

ACOMPANHAMENTO GEOESPACIAL DE USINAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM IMPLANTAÇÃO POR MEIO DE IMAGENS GRATUITAS DE SATÉLITE

Alex Gois Orlandi¹, Marcus Vinicius Coelho V. da Costa¹, Renata de Araujo Nobre Farias¹, Pedro Henrique Davi Pires Machado¹, Issao Hirata¹, Adriana de Carvalho Drummond Vivan¹, Ludimila Lima da Silva¹ e Gentil Nogueira de Sá Júnior¹

¹Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 603, Bloco J – Asa Norte – Brasília/DF. alexorlandi@aneel.gov.br; marcuspopous@gmail.com; renatafarias@aneel.gov.br; pedromachado@aneel.gov.br; issahirata@aneel.gov.br; adrianaivan@aneel.gov.br; ludimila@aneel.gov.br; gentilsa@aneel.gov.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicação do uso de imagens gratuitas de satélite no processo de acompanhamento e fiscalização das usinas de geração de energia elétrica em implantação por meio da aplicação “AGUIA” desenvolvida pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

A implementação da Aplicação “AGUIA” proporcionou um aperfeiçoamento na fiscalização da geração de energia elétrica, uma vez que passou a ser realizada também de forma remota por meio das imagens de satélite gratuitas e com diminuição da necessidade de deslocamentos das equipes de fiscais às instalações das usinas. Essa modernização propiciou economia de recursos públicos, maior agilidade nas atividades de fiscalização, aumento na confiabilidade das fiscalizações com a redução na assimetria de informações entre ente regulador e setor regulado, bem como possibilitou o aumento do número de fiscalizações realizadas pela ANEEL, tendo em vista a agilidade na obtenção de informações atualizadas continuamente. Em sua última evolução, a ferramenta possui automatização do acompanhamento da implantação de usinas solares fotovoltaicas por meio de Inteligência Artificial.

Palavras-chave — Energia Elétrica, Geoespacial, Geração, Imagens de Satélite, Monitoramento.

Abstract

This work aims to demonstrate the application of the use of free satellite images in the process of monitoring the power generation plants under implementation through the application "AGUIA" developed by the National Electric Energy Agency - ANEEL.

The implementation of the “AGUIA” Application culminated in an improvement in the inspection of electricity generation, which was also carried out remotely through free satellite images, reducing the need for inspection teams to travel to the field. This modernization provided savings in public resources, greater agility in inspection activities, an increase in inspection reliability, a reduction in the asymmetry of information between the regulatory entity and the regulated sector, as well as providing the Agency with a

tool that allows an increase in the number of inspections due to the agility in the obtaining continuously updated information. In its latest evolution, the tool has automated monitoring of the implementation of photovoltaic plants through Artificial Intelligence.

Key words — Electricity, Geospatial, Generation, Satellite Images, Monitoring.

1. Introdução

A ANEEL fiscaliza a implantação das usinas com o fim, entre outros, de verificar se o empreendedor está executando as obras de acordo com o cronograma de implantação definido no ato de outorga. Dessa forma, busca-se garantir que a usina entre em operação na data correta, de forma a não afetar os planejamentos do setor como um todo, gerando a segurança necessária para o fornecimento de energia elétrica.

A Agência realiza o acompanhamento das usinas de geração em implantação por meio de atividades de monitoramento, ações a distância e ações presenciais. Nesse sentido, para que a etapa de monitoramento seja efetiva, os relatórios enviados pelos agentes de geração à ANEEL possuem papel essencial. A partir deles, é possível verificar a situação atualizada da implantação das usinas. Como um dos insumos relativos à comprovação de execução do cronograma de implantação das usinas, os agentes de geração enviam relatórios descritivos e fotográficos que são analisados pela equipe de fiscalização da Agência. Esse processo gera naturalmente uma assimetria de informações entre regulador e regulado, além de demandar um tempo de resposta relativamente longo.

Nesse contexto, pode-se perceber a importância do uso de sensoriamento remoto aplicado em diversos estudos sem a necessidade de coletar dados em campo por meio de insumos gratuitos: Modelos Digitais de Elevação (MDE), [1] e [2], fiscalização de obras públicas [3], mudanças em áreas naturais [4] ou urbanas [5].

Destaca-se também que a disponibilidade atual de imagens gratuitas é considerável e crescente, como as imagens da constelação LandSat, Sentinel e CBERS. Contudo, merece atenção o avanço na qualidade dos produtos disponibilizados, como por exemplo as imagens do satélite sino-brasileiro lançado em dezembro de 2019, CBERS4A,

que fornece cenas com resolução espacial de 2,0m na banda pancromática [6].

Desse modo, este trabalho busca demonstrar a utilização pela ANEEL de imagens óticas gratuitas de forma a auxiliar e melhorar o processo de acompanhamento das usinas em implantação, exemplificando seu potencial para reduzir a assimetria de informações, auxiliar a comprovação dos marcos de execução dos cronogramas de implantação, bem como dotar a Agência de ferramenta moderna, simples e de baixo custo para fiscalizar os empreendimentos de geração de energia elétrica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Aplicação AGUIA e Imagens utilizadas

A aplicação AGUIA - Acompanhamento Geoespacial de Usinas em Implantação - foi implementada com base em sensoriamento remoto por meio de imagens de satélite gratuitas para auxiliar no monitoramento e na fiscalização das usinas de geração em implantação no país, a fim de comprovar o avanço ou paralisação das obras dos empreendimentos de geração, o cumprimento de marcos dos seus cronogramas de implantação e a localização exata de cada empreendimento.

Para a escolha das imagens gratuitas, foram selecionadas aquelas que possuem a melhor resolução espacial de forma gratuita, além de resolução temporal que permitisse demonstrar as mudanças nas obras a serem detectadas na fotointerpretação realizada pelos fiscais da ANEEL. Assim, foram escolhidas, como base dos estudos, as imagens óticas dos satélites CBERS4, SENTINEL e, de caráter suplementar, LanSat, pois apresentam resoluções espacial e temporal adequadas ao escopo do estudo, além de gratuidade.

Para a escolha das imagens gratuitas, foram selecionadas aquelas que possuem a melhor resolução espacial de forma gratuita, além de resolução temporal que permitisse demonstrar as mudanças nas obras a serem detectadas na fotointerpretação realizada pelos fiscais da ANEEL. Assim, foram escolhidas, como base dos estudos, as imagens óticas dos satélites CBERS4, SENTINEL e, de caráter suplementar, LanSat, pois apresentam resoluções espacial e temporal adequadas ao escopo do estudo, além de gratuidade.

2.2. Metodologia Aplicada

Para verificar a possibilidade de empregar as imagens de satélite gratuitas no monitoramento das obras de usinas em implantação, foram verificados os marcos de implantação a serem fiscalizados e a capacidade de as imagens fornecerem os subsídios adequados para realizar a fiscalização remotamente por meio da fotointerpretação das imagens. Apesar de a Agência fiscalizar todos os tipos de usinas de geração (eólica, solar fotovoltaica, termelétrica, hidrelétrica, etc), constatou-se que, em um primeiro momento, a aplicação responderia de forma mais eficiente quando empregada para

monitorar as obras das usinas solares fotovoltaicas e das hidrelétricas, em função de seus processos construtivos, características geométricas e alterações que promovem na paisagem em que são instaladas.

A partir da necessidade da fiscalização, por exemplo, de se avaliar o avanço das obras de determinado projeto de geração de energia elétrica, são estipuladas datas específicas para os quais a AGUIA retorna as imagens disponíveis próximas ao intervalo de pesquisa desejado. Isso possibilita avaliar qual o avanço de obras dos projetos ao longo do tempo sem a necessidade de ir ao campo, pois as imagens são obtidas de forma contínua em toda a extensão do território nacional. Desse modo, os fiscais da ANEEL conseguem visualizar a situação da implantação dos empreendimentos de geração e realizar a fiscalização dessas usinas em qualquer lugar do país, podendo confirmar as informações repassadas pelos empreendedores e diminuindo a necessidade de ir pessoalmente em campo para constatar a evolução do andamento das obras. Assim, diante das informações contidas nos relatórios de acompanhamento de obras e fotografias, encaminhados mensalmente pelos próprios agentes à fiscalização [10], os fiscais podem comparar com as informações extraídas das imagens obtidas pela ferramenta em várias datas, em que as alterações dos marcos do cronograma de implantação devem ser observadas.

Quando uma área de usina em implantação que deve ser fiscalizada está coberta por nuvens, a equipe de fiscalização seleciona outra data próxima ao marco que deve ser fiscalizado ou tenta o uso de outra constelação de satélite, daí a importância de a aplicação AGUIA utilizar 3 constelações distintas de satélites (Figura 1). Além disso, estipulou-se que somente seriam retornadas imagens com, no máximo, 10% de nuvens.

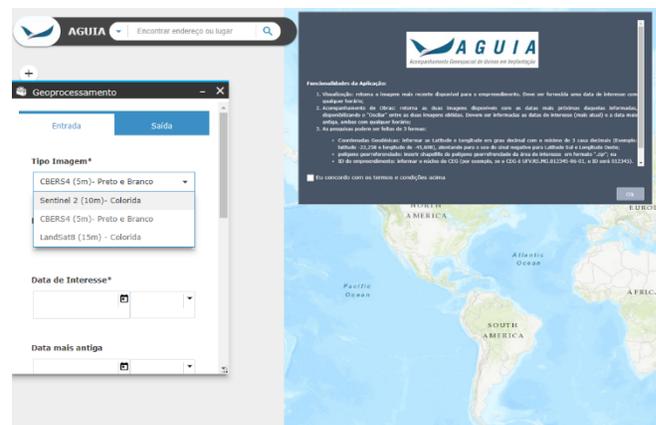


Figura 1- Tela inicial da Aplicação AGUIA com as opções de imagens que podem ser visualizadas.

Certamente, a alteração de datas pode não ser suficiente, pois a distância temporal pode inviabilizar a observação do cumprimento do marco que se deseja observar. Nesse caso, o fiscal responsável terá mais duas opções de imagens para tentar observar o marco de implantação que almeja fiscalizar.

O uso das imagens de satélite para acompanhamento das obras das usinas em implantação são utilizados nas fiscalizações da ANEEL, em especial das usinas solares fotovoltaicas(UFV) e hidrelétricas.

3. RESULTADOS

Concernente às fiscalizações da Agência para instalação das Usinas solares fotovoltaicas (UFV), as imagens (Figura 2) puderam ser utilizadas para acompanhar a totalidade da implantação usina, abrangendo todos os marcos do cronograma, com a utilização de imagens gratuitas CBERS4[11].

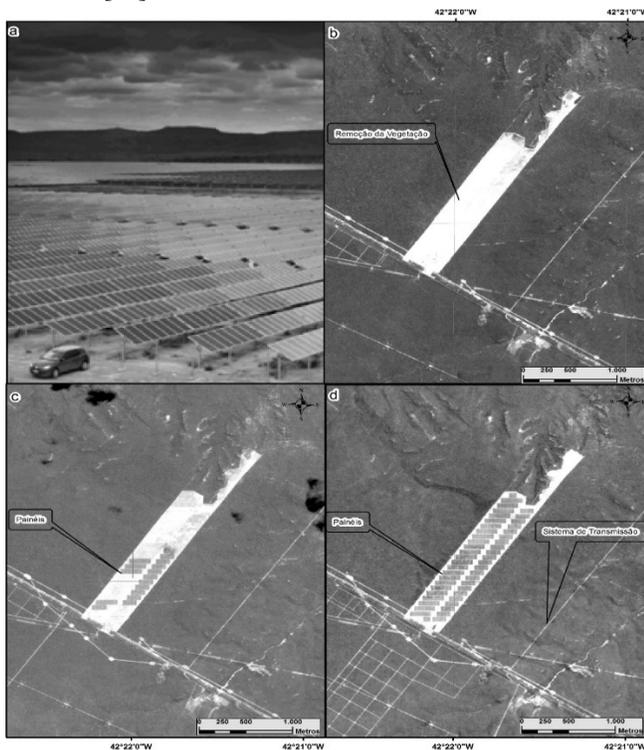


Figura 2. Série temporal de imagens PAN CBERS4: (b) 22/04/2017 - remoção de vegetação; (c) 13/06/2017 - instalação dos painéis; e (d) 04/08/2017- instalação e sistema de transmissão

Como se observa na figura, as imagens CBERS4, com 5,0m de resolução espacial, permitem: visualizar a supressão da vegetação (Figura 2b), acompanhar o início e a evolução da instalação dos painéis fotovoltaicos (Figura 2c e 2d) e observar atividades para implementação do sistema de Transmissão.No caso de UFV, a ferramenta AGUIA já possui uma versão dotada de Inteligência Artificial (I.A.) para a fiscalização automatizada [12] da implantação dessas usinas (Figura 3).



Figura 3- Tela da Aplicação AGUIA para UFV com classificação por meio de I.A.

Já para as usinas hidrelétricas, a geométrica não auxilia tanto, mas as grandes dimensões das mudanças provocadas são facilitadoras na fotointerpretação das imagens (Figura 4). Para as hidrelétricas, há mais marcos acompanhados pela equipe de fiscalização da Agência e a própria implantação dessas usinas se prolongam por tempo considerável, normalmente passando de 20 meses.



Figura 4 PCH – BANDEIRANTE (MS)- Imagens Sentinel-2: a-21/01/2019; b-26/04/2019; c-10/07/2019; d-30/07/2019.

Em relação aos aproveitamentos hidrelétricos, o uso das imagens de satélite permitiram acompanhar: o início das obras civis (figura 4a e 4b), o enchimento do reservatório (figura 4c e 4d) e o início das Obras do Sistema de Transmissão (semelhante a figura 2d da Usina UFV).

4. DISCUSSÃO

O primeiro passo foi analisar a viabilidade do uso de imagens de satélite no processo de monitoramento e fiscalização de usinas em implantação e identificar possíveis limitações tecnológicas. A presença de nuvens foi identificada como uma limitação, porém as resoluções temporais de implementação das usinas e a possibilidade de a aplicação buscar imagens em três satélites distintos, mitigaram consideravelmente essa limitação.

Com o uso da aplicação AGUIA, constatou-se a importância de a Agência possuir os vetores georreferenciados

das estruturas das usinas, pois não é possível identificar a localização exata do empreendimento caso as usinas sejam contíguas, como ocorre nas Usinas UFV. Além disso, esses vetores enriquecem as análises dos fiscais, de forma a aprimorar o processo de monitoramento, e foram fundamentais para a evolução da aplicação com uso de I.A. para automatização do processo para UFV, pois a classificação da fase de implantação utiliza esses vetores georreferenciados das UFV.

Sobre a utilização efetivamente realizada da aplicação para obter as imagens e realizar as análises dos fiscais, verificou-se que, com um recorte das imagens a serem exibidas para análise, a aplicação realiza o retorno das imagens em até 5 minutos, conforme os parâmetros estabelecidos para a pesquisa. Assim, ainda que os fiscais precisem realizar 3 ou 4 pesquisas para obterem imagens, o tempo para adquirir as informações é bastante adequado.

Em relação aos marcos dos cronogramas acompanhados pela Agência para as Usinas UFV, a aplicação permitiu que todos fossem acompanhados com o auxílio direto das imagens de satélite, gerando ganhos consideráveis para a fiscalização dessas usinas, inclusive com a automatização por meio de I.A. Já para as usinas hidrelétricas, três marcos puderam ser observados satisfatoriamente, fazendo com que etapas sensíveis fiscalizadas nas hidrelétricas fossem possíveis de serem executadas com o apoio das imagens de satélite gratuitas.

5. CONCLUSÕES

Esse artigo demonstrou como a aplicação AGUIA pode ser utilizada para auxiliar no acompanhamento e fiscalização das obras de instalação das usinas solares fotovoltaicas e hidrelétricas por meio de imagens gratuitas CBERS4, Sentinel2 e LandSat. Esse acompanhamento foi possível em parte considerável das etapas de implantação das usinas, permitindo: reduzir a assimetria de informações nos processos de fiscalização, dotar a ANEEL de ferramenta capaz de aumentar a produtividade nas fiscalizações em que realiza e também servir como instrumento de dissuasão para que os agentes informem corretamente a situação atual dos empreendimentos, pois os fiscais da Agência podem obter a qualquer momento imagens das usinas em qualquer lugar do país, diminuindo a necessidade de ir a campo.

Nota-se que a Aplicação foi aplicada à rotina da fiscalização, aperfeiçoando o processo de fiscalização da ANEEL, obtendo informações das usinas de forma remota e contínua com ganhos de confiabilidade, modernidade e agilidade. Ressalta-se que outras áreas de gestão governamental, onde é possível o auxílio por imagens externas, podem estudar a aplicação das imagens gratuitas como ferramenta de fiscalização e controle, haja vista que os custos são baixos, mas podem agregar benefícios consideráveis na Administração Pública em termos de eficiência e economicidade.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Orlandi, A. G.; Carvalho-Junior, O. A.; Guimarães, R. F.; Bias, E. S.; Corrêa, D. C.; Gomes, R. A. T. Vertical accuracy assessment of the processed SRTM data for the Brazilian territory. *Bulletin of Geodetic Sciences*. 25(4): e2019021, 2019.
- [2] 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.
- [3] 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/ojs/index.php/RTCU/article/view/1381>>
- [4] 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*, Delhi, v. 1, n. 2, p. 90-98, 2012.
- [5] 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.
- [6] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE. Disponível em:http://www.cbets.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5490.
- [7] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Camarões imageadoras CBERS-3 e 4. Disponível em: <http://www.cbets.inpe.br/sobre/cameras/cbers3-4.php>.
- [8] European Space Agency – ESA. Disponível em : <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2;jsessionid=4FC261A61D62C1CE9794653D0F027070.jvm1>.
- [9] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. LANDSAT. Disponível em : <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>.
- [10] Orlandi, A. G., de Carvalho Junior, O. A., Mendonça, R. C. N., Guimarães, R. F., & Gomes, R. A. T. (2022). Regional management and development with free multi-temporal images: the case of hydroelectric power inspection. *Revista Brasileira De Gestão E Desenvolvimento Regional*, 18(2). <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v18i2.6430>
- [11] Orlandi, A. G., Farias, R. D. A. N., Júnior, O. A. C., Guimarães, R. F., & Gomes, R. A. T. (2021). Controle gerencial na administração pública e transformação digital: sensoriamento remoto para fiscalizar. *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, 26(83). <https://doi.org/10.12660/cgpc.v26n83.80456>
- [12] Costa, M. V. C. V. D., Carvalho, O. L. F. D., Orlandi, A. G., Hirata, I., Albuquerque, A. O. D., Silva, F. V. E., Guimarães, R.F.; Gomes, R.T.; De Carvalho Júnior, O. A. Remote sensing for monitoring photovoltaic solar plants in Brazil using deep semantic segmentation. *Energies*, v. 14, n. 10, p. 2960, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14102960>