

Plan de conservación preventiva para el edificio Vilanova Artigas

El nuevo sistema de impermeabilización aplicado a la azotea del edificio

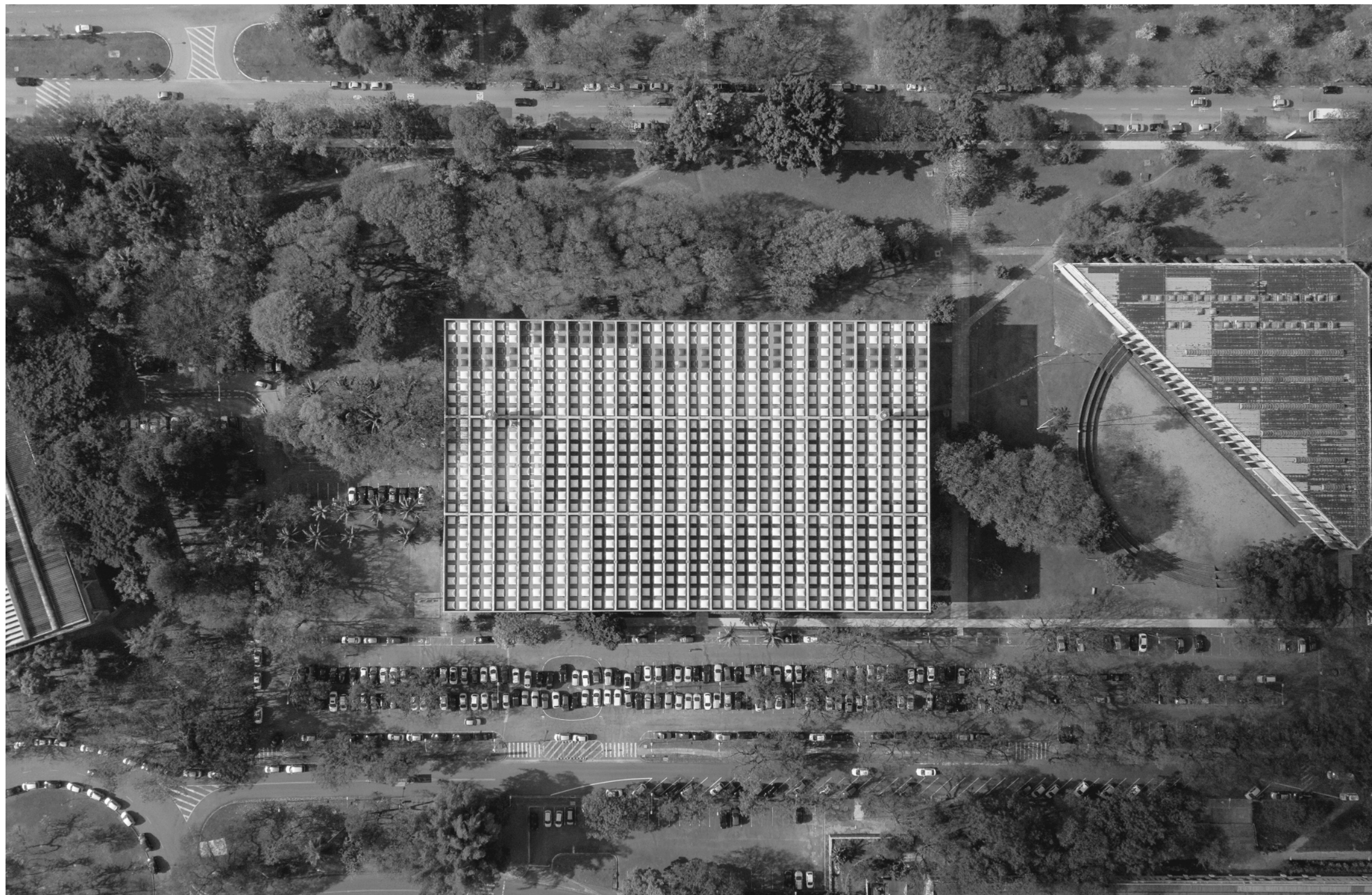
CLAUDIA DE ANDRADE OLIVEIRA

PALABRAS CLAVE
POLIUREIA; AZOTEA; ARQUITECTURA MODERNA;
PERCOLACIÓN DE AGUA; CORROSIÓN DE LA ARMADURA

Profesora asociada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo. Coordinó la tarea n° 3 sobre la investigación del hormigón del Plan de Conservación Preventiva, preparado con el apoyo del programa Keeping It Modern [KIM] de la Fundación Getty (2015–2017). Actualmente coordina proyectos de investigación y desarrollo en las áreas de materiales, sistemas de construcción, análisis de desempeño y riesgo, mantenimiento y conservación de edificios. Correo electrónico: ctao@usp.br

Resumen

Este texto aborda tanto el análisis del desempeño del actual sistema de impermeabilización, con membrana a base de poliureia, de la azotea del edificio Vilanova Artigas como el impacto en la protección de la estructura de hormigón. Las pendientes reducidas de los planes de flujo de agua de lluvia, asociadas a desplazamientos y deformaciones de la estructura, dificultan el drenaje en varios tramos de la cubierta, lo que conduce a la acumulación de una capa de agua de hasta 10 cm de espesor. Las principales fallas detectadas son derivadas de problemas de control de aplicación y son las siguientes: descamación de la membrana, espesor por debajo del límite mínimo (1,5 mm) y micro agujeros (f ~ 0,15 mm); ruptura de la membrana debido a la falta de capa inhibidora de adhesión en regiones con fisuras activas en el sustrato; ruptura de la membrana con desprendimiento del mortero de preparación del sustrato en regiones más susceptibles al movimiento debido a los gradientes térmicos. Los análisis contribuyen a la formación de una base de datos sobre durabilidad y mantenimiento de la impermeabilización basada en poliureia, aplicada a las azoteas de hormigón armado, cuyo desempeño aún no está plenamente validado en la práctica.



Introducción

Este texto aborda los problemas de conservación y desempeño del sistema de impermeabilización de la azotea del edificio Vilanova Artigas, presentando las intervenciones realizadas allí, las investigaciones y los estudios desarrollados con el apoyo del programa Keeping It Modern [KIM] de la Fundación Getty y su condición actual. Inicialmente se comentarán las características geométricas y constructivas únicas de la azotea, que, además de ser uno de los elementos arquitectónicos más emblemáticos del edificio, es también el origen de los principales retos a los que se enfrentará su conservación.

Desde la primera década de uso del edificio, se han reportado muchos defectos en la impermeabilización que han sido reparados en varias ocasiones.

Sin embargo, a pesar de haber sido bastante invasivas, tales intervenciones no fueron eficaces en el control de la corrosión de las armaduras, el principal mecanismo de deterioro del hormigón armado. Por lo tanto, la azotea demostró ser el sistema más vulnerable frente a la acción del tiempo.

Dada la importancia del tema, este artículo aborda tanto el análisis general del desempeño del actual sistema de impermeabilización con membrana a base de poliurea de la azotea del edificio Vilanova Artigas como su impacto en la protección de la estructura de hormigón. La investigación fue conducida como parte de la Tarea n° 2 del Plan de Conservación Preventiva, preparado con el apoyo del programa KIM de la Fundación Getty. Tal como se presenta en el artículo n° 1, la Tarea n° 2 consistió en la investigación de la cubierta y sus implicaciones en la conservación de los otros sistemas constructivos con el fin de subvencionar los procedimientos de mantenimiento que deben aplicarse al edificio. En el texto se presentan algunos resultados del trabajo del equipo compuesto por Antonio Carlos Barossi (coordinador), Claudia de Andrade Oliveira, Rodrigo Vergilli y Eric Palmeira. La investigación completa, incluyendo todos los relevamientos y ensayos, está disponible en el informe técnico del proyecto (Pinheiro, 2018).

Características geométricas

Aunque la cubierta del edificio Vilanova Artigas sea conceptualmente caracterizada como una azotea con losa plana de hormigón, hay ciertos detalles que la diferencian, desde el punto de vista estructural y funcional, de una cubierta plana de losa continua [Fig. 1]. Sus dimensiones nominales, en planta, son 66 m x 110 m (entre ejes de la estructura). La disposición estructural está formada por vigas de sección completa con altura de 1,9 m, situadas cada 5,5 m, longitudinalmente, y cada 22 m, transversalmente, configurando 60 módulos estructurales. Vigas secundarias, con una altura de 0,485 m y disposición en malla bidireccional de 2,75 m x 2,75 m, y la carpeta superior, con espesor de 0,08 m, conforman la estructura nervada. Las vigas secundarias tienen una sección de «A» invertida y se construyeron con casetones de cajón perdido de madera [Fig. 2].

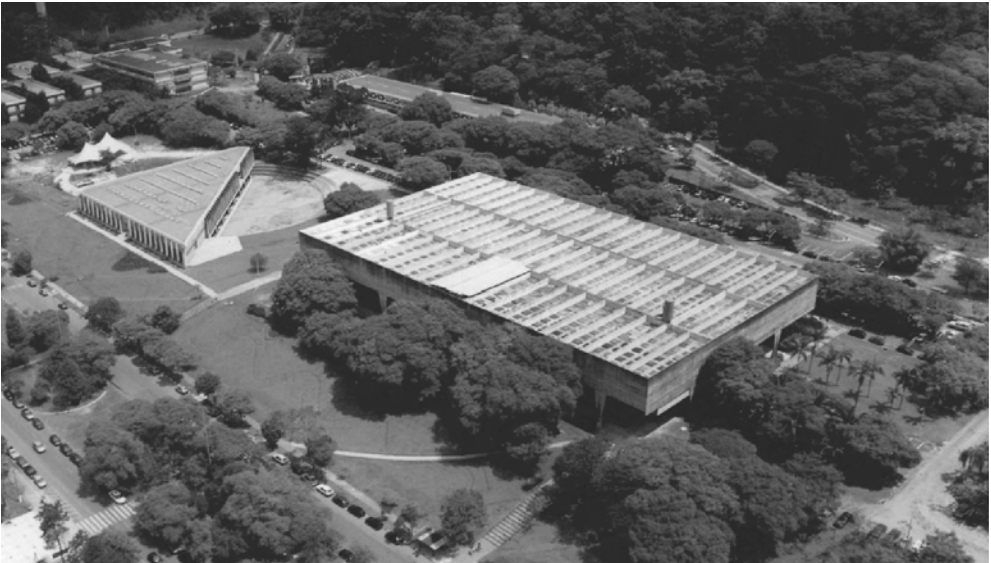


FIGURA 1. EMPLAZAMIENTO Y PLANTA DE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO VILANOVA ARTIGAS.
FUENTE: JORGE MARUTA, *JORNAL DA USP* (2007).

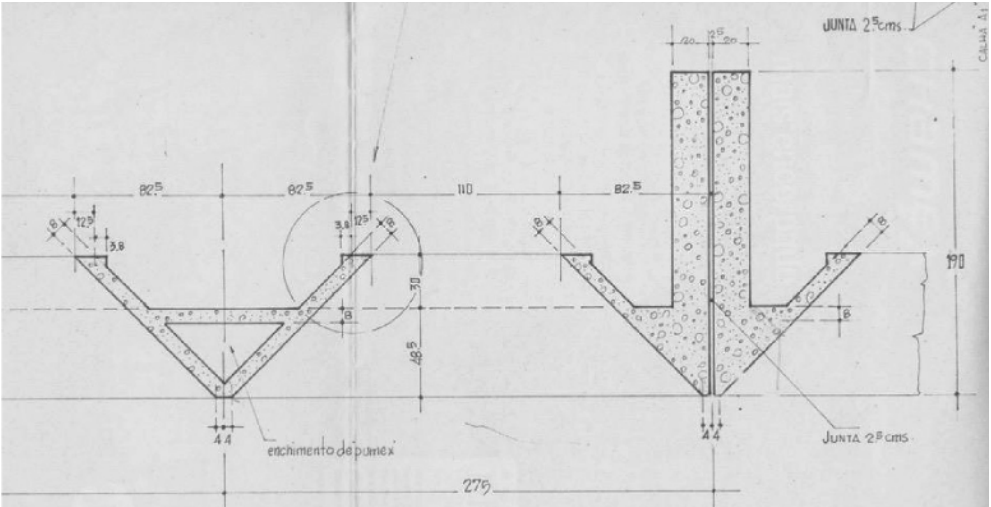


FIGURA 2. DETALLE DEL DISEÑO ESTRUCTURAL CON LA SECCIÓN DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO DE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO VILANOVA ARTIGAS (LAS MEDIDAS ESTÁN EN CM). (A) VIGA SECUNDARIA. (B) VIGAS INVERTIDAS DE ALMA COMPLETA, QUE DELIMITAN LOS MÓDULOS. DETALLES SIN ESCALA. FUENTE: ARCHIVO DE SERVICIO DE INFRAESTRUCTURA TÉCNICA DE LA FAU.

Las vigas de sección completa están soportadas por 18 pilares internos. En el perímetro, las vigas forman parte de las fachadas. Cada módulo estructural tiene 16 aberturas, con dimensiones nominales de 1,1 m x 1,1 m, recubiertas por lucernarios translúcidos. Así, la cubierta del edificio Vilanova Artigas se asemeja a un gran tamiz con 960 aberturas [Fig. 3].

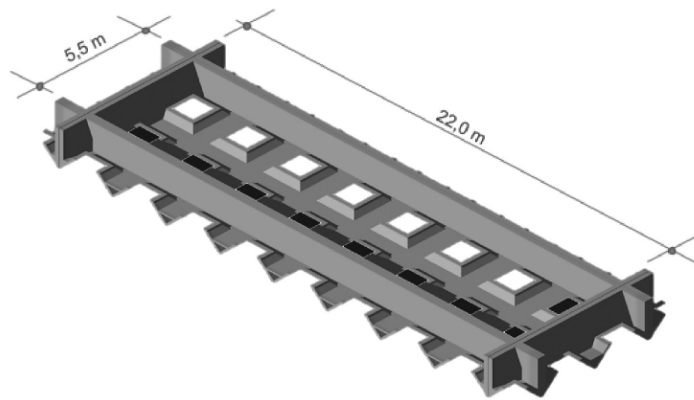
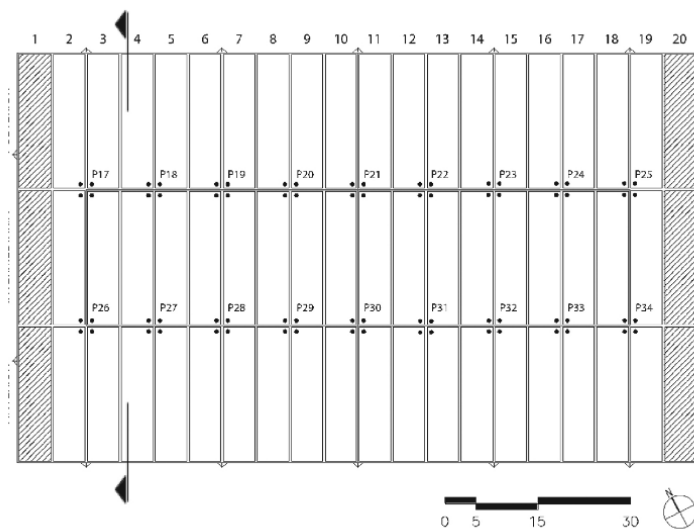


FIGURA 3. MÓDULO ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA, DELIMITADO POR LAS VIGAS. DIMENSIONES NOMINALES ENTRE EJES. FUENTE: COLECCIÓN CONSERVAFU. MODELO ELABORADO POR FABIO GALLO.



Croquis del corte transversal indicado en planta. Sin escala.

FIGURA 4. (A) PLANTA DE LA CUBIERTA CON EL POSICIONAMIENTO DE PILARES INTERNOS Y PUNTOS DE DESAGÜE. (B) SECCIÓN DE LA CUBIERTA, SIN ESCALA, QUE INDICA LA DIFERENCIA DE NIVEL Y LA CONTRAFLECHA DE LAS VIGAS FUENTE: VERGILI (2019).

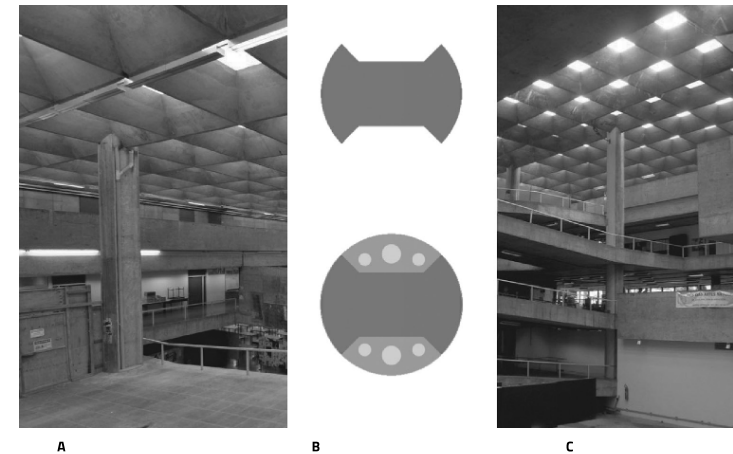


FIGURA 5. (A) TRAMO DEL PILAR P26 CON LA TUBERÍA DE DESCENSO DEL AGUA DE LLUVIA. (B) SECCIÓN DEL PILAR (INSCRITO EN CIRCUNFERENCIA CON $F = 1,10$ M) Y EL BAJORRELIEVE PARA EL PASO DE LAS TUBERÍAS DE LOS SISTEMAS (AGUA DE LLUVIA, AGUA FRÍA, ELECTRICIDAD). (C) EL PILAR P26 CON EL RELLENO, DE LADRILLOS Y MORTERO, DEL BAJORRELIEVE. FUENTE: CLAUDIA OLIVEIRA (2015 Y 2008).

Según el diseño estructural, la pendiente para el drenaje del agua de lluvia se conformó por la diferencia de 2 cm entre las cotas de los extremos de las vigas en los módulos perimetrales, además de una contraflecha de 7 cm para las vigas de los módulos centrales. Los módulos, por lo tanto, funcionan como canaletas de recolección de agua de lluvia. Los desagües están situados cerca de los pilares centrales y los tubos de recolección de agua de lluvia se colocan en un bajorrelieve en los pilares (*shafts*).

La Figura n° 4 ilustra el sistema de drenaje. En la planta se indican los 60 módulos (20 por zona), los pilares y los desagües. Según el diseño original, en la sección transversal se indica la pendiente de las superficies para el flujo de agua de lluvia. Los módulos de las extremidades (achurados) no tienen tubo de descenso; el agua se conduce hacia el módulo vecino por embudos.

La Figura n° 5 muestra la tubería de agua de lluvia, algunos detalles de la sección del pilar y el posicionamiento de conductores verticales en el bajorrelieve en el pilar.

Según las especificaciones del diseño original, las pendientes nominales oscilan entre el 0,2% y 0,6%, declividades insuficientes para garantizar el libre escurrimiento del agua, teniendo en cuenta las deformaciones previsibles de la estructura. Los desplazamientos verticales llevaron a la acumulación de agua en la zona central de la losa, y paulatinamente el agua fue infiltrándose en el hormigón por las fallas del sistema de impermeabilización.

La primera evidencia de desplazamiento de la cubierta que afectó parcialmente la funcionalidad del edificio se registró en 1980 con la ruptura de una de las paredes de las aulas, en la última planta del edificio. A partir de ese año y durante las dos décadas siguientes, casi todos los módulos de la cubierta fueron reparados. Se aplicaron varias capas de mortero en las losas para recomponer

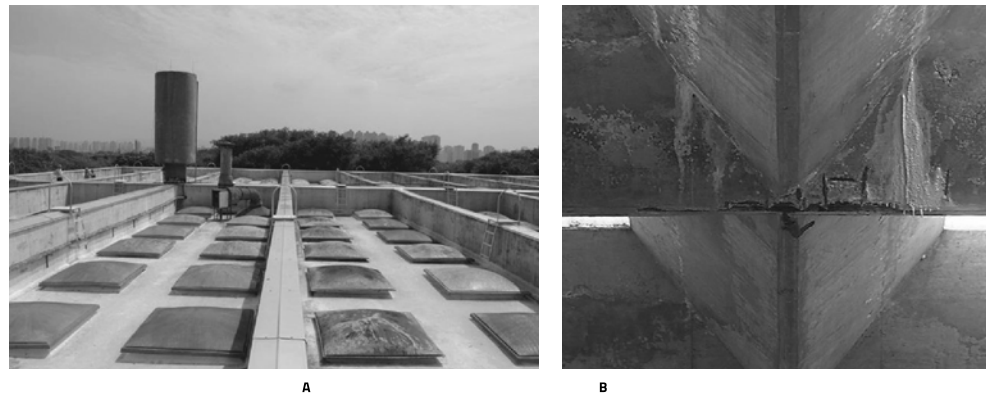


FIGURA 6. (A) VISTA EXTERIOR DEL TECHO EN 2011, CON ÉNFASIS EN LAS VIGAS, LA CHAPA DE ALUMINIO Y LOS LUCERNARIOS SOBRE LAS ABERTURAS DE LAS LOSAS. (B) CARA INFERIOR DE LA CUBIERTA, EN 2008, CON EVIDENCIAS DE LIXIVIACIÓN DE SALES SOLUBLES, DEPÓSITOS DE ELEMENTOS CALIZOS Y CORROSIÓN DE LA ARMADURA. FUENTE: CLAUDIA OLIVEIRA.

los planes para el libre escurrimiento de agua. Las capas de mortero añadieron sobrecarga de 200 kg/m² a las losas.

Con el tiempo, se realizó la sustitución del sistema de impermeabilización, con la aplicación de varios productos de construcción (membrana de aplicación líquida), pero las soluciones no presentaron la eficacia necesaria para proteger la estructura de hormigón.

Así, entre 1996 y 2002, los equipos técnicos y gerenciales de la institución optaron por una intervención experimental más invasiva en 30 módulos. La intervención consistió en la demolición de la losa y su reconstrucción con una pendiente de 1%, seguida de la impermeabilización con sistema de membrana líquida y refuerzo con tela. Esta solución, aunque bastante invasiva, resolvió parcialmente el problema de la acumulación de agua, pero el alto costo de la intervención no permitió la continuidad de las obras. Además, la elevación del nivel de las losas de estos módulos facilitó la penetración del agua por las aberturas de salida de aire de los lucernarios, creando un nuevo problema.

Además de la impermeabilización de la losa, tanto la protección de la cara superior de las vigas como el sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas requirieron también atención. Por lo tanto, en 2010, aproximadamente 1800 m lineales de chapa de aluminio se instalaron en la parte superior de las vigas, con el objetivo de satisfacer simultáneamente la necesidad de limitar la penetración del agua de lluvia y renovar el referido sistema de protección [Fig. 6(a)].

Sin embargo, la falta de mantenimiento preventivo del sistema de impermeabilización y la acumulación de agua de lluvia en la mitad de los módulos continuaron agravando el deterioro de la cubierta. La percolación de agua por el hormigón lixivió las sales solubles de este, potenciando la corrosión del acero y el consiguiente desprendimiento de la cubierta del refuerzo en la cara inferior de la losa [Fig. 6 (b)].

En la intervención de emergencia que se produjo entre 2013 y principios de 2015, la solución para impermeabilizar la cubierta fue la aplicación de poliurea pura en la superficie externa de hormigón aparente de la cubierta (10.906 m²), en las losas y caras de las vigas.

Sistema de impermeabilización

La especificación de poliurea se debió a las características de su aplicación, sin costuras y de muy rápido secado. Además, la impermeabilización de poliurea proyectada mediante pulverización permite la aplicación en superficies con geometría compleja, como la cubierta del edificio Artigas.

Es una membrana elastomérica, especificada con un espesor de 1,5 mm, un valor que la clasifica como una membrana de alto espesor. La aplicación de poliurea se realiza mediante la técnica llamada Pulverización en Caliente (*hotspray*) (2000 psi ou ~14 MPa), que requiere temperatura de 70 °C u 80 °C y mano de obra calificada.

La membrana soporta pequeños movimientos estructurales. Las fisuras preexistentes en el sustrato deben estar colmatadas con elastómero y protegidas con una capa que inhiba la adhesión de la poliurea a la superficie fisurada. Según los fabricantes, en comparación con otras membranas o mantas disponibles comercialmente, la poliurea tiene alta resistencia química frente a los rayos UV y no requiere protección mecánica debido a su alta resistencia a la abrasión.

Debido al costo y a la dificultad de movilización del equipo de aplicación, tanto la corrección de posibles fallas en la aplicación como el mantenimiento se llevan a cabo con resina a base de poliuretano, con reparaciones realizadas localmente y a temperatura ambiente.

Además, la especificación de poliurea cumplía con otros requisitos de trabajo, como la velocidad de aplicación, dada la urgencia de eliminar la percolación de agua en el hormigón, el bajo peso y la resistencia a la abrasión, que permite prescindir de la cubierta de protección mecánica.

La solución adoptada consideró la acumulación de agua de lluvia en algunos módulos, por lo tanto, el drenaje debía ser parte de un programa de mantenimiento preventivo continuo. La Figura n° 7 muestra la cubierta en 2015, poco después de haber finalizado la aplicación de poliurea, y en 2017, cuando ya se habían realizado algunas reparaciones localizadas, utilizando resina a base de poliuretano.

Polyurea consta de dos componentes principales, mezclados en el momento de la aplicación en proporciones iguales (PDA Polyurea Development Association¹):

- isocyanato: compuesto que contiene el grupo funcional -N=C=O, altamente reactivo para grupos funcionales con hidrógeno libre;
- mezcla de resinas en las que el grupo reactivo es la amina (-NH₂).

1. Polyurea Development Association: <https://www.pda-online.org/definitions> (información consultada el 01 de diciembre de 2018).

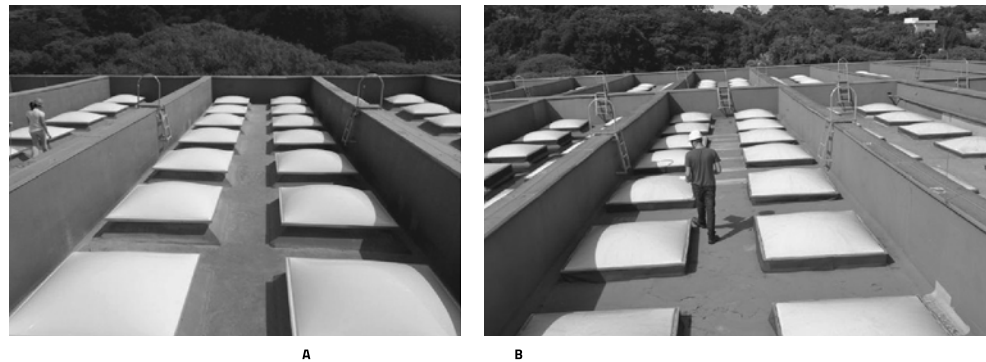


FIGURA 7. (A) ASPECTO DE LA SUPERFICIE IMPERMEABILIZADA EN EL AÑO 2015. FUENTE: CLAUDIA OLIVEIRA. (B) SUPERFICIE IMPERMEABILIZADA CON REPARACIONES, EN TONO MÁS CLARO, HECHAS CON RESINA A BASE DE POLIURETANO. AÑO 2017. FUENTE: COLECCIÓN CONSERVAFU.

La poliureia es, de hecho, una tecnología de impermeabilización, porque, según PrimeauxII (2004), no designa un producto, sino una variedad de formulaciones que cumplen diversos requisitos y niveles de desempeño.

En el mercado brasileño, en opinión de expertos (Poliuretano Tecnologia e Aplicações, 2014), la poliureia se clasifica artificialmente en dos categorías: pura e híbrida. Esta clasificación debe evitarse, ya que prácticamente no hay productos nacionales con 100% de radical urea. El uretano está presente, en mayor o menor medida, en todas las formulaciones comerciales. La especificación de la tecnología debe realizarse de acuerdo con los requisitos de resistencia mecánica, los factores climáticos, la resistencia a productos químicos, entre otros requisitos técnicos y estéticos del proyecto.

Actualmente, en Brasil, los revestimientos a base de poliureia son ampliamente utilizados como barreras para la protección de las superficies metálicas (acero al carbono) en los segmentos de la industria minera, la industria petroquímica y la industria de la construcción naval. Todavía hay pocos informes sobre el uso de poliureia como protección de cubiertas planas de hormigón armado.

Dado el costo de movilización de equipos, las pruebas y los ajustes de producción solo son factibles durante la ejecución de servicios en obras de construcción. Esto aumenta las incertidumbres de la aplicación de un producto no convencional, como la poliureia, en estructuras con geometrías complejas como la presentada aquí.

Análisis de desempeño

En el año 2017, en el marco del proyecto apoyado por el programa KIM, se llevó a cabo una inspección visual. Los principales defectos detectados en la membrana impermeabilizante se ejemplifican en la Figura n° 8. Para detectar la discontinuidad en la membrana también se realizaron pruebas no destructivas, utilizando el

equipamiento Holiday Detector, capaz de localizar agujeros no visibles a simple vista [Fig. 8].

Aunque todavía no está estandarizado en Brasil para la construcción civil, el método ha sido ampliamente utilizado en el control de la aplicación de membranas aislantes eléctricas, como la poliureia, en base a los procedimientos de la norma ABNT NBR 16172:2014 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014). A nivel internacional, la norma ASTM D4787-13 (American Society for Testing and Materials, 2013) guía el uso del método en sustratos de hormigón armado.

Cabe destacar que también se detectaron varias fallas durante la aplicación de la poliureia, habiendo sido reparadas durante las obras de intervención, entre 2014 y 2015.

El análisis cualitativo correlaciona las posibles causas y los efectos de las fallas identificadas. La descamación de la poliureia se asocia con error de procedimiento, cuando el intervalo de aplicación de dos capas sucesivas supera el tiempo de secado de la poliureia, que se produce en segundos. Este tipo de descamación es típica de la pulverización final del producto para la formación de una capa más rugosa. No hay evidencia de que la descamación afectara la capacidad protectora de la membrana, ya que la película alcanzó el espesor mínimo especificado en el diseño (1,5 mm).

Las rupturas son el resultado de la deformación del sustrato de hormigón. Este tipo de rupturas se detectaron predominantemente en las losas reconstruidas en las campañas de recuperación estructural entre 1996 y 2002. La causa probable es la menor resistencia de estas losas a la fisuración en comparación con las losas originales de los módulos que no se sometieran a intervenciones. Los detalles para inhibir la adhesión de la membrana al hormigón no se realizaron en algunas regiones en las que el sustrato presentaba fisuras preexistentes. En estas condiciones, la ruptura de la impermeabilización se produjo porque la amplitud de movimiento superó la capacidad de alargamiento de la poliureia.

El ensayo con el Holiday Detector detectó agujeros del orden de 0,15 mm. El método también se utilizó para controlar la aplicación de la poliureia, pero, como

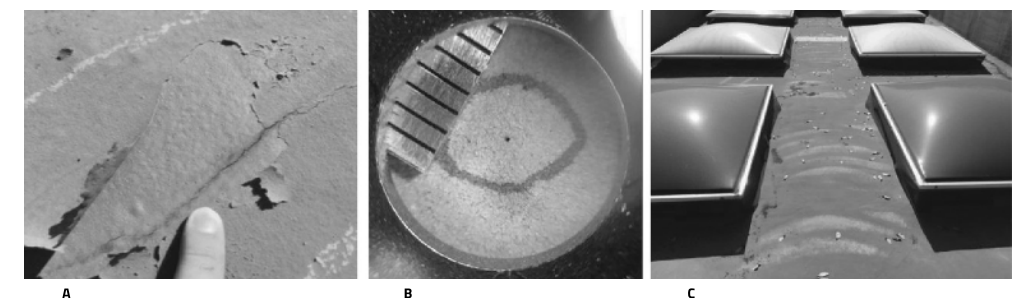


FIGURA 8. FALLAS DETECTADAS EN LAS INSPECCIONES ENTRE 2016 Y 2017. (A) RUPTURAS Y DESCAMACIÓN DE LA MEMBRANA. (B) MICRO AGUJEROS (UNIDAD DE REFERENCIA DE LA ESCALA EN MM). (C) CAMBIO DE COLOR CON VESTIGIOS DEL FLUJO DE APLICACIÓN. FUENTE: COLECCIÓN CONSERVAFU.

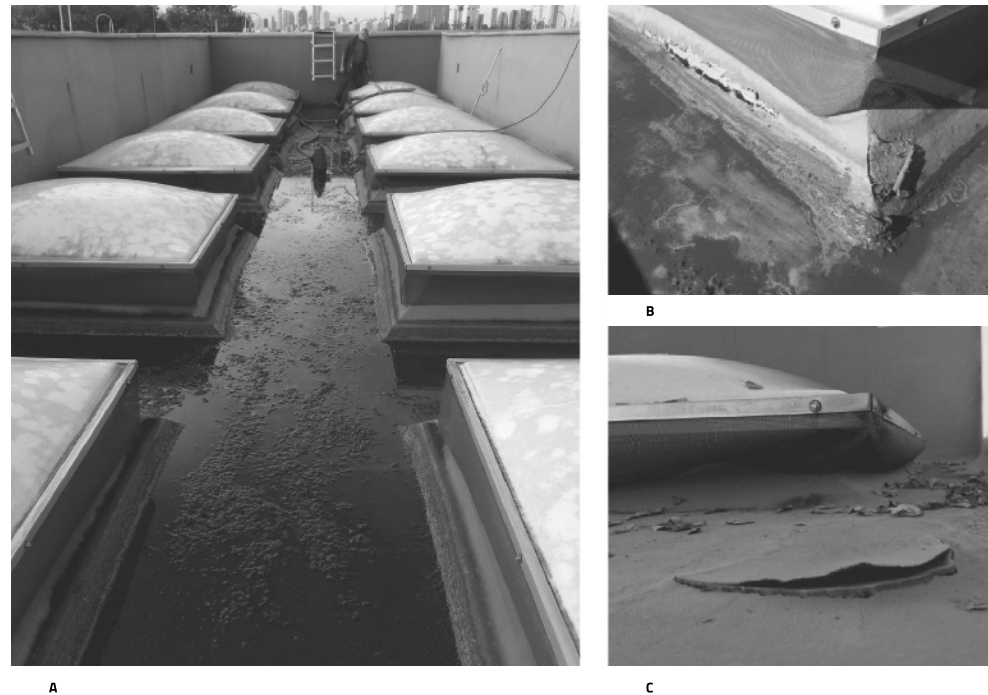


FIGURA 9. CONDICIONES DE CONSERVACIÓN Y FALLAS DETECTADAS EN LA INSPECCIÓN DE 2019. (A) ACUMULACIÓN DE AGUA DE LLUVIA CON MATERIAL PARTICULADO EN LA LOSA. (B) RUPTURA DE LA REGULARIZACIÓN DEL SUSTRATO Y RUPTURA DE LA MEMBRANA. (C) DESCAMACIÓN DE LA MEMBRANA. FUENTE: CLAUDIA OLIVEIRA (2019).

el control en el trabajo se hizo mediante muestreo, muchas fallas constructivas no fueron reparadas. Estas discontinuidades, asociadas a fallas detectadas a simple vista, comprometen, a corto y mediano plazo, la estanqueidad de la impermeabilización.

El cambio de color se debe a cambios en los parámetros de producción, como la proporción de los dos componentes cuya mezcla se realiza en el momento de la aplicación. La exposición de las diferentes mezclas a la radiación solar acentúa la diferencia de color. Los vestigios observados muestran el flujo dirigido en la proyección de poliurea. Cuando se ha alcanzado el espesor mínimo de la membrana, estos cambios potencialmente no deben causar daños a la impermeabilización.

La Figura n° 9 muestra los registros de las principales fallas detectadas en la inspección de 2019.

La acumulación de agua de lluvia en los módulos, como ya se mencionó, fue considerada como una condición de diseño y requeriría mantenimiento periódico a través del drenaje por medios mecánicos. En 30 módulos, en los que se reconstruyó la losa, no hay acumulación de agua. De los 30 módulos restantes, que aún conservan las características originales de construcción, solo hay 2 módulos en los que el agua de lluvia escurre libremente. En otros 20 módulos, la capa de agua alcanza un espesor de hasta 5 cm. Dependiendo de las condiciones climáticas,

este volumen de agua se evapora naturalmente, dejando solo rastros localizados. En 8 módulos, la capa de agua es permanente y debe ser drenada por medios mecánicos. En principio, la presión ejercida por la capa de agua no compromete la integridad de la membrana, sino que potencia la penetración del agua a través de los agujeros y pequeñas discontinuidades. Se detectaron manchas de humedad y algunas goteras en la cara inferior de la cubierta a partir de 2018, evidencias de la pérdida de estanqueidad del impermeabilizante en algunos módulos.

En esta nueva inspección también se localizaron varias regiones con descamación de la membrana, sin embargo, fue posible ver en ellas el sustrato de hormigón, lo que demuestra que la película no alcanzó el espesor mínimo en su aplicación.

La membrana se aplicó a losas aparentemente aún no fisuradas, pero también sujetas a altos gradientes térmicos (valores del orden de 15 °C o 20 °C) y, por tanto, a grandes deformaciones inducidas por la variación de temperatura. En estas condiciones, dada la restricción del movimiento de la membrana, el módulo de elasticidad de la poliurea determina su acomodación en una región fisurada después de la impermeabilización; la ruptura se produce cuando la membrana alcanza su límite elástico (Ardex Technical Services Department, 2013).

Investigadores y técnicos especializados (Chung et al., 2020; Song et al., 2017; Ardex Technical Services Department, 2013) señalan que uno de los principales mecanismos de falla de las membranas adheridas al sustrato es la ruptura de la membrana sobre fisuras activas o fisuras formadas después de la impermeabilización. El mecanismo se denomina *zero-spantensile stress*, cuya magnitud depende de la amplitud de la abertura de la fisura. Los investigadores advierten que las propiedades típicas de las membranas, como el alargamiento determinado en ensayos de laboratorio, no son suficientes para calificar la aplicación del producto en sustratos sujetos a un movimiento intenso. La necesaria desolidarización de la membrana en estas regiones no siempre es factible o se realiza, y la presente investigación apunta a la necesidad de ensayos específicos, reproduciendo condiciones verificables en el campo.

Conclusión

La especificación de la poliurea fue adecuada para las condiciones locales de aplicación, siendo también una solución válida por su resistencia a los factores ambientales y por garantizar la protección eficiente de las superficies de las vigas de hormigón aparente.

Sin embargo, pocos años después de la finalización de los trabajos, las inspecciones revelaron que la membrana ya mostraba fallas localizadas que conducían a la pérdida de estanqueidad del sistema de impermeabilización.

La recurrencia de la ruptura y de los desprendimientos del sustrato, en las regiones más propensas a grandes amplitudes de movimiento (losas reconstruidas), indica que la membrana adherida no era la mejor solución. Para estas regiones,

las soluciones más adecuadas serían las de impermeabilización con mantas o con sistemas híbridos con múltiples capas (*sheet-coated composite water proofing method-SCCW*), como la sugirieron Chung et al. (2020).

El estudio detallado de las características constructivas de la cubierta, que contó con la contribución documental esencial recogida por el equipo de la Tarea nº 1 (ver artículo nº 1), fue sustancial para el análisis del desempeño de la impermeabilización, así como para la propuesta de protocolos de mantenimiento, correctivos y preventivos, de esta superficie escultórica.

Los análisis colaboran en la formación de una base de datos vinculada a la durabilidad y el mantenimiento de la impermeabilización en base de poliurea en cubiertas planas de hormigón armado. Sin embargo, los ensayos estandarizados, combinados con los análisis de desempeño *in situ*, siempre son necesarios para reducir las incertidumbres asociadas con soluciones que aún no están totalmente validadas por la práctica.

Bibliografía

- American Society for Testing and Materials. (2013). *ASTM D4787-13—Continuity verification of liquid or sheet linings applied to concrete substrates*.
- Ardex Technical Services Department. (2013). Misconceptions about membrane elongation. Technical Bulletin – TB073. 21 de junio. Ardex, Australia. Disponible en <http://www.ardex.com> (consultado el 30 de mayo de 2018).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016). *Revestimentos de alta espessura com sistemas de poliurea e híbridos de poliurea/poliuretano – Requisitos de desempenho* (NBR 16545).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). *Revestimentos anticorrosivos – Determinação de descontinuidade em revestimentos anticorrosivos aplicados sobre substratos metálicos* (NBR 16172).
- Barossi, A. C., Oliveira, C. de A., Vergili, R. y Palmeira, E. (2018). *The roof: Constructive systems and their conservation*. En: M.L.B Pinheiro (Coord.). Subsidies for a Conservation Management Plan for Vilanova Artigas Building (School of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo – Fausp) [Final Report] (pp. 123-200). San Paulo: Keeping It Modern Program. The Getty Foundation. Recuperado de: https://www.getty.edu/foundation/initiatives/current/keeping_it_modern/report_library/vilanova_artigas.
- Chung, C.P., Choi, S.Y., Kim, D.B., Park, W.G., Kim, B.II. y Oh, S.K. (2020). Evaluation of sheet-coated composite waterproofing joint types by analysis of tensile strength change and concrete displacement resistance testing under environmental degradation. *Materials*, 13, 2120, pp. 1-19. doi:10.3390/ma13092120
- Pinheiro, M. L. B. (Coord.). (2018). *Subsidies for a Conservation Management Plan Vilanova Artigas Building (School of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo – Fausp)* [Final Report]. San Pablo: Keeping It Modern Program. The Getty Foundation. Recuperado de: https://www.getty.edu/foundation/initiatives/current/keeping_it_modern/report_library/vilanova_artigas

- Poliuretano Tecnologias e Aplicações. (2014). *Poliuréia: resistências química e mecânica com maior presença no mercado*. Editora do Administrador Ltda. nº 56, ano XII, pp.18-21.
- PrimeauxII, Dudley J. (2004). Polyurea Coatings: That Was Then, This is Now.PDA Annual Conference. Marzo 2-4, 2004, Tampa, Florida. Disponible en<http://www.primeauxassociates.com/wp-content/uploads/2011/11/PP15.pdf>
- Song, J., Oh, K., Kim, B. y Oh, S. (2017). Performance evaluation of waterproofing membrane systems subject to the concrete joint load behavior of below-grade concrete structures. *Appl. Sci.*, 7(11), 1147, pp. 1-19. doi: 10.3390/app7111147
- Vergili, R. A. C. (2019). Um olhar sobre a cobertura: Análise de desempenho do sistema de impermeabilização da cobertura do edifício Vilanova Artigas da Fausp. (Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo).