

Cientistas como cidadãos e especialistas na detecção do desmatamento na Amazônia*

Recebido: 30.09.20
Aprovado: 10.01.21

Marko Monteiro (<https://orcid.org/0000-0003-4008-4985>)**
Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, São Paulo, Brasil.

Raoni Rajão (<https://orcid.org/0000-0002-1133-4837>)
Departamento de Engenharia de Produção,
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

Resumo: Este artigo examina como cientistas lidam com as tensões que emergem de seu lugar enquanto provedores de conhecimento objetivo e como cidadãos preocupados com a forma como suas pesquisas influenciam a política e a tomada de decisão no Brasil. O artigo discute isso através de um relato etnográfico de práticas de cientistas que utilizam tecnologia de sensoriamento remoto, suas atividades de produção de conhecimento e as controvérsias sociopolíticas mais amplas que permeiam a detecção do desmatamento na floresta amazônica. Estratégias para mitigar a incerteza são aspectos centrais das práticas analisadas, trazendo controvérsias “externas” para o “interior” do laboratório, tornando essas fronteiras conceitualmente problemáticas. Em particular, a antecipação de interpretações alternativas da cobertura da floresta tropical é uma forma crucial pela qual os cientistas trazem o mundo para o laboratório, ajudando a esclarecer como os cientistas, geralmente vistos e analisados como “isolados”, estão, na prática, frequentemente em constante diálogo com as controvérsias políticas mais amplas relacionadas ao seu trabalho. Esses *insights* ajudam a questionar a ideia de que o monitoramento do desmatamento por meio de sensoriamento remoto é uma forma de pesquisa isolada, desenhando um quadro mais complexo do duplo papel dos cientistas como produtores de conhecimento e cidadãos preocupados.

Palavras-chave: Monitoramento do desmatamento. Amazônia. Brasil. Interface ciência-política.

Scientists as citizens and knowers in the detection of deforestation in the Amazon

Abstract: This paper examines how scientists deal with tensions emerging from their role as providers of objective knowledge and as citizens concerned with how their research influences policy and politics in Brazil. This is accomplished through an ethnographic account of scientists using remote sensing technology, of their knowledge-making activities and of the broader socio-political controversies that permeate the detection of deforestation in the Amazon rainforest. Strategies for mitigating uncertainty are central aspects of the knowledge practices analyzed, bringing controversies ‘external’ to the laboratory ‘into’ the lab, making these boundaries conceptually problematic. In particular, the anticipation of alternative interpretations of rainforest cover is a crucial way that scientists bring the world into the lab, helping to shed light on how scientists, usually seen and analyzed as isolated, are in fact often in constant dialogue with the broader political controversies related to their work. These insights help question the idea that the monitoring of deforestation through remote sensing is a form of secluded research, drawing a more complex picture of the dual role of scientists as knowledge producers and concerned citizens.

* Artigo originalmente traduzido como: Monteiro, M. & Rajão, R. 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. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0306312716679746>>.

Tradução dos autores.

Agradecimentos: Este artigo começou no Rio de Janeiro em 2012 através de uma palestra informal e um desejo compartilhado de pensar o sensoriamento remoto no Brasil, e acabou se tornando uma jornada muito frutífera de aprendizado mútuo e colaboração. Aprendemos muito com nossas próprias trocas e com as pessoas que nos ajudaram a alcançar essa versão final. Queremos agradecer especialmente a Sergio Sismondo pelos comentários muito úteis durante todo o processo de escrita e aos revisores anônimos, que nos deram uma contribuição tão valiosa. Também os incríveis cientistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e

da Fundação de Apoio para Projetos de Pesquisa de Ciência e Tecnologia Espacial (Funcate), que não só abriram seus laboratórios para nós, mas também continuam produzindo excelente ciência. O primeiro autor gostaria de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo generoso financiamento; o segundo autor também gostaria de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia/ Agência Norueguesa de Cooperação para o Desenvolvimento (Ipam/Norad) pelo financiamento e ao Instituto de Estudos Avançados Transdisciplinares/ Universidade Federal de Minas Gerais (Ieat/UFMG) pelo apoio institucional a esta pesquisa.

Financiamento:

A pesquisa deste artigo foi apoiada pelas seguintes bolsas: Fapesp (13/11592-6, 08/09302-1), Fapemig (APQ-00748-13, PPM-00719-16), CNPq (471308/2013-7) e Ipam/Norad.

** Marko Monteiro é professor associado

Keywords: Amazon. Brazil. Deforestation monitoring. Secluded research. Science-policy interface.

Introdução:

Repensando interfaces de ciência/política no Brasil

O sensoriamento remoto pode ser definido como um campo científico dedicado à “detecção, reconhecimento ou avaliação de objetos por meio de sensoriamento à distância por dispositivos de gravação” (Franklin, 2001). Portanto, a principal preocupação do sensoriamento remoto é o estabelecimento de ligações confiáveis entre a saída de dados (*output*) de sensores (por exemplo, uma foto tirada de uma aeronave, uma imagem de infravermelho ou de satélite) e a “verdade de campo” (*ground truth*) subjacente (por exemplo, uma instalação nuclear, a temperatura do oceano ou uma clareira florestal). Devido à imensa distância física e simbólica entre seus significantes e significados, o sensoriamento remoto tem de lidar com uma incerteza inerente à própria tecnologia que produz os dados e as imagens. A adequada mitigação dessa incerteza para a produção de imagens “utilizáveis”, ou seja, adequadas ao uso científico e de tomada de decisão, é uma parte importante do trabalho com esse tipo de dado. O uso de sensoriamento remoto para analisar variáveis relacionadas à vegetação ou cobertura do solo é especialmente complexo, pois as especificidades técnicas e possíveis modos de interpretação são múltiplos, gerando resultados que variam dependendo do satélite que adquiriu a imagem ou do protocolo analítico que foi utilizado para processar os dados (Cardozo *et alii*, 2011).

O sensoriamento remoto baseado em satélite pode ser enquadrado como um exemplo arquetípico do que Callon, Lascoumes e Barthe (2009: 46) chamam de “pesquisa isolada” (*secluded research*), uma forma de produzir conhecimento percebido como “retirado, isolado do mundo e, conseqüentemente, preciso e eficaz”. A chegada do sensoriamento remoto no Brasil, no entanto, tem sido, desde a sua origem, relacionada a eventos que vão muito além das paredes do laboratório. Desde a criação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), na década de 1970, o sensoriamento remoto tornou-se central na forma como o desmatamento na Amazônia brasileira é monitorado e medido e, como consequência, a forma como as políticas de desenvolvimento e conservação para a região têm sido elaboradas.

Neste artigo, examinamos como os cientistas lidam com as tensões que emergem de seu lugar como provedores de conhecimento objetivo e como cidadãos preocupados com a forma como suas pesquisas influenciam a política no Brasil. Realizamos isso através de uma análise etnográfica de cientistas que utilizam tecnologia de sensoriamento remoto, suas atividades de produção de conhecimento e as contro-

vérsias sociopolíticas mais amplas que permeiam a detecção do desmatamento na floresta amazônica. As descrições etnográficas fazem parte do trabalho de campo realizado pelo segundo autor no Brasil em 2007 e depois entre 2009 e 2010. Nesse período, acompanhou a produção de dados de desmatamento nos laboratórios do Inpe em São José dos Campos, no interior de São Paulo (Rajão, Azevedo & Stabile, 2012; Rajão & Georgiadou, 2014; Rajão & Hayes, 2009; Rajão & Vurdubakis, 2013). As práticas de sensoriamento remoto descritas abaixo são o resultado de observações participantes feitas com cientistas e técnicos do Inpe, enquanto ele trabalhava como intérprete de imagens de satélite. Quando possível, foram gravadas a voz e a tela de computadores usados por cientistas, a fim de registrar as operações realizadas pelos técnicos e sua explicação sobre o processo de interpretação da imagem.

A observação participante de cientistas e técnicos do Inpe permite refletir como as estratégias de mitigação da incerteza são um aspecto central da produção de evidências confiáveis. Além de responder às incertezas científicas que estão “dentro” do laboratório, essas estratégias também buscam dar conta das controvérsias políticas “externas” ao laboratório, tornando essas fronteiras conceitualmente problemáticas. Assim, os cientistas, frequentemente vistos e analisados como isolados, estão, na verdade, muitas vezes em constante diálogo com as respostas políticas mais amplas ao seu trabalho.

Nosso objetivo é desafiar a ideia de monitoramento do desmatamento por meio de sensoriamento remoto como pesquisa isolada, desenhando um quadro mais complexo do duplo papel dos cientistas como produtores de conhecimento e cidadãos preocupados. Ao explorar alguns dos platôs éticos (Fortun & Fortun, 2005), que condicionam o trabalho científico em sensoriamento remoto, esperamos contribuir tanto para a compreensão de como o conhecimento de sensoriamento remoto sobre o desmatamento é produzido no Brasil, como ainda para a reflexão sobre como as interfaces com a política podem ser imaginadas de novas formas. Práticas de produção de dados acontecem em um contexto altamente disputado, onde os cientistas (incessantemente mitigando a incerteza) também estão constantemente refletindo sobre seu papel em controvérsias, políticas e ações ambientais mais amplas, tornando este um rico lócus para refletir sobre a ciência cívica do sensoriamento remoto como relacionado às controvérsias em torno do desmatamento e ao papel percebido dos cientistas em seus resultados (Fortun & Fortun, 2005).

Sensoriamento remoto como pesquisa isolada?

Os cientistas podem ser teorizados como distanciados dos cidadãos “leigos”, constituindo laboratórios e outros espaços separados do resto do mundo, o que ajudaria

de estudos sociais da ciência e da tecnologia no Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, São Paulo, Brasil; é doutor em ciências sociais também pela Unicamp. <carambol@unicamp.br>.

Raoni Rajão é professor associado do STS do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e coordenador do Laboratório de Gestão de Serviços Ambientais (Lagesa); bacharel em ciência da computação (Laurea em Informatica) da Universidade Degli Studi di Milano/Bicocca e PhD em organização, trabalho e tecnologia pela Universidade de Lancaster. <raoniguerra@gmail.com>.

a constituir a separação conceitual e material entre as práticas cotidianas e o domínio da opinião dos resultados científicos e do domínio do “verdadeiro conhecimento”. Além disso, espera-se que os próprios cientistas se distanciem dos valores e interesses sociais ao “despedirem-se do mundo, separando-se da opinião [...] e mantendo à distância os interesses que poderiam contaminar o conhecimento científico” (Callon, Lascoumes & Barthe, 2009: 100). Sensoriamento remoto baseado em satélite pode ser visto como um exemplo extremo de pesquisa isolada por diferentes razões. Em primeiro lugar, seus principais instrumentos de pesquisa não são apenas separados do resto da sociedade a portas fechadas, mas estão no espaço sideral, acessíveis a apenas alguns cientistas especialistas. Em segundo lugar, a maioria dos resultados fornecidos pelos satélites são apresentados na forma de imagens produzidas por meios automatizados: uma fonte de conhecimento “mecanicamente objetiva” considerada não contaminada por interpretações subjetivas (Daston & Galison, 1992). Finalmente, ao capturar em uma única imagem vastas áreas da superfície da Terra, acredita-se que o sensoriamento remoto vá além das visões parciais, fornecendo uma “perspectiva de deus” sobre o mundo (Rajão, 2013). Essas características ajudam a explicar por que os defensores do sensoriamento remoto baseado em satélite estão muito interessados em destacar o potencial dessa tecnologia para resolver problemas sociais (por exemplo, Abler, 1993; Dobson, 1983), algo promovido ainda mais fortemente por defensores de um novo tipo de “ambientalismo baseado em dados”, que estaria supostamente acima de ideologias e posições políticas (Esty, 2001; Wise & Craglia, 2008).

Tais alegações de objetividade não passaram despercebidas pelos estudiosos da relação entre governo, espaço e tecnologia desde uma perspectiva crítica. Em contraste com o caráter fortemente promocional da literatura convencional, a geografia crítica forneceu uma imagem sombria das implicações sociais do sensoriamento remoto, sugerindo, por exemplo, que a introdução dessa tecnologia aprofunda a divisão digital (Pickles, 1995), oferece oportunidades de vigilância (Rose-Redwood, 2006) e leva à negligência de epistemologias não ocidentais ou não científicas (Harwell, 2000; Kwan, 2002; Lefebvre, 1991; Pickles, 2004; Rajão, 2013; Roberts & Schein, 1995; Sheppard, 2005). Alguns estudos também adicionaram uma dimensão política a essa crítica epistemológica, enfatizando o papel das representações científicas na obtenção do controle das populações locais e dos recursos naturais (Fairhead & Leach, 1998; Hannah, 2000; Harvey, 1984; Harwell, 2000; Rose-Redwood, 2006; Scott, 1998).

Ao lado das críticas à tecnologia de sensoriamento remoto, um corpo crescente de estudos no campo dos estudos sociais da ciência e da tecnologia (ESCT) tem enfatizado a insuficiência de pensar a ciência como separada da sociedade, especialmente quando se pensa através de interfaces ciência-política e da governança da ciência na socieda-

de (Irwin, 2008). Diversos autores propuseram conceitos como “ciência pós-normal” (Funtowicz & Ravetz, 1993), “conhecimento técnico indígena” (Gadgil, Berkes & Folke, 1993), “ciência cívica” (Backstrand, 2003), “conhecimento leigo” (Wynne, 1996), “fóruns híbridos” (Callon, Lascoumes & Barthe, 2009) e “Sistema de informação geográfica (SIG) participativo” (Puri, 2007) para destacar a importância de incluir as vozes dos não cientistas nas práticas de sensoriamento remoto e na formulação de políticas. O trabalho de Jasanoff (2004) sobre biotecnologia sugere a ideia de epistemologias cívicas como forma de pensar através do caráter situado na interface da ciência e da política, como coproduzidas por ordens sociais mais amplas e imaginários que variam em diferentes contextos. Vistas como as formas pelas quais as sociedades desenvolvem e materializam reivindicações de conhecimento para fazer escolhas coletivas, as epistemologias cívicas ajudam a explicar as diferenças na forma como a ciência se relaciona com a regulação. A ciência não determina a tomada de decisões (e não se deve esperar isso dela), porque não especialistas e imaginários sociais mais amplos têm papéis importantes a desempenhar na compreensão da formulação de políticas em geral.

Além de pensar as diferentes formas pelas quais não especialistas participam na produção da ciência, o trabalho na intersecção entre antropologia e ESCT descreveu os cientistas como atores situados, condicionados por valores e imaginários mais amplos no processo de produção de conhecimento especializado. Fortun e Fortun argumentam que “os próprios cientistas entendem, traçam estratégias e assumem a responsabilidade por sua própria situação no contexto social” (Fortun & Fortun, 2005: 44). Isso sugere que é através de uma análise detalhada da produção de conhecimento que essa condição situada e interligada com imaginários mais amplos se torna clara, desafiando nossas visões sobre como a ciência pode e deve ser implantada na política e na tomada de decisões. Mas, apesar das contribuições de Fortun e Fortun (2005) e Jasanoff (2004), entre outros, uma parcela substancial da pesquisa dos ESCT ainda concebe o interior e o exterior do laboratório, por um lado, e o cientista e o cidadão, por outro, como inerentemente distintos e separados. Nas seções a seguir, pretendemos examinar empiricamente como os cientistas que detectam o desmatamento na Amazônia lidam com o seu duplo lugar enquanto produtores de “conhecimento objetivo” e “cidadãos preocupados” com a Amazônia. Dessa forma, buscamos problematizar ainda mais a noção de “pesquisa isolada” e suas consequências para a forma como a interface política-ciência deve ser conceituada e estudada.

As políticas de monitoramento do desmatamento

Dados de sensoriamento remoto por satélite fornecidos pelo Inpe tornaram-se ao longo dos anos o principal “termômetro” usado tanto por cientistas como por não especialistas para avaliar o desempenho de governos na redução do desmate ilegal

(Rajão, 2013; Rajão & Georgiadou, 2014). Os dados do Inpe foram verificados de forma independente por diferentes estudos e são, de longe, a principal fonte de dados confiáveis sobre o desmatamento da Amazônia (Fearnside, 1993; Hammer, Kraft & Wheeler, 2014; Skole & Tucker, 1993). Por essa razão, o programa de monitoramento do desmatamento do Inpe é frequentemente citado em relatórios de organizações não governamentais ambientais e estudos científicos como os “mais avançados” (May & Millikan, 2010: 14), “a vanguarda da tecnologia” (Ipam, 2011: 14) e até mesmo “a inveja do mundo” (Kintisch, 2007: 536).

Embora a maior parte da comunidade científica considere os sistemas de monitoramento do Inpe como fontes incontroversas de dados confiáveis de desmatamento, o instituto tem enfrentado críticas constantes dentro e fora do governo. A criação do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite (Prodes), do Inpe, em 1988, o primeiro sistema de monitoramento que forneceu números anuais de desmatamento para toda a Amazônia, foi seguida de uma polêmica acalorada sobre a verdade dos números oficiais fornecidos pelo governo brasileiro. Essa controvérsia científica atraiu a atenção da mídia local, que não só destacou a falta de consenso científico e a incerteza, como também argumentou que o governo brasileiro estava deliberadamente subestimando os números para fins políticos ou até mesmo “inventando” dados de desmatamento para agradar o então presidente José Sarney, que é daquela região (Petit, 1989; Tuffani, 1989). O Inpe voltou aos holofotes em 1997 e 1998, quando a influente revista brasileira *Veja* publicou uma série de artigos acusando-o de esconder do público um aumento do desmatamento em 1995, a fim de evitar interferir na negociação do Protocolo de Kyoto (Rajão & Georgiadou, 2014).

Em 2008, a controvérsia sobre os números do desmatamento atingiu novos patamares, já que Blairo Maggi, então governador do estado de Mato Grosso e um dos maiores produtores de soja do mundo, sugeriu que os cientistas do Inpe estavam mentindo para justificar a aprovação de regulamentações ambientais mais duras pelo Ministério do Meio Ambiente (Sant’Anna, 2008). A questão se intensificou quando o ex-presidente Luis Inácio Lula da Silva de certa forma validou a declaração de Maggi ao afirmar que os números do Inpe estavam “sob investigação” (Nogueira & Tomazela, 2008). De fato, nas semanas seguintes o governador de Mato Grosso iniciou uma grande operação de campo para validar os dados (*ground truthing*), inspecionando *in loco* as clareiras individuais identificadas remotamente pelo Inpe. Funcionários do órgão ambiental estadual (Secretaria do Meio Ambiente de Mato Grosso – Sema-MT) informaram que essa operação foi a maior que o Mato Grosso já havia feito em relação ao desmatamento. Da mesma forma, durante as eleições presidenciais que ocorreram em 2014, alguns jornalistas e ambientalistas acusaram

o Inpe de atrasar a divulgação de dados mostrando outro aumento no desmatamento, para beneficiar a então presidente Dilma Rousseff em sua bem-sucedida campanha de reeleição (Leite & Talento, 2014)¹.

Nos casos mencionados acima, os cientistas do Inpe conseguiram rejeitar as acusações por motivos técnicos ou mudaram sua política de transparência de dados, a fim de evitar maiores críticas (Rajão & Georgiadou, 2014). No entanto, essas recorrentes controvérsias em relação aos dados de desmatamento têm conscientizado os cientistas e técnicos do Inpe sobre a importância científica e política de seu trabalho. Durante as entrevistas, foi possível sentir um forte senso de comprometimento com as políticas que visam reduzir o desmatamento na Amazônia. Por isso, eles se veem como “guardiões da Amazônia”, vigiando a floresta e alertando os formuladores de políticas e a sociedade civil sobre tendências perigosas de desmatamento. Ao mesmo tempo, eles também entendem que sua capacidade de “vigiar” a Amazônia depende da autoridade científica dotada ao Inpe e da possibilidade de qualquer partido, incluindo adversários políticos como Blairo Maggi na época, verificar de forma independente os dados produzidos por seus sistemas de monitoramento.

Por isso, durante todo o processo de produção de medições de desmatamento, os cientistas do Inpe são extremamente cuidadosos para não prejudicar a credibilidade científica de seus dados. Eles participam ativamente na tentativa de direcionar a deriva acadêmica (Kaiserfeld, 2013) que tende a favorecer a atividade científica sobre o ativismo político. As tentativas do Inpe de manter a autoridade científica diante da controvérsia de 2008 com Blairo é um exemplo claro de como tal investimento em legitimidade científica é, ao mesmo tempo, uma tentativa de se distanciar do mundo da política (através de um investimento em credibilidade científica e objetividade), mas também uma poderosa ferramenta política em si mesma. Se o Inpe perdesse credibilidade como instituição científica, perderia peso político ao participar como ator central nas políticas ambientais brasileiras.

Na próxima seção apresentamos detalhadamente o relato etnográfico dos laboratórios onde os dados de desmatamento são produzidos. O segundo autor participou da análise de imagens de sensoriamento remoto no Inpe e investigou como elas são transformadas a partir de imagens de satélite brutas em medições confiáveis de desmatamento. Nesse processo, os cientistas tomam extrema cautela na manutenção do rigor científico a cada passo, através da cuidadosa mitigação da incerteza nos dados. Eles estão constantemente refletindo sobre como os dados serão lidos fora do laboratório, incorporando em seu trabalho a antecipação de como os números se tornarão parte das controvérsias em curso em torno do desmatamento. Essa reflexividade também se relaciona com sua luta pela manutenção

1. Cabe colocar aqui que, após a publicação desse artigo, a controvérsia voltou a “esquentar” em diversos momentos, mostrando a importância desse locus de interface entre ciência e política como objeto de estudo para os ESCT. Mencionamos aqui dois momentos cruciais: a ameaça do então presidente Michel Temer de contratar uma empresa privada para indiretamente esvaziar a autoridade do Inpe (<<https://news.mongabay.com/2017/05/temer-seeks-to-privatize-brazils-deforestation-remote-sensing-program/>>), o que foi criticado pela comunidade científica (<<http://portal.sbpnet.org.br/noticias/sbpc-e-abc-enviam-carta-contratacao-de-empresa-privada-para-monitoramento-da-amazonia/>>); e a disputa pública acalorada entre o Inpe e o presidente Bolsonaro, causando uma conversa global sobre o desmate da Amazônia com reflexos em diversas áreas, colocando até mesmo em xeque o Fundo Amazônia (Esteves, 2019).

da credibilidade científica, que é um ativo poderoso em disputas mais amplas em torno das políticas de desmatamento.

Mitigação da incerteza no laboratório

Para apreciar plenamente o que está em jogo em controvérsias recentes – como o questionamento de Blairo Maggi sobre os dados do Inpe em Mato Grosso –, é importante entender como a incerteza nos dados é gerenciada na fase de processamento de imagens. Como mostrado acima, as controvérsias em torno da detecção do desmatamento mobilizam incertezas nos dados, permitindo estratégias como oferecer cálculos alternativos e opostos de corte raso, mobilizar mecanismos de criação de verdades alternativas e forçar atores como o Inpe a se reunirem em torno do sistema para reafirmar a confiabilidade dos dados. Mas por que esses dados podem ser questionados dessa forma? Uma resposta está nas incertezas da própria tecnologia e em como as imagens de satélite se tornam dados.

Navegar na incerteza é uma habilidade prática que precisa ser incorporada pelo usuário da tecnologia de sensoriamento remoto, a fim de permitir que cientistas e técnicos deem sentido ao que está realmente sendo visualizado (Koopmans *et alii*, 2014; Lynch & Woolgar, 1990). Como Alač (2008) e outros têm discutido no caso análogo das análises da imagens de ressonância magnética funcional, a análise de conversação e gesticulação mostram como as visualizações científicas são realizações práticas complexas (visuais e incorporadas). Elas emergem relacionadamente através de interações entre práticas corpóreas e imagens na tela, sendo também construídas mediante trabalhos corporais complexos que exigem um profundo engajamento dos corpos em movimento dos cientistas e não apenas de sua visão (Myers, 2008). Esses estudos têm demonstrado empiricamente que as visualizações na ciência são mais do que representações (Monteiro, 2010a, 2010c), mostrado como tais evidências emergem através de engajamentos corpóreos entre cientistas e dados, incluindo – mas não restrito a – imagens.

Grande parte desse trabalho incorporado envolve lidar com a incerteza nos dados, que deve ser atenuada para que imagens utilizáveis e confiáveis sejam produzidas. Assim, a mitigação dessa incerteza inerente é uma grande parte do trabalho necessário para dar sentido aos dados visuais de sensoriamento remoto. À medida que os analistas processam e interpretam imagens, eles empregam estratégias para mitigar incertezas, que incluem: *i.* combinar conjuntos de dados comparando inscrições; *ii.* alternar entre a análise colaborativa e a análise individual (mais usual no trabalho com imagens de satélite); *iii.* validar os dados através do trabalho de campo; e *iv.* antecipar interpretações oponentes ou críticas.

Essas estratégias de mitigação relacionam-se diretamente a controvérsias mais amplas, uma vez que é através da gestão da incerteza que a autoridade do Inpe é, ao mesmo tempo, construída e constantemente atacada. Assim, o trabalho com dados é o lócus crucial de nossa reflexão, como instância prática onde dados visuais objetivos são produzidos e onde as compreensões cívicas emergem das próprias percepções dos cientistas. A análise aqui apresentada se concentrará em práticas que parecem estar limitadas espacialmente aos laboratórios, mas os limites dos experimentos decretados pelos pesquisadores do Inpe estão abertos ao debate (Callon, Lascoumes & Barthe, 2009; Davies, 2010). O foco analítico no processamento de dados visuais aqui busca não reforçar, mas questionar uma imagem limitada do conhecimento de sensoriamento remoto, à medida que a situação da compreensão dos cientistas sobre seu trabalho vem à tona etnograficamente. Analisamos isso com mais detalhes abaixo.

Combinação de conjuntos de dados

A criação de números confiáveis de desmatamento depende do estabelecimento de uma correspondência estável entre os dados obtidos remotamente, a partir de um conjunto específico de sensores, e o objeto que está sendo observado. Neste processo é particularmente importante determinar se a saída de dados (*output*) de um determinado instrumento (por exemplo, bandas espectrais, resolução espacial e temporal), a bordo de um satélite, corresponde às características dos fenômenos que estão sendo medidos a uma distância (por exemplo, refração, tamanho mínimo e frequência). Do ponto de vista estritamente metodológico, após a seleção e validação da fonte de dados de um determinado sensor remoto baseado em satélite, a comparação de imagens dessa fonte em diferentes períodos de tempo seria suficiente para detectar alterações na cobertura florestal de forma confiável (Inpe, 2008; Valeriano *et alii*, 2004). Na prática, porém, os cientistas e técnicos do Inpe combinam e comparam sistematicamente imagens de diferentes fontes e períodos de tempo para decidir se ignoram uma determinada mudança observada ou classificam-na como um desmatamento recente. Uma vez que os cientistas e técnicos estão trabalhando com inscrições de segunda ordem, busca-se um acordo em termos do que diferentes imagens ou valores dizem sobre áreas semelhantes. Com esse objetivo, cientistas e técnicos do Inpe utilizam imagens de tantos satélites quanto são disponibilizados a eles, uma vez que uma imagem com maior resolução da mesma área e período de tempo semelhante pode confirmar a presença de uma nova área desmatada ou revelar uma possível má classificação.

A necessidade de reunir imagens de diferentes fontes é particularmente marcante no caso do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Próximo (Deter).

Esse sistema foi criado em 2004, atendendo a uma demanda dos guardas florestais do órgão federal do meio ambiente – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Embora o Ibama tenha reconhecido a relevância política das taxas anuais de desmatamento fornecidas pelo Prodes, os seus fiscais reclamaram que, no momento em que receberam os dados (usualmente um ano após a detecção), já era tarde demais para iniciar operações policiais para prender os autores do desmatamento ilegal. O Inpe assumiu a tarefa de desenvolver um sistema capaz de fornecer “alertas” de desmatamento com frequência. Para isso, não foi possível utilizar as mesmas imagens de alta resolução do Prodes, fornecidas pela família de satélites Landsat (da Nasa) ou pelo satélite brasileiro CBERS lançado em colaboração com a China. Por essa razão, o Inpe desenvolveu o Prodes baseado principalmente nas imagens do Espectrômetro de Imagem de Resolução Moderada (Modis) embarcados no Terra e no Aqua, dois satélites da Nasa. Em contraste com os satélites Landsat, que fornecem uma única imagem com resolução de 30 metros, a cada 15 dias, as imagens Modis estão disponíveis diariamente, mas com uma resolução de apenas 250 metros (ou seja, cada pixel na imagem corresponde a 250 metros no chão). Desta forma, a Modis tem uma probabilidade maior de fornecer uma imagem livre de nuvens, embora mais “embaçada” (com menor resolução) da Amazônia a cada duas semanas.

Devido a esta baixa resolução do Modis, a incerteza do sistema Deter aumenta consideravelmente. Para mitigar essa incerteza, os intérpretes do Inpe vão além da metodologia declarada do Deter (Anderson *et alii*, 2005) e também usam imagens de outros satélites com resoluções mais elevadas. Mesmo que essas imagens sejam geralmente algumas semanas (ou até meses) mais antigas que as imagens Modis, elas são consideradas cruciais para o processo de validação, pois permitem que os intérpretes evitem classificar de forma errada grandes incêndios florestais, nuvens, rochas e outras características como desmatamento. Sua preocupação com a má classificação positiva é importante se considerarmos que as principais evidências apresentadas pelo governador de Mato Grosso como prova de que o Inpe estava “mentindo” consistiam em fotos tiradas de helicópteros mostrando uma floresta aparentemente intocada em áreas detectadas pelo Deter como degradadas ou desmatadas.

Na sequência de capturas de tela mostradas na Figura 1 é possível ver as ações realizadas pelos intérpretes do Deter a fim de identificar uma nova área de desmatamento ou degradação florestal. No quadro superior esquerdo, é possível ver o uso de uma ferramenta chamada “Conectar visualização” fornecida pelo SIG, pela qual o usuário pode criar um retângulo que permite que eles vejam além das “máscaras” de desmatamento (ou seja, classificações anteriores), e rolando com o mouse, alternar entre a imagem Modis anterior e atual daquela cena para verificar

diferenças (especialmente possíveis novas áreas desmatadas). No quadro, no canto superior direito, podemos ver uma imagem de alta resolução mais antiga (neste caso específico de Landsat 5) da mesma área, sobreposta à mais nova. O usuário pode então alternar entre esses dados antigos e os novos dados, rolando com o mouse, a fim de validar impressões iniciais através da comparação. Após confirmar que o desmatamento na área em análise aumentou de tamanho desde a classificação anterior, o usuário utiliza a ferramenta “criar polígono” (na Figura 2, quadro inferior esquerdo) a fim de desenhar a área ao redor da área recém-classificada como degradação florestal.

Embora, em teoria, um único sensor de satélite possa ser usado para estabelecer o desmatamento, os cientistas e técnicos do Inpe baseiam-se em todos os meios disponíveis para evitar classificações imprecisas. Ao combinarem dados diferentes da mesma região, provenientes de diferentes satélites (com câmeras diferentes e resoluções espaciais diferentes), os intérpretes constroem mais confiança em sua interpretação do desmatamento e se protegem contra desafios vindos de fora do laboratório.

Análise colaborativa

Muitos relatos metodológicos de como o Prodes e o Deter funcionam também sugerem indiretamente que os dados de desmatamento do Inpe são resultado de intérpretes solitários que atuam de forma fria e objetiva (Inpe, 2008; Valeriano *et alii*, 2004). De fato, a interpretação das imagens de satélites é muitas vezes uma atividade individual: o técnico ou cientista lida diretamente com a imagem em seu computador, e em muitos casos publica silenciosamente o seu trabalho sobre uma parte específica da Amazônia em um servidor compartilhado para que esses resultados possam ser agregados e, assim, falar com toda a região. No entanto, esse trabalho silencioso e individual tem momentos cruciais de descontinuidade à medida que esses intérpretes mudam para formas colaborativas de análise.

No caso do Prodes, os intérpretes têm de classificar cada pixel da imagem de satélite como “floresta” ou desmatamento de “corte raso”, desenhando sobre os mesmos polígonos usando o mesmo SIG apresentado no caso do Deter acima (ver Figura 1). Essa metodologia foi elaborada no início da década de 1970, quando o Inpe tinha como principal objetivo identificar se os subsídios oferecidos a grandes investidores e empresas como a Volkswagen estavam efetivamente sendo usados para criar grandes fazendas de gado na Amazônia, ao invés de acabar desviados em algum tipo de esquema de corrupção (Loureiro & Pinto, 2005; Rajão & Hayes, 2009). Nestes casos, a detecção do desmatamento é um processo simples que envolve a comparação

das manchas de verde homogêneo (floresta) e vermelho (solo/desmatamento), a partir de uma imagem tirada no ano corrente com uma imagem do ano anterior. No entanto, como reação à criação do Deter e ao aumento das ações de aplicação da lei na região, os agricultores começaram a destruir a floresta lentamente em vez de desmatar áreas grandes de uma só vez, na esperança de permanecer indetectados pelos sistemas do Inpe (Rajão & Vurdubakis, 2013). Portanto, em vez de uma situação binária de floresta/desmate, os cientistas do Inpe têm cada vez mais que analisar imagens que apresentam diferentes graus de degradação florestal (ou seja, verdes e vermelhos misturados) e decidir se classificam essas áreas como de desmatamento ou se deixam sem marcação, como se fossem florestas intocadas.

Essas situações podem ficar mais complicadas, pois, em anos de seca, algumas áreas florestais podem parecer avermelhadas porque as árvores perdem suas folhas e expõem o solo subjacente mais acentuadamente do que normalmente fariam. Além disso, a falta de alinhamento de imagens de satélite, erros técnicos, pequenas nuvens e fumaça podem ser facilmente ser lidas como se fossem clareiras. Por fim, para estabelecer a situação atual da área em análise, os intérpretes também têm de levar em consideração as causas que levaram a essa situação. Isso implica que, no caso do Prodes, áreas que foram altamente degradadas devido a intensos incêndios, mas que não foram completamente desmatadas, devem ser ignoradas pelos intérpretes.

Para lidar com essas diferentes fontes de incerteza, os intérpretes do Inpe muitas vezes interrompem suas atividades solitárias para buscar ajuda de seus colegas mais experientes. Se seus colegas mais acessíveis não forem capazes de resolver o problema, buscam ajuda também dos cientistas seniores do Inpe. Durante três dias, o segundo autor pôde acompanhar o coordenador do programa Amazônia durante seu cotidiano entre o *campus* do Inpe e o local de trabalho dos técnicos, localizado em um prédio no centro da cidade de São José dos Campos. Assim que o coordenador chegava todos os dias, os trabalhadores imediatamente paravam suas atividades normais para pedir seu conselho. O coordenador, então, pacientemente, ia de mesa em mesa, olhando imagens de satélite e esclarecendo dúvidas. Além desse método informal de mitigar a incerteza via colaboração, as interpretações seguem um fluxo de trabalho estritamente hierárquico, a fim de cruzar as classificações e evitar inconsistências, como explica um cientista sênior do Inpe:

Atribuímos uma imagem a cada intérprete, que faz a primeira análise. O trabalho do intérprete é então revisado primeiro por um auditor e depois por um homogeneizador, que tem mais anos de experiência. Se o intérprete tiver alguma dúvida, eles classificam o polígono como uma “dúvida”, e então o revisor pode dar uma

olhada e confirmar a existência do desmatamento, se esse for o caso (entrevista com cientista sênior do Inpe).

Também é relevante notar a linguagem utilizada por cientistas e técnicos do Inpe para referir-se aos diferentes níveis de degradação florestal. Embora a cor da imagem seja um ponto de partida útil, não é suficiente, uma vez que áreas desmatadas convertidas para uso agrícola também podem ter um aspecto “verde”, e áreas sujeitas a fogo intenso podem ser dominadas por tons de “vermelho”. Portanto, além de se referirem às qualidades visuais das imagens, os intérpretes frequentemente usavam adjetivos táteis. No caso do Prodes, uma área verde, mas “lisa”, é mais provavelmente um campo de soja do que uma cobertura florestal nativa. Da mesma forma, um conjunto de pixels “áspero” e avermelhado pode indicar que a área tem muitas árvores paradas para serem consideradas desmatadas.

Esse tipo de dinâmica é, ao mesmo tempo, semelhante e diferente do processamento de visualizações em outros contextos (Monteiro & Keating, 2009). Os dados visuais são frequentemente tratados por indivíduos que trabalham em computadores, mas aqui as consultas informais e os fluxos formais de trabalho são importantes em termos de compartilhamento de resultados e validação coletiva de análises (Coopmans & Button, 2014; Lynch & Woolgar, 1990). A alternância para o trabalho colaborativo também é uma forma de extrair o conhecimento tácito incorporado em outros pesquisadores e seus “anos de experiência”, beneficiando-se de soluções práticas alcançadas por outros intérpretes que trabalham em problemas semelhantes, ou mesmo usando *insights* de soluções alcançadas para problemas muito diferentes. Esse conhecimento tácito é crucial para o trabalho científico em geral (Collins, 1974; MacKenzie & Spinardi, 1995), e é especialmente importante aqui, dado o caráter “artesanal” da análise de imagem digital (Monteiro, 2010b). Embora isso seja indiscutivelmente comum para qualquer trabalho de dados que envolva material visual, esses casos de análise cooperativa são relevantes para como as compreensões cívicas do desmatamento também são coletivamente compartilhadas e reforçadas.

“Verdade” baseada em solo e narrativa

Em suas entrevistas, intérpretes do Inpe definiram o trabalho de campo como crucial para a validação de dados ambíguos ou difíceis de processar. A ida ao campo, além de ter um componente emocional para esses pesquisadores, torna-se o procedimento decisivo para revelar a “verdade real” do território mostrado por imagens de satélite. Esse duplo trabalho de lidar com evidências visuais e realmente “estar lá” torna esses pesquisadores especialmente reflexivos sobre as possibilidades e

limitações de cada método disponível. O trabalho de mudança de imagem para dados baseados em campo já foi teorizado como “descontextualização” e “recontextualização” (Almklov, 2008), quando os intérpretes são obrigados, como parte de seu conjunto de habilidades, a lidar com o trabalho de tradução entre esses dois domínios muito diferentes, mas estreitamente relacionados: o visual e o campo.

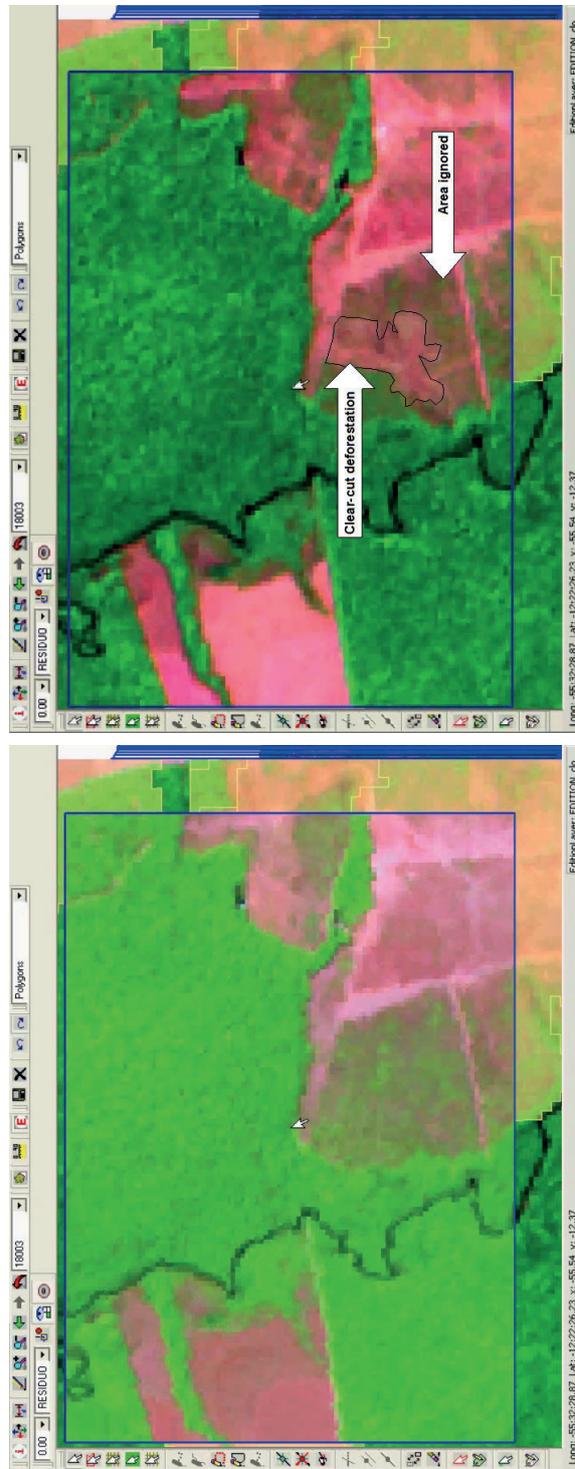
Além das formas tradicionais de “verdade de campo”, que envolvem viagens caras até a Amazônia, foi possível observar a presença do que poderíamos chamar aqui de “viagens de campo virtuais”. A partir do conhecimento tácito acumulado ao longo dos anos, cientistas mais experientes fornecem narrativas ricas aos recém-chegados, contendo informações-chave sobre a Amazônia que não estão presentes em imagens de satélite, como padrões demográficos típicos, coberturas de vegetação estranhas em determinadas regiões e os efeitos de anos particularmente secos na floresta. Um cientista sênior exemplificou no seguinte trecho esta forma de trabalho de campo virtual:

Hoje eu estava com um pouco de pressa, mas quando tenho tempo tento ensinar os caras aqui sobre a Amazônia. Nesses casos, quando eles estão enfrentando alguma dificuldade para interpretar uma imagem eu pergunto a eles “Onde você está?”, e eles respondem: “Estou na imagem 7201”, e eu digo “Não! Você está no norte deste estado, em uma região com esse tipo específico de colonização” – o que explica esse padrão de uso da terra (entrevista com cientista sênior do Inpe).

No trecho acima, podemos ver como a experiência incorporada das viagens de campo pode ser relevante e produtiva na orientação da interpretação das imagens. “Ter estado lá” pode dar a um intérprete mais experiente autoridade para falar sobre certos padrões de vegetação e desmatamento que direcionarão os novatos na compreensão dos dados visuais. Portanto, a experiência de campo “volta” como experiência incorporada, que é convertida em autoridade analítica sobre a interpretação correta. Esses momentos de compartilhamento de experiências de campo também são exemplos de construção de entendimentos compartilhados do território, e também são momentos ricos de construção de entendimentos cívicos específicos dos dados que estão sendo produzidos, como quando discutem padrões de colonização na citação.

Em outros momentos, a relação entre a imagem de satélite e a verdade do solo subjacente é estabelecida em relação ao conhecimento de como o processo de desmatamento ocorre e quando uma determinada área deve ser classificada como desmatamento. No diálogo entre o pesquisador que atuou como intérprete novato

FIGURA 2



Erro! Indicador não definido: Captura de tela feita durante o diálogo entre um novato (o segundo autor) e um intérprete experiente (técnico do Inpe) sobre a classificação de um novo desmatamento reproduzido abaixo. À esquerda está uma imagem de satélite do ano em análise (2009), e à direita está uma imagem do ano anterior, com indicações da área classificada como desmatamento claro e como mera degradação (e, portanto, ignorada).

- (1) Antropólogo: Danilo [cientista do Inpe] me explicou que o Prodes detecta, apenas (2) desmatamento de corte raso, certo? Isso seria um desmatamento de corte raso? (3) [Eu aponto o mouse e aproximo o zoom em uma seção avermelhada da imagem de satélite] (4) Técnico: Isso é correto. (5) [Eu uso o mouse para ampliar uma parte da imagem [Figura à esquerda]].(6) Antropólogo: Encontrei um. (7) Técnico: Você está certo. Essa área provavelmente não estava lá [no ano passado]. (8) Talvez fosse um conjunto de pequenas clareiras aqui e ali que não foi localizado porque Danilo nos contou (9) que não foi corte raso, mas agora é, você pode vê-lo? (10) [O técnico assume o controle do mouse e usa a rolagem para mostrar as (11) imagens de satélite dos últimos dois anos para a mesma área]. (12) Técnico: Aqui, olha, naquela época [ano passado] o processo estava começando... (13) Antropólogo: E agora parece ter terminado... (14) Técnico: E você não pode tomá-lo como um resíduo [uma área erroneamente ignorada], porque (15) no ano passado esse desmatamento [corte raso] não estava lá. (16) Antropólogo: Mas então eu tenho que pegar essa área aqui, isso é degradação [florestal]? (17) [Apontando meu dedo para a parte da tela indicando uma área verde, mas com um tom mais claro (18) de verde e vermelho (Figura à direita)]. (19) Técnico: ... Você está certo, você precisa deixá-lo lá... para o próximo ano. (20) Antropólogo: Para o próximo ano? (21) Técnicos: Ela [a floresta remanescente ali] também vai sumir.

e um técnico experiente – apresentado abaixo, na Figura 2 – pode-se ver como algumas dessas tensões são resolvidas no processo de mitigação de incertezas de interpretações.

A legenda da Figura 2 fornece alguns *insights* sobre as complexidades e incertezas envolvidas na interpretação de imagens de satélite para o Prodes. O diálogo começa com a tentativa de confirmar com um técnico sênior se conceitos teóricos e diretrizes metodológicas explicadas anteriormente por um dos cientistas do Inpe estavam sendo colocados em prática corretamente (1-6). Mas antes de dar a confirmação final, ela pegou o mouse da mão do antropólogo para destacar a importância de comparar a última imagem de satélite com a da mesma área obtida em anos anteriores. Ele também mencionou que a área não era classificada como desmatamento antes em razão de uma diretriz de um cientista sênior. Em outras palavras, o técnico sênior comparou diferentes conjuntos de dados e lembrou do papel da análise colaborativa a fim de mitigar a incerteza na interpretação (7-11).

A técnica sênior também enfatizou que a área desmatada em questão não era um “resíduo” (área não classificada como desmatamento por engano) do ano passado, uma vez que foi apenas no ano corrente que a área atingiu o nível de desmatamento (12-15). Ou seja, ela queria deixar claro que os intérpretes de imagem do Prodes tentam realizar sua análise com o máximo de cuidado possível, a fim de evitar descuidos. Mas essa afirmação levou a uma pergunta do pesquisador, sobre uma área que se tornou mais degradada desde o ano anterior, mas não ficou claro para o antropólogo se deveria ser classificada como desmatamento ou degradação e não ser marcada. Depois de pensar um pouco, ela conclui que a área em questão é de fato degradação. Mas, após outro momento de silêncio, a técnico sênior argumenta que, em todo caso, a área provavelmente será classificada como desmatamento “no próximo ano” (16-21).

Esta estratégia temporal não foi isolada. Foi possível observar que, em muitos casos de interpretações pouco claras ou ambíguas, diferentes intérpretes mobilizaram esse argumento para justificar uma forma específica de classificar áreas na imagem. Ao se basearem em um argumento temporal, os intérpretes são capazes de permanecer fiéis à metodologia científica do Prodes e evitar classificar uma área ambígua como desmatamento, mesmo que a área tenha claramente sofrido diferentes formas de intervenção humana.

Dessa forma, as narrativas deterministas relativas à quase incontestável transformação de florestas altamente degradadas em áreas de corte raso permitem aos intérpretes do Inpe lidar com o dilema de ter de ignorar dentro do Prodes uma par-

cela substancial da destruição da Amazônia. Portanto, essa justaposição crucial entre narrativas, experiências visuais e de campo aumentou o *quantum* de verdade da análise resultante, ao mesmo tempo em que lida com a ansiedade dos intérpretes do Inpe enquanto cidadãos preocupados com a degradação progressiva da floresta.

Antecipar interpretações oponentes

É possível explicar a adoção de estratégias de mitigação da incerteza pelos intérpretes do Inpe descritos acima como resultado de um forte compromisso com o método científico, ou seja, com as regras explícitas e tácitas que estabelecem no campo do sensoriamento remoto o que conta como conhecimento válido. Dessa forma, esses cientistas e técnicos se esforçam para criar fatos que possam suportar testes de força (Latour & Woolgar, 1986) colocados por interpretações alternativas e posições opostas, como as provenientes de grandes produtores de soja e outros críticos da política de desmatamento do Brasil. Mas, além de antecipar as expectativas de suas próprias comunidades científicas, foi possível observar que cientistas e intérpretes do Inpe também estavam preocupados com a forma como seu trabalho seria recebido, além do campo científico e com as implicações políticas de suas interpretações. Nesse sentido, é difícil separar essa antecipação reflexiva do processo de análise e interpretação das imagens como momentos distintos, pois interpretações alternativas estavam frequentemente presentes durante o próprio processo de análise.

O processo de antecipação de interpretações opostas é particularmente evidente no esforço dos intérpretes do Inpe para mitigar os riscos de superestimar ou subestimar os números do desmatamento. Um aspecto comum que une todos os técnicos e cientistas entrevistados, observados e sombreados no Inpe é um forte compromisso com a preservação da floresta amazônica. Por exemplo: em uma entrevista, um cientista sênior relatou que ele e seus colegas se consideram os “guardiões” da Amazônia, sugerindo a presença de um forte apego emocional com a floresta. Esse compromisso se manifesta no nível de detalhamento e atenção investidos em suas práticas de interpretação de imagem. Essa abordagem zelosa, por vezes, choca-se com a necessidade de restringir o escopo do Prodes para desmatamento de corte raso. Isso significa que algumas áreas que estão muito degradadas, devido a incêndios ou exploração madeireira seletiva, devem ser deixadas sem registro, mesmo que indiquem claramente um processo de perda florestal. Neste caso, o *ethos* ambientalista dos intérpretes, bem como sua autocompreensão como “observadores” da floresta tropical, levam-nos a querer incluir o maior número possível de áreas, empurrando a definição do que conta como “corte raso” até o limite. No entanto, se ultrapassarem os limites impostos pela metodologia

do Prodes, podem ser acusados de serem “não científicos” por críticos, incluindo o setor ruralista do governo. Além disso, a divulgação de números que mostram um aumento nas taxas de desmatamento leva a mais pressão sobre o governo e, portanto, é sempre uma questão sensível.

Tais momentos ambíguos desafiam o analista ambientalmente engajado, pois podem estar subnotificando desmatamento relativamente óbvio e relatando apenas “desmatamento de corte raso”, que tem uma definição específica sob a metodologia Prodes. Essas considerações estão constantemente presentes durante a análise das imagens e podem informar a percepção geral dos cientistas sobre o que o Prodes pode ou não mostrar, como o desmatamento evolui e seu próprio papel na política de monitoramento do desmatamento. Mas perder objetividade nos números é enfraquecer a metodologia e, portanto, a autoridade. Assim, faz mais sentido – científico e político – aos intérpretes do Inpe, em seu papel como cientistas e cidadãos, permanecerem cautelosos diante da ambiguidade.

Conclusão

Neste artigo, examinamos como os cientistas lidam com sua posição de produtores de conhecimento objetivo sobre o desmatamento e enquanto cidadãos, preocupados com o desmatamento como problema social mais amplo. Essas tensões emergem, como mostramos acima, nas práticas de mitigação da incerteza durante o processamento de imagens de sensoriamento remoto. O processo é permeado por valores sociais mais amplos em relação à destruição da Amazônia. Argumentamos que os cientistas estão explicitamente cientes de sua situação social à medida que tentam produzir o melhor conhecimento possível sobre o desmatamento usando dados de sensoriamento remoto.

Ao olhar para a conquista prática de evidências em laboratório, vemos como técnicos e cientistas trabalham muito duro para mitigar a incerteza em dados de sensoriamento remoto, seguindo protocolos científicos rigorosos, mas também baseando-se em uma série de estratégias que envolvem diversos conjuntos de dados, “veracidade” de campo e dependência de conhecimento tácito de intérpretes mais experientes. Com isso, pudemos ver como a conscientização da relevância política dos dados produzidos também foi um fator na realização prática cotidiana de dados científicos confiáveis sobre o desmatamento.

Essa consciência reflexiva – argumentamos – explicita a complexidade das interfaces entre ciência e política no caso do desmatamento: é através dos números produzidos pelo Inpe que a realidade do desmatamento é, em grande medida, es-

tabelecida. A solidez do sistema de monitoramento é uma conquista histórica de décadas, mas está constantemente sendo questionada e deve ser continuamente mantida. Este trabalho é feito em regra pelos próprios cientistas através de seu trabalho analítico cotidiano. Portanto, mitigar a incerteza também é uma estratégia de manutenção da confiabilidade do sistema e, por consequência, de sua credibilidade científica e efetividade política nas áreas de formulação de políticas ambientais.

Parte deste trabalho, com incerteza, inclui antecipar contra-argumentos com base em suas percepções e experiências em um campo muito disputado. Esse trabalho de mitigação também ajuda a enquadrar questões políticas, construindo um forte sentido de como a dinâmica do desmatamento se desenvolve no presente e no futuro. Esses cientistas circulam em instituições e governos, formal e informalmente, e suas percepções – construídas dentro e fora do laboratório – estão participando de várias interfaces de ciência/política que vão além de instâncias institucionalizadas de fornecer conselhos a governos ou produzir relatórios políticos. Essas interfaces são mais difíceis de capturar através da análise usual de políticas públicas, mas são muito importantes na definição de como a política é formulada e implementada.

2. Cabe dizer que após as eleições de 2018 e ao longo da gestão do ministro Ricardo Salles no Ministério do Meio Ambiente, a pretensão passada de projetar uma imagem “verde” tem dado lugar a um forte isolamento internacional do Brasil em instâncias multilaterais, associando ainda uma crítica do atual governo ao que o Itamaraty chama de “globalismo” e uma suposta associação entre instituições como a ONU e outras com uma agenda comunista. As contradições de governos passados agora dão lugar a um consenso maior entre diferentes ministérios e o próprio poder executivo, engajado em uma forte crítica ao sistema internacional.

Argumentamos que os cientistas estão, portanto, profundamente conscientes e participam ativamente na performance (*enactment*) de *frames* de política específicos e na produção de relevância política em práticas diárias de construção de dados. Dessa forma, esperamos mostrar o quão complexas são essas interfaces – muito mais complexas do que se poderia imaginar em imagens de cientistas isolados produzindo “dados objetivos” para uso em tomadas de decisão políticas. Embora muitas dessas práticas possam ser vistas como espacialmente isoladas, a produção de dados confiáveis em si envolve consciência e referência às realidades politicamente disputadas do desmatamento na arena pública. O trabalho epistêmico cuidadoso de produção de dados robustos e utilizáveis não pode ser separado da consciência e do envolvimento dos profissionais em controvérsias públicas. Essa complexidade tem consequências para a forma como entendemos e praticamos tanto a ciência como as políticas ambientais.

A política de desmatamento tem se tornado cada vez mais conflituosa no Brasil, pois o país tenta ao mesmo tempo projetar uma imagem verde para o mundo e busca manter sua posição de superpotência agrícola – o que coloca imensa pressão sobre as terras florestais². Nos violentos confrontos sobre como gerenciar territórios e recursos naturais, muitas controvérsias colidem e se cruzam: desde as negociações sobre mudanças climáticas até os direitos indígenas, da agricultura de baixo carbono às políticas de biocombustíveis. Em cada uma dessas controvérsias inter-relacionadas, os atores vão contestar medidas objetivas de mudança do uso

da terra e a produção de evidências confiáveis para apoiar políticas ambientais, energéticas, agrícolas e outras. Esse elemento sociotécnico tem uma relevância crescente na forma como as decisões são tomadas e as políticas são projetadas e implementadas.

Se os cientistas do Inpe (e outros) não estão então “isolados”, isso também coloca em questão quaisquer separações analíticas a priori entre ciência/política. Se os cientistas também são cidadãos preocupados, isso também implica que os ESCT podem e devem olhar para a ciência e se envolver com ela de forma diferente (Fortun & Fortun, 2005). Interfaces entre ciência e política estão presentes em todos os espaços controversos, incluindo, mas não restrito, ao laboratório. Assim, para entender tais interfaces é preciso olhar para além dos domínios científicos ou políticos claramente demarcados, e desenhar imagens mais matizadas do processo através do qual a ciência e a política se coconstroem mutuamente (Jasanoff, 2004). Isso não significa que todos os cientistas estejam necessariamente sintonizados com a relevância e as consequências mais amplas de seu trabalho. Mas se a ciência não é sempre (ou meramente) isolada, então a interface com a política pode acontecer de maneiras inesperadas e através de rotas que ainda são raramente discutidas. Isso tem implicações para a forma como refletimos sobre as interfaces ciência-política, mas também tem impacto potencial sobre como entendemos a necessidade de engajamento público na governança científica ou como defendemos a necessidade de nos engajarmos em pesquisa e inovação responsáveis.

Referências

ABLER, R. F. Everything in its place: GPS, GIS, and geography in the 1990's. *Professional Geographer*, v. 45, n. 2, p. 131-140, 1993.

ALAČ, M. Working with brain scans: digital images and gestural interaction in fMRI laboratory. *Social Studies of Science*, v. 38, n. 4, p. 483-508, 2008.

ALMKLOV, P. Standardized data and singular situations. *Social Studies of Science*, v. 38, n. 6, p. 873-897, 2008.

ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; DEFRIES, R.; MORTON, D. Assessment of deforestation in near real time over the Brazilian Amazon using multitemporal fraction images derived from Terra Modis. *Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 2, n. 3, p. 315-318, 2005.

BACKSTRAND, K. Civic science for sustainability: reframing the role of experts, policy-makers and citizens in environmental governance. *Global Environmental Politics*, v. 3, n. 4, . 24-41, 2003.

CALLON, M.; LASCOUMES, P.; BARTHE, Y. (Eds.). *Acting in an uncertain world: an essay on technical democracy*. Cambridge, MA: MIT press, 2009.

CARDOZO, F.; SHIMABUKURO, Y.; PEREIRA, G.; SILVA, F. B. Using remote sensing products for environmental analysis in South America. *Remote Sensing*, v. 3, p. 2110-2127, 2011.

COLLINS, H. *The TEA Set: tacit knowledge and scientific networks*. *Science Studies*, v. 4, n. 2, p. 165-185, 1974.

COOPMANS, C.; BUTTON, G. Eyeballing expertise. *Social Studies of Science*, v. 44, n. 5, p. 758-785, 2014.

COOPMANS, C.; VERTESI, J.; LYNCH, M.; WOOLGAR, S. *Representation in scientific practice revisited*. Cambridge, MA: MIT Press, 2014.

DASTON, L.; GALISON, P. The image of objectivity. *Representations*, v. 40, n. 4, p. 81-128, 1992.

DAVIES, G. Where do experiments end? *Geoforum*, v. 41, n. 5, p. 667-670, 2010.

DOBSON, J. Automated geography. *Professional Geographer*, v. 35, n. 2, p. 135-143, 1983.

ESTEVEES, B. A guerra contra o termômetro. *Piauí*, n. 156, 2019. Disponível em: <<https://piaui.folha.uol.com.br/materia/a-guerra-contra-o-termometro/>>. Acesso em 10 Maio 2020.

ESTY, D. Toward data-driven environmentalism: the environmental sustainability index. *The Environmental Law Reporter*, v. 26, n. 5, p. 10603-10612, 2001.

FAIRHEAD, J.; LEACH, M. *Reframing deforestation: global analysis and local realities, studies in West Africa*. London: Routledge, 1998.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: quem tem razão nos cálculos – o Inpe ou a Nasa? *Ciência Hoje*, v. 16, n. 96, p. 6-8, 1993.

FORTUN, K.; FORTUN, M. Scientific imaginaries and ethical plateaus in contemporary US toxicology. *American Anthropologist*, v. 107, n. 1, p. 43-54, 2005.

- FRANKLIN, S. E. *Remote sensing for sustainable forest management*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001.
- FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. Science for the post-normal age. *Futures*, v. 25, n. 7, p. 739-755, 1993.
- GADGIL, M.; BERKES, F.; FOLKE, C. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. *Ambio*, v. 22, n. 2-3, p. 151-156, 1993.
- HAMMER, D., KRAFT, R.; WHEELER, D. Alerts of forest disturbance from Modis imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 33, p. 1-9, 2014.
- HANNAH, M. G. *Governmentality and the mastery of territory in nineteenth-century America*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 2000.
- HARVEY, D. On the history and present condition of geography: an historical materialist manifesto. *Professional Geographer*, v. 36, n. 1, p. 1-11, 1984.
- HARWELL, E. E. Remote sensibilities: discourses of technology and the making of Indonesia's natural disaster. *Development and Change*, v. 31, n. 1, p. 307-340, 2000.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Inpe). *Sistema de detecção do desmatamento em tempo real na Amazônia (Deter): aspectos gerais, metodológicos e plano de desenvolvimento*. São José dos Campos: Inpe, 2008.
- INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA(IPAM). *REDD in Brazil: a focus on the Amazon*. Brasília: CGEE, 2011.
- IRWIN, A. STS perspectives on scientific governance. In: HACKETT, E. J.; AMSTERDAMSKA, O.; LYNCH, M.; WAJCMAN, J. (Eds.). *The handbook of science and technology studies*, p. 583-607. Cambridge, MA: MIT Press, 2008.
- JASANOFF, S. *States of knowledge: the co-production of science and the social order*. London: Routledge, 2004.
- KAISERFELD, T. Why new hybrid organizations are formed: historical perspectives on epistemic and academic drift. *Minerva*, v. 51, n. 2, p. 171-194, 2013.
- KINTISCH, E. Carbon emissions: improved monitoring of rainforests helps pierce haze of deforestation. *Science*, v. 316, n. 5824, p. 536-537, 2007.
- KWAN, M.-P. Feminist visualization: re-envisioning GIS as a method in feminist geographic research. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 92, n. 4, p. 645-661, 2002.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *Laboratory life: the construction of scientific facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.

LEFEBVRE, H. *The production of space*. Oxford, UK: Blackwell, 1991 [1974].

LEITE, M.; TALENTO, A. Desmatamento na Amazônia dispara em agosto e setembro. *Folha de S. Paulo*, 07 Nov. 2014. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2014/11/1544688-desmatamento-na-amazonia-dispara-em-agosto-e-setembro.shtml>>.

LOUREIRO, V. R.; PINTO, J. N. A. A questão fundiária na Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 54, p. 77-98, 2005.

LYNCH, M.; WOOLGAR, S. (Eds.). *Representation in scientific practice*. Cambridge, MA: MIT Press, 1990.

MACKENZIE, D.; SPINARDI, G. Tacit knowledge, weapons design, and the uninvention of nuclear weapons. *American Journal of Sociology*, v. 101, n. 1, p. 44-99, 1995.

MAY, P. H.; MILLIKAN, B. The context of REDD+ in Brazil: drivers, agents and institutions. *Cifor Occasional Paper*, n. 55, 2010.

MONTEIRO, M. Beyond the merely visual: interacting with digital objects in interdisciplinary scientific practice. *Semiotica*, 2010 (181), p. 127-147, 2010a.

_____. Beyond the merely visual: interacting with digital objects in interdisciplinary scientific practice. *Semiotica*, 1-4 (181), p. 127-147, 2010b.

_____. Reconfiguring evidence: interacting with digital objects in scientific practice. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, v. 19, n. 3-4, p. 335-354, 2010c.

MONTEIRO, M.; KEATING, E. Managing misunderstandings: the role of language in interdisciplinary scientific collaboration. *Science Communication*, v. 31, n. 1, p. 6-28, 2009.

MYERS, N. Molecular embodiments and the body-work of modeling in protein crystallography. *Social Studies of Science*, v. 38, n. 2, p. 163-199, 2008.

NOGUEIRA, R.; TOMAZELA, J. M. Lula diz que devastação é alarde e cobra investigação dos dados do Inpe. *O Estado de S. Paulo*, 31 Jan. 2008.

PETIT, C. The Amazon in flames: no one knows exactly how much of the world's largest rain forest is already gone. *The San Francisco Chronicle*, 01 Out. 1989.

PICKLES, J. *A history of spaces: cartographic reason, mapping and the geo-coded world*. London: Routledge, 2004.

_____. Representations in an electronic age: geography, GIS and democracy. In: _____. (Ed.). *Ground truth: the social implications of geographic information systems*, p. 1-30. New York: Guilford Press, 1995.

PURI, S. K. Integrating scientific with indigenous knowledge: constructing knowledge alliances for land management in India. *MIS Quarterly*, v. 31, n. 2, p. 355-379, 2007.

RAJÃO, R. Representations and discourses: the role of local accounts and remote sensing in the formulation of Amazonia's environmental policy. *Environmental Science & Policy*, v. 31, p. 60-71, 2013.

RAJÃO, R.; AZEVEDO, A.; STABILE, M. C. C. Institutional subversion and deforestation: learning lessons from the system for the environmental licensing of rural properties in Mato Grosso. *Public Administration and Development*, v. 32, n. 1, p. 229-244, 2012.

RAJÃO, R.; GEORGIADOU, Y. Blame Games in the Amazon: environmental crises and the emergence of a transparency regime in Brazil. *Global Environmental Politics*, v. 14, n. 4, p. 97-115, 2014.

RAJÃO, R.; HAYES, N. Conceptions of control and IT artifacts: an institutional account of the Amazon rainforest monitoring system. *Journal of Information Technology*, v. 24, n. 4, p. 320-331, 2009.

RAJÃO, R.; VURDUBAKIS, T. On the pragmatics of inscription: detecting deforestation in the Brazilian Amazon. *Theory, Culture & Society*, v. 30, n. 4, p. 151-177, 2013.

ROBERTS, S. M.; SCHEIN, R. H. Earth shattering: global imagery and GIS. In PICKLES, J. (Ed.), *Ground truth: the social implications of geographic information systems*, p. 171-195. New York: Guilford Press, 1995.

ROSE-REDWOOD, R. S. Governmentality, geography, and the geo-coded world. *Progress in Human Geography*, v. 30, n. 4, p. 469-486, 2006.

SANT'ANNA, L. Maggi diz que Inpe mente sobre devastação. *O Estado de S. Paulo*, 27 Jan. 2008.

SCOTT, J. C. *Seeing like a state: how certain schemes to improve the human condition have failed*. New Haven, CN: Yale University Press, 1998.

SHEPPARD, E. Knowledge production through critical GIS: genealogy and prospects. *Cartographica*, v. 40, n. 4, p. 5-21, 2005.

SKOLE, D.; TUCKER, R. P. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science*, v. 260, n. 5116, 1993.

TUFFANI, M. Inpe tenta explicar dados maquiados da Amazônia. *Folha de S. Paulo*, p. A-9, 12 Maio 1989.

VALERIANO, D. M.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; DE SOUZA, I. M.; DE SOUZA, R. C. Monitoring tropical forest from the space: the Prodes digital project. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 7, p. 12-23, 2004.

WYNNE, B. May the Sheep Safely Graze? In: Lash, S.; Szerszynski, B.; Wynne, B. (Eds.). *Risk, environment and modernity: towards a new ecology*, p. 44-83. London: Sage, 1996.

WISE, S.; CRAGLIA, M. (Eds.). *GIS and evidence-based policy-making*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008.

