

Estado da arte do MRV digital no Brasil: monitoramento, relato e verificação ambiental com tecnologias 4.0, um mapa de iniciativas.

por Thiago Rossi

Julho, 2026



Oferecido por
Ecossis Soluções Ambientais

Toda meta climática, todo crédito de carbono e toda certificação ambiental repousam sobre três letras: MRV, monitoramento, relato e verificação. É o processo que transforma uma promessa em um fato comprovável. Sem MRV robusto, o mercado de carbono é especulação, a NDC é retórica e a certificação é marketing. O Brasil, por razões geográficas e científicas, construiu ao longo de décadas uma das infraestruturas de MRV ambiental mais sofisticadas do mundo em desenvolvimento, embora fragmentada e em plena reconfiguração. Este artigo mapeia esse ecossistema em camadas e situa o papel das tecnologias 4.0 que o sustentam.

No topo da arquitetura formal está o registro nacional. O Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), desenvolvido pelo MCTI e instituído pelo Decreto nº 9.172/2017, é reconhecido pelo país como seu sistema oficial de MRV, lançado em abril de 2016 com a missão de conferir perenidade e transparência ao Inventário Nacional de Emissões (MCTI, 2017). Ele disponibiliza séries temporais de emissões desde 1990, cobrindo todos os gases não controlados pelo Protocolo de Montreal e os setores de resíduos, agropecuária, uso da terra, energia e processos industriais (MCTI, s.d.). O SIRENE é, portanto, o "relato" institucional, a camada que consolida e publica o que o país emite.

O "monitoramento" do MRV brasileiro tem um protagonista histórico: o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O PRODES monitora por satélite o desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz, desde 1988, as taxas anuais usadas oficialmente pelo governo para definir políticas públicas (INPE, s.d.). Desde 2017, o PRODES passou a cobrir também o Cerrado. A robustez do dado é notável: criado em 1988, o PRODES é citado em quase 1.600 artigos científicos e reconhecido em acordos internacionais (FAPESP, 2023).

Ao lado dele opera a vigilância em tempo quase real. Desde 2004, o DETER produz alertas diários de desmatamento e degradação para órgãos de fiscalização como o Ibama, usando imagens do sensor MODIS; o DETER-B foi criado para captar polígonos menores, próximos de 1 hectare, com sensores do CBERS-4 e do satélite indiano IRS (IPAM, 2025). No conjunto, o INPE opera quatro sistemas

complementares: PRODES, DETER, DEGRAD e DETEX, além do projeto TerraClass, de uso e cobertura da terra, realizado em parceria com a Embrapa (Fundo Amazônia, s.d.). Esses sistemas se apoiam em uma constelação de satélites: Landsat, CBERS, Sentinel-2 e o nacional Amazônia-1 (123ecos, 2025).

Sobre essa base oficial cresceu um ecossistema independente que ampliou enormemente a cobertura e a granularidade. O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), do Observatório do Clima, tornou-se um dos grandes trunfos do Brasil para planejar e monitorar metas climáticas, funcionando como ampla base de dados abertos (IEMA, 2021). Dele nasceu uma das iniciativas mais influentes do país: o MapBiomas, criado em 2015 pela equipe do SEEG, mapeia o uso e a cobertura da terra a partir de dados de satélite desde 1985 e opera como uma rede colaborativa de universidades, ONGs, startups e empresas de tecnologia (eCycle, 2025). A esse mosaico somam-se o Imazon, com monitoramento independente da Amazônia, e o Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, produzido pela SOS Mata Atlântica em parceria com o INPE desde 1989.

A peça mais recente do mapa ainda está em construção. A Lei nº 15.042/2024, que criou o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), depende de um sistema de MRV próprio, distinto do SIRENE, pois precisa medir e verificar emissões no nível da *instalação*, não apenas do país, para sustentar a emissão de cotas e certificados negociáveis. É a transição do MRV de inventário (agregado, anual, estatal) para o MRV de mercado (granular, contínuo, auditável por terceiros). Aqui o desafio técnico se intensifica: o dado precisa ser fino o bastante para precificar uma tonelada e confiável o bastante para resistir a uma auditoria.

O que conecta todas essas camadas é uma pilha tecnológica que evoluiu de simples processamento de imagens para um arsenal 4.0. O sensoriamento remoto continua sendo a fundação, mas a inteligência artificial passou a fazer o trabalho pesado: classificação automática de cobertura do solo, detecção de anomalias e identificação de desmatamento em escalas e velocidades inviáveis manualmente. Sensores IoT levam a medição ao nível da fonte: chaminés, solos, rebanhos, estações, fechando a lacuna entre o que o satélite vê de cima e o que acontece no chão. *Big data* e plataformas de dados abertos (SEEG, SIRENE, base de dados do MapBiomas) transformam medições dispersas em séries comparáveis. E, na ponta da verificação, *registries* digitais e blockchain entram para garantir que um registro não seja adulterado nem contado duas vezes.

Visto em conjunto, o MRV digital brasileiro é mais maduro do que se costuma reconhecer, mas é um arquipélago. Sistemas oficiais (SIRENE, INPE), redes científicas (SEEG, MapBiomas, Imazon) e o futuro MRV de mercado (SBCE) coexistem com metodologias, resoluções e propósitos distintos, nem sempre interoperáveis. A consolidação desse ecossistema ao integrar inventário, sensoriamento, mercado regulado e verificação independente numa camada de confiança comum é, talvez, o principal desafio técnico-institucional do país na década.

No fim, o MRV não é um problema de tecnologia disponível. O Brasil já tem tecnologia de primeiro mundo. É um problema de garantir que cada tonelada medida seja, de fato, real e que essa prova circule sem se perder entre as ilhas.

Referências

123ECOS. PRODES: programa de monitoramento por satélite. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/prodes-programa-de-monitoramento-por-satelite/>. Acesso em: 12 jun. 2026.

BRASIL. Decreto nº 9.172, de 17 de outubro de 2017. Institui o Sistema de Registro Nacional de Emissões (Sirene). Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9172.htm. Acesso em: 12 jun. 2026.

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l15042.htm. Acesso em: 12 jun. 2026.

ECYCLE. MapBiomass e sua importância no combate ao desmatamento. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/mapbiomas/>. Acesso em: 12 jun. 2026.

FUNDO AMAZÔNIA. Monitoramento Ambiental por Satélites no Bioma Amazônia. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/projeto/Monitoramento-Ambiental-por-Satelites-no-Bioma-Amazonia/>. Acesso em: 12 jun. 2026.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). COP26: SEEG e MapBiomass apontam os culpados das emissões no Brasil e soluções. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/cop26-seeg-e-mapbiomas-apontam-os-culpados-das-emissoes-no-brasil-e-solucoes-20211109>. Acesso em: 12 jun. 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (IPAM). Desmatamento em foco: monitoramento do desmatamento por satélite. Brasília, 2025. Disponível em: <https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/desmatamento-em-foco/>. Acesso em: 12 jun. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). PRODES: coordenação-geral de observação da Terra. São José dos Campos, [s. d.]. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 12 jun. 2026.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE). Brasília, [s. d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/clima/paginas/sistema-de-registro-nacional-de-emissoes-sirene>. Acesso em: 12 jun. 2026.

PESQUISA FAPESP. Multiple systems use satellites to monitor deforestation in the Amazon. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/en/multiple-systems-use-satellites-to-monitor-deforestation-in-the-amazon>. Acesso em: 12 jun. 2026.