ISSN: 2594-6153

Análise das Mudanças na Paisagem e Vegetação Local Através do Uso de Classificadores Semiautomáticos de Imagens: Aplicação nos Casos de Desastres Ambientais

Dulcilene Edivirgem Nunes Procópio Câmara, Fábio Giordano, Laís Samira Correia Nunes

Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil.
E-mail: dulci_camara@yahoo.com.br

Resumo: O incêndio no Terminal Petroquímico da Ultracargo no Porto de Santos (SP) em 2015 causou graves impactos ambientais, incluindo a contaminação atmosférica, da água e do solo. A análise da cobertura do solo, especialmente da vegetação local, afetado por desastres é importante para a identificação, quantificação e monitoramento de mudanças na paisagem, assim como, para o gerenciamento de impactos. Neste contexto, o uso de classificadores semiautomáticos, que combina análise automatizada de imagens de satélite com intervenção humana, tem se mostrado eficaz para acompanhar essas mudanças. Neste estudo foram utilizadas imagens de satélites da plataforma MapBiomas em 1985, 2014, 2015 e 2022 para analisar e comparar as mudanças na paisagem e na vegetação local, através da classificação semiautomática, na área do Porto de Santos onde ocorreu o acidente industrial.

Palavras-chave: Acidentes Ambientais; Sensoriamento Remoto; Manguezal.

Analysis of landscape and local vegetation changes through the use of semi-automatic image classifiers: application in cases of environmental disasters.

Abstract: The fire at the Ultracargo Petrochemical Terminal in the Port of Santos (SP) in 2015 caused severe environmental impacts, including atmospheric, water, and soil contamination. The analysis of land cover, particularly local vegetation affected by disasters, is important for identifying, quantifying, and monitoring changes in the landscape, as well as for impact management. In this context, the use of semi-automatic classifiers, which combine automated satellite image analysis with human intervention, has proven effective in tracking these changes. In this study, satellite images from the MapBiomas platform from 1985, 2014, 2015, and 2022 were used to analyze and compare changes in the landscape and local vegetation, through semi-automatic classification, in the area of the Port of Santos where the industrial accident occurred.

Keywords: Environmental Accidents; Remote Sensing; Mangrove.

Introdução

Desastres industriais, como acidentes com substâncias químicas perigosas e incêndios, têm efeitos adversos no meio ambiente, na sociedade e na economia. Dentre os impactos ambientais, estes eventos podem provocar tanto a contaminação atmosférica, da água e do solo quanto alterações na vegetação local e, por consequência, no equilíbrio ecológico das paisagens no entorno [1]. Em abril de 2015 ocorreu um incêndio de grandes proporções nas instalações do Terminal Petroquímico da Ultracargo no Porto de Santos (SP), sendo um dos maiores desastres industriais da história do Brasil. O incêndio, que durou nove dias, resultou na queima de milhões de litros de produtos químicos e derivados de petróleo, causando graves impactos ambientais [2],[3],[4].

ISSN: 2594-6153

Uma vez que a densidade da vegetação é um indicador crucial para avaliar a saúde e a dinâmica dos ecossistemas, o geoprocessamento e o mapeamento das áreas afetadas por incêndios têm se mostrado ferramentas indispensáveis para a identificação, quantificação e monitoramento de mudanças na paisagem, assim como, para o gerenciamento de impactos [5]. Dentre as ferramentas de sensoriamento remoto, encontram-se os classificadores semiautomáticos, que são algoritmos usados no processamento de imagens que combinam técnicas automáticas de classificação com a intervenção manual do usuário para aprimorar a acurácia dos resultados. O uso de classificadores semiautomáticos tem ganhado destaque por sua capacidade de processar grande volume de dados de forma eficiente, permitindo uma análise detalhada das transformações no cenário [6].

Objetivos: O objetivo deste trabalho é analisar e comparar as mudanças na paisagem e vegetação local através da classificação semiautomática de imagens em diferentes anos (1985, 2014, 2015 e 2022) da área do Porto de Santos onde ocorreu o acidente industrial.

Material e Métodos

Na Plataforma MapBiomas foi realizada um recorte territorial no município de Santos-SP (3448500), onde foram selecionadas imagens de satélite do Sentinel-2 (resolução de 10 metros) dos anos de 1985, 2014, 2015 e 2022 referentes à área onde ocorreu o acidente do Terminal Petroquímico da Ultracargo no Porto de Santos [7]. Posteriormente, na própria plataforma, foram selecionadas as classes de cobertura do solo utilizando a ferramenta de classificação semiautomática das imagens (Figura 1). A classificação semiautomática usa algoritmos de aprendizado de máquina e análise manual para identificar e mapear diferentes classes de cobertura do solo com alta precisão. Ela pode distinguir entre várias classes, como áreas urbanas, florestas, corpos d'água e vegetação específica [8].

Os dados de cobertura (hectares) foram obtidos da série histórica na plataforma MapBiomas para cálculo da sua variação percentual simples, que é uma maneira de expressar a mudança relativa entre dois valores (diferença entre o valor inicial e o valor final) como uma porcentagem (Eq. 1).

Equação 1: Variação percentual simples = [(valor final – valor inicial) / valor inicial] x 100%

A variação percentual é empregada em vários estudos de sensoriamento remoto e geoprocessamento para monitorar as condições da vegetação e detectar mudanças ao longo do tempo. Essa abordagem é fundamental para identificar alterações significativas na vegetação e para compreender melhor as tendências e padrões temporais nas séries temporais de dados de sensoriamento remoto [9].

ISSN: 2594-6153



Figura 1. Mapa da área de estudo com destaque para o local em que ocorreu o acidente industrial (incêndio), junto a Empresa Ultracargo, no Porto de Santos. Fonte: Google Earth (2024).

Resultados e Discussão

A figura 2 apresenta os mapas de cobertura, através do uso da classificação semiautomática, da área do acidente industrial no Porto de Santos nos diferentes anos (Figura 2). Entre os anos de 1985 e 2014, destaca-se a redução (-1,19%) na Formação Florestal, aumento da área urbanizada (26,9%) e redução de área de corpo d'água (-23,70%), indicando mudanças no uso do solo e expansão urbana e portuária, respectivamente. Neste mesmo período, observamos um aumento de 28,0% na área de manguezal, sugerindo um possível esforço de recuperação deste ecossistema (Tabela 1). Entre 2014 e 2015, observa-se pequena redução da área de Formação Florestal (-0,03) e de Restinga Arbórea (-0,77%) (Tabela 1), perda de vegetação que pode estar relacionada ao acidente industrial. Neste período, houve um ligeiro aumento (0,29%) na área de manguezal; no entanto, ao longo dos anos seguintes (2015-2022) observa-se a redução da área de manguezal (-2,6%). Este resultado pode indicar que, embora o manguezal seja bastante vulnerável aos impactos antrópicos, neste caso, a resposta e/ou a detecção da redução de sua área pode ter demandado mais tempo. Esta redução do manguezal pode estar relacionada aos impactos do acidente, bem como a o aumento da área urbanizada (3,10%) e redução da área de corpo d'água (-3,90%).

ISSN: 2594-6153

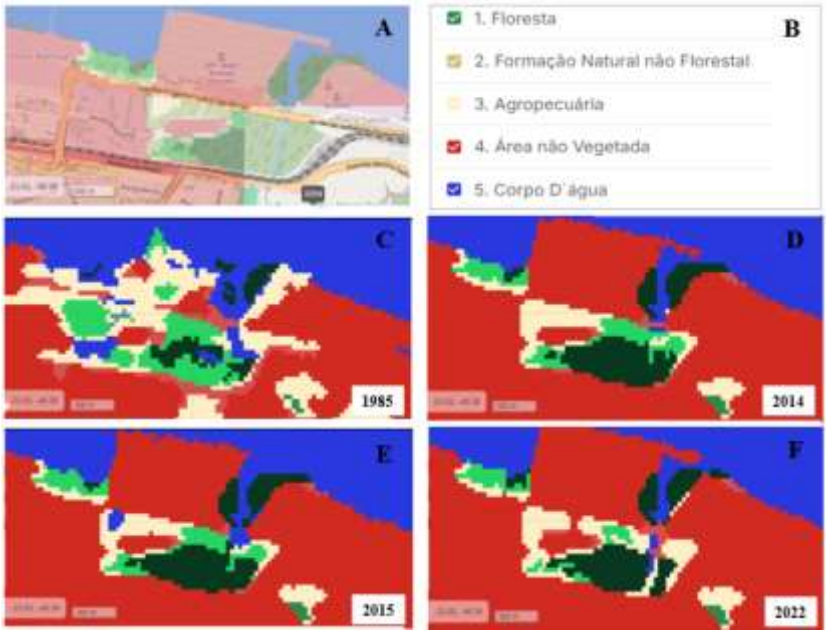

Figura 2. Mapas da área afetada pelo acidente do Terminal Petroquímico da Ultracargo no Porto de Santos (A), e classes de cobertura (B), nos anos de 1985 (C), 2014 (D), 2015 (E) e 2022 (F). Fonte: MapBiomas (2024).

Tabela 1. Variação percentual (%) das classes de cobertura do solo área afetada pelo acidente do Terminal Petroquímico da Ultracargo no Porto de Santos entre os anos analisados.

CLASSES DE COBERTURA	PERÍODOS		
	1985 e 2014	2014 e 2015	2015 e 2022
Formação Florestal	-1,19	-0,03	0,13
Manguezal	28,00	0,29	-2,60
Restinga Arbórea	1,66	-0,77	1,00
Praia, Duna e Areal	15,20	0,00	-7,50
Área Urbanizada	26,90	0,77	3,10
Rio, Lago e Oceano (Corpo d'água)	-23,70	1,12	-3,90

Fonte: MapBiomas (2024).

A partir de nossos resultados observa-se que o uso dos classificadores semiautomáticos de imagens de fato permite uma análise rápida e fornece uma base para ajustes detalhados, sendo útil para segmentação e identificação preliminar de dados. No entanto, para aprimoramento da análise das imagens antes e após esta classificação, filtros espaciais e técnicas de pós-processamento, como suavização, filtragem de bordas, classificação por regiões e fusão de dados multiespectrais podem ainda ser utilizados [10]. Além disso, outra ferramenta que pode ser usada é o NDVI, que embora não detalhe diferentes tipos de cobertura do solo, é eficaz para avaliar a saúde e densidade da vegetação e analisar mudanças temporais [11]. Para nossa área de estudo, o uso de imagens em outros períodos, com maior frequência e qualidade dos dados, possivelmente também poderia melhorar a detectação de mudanças na paisagem e

ISSN: 2594-6153

vegetação local, revelando tendências e impactos ambientais, especialmente relacionados ao incêndio no Terminal Petroquímico.

Conclusões

Concluiu-se que entre 1985 e 2014, a região do Porto de Santos viu uma significativa expansão urbana e uma redução acentuada da área de corpo d'água, com uma leve diminuição na Formação Florestal. Embora a área de manguezal tenha aumentado em 28,0%, refletindo possíveis esforços de recuperação, o impacto da urbanização foi notável. Entre 2014 e 2015, houve uma leve redução na Formação Florestal e na Restinga Arbórea, possivelmente devido ao acidente industrial. Apesar de um pequeno aumento na área de manguezal nesse período, sua redução de 2,6% até 2022, junto com o crescimento urbano e a diminuição da área de corpo d'água, indica impactos contínuos e significativos no ecossistema.

Referências

1. Silva Santos VC, Souza de Santana Castro R, Fernandes de Souza C, Melo Costa D, de Jesus Santos M. A Influência do Controle Operacional na Mitigação de Acidentes. CGCET [Internet]. 17º de novembro de 2022 [citado 18º de agosto de 2024];7(3):22.
2. Santos, P. S. Impactos do Acidente no Terminal Ultracargo: uma análise do porto de Santos após o incêndio. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2017.
3. Ministério Público do Estado de São Paulo; Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente – Gaema; Núcleo III – Baixada Santista – Portaria 48/2015.
4. Globo – Disponível em: https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/04/incendio-atinge-industria-no-bairro-alemoa-em-santos-litoral-de-sp.html - Acesso em: 19/06/2024.
5. França, PC. Índice de vegetação por diferença normalizada como parâmetro indicador de qualidade ambiental para o município de Canguaretama/RN /- Natal, 2019.
6. Tian, Yuping, Zechuan Wu, Mingze Li, Bin Wang e Xiaodi Zhang. 2022. "Monitoramento de propagação de incêndios florestais e detecção de dinâmica de vegetação com base em imagens de sensoriamento remoto de múltiplas fontes" *Remote Sensing* 14, no. 18: 4431.
7. **MapBiomas.** Metodologia. Disponível em: MapBiomas Metodologia
8. Angelini Sobrinha, Lôide. Classificação semiautomática de imagens de satélites e suas implicações na modelação do escoamento superficial direto em bacias urbanas [thesis]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos; 2016
9. Pessi DD, Silva NM da, Mioto CL, Barbosa DS, Moreira RM, Gums Gomes MA, Grigio AM, Ribeiro V de O, Diodato MA, Paranhos Filho AC. Aplicação de Sensoriamento Remoto na análise das mudanças da vegetação de campos de altitude no Pantanal usando dados multitemporais Landsat. Ter. Pl. [Internet]. 29º de maio de 2023.
10. Mather, PM e Koch, M. (2011). Matéria Inicial. Em Processamento Computacional de Imagens Sensoriadas Remotamente (eds PM Mather e M. Koch). https://doi.org/10.1002/9780470666517.fmatter
11. Huang, S., Tang, L., Hupy, JP *et al.* Uma revisão de comentários sobre o uso do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) na era do sensoriamento remoto popular. *J. For. Res.* 32, 1–6 (2021). https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1