

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À FISCALIZAÇÃO DE USINAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM IMPLANTAÇÃO POR MEIO DE IMAGENS ÓTICAS DE MÉDIA E ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL – MODELO SBSR

Renata de Araujo Nobre Farias¹, Bruno Daniel Mazeto², Alex Gois Orlandi³ e Marcus Vinicius Coelho Vieira da Costa⁴

¹Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 603, Bloco J – Asa Norte – Brasília/DF, renatafarias@aneel.gov.br;

²Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 603, Bloco J – Asa Norte – Brasília/DF, brunomazeto@aneel.gov.br;

³Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 603, Bloco J – Asa Norte – Brasília/DF, alexorlandi@aneel.gov.br;

⁴Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 603, Bloco J – Asa Norte – Brasília/DF, marcuspopous@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a viabilidade e a aplicação do uso de imagens de satélite de média e alta resolução espacial no processo de fiscalização das usinas de geração de energia em implantação.

Essa atividade conduz a um aprimoramento na fiscalização da geração de energia elétrica, uma vez que possibilita uma visão global e sistemática das áreas de implantação das usinas com a obtenção periódica e remota de informações, sem a necessidade de ir a campo e com a redução da assimetria de informações entre agentes fiscalizados e entidade reguladora do setor (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL). Adicionalmente, o uso das imagens de satélite torna o acompanhamento dos empreendimentos em implantação mais confiável, moderno e ágil.

Palavras-chave — fiscalização, geração, energia elétrica, usinas, imagens de satélite, monitoramento.

ABSTRACT

The purpose of this work is to demonstrate the feasibility and application of satellite images of medium and high spatial resolution to the monitoring of the progress of new power plants.

This process leads to an improvement in the oversight of electricity generation, since it allows a more global and systematic view of the areas of the site deployment with the immediate, periodic and remote acquisition of information, without the need to go to the field. Moreover, it reduces the information asymmetry among regulated agents and the regulator (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL). Finally, satellite images contribute to oversight activities by making them more reliable, modern and agile.

Key words — Oversight, power plant, electricity generation, electrical energy, satellite images, monitoring.

1. INTRODUÇÃO

O processo de fiscalização das usinas geradoras de energia elétrica realizado pela ANEEL tem o objetivo de verificar a execução do projeto e sua aderência ao cronograma previamente aprovado pela Agência a fim de garantir que a usina entrará em operação comercial na data prevista [1]. Dessa forma, a Agência cumpre seu papel de propiciar a segurança no fornecimento de energia elétrica ao país. Ressalta-se que essa fiscalização engloba todas as usinas geradoras em implantação, sejam elas hidrelétricas, eólicas, fotovoltaicas e termelétricas. Atualmente, o monitoramento das usinas de geração em implantação é realizado por meio de informações e dados obtidos dos agentes de geração, bem como por meio de inspeções in loco por parte da equipe de fiscalização.

Os agentes de geração, outorgados pelo Poder Concedente, o qual confere o direito de implantar e explorar a energia de determinada usina de geração, enviam periodicamente relatórios de acompanhamento dos empreendimentos para a equipe de fiscalização da ANEEL. Como um dos subsídios para a comprovação do avanço da implantação das usinas, os agentes enviam relatórios fotográficos, que são analisados pela fiscalização, gerando assimetria de informações entre Regulador e Regulado.

O uso de sensoriamento remoto para detectar alterações em diversos cenários tem acontecido a fim de acompanhar as mudanças na superfície terrestre, seja para fiscalização de obras públicas [2], mudanças em áreas naturais [3] ou urbanas [4].

Além disso, é relevante ressaltar a disponibilidade atual de imagens de média resolução gratuitas como por exemplo as imagens CBERS com pixel de 5 metros.

Insumos de sensoriamento remoto gratuitos fomentam estudos e aplicações em diversas áreas [5], [6] e [7].

Desse modo, a utilização de imagens óticas orbitais de média e alta resolução espacial no processo do monitoramento das usinas em implantação reduz a assimetria de informações com relação ao avanço de obras, bem como auxilia no processo de comprovação do cumprimento dos marcos de execução dos cronogramas de implantação dos empreendimentos de geração.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Imagens e Processamentos básicos

Inicialmente, foram avaliadas as melhores resoluções espaciais para os estudos, conjugadas com uma resolução temporal adequada ao monitoramento das obras no setor elétrico, haja vista a necessidade de resolução espacial mínima para interpretar corretamente as alterações decorrentes das obras de implantação, bem como sua evolução temporal. Além disso, houve preferência para imagens disponibilizadas gratuitamente.

Assim, foram escolhidas, como base dos estudos, as imagens óticas dos satélites CBERS4 e SENTINEL, pois apresentam resoluções espacial e temporal adequadas ao escopo do estudo, além de gratuidade.

As imagens CBERS4 utilizadas possuem resolução espacial de 5,0 m e temporal de 52 dias [8] para a câmara pancromática utilizada majoritariamente neste estudo. Ainda houve o uso de fusão com as imagens CBERS multispectral (composição RGB, 3/4/2) a fim de obter uma cena com 5,0 m de resolução espacial e composição colorida. As imagens SENTINEL2 usadas foram obtidas no site da European Space Agency-ESA já na composição colorida (RGB, 4/3/2) com resoluções espacial de 10,0 m e temporal de 10 dias [9].

Para situações específicas de acompanhamento de Obras, foram utilizadas imagens Pleiades com resoluções espacial de 0,50m e temporal de 1 dia [10] e [11], além do fusão de imagens CBERS a fim de obter uma imagem colorida com resolução espacial de 5,0m.

2.2. Metodologia Aplicada

Para este trabalho, foram utilizados também informações contidas nos relatórios de acompanhamento de obras e fotografias, com resoluções diversas, encaminhados mensalmente pelos próprios agentes à fiscalização.

A rotina de monitoramento das usinas de geração envolve a análise dos dados enviados pelos agentes outorgados sobre o cumprimento de cada marco de seu cronograma de implantação estabelecido no ato de outorga, bem como a respeito do avanço das obras.

Os dados dos agentes acerca do andamento do cronograma de execução de obras das usinas são então comparados com as fotografias enviadas a fim de se comprovar se houve de fato o cumprimento de determinado marco. O processo de análise é feito visualmente por cada fiscal para cada usina.

Este trabalho foi dividido basicamente em duas macroetapas: a primeira em que se comprovou a viabilidade do uso das imagens de satélite no processo de monitoramento da implantação das usinas de geração; e a segunda em que foi incorporado o sensoriamento remoto no processo de rotina de fiscalização das usinas de geração.

2.2.1. Viabilidade do uso de imagens de satélite no monitoramento da implantação das usinas de geração

Conforme mencionado, inicialmente, foi estudado o potencial da viabilidade do uso das imagens de satélite no processo de monitoramento das usinas de geração em implantação. Para isso, dividiu-se este estudo em quatro etapas principais (Tabela 1).

Tabela 1 – Etapas utilizadas para comprovação da viabilidade do uso das imagens de satélite no monitoramento de usinas.

Etapas	Objetivo	Amostragem
1	Comprovação de início de obras civis das estruturas das usinas do sistema de transmissão de interesse restrito	19 usinas: 4 UTE; 3 UHE; 4 UFV; 4 PCH e 4 EOL.
2	Comprovação de paralisação e retomada de obras	26 usinas: 16 EOL (paralisação) e 10 EOL (retomada).
3	Analisar e elencar os marcos dos cronogramas de implantação, por tipo de geração,	20 usinas: 4 EOL; 4 UFV; 4 UHE; 4 PCH; 8 UTE.
4	Validação da localização espacial das estruturas implantadas das usinas conforme suas outorgas de geração	25 usinas: 5 UTE; 5 UHE; 5 UFV; 5 PCH e 5 EOL.

Legenda:

EOL – centrais geradoras eólicas;
 UFV – centrais geradores fotovoltaicas;
 UHE – grandes centrais hidrelétricas;
 PCH – pequenas centrais hidrelétricas;
 UTE – centrais geradoras termelétricas.

2.2.2. Incorporação do sensoriamento remoto à rotina da fiscalização das usinas de geração

Após a comprovação da viabilidade da utilização das imagens de satélite no monitoramento das usinas de geração (Figura 1), foi realizado estudo para incorporação do sensoriamento remoto na rotina da fiscalização.

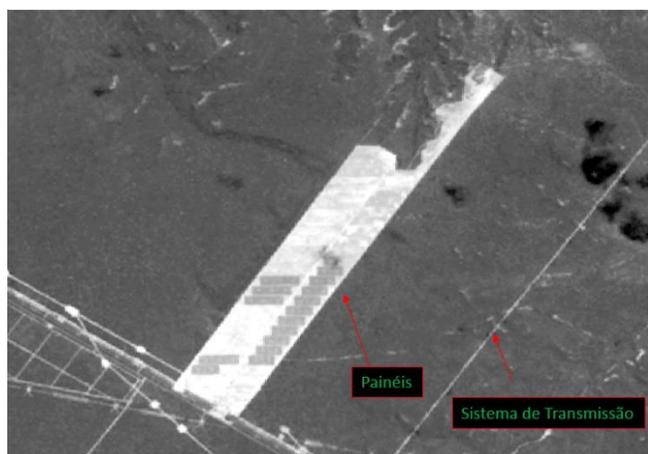


Figura 1. Imagem CBERS4, resolução espacial de 5,0m, banda PAN, identificando a instalação dos painéis fotovoltaicos e sistema de transmissão de usina fotovoltaica (UFV).

Para isso, foram utilizadas as imagens de satélite na comprovação do cumprimento de marcos dos cronogramas de implantação de usinas de geração acompanhadas atualmente pela Superintendência de Fiscalização.

Esta atividade foi realizada em paralelo com o trabalho rotineiro da fiscalização, que comprova ou não o cumprimento de determinado marco por meio do envio dos relatórios fotográficos e/ou visitas à campo.

Assim, esse processo foi aplicado nos meses de abril, maio e junho de 2018, para a comprovação do cumprimento de marcos dos cronogramas de 186 usinas no total (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de usinas selecionadas para incorporação do sensoriamento remoto à rotina da fiscalização.

Tipo	Abril	Maio	Junho	Total
UTE	6	2	1	9
UHE	2	2	1	5
UFV	24	18	23	65
PCH	17	11	1	29
EOL	35	23	20	78
Total	84	56	45	186

3. RESULTADOS

Na etapa de análise da viabilidade do uso de imagens de satélite no processo de monitoramento da implantação de usinas de geração, foram feitas análises em 90 usinas, amostradas aleatoriamente entre os diversos tipos de geração.

Na etapa seguinte, foram realizadas análises em 186 usinas para a incorporação do sensoriamento remoto à rotina de fiscalização.

Com relação a esta segunda etapa, cerca de 4% da análise das usinas ficou comprometida por excesso de nuvens nas imagens. Essas limitações são intrínsecas ao método e foram classificadas como Limitações Tecnológica.

Houve também impossibilidade de identificação do marco “concretagem da base dos aerogeradores de usinas eólicas” (Tabela 3) somente com imagens gratuitas de média

resolução espacial (5,0m ou 10,0m). Cerca de 12% das usinas analisadas teve a análise comprometida por esse motivo, que foi chamado de Limitação do Insumo Gratuito.

Também não foi possível analisar 30% das usinas em virtude da falta de disponibilidade dos vetores das estruturas das usinas. Esse problema foi chamado Limitação de Informações dos agentes.

Assim, as comparações efetivamente realizadas com as atividades dos fiscais totalizaram cerca de 54% do total. Das usinas comparadas, em 68% os resultados obtidos a partir do sensoriamento remoto validaram os dados da fiscalização, confirmando o cumprimento ou não cumprimento dos marcos dos cronogramas das usinas analisadas, conforme a análise inicial dos fiscais pelo método a partir dos relatórios fotográficos enviados pelas empresas.

Para o restante (32%), a utilização das imagens de satélite no processo de monitoramento retificou a informação da equipe da fiscalização.

DISCUSSÃO

O primeiro passo foi analisar a viabilidade do uso de imagens de satélite no monitoramento de usinas em implantação.

Apesar de limitações tecnológicas, intrínsecas ao método, como a presença de nuvens ou implantação de usinas em galpões fechados, impossibilitarem a análise, o número de usinas afetadas é baixo, em torno de 4% do total.

Durante a implantação do projeto, foi verificada uma carência de informações a respeito do posicionamento georreferenciado dos limites de algumas usinas e suas estruturas. Sem os vetores das estruturas das usinas, a não ser em casos muito específicos, a análise fica comprometida, pois não é possível identificar a localização exata do empreendimento, bem como sua área de delimitação.

No entanto, essa limitação já está mapeada pela fiscalização, que irá solicitar dos agentes de geração os vetores necessários para identificação das estruturas e limites das usinas.

Sobre as comparações efetivamente realizadas, cada etapa foi feita manualmente.

Mensalmente, os agentes informam à área de fiscalização sobre os progressos na implantação das usinas, identificado por meio do cumprimento de marcos estabelecidos no ato de outorga. Eles informam também se houve retomada das obras, no caso de usinas paralisadas.

Os fiscais analisam as informações recebidas e comparam com os relatórios fotográficos entregues pelos próprios empreendedores.

Dessa forma, o propósito do sensoriamento remoto é verificar se as imagens de satélite estão conformes ao que foi informado pelos agentes de geração.

Como explicitado no item Resultados, essa análise de comparação foi possível em 54% das usinas analisadas. O resultado mostrou a possibilidade de ratificar a análise da fiscalização, porém de forma mais confiável, sem a assimetria de informações por parte das empresas, e, adicionalmente,

corrigir eventuais divergências, em que a fiscalização estava equivocada em virtude de limitação do método atual de monitoramento.

Tabela 3 – Viabilidade de fiscalização dos marcos das obras por meio de Imagens Gratuitas de Média Resolução Espacial.

Marcos do cronograma	Viável
Início das obras civis das estruturas	Sim
Início da concretagem das bases	Não
Início das obras do sistema de transmissão de interesse restrito	Sim
Início da montagem das torres	Sim
Início da montagem dos painéis fotovoltaicos	Sim
Início da concretagem da casa de força	Sim
Desvio do rio	Sim
Início do enchimento do reservatório	Sim

Por fim, todas as análises puderam ser feitas com a utilização de imagens gratuitas de média resolução espacial. A única exceção foi o marco “concretagem das bases dos aerogeradores” para as usinas eólicas. Para confirmação do cumprimento desse marco, por meio de sensoriamento remoto, é necessário o uso de imagens com resolução alta espacial, sendo utilizada, nesse estudo, a imagem Pleiades com 0,5m.

5. CONCLUSÕES

Esse artigo comprovou a viabilidade do uso de imagens de satélite de média e alta resolução espacial no processo de monitoramento das usinas de geração em implantação, de forma a aprimorar o resultado da fiscalização.

O processo foi aplicado à rotina da fiscalização e se mostrou eficiente no sentido não só de aprimorar o processo de fiscalização mas também agregar valor. Com a utilização das imagens de satélite, é possível corrigir ou confirmar informações e obter novos dados a respeito da implantação das usinas.

Com as imagens de satélite é possível corrigir informações, obter novos dados e ainda validar as análises realizadas, sem a necessidade de ir a campo.

O processo reduz a assimetria de informações entre os agentes fiscalizados e entidade reguladora e fiscalizadora do setor elétrico, a Agência Nacional de Energia Elétrica.

A utilização das imagens de satélite no processo de fiscalização das usinas de geração possibilitam uma visão global e sistemática das áreas de implantação das usinas com a obtenção contínua, periódica, remota e de informações.

Notou-se que a limitação tecnológica intrínseca ao método, como a cobertura de nuvens em alguns casos, bem como usinas implantadas em locais cobertos, corresponde a um percentual pequeno do universo monitorado, de forma a não impedir a utilização do sensoriamento remoto no processo de fiscalização das usinas de geração.

Por fim, foi constatado que o processo de sensoriamento remoto aplicado à rotina da fiscalização das usinas pode tornar o monitoramento mais confiável, moderno e ágil.

6. REFERÊNCIAS

[1] ANEEL-Agência Nacional de Energia Elétrica - RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 583, DE 22 DE OUTUBRO DE 2013. Estabelece os procedimentos e condições para obtenção e manutenção da situação operacional e definição de potência instalada e líquida de empreendimento de geração de energia elétrica. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/documents/655816/14689417/Resolu%C3%A7%C3%A3o+Normativa+Aneel+583+2013_ren2013583.pdf/14044496-1a11-4a50-ad92-756e866ac13e?version=1.0.

[2] Carvalho Júnior, O.A.; Gomes, R.A.T e Guimarães, R.F. “O potencial de dados de sensoriamento remoto na fiscalização de obras públicas”. *Revista do Tribunal de Contas da União*, Brasília, ano 48, n. 137, p. 76-91, set/dez. 2016. Disponível em: <http://revista.tcu.gov.br/ojsp/index.php/RTCU/article/view/1381>

[3] Yadav, P. K.; Kapoor, M. e Sarma, K. “Land Use Land Cover Mapping, Change Detection and Conflict Analysis of Nagzira Navegaon Corridor, Central India Using Geospatial Technology”. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, Deli, v. 1, n. 2, p. 90-98, 2012.

[4] Hegazy, I. R.; Kaloop, M. R. “Monitoring Urban Growth and Land Use Change Detection with GIS and Remote Sensing Techniques in Daqahlia Governorate Egypt”. *International Journal of Sustainable Built Environment*, [S.l.], v. 4, p. 117-124, 2015.

[5] Viana, S.N., Bauch, M.A. “O uso de imagens CBERS no monitoramento da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio São Francisco – estudo de caso: Oeste Baiano”. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, INPE, p. 1567-1571, 25-30 abril 2009.

[6] Bias, S. E.; Ribeiro, C. J. R.; Baptista, M. M. G.; Bernardi, E. V. J. “Avaliação da Exatidão do MDE Obtido por Meio do SRTM e Pela Carta do IBGE na Escala 1:100.000”. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.63/01, p.149-155, 2010.

[7] Iorio, M. M.; Lastoria, G.; Miotto, C. L.; Albrez, A.; Filho, P. C. A. “Avaliação de Modelos Digitais de Elevação Extraídos de Imagem ALOS/PRISM e Comparação com os Modelos Disponibilizados Gratuitamente na WEB”. *Geociências*, v. 31, n. 4, p. 650-664, 2012.

[8] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Camarás imageadoras CBERS-3 e 4. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers3-4.php>. Acesso em outubro de 2018.

[9] European Space Agency – ESA. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2;jsessionid=4FC261A61D62C1CE9794653D0F027070.jvm1>. Acesso em outubro de 2018.

[10] Santos, F. A. B; Muller, C. “Boletim de Ciências Geodésicas”. *Artigos*, Curitiba, v. 20, no 3, p.504-525, jul-set, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000300029>.

[11] Engesat- Soluções em Imagens de satélite e Geoprocessamento. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/pleiades/>. Acesso em outubro de 2018.