

Roque João Tumolo Neto

**Da Amazônia Legal ao bioma Cerrado: Geociências, sustentabilidade,  
bioeconomia e desenvolvimento no Brasil**

**Brasília – DF**

**Junho/2018**

**Da Amazônia Legal ao bioma Cerrado: Geociências, sustentabilidade,  
bioeconomia e desenvolvimento no Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como parte dos requisitos  
para obtenção do grau de  
Especialista em Planejamento e Estratégias  
de Desenvolvimento.  
Aluno: Roque João Tumolo Neto  
Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Vargas

Brasília – DF  
Junho/2018

## Da Amazônia Legal ao bioma Cerrado: Geociências, sustentabilidade, bioeconomia e desenvolvimento no Brasil

Roque João Tumolo Neto  
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC  
Universidade de Brasília, ICS-ELA

### **RESUMO**

Palavras chave: Cerrado, Desenvolvimento Sustentável, Desmatamento, Amazônia Legal, Sistemas de Monitoramento.

Este estudo tem como objetivo demonstrar que, apesar de certa estagnação, mesclada com uma recente retomada no crescimento das taxas de desmatamento verificada entre 2014 e 2017 na Amazônia Legal, o Brasil vem alcançando bons resultados em seu esforço para estabelecer boas práticas e disseminar ideias sustentáveis relacionadas à preservação, conservação e utilização dos seus habitats naturais. Essas práticas e ideias contribuíram significativamente para a redução da taxa de desmatamento na Amazônia Legal nos últimos 13 anos e a correlata emissão de gases de efeito estufa dela derivada no mesmo período. Essa hipótese pode ser comprovada especialmente por meio dos dados geocientíficos fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE através de seus sistemas de monitoramento ambiental e do desmatamento, juntamente com a implementação continuada de políticas públicas regionais, favorecendo o surgimento de uma nova consciência ambiental e apontando para potenciais novos usos econômicos desses *hotspots* dentro de um novo modelo de desenvolvimento sustentável que gradualmente emerge. Recentemente, contudo, uma mudança de foco vem ocorrendo. Toda a atenção nacional e internacional e os esforços outrora dados e disponibilizados para o benefício do desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal, bem como a conservação e preservação do bioma Amazônia incorporado a ela, orientaram-se nos últimos anos em direção ao bioma Cerrado. Assim, dá-se agora ao bioma Cerrado o mesmo tratamento que uma vez foi dado à Amazônia brasileira, levando em consideração suas características internas, já que, ao contrário do entendimento do senso comum, trata-se o Cerrado, sob muitos aspectos, de ser um bioma muito mais complexo do que o bioma Amazônia e, além disso, não se pode desconsiderar que grande parte de sua área remanescente ainda pode ser legalmente desmatada em mais de ¼ do total de vegetação nativa. Assim, o objetivo principal deste estudo é explicar essa mudança de foco em

relação ao foco outrora colocado sobre a Amazônia Legal, que agora se desloca ao bioma Cerrado. Ao fazê-lo, este estudo enfatizará as dificuldades que o bioma Cerrado impõe para ser devidamente monitorado por imageamento satelitário, os serviços ecossistêmicos que fornece e o potencial econômico ainda incorporado em suas florestas, vis-à-vis seu uso comum para o uso primário do agronegócio.

## **ABSTRACT**

Keywords: Cerrado, Deforestation, Legal Amazon, Monitoring Systems, Sustainable Development.

This study aims to demonstrate that, despite a certain stagnation, combined with a recent resumption in the growth of deforestation rates between 2014 and 2017 in the Legal Amazon, Brazil has achieved good results in its effort to establish good practices and disseminate sustainable ideas related to the preservation, conservation and use of their natural habitats. These practices and ideas have contributed significantly to reducing the rate of deforestation in the Legal Amazon in the last 13 years and the correlated emission of greenhouse gases derived therefrom in the same period. This hypothesis can be proven through the geoscientific data provided by the National Institute of Space Research – INPE, provided by its environmental monitoring and deforestation systems, along with the continued implementation of regional public policies, favoring the emergence of a new environmental awareness and pointing out to potential new economic uses of these hotspots within a new sustainable development model that gradually emerges. Recently, however, a change of focus has taken place. All the national and international attention and efforts once made available for the benefit of the sustainable development of the Legal Amazon, as well as the conservation and preservation of the Amazon biome incorporated to it, have been oriented towards the *Cerrado* biome in recent years. Thus, the *Cerrado* biome has now being given the same treatment that was once given to the Brazilian Amazon, taking into account its inner characteristics, since, contrary to the understanding of common sense, the *Cerrado* is, in many aspects, a much more complex biome than the Amazon's, and, furthermore, it cannot be disregarded that much of its remaining area can still be legally deforested in more than ¼ of its total native vegetation. Thus, the main objective of this study is to explain this change of focus in relation to the lights once placed over the Legal Amazon, which now moves towards the *Cerrado* biome. In doing so, this study will emphasize the difficulties that the *Cerrado* biome imposes to be properly monitored by satellite imagery, the ecosystem services it provides and the economic potential still embedded in its forests, vis-à-vis their common use for primary use of agribusiness.

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2014, o Brasil era a sétima maior economia do mundo em termos de PIB (US\$ 2,4 trilhões), ficando em 59º lugar em termos de PIB per capita (US\$ 11.384), registrando uma taxa de crescimento econômico médio anual de 3,3% entre 2000 e 2014. O Brasil é o sexto país mais populoso do mundo, com cerca de 204 milhões de pessoas (cerca de 207 milhões em 2017), 84% das quais vivem em áreas urbanas. Embora progressos notáveis tenham sido feitos em relação à redução da pobreza e à desigualdade na distribuição de renda nos últimos anos, com taxas de pobreza e pobreza extrema caindo para 7,4% e 2,8%, respectivamente, as taxas de pobreza ainda afetam significativamente as populações rurais, com taxa de pobreza extrema estimada em 7,5%, sendo também particularmente elevadas entre os povos indígenas e as comunidades quilombolas<sup>1</sup> afro-brasileiras (PNAD, 2014).

Apesar do desenvolvimento industrial significativo, a economia brasileira ainda está amplamente ancorada na exportação de produtos primários, incluindo as *commodities* agrícolas. O país ocupa o primeiro lugar como exportador de cana-de-açúcar, carne bovina, aves, café, tabaco e etanol. O Brasil é também o segundo maior exportador de soja e milho, o quarto maior exportador de carne suína e possui o segundo maior rebanho bovino do mundo. O país exporta cerca de 1.500 diferentes produtos agrícolas para mais de 200 mercados na Europa, Ásia, África, Américas e Oriente Médio. A agricultura e a pecuária contribuem com 8% do PIB, representando 30% das exportações e 19% do emprego<sup>2</sup>. Grande parte desse crescimento agrícola ocorreu nas últimas décadas e muito devido à expansão da fronteira agrícola sobre a savana brasileira, conhecida como o bioma Cerrado.

O Cerrado abrange aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup> do Planalto Central Brasileiro (24% da área total do país) e é a segunda maior província fitogeográfica do Brasil, compartilhando transições com cinco dos seis outros biomas brasileiros: Floresta Amazônica, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica. É uma das savanas mais ricas e diversificadas do mundo (LEWINSOHN e PRADO 2005), compreendendo 23 tipos de vegetação, formadas principalmente por savanas tropicais, pradarias, florestas e florestas

---

<sup>1</sup> Chamados de Maroon em outros países da América do Sul que sofreram o mesmo fenômeno, as comunidades quilombolas foram originalmente formadas por escravos fugitivos que escaparam das fazendas e se reuniram para sobreviver em áreas florestais, desenvolvendo referências culturais próprias e identidade nesse processo.

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/estatisticas-de-comercio-exterior> Acessado em 27/05/2018

secas. Além disso, é considerado um dos 34 *hotspots* globais de biodiversidade, por conta tanto alto nível de endemismo local como da rápida perda de seu habitat original (MITTERMEIER et al. 2005).

Até o final da década de 1950, a contribuição do Cerrado para a produção agrícola brasileira era baixa, abaixo de 10% do total nacional. No entanto, a construção de Brasília fomentou um fluxo intenso de migrantes para a região do Cerrado para trabalhar em projetos de infraestrutura e programas de colonização, subvertendo aquela situação. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias agrícolas nos anos 70 tratou eficazmente dos problemas das deficiências de fertilidade de seu solo.

Hoje, a produtividade de soja, milho e algodão no Cerrado está entre as mais altas do mundo, consolidando o Cerrado como a nova fronteira agrícola do Brasil e dentro dele, mais recentemente, a região do MATOPIBA<sup>3</sup>, compreendendo áreas do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Particularmente quanto à soja, o Cerrado é responsável por mais da metade da produção brasileira, a maior parte para exportação (PPCERRADO, 2014)<sup>4</sup>.

Existem atualmente cerca de 50 milhões de cabeças de gado distribuídas por todo o bioma, representando 33% do rebanho nacional, com pastagens representando mais de 60 milhões de hectares, sendo esse o uso de terra mais importante da região. Devido à forma como foi feito, estima-se que 50 a 60% das áreas de pastagem apresentem algum grau de degradação (PPCERRADO, 2014).

A região do Cerrado abriga cerca de 22% da população brasileira (42,7 milhões)<sup>5</sup>, mas apenas 14% dessa população (cerca de 6 milhões de pessoas, 2,9% de todos os brasileiros) residem nas áreas rurais do bioma. Distribuído entre 10 estados (Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Sul do Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, São Paulo, Paraná) e o Distrito Federal, a área do bioma Cerrado é representada principalmente por propriedades privadas, concentradas nas mãos de pequenos proprietários, sendo que cerca de 78% do cerca de 1 milhão de propriedades são pequenas (até 4 módulos fiscais)<sup>6</sup>, ocupando, todavia, 15% da área de todas as propriedades. Por

---

<sup>3</sup> Projeções indicam que essa região, nova fronteira agrícola do país, deverá produzir 22,6 milhões de toneladas de grãos no ciclo 2023/2024 e uma área plantada de grãos entre 8,4 e 10,9 milhões de hectares ao final do período das projeções.[16][17] Na safra 2013/2014, MATOPIBA produziu 18,6 milhões de toneladas. Disponível em: [https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1\\_DelimitacaoMatopiba.pdf](https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf)

<sup>4</sup> Disponível em: [http://www.florestal.gov.br/snif/images/Publicacoes/ppcerrado\\_2fase.pdf](http://www.florestal.gov.br/snif/images/Publicacoes/ppcerrado_2fase.pdf) acessado em 27/05/2018

<sup>5</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo Brasileiro 2010.

<sup>6</sup> O módulo fiscal é uma unidade fundiária estabelecida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), principalmente para a tributação imobiliária rural de acordo com o Decreto Federal N° 8.485/1980 e INCRA IN 20/1980. O módulo fiscal nos municípios do Cerrado varia de 0,04 a 0,1km<sup>2</sup>, com uma média de 0,46km<sup>2</sup> (46 ha).

sua vez, os 22% restantes são compostos por médias e grandes propriedades, ocupando 85% da área total do bioma<sup>7</sup>.

Quanto às Áreas Protegidas<sup>8</sup>, estas representam 8,2% do bioma, enquanto as Terras Indígenas representam 4,3% de sua área. No ambiente rural como um todo, as taxas de pobreza e de pobreza extrema nas áreas rurais do Cerrado são de 19,1% e 7,2%, respectivamente, bem acima da média nacional de 7,4% e 2,8% (PNAD, 2014).

## **2. O BIOMA CERRADO: CARACTERÍSTICAS E DINÂMICAS NATURAIS E ANTROPOGÊNICAS**

Quanto à diversidade estrutural dos tipos de vegetação no Cerrado, esta envolve um amplo espectro de quantidades de biomassa. A matéria orgânica no solo representa o estoque de carbono mais substancial nos ecossistemas do Cerrado. O estoque total de carbono estimado é de 265 Mg/ha, com matéria orgânica do solo compreendendo 70% (185 Mg/ha), considerando a vegetação e o solo até 1m de profundidade<sup>9</sup>.

O desmatamento é uma característica fundamental associada à recente expansão da fronteira agrícola no Cerrado. Diversos estudos documentaram o grau intenso de ameaças a que este bioma está atualmente submetido, uma vez que as taxas de mudanças de cobertura da terra têm sido extremamente altas nas últimas décadas - ainda mais, parece, do que a registrada na região Amazônica (PPCERRADO, 2014).

Estima-se que apenas cerca de 52% da cobertura original da área de vegetação nativa do Cerrado permaneça inalterada (cerca de 1 milhão de km<sup>2</sup>), em comparação com os 82% estimados para o bioma Amazônia. Durante o período de 2002 a 2008, o bioma Cerrado perdeu 4,1% de sua cobertura (14.200 km<sup>2</sup>/ano), comparado à perda de 3,2% verificada na Amazônia Legal<sup>10</sup> (18.954 km<sup>2</sup>/ano).

---

<sup>7</sup> As estatísticas para o bioma foram derivadas dos dados do censo agropecuário de 2006 para os municípios que estão localizados parcial ou totalmente no Cerrado. Números absolutos (1.066.000 propriedades rurais acima de 1,5km<sup>2</sup>) superestimam o número total de propriedades rurais e a área realmente no Bioma Cerrado.

<sup>8</sup> As Áreas Protegidas englobam as Unidades de Conservação (UCs), mosaicos e corredores ecológicos, espaços considerados essenciais, do ponto de vista econômico, por conservarem a sociobiodiversidade, além de serem provedores de serviços ambientais e geradores de oportunidades de negócios. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas>

<sup>9</sup> Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/pt/405861468000593624/pdf/PAD1234-PAD-P143185-R2016-0041-1-Box394870B-OUO-9.pdf> Acessado em 27/05/2018

<sup>10</sup> A Amazônia Legal foi originalmente criada em 1953 sob a responsabilidade da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA). Hoje, corresponde à área dos Estados da Região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), além de todo o Estado de Mato Grosso e mais os municípios do Estado do Maranhão localizados a oeste do meridiano 44°W. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/english/geociencias/geografia/amazonialelegal.shtm?c=2> Acessado em 11/01/2018

Embora o desmatamento tenha recentemente mostrado uma tendência de declínio em ambas as áreas, já que em 2010 a área total desmatada do Cerrado foi semelhante à verificada para a Amazônia Legal (6.400 km<sup>2</sup>), há, todavia, que se considerar que esse dado representa um percentual maior em termos relativos (0,32% vs. 0,15% respectivamente)<sup>11</sup>.

A dinâmica da vegetação natural do Cerrado é frequentemente associada ao fogo, diferentemente do que ocorre na Amazônia. Considerando que os incêndios nas florestas úmidas do bioma Amazônia são um fenômeno natural raro, eles ocorrem mais frequentemente no Cerrado e desempenham um papel fundamental em seu funcionamento ecológico. No entanto, as práticas humanas de uso da terra alteraram o regime de fogo natural e os incêndios, provocados por fazendeiros, para induzir o recrescimento de pastagens na estação seca, muitas vezes saem do controle e se espalham por áreas mais amplas, afetando áreas protegidas, terras indígenas e remanescentes de vegetação natural (TUMOLO NETO, 2014). Em que pese os benefícios do manejo integrado do fogo proposto pelo Ministério do Meio Ambiente<sup>12</sup>, o uso indiscriminado do fogo continua a ser observado, apesar da existência e aplicação de regras de comando e controle<sup>13</sup>.

Estimativas consistentes e confiáveis da superfície queimada para o Cerrado não são encontradas na literatura. Dados preliminares do Ministério do Meio Ambiente (MMA), usando imagens de satélite de baixa resolução, indicam uma média de 410.000 km<sup>2</sup> para o período 2005-2010, variando de um mínimo de 217.000 km<sup>2</sup> em 2009 (um ano chuvoso) até um máximo de 659.000 km<sup>2</sup> em 2007 (um ano seco)<sup>14</sup>. Esses valores correspondem a cerca de 20% do bioma afetado pelo fogo, em média, e até 32%, em anos secos, seguindo um padrão semelhante aos regimes de fogo encontrado nas savanas africanas<sup>15</sup>.

---

<sup>11</sup> Disponível em:

<http://documents.worldbank.org/curated/en/523351468021251790/pdf/PAD7010PAD0P14010Bpx385271B00OUO090.pdf> Acessado em 27/05/2018

<sup>12</sup> Disponível em: <http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=2091> Acessado em 12/06/2018

<sup>13</sup> Veja o site do INPE (Queimadas) em: [http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimaimg/videos/focosdeCalor\\_cerrado\\_1998a2014.mp4](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimaimg/videos/focosdeCalor_cerrado_1998a2014.mp4). Acessado em 01/11/2018

<sup>14</sup> Veja as informações do MMA em: <http://www.mma.gov.br/florestas/controle-e-preven%C3%A7%C3%A3o-do-desmatamento/plano-de-a%C3%A7%C3%A3o-para-cerrado-%E2%80%93-projetos-de-apoio-ao-ppcerrado>. Acessado em 11/01/2018

<sup>15</sup> Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/pt/405861468000593624/text/PAD1234-PAD-143185-R2016-0041-1-Box394870B-OUO-9.txt> Acessado em 27/05/2018

Mudanças climáticas antropogênicas podem aumentar ainda mais a frequência de incêndios, não apenas por causa de estações secas mais longas em algumas regiões (NOBRE, VENDEDORES e SHUKLA, 1991; MALHI et al. 2008), mas também devido a um aumento em eventos extremos de seca, como os que ocorreram em 2005 e 2010 no sul da Amazônia e no norte do Cerrado (LEWIS et al. 2011). Além disso, como os incêndios estão associados ao desmatamento e, especialmente, à fragmentação, prevê-se que aumentem em frequência à medida que a vegetação nativa continue a ser convertida em terras agrícolas.

### **3. IMAGEAMENTO SATELITÁRIO E AS DIFICULDADES DE SUA APLICAÇÃO AO CERRADO**

Devido as suas características internas, não é uma tarefa fácil identificar prontamente áreas sob desmatamento ilegal ou queimadas no bioma Cerrado usando imagens de satélite, como vem sendo feito pelo INPE para a Amazônia Legal desde 1988.

Em levantamentos feitos por sensoriamento remoto, o uso de imagens de satélite é uma das grandes inovações no segmento de geoprocessamento, pois permite uma ampla gama de análises espaciais e temporais. Como o ambiente sofre constantes mudanças por ação antrópica, a interpretação das imagens de satélite é uma fonte direta de determinação da dinâmica dos processos envolvidos em tais mudanças. Nesse sentido, a fotointerpretação e o processamento digital de imagens assumem um papel de grande importância ao fornecer subsídios para a compreensão dos fenômenos ambientais e ao planejamento estratégico regional.

Particularmente no que tange à vegetação remanescente e sua supressão para expansão da agropecuária, existem vários indicadores para a realização de avaliações quantitativas. As estratégias para obtê-los variam desde os métodos tradicionais da verificação em campo, tais como inventários florestais, até métodos de avaliação remota, obtidos através do processamento de imagens de satélite, como os índices de vegetação.

Todavia, como se disse, tratar dessa questão remotamente não é tarefa simples, pois, tendo esse bioma características fitofisionômicas e dinâmicas peculiares, dificuldades se impõem a todo passo do trajeto. Nesse sentido, para melhor ilustrar a questão, aqui se buscará comparar duas áreas em dois biomas distintos, sendo uma delas localizada no Cerrado, para que se veja o efeito que traz a sazonalidade, uma das muitas variáveis a conformar-lhes, sobre uma e sobre outra e as possibilidades analíticas dela decorrentes, especialmente no caso do Cerrado.

Diversos estudos demonstram as mudanças decorrentes da sazonalidade nos biomas brasileiros. Entretanto, embora existam diferentes métodos de avaliação, será buscado, apenas para efeito visual, apresentar uma ideia comparativa do que ocorre no Cerrado face ao que ocorre no bioma Amazônia durante as estações seca e chuvosa, a fim de indicar claramente as diferenças entre eles e as dificuldades à análise que se impõem ao primeiro para verificar se houve desmatamento antropogênico ou queimada ilegal no bioma Cerrado ou se é simplesmente um fenômeno natural, devido a sua conformação fitofisionômica.

Com relação a essa questão, as imagens apresentadas nas Figuras 1 e 2 mostram nitidamente o que ocorre nesses dois biomas em relação a uma imagem que supostamente expressaria-se por desmatamento. Deve-se notar, antes desta visualização comparativa, que enquanto as áreas nas florestas da Amazônia são mais densas e com maior biomassa, as áreas no Cerrado, no entanto, apresentam uma configuração bem diferente, em que as formações associadas às savanas predominam.

A Figura 1 ilustra os limites do Parque Estadual do Setor Sul do Rio Negro (PAREST-RNSS) localizado no Estado do Amazonas na região Amazônica, em diferentes épocas do ano de 2016. Imagens do satélite Landsat 8 foram utilizadas na composição RGB ( 6,5,4), em épocas de chuva, figuras A e B, referentes aos meses de outubro e dezembro, e na estação seca, figuras C e D, referentes aos meses de agosto e setembro.



A) 2016-10-15



B) 2016-12-18



C) 2016-08-12



D) 2016-09-14

Figura 1. Imagens do PARESTE do setor sul do Rio Negro em diferentes momentos durante o ano de 2016.

Fonte: INPE. Adaptado pelo autor.

A Figura 2 mostra os limites do Parque Nacional de Brasília (PARNA-BRASÍLIA), no Distrito Federal, área de cerrado, também em diferentes épocas para o ano de 2016. Imagens do satélite Landsat 8 foram utilizadas na composição RGB (6,5, 4), em épocas de chuva, figuras A e B, referentes aos meses de março e novembro, e durante a estação seca, figuras C e D, referentes aos meses julho e setembro.

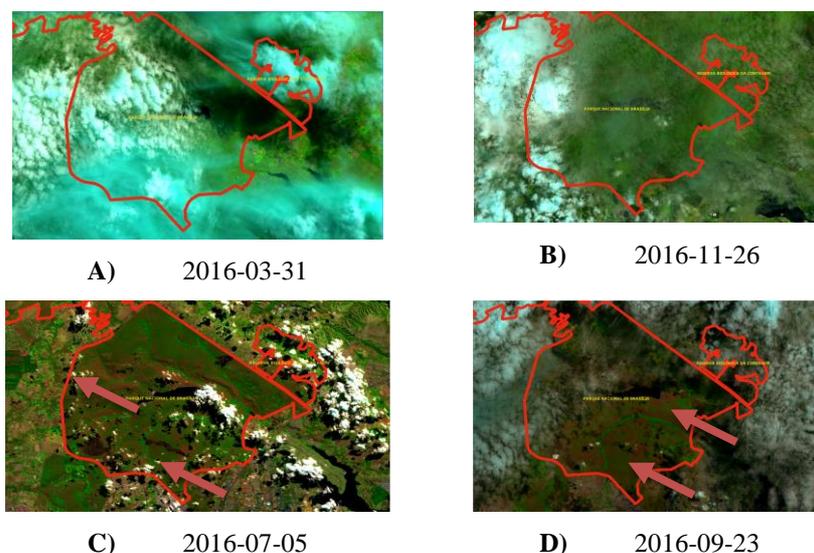


Figura 2. Imagens do PARNA de Brasília em momentos distintos durante o ano de 2016.

Fonte: INPE. Adaptado pelo autor.

Ao realizar a análise visual da cobertura vegetal do PAREST-RNSS (Figura 1), em diferentes meses do ano (estações chuvosa e seca), vê-se a homogeneidade da vegetação em todas as imagens. Observa-se que a vegetação contida nos limites do Parque não se alterou com o regime de chuvas, permitindo a identificação de áreas florestais que encontram-se bem definidas.

Existem muitas metodologias que procuram explicar este tipo de resposta visual. Segundo Huete et al. (1997), em regiões com vegetação densa como esta, o contraste entre as respostas da radiação eletromagnética nas regiões vermelha e do infravermelho próximo é alto e, contrariamente, quando não há vegetação, o contraste é baixo. Isto é assim porque não há absorção da radiação vermelha por pigmentos fotossinteticamente ativos.

Estudos mostraram que dados de sensores remotos estão relacionados a medições de biomassa da vegetação (LEFSKY et al., 1999; SAATCHI et al., 2011). No entanto, o sombreamento e fechamento do dossel e a complexidade das características biofísicas dificultam a adaptação de modelos baseados na refletância (LU et al., 2005). Por essa razão, as estimativas de refletância tendem a obter melhores resultados em florestas secundárias e ecossistemas com vegetação menos densa quando comparadas a florestas primárias.

A Figura 2 mostra a área do PARNA de Brasília. Verifica-se, ao contrário do observado na Figura 1, que o período seco pode interferir na interpretação visual das imagens. Pode-se observar na Figura 2 C e 2 D (período seco) a existência de algumas áreas sem coloração verde (matizes próximas ao marrom), o que pode levar a uma falsa interpretação do solo exposto (setas). Essas inferências devem-se aos diferentes tipos de vegetação existentes no PARNA-Brasília localizado no bioma Cerrado.

Isso se deve ao fato do bioma Cerrado, no qual o PARNA-Brasília está inserido, compreender uma grande diversidade de litologias, formas de relevo, dimensões altimétricas e solos. Além disso, está sob um clima tipicamente sazonal em termos de precipitação e tem diferenças significativas em sua temperatura anual e médias de precipitação (ADAMOLI et al., 1986; NIMER e BRANDÃO, 1989; IBGE, 2004a).

Essa alta heterogeneidade ambiental faz da vegetação desse bioma uma das mais diversificadas do Brasil, fazendo com que, em todos os cantos, seu tipo de vegetação predominante, o cerrado *sensu stricto*, seja entremeado por campos e florestas (EITEN, 1994; OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2002; IBGE 2004b).

A combinação de diferentes formas estruturais determina os vários tipos de vegetação do Cerrado e estas podem ser divididas em cinco tipos principais: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e cerradão (floresta do Cerrado). O tipo de vegetação mais abundante é o cerrado *stricto sensu* (22%) e os menos abundantes são o cerrado (5%) e o campo limpo (4%) (SANO et al., 2010).

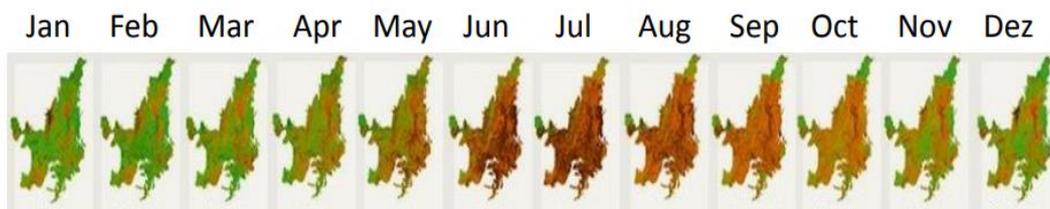


Figura 3. Diferenças na sombra da vegetação do bioma Cerrado em épocas de seca e chuva

Fonte: Carvalho, 2009

Como exemplo da variedade e semelhança entre esses tipos, a Figura 4 apresenta a fitofisionomia presente no bioma Cerrado, onde a maioria das árvores e da vegetação perdem suas folhas durante o período seco, demonstrando as dificuldades que isso impõe para se mapear corretamente as ocorrências no interior de suas várias formações savânicas e diferenciar entre uma ocorrência natural e uma antropogênica.

Isso porque esse período seco faz com que a vegetação, em várias de suas formas, diminua ou interrompa seu crescimento, entrando em um período de dormência de troca e, ao mesmo tempo, a queda foliar<sup>16</sup>. O déficit hídrico decorrente da estação seca desacelera o ciclo e a disponibilidade de nutrientes e muitos indivíduos, embora adaptados à seca, não suportam essas condições de estresse e morrem. No início da próxima estação chuvosa os indivíduos sobreviventes retomam seu crescimento e a morte de alguns indivíduos abre espaços para que os recrutas se estabeleçam e, assim, os processos dinâmicos continuem a abrir espaço, promovendo temporariamente a manutenção e funcionamento das comunidades (MURPHY & LUGO 1986, SWAINE et al 1990, CRAWLEY 1997).



**A**



**B**

Figura 4. Mesma área do Cerrado em diferentes épocas do ano - Floresta Estacional Decidual: A) estação seca e B) estação chuvosa

Fonte: Carvalho, 2009

---

<sup>16</sup> Adicionalmente essa queda foliar provoca um grande acúmulo de lixo no solo além da abertura do dossel, permitindo uma maior penetração de luz no solo e uma maior incidência de ventos na floresta. Vento, folhas secas e motivações econômicas estão geralmente associados aos incêndios florestais ocasionais verificados ao longo de toda a extensão do bioma.

Esses processos, como se disse, impõem dificuldades para o mapeamento e avaliação das ocorrências. Estudos têm mostrado que a reflectância da mesma fisionomia do Cerrado é menor na estação chuvosa do que na estação seca (FERREIRA et al., 2003; LIESEMBERG et al., 2007). Trancoso (2013), ao analisar a influência da precipitação sobre a variabilidade regional de mudanças espectrais após o desmatamento no Cerrado conclui que, devido à sazonalidade da precipitação que é bem definida, traz alto potencial de mudança na resposta espectral da vegetação, como bem mostra a comparação de imagens de diferentes épocas do ano acima.

Avaliações das mudanças espectrais sazonais entre as cinco diferentes fitofisionomias do Cerrado arborizado, mostram que, no final da estação chuvosa, o contraste entre as categorias de vegetação é mínimo, ao passo que no final da estação seca essas diferenças assumem valores máximos (LIESEMBERG et al., 2007). Portanto, a variação sazonal e regional das propriedades espectrais é esperada nesse ambiente biótico, pois, embora a reflectância e o Índice de Diferenciação de Vegetação Normalizado - NDVI estejam livres de interferência atmosférica, os alvos vegetativos carregam um efeito de memória que está diretamente relacionado ao clima. Estudos correlacionando variáveis climáticas com índices de vegetação mostraram a correlação desses dados (ICHII et al., 2002; FODDY et al., 2003), pois a precipitação e a temperatura, confirmam-se, influenciam diretamente o crescimento e o vigor da vegetação (SONG & MA, 2011).

Assim, como o Cerrado apresenta uma sazonalidade marcada com estações secas e chuvosas definidas, o vigor da vegetação tende a acompanhar a flutuação anual da precipitação e este sinal influencia a resposta espectral (FERREIRA & HUETE, 2004). Além disso, outros estudos também mostram que a reflectância da mesma fisionomia do Cerrado é menor na estação chuvosa do que na estação seca (FERREIRA et al., 2003; LIESEMBERG et al., 2007).

Uma outra variável refere-se à variabilidade florística. Segundo Bridgewater et al. (2004), a composição florística do Cerrado apresenta alta heterogeneidade dentro do bioma, o que contribui para sua diversidade. Um estudo que analisou a similaridade florística entre seis províncias fitogeográficas mostrou que, apesar da alta similaridade florística das espécies dominantes em nível local, há uma grande variação na composição de espécies, especialmente nas menos comuns (BRIDGEWATER et al., 2004). Assim, tal como a precipitação, a composição florística tem alto potencial de influência na resposta espectral observada para as diferentes regiões do bioma, sendo responsável por

grande parte da heterogeneidade na resposta espectral observada entre regiões e dentro de uma mesma região.

Diferenças na composição florística também proporcionam alta variabilidade espacial na biomassa da vegetação (RIBEIRO et al., 2011) e na matéria orgânica do solo (BATLLE-BAYER et al., 2010; MENDES et al., 2012) do Cerrado, apresentando grande potencial de interferência na resposta espectral dos alvos (ASNER, 1998). Por essa razão, estudos recentes demonstraram que é possível trazer mais certeza às análises ao, conjugadamente às análises de precipitação, identificar variações de tipologias de savana utilizando propriedades de vegetação espectral obtidas por sensoriamento remoto (HILLS et al., 2011). Assim, considerando esses fatores, pode-se inferir a grande dificuldade imposta à realização de monitoramento ambiental e desmatamento para o bioma Cerrado vis-à-vis ao que é feito para a Amazônia.

Do ponto de vista metodológico, para a elaboração das imagens que serviram como subsídio a essa seção, o processo dividiu-se em duas etapas principais. Primeiramente oito imagens do sensor Landsat 8 foram usadas em duas regiões diferentes. Para a área localizada na Amazônia foram utilizadas imagens das seguintes datas: 08/12/2016, 14/09/2016, 15/10/2016 e 18/12/2016. Para o Distrito Federal, foram utilizadas as datas de 31/03/2016, 07/05/2016, 23/09/2016 e 26/11/2016.

Quanto às imagens do sensor Landsat 8/OLI, estas foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE - <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>), onde cenas de boa qualidade e com menor cobertura de nuvens foram selecionados. As cenas escolhidas para este trabalho foram as LO82300622016255, LO82300622016257, LO82300622016289, LO82300622016353 LO82210712016091, LO82210712016187, LO82210712016267 e LO82210712016331. Essas imagens foram fornecidas gratuitamente e sem restrições de uso.

Posteriormente essas imagens foram importadas e fundidas no software QGIS versão 2.18.19 e para a análise da vegetação foram realizadas composições coloridas (RGB) com as bandas (6/4/5) indicadas para a avaliação da vegetação. Deve-se notar que as principais características que diferenciam o Landsat 8 de missões anteriores do Landsat são a quantização de 12 bits e a adição de duas novas bandas, uma para aplicação em estudos costeiros e aerossóis e outra para detecção de nuvens cirros. O formato de renderização é GeoTIFF, em 16 bits sem sinal, com projeção cartográfica UTM no WGS 84 Datum e ortorretificado com um erro circular.

Adicionalmente ao exposto, cabe ressaltar que as formas das unidades de conservação aqui apresentadas foram baixadas do *site* do Ministério do Meio Ambiente (MMA) em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados>.

#### **4. CONTRIBUIÇÕES À AGENDA CLIMÁTICA, COMPROMISSOS ASSUMIDOS, POLÍTICAS PÚBLICAS E O PAPEL DOS HABITATS NATURAIS NO BRASIL**

O compromisso do Brasil com relação à mudança climática tem sido constante desde 1992, quando o país sediou a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. No contexto da 15ª Conferência das Partes da UNFCCC, em 2009 em Copenhague, o Brasil comprometeu-se voluntariamente com uma meta de redução de emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020, implicando em uma redução de emissões de cerca de 1,2 bilhão de tCO<sub>2</sub>eq<sup>17</sup>.

Pouco tempo depois, o Brasil instituiu esse objetivo na Lei. 12.187/2009, estabelecendo a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). A PNMC define os objetivos e diretrizes das contribuições brasileiras para lidar com as mudanças climáticas e é o principal ponto de referência para as ações do tipo REDD + no Brasil.

O conjunto de ações de mitigação estipuladas pelo PNMC para atingir suas metas inclui a redução das taxas de desmatamento por bioma e o início de processos alternativos nos setores agrícola, energético e siderúrgico. O Decreto nº 7.390/2010, que regulamenta a PNMC, estabelece metas específicas para a redução de emissões de GEE, tais como: (i) redução de 80% do desmatamento na Amazônia Legal em relação à média de 1996-2005 (19.535 km<sup>2</sup>/ano); (ii) redução de 40% do desmatamento no Cerrado em relação à média de 1999-2008 (15.700 km<sup>2</sup>/ano); (iii) recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas; (iv) expansão dos sistemas integrados de lavoura, pecuária e silvicultura em 4 milhões de ha; (v) expansão dos sistemas de plantio direto em 8 milhões de ha; (vi) expansão de florestas plantadas em 3 milhões de hectares; (vii) aumento de 4,4 milhões de m<sup>3</sup> no tratamento de dejetos animais; e (viii) aumento do uso de carvão vegetal de florestas plantadas para siderurgia.

---

<sup>17</sup> Ver Anexo II do Acordo de Copenhague: Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMAs) pelos países em desenvolvimento. Disponível em: [http://unfccc.int/meetings/cop\\_15/copenhagen\\_accord/items/5265.php](http://unfccc.int/meetings/cop_15/copenhagen_accord/items/5265.php) Acessado em 11/01/2018

Os instrumentos estipulados pela PNMC para reduzir o desmatamento baseiam-se nos trabalhos anteriores do Plano de Ação para a Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) e em seu similar para a região do Cerrado: o Plano de Ação para Prevenir e Controle do Desmatamento e Queimadas no Bioma Cerrado (PPCerrado). O PPCDAm, lançado em março de 2004, visa promover a redução do desmatamento na região da Amazônia Legal, com foco nas atividades de planejamento territorial, monitoramento, controle e produção sustentável. O PPCerrado, lançado em setembro de 2010, visa promover a redução sustentada da taxa de desmatamento e degradação florestal (incluindo incêndios) no bioma, melhorando a capacidade de monitoramento e controle de agências federais, promovendo a regularização de propriedades rurais, atividades de produção sustentáveis e a restauração de terras degradadas.

Complementar a esses planos, o Código Florestal é considerado a mais importante regulamentação do uso da terra no país, dado o seu alcance nacional e as restrições que impõe à propriedade privada, com o objetivo de proteger bens públicos, tais como florestas e vegetação. O código exige que os agricultores preservem as áreas mais frágeis de sua propriedade (Áreas de Preservação Permanente - APP), com a obrigação adicional de garantir que parte da vegetação nativa original seja mantida (Reserva Legal - RL). O Código Florestal envolve a criação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que estabelece um prazo para que os proprietários de terra registrem as APPs e RLs em suas terras<sup>18</sup> e apresentem propostas para restaurar suas áreas degradadas, caso não estejam em conformidade com a legislação. Estima-se que cerca de 30 milhões de hectares de APPs e RLs em todo o país exigem requerem essa ação de restauração para se adequarem ao Código Florestal vigente e, assim, atualmente, mais da metade das propriedades brasileiras (cerca de 2,5 milhões de agricultores) podem ser consideradas ilegais<sup>19</sup>. O cumprimento da legislação ambiental é um pré-requisito para que pequenos e médios produtores tenham acesso ao crédito rural disponível no Programa ABC, que será apresentado adiante.

Pequenos proprietários, assentados da reforma agrária, agricultores familiares e povos e comunidades tradicionais são beneficiários especiais do Código Florestal e

---

<sup>18</sup> Recorrentemente esse prazo vem sendo dilatado, sendo que o último, vencido em 31/05/2018, também foi prorrogado até 2019.

<sup>19</sup> A regularização das propriedades rurais sob o CAR em 47 municípios no Cerrado é apoiada por um projeto separado, mas relacionado, executado como parte do Plano de Investimentos do Brasil sob o Programa de Investimentos Florestais - FIP.

recebem, gratuitamente, apoio governamental para restaurar as APPs degradadas e RLs em suas terras, por meio de assistência técnica, educação ambiental, fornecimento de sementes, mudas e treinamento adequado. Além disso, a PNMC também prevê a elaboração de planos setoriais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, com vistas a consolidar uma economia de baixo carbono e cumprir os compromissos voluntários nacionais anunciados sob sua política.

Além desses planos setoriais, o Código Florestal<sup>20</sup>, como dito, exige que os agricultores preservem as APPs, as áreas mais frágeis de suas propriedades, tais como matas ciliares, encostas íngremes, montanhas, etc, com a obrigação adicional de garantir que a parte da vegetação nativa original seja mantida como LR. O percentual a ser mantido como RL pode variar de 80% na Amazônia a 20-35% no Cerrado (dependendo da localização), a 20% no restante do Brasil. Os proprietários de terras devem buscar autorização oficial das agências estaduais relevantes para converter a vegetação nativa (não classificada como RLs ou APPs) em outros usos permitidos por lei.

Estimativas recentes mostram que o Cerrado é o bioma com a maior extensão de vegetação nativa ainda disponível para o desmatamento legal, estimado em 1988 em  $\pm 6$  milhões de hectares, com potencial para emitir  $18 \pm 4$  GtCO<sub>2</sub>e (Soares-Filho et al. 2014). Replicar a experiência bem-sucedida no controle do desmatamento como feito na Amazônia, para aumentar o controle e a proteção do Cerrado, é o que agora se coloca em pauta pelo PPCerrado.

De fato, um dos principais desafios do PPCerrado é estabelecer um sistema de monitoramento do desmatamento e degradação no bioma Cerrado. Os esforços atuais para monitorar a mudança da cobertura florestal no Cerrado, contudo, ainda contam com recursos limitados, não se podendo medi-la em tempo quase real, como ocorre para a Amazônia, e os dados não têm o mesmo nível de precisão.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (PPCERRADO, 2014), dada a extensão de terras ainda disponíveis para o desmatamento legal no Cerrado e sua produtividade potencialmente alta, é esperado que a agricultura continue a aumentar na região por algum tempo, mesmo com o incremento de novas tecnologias que permitem ganhos significativos de produtividade. Os desafios, então, podem ser assim resumidos:

---

<sup>20</sup> Promulgado pela Lei Federal 12.651, de maio de 2012, conforme alterada pela Lei 12.727 de outubro de 2012 e pelo Decreto Federal 7.830 de outubro de 2012

(i) promover uma adoção mais ampla de tais práticas<sup>21</sup> e (ii) permitir a implementação total do Código Florestal e a conformidade com os requisitos da APP e da RL.

Neste contexto, a geração e provisão de informações espacial e temporalmente consistentes sobre recursos e mudanças florestais é necessária para embasar a elaboração e implementação de estratégias para melhorar a sustentabilidade e a eficiência do uso da terra. Essas ações contribuiriam para a manutenção de ecossistemas naturais, juntamente com sua biodiversidade e serviços ambientais a ela associados.

## **5. CIÊNCIA E POLÍTICAS PÚBLICAS: O PAPEL DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS E A NECESSIDADE DE INFORMAÇÃO SÓLIDA E MONITORAMENTO DO CERRADO**

Para apoiar o PPCDAm, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE construiu o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real - DETER, usando imagens de resolução de 250 metros, obtidas por meio do sensor MODIS da NASA, produzindo alertas diários de desmatamento e degradação florestal. As informações do DETER provaram ser vitais para permitir a aplicação eficiente da lei para combater e reduzir o desmatamento.

O melhor monitoramento por satélite e o aumento da vigilância foram fundamentais para a obtenção de uma queda significativa nas taxas de desmatamento na Amazônia brasileira, de 27.772 km<sup>2</sup> em 2004 para 5.891 km<sup>2</sup> em 2013, um processo descrito em 2012 como “a maior história de sucesso ambiental em décadas” pela revista científica Nature<sup>22</sup>. A Tabela 1 pode mostrar claramente essa história de sucesso em números:

Tabela 1: Taxas de desmatamento para a Amazônia Legal entre 1988 e 2017 com ênfase especial nos anos entre 2005 e 2012 após a implantação do PPCDAm.

<b>Período</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Período</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Período</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>
<b>1988</b>	21.050	<b>1998</b>	17.383	<b>2008</b>	12.911
<b>1999</b>	17.770	<b>1999</b>	17.259	<b>2009</b>	7.464
<b>1990</b>	13.730	<b>2000</b>	18.226	<b>2010</b>	7.000
<b>1991</b>	11.030	<b>2001</b>	18.165	<b>2011</b>	6.418

<sup>21</sup> Um desafio assumido pela produção sustentável financiada pelo FIP em áreas previamente convertidas para a produção agrícola (P143184), aprovado pelo Banco em 28 de julho de 2014.

<sup>22</sup> Nature: Back to Earth. Nature, 486, 2012.

<b>1992</b>	13.786	<b>2002</b>	21.650	<b>2012</b>	4.571
<b>1993</b>	14.896	<b>2003</b>	25.396	<b>2013</b>	5.891
<b>1994</b>	14.896	<b>2004</b>	27.772	<b>2014</b>	5.012
<b>1995</b>	29.059	<b>2005</b>	19.014	<b>2015</b>	6.207
<b>1996</b>	18.161	<b>2006</b>	14.286	<b>2016</b>	7.893
<b>1997</b>	13.227	<b>2007</b>	11.651	<b>2017</b>	6.947

Fonte: <http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html> Adaptado pelo autor.

Os dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) e do DETER estão disponíveis na internet, garantindo total transparência nas informações. Por exemplo, na página do DETER é possível encontrar alertas mensais e mapas em nuvem, uma interface interativa que suporta consultas sobre estatísticas de alerta para unidades administrativas de terra, como Municípios, Terras Indígenas e Áreas Protegidas, oferecendo também um serviço de e-mail automático para qualquer parte interessada, enviando informações sobre tamanho, localização e data dos alertas de desmatamento ou degradação florestal.

Além disso, há uma interface disponível com o banco de dados do Programa de Monitoramento de Incêndios em Vegetação em Tempo Real (DETER) do INPE, que atualiza e armazena a detecção de incêndio por todos os satélites disponíveis a cada 15 minutos. A disponibilidade aberta de dados de desmatamento e ocorrência de incêndios também melhorou a pesquisa. De acordo com o serviço de indexação do Google Scholar, em meados de 2014, mais de 2.500 artigos citaram a base de dados PRODES do INPE, incluindo publicações em periódicos de prestígio como Nature, Science e PNAS.

O Brasil criou no INPE uma sólida infraestrutura de monitoramento para mudanças na cobertura da Amazônia, mas falta um bom sistema de informação para o Cerrado e o governo quer usar sua experiência bem-sucedida no controle do desmatamento na Amazônia Legal para aumentar o controle e proteção do Cerrado também. O sistema de monitoramento do desmatamento será uma adaptação dos sistemas existentes em uso para a região amazônica (PRODES e DETER). Estes já são testados, validados e citados como melhores práticas internacionalmente<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Veja GOF-C-GOLD, 2013. REDD + Sourcebook, versão COP19. Disponível em: <http://www.gofcgold.wur.nl/redd/> Acessado em 01/11/2018

No caso dos sistemas de alerta precoce para incêndios florestais, as melhorias irão melhorar o sistema existente para aumentar a capacidade de prever o risco de incêndio florestal e propagação de incêndios, uma das principais ameaças ao Cerrado. Por fim, as informações geradas ampliarão os sistemas existentes para estimar as emissões de GEE no bioma como um indicador de eficácia de suas ações de mitigação. Juntas, essas ações garantirão um fluxo constante de informações de alta qualidade para os formuladores de políticas e atores envolvidos nas operações terrestres, fornecendo-lhes ferramentas cruciais de apoio ao planejamento, controle e prevenção de incêndios florestais e atividades de desmatamento.

Como se disse, o desmatamento e o fogo fazem parte do sistema de cultivo do Cerrado. Agricultores e pecuaristas contribuem para o desmatamento e usam o fogo para ampliar as pastagens, aumentar a produtividade a curto prazo e controlar pragas e doenças. Sem impedimentos legais, o desmatamento continuará, já que é financeiramente lucrativo (TUMOLO NETO, 2014). Na maioria das situações de pequenos produtores, a queima de florestas e pastagens é mais econômica do que a intensificação agrícola<sup>24</sup>. O desmatamento e a queimada no Cerrado são de alguma forma legais em até 80% da propriedade agrícola, excluindo os setores protegidos. Licenças de desmatamento e queima controlada são necessárias, embora a maioria dos fazendeiros não as solicite (TUMOLO NETO, 2014).

Do ponto de vista ambiental, o desmatamento aumenta as emissões de GEE e afeta negativamente as mudanças climáticas. A queima controlada no Cerrado tem alguns efeitos ambientais positivos, como a redução do combustível de madeira, que por sua vez reduz os incêndios florestais. Muitos incêndios, no entanto, saem do controle e queimam mais pastagens do que o pretendido, estendem-se a florestas adjacentes e, cumulativamente, têm efeitos negativos na saúde respiratória (Tumolo Neto 2014).

Por isso, um projeto foi proposto em 2010 e iniciado em 2016 com o intuito de fortalecer as instituições para melhor monitorar e reduzir o desmatamento não intencional ou ilegal, bem como a queima descontrolada dessa savana brasileira. Chamado por “Desenvolvimento de sistemas de prevenção de incêndios florestais e monitoramento da cobertura vegetal no cerrado brasileiro”<sup>25</sup>, esse projeto, se bem sucedido, ajudará,

---

<sup>24</sup> Disponível em <http://www.asb.cgiar.org/publication/alternatives-slash-and-burn-programme-asb-brazil>  
Acessado em 11/01/2018

<sup>25</sup> <https://www.climateinvestmentfunds.org/projects/development-systems-prevent-forest-fires-and-monitor-vegetation-cover-brazilian-cerrado> Accessed on 12/01/2018

juntamente com muitas outras iniciativas, a reduzir os custos sociais e ambientais do desmatamento e dos incêndios e, por fim, impactar as emissões de GEE, já que os principais benefícios econômicos e financeiros do desmatamento e queimadas vão para o setor privado, enquanto os custos são suportados pela sociedade no Brasil e em outros lugares na forma de externalidades negativas.

Os primeiros dados disponibilizados no âmbito desse projeto foram disponibilizados pelo INPE enquanto esse trabalho ainda estava sendo elaborado e dizem respeito à taxa de desmatamento verificada para o Cerrado entre os anos de 2016 e 2017. Tomando essa taxa e a metodologia que a gerou como linha de base, taxas comparativas foram propostas para os anos anteriores.

Somados aos dados já produzidos pelo INPE para a Amazônia, este novo monitoramento da cobertura do Cerrado, usando imagens de satélites de observação da Terra, garantirá uma base de informações sobre o desmatamento em áreas de vegetação natural de 73% do território brasileiro<sup>26</sup>.

O PRODES Cerrado, como agora chamado, considera como desmatamento a remoção completa da cobertura vegetal natural do bioma, independentemente da utilização subsequente destas áreas. São cartografadas e quantificadas as áreas desmatadas maiores que um hectare, usando 118 imagens satélites da classe Landsat (resolução espacial de 30 metros) a cada ano do período analisado<sup>27</sup>.

O Quadro 1 mostra em km<sup>2</sup> a extensão da área desmatada no bioma Cerrado, por ano, desde 2001 até 2017. Os resultados do biênio 2016-2017 mostram uma redução de 38% na extensão da área desmatada em relação ao desmatamento medido no biênio 2014-2015. Na coluna “Polígonos maiores do que 6,25 ha” é mostrada a extensão da área desmatada por ano, considerando somente os polígonos de áreas maiores que 6,25 hectares, para manter uma consistência com a série histórica produzida pelo PRODES Amazônia, que considera essa área mínima de mapeamento.

Metodologicamente, para os biênios 2001-2002, 2003-2004, 2005-2006, 2007-2008, 2009-2010 e 2011-2012, foi feito um mapeamento e atribuiu-se a cada um dos anos a metade do incremento do respectivo biênio. Para o período compreendido entre 2013 e 2017 o mapeamento foi anual. A extensão do desmatamento para o ano de 2013 inclui

---

<sup>26</sup> Disponível em: <https://mail.yahoo.com/d/folders/2/messages/ADTLJYpJAE4MWyv3mgf-4JKzzLQ?.intl=br&.lang=pt-BR&.partner=none&.src=fp> Acessado em 21/06/2018

<sup>27</sup> idem

resíduos de anos anteriores, que somam 1.928 km<sup>2</sup> (menos de 1%). Posteriormente esses polígonos residuais serão reanalisados e atribuídos ao ano em que foram desmatados.

**Quadro 1: Extensão da área desmatada no Bioma Cerrado de 2001 a 2017**

Ano	Área (km <sup>2</sup> )	
	Todos os polígonos	Polígonos maiores do que 6,25 ha
2001	29.495	27.663
2002	29.495	27.663
2003	28.992	26.489
2004	28.992	26.489
2005	17.644	15.837
2006	17.644	15.837
2007	14.885	13.272
2008	14.885	13.272
2009	10.055	8.765
2010	10.055	8.765
2011	9.491	8.710
2012	9.491	8.710
2013	14.250	11.778
2014	10.761	9.003
2015	11.881	10.064
2016	6.777	5.960
2017	7.408	6.397

Fonte: INPE. Adaptado pelo autor.

### **5.1. Ciência aberta, políticas públicas e múltiplas ferramentas para a sustentabilidade**

Enquanto a maior parte da política e legislação ambiental do Brasil se baseou principalmente em instrumentos de comando e controle, nos últimos anos sua eficiência tem sido cada vez mais questionada, pois as políticas ambientais enfrentam problemas que afetam as instituições públicas, como o subfinanciamento de órgãos públicos encarregados da aplicação da lei.

Paralelamente às dificuldades enfrentadas para a operacionalização dos instrumentos de comando e controle, as propostas de instrumentos baseados no mercado aumentaram e a legislação que introduz mecanismos de mercado para facilitar o cumprimento das normas ambientais no uso da terra foi recentemente introduzida e a noção de pagamento por serviços ecossistêmicos (PES) é cada vez mais presente em novas propostas e medidas políticas.

Até o momento, o principal exemplo são os mecanismos introduzidos pelo novo Código Florestal de 2012<sup>28</sup>, que incluem a possibilidade de um proprietário que excedeu a área de desmatamento de suas terras comprar cotas de Reserva Legal (LRQ) de outros proprietários localizados no mesmo bioma vis-à-vis àqueles e que desmataram a mata nativa menos do que tinham direito legal, transformando-a em um ativo a ser comercializado. As informações publicamente acessíveis fornecidas pelo PRODES e pelo DETER têm um papel primordial a desempenhar nesse processo, não apenas no bioma Amazônia, onde os sistemas de informação já estão em funcionamento, mas também em outros biomas, sendo o Cerrado o próximo a ser por esses instrumentos contemplado.

Da mesma forma, as informações fornecidas publicamente por tais esforços institucionais e científicos são um insumo fundamental para promover análises transparentes e debates abertos na sociedade sobre a própria concepção, eficiência e implementação de políticas públicas ambientais relativas ao direito e uso da terra como, por exemplo, ao permitir que seja feita a comparação entre diferentes modelos e métodos de gestão de terras e de governança. A esse respeito, processos recentes e em andamento na Amazônia brasileira fornecem exemplos interessantes de possíveis implicações futuras para outros biomas.

Uma dessas possibilidades surge comparando o desempenho de conservação ambiental de Áreas Protegidas (diferentes categorias de Parques Naturais) versus Terras Indígenas na Amazônia Brasileira. Os dados PRODES e DETER do INPE mostram que

---

<sup>28</sup> Lei 12.651/2012.

tanto os Parques Naturais quanto as Terras Indígenas representam barreiras efetivas ao desmatamento, à degradação florestal e aos incêndios na Amazônia.

Tais considerações, assim como outras decorrentes dos dados disponibilizados publicamente pelo PRODES e pelo DETER, podem ser apropriadas pelos atores sociais, potencializando o debate público e os processos de aprendizagem social, fundamentais para o sucesso das políticas de sustentabilidade. Na última década, o caso das Terras Indígenas representa um exemplo desse tipo de processo. Logo após a divulgação dos primeiros dados científicos sobre o desempenho da conservação de terras indígenas na floresta, entre 2006 e 2008, movimentos sociais indígenas começaram a formular demandas políticas específicas para o governo brasileiro.

Um consenso científico e político foi formado em torno da idéia de que as Terras Indígenas poderiam ser cada vez mais consideradas provedoras de serviços ecossistêmicos dentro de uma estratégia para promover estilos de vida sustentáveis, bem-estar e etno-desenvolvimento dos povos indígenas, mas também assegurar o uso sustentável global do Terras Indígenas do bioma fazem parte. O resultado concreto desse processo foi o estabelecimento, em 2012, de uma Política Nacional de Gestão Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI)<sup>29</sup>.

## **6. SUSTENTABILIDADE E UM NOVO MODELO DE DESENVOLVIMENTO BIOECONÔMICO: O QUE PODE SER OFERECIDO PELOS HABITATS NATURAIS ALÉM DE *COMMODITIES*, AMAZÔNIA E CERRADO INCLUÍDOS?**

Atualmente, o desenvolvimento encontra-se sob a guarda do paradigma da sustentabilidade (ENRÍQUEZ, 2010), comumente traduzido por desenvolvimento sustentável (AMAZONAS, 2002; NASCIMENTO e COSTA, 2010; VEIGA, 2005). Nesse ambiente vem ganhando corpo a proposta de um novo modelo de desenvolvimento, lastreado, em grande parte, na biotecnologia e na bioindústria e batizado por bioeconomia (CAMARGO BARROS e MACHADO NETO, 2007; GARCIA, 2006; PAVONE, 2015).

Segundo Malajovich (2012), a biotecnologia explora processos celulares e biomoleculares para desenvolver tecnologias e produtos<sup>30</sup> e, embora essa área do conhecimento humano não seja recente, suas aplicações, métodos e as tecnologias a ela

---

<sup>29</sup> Decreto 7.747/2012

<sup>30</sup> Disponível em: [http://www.pugatch-consilium.com/reports/TRADUCAO-Building\\_the\\_Bioeconomy.pdf](http://www.pugatch-consilium.com/reports/TRADUCAO-Building_the_Bioeconomy.pdf) Acesso em 25/05/2018

relacionadas possuem hoje feições totalmente diversas das que originalmente tinham. Assim, iniciando-se há mais de 6.000 anos com o uso de processos biológicos sobre os quais não se conheciam as bases teóricas de sua operacionalização para a produção de alimentos, pães e bebidas fermentadas a partir de microrganismos, avança-se hoje rumo a biotecnologias de extrema sofisticação, com potencial para gerar benefícios em diversas áreas, como saúde, meio ambiente, agricultura e infraestrutura.

Para Borba da Silva (2008) tais produtos e inovações não se traduzem apenas como melhores técnicas para combater doenças, produzir alimentos, gerar energia mais limpa, reduzir o passivo ambiental e proporcionar processos industriais mais seguros, limpos e eficientes, mas constituem-se em algo singularmente novo do ponto de vista da produção, pois o sofisticado embasamento técnico e a natureza genérica da biotecnologia moderna, que vem possibilitando o desenvolvimento de imensa gama de produtos e processos, criam, ao mesmo tempo, um novo tipo de indústria, a bioindústria, influenciando os rumos da economia mundial.

O modelo de desenvolvimento que vem se desenhando atrelado à biotecnologia e à bioindústria, foi recentemente batizado como modelo bioeconômico ou, simplesmente, bioeconomia (PAVONE, 2015). O termo não é recente, mas houve duas alterações de seu enfoque (OCDE, 2009) desde que foi primeiramente proposto em meados da década de 1960 (CAMARGO BARROS e MACHADO NETO, 2007; CECHIN e VEIGA, 2010) por Georgescu-Roegen (CECHIN, 2008). Tais mudanças de enfoque se deram primeiramente na década de 1970 pela cooptação que sofreu a bioeconomia pela agroindústria durante a revolução verde e, na sequência, por conta de sua captura por um movimento surgido na década de 1980, chamado por desenvolvimento sustentável, que visava alargar-lhe o escopo, inserindo-a em muitas áreas do conhecimento de forma combinada e transversal.

Nesse ambiente, para Knutsson (2009), a década de 1980 foi nascedouro de duas propostas de desenvolvimento, aparentemente descoladas e com preocupações distintas, mas que compunham um todo orgânico: o neoliberalismo de Reagan, Thatcher e Kohl e o desenvolvimento sustentável de Brundtland. O primeiro reorientou o keynesianismo e o estado do bem-estar social presente em algumas economias centrais durante a década de 1960 e 1970 dando à década de 1980 ares neoliberais e monetaristas; o segundo reformatou as feições do que se chamava ainda à época por “outro desenvolvimento”, que àquela altura ganhava proeminência e preocupava-se com questões locais (HETTNE, 1995), atribuindo-lhe, segundo Daly (2004) e Layrargues (1997), feições sócio-

econômicas e ambientais mais afinadas à lógica produtiva do sistema, em uma matriz combinatória com o primeiro.

Todavia, o modelo do desenvolvimento sustentável é um conceito problemático, sendo usado de muitas maneiras diferentes por diferentes agentes e atores sociais em diferentes contextos. Alguns autores, inclusive, sugerem que esta ambiguidade do conceito tem sido a razão de seu sucesso (BLEWITT & CULLINGFORD, 2004; REDCLIFT, 2002; RIST, 1997). De certa forma, a “vaguidão” do conceito facilitou que o mainstream político-econômico neoliberal cooptasse o desenvolvimento sustentável para as suas trincheiras (AMAZONAS, 2002; KNUTSSON, 2009).

De qualquer forma, independentemente de sua imprecisão conceitual, o desenvolvimento sustentável acabou servindo de base a essa segunda alteração sofrida pela bioeconomia, fazendo com que hoje ela se apresente dotada de feições bastante distintas da que originalmente possuía nas décadas de 1960 e 1970 e venha crescentemente incorporando cada vez mais elementos combinados de biotecnologia, redesenhando-se e gradativamente se transmutando na nova bioeconomia. Embora haja divergências quanto a isso, como é caso de Passet (1996), para quem a bioeconomia<sup>31</sup> consubstanciou-se já em sua primeira aparição realmente em algo inusitado, no “novo paradigma da economia”, esse entendimento da já consubstanciação da bioeconomia em um novo modelo de desenvolvimento já àquela época é a exceção.

Assim, independentemente das muitas definições hoje difundidas sobre o que é a bioeconomia, sua trajetória polissêmica pode ser claramente identificada em três momentos. Inicialmente, a bioeconomia refletiu algumas das idéias de Georgescu-Roegen, que chamaram a atenção para a insustentabilidade do crescimento econômico e populacional humano diante dos limites dos bens e serviços da Terra (CAZIN e VEIGA, 2010; GEORGESCU-ROEGEN, 1971). Posteriormente, a idéia perdeu gradualmente os contornos que poderiam ter-lhe dado seu próprio formato de modelo de desenvolvimento estreitando seu escopo, focando sua preocupação na necessária redução da pressão humana sobre os ecossistemas, devido ao uso indevido de recursos biológicos e novas tecnologias geradas para a produção de alimentos, tanto para uso humano como para uso animal.

Manteve-se assim orientada em suas preocupações durante os anos áureos da revolução verde (SANTANA et al., 2012) para ressurgir recentemente para uma terceira

---

<sup>31</sup> Disponível em: [http://br.boell.org/sites/default/files/ecologia\\_criticaeconomiaverde.pdf](http://br.boell.org/sites/default/files/ecologia_criticaeconomiaverde.pdf) Acesso em 25/05/2018

rodada, com enfoque alargado e em uma roupagem tecnológica de altíssima complexidade com foco na inovação, bastante distinta das duas anteriores, e envolta em teorias e métodos reajustados para essas novas atribuições, de tal sorte que Chicchi , em uma tentativa de redefini-la e conceituá-la, de modo a conformá-la em um modelo de desenvolvimento que expressasse o momento atual, afirma que a bioeconomia é o processo de captura e produção da vida no interior das regras do discurso econômico vigente.

Portanto, enquanto a bioeconomia das décadas de 1960 e 1970 baseou-se no conhecimento da revolução verde, ou seja, o uso do melhoramento genético convencional, o uso intensivo de insumos tecnológicos, como fertilizantes e agroquímicos, e a incorporação de maior racionalidade econômica e o uso ampliado de técnicas de gestão; a nova bioeconomia, por sua vez, utiliza um conjunto muito mais amplo e avançado de conhecimento científico e tecnológico. Compõem esse rol, além da biotecnologia, a bioinformática, a nanotecnologia, a tecnologia da informação, a biologia sintética, a modificação genética de organismos vivos, a clonagem e o sequenciamento de DNA (SANTANA et al., 2012).

Essa bioeconomia de terceira geração é um termo relativamente recente em sua formulação corrente. Aparece pela primeira vez nos documentos de policy making dos Estados Unidos nos primeiros anos do século XXI, especificamente no relatório do *Biomass Research and Development Board*, que apresentou a bioeconomia como uma revolução, uma volta tecnológica a um passado sustentável por meio da implementação de um modelo de economia baseado em energias e recursos naturais renováveis (BRDB, 2001).

As motivações de seu ressurgimento em nova roupagem e com aspirações de vê-la transformada em um novo modelo de desenvolvimento a ser seguido encontram-se hoje, como se encontravam na década de 1970, em questões econômicas inerentes a aspectos de produtividade, competitividade e lucratividade (PAVONE, 2015). Em meados dos anos 70, quando a economia estadunidense se encontrava em uma fase de declive e a situação internacional se havia complicado pelo fim dos acordos de Bretton Woods e a crise do petróleo de 1973, a implementação e disseminação dessas ideias bioeconômicas proporcionaram uma retomada do crescimento em novas bases produtivas (PAVONE, 2015).

Por sua vez e guardando as devidas semelhanças, a nova bioeconomia do século XXI encontra o mundo ocidental lutando, por um lado, e sem muito sucesso, para debelar

uma crise sistêmica conjuntural e estrutural. A primeira, conjuntural, originada na financeirização das economias, na falência do estado de bem estar social europeu, na estagnação econômica e incapacidade de superação da pobreza pela grande maioria dos países, no expansionismo industrial e tecnológico chinês e na indefinição quanto à sustentação do crescimento por parte de alguns países emergentes, dentre eles o Brasil (BRESSER-PEREIRA, 2010, 2012). A segunda, estrutural, refletindo os ciclos de longo prazo de expansão e retração da economia capitalista (KONDRATIEV, 1928).

De interesse para esse levantamento conceitual, há que se dizer que o primeiro documento oficial europeu que falou de bioeconomia foi o relatório estratégico publicado em 2002 com o título *Life Sciences and Biotechnology: a strategy for Europe* (EUROPEAN COMMISSION, 2002). Neste documento, existem duas coisas a considerar. A primeira é que a biomedicina se converte em um elemento essencial da bioeconomia, contrastando com outros entendimentos, inclusive o entendimento estadunidense, que àquela época, se limitavam a promover as biotecnologias agrícolas e industriais e enfatizavam o binômio crescimento econômico-sustentabilidade ambiental (EUROPEAN COMMISSION, 2002). A percepção europeia como um bloco quanto à bioeconomia foi, portanto, mais precoce e ampla do que a de outros países.

A segunda é que neste documento europeu o crescimento econômico e a competitividade têm mais relevância do que a sustentabilidade ambiental: a bioeconomia é, sobretudo, para os europeus, uma nova forma de se recuperar competitividade pelas bioindústrias (EUROPEAN COMMISSION, 2002). Portanto, tanto os Estados Unidos como outros países industrialmente firmados se encontram em uma encruzilhada: ou abraçam essa bioeconomia em novo molde e adotam todas as medidas necessárias para que esta ocupe lugar de destaque em seu planejamento estratégico nacional e, assim fazendo, estabeleçam protagonismo em inovação tecnológica e crescimento econômico ou, ao contrário, suportem as consequências de ver estas tecnologias serem desenvolvidas em outros países, abrindo espaço para que estes se tornem protagonistas deste novo modelo de desenvolvimento que desponta, em um ambiente competitivo de nações.

Nesse sentido, o quadro e o cenário geopolíticos estabelecidos após a Segunda Guerra Mundial encontram-se hoje crivados por uma tripla incerteza: a proeminência e competitividade bioeconômica europeia, o pulsante industrialismo chinês, que gradativamente ocupa espaços produtivos tradicionalmente ocupados pelos Estados Unidos enquanto produtor mundial de bens duráveis, e o potencial biotecnológico e bioindustrial de alguns países periféricos, detentores de grande biodiversidade, e

dispostos a usá-la bioindustrialmente a seu favor, de forma a assumir posição mais vantajosa no concerto das nações. Quanto a esses últimos, e isso há que ser bem considerado, têm substantivo quantum de biomassa a seu favor, posto que a base desse novo modelo de desenvolvimento bioeconômico encontra-se tanto na biotecnologia e na bioindústria quanto na biomassa.

O termo biomassa, em uma acepção limitada, refere-se ao peso, volume ou área ocupada da matéria viva (plantas, animais, bactérias, fungos etc.) encontrada em uma área determinada, mas é mais frequentemente usado para significar material biológico não fossilizado que pode servir como matéria prima para a fabricação de produtos de base biológica<sup>32</sup>. O termo também implica em um modo particular de se pensar a respeito da natureza como uma *commodity*, mesmo antes dela entrar no mercado comercial. Em outras palavras, tudo o que vive é um artigo potencial de comércio (CECHIN, 2008).

Ao redor do mundo, indústrias e governos estão se voltando para a biomassa, propagando-a como uma solução para todos os males, de produção de energia ao combate das mudanças climáticas, por meio de biotecnologias e bioindústrias. Biomassa, biotecnologia e bioindústria formam o substrato sobre o qual se organiza a bioeconomia atual (GALEMBECK, 2013). De particular interesse para o Brasil, segundo Santana et al. (2012), até agora apenas alguns países em desenvolvimento foram capazes de ter uma participação relevante nessa corrida bioeconômica que se inaugura e, apesar de potencialmente habilitado a desempenhar papel de destaque nesse movimento, no Brasil ainda não é frequente o emprego do termo bioeconomia nos documentos oficiais relacionados à política industrial e ao comércio exterior.

Para um alinhamento mínimo com os países da Europa Central sobre esta questão, o Brasil deve estabelecer uma agenda bioeconômica consistente e explícita. No entanto, embora alguns projetos sejam propostos aqui e ali (BOMTEMPO e ALVES, 2015), não existe um plano ou estratégia brasileira sobre bioeconomia (CNI, 2013) que combine seu potencial industrial e sua megabiodiversidade, apesar da existência de uma Estratégia Nacional para a Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCT proposta pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI, 2011, MCTIC 2016).

Esses estudos, quando existem, se apresentam de forma segmentada e têm motivações distintas, inexistindo até agora uma coordenação dessas proposições em uma agenda, de forma a incorporar as diferentes iniciativas dentro de um contexto nacional

---

<sup>32</sup> Disponível em: [http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?\\_pageid=76,15049&\\_dad=portal](http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=76,15049&_dad=portal)  
Acesso em: 27/05/2018

(MENDES, 2015). Tal agenda, portanto, quando gerada, não deve se restringir a biocombustíveis e químicos, tratados separadamente como têm ocorrido com frequência, mas que combustíveis, químicos e materiais sejam integrados no espaço da bioeconomia (RODRIGUES et al., 2012). Isso porque a bioindústria contempla enorme leque de atividades<sup>33</sup>.

O Brasil, com todas as diferenças que o separam dos países centrais quanto ao seu desenvolvimento socioeconômico, industrial, tecnológico, científico e sua pouca inserção geopolítica regional e global, tem a oportunidade de sobrepujar algumas dessas diferenças com o advento desse novo modelo de desenvolvimento, por conta de possuir a maior diversidade biológica do planeta, com muitos ativos de grande interesse para o comércio, expertise científica e um número considerável de instituições de pesquisa e infraestrutura industrial que a bioeconomia requer.

Nesse sentido, verifica-se que em alguns países centrais, as indústrias alimentar, farmacêutica, química, da saúde, da energia e da informação estão rapidamente se conformando a esse novo modelo bioeconômico. As fronteiras entre negócios tradicionalmente distintos já estão se diluindo e esta grande convergência está gerando o que promete ser a maior indústria do planeta (BORBA DA SILVA, 2008). O Brasil tem tudo o que é necessário para lidar com a tarefa: habitats naturais, biomassa, biodiversidade, expertise, um parque industrial consolidado e um grande número de instituições de pesquisa.

## 7. CONCLUSÕES

Embora seja geralmente aceito que não há caminho fácil, único ou pronto para a sustentabilidade e o desenvolvimento, o acesso a informações confiáveis e cientificamente sólidas para a tomada de decisões é um ingrediente indispensável de qualquer receita bem-sucedida que determinada sociedade possa escolher implementar.

A experiência bem-sucedida da última década do Brasil em conter o desmatamento da Amazônia e as emissões de GEE, enquanto experimentava crescimento econômico e redução da pobreza está sendo transferida para seu segundo maior bioma, o Cerrado.

---

<sup>33</sup> Disponível em:

[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_24/2014/07/22/479/V35\\_Bioeconomiaoportuidadesobstaculoseagenda\\_web.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2014/07/22/479/V35_Bioeconomiaoportuidadesobstaculoseagenda_web.pdf) Acesso em: 26/05/2018

A transparência e o acesso aberto a informações cientificamente sólidas e altamente confiáveis são, sem dúvida, um pré-requisito fundamental para políticas públicas eficientes e inovadoras, que vão desde mecanismos baseados no mercado até instrumentos de comando e controle e arranjos institucionais de outros tipos.

No entanto, até que ponto o Cerrado será uma segunda história de sucesso dependerá crucialmente de como os processos de aprendizado político e social serão capazes de se apropriar das informações científicas disponíveis e integrá-las à tomada de decisões e às dinâmicas institucionais nos seus mais variados níveis. Além disso, usar sabiamente os habitats naturais e a biodiversidade dentro deles é não só oportuno como uma necessidade para os próximos anos, devido à transformação bioeconômica em curso a reorientar o sistema produtivo.

A biotecnologia, como suas primeiras conquistas indicam, pode estabelecer uma base científica e tecnológica radicalmente nova. A inserção no que parece ser um novo modelo de desenvolvimento que gradualmente se materializa ocorrerá de maneira diferenciada entre os países. A inserção diferenciada se deve a quatro fatores: 1) a temporalidade distinta com a qual cada um desses países abraçou ou vai abraçar a bioeconomia como um paradigma de desenvolvimento inexorável; 2) o modo como cada país utilizará seus recursos naturais em biodiversidade, a integração de sua capacidade de pesquisa com o desenvolvimento de sua bio-indústria, alinhados com suas políticas internas e externas; 3) a competitividade internacional nesta área; e 4) a gestão do Estado e dos negócios vis-à-vis seu senso de oportunidade para empreender essa mudança.

Particularmente em relação ao Brasil, existe uma janela única de oportunidade para que o País participe de maneira significativa dessa bioeconomia nascente e se torne um player global de peso. A natureza diferenciada da bioeconomia, baseada em processos amplamente difundidos na natureza e bastante genéricos do ponto de vista da aplicação, abre a possibilidade de inserção em um modelo de mercado de tecnologias mais inclusivo e diversificado, em vez do já conhecido mercado de inovação, no qual a tecnologia é concentrada em um pequeno número de países, compreendendo um número limitado de processos e produtos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÁMOLI, J. et al. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Brasília, DF: Embrapa-CPAC. p. 33-74. 1986.
- ARANTES, A. E. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 117, 66–78. 2016.
- ASNER, G.P. Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance. Remote Sensing of Environment, n. 64, p. 234-253, 1998.
- AMAZONAS, M. C. Desenvolvimento sustentável e a perspectiva das teorias econômicas institucionais. In: NOBRE, M.; AMAZONAS, M. C. Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito. Brasília: Ed. Ibama. 2002.
- BATLLE-BAYER, L. BATJES, N.H., BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. Agriculture, Ecosystems and Environment, n.137, p. 47-58, 2010.
- BIRCH, K. The neoliberal underpinnings of the bioeconomy: the ideological discourses and practices of economic competitiveness. In Genomics, Society and Policy, 2, pp. 1-15. 2006.
- BLEWITT, J., & CULLINGFORD, C. The sustainability curriculum : the challenge for higher education. London: Earthscan Publications. 2004.
- BOMTEMPO, J. V. e ALVES, F. Bioeconomia em construção V – Existe uma agenda de inovação para a bioeconomia no Brasil? In BOLETIM
- BORBA DA SILVA, M. Nanotecnologia e a condição humana: a radicalidade técnica contemporânea, os questionamentos éticos do homo viator e a visão de natureza. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Filosofia e Ciências Humanas Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas. Florianópolis. 2008.
- BRESSER-PEREIRA, L. C. A crise financeira global e depois. Um novo capitalismo? In Novos Estudos CEBRAP, v. 86, p. 51-72. 2010.
- \_\_\_\_\_. A crise financeira de 2008. In: Luiz Carlos Bresser-Pereira. (Org.). Depois da crise: a China no centro do mundo? 1ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, v. 1, p. 21-56. 2012.
- BRIDGEWATER, S., RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. Biogeographic patterns,  $\beta$ -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. Biodiversity and Conservation, V. 13, p. 2295-2318, 2004.
- BRDB – Biomass Research and Development Board. Fostering the Bioeconomic Revolution in Biobased Products and Bioenergy. Golden, CO: Biomass Research and Development Board, National Renewable Laboratory. 2001.
- BROWN, J.C., KASTENS, J.H., COUTINHO, A.C., VICTORIA, D.C., BISHOP, C.R. Classifying multiyear agricultural land use data from Mato Grosso using time-series MODIS vegetation index data. Remote Sensing of Environment, n. 130, p. 39-50, 2013.
- BUSTAMANTE, M. C. et al. “Estimating Greenhouse Gas Emissions from Cattle Raising in Brazil”. *Climatic Change* 115-3: 559-577. 2012.
- CAMARGO BARROS, G. S. e MACHADO NETO, R. A velha e a nova bioeconomia: desafios para o desenvolvimento sustentável. In www.cepea.esalq.usp.br, 2007.
- CASTRO, E.A. & KAUFFMAN, J. B. “Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire.” *Journal of Tropical Ecology* 14-3: 263–283. 1998.
- CECHIN, A.D. Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema? Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Ciência Ambiental da universidade de São Paulo. 2008.

- CECHIN, A.D. e VEIGA, J.E. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. In *Revista de Economia Política*, vol. 30, nº 3, (119), pp. 438-454, julho-setembro. 2010.
- CNI-CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Bioeconomia: uma agenda para o Brasil*. Brasília: CNI. 2013.
- CORAZZA, R. I. Tecnologia e Meio Ambiente no Debate sobre os Limites do Crescimento: Notas à Luz de Contribuições Seleccionadas de Georgescu-Roegen. In *Economia*, Brasília (DF), v.6, n.2, p.435-461. 2005 .
- CRAWLEY, M.J. Life history and environment. Pp. 73-131. In: *Plant Ecology*. M.J. Crawley (ed.). Blackwell Science Ltd., Oxford, United Kingdom. 1997.
- DALY, H. E. The world dynamics of economic growth: The economics of the steady state. *American Economic Association*, 64(2):15-21. 1974.
- \_\_\_\_\_. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*, 22:261-266. 1997.
- \_\_\_\_\_. Crescimento sustentável? Não, obrigado. In *Ambiente e Sociedade*, vol.7, no.2, p.197-202. 2004.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Org.). *Cerrado: caracterização ocupação e perspectivas*. 2. ed. Brasília, DF: Editora da UnB, p. 17-73. 1994.
- EITEN, G. The Cerrado Vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, vol. 38. Springer, pp. 201-341, n. 2. 1972.
- EMBRAPA. *Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira: síntese / Embrapa*. – Brasília, DF: Embrapa. 2014.
- ENRÍQUEZ, M. A. *Trajetórias do desenvolvimento: da ilusão do crescimento ao imperativo da sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Garamond. 2010.
- EUROPEAN COMMISSION. *Life Sciences and Biotechnology: A Strategy for Europe*. COM (2002)27. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg. Disponível em: <http://ec.europa.eu/biotechnology/pdf/com2002-27en.pdf> Acesso em: 26/08/2015
- \_\_\_\_\_. *En route to the Knowledge-based Bio-economy*, Bruselas, European Commission, 1-231. 2007.
- FERREIRA, L. G., HUETE, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, n. 25, p. 1837-1860, 2004.
- FERREIRA, L.G., YOSHIOKA, H., Huete, A., SANO, E.E. Seasonal landscape and spectral vegetation dynamics in the Brazilian Cerrado: an analysis within the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA). *Remote Sensing of Environment*, n.87, p.534-550, 2003.
- GALEMBECK, F. Inovação para a sustentabilidade. In *Quim. Nova*, Vol. 36, No. 10, 1600-1604. 2013.
- GALFORD, G. L., MUSTARD, J. F., MELILLO, J., GENDRIN, A., CERRI, C. C., & CERRI, C. E. P. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. *Remote Sensing of Environment*, n.112, p. 576- 587, 2008.
- GARCIA, J.C. Biotecnologia e biocapitalismo global. In *Análise Social* v. XII (181) p. 981-1009, 2006.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. *The entropy law and the economic process*. Cambridge: Harvard University Press. 1971.
- GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. In *Quim. Nova*, Vol. 32, No. 3, 582-587. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2009.

- HETTNE, B. Development theory and the three worlds : towards an international political economy of development (2. ed.). Harlow ; New York: Longman. 1995.
- HILL, M.J., ROMÁN, M.O., SCHAAF, C.B, HUTLEY, L. BRANNSTROM, C., ETTER, A., HANAN, N.P. Characterizing vegetation cover in global savannas with an annual foliage clumping index derived from the MODIS BRDF product. *Remote Sensing of Environment*, n. 115, p. 2008-2024. 2011.
- HUETE, A; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; LEWEEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, n. 59, p. 440–451. 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de biomas brasileiros. Rio de Janeiro: IBGE, Escala 1:5.000.000. 2004a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa da vegetação do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, Escala 1:5.000.000. 2004b.
- KNUTSSON, B. The Intellectual History of Development: Towards a Widening Potential Repertoire. In *Perspectives* 13. p.1–47. 2009.
- KODRATIEV, N.D. The long waves in economic life. *Review*, 4:519-62 [Tradução completa de The major economic cycles. *Voprosy Koniunkyury*, 1: 28-79, 1925.], 1975.
- \_\_\_\_\_. On the problem of major economic cycles. *Planovoc Khozziaistvo*, 8, ago, 1928.
- KONDRATIEV, N.D. e OPARIN, E.I. Major economic cycles. Moscow, Krasnaia Presnia, 1928.
- LAURIOLA, V. M. “Quem conserva a biodiversidade na Amazônia? Uma análise comparada da eficiência econômico-ecológica de Terras Indígenas e Unidades de Conservação.” *Boletim da EcoEco* s.n. 2006.
- LAYRARGUES, P. P. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: Evolução de um conceito? Proposta, Rio de Janeiro, v. 24, n. 71, p. 1-5. 1997.
- LEFSKY, M.A., HARDING, D., COHEN, W.B., PARKER, G., SHUGART, H.H. Surface Lidar Remote Sensing of Basal Area and Biomass in Deciduous Forests of Eastern Maryland, USA. *Remote Sensing of Environment*, n. 67, p. 83-98. 1999.
- LEWINSOHN, T. and PRADO, P. “How many species are there in Brazil?” *Conservation Biology* 19-3: 619-24. 2005.
- LEWIS, S.L., BRANDO, P.M., PHILLIPS O.L., VAN DER HEIJDEN, G.F., NEPSTAD, D. 2011. “The 2010 Amazon drought.” *Science* 331: 554-554. 2011.
- LIESENBERG, V., GALVÃO, L.S., PONZONI, F.J. Variations in reflectance with seasonality and viewing geometry: implications for classification of Brazilian savanna physiognomies with MISR/Terra data. *Remote Sensing of Environment*, n.107, p. 276-286. 2007.
- LU, D., BATISTELLA, M., MORAN, E. Satellite estimation of aboveground biomass and impacts on forest stand structure. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, n. 71, p. 967-974. 2005.
- MAISO, J. Desafios éticos, filosóficos e políticos da biologia sintética. In *Cadernos IHU ideias*, Ano 11, nº 201. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS São Leopoldo: Instituto Humanitas Unisinos – IHU. 2013.
- MALAJOVICH M. A. Biotecnologia 2011. Rio de Janeiro, Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT. 2012.
- MALHI, Y.J., T. ROBERTS, R.A., BETTS, T.J., KILLEEN, W. L., NOBRE, C. A. “Climate change, deforestation and the fate of the Amazon.” *Science* 319: 169-172. 2008.
- MARCOVICH, A. Formas do vivo e no vivo: imitar e/ou reproduzir a vida. In *scientia zudia*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 117-37. 2008.

- MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012 – 2015- Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia. 2011.
- MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações 2016 – 2012-Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia. 2016.
- MENDES, I.C., FERNANDES, M.F., CHAER, G.M., JUNIOR, F.B.R. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. *Plant Soil*, n. 359, p. 183- 195. 2012.
- MENDES, C.I.C. Transferência de tecnologia da Embrapa: rumo à inovação. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia. Campinas, SP; [s.n.]. 2015.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. PPCerrado – Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado:2ª fase (2014-2015) / Ministério do Meio Ambiente, Organizador. Brasília: MMA, 132 p. 2014.
- MITTERMEIER, R.A. et al. “A Brief History of Biodiversity Conservation in Brazil.” *Conservation Biology* 19-3: 601-607. 2005.
- MURPHY, P.G. & LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67-88. 1986.
- NASCIMENTO, E. P.; COSTA, H. A. Sustainability as a new political Field. *Cahiers do IIRPC*, 51-58. 2010.
- NEPSTAD et al. “Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains.” *Science* 344-6188: 1118-1123. 2014.
- NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados. Rio de Janeiro: IBGE. 1989.
- NOBRE, C.A., P.J. Sellers, J. Shukla. “Amazonian deforestation and regional climate change.” *Journal of Climate* 4: 957-988. 1991.
- OCDE. The Bioeconomy to 2030: designing a political agenda. OECD. 2009.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and wood flora of the bioma Cerrado. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, p. 91-120. 2002.
- PASSET, R. Principios de Bioeconomía. España: Fundación Argentaria. 1996. Disponível em:<http://www.fcmanrique.org/recursos/publicacion/4a26530dPpiosdebioeconomia1-2.pdf> Acesso em 26/07/2015
- PAVONE, V. Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía. In CTS – Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad, nº 29, v.10. Buenos Aires. 2015 Disponível em <http://www.revistacts.net/volumen-10-numero-29> Acesso em 27/07/2015
- PEREIRA, B.A.S., VENTUROLI, F., CARVALHO, F.A. Florestas Estacionais no Cerrado: Uma Visão Geral. *Pesquisa Agropecuária Trop.* 41 (3), 446–455. 2011.
- REDCLIFT, M. Sustainable development. In V. Desai & R. B. Potter (Eds.), *The Companion to Development Studies*. London: Harold Arnold. 2002.
- RIBEIRO, S.C., FEHRMANN, SOARES, P.B.S., JACOVINE, L.A.G., KLEIN, C., GASPAR, R.O. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, n.262, p.491-499. 2011.
- RIST, G. The history of development: from Western origins to global faith. London: Zed. 1997.
- RODRIGUES et al. Drivers de mudanças no sistema agroalimentar brasileiro. In *Parcerias Estratégicas*, v.17, n.34. 2012.

- SAATCHI, S.S., HARRIS, N.L., BROWN, S., LEFSKY, M., MITCHARD, E.T.A., SALAS, W., ZUTTA, B.R., BUERMANN, W., LEWIS, S.L., HAGEN, S., PETROVA, S., WHITE, L., SILMAN, M., MOREL, A. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, n. 108, p. 9899- 9904. 2011.
- SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S., FERREIRA, L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 166, 113–124. 2010.
- SANTANA et al. Bioeconomia: um paradigma revolucionário para a agricultura!? In *Perspectiva*, n° 4, maio, Brasília, DF. 2012.
- SILVESTRINI, R.A., SOARES FILHO, B.S., NEPSTAD, D., COE, M., RODRIGUES, H.O., Assunção, R. “Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation.” *Ecological Applications* 21-5:1573–1590. 2011.
- SOARES-FILHO et al. “Cracking Brazil’s forest code.” *Science* 344-6182:363-364. 2014.
- SONG, Y., MA, M. A statistical analysis of the relationship between climatic factors and the Normalized Difference Vegetation Index in China. *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, p. 3947-3965. 2011.
- SWAINE, M.D. Population dynamics of tree species in tropical forests. Pp. 101-110. In *Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. L.B. Holm-Nielsen, I.C. Nielsen & H. Balslev (eds.). Academic Press, London. 1990.
- TRANCOSO, R. Sensoriamento remoto da vegetação no monitoramento do desmatamento do Cerrado e das categorias territoriais da Amazônia. Brasília, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 62p. Dissertação de Mestrado. 2013.
- TUMOLO NETO, R. J. “Manejo de pastagem com o uso do fogo em unidade de conservação de uso sustentável no Cerrado: estudo comparativo entre a RDS Veredas do Acari (MG) e a APA Nascentes do Rio Vermelho (GO)”/ Roque João Tumolo Neto; orientação de Thomas Ludewigs. Brasília, 232 p.: il. 2014. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília / Centro de Desenvolvimento Sustentável.
- UNCTAD - Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento. 2002. Disponível em: UNCTAD, 2002. *The New Bioeconomy. Industrial and Environmental Biotechnology in Developing Countries*. Harvard University ([http://r0.unctad.org/trade\\_env/test1/publications/newbioeconomy.pdf](http://r0.unctad.org/trade_env/test1/publications/newbioeconomy.pdf)). Acesso em: 28/07/2015
- VEIGA, J. E. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Garamond. 2005.
- WARMING, E. *Lagoa Santa: contribuição para a geographia phytobiologica*. Belo Horizonte: Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais. 1908.

## **Roque João Tumolo Neto** **Minicurrículo**

Roque Tumolo é graduado em História pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC/RJ (1986), pós-graduado em Gestão Ambiental pela Universidade Federal Fluminense - UFF (2009), e Gestão Pública e Sociedade pela Universidade Federal do Tocantins - UFT (2012). Possui um título de Mestrado na área de Desenvolvimento Sustentável e Política de Sustentabilidade pela UnB/CDS (Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília) e está doutorando-se em Ciências Sociais com foco em Desenvolvimento, Globalização e Regionalização nas Américas pelo ICS / ELA /UnB (Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Estudos Latino-Americanos, Universidade de Brasília). Atuou como Professor e Coordenador de Projetos no âmbito da Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro entre 1998 e 2009, trabalhou como Especialista Ambiental no Ministério do Meio Ambiente (MMA) entre 2009 e 2013, e a partir de 2013, assumiu a função de Tecnologista em Ciência e Tecnologia no Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), lá ocupando o cargo de Coordenador de Biodiversidade e Ecossistemas. Roque possui ampla experiência na área de educação, implementação de políticas públicas ambientais relacionadas ao desmatamento em florestas tropicais e savanas, particularmente no bioma Cerrado, bem como no monitoramento e avaliação de projetos ambientais, levadas a efeito com organizações multilaterais e internacionais. Nos últimos sete anos, além das responsabilidades nos Ministérios do Meio Ambiente e no Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação, tem atuado como Professor Assistente nos cursos de Engenharia e Serviço Social da Universidade Paulista – DF, como Professor Convidado do curso de especialização em Políticas Públicas e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Goiás - UEG e como Professor do Curso de Geografia no Centro Universitário UniProjeção-DF. Suas áreas de interesse incluem desenvolvimento, economia política, geopolítica e preservação e conservação do meio ambiente global. Atualmente, ele está trabalhando em uma tese de doutorado sobre um estudo comparativo sobre as incertezas relacionadas ao desenvolvimento brasileiro e mexicano frente à tecnolocalização dos mercados. Para mais informações, acesse o link [http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do?metodo=forwardPaginaResultados&registros=10;10&query=%28%2Bidx\\_nme\\_pessoa%3A%28tumolo%29++%2Bidx\\_nacionalidade%3A%29+ ou +%28%2Bidx\\_nme\\_pessoa%3A%28tumolo%29++%28%2Bidx\\_nacionalidade%3A%29](http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do?metodo=forwardPaginaResultados&registros=10;10&query=%28%2Bidx_nme_pessoa%3A%28tumolo%29++%2Bidx_nacionalidade%3A%29+ ou +%28%2Bidx_nme_pessoa%3A%28tumolo%29++%28%2Bidx_nacionalidade%3A%29)

2Bidx\_nacionalidade% 3Ab% 29 & analise = cv & tipoOrdenação = null &  
paginaOrigem = index.do & mostradoScore = false & mostrarBandeira = true &  
modoIndAdhoc = null

Roque João Tumolo Neto

Mestrado Desenvolvimento Sustentável, UnB-CDS (2014)

Coordenador de Biodiversidade e Ecossistemas

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Secretaria de Políticas e Programas em Pesquisa e Desenvolvimento

Coordenação Geral de Biomas

Coordenação para Biodiversidade e Ecossistemas

+55 (61) 981307306; +55 (61) 20337639

rqneto@yahoo.com.br

roque.neto@mctic.gov.br