previsão numérica do tempo e clima no Brasil é relativamente recente se comparado aos países europeus e aos Estados Unidos. Enquanto esses países tiveram suas primeiras experiências em previsão numérica com modelos de circulação global da atmosfera em meados da década de 1950 (EDWARDS, 2010, p. 168), o Brasil iniciou suas primeiras atividades na década de 1980 no Departamento de Meteorologia do INPE e, de forma mais expressiva, a partir de 1994 com a criação do Centro de Previsão do Tempo e Estudos do Clima (CPTEC) na mesma instituição.

No final da década de 1980, o governo brasileiro diagnosticou um atraso da Meteorologia no Brasil. Na época, as previsões fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) eram realizadas através de métodos estatísticos e contavam com pareceres subjetivos dos meteorologistas. Esse tipo de previsão do tempo, que dependia criticamente da habilidade do meteorologista em interpretar os dados disponíveis, já fora abandonada pelos centros europeus e norte americano que operavam suas previsões totalmente através de métodos baseados em estudos da dinâmica dos fluidos, combinando o conhecimento das leis físicas com técnicas de cálculo numérico e de computação.

As atenções do governo brasileiro para os problemas relacionados ao tempo e ao clima dirigiam-se, principalmente, às consequências das fortes secas na região nordeste e às enchentes que ocorreram no Sul do país em 1983 e 1984. A necessidade de

---

<sup>3</sup> Destaca-se que este trabalho é parte de uma pesquisa de doutorado em andamento no Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp. Trata-se, portanto, de uma primeira síntese dos dados coletados.

previsões meteorológicas mais precisas surge como um possível instrumento para a governança desses riscos. Essa urgência de modernizar os serviços meteorológicos, além de atender demandas políticas relacionadas à agricultura e à defesa civil nas regiões afetadas, contou com iniciativas advindas de grupos científicos que já sinalizavam para a necessidade de investir em pesquisas na área da Meteorologia.

Estes grupos científicos situavam-se nas universidades e no Ministério da Agricultura que historicamente abriga e orienta as atividades do INMET. O planejamento para criação de um centro moderno de previsão do tempo e estudos climáticos surge como desdobramento das atividades já iniciadas no campo da Meteorologia, porém, pouco articuladas e sem enfoque em estudos avançados na área de previsão numérica e modelagem do tempo e clima. Dentre os cursos que existiam na época<sup>4</sup>, o departamento de Meteorologia do INPE era o único que desenvolvia estudos nessa área. Foi nessa instituição, portanto, que surgiram as iniciativas de especialistas para a criação do centro.

De acordo com o pesquisador P. N. do INPE<sup>5</sup> “os primeiros modelos conceituais brasileiros foram criados no departamento de Meteorologia do INPE e rodados no supercomputador do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) através de um terminal remoto”. Segundo P. N., no final da década de 1980 o INPE já reunia massa crítica suficiente para se lançar em projetos de previsão numérica e modelagem climática, de modo que isso viabilizou a criação do CPTEC nesse instituto.

Essa massa crítica não era formada somente por pesquisadores brasileiros, mas por pesquisadores indianos como Vadlamudi Brahmananda Rao (pesquisador emérito), Prakki Satyamurty e Yelistetty Viswanadham, que estudavam na época métodos numéricos para previsão do tempo no departamento de Meteorologia do INPE. Outro pesquisador indiano que foi muito importante para o desenvolvimento do campo da modelagem climática no INPE foi Jagadish Shukla que, na época, estava na direção do

---

4 O primeiro curso na área de Meteorologia no Brasil surge na década de 1960 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Em 1968, surge o primeiro curso de pós-graduação no Departamento de Meteorologia do INPE. A partir desses dois cursos, outras universidades passaram a desenvolver seus próprios cursos de graduação e pós-graduação na área como, por exemplo, no Instituto de Astronomia e Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (1975), na Universidade Federal de Campina Grande (1978), Universidade Federal de Pelotas (1985), dentre outros. Entretanto, no que se refere propriamente a modelagem climática, o curso de pós-graduação do INPE obteve maior destaque na formação de recursos humanos.

5 Os nomes dos pesquisadores entrevistados serão referidos por iniciais para que sejam preservadas suas identidades. Entrevista concedida ao autor em 21/06/2013.

COLA (Center for Land, Ocean and Atmosphere Studies) nos EUA. Através do dr. Shukla, o INPE obteve uma cooperação do COLA para treinamento de pessoal em técnicas de modelagem e, principalmente, para a obtenção do primeiro software de computador do CPTEC para previsão numérica do tempo em escala global. Estas relações com pesquisadores e centros internacionais de operação e pesquisa na área de Meteorologia favoreceram o INPE como instituição capacitada para planejar e implementar o projeto do CPTEC.

Segundo informações obtidas em entrevistas com pesquisadores do INPE, dentre os pesquisadores brasileiros envolvidos na elaboração e execução do projeto de criação do CPTEC estavam Gilvan Meira, Gilberto Câmara, Pedro Dias e Jairo Panetta. Em 1986 esses pesquisadores foram enviados aos centros europeus UK MetOffice (escritório de Meteorologia do Reino Unido), ECMWF e ao centro norte americano NCEP (National Centers for Environmental Prediction) para conhecer como operavam esses centros tendo em vista o plano de implantação do centro brasileiro.

O formato institucional adotado na criação do CPTEC foi o do centro europeu ECMWF por desempenhar simultaneamente operação e pesquisa na previsão de tempo e clima. No entanto, foi o centro norte americano COLA (Center for Land, Ocean and Atmosphere Studies) quem disponibilizou o modelo inicial para a previsão numérica no Brasil e treinou alguns pesquisadores do INPE nas novas técnicas de modelagem, dentre eles, José Paulo Bonatti.

Segundo entrevistas realizadas com modeladores do INPE e do IAG da USP<sup>6</sup>, José Paulo Bonatti foi o primeiro pesquisador a desenvolver mudanças no código de modelos numéricos para previsão de tempo no Brasil. Com a implantação do CPTEC em 1994 e a compra do primeiro supercomputador NEC SX3, Bonatti juntou-se a uma equipe formada por matemáticos, meteorologistas e especialistas em computação, dentre ele, Jairo Panetta e Pedro Dias. O desafio desse grupo de trabalho foi migrar o modelo norte americano do COLA para as condições computacionais do NEC SX3 e adaptá-los às necessidades do CPTEC.

Finalmente criado em 1994, o CPTEC iniciou atividades de pesquisa, operação e formação de recursos humanos na área de previsão numérica e modelagem do tempo e clima. Articulado às políticas governamentais através do MCTI, o centro passou a liderar as atividades de P&D no campo da Meteorologia no país.

---

<sup>6</sup> Entrevistas realizadas em: 17/05/2013; 27/05/2013; 24/06/2013.

## 2. Previsão numérica e modelagem do tempo e clima no CPTEC – Período de consolidação (1994 – 2007).

Desde sua criação, o CPTEC se empenhou em desenvolver melhorias em seus modelos. A partir de 1994, avanços significativos foram feitos no modelo COLA pela equipe de modelagem do CPTEC. Desse modo, em 2002, o modelo passou a se chamar CPTEC/COLA, pois foram realizados diversos desenvolvimentos no código na parte do modelo atmosférico e também nos acoplamentos de superfície do solo e oceano. No ano de 2004, o modelo passou a ser chamado de modelo de circulação global do CPTEC, pois já estava completamente modificado.

Além dos desenvolvimentos obtidos a partir do modelo COLA, o CPTEC iniciou em 2001 atividades de pesquisa e operação com o modelo regional ETA desenvolvido na Universidade de Belgrado, Iugoslávia, e aprimorado no NCEP, EUA. No Brasil, as adaptações do sistema foram coordenadas pelo físico Prakki Satyamurty, então chefe do Laboratório de Meteorologia e Oceanografia do CPTEC. A instalação do ETA representou avanços em termos de confiabilidade e, sobretudo, de resolução, com previsões mais detalhadas para toda a América do Sul.

No período de 1994 a 2007, o desenvolvimento dos modelos de circulação geral e regional só foi possível porque ocorreram novos investimentos em supercomputação. Em 1998, o CPTEC adquiriu o supercomputador NEC SX4. Em 2004, houve a compra do NEC SX6 e em 2007 adquiriu o cluster computacional da SUN. Esses avanços em infraestrutura computacional foram financiados pelo governo federal através do MCTI em convênio com a FINEP, projeto denominado PROTIM – Projeto Tecnologia da Informação para Meteorologia.

O modelador G.S. do CPTEC<sup>7</sup> afirmou que os financiamentos obtidos para a compra de supercomputadores em 1998 e 2004 foram facilitados por uma nova urgência percebida pelo governo federal na época: o risco das crises energéticas devido à falta de chuva, os chamados “apagões”. G.S. destacou que as áreas de geração e transmissão de energia hidrelétrica são grandes usuárias da informação e previsão de tempo e clima. Nas palavras do entrevistado:

---

<sup>7</sup> Entrevista em 27/05/2013.

Tanto é assim que as empresas da área costumam empregar meteorologistas. No contexto do dilema operacional típico de uma usina hidrelétrica entre gerar energia ou reservar água para abastecimento existe um papel fundamental exercido pela previsão de tempo e de clima sazonal. Durante leilões do setor elétrico, parte do preço é computado em função da previsão de tempo. A definição e planejamento de uma usina hidrelétrica tem como base a chuva que cai historicamente sobre a região. O próprio CPTEC atende em particular as necessidades de previsão da Eletrobrás e da Eletropaulo, entre outras empresas do setor elétrico.

Nesse sentido, as demandas por previsões do tempo e do clima sazonal adquiriram grande importância econômica e política. Percebe-se neste fato que, historicamente, não é possível separar os fatores econômicos, políticos e ambientais dos desenvolvimentos obtidos no campo da previsão numérica e da modelagem climática. Novos imperativos políticos e econômicos surgiram com os “apagões” e as necessidades de previsão para o setor elétrico. Pesquisas de previsão climática de chuva e monitoramento hidrometeorológico ganharam força nesse período em instituições ligadas a Meteorologia<sup>8</sup>.

Entretanto, essa relação não deve ser entendida somente como uma demanda que beneficiou e orientou os grupos científicos. Trata-se de uma relação de coprodução. A ênfase na necessidade de previsão dos níveis de chuva passou a afetar diretamente as políticas do setor energético em seu planejamento a longo prazo tornando esse setor dependente das informações hidrometeorológicas. Conforme observou o modelador G.S., até mesmo os leilões do setor energético tiveram seu preço computado em função da previsão do tempo.

A oferta de conhecimentos e serviços específicos em Meteorologia tem um novo desdobramento a partir de 2007 com a ênfase na agenda do governo brasileiro à urgência das mudanças climáticas. Nesse sentido, o CPTEC passa em sua fase recente por um período de readequação de suas atividades.

### 3. Previsão numérica e modelagem do tempo e clima no CPTEC – Período de readequação (2007 aos dias atuais)

---

<sup>8</sup> Observa-se que a edição de agosto de 2002 do Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET) dedicou uma edição inteira ao tema “A Meteorologia e a Gestão de Energia”. No edital desse volume, a diretoria da SBMET reforçou a importância do tema anunciando que eixo principal do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia seria “A Meteorologia e a Gestão da crise energética”. Acesso online em: [www.sbmet.org.br](http://www.sbmet.org.br) link: boletim da SBMT, vol. 26, n.2. Acesso em: 25/07/2013.

O período atual, chamado nesse trabalho de readequação do CPTEC, está relacionado a uma nova condição da política ambiental e científica pautada no Regime Internacional de Mudanças Climáticas que redefiniu políticas na área de C&T em âmbito nacional. Este regime corresponde a uma série de acordos internacionais que ilustram uma visão dominante de “descarbonização” da economia global e prevenção dos impactos relacionados à mudança do clima, tais como a Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (1992), o protocolo de Kyoto (1997) e a Conferência de Copenhague das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (2009).

No Brasil, a partir da realização da conferência RIO 92, o governo assinou a Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Entretanto, somente no ano de 2007 surge o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC - Decreto 6.263) e em 2009 é promulgada a Lei 12.187 que estabelece a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC). Aliado a esta política, em 2009 (Lei n° 12.114/2009) foi criado o Fundo Nacional sobre Mudanças do Clima (Fundo Clima) com a finalidade de financiar projetos, estudos e empreendimentos que visem mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas. Entendendo que a mudança global do clima é um dos mais significativos desafios da atualidade, o PNMC e o Fundo Clima estabeleceram metas a diversos setores da economia e também às instituições de ensino e pesquisa (PNMC, 2007). Particularmente em relação à C&T, o PNMC destaca que os incentivos a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) devem abarcar os três eixos fundamentais da mudança global do clima:

- I. A ciência da mudança global do clima, tratando da detecção e atribuição de causas, a elaboração de cenários e projeções em escalas temporais de décadas a séculos, e observação e modelagem de todos os componentes do Sistema Climático e suas interfaces, com redução de incertezas;
- II. Estudos sobre impactos da mudança global do clima nos sistemas humanos e naturais, identificação de vulnerabilidades e pesquisas visando à adaptação;
- III. Mitigação da mudança do clima de importância para o Brasil (PNMC, 2007, p.92).

Contemplados nas metas do PNMC, os modelos de cenários climáticos futuros são reconhecidos pelo governo brasileiro como ferramentas essenciais na compreensão dos processos físicos, sociais e ecológicos em sua dinâmica que rege o clima regional e global.



Aliado a essa política, o MCTI junto a FINEP lançou em 20 de novembro de 2007 o projeto da Rede Clima. Segundo o primeiro edital do projeto, as atribuições da rede são:

- a) Articular as várias instituições brasileiras e instituições internacionais em um trabalho cooperativo com vistas à mitigação e adaptação das mudanças climáticas;
- b) Contribuir para a formulação e acompanhamento de políticas públicas no âmbito do território brasileiro;
- c) Atuar na realização de estudos sobre as vulnerabilidades do país às mudanças climáticas, além de estudar alternativas de adaptação;
- d) Um papel adicional da Rede Clima é o de fonte de dados para apoiar a diplomacia brasileira nas negociações sobre o regime internacional de mudanças do clima. (REDE CLIMA, 2007).

Associado a Rede Clima, é criado em 2008 pelo MCTI o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT). Esta iniciativa pretende uma articulação entre os programas de fomento do CNPQ, CAPES e FAPESP para as mudanças climáticas e a Rede Clima. Dessa forma, o INCT é um pilar de P&D do Plano Nacional sobre Mudanças do Clima estruturado em três eixos científicos e um eixo tecnológico:

1. A base científica das mudanças ambientais globais;
2. Estudos de impactos, adaptação e vulnerabilidade;
3. Mitigação;
4. Desenvolvimento de produtos tecnológicos (tais como o modelo brasileiro do sistema climático global, desenvolvimentos de geosensores, dentre outras tecnologias observacionais do clima).

Particularmente no estado de São Paulo, o Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais tem sido o responsável por grande parte dos investimentos para a expansão das pesquisas sobre mudanças climáticas. Criado em agosto de 2008, o programa previu em um período fixado em dez anos o investimento de R\$ 100 milhões em projetos de pesquisa básica e interdisciplinar para a avaliação de riscos e adaptação às mudanças climáticas (FAPESP, 2008).

Essa nova leva de políticas e programas de incentivo às pesquisas sobre mudanças climáticas provocou modificações institucionais dentro do INPE que afetou o CPTEC. É importante destacar que as secretarias executivas da Rede Clima e do INCT

para as mudanças climáticas foram instaladas no INPE. Fato que sinalizou um incentivo à reconfiguração das áreas de pesquisa em tempo e clima na instituição.

Uma das primeiras ações do MCTI foi a criação do Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST) na sede do INPE em 2008. Esse centro foi criado para o desenvolvimento da modelagem das mudanças climáticas na escala de dezenas e centenas de anos. Os objetivos da criação do centro, conforme descritos em seu site<sup>9</sup>, são ligados à elaboração da Política e do Plano Nacional de Mudanças Climáticas, bem como à coordenação do Programa FAPESP para as mudanças climáticas. A produção de conhecimento do centro, fortemente focada no tema das mudanças climáticas, é financiada em grande parte pelo INCT, FAPESP e Rede Clima.

Uma segunda ação do MCTI foi a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) em 2011. A grande motivação para a criação do centro foram os deslizamentos de encostas que ocorreram em 12 de janeiro de 2011 e causaram centenas de mortos e desabrigados. O governo federal lançou então o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais com financiamentos de infraestrutura através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), e no qual prevê a operação integrada do CEMADEN no MCTI e do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) para ações de monitoramento e resposta. Esse novo ator ligado a Meteorologia dentro do MCTI foi instalado do lado do CPTEC em Cachoeira Paulista (SP).

A criação desses dois centros, o CCST e o CEMADEN, como fruto de uma correlação de políticas, eventos naturais extremos e iniciativas dos grupos científicos, coloca em questão a posição do CPTEC enquanto órgão de previsão do tempo e estudos climáticos. Os efeitos dessa nova leva de políticas sobre a instituição é controverso entre os pesquisadores.

Segundo a meteorologista da USP e ex-integrante do CPTEC M.A.<sup>10</sup>, a equipe especializada dedicada ao esforço de modelagem numérica no CPTEC é pequena quando comparada com equipes em outros centros de Meteorologia do mundo. Segundo a pesquisadora, com a criação do CCST pelo INPE, parte dessa equipe de modelagem numérica deslocou-se para o CCST. Com a redução da equipe do CPTEC surgiu o

---

9 [www.ccst.inpe.br](http://www.ccst.inpe.br)

10 Entrevista concedida ao autor em 13/06/2013 – IAG-USP.

problema da indisponibilidade de recursos humanos especializados. M. A reconhece que com a criação do CEMADEN houve um problema semelhante:

Com a criação do CEMADEN instalado a poucas centenas de metros do prédio do CPTEC e com a abertura de vários concursos para contratação de pessoal, novamente ocorre um esvaziamento do pessoal do CPTEC, particularmente os meteorologistas que trabalham com previsão do tempo operacional e os pesquisadores do DSA/CPTEC.

M. A. destaca ainda que com a entrada desses novos atores na área de monitoramento meteorológico, previsão numérica e modelagem climática surgem questões relacionadas à “duplicação de operações dentro do contexto do que já existe na Meteorologia Nacional”, pois no curto prazo de existência desses centros “não houve tempo hábil para coordenar e articular suas atividades com o que já existe”.

Contrário a esse ponto de vista, o meteorologista P. N. do CCST/INPE, afirma que a criação desses novos centros não promoveu divisão de recursos, mas ao contrário alavancou maiores recursos para o CPTEC e para a Meteorologia brasileira de modo geral. Segundo ele, trata-se de “um processo de horizontalização, de distribuição das tarefas que são muito maiores do que cada um desses centros isoladamente”. P.N. afirma que a criação desses centros corresponde a uma nova “ruptura de paradigma na Meteorologia nacional” da mesma forma que ocorreu com a criação do CPTEC. Nas palavras do entrevistado:

A criação do CPTEC anteriormente causou rupturas de paradigma. Quando o CPTEC foi criado, a “comunidade”, vamos chamar assim, ou, elementos da comunidade meteorológica nacional, se opuseram nos congressos brasileiros de meteorologia. Temia-se que fossem desviados os recursos das universidades que já eram insuficientes. O que de fato ocorreu foi o oposto. O CPTEC foi um tremendo alavancador de recursos para todas as áreas da Meteorologia. A mesma coisa o CCST. Quando ocorreu a criação do CCST houve elementos dentro de INPE que advogavam que iria ocorrer a divisão de recursos. E novamente o contrário. O CCST está em uma tarefa que é multidisciplinar trazendo biólogos, agrônomos, economistas, para tratar da questão do clima em dimensões que não estão no mandato do CPTEC. Então o que o CCST faz? O CCST expande a abrangência da atuação do CPTEC. Quando CCST e o CPTEC trabalham em parceria ambos crescem. Fazer previsão de tempo é uma coisa, fazer previsão de mudanças climáticas é outra coisa, fazer previsão de eventos extremos e desastres naturais é uma ciência totalmente nova que ela é ortogonal à atuação desses centros e o CEMADEN.

P.N. destacou que um exemplo de recursos advindos dos novos programas de pesquisa sobre mudanças climáticas que beneficiou diretamente o CPTEC foi a compra do novo supercomputador CRAY XT6. Instalado no centro em 2010, o

supercomputador teve um terço do custo financiado pelo programa FAPESP sobre mudanças climáticas e outros dois pelo MCTI.

Apesar de assumirem posições divergentes quanto aos efeitos da criação dos novos centros, o que há em comum entre os pontos de vista dos dois pesquisadores é que o atual período refere-se a uma mudança de estrutura nas atividades de previsão do tempo e modelagem climática no Brasil.

Entretanto, o diagnóstico feito pelo atual coordenador geral do CPTEC, Osvaldo Moraes, em uma apresentação feita ao Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação, Marcos Raupp, em 16 de julho de 2012<sup>11</sup>, expôs que a situação da previsão numérica e da modelagem no CPTEC tem lidado com problemas relacionados à indisponibilidade de recursos humanos e a qualidade dos modelos de previsão do centro. Segundo o coordenador, dos 330 funcionários do CPTEC, apenas 77 são servidores públicos concursados. “Todo o pessoal que trabalha com previsão climática são servidores públicos temporários e na divisão de operação apenas 1 servidor é concursado”. Isso remete a um sério problema relacionado a flutuação de profissionais que demandam longo tempo de treinamento, mas que devido a falta de concursos públicos acabam migrando para outras instituições que lhes oferecem maior estabilidade. Outra questão crítica apontada por Osvaldo refere-se à situação da previsão numérica de tempo no CPTEC. Segundo o coordenador, “desde 2007 a destreza dos modelos do CPTEC tem deixado a desejar, pois não conseguiu acrescentar um dia a mais no cenário de previsões”. Outro fator mencionado em sua apresentação foi que o CPTEC “não está incluído na intercomparação internacional de modelos realizada pelo UK MetOffice”. Isso porque o CPTEC não possui uma análise robusta dos dados para elaborar sua própria condição de inicialização dos seus modelos<sup>12</sup>. Assim, para rodar seus modelos, necessita utilizar a condição inicial fornecida pelo NCEP dos EUA, o que o impede de estar no quadro comparativo do UK MetOffice.

A partir dessas considerações uma questão que pode ser colocada é: será possível afirmar que esse diagnóstico negativo de algumas das atividades do CPTEC

---

11 Vídeo disponível em [www.videosonline.cptec.inpe.br](http://www.videosonline.cptec.inpe.br). Acesso em 25/07/2013.

12 Para rodar um modelo de previsão numérica de tempo é preciso definir da forma mais completa e precisa o estado inicial da atmosfera, ou condição inicial. Para isso, utiliza-se um processo matemático complexo denominado assimilação de dados. O processo de assimilação de dados em modelos numéricos consiste em definir o estado da atmosfera com um software que seja a melhor aproximação possível das observações desse mesmo estado feitas em uma janela de tempo em volta da hora em que vai ser disparada a previsão do tempo. Portanto, definir a condição inicial com precisão é um dos grandes desafios dos centros meteorológicos.

está relacionado ao surgimento de programas de pesquisa que privilegiam estudos em mudanças climáticas que, ao invés de focar na melhoria dos modelos para previsão numérica regional de curto e médio prazo, incentivam o desenvolvimento de projetos de modelagem de cenários climáticos futuros? A resposta a essa questão depende do ponto de vista dos diferentes pesquisadores.

A meteorologista M.A. afirma que as pesquisas sobre mudanças climáticas em longo prazo são muito importantes, mas segundo ela, “não é preciso desvestir um santo para vestir outro”. O que ocorre segundo M.A. é que o fomento as pesquisas em Meteorologia tem privilegiado temas relacionados diretamente as mudanças climáticas. Nas palavras da meteorologista:

A FINEP exerceu no passado um papel de fomento e indução de áreas de pesquisa em Meteorologia através de editais específicos para a área. Nos últimos anos não tem havido editais e o setor representado por universidades, centros de pesquisa, centros estaduais de Meteorologia se ressentem da falta de continuidade. O CNPQ tem mantido a porta aberta através de editais universais que alimentam o sistema, porém não tem dirigido o foco para assuntos prioritários da área de Meteorologia. A ênfase dos financiamentos está nos tópicos sobre mudanças climáticas que tem recebido atenção da FAPESP, Rede Clima, entre outros editais estaduais.

Para o meteorologista P. N., os recursos destinados às pesquisas em mudanças climáticas que financiam projetos do INPE como, por exemplo, o BESM (sigla em inglês para o projeto do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global), tem beneficiado o CPTEC no desenvolvimento dos seus modelos e no fornecimento de pessoal especializado. Segundo P.N., houve um “desinvestimento” durante uma década na continuidade do desenvolvimento da modelagem numérica no CPTEC. P.N. argumenta que, no momento, o projeto do BESM aporta seis pesquisadores contratados especificamente para desenvolver melhorias no modelo global do CPTEC. Nas palavras do meteorologista:

São seis pesquisadores contratados especificamente pra melhorar o modelo. Há teses de doutorado orientadas para a construção do BESM com o desenvolvimento específico do modelo atmosférico do CPTEC. O suposto conflito de que os recursos não estão sendo aplicados na previsão do tempo e estão sendo dirigidos para a previsão climática, para pesquisas de mudança climática é tudo conversa furada. Por quê? Porque se está produzindo recursos e conhecimento de pessoas para o desenvolvimento do modelo atmosférico que faz a previsão de tempo para o Brasil. Então, esses programas tem uma forma agregadora. Porque sem um modelo que faça as previsões de tempo nós não poderemos fazer previsões de mudanças climáticas. Então, nós estamos aplicando recursos no desenvolvimento da capacidade de prever tempo, mas conscientes de que não basta prever tempo.

Você pode prever o tempo bem pelas razões erradas se não houver pesquisas de maior amplitude no tema do clima e suas mudanças em escala global.

Através dessas opiniões divergentes é possível pensar que a Meteorologia no Brasil passa por um período de discussão a respeito das prioridades de suas operações e sobre o direcionamento de suas pesquisas. Nesse campo, o CPTEC busca rever sua estrutura junto ao contexto institucional e político em que atua. Essa possível reestruturação do centro não é determinada somente por elementos políticos fora do campo de sua atuação, mas como foi possível notar, trata-se de uma disputa presente no âmago do campo da Meteorologia brasileira que reflete na governança dos riscos climático-ambientais.

### Considerações finais

O desenvolvimento de conhecimentos e produtos tecnológicos relacionados às previsões numéricas e a modelagem climática no CPTEC ocorreram em condições marcadas pelas urgências políticas, econômicas e ambientais presentes nos períodos históricos em que o centro teve sua implementação e desenvolvimento. No período de planejamento e implementação do CPTEC (1986 – 1994), a atenção do governo federal dirigia-se para as urgências relacionadas à falta de previsões do clima sazonal para identificar períodos de secas, bem como, médias elevadas de chuva e a ocorrência de enchentes nas regiões nordeste e sul do país. No período de consolidação (1994 – 2007), novos imperativos políticos e econômicos surgiram com os “apagões” e as necessidades de previsão para o setor elétrico. A partir de 2007, uma nova condição da política ambiental e científica, pautada no Regime Internacional de Mudanças Climáticas, passou a redefinir políticas na área de C&T. Essa transição foi marcada pela articulação de programas de fomento às pesquisas direcionadas ao tema amplo das mudanças climáticas. Nesse período, dois novos centros foram criados sob a administração do MCTI, o CCST e o CEMADEN, que também passaram a trabalhar com previsão meteorológica. Nesse novo contexto, o CPTEC busca readaptar-se para que consiga dar prosseguimento as suas funções de operação e pesquisa em previsão e modelagem do tempo e clima de maneira articulada com os novos centros.

A emergência das condições marcadas por riscos climático-ambientais que culminou na elaboração das políticas e programas de pesquisa sobre mudanças climáticas foi coproduzida pelas iniciativas políticas e a ação dos grupos científicos

envolvidos. Através dos períodos de desenvolvimento do CPTEC anteriormente pontuados, indicou-se que a política científica presente no processo de sua constituição é um empreendimento coletivo. Este empreendimento contou com demandas sociais, iniciativas políticas e competências dos grupos científicos que, conjuntamente, teceram redes que possibilitaram a elaboração de uma ciência das previsões numéricas e da modelagem no Brasil. Essas relações foram (e são) marcadas por controvérsias quanto às prioridades e ao direcionamento dado às pesquisas em meteorologia, principalmente, em relação às suas funções operacionais em um instituto federal como o INPE que possui funções estratégicas diretamente relacionadas às políticas do MCTI. As divergências entre pesquisadores estão relacionadas às dificuldades presentes na área de pesquisa em previsão numérica e modelagem do tempo e clima no Brasil.

Dentre essas dificuldades, o pequeno número de especialistas dedicado à pesquisa em modelagem no Brasil é um dos principais problemas no campo, pois, estes recursos humanos escassos migram para outras áreas de atuação em busca de empregos mais estáveis devido a falta de concursos públicos em centros como o CPTEC. Quando permanecem na área da modelagem, tendem a desenvolver projetos que possam ser contemplados pelas redes de fomento que, em sua fase atual, investem em pesquisas para a realização de previsões de longa duração focadas no tema das mudanças climáticas. Nesse sentido, a ênfase das redes de fomento à pesquisa sobre mudanças climáticas suscita a questão de quão efetivo podem ser estes financiamentos para atender de forma concomitante as necessidades de melhoramento dos modelos de previsão numérica de curto e médio prazo e a elaboração de cenários climáticos futuros e previsão de eventos climáticos extremos.

Também a criação de novos centros como o CCST e o CEMADEN traz questões a respeito de como articular seus trabalhos para tecer uma rede de colaboração efetiva no campo da previsão do tempo e clima entre esses centros e o CPTEC. Essa articulação, novamente, requer um empreendimento coletivo para que uma rede mais ampla de atividades entre os centros possa ser elaborada. Conforme a perspectiva da coprodução adotada nesse trabalho, essa tessitura, que pode readequar a atividade do CPTEC em colaboração mais estreita com outros centros, requer políticas que promovam novos vínculos entre atores que se encontram dentro e fora do MCTI. Nessa perspectiva, modelos do clima são também modelos políticos que podem permitir articulações bem sucedidas entre a elaboração de políticas públicas e a produção de conhecimentos específicos sobre os riscos climático-ambientais no Brasil.

De um modo geral, esse trabalho buscou ilustrar que a política científica em sua macro-escala conta, em sua produção e efetivação, com a ativa participação de cientistas e suas comunidades. Nesse sentido, sugere-se que a relação entre formuladores de políticas e especialistas no que concerne a formulação de políticas direcionadas a C&T, bem como a elaboração das agendas de pesquisa, sejam analisadas como um empreendimento coletivo que extrapola as tradicionais atribuições conferidas separadamente aos campos político e científico.

## REFERÊNCIAS

CIM – Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)** (2008). Brasília: Governo Federal, 132p.

CP. 15. *The Conference of Parties. Takes Notes of the Copenhagen Accord of 18 December*, in [www.unfccc.int/files/meetings/cop\\_15](http://www.unfccc.int/files/meetings/cop_15), 2009. Acesso em: 29/08/2012.

EDWARDS, N. P. (2010). **A Vast Machine**: Computer models, climate data, and the politics of global warming. The MIT Press, Massachusetts.

FAPESP, (2008). Relatório de Atividades 2008. Disponível em: [www.fapesp.br/publicações/relat2008.pdf](http://www.fapesp.br/publicações/relat2008.pdf). Acesso em: 25/07/2013.

JASANOFF, S. (2006). **States of Knowledge**: The co-production of science and social order. London: Routledge.

PMNC – **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Governo Federal. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, Brasília, (2007).