

**Diagnóstico de la inundación ocurrida en 2016 en la ciudad de Lençóis
Paulista, São Paulo, mediante imágenes de alta resolución espacial**

Ronaldo Alberto Pollo

Doctorado en Agronomía (Energía en Agricultura), FCA / UNESP, Botucatu-SP, Brasil.
ra.pollo@unesp.br

Bruna Soares Xavier de Barros

Postdoctorado en Agronomía (Energía en Agricultura), FCA / UNESP, Botucatu-SP, Brasil.
brunasxb@gmail.com

Zacarias Xavier de Barros

Profesor Titular, FCA / UNESP, Botucatu-SP, Brasil.
zacarias.barros@unesp.br

RESUMEN

Los años previos al 2020 estuvieron marcados por eventos de lluvias extremas, sumado a la falta de planificación que involucre el uso del suelo en áreas antropizadas, resultó en un mayor número de inundaciones en regiones y barrios de ciudades. La planificación del uso y ocupación del suelo en las áreas que componen la formación de las cuencas hidrográficas es fundamental para evitar inundaciones, y es necesario identificar y prevenir problemas en la conservación de suelos en sus más variados cultivos, deforestación y deficiencias en el cuidado de las Áreas de Preservación. Permanente (APPs) de la red de drenaje que abastece a ciudades y regiones. El presente trabajo evaluó elementos del paisaje de una porción de la cuenca hidrográfica del río Lençóis ubicada en el municipio de Lençóis Paulista, SP, antes y después de una gran inundación en enero de 2016, considerada la mayor inundación en la historia de la ciudad, a través de Imágenes digitales de Google Earth Pro. Se encontraron evidencias de deforestación en APPs y condiciones desfavorables en cuanto a la conservación del suelo, las cuales comprometieron la capacidad de infiltración del agua en el suelo y generaron mayor escorrentía superficial con evidencia de rotura de reservorios de agua, causando grandes daños. a la población urbana.

PALABRAS CLAVE: Cuenca. Reservoirio artificial. Inundar.

1 INTRODUCCIÓN

Los años previos al 2020 estuvieron marcados por eventos de lluvias extremas, sumado a la falta de planificación que involucre el uso del suelo en áreas antropizadas, resultó en un mayor número de inundaciones en regiones y barrios de ciudades. La planificación del uso y ocupación del suelo en las áreas que componen la formación de las cuencas hidrográficas es fundamental para evitar inundaciones, y es necesario identificar y prevenir problemas en la conservación de suelos en sus más variados cultivos, deforestación y deficiencias en el cuidado de las Áreas de Preservación. Permanente (APPs) de la red de drenaje que abastece a ciudades y regiones.

El uso de imágenes satelitales permite el seguimiento de parámetros ambientales a gran escala ya que permite la captura de elementos de la superficie terrestre en estudios temporales, posibilitando la ampliación de la riqueza de detalles, mostrando lo que está cambiando. Este análisis espacio-temporal genera subsidios para estudios y proyectos de gestión ambiental (SILVA, MEDEIROS, 2017).

Las imágenes digitales puestas a disposición por Google Earth tienen alta resolución espacial, lo que permite estudiar una vista sinóptica y vertical del área, siendo importante para monitorear los cambios ambientales (MOREIRA, et al., 2007).

El análisis de uso y ocupación del suelo basado en el uso de geotecnologías es una de las herramientas que ayuda en la gestión de la planificación ambiental para el mapeo en clases de usos predefinidos (MACHADO et al, 2016).

Para Barros (2000), la acción antrópica desordenada e inadecuada en la conservación del suelo sobre el medio ambiente para la implantación de áreas agrícolas, provoca compactación y reduce las tasas de infiltración de agua en el suelo, provocando problemas como escorrentías, erosiones, sedimentos e inundaciones. .

El presente trabajo tuvo como objetivo diagnosticar las causas de la inundación en el área urbana del municipio de Lençóis Paulista-SP y evaluar elementos de paisaje presentes en un área antropizada en la cuenca hidrográfica del río Lençóis ubicada en la ciudad de Lençóis

Paulista, SP, antes y después de una gran inundación ocurrida en enero de 2016, luego de fuertes lluvias, considerada la mayor inundación de la historia de la ciudad, a través de imágenes digitales de Google Earth Pro. Se encontró evidencia de deforestación en Áreas de Preservación Permanente y condiciones desfavorables en términos de conservación de suelos, lo que comprometió la capacidad de infiltración del agua en el suelo y generó mayor escorrentía superficial con evidencia de ruptura de reservorios de agua.

El río Lençóis atraviesa varias ciudades y tiene en su cauce principal una extensión de 30 kilómetros río arriba antes su paso por el centro de la ciudad de Lençóis Paulista SP, principal sitio impactado por la inundación, entró en estado de emergencia, quedando días sin suministro de agua. Según Cepagri (2016), en 24 horas llovió 260 mm en el municipio de Lençóis Paulista y 340 mm en el municipio de Borebi-SP, provocando daños en las regiones ribereñas y en la zona urbana central de Lençóis Paulista-SP.

2 OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivo diagnosticar las causas de la inundación en el área urbana del municipio de Lençóis Paulista-SP y evaluar elementos del paisaje presentes en un área antropizada en la cuenca hidrográfica del río Lençóis ubicada en la ciudad de Lençóis Paulista, SP, antes y después de una gran inundación. ocurrió en enero de 2016, luego de fuertes lluvias, considerada la mayor inundación de la historia de la ciudad, a través de imágenes digitales de Google Earth Pro.

3 METODOLOGÍA

Se utilizaron cartas planimétricas del IBGE (1973), a escala 1: 50.000 con una equidistancia de 20 metros para Agudos, Bauru, Lençóis Paulista y Turvinho, hojas: SF-22-ZB-II-3, SF-22-ZBI-4, SF-22-ZBV-1 y SF-22-ZB-IV-2 respectivamente para el conocimiento de los límites de los municipios donde está presente el río Lençóis y la ubicación de los arroyos donde se ubican los embalses.

También se utilizaron imágenes de satélite del banco digital de la Tierra de Google Earth Pro (2017), en las fechas del 05/07/2015 y 14/05/2016, es decir, una fecha anterior a la ocurrencia de la inundación en enero de 2016 y una fecha posterior, para el diagnóstico de la situación ambiental de los recursos hídricos y sus alrededores; para el cálculo de las áreas de las capas de agua de los embalses artificiales existentes en la red de drenaje que tuvieron problemas de ruptura aguas arriba; para la cuantificación de las presas y el cálculo de la distancia entre el nacimiento del río y el paso por el centro de la ciudad de Lençóis Paulista-SP, donde ocurrió la inundación.

La cuenca hidrográfica del río Lençóis tiene un área de 942 km² y la región pertenece a la UGRHI 13 del Comité de Cuencas Hidrográficas de Tietê - Jacaré (São Paulo, 1991).

La Figura 1 muestra la cuenca hidrográfica del río Lençóis, límites administrativos de los municipios vecinos y el área urbana del municipio de Lençóis Paulista-SP.

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio Lençóis, Lençóis Paulista-SP



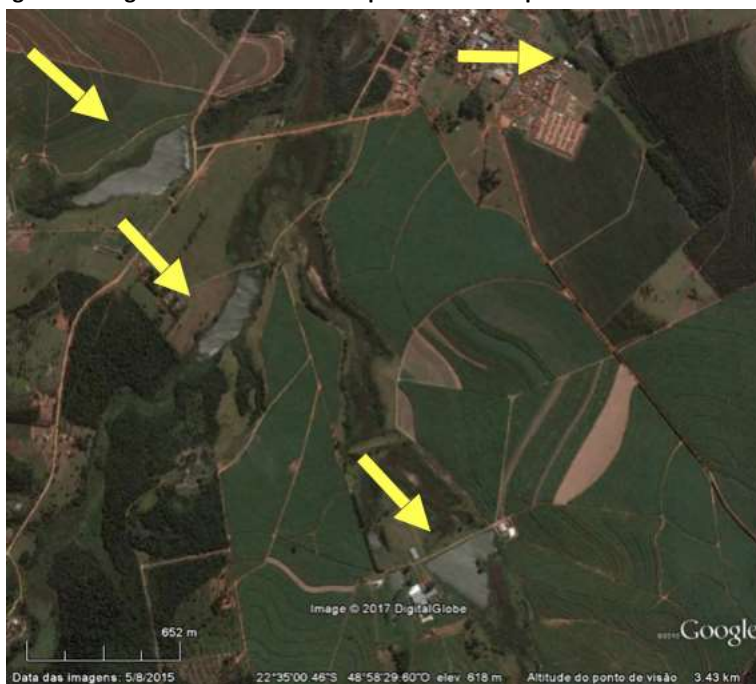
Fonte: Autores, 2020.

4 RESULTADOS

El análisis de las imágenes satelitales mostró la existencia de 80 presas de almacenamiento de agua, 22 tanques de cultivo de peces y algunos otros reservorios controlados por empresas instaladas en la región, utilizados para el tratamiento y reutilización de aguas arriba antes de que el río fluya por el centro de la ciudad. de Lençóis Paulista.

La figura 2, en la imagen del 05/07/2015, muestra claramente que había 4 presas ubicadas en los arroyos del Cel. Leite e das Antas en el municipio de Borebi-SP, que abastecen al río Lençóis y en conjunto, componen un área de 16,90 hectáreas de agua, ubicadas aguas arriba de la cuenca. Las presas están indicadas con flechas amarillas.

Figura 2: Imagen de satélite de 2015 que muestra las presas antes de la brecha



Fuente: GOOGLE, 2017.

La imagen del 14/05/2016, Figura 3, muestra las huellas de las presas, demostrando que se rompieron por las fuertes lluvias ocurridas en la región.

Figura 3: Imagen de satélite de 2016 que muestra la situación y los rastros de las presas después de la brecha



Fuente: GOOGLE, 2017.

En la figura 4, una foto aérea oblicua muestra la ruptura de una de las presas.

Figura 4: Fotografía aérea oblicua de 2016 que muestra la situación y el rastro de una de las presas después de la brecha.



Fuente: JCNET, 2016.

La cuenca hidrográfica objeto de estudio está siendo ocupada en su mayor parte por el cultivo de la caña de azúcar, la reforestación y algunas áreas con pastos. Un análisis visual mostró la presencia de muchas áreas abiertas degradadas por la falta de prácticas conservacionistas adecuadas en las tres ocupaciones, con muchas parcelas en preparación para la siembra y / o después de la cosecha con suelo expuesto, siendo susceptibles a la ocurrencia de erosión laminar. Se constató en algunas zonas próximas a las presas que presentaban problemas, la presencia de terrazas muy espaciadas que denotan el incumplimiento de las normas técnicas recomendadas por los órganos competentes en cuanto a pendiente, tipo de suelo, lo que determina así el espaciamiento idóneo para la ubicación de las curvas de nivel.

La no observancia de la conservación de suelos en las áreas cercanas a las represas y debido a las fuertes lluvias que cayeron en la región, necesariamente contribuyó a la ruptura secuencial de las curvas de nivel en algunas áreas, provocando erosiones de barrancos, donde todo el sedimento arrastrado por las aguas y debido a la falta de bosque de ribera en muchos tramos, se depositaron en el fondo de las presas y ríos, donde además de ser estrechos, se hicieron menos profundos, elevando el nivel de los embalses, contribuyendo así a la ruptura de las presas aguas arriba de la cuenca hidrográfica, antes del área urbana, generando un gran volumen de agua con un aumento en su cauce principal, favoreciendo la inundación en el centro de la ciudad de Lençóis Paulista, Figura 5.

Figura 5: Inundación en la parte central de la ciudad de Lençóis Paulista-SP em 2016



Fuente: Jornal O Eco, 2016.

Para Francisco (2016), el avance de la erosión desencadena una serie de problemas socioambientales como deslizamientos de tierra, sedimentación de ríos, inundaciones y los factores que contribuyen a este escenario son la deforestación, incendios, líneas de siembra y drenaje de carreteras.

El desprecio por las Áreas de Conservación Permanente establecida en el Capítulo II - Art. 4 (BRASIL, 2012) es visible en muchos tramos a lo largo del río Lençóis y cerca de las presas donde se encuentran sin vegetación de ribera, contrariamente a la ley de áreas protegidas y regulado por la legislación brasileña vigente.

Otro problema está relacionado con la densidad de caminos rurales existentes entre muchas parcelas cultivadas con caña de azúcar, las cuales, por presiones por sobrecargas de maquinaria agrícola, muestran un aumento de la escorrentía durante la época de lluvias, provocando la carga de sedimentos en los recursos hídricos. En general, no se encontraron cuencas de infiltración de agua que contengan escorrentías y recolecten agua de caminos rurales y vecinos presentes en propiedades agrícolas que también juegan un papel fundamental en la recarga de aguas subterráneas.

Como medida de protección, todas las solicitudes de buses fluviales para la construcción de presas enviadas para aprobación a los órganos competentes, con construcción aguas arriba de la cuenca hidrográfica y con ríos que desagüen hacia los centros urbanos, requieren estudios y evaluaciones bien elaboradas. el número de presas, con simulación y pronóstico de precipitaciones extremas y caudales.

5 CONCLUSIÓN

Las imágenes satelitales pudieron mostrar, mediante análisis temporal, que las áreas cercanas a los embalses presentes en los arroyos Cel. Leite y Antas que desembocan en el río Lençóis, presentaron deforestación en las Áreas de Preservación Permanente (APP) y

condiciones desfavorables para la práctica de la conservación de suelos, con muchos caminos entre parcelas y áreas con suelos muy expuestos, que reducen la capacidad de infiltración de las del suelo y provocan un aumento de la escorrentía, lo que, combinado con las fuertes lluvias ocurridas en la región, contribuyó a la ruptura de estos embalses ubicados aguas arriba de la cuenca hidrográfica, generando un gran volumen de agua que escurría al río Lençóis, aumentando su cauce y desbordante, provocando una gran inundación al pasar por la parte central del casco urbano de la ciudad de Lençóis Paulista-SP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, L. C. Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas. Sete Lagoas, MG. EMBRAPA Milho e Sorgo. *Circular Técnica*, 2. 2000. 16p.

BRASIL. Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. **Presidência da República**. Casa Civil. Brasília, DF, 17 de out. 2012. Disponível em: <<http://aiba.org.br/wp-content/uploads/2014/10/Lei-12727-2012-Codigo-florestal.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2019.

CEPAGRI. Unicampi. **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura**: Clima dos municípios paulistas. Disponível em: <<http://www.cpa.unicampi.br/outras-informacoes/clima-muni-563.html>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

FRANCISCO, W. de C. Erosão. **Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/erosao.htm>>. Acesso em: 09 dez. 2016.

GOOGLE EARTH PRO. **Google Inc**, 2017. Disponível em: <earth.google.com/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta topográfica**: folhas Agudos- SF-22-Z-B-II-3, Bauru- SF-22-Z-B-I-4, Lençóis Paulista- SF-22-Z-B-V-1 e Turvinho- SF-22-Z-B-IV-2. Serviço gráfico do IBGE, 1973. Escala 1:50.000.

JCNET, **Vistoria constata danos em seis represas da região**. Publicado em 20/01/2016. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/noticias/regional/2016/01/457141-vistoria-constata-danos-em-seis-represas-da-regiao.html>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

JORNAL O ECO. **Defesa civil monitora nível do Rio Lençóis**. Regional de 16/03/2016. Disponível em: <<https://jornaloeco.com.br/cotidiano/defesa-civil-monitora-nivel-do-rio-lencois/>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

MACHADO, F. L.; VALÉRIO FILHO, M.; RIBEIRO, M. R. Análise do uso e ocupação do solo e suas implicações ambientais: estudo de caso da sub-bacia hidrográfica do córrego Pararangaba, São José dos Campos-SP. **Anais...** do COBRAC 2016 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 à 20 de outubro 2016. Pdf.

MOREIRA, M. A.; BARROS, M.A.; DE FARIA, V. G. C.; ADAMI, M. **Tecnologia de informação**: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. Informe Agropecuário, v. 28, n. 241, p. 27-37, 2007. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/laf/cafesat/artigos/TecnologiaInformacaoCafeMG.pdf> >. Acesso em: 31 out. 2020.

SÃO PAULO. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. **Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em: < <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/apresentacao>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

SILVA, C. O. F.; MEDEIROS, G. A. Avaliação ambiental e morfométrica da bacia do rio Jundiá-Mirim: diagnósticos e subsídios para gestão ambiental. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 7, n. 2, 2017, p. 441-454.