

Las manifestaciones patológicas y los riesgos de los protectores de aparatos de aire acondicionado en edificaciones

W. W. Silva^{1*} , E. C. B. Monteiro¹ 

*Autor de Contacto: wildsonws@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v10i3.410>

Recepción: 25/04/2019 | Aceptación: 22/07/2019 | Publicación: 01/09/2020

RESUMEN

Dado el gran número de derrumbes parciales o totales en los edificios, este estudio identifica las manifestaciones patológicas y los riesgos de los soportes de los aparatos de aire acondicionado de hormigón armado en los edificios, los datos fueron recogidos por el software 3D y consolidados en el terreno. De los 61 edificios analizados, el 48% son de tipo ventana, que, en una situación de degradación y caída, pueden llegar al suelo con un impacto del orden de toneladas. En las regiones costeras, se añaden los efectos acelerados de la corrosión de las armaduras, como la alta humedad, la contaminación por vehículos de motor y la región marina. Se concluye que estos soportes no tienen diseños estructurales adecuados, lo que, unido a la baja calidad y a los efectos aceleradores de la corrosión de las armaduras, hace que no sean capaces de recuperarse.

Palabras clave: patología; corrosión; aire acondicionado; concreto, riesgos.

Citar como: Silva, W. W., Monteiro, E. C. B. (2020), “*Las manifestaciones patológicas y los riesgos de los protectores de aparatos de aire acondicionado en edificaciones*”, Revista ALCONPAT, 10 (3), pp. 377 – 393, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v10i3.410>

¹ Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Editor asociado responsable de este artículo: Andrés Antonio Torres Acosta

Contribución de cada autor

En este trabajo, el autor Wildson Wellington Silva contribuyó a la actividad de diseñar el manuscrito, recolectar datos, analizar e interpretar los datos, revisión crítica del contenido y discutir los resultados, el autor B contribuyó a la actividad de diseño del manuscrito, análisis e interpretación de los datos, revisión crítica del contenido y discusión de los resultados.

Licencia Creative Commons

Los derechos de autor (2020) son propiedad de los autores. Este trabajo es un artículo de acceso abierto publicado bajo los términos y condiciones de una licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discusiones y correcciones posteriores a la publicación

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el segundo número del año 2021 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del primer número del año 2021.

The pathological manifestations and risks of the protectors of air conditioners in buildings

ABSTRACT

Faced with the large number of partial or total collapses in buildings, this study has the identification of the pathological manifestations and the risks of the supports for air conditioners of reinforced concrete in the buildings, the data were collected by 3D software and consolidated in the field. Of the 61 buildings analyzed, 48% are of the window model, which in a situation of degradation and fall, can reach the ground with an impact of the order of tons. In coastal regions, we add the accelerating effects of the corrosion of the reinforcement, such as high humidity, pollution by automotive vehicles and marine region. It is concluded that these supports do not have adequate structural designs, allied to the low quality and accelerating effects of the corrosion of the armature, rendering them not recoverable.

Keywords: pathology; corrosion; air conditioning; concrete; risks.

As manifestações patológicas e os riscos dos protetores de aparelhos de ar condicionado em edificações

RESUMO

Diante do grande número de colapsos parciais ou totais em edificações, tem-se neste estudo a identificação das manifestações patológicas e os riscos dos suportes para aparelhos de ar condicionado de concreto armado nas edificações, os dados foram coletados por software 3D e consolidados em campo. Das 61 edificações analisadas, 48% são do modelo tipo janela, que em uma situação de degradação e queda, podem chegar ao solo com um impacto da ordem de toneladas. Em regiões litorâneas, somam-se os efeitos aceleradores da corrosão da armadura, como umidade elevada, poluição por veículos automotores e região marinha. Conclui-se que esses suportes não possuem projetos estruturais adequados, aliados a baixa qualidade e efeitos aceleradores da corrosão da armadura, tornando-os não passíveis de recuperação.

Palavras-chave: patologia; corrosão; ar condicionado; concreto, riscos.

Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Reserva de derechos al uso exclusivo del título de la revista No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

La reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación se realiza en apego al código COPE y a la licencia CC BY 4.0 de la Revista ALCONPAT.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en materia de climatización han favorecido la eficiencia energética, asociada a la mejora de las normas técnicas de diseño y construcción de edificios y a la constante necesidad de sistemas de refrigeración de menor consumo energético (Larsena, et.al., 2015) y mayor conciencia ambiental (Perinia, et.al., 2017).

Actualmente existe un pasivo de sistemas de refrigeración que no han demostrado ser eficientes a lo largo de los años, debido a que fueron descuidados por formar parte de las etapas finales de la construcción, donde el flujo de caja financiera de los constructores, ya no implican un gasto excesivo en esta etapa de la entrega de los edificios, por lo tanto, la adopción de materiales de baja calidad, a pesar de ser estructuras expuestas y externas, como es el caso de las fachadas.

Estos soportes pueden ser de varios modelos y materiales, que pueden ser de hormigón armado, muy comunes en Brasil, metálicos como en el caso de los EE.UU. (Estados Unidos de América), Reino Unido y España, no restringiéndose sólo en lugares donde no hay un control urbano adecuado, como en los barrios pobres, en países de África, Asia y América Latina (Desai y Potter, 2014), sino en los barrios de clase media e incluso de alto nivel, se puede entonces concluir que forma parte de un escenario global muy extenso.

En los servicios de mantenimiento de edificios es muy común el intercambio de apoyos de hormigón armado, debido al estado de deterioro de la estructura de soporte o por incidencias ya ocurridas en la zona común del edificio, lo que plantea la necesidad de estudiar el tema. Si la presencia de manifestaciones patológicas es tan intensa, junto con el agravante de que estos apoyos se encuentran en un entorno externo y a gran altura, ¿cómo serían los impactos de estos apoyos y/o equipos en el suelo? ¿Cuál es el grado de riesgo para las personas, los vehículos y las estructuras afectadas?

Durante la fase de investigación de las referencias bibliográficas, no fue posible identificar estudios similares, relacionados con los soportes para acondicionadores de aire en edificios, que pudieran servir de base para este trabajo, lo que amplió aún más el interés por el tema, pero se utilizaron todos los aspectos inherentes a las manifestaciones patológicas, las condiciones ambientales y climáticas, las estadísticas y las técnicas.

Los mecanismos de corrosión no son simples y nuevos, dado el abanico de posibilidades para su ocurrencia, según (Johnson, 1965) hay un efecto de expansión en la masa de hormigón, provocando grietas y la consiguiente fragmentación del hormigón, la corrosión está predominantemente ligada al proceso electroquímico, el uso del medio húmedo, agravado por el medio agresivo, las variaciones en el espesor del recubrimiento de hormigón, como se comenta (Cánovas, 1984), los errores de diseño, así como la adopción de materiales inadecuados, son procedimientos que favorecen en gran medida la aparición de manifestaciones patológicas. En la ABNT NBR 6118:2014, esto define como durabilidad la capacidad de la estructura de resistir a los requisitos de diseño, preservando la seguridad y la estabilidad, mientras dure su vida útil, un punto muy importante, ya que incluso las estructuras no son eternamente duraderas y necesitan ser constantemente revisadas y reparadas.

De acuerdo con la norma ABNT NBR 6118: 2014, con el fin de tener una mayor vida útil, es necesario cumplir con algunas directrices para retrasar los mecanismos de deterioro del hormigón, que se producen por lixiviación, expansión por sulfatos, reacción álcali-agregado y en cuanto al deterioro de la armadura con respecto a la carbonatación, la acción de los cloruros y los mecanismos de la propia estructura. Para estas condiciones, existe una relación en cuanto a las clases de agresividad ambiental (CAA), que fueron clasificadas según las condiciones de la región y del microclima, de acuerdo con (Bertolini, 2010) y (Almeida y Sales, 2018), hay algunos aspectos relacionados a los tipos de atmósfera y exposición y fue analizada en tres partes principales: Humedad relativa del aire crítico (más del 65% y hasta el 85%); Atmósfera marina, ataque de iones

de cloruro y sulfatos (proximidad al agua de mar); grandes núcleos de población (agentes agresivos), además se estudió la influencia de los vientos sobre un edificio, tomados como ejemplo, porque algunos aspectos inherentes a la corrosión de la armadura están influenciados por la acción de la lluvia y el viento.

Este estudio tiene como objetivo identificar los modelos de soportes de los acondicionadores de aire en los edificios investigados, los tipos de manifestaciones patológicas más frecuentes, además de los factores de aceleración, los riesgos que representan para las personas, los coches y las estructuras, en la situación de caída parcial o total del soporte y/o del propio acondicionador de aire y si existe una posibilidad concreta de recuperarlos.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación es un Estudio de Caso, delimitado en la ciudad de Recife, capital del estado de Pernambuco, Brasil, con las coordenadas geográficas de Latitud: -8.05428, Longitud: -34.8813, que tiene un área territorial de 218,843 km² y una población estimada de 1.637.834 habitantes (IBGE, 2018), con una densidad de población de 7,039.64 hab/km² e IDH - Índice de Desarrollo Humano de 0.772 (IBGE, 2010), PIB per cápita de US\$ 7,916.29 (IBGE, 2016), clima tropical, cálido y húmedo, con 3 meses secos y temperatura media superior a 18 °C en todos los meses del año (IBGE, 2002).

Se adoptó la región de la zona norte de Recife, entre los barrios de Parnamirim, Tamarineira y Casa Amarela, de acuerdo con las líneas divisorias en amarillo, se definió un círculo azul de radio = 300 m de color verde, utilizando el programa de computación Google Earth Pro, como se ve en la Figura 1.

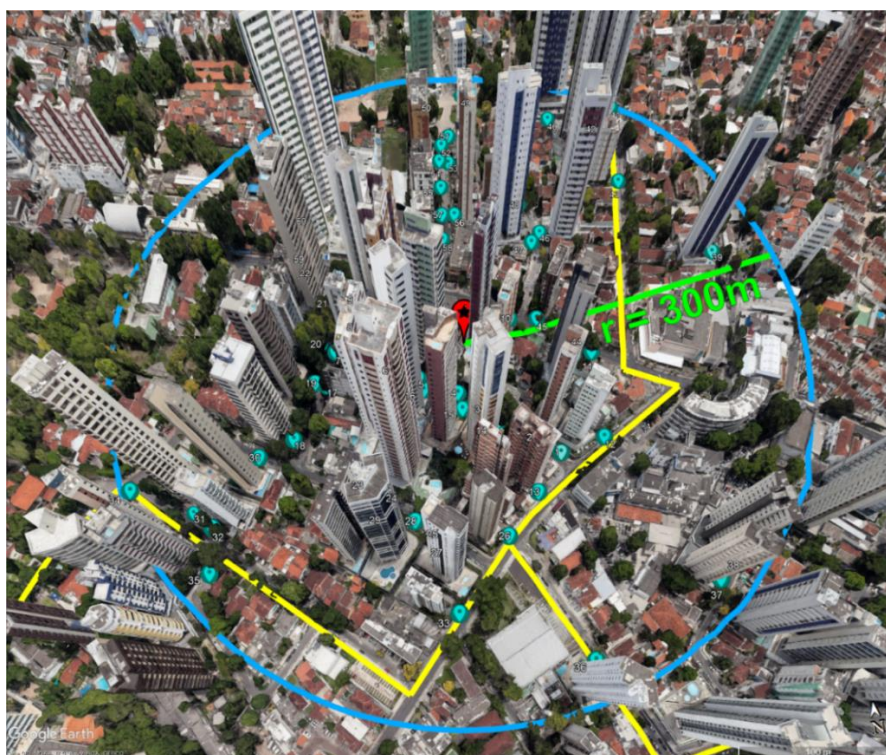


Figura 1. Ubicación de los edificios inspeccionados

Inicialmente se creó una hoja de cálculo MS-Excel, con la información a recopilar: nombre y dirección del edificio, coordenadas geográficas, elevación entre la base y la parte superior del edificio, número de plantas, altura estimada, tipo de soporte para el aire acondicionado, estado de

los soportes (inspección), en cuanto a las manifestaciones patológicas (malo, regular y bueno) y el modelo de la caja, ya sea abierta o cerrada y si ya han sido sustituidos.

Luego se definió incluir sólo los edificios de más de 3 pisos, porque las casas y los edificios bajos son más difíciles de verificar, debido a las paredes altas, sin incluir los edificios públicos, que fueron representados por puntos y una numeración en azul, con el fin de facilitar la catalogación de la información, estas muestras fueron recogidas durante un período de 4 meses por el ordenador y después de esta fase, se hizo una visita de campo para verificar algunos datos no aclarados durante la primera fase de la recogida y, en consecuencia, concluir la realización de la hoja de cálculo con los datos de las manifestaciones patológicas identificadas y si después de la construcción del edificio ya había sustituciones.

3. ANÁLISIS DE LOS EDIFICIOS

3.1. Tipos de soportes para los acondicionadores de aire

Tras la recogida de información, fue posible identificar 3 tipos de sistemas de apoyo para los aparatos de refrigeración, que son: caja protectora de hormigón armado (tipo ventana), otros apoyados en las ventanas o vanos (adoptados como modelo escondido) y los que utilizan estructuras ya incorporadas en el edificio (modelo dividido), alcanzando así un total de 61 edificios analizados, como se ve en la Figura 2.

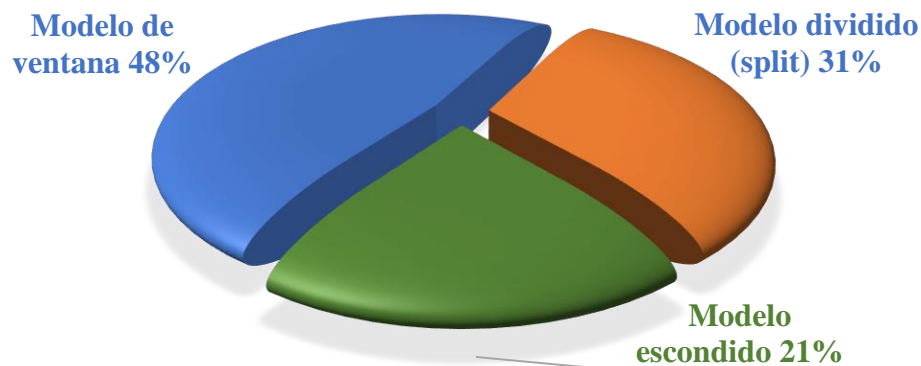


Figura 2. Sistemas de soportes para aparatos de refrigeración de edificios

Así, se encontró que el 48% de los edificios utilizan modelos de tipo ventana, el 21% con el modelo oculto y, finalmente, con sólo el 31% de los modelos que integran las estructuras de los edificios (aparatos split), éstos por cierto provienen de proyectos más recientes.

Lo que se puede destacar de los datos recogidos, es la existencia de dos modelos de protectores de hormigón armado del tipo ventana, de los cuales, de un total de 29, tenemos 20 para el modelo abierto y 9 para el modelo cerrado. Por sus características y dimensiones, se puede considerar el modelo abierto más frágil, es decir, casi el 70% de los edificios que disponen de protectores de hormigón armado tipo ventana son de diseño sencillo y, por lo tanto, generan el mayor riesgo de desgaste prematuro, en las Figuras 3 y 4 se muestran los modelos descritos en este párrafo.

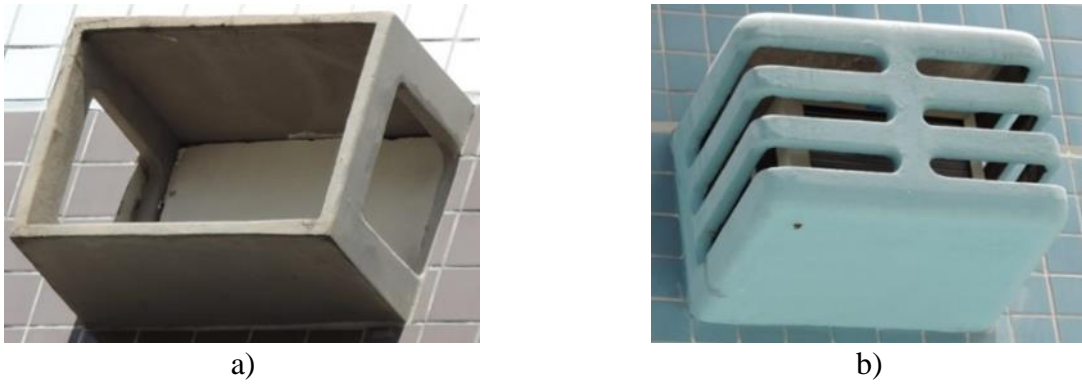


Figura 3. Soporte de hormigón armado, tipo ventana: a) modelo abierto; b) modelo cerrado

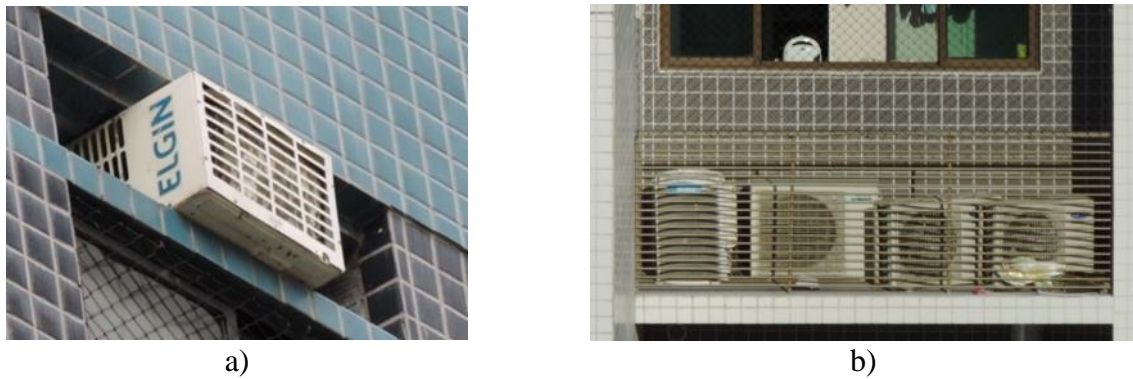


Figura 4. Otros modelos de soporte: c) modelo escondido; d) modelo para *split*

3.2. Diseño estructural de los soportes de las ventanas

A continuación se muestra una representación esquemática de los modelos abierto y cerrado (Figura 5).

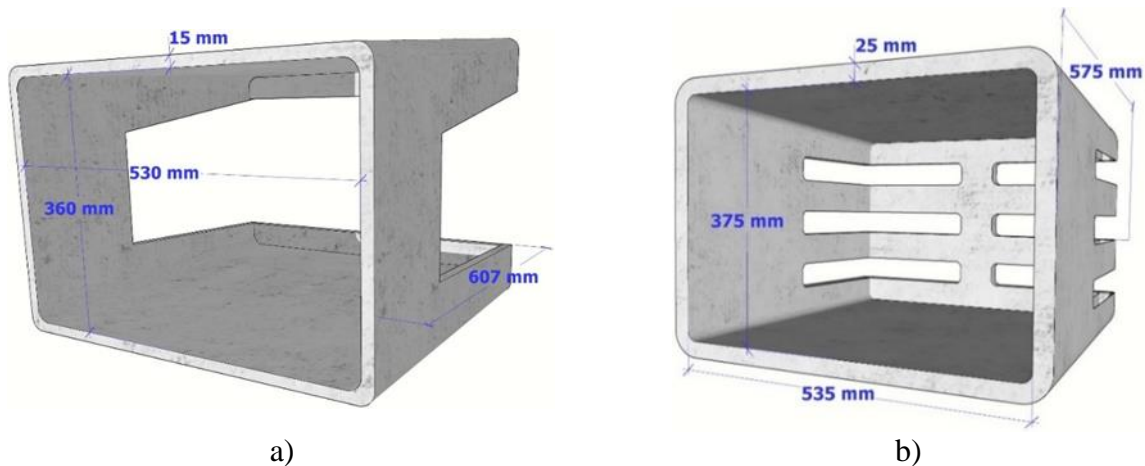


Figura 5. Estructura de los modelos de ventanas: a) abierta; b) cerrada

Debido a que las dimensiones del modelo abierto son bastante simples, la fabricación se hace más fácil, pero la fragilidad del modelo estructural se hace visible.

Hay el detalle de un corte de este modelo, donde se identificará la posición de la armadura, en la pared del soporte, que en este caso utiliza el alambre CA-60 de 4.2 mm, esta consideración, como se expone en la ABNT NBR 7480:2007. De acuerdo con (Oswaldo y Helene, 2001), el acero CA-

60 tiene una mayor resistencia a la corrosión que el acero CA-50, debido a su mayor contenido de carbono y manganeso, asociado a las menores tensiones internas de la estructura, detalle del corte en la figura 6.

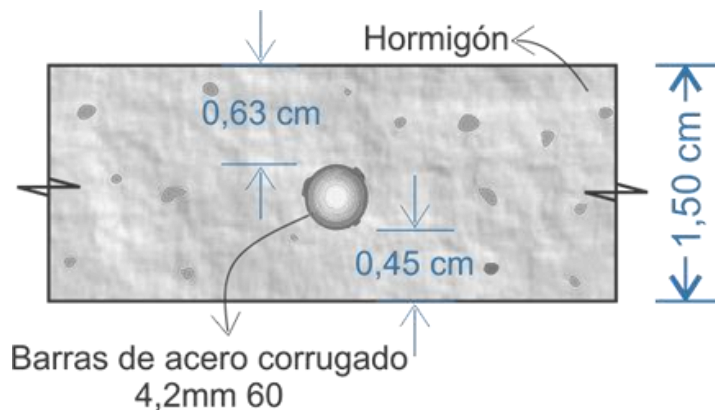


Figura 6. Detalle de la armadura del modelo de ventana, abierto

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Humedad relativa / Condiciones atmosféricas

Para este análisis fue recogido a través del INMET (en português, Instituto Nacional de Meteorologia) por la Normal Climatológica de Brasil 1981-2010 (INMET, 2018) y se separó la ciudad de Recife en este período, con base en el Mapa de Humedad Relativa del Aire Compensada y las Planillas de Humedad Relativa del Aire Compensada dos veces al mes y una vez al año, se encontró que las humedades, con base en el promedio, variaron dentro del rango de 65% a 85% a lo largo del año, indicando una humedad dentro de las normas que aceleran los procesos de corrosión de las armaduras, como se ve en la figura 7.

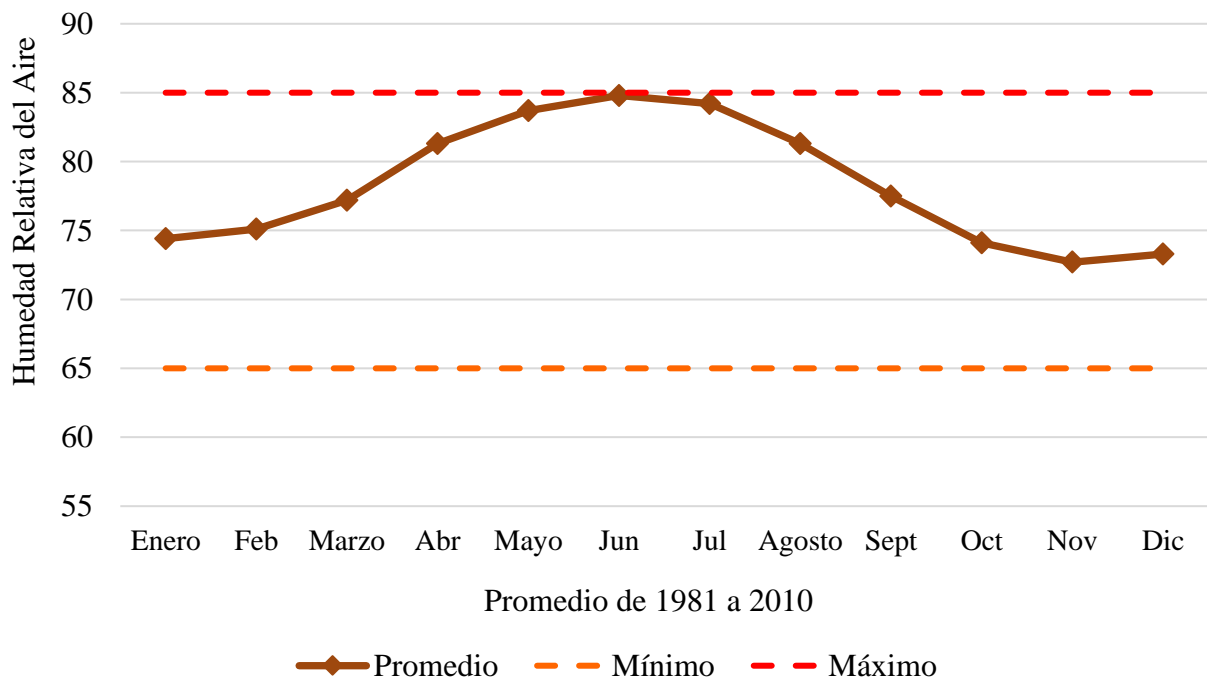


Figura 7. Variación de la humedad relativa del aire (desde 1981 hasta 2010), fuente: INMET

De acuerdo con las Regulaciones Climatológicas Brasileñas 1981-2010 (INMET, 2018), con base en el Mapa de la Dirección del Viento Predominante (puntos cardinales y colaterales), se tiene la dirección del viento predominante para la ciudad de Recife, en la dirección SE (sudeste) en prácticamente todos los meses del año, con excepción del mes de noviembre, en la dirección E (este) y julio para la dirección S (sur).

Tomando como ejemplo un edificio residencial, se utilizó la aplicación GPS para teléfonos inteligentes Commander Compass Go 3.9.9, a través del girocompás y la dirección de la coordenada geográfica insertada en el mapa de Google, fue posible visualizar la dirección de los vientos en las fachadas, a lo largo del año, como se observa en la figura 8a.

Este edificio cuenta con los protectores de hormigón armado del modelo cerrado, en todas las fachadas, pero se puede observar que en las fachadas Norte (N) y Oeste (O), estas estructuras tienden a mostrar una mayor degradación, como se observa en la figura 8b.

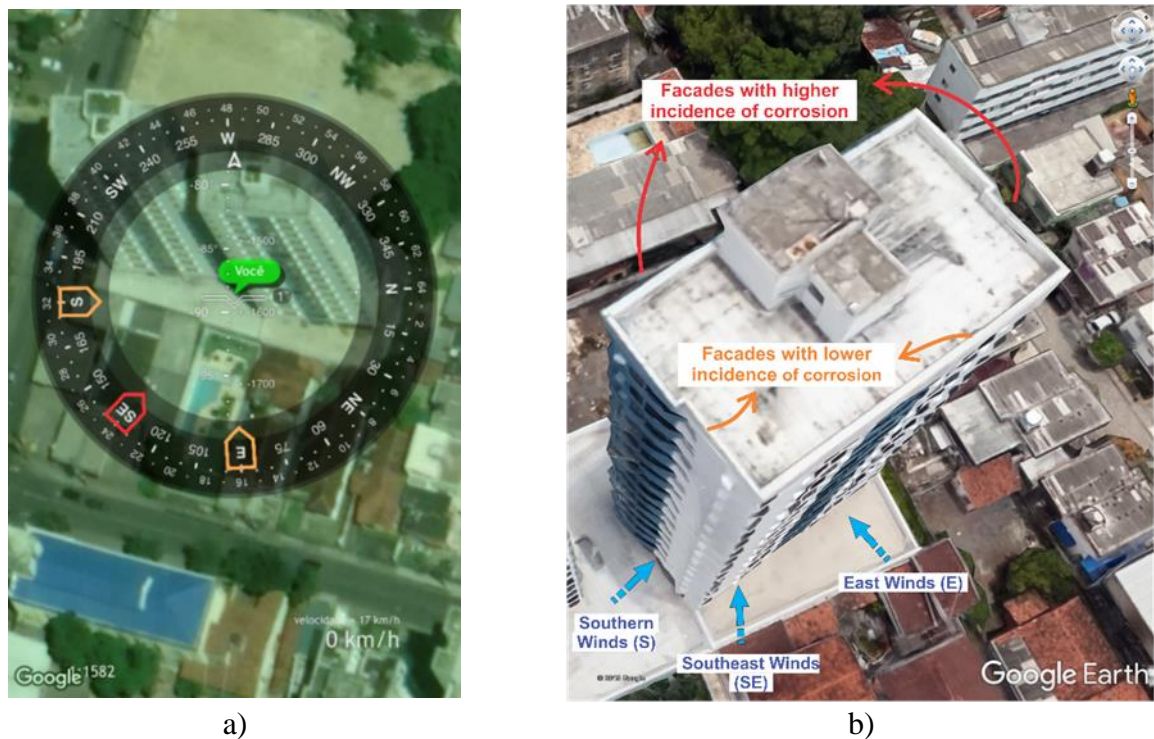


Figura 8. Dirección del viento en el edificio: a) dirección del viento; b) vientos de construcción

Algunos estudios indican que la velocidad del viento, al ser superior a 3m/s, puede distribuir iones de cloruro en regiones más alejadas de la costa, estando también influenciado por la altitud, con una mayor concentración de iones de cloruro en altitudes más bajas, hasta 10m, pero en algunas regiones, como Hawaii, en los EE.UU., puede llegar hasta los 30m, por encima de los vientos en el edificio. A partir de estas altitudes, hay una drástica reducción de estos materiales salinos, (Meira, 2017), incluso en lugares donde rompen las olas del mar, se identificó que el viento presenta un factor más decisivo en el transporte de cloruros en el hormigón, que la altitud, (Balestra, 2019) y que es mayor hasta 100m de distancia de la costa, (Moreno, et.al., 2018).

Con base en los datos del BDMEP (Banco de Datos Meteorológicos para Ensino e Pesquisa), Velocidad Media del Viento) (mps) del INMET (INMET, 2018), se puede verificar que a lo largo de 5 años, la velocidad del viento en Recife no superó los 2,75m/s, por lo tanto, un lugar de vientos más suaves (Figura 9).

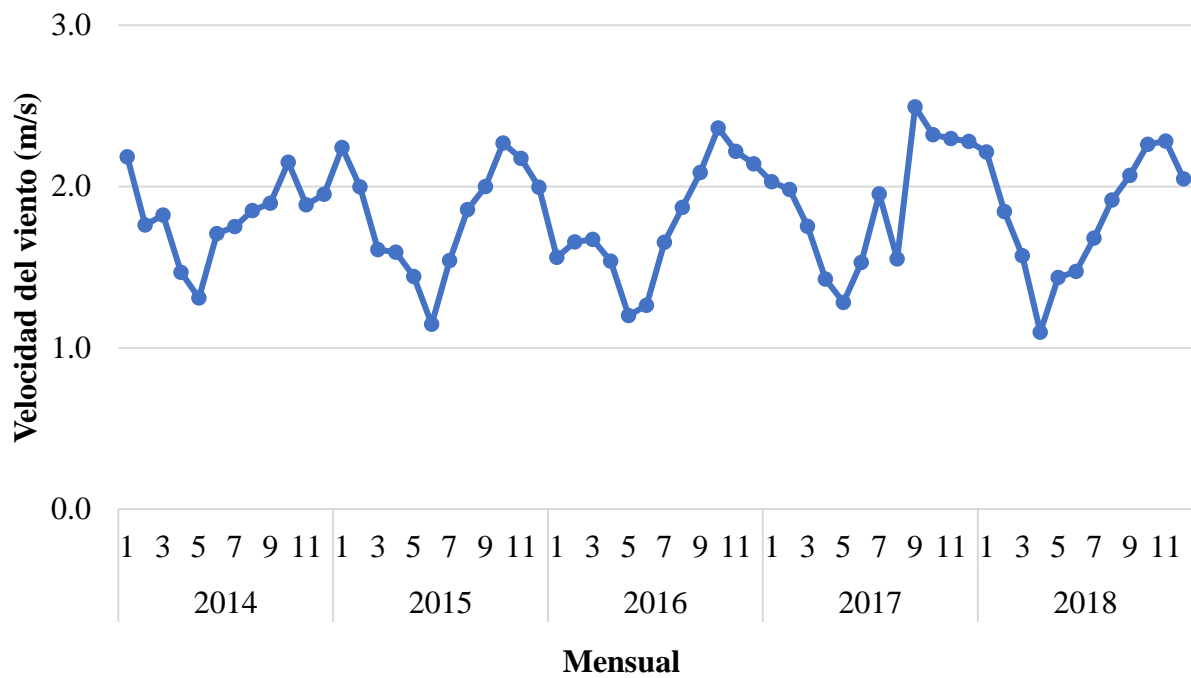


Figura 9. Media de velocidad del viento, fuente: INMET

4.2. *Atmósfera marina*

Debido a que Recife se encuentra en una región costera, cercana al mar, se demostró la distancia entre la región investigada y el estallido de las olas del mar, lo que puede indicar un ataque de iones de cloruro (neblina de mar), Figura 10.

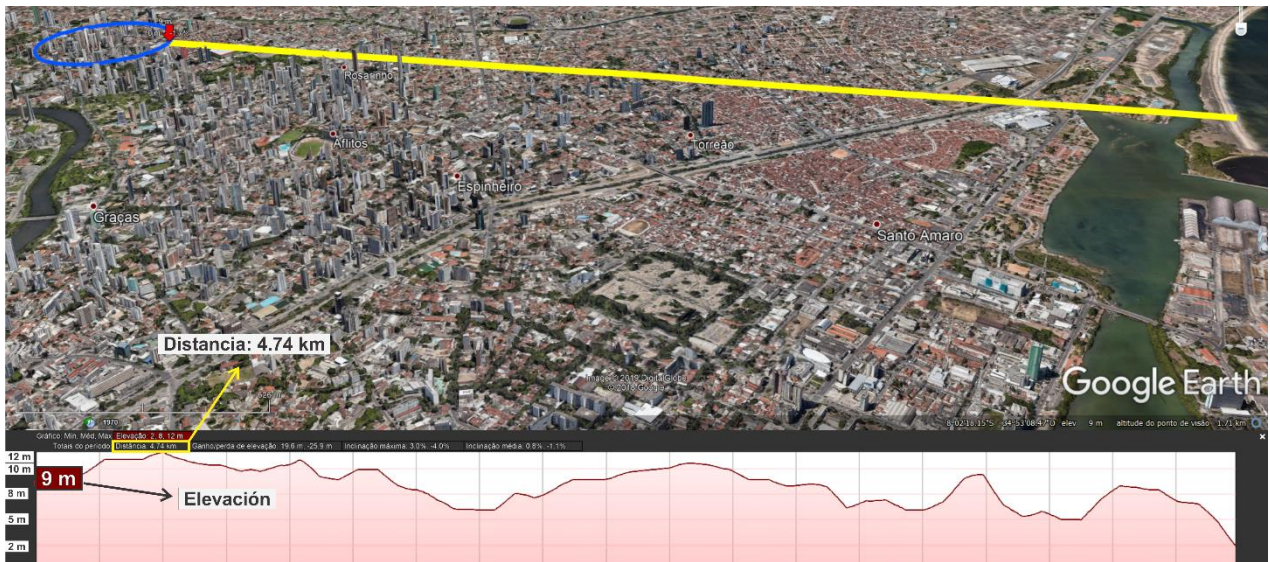


Figura 10. Distancia al mar de la región analizada

Como se puede observar, la distancia desde el estallido de las olas del mar hasta el punto en estudio, figura alrededor de 4.74 km, según (Pontes, 2006), después de analizar el litoral del barrio de Boa Viagem en Recife, PE, con mediciones por el método de aparatos de navegación húmeda para distancias de 7 m a 320 m de la costa, donde se encontró a través de un modelo adoptado, que a partir de 400 m hay una reducción significativa de la deposición de cloruro y se reduce a valores insignificantes a 700 m.

En otro estudio realizado por (Luna, 2008), sobre el Mapeo de la Corrosividad Atmosférica del Estado de Ceará, se concluyó que esta influencia alcanza distancias de hasta 30 km de la costa, es decir, hay lugares con mayor o menor ataque de iones de cloruros que pueden ser muy agresivos y con morfologías diversas (Moreno, et.al., 2015).

En un análisis de campo, realizado por (Meira et.al., 2014), se demostró que el aumento de la porosidad del hormigón, ocasionado por la relación a/c, causa una disminución en la cantidad de iones de cloruro dentro del hormigón armado.

4.3. Grandes centros de población (contaminación por agentes agresivos)

La ciudad de Recife concentra una alta densidad poblacional, según el Censo Demográfico 2010 del IBGE (Instituto Brasileiro de Geografía e Estatística) (IBGE, 2010), se tiene una densidad superior a 500 habitantes por km² (figura 11). Con esto tenemos uno de los problemas de las metrópolis del mundo, la contaminación por partículas finas PM_{2,5}, formadas por partículas de material sólido o líquido suspendidas en el aire, (Ventura, et.al., 2017).

Esto se mostró dentro de los parámetros apropiados de la OMS - Organización Mundial de la Salud, que sería de hasta 400 ppm de dióxido de carbono en el medio ambiente abierto, probablemente porque está relacionado con el sistema meteorológico de la costa, favoreciendo la dispersión de estas partículas por el aire, de acuerdo con (Santos, et.al., 2014), teniendo sólo una mayor concentración en la temporada de lluvias.

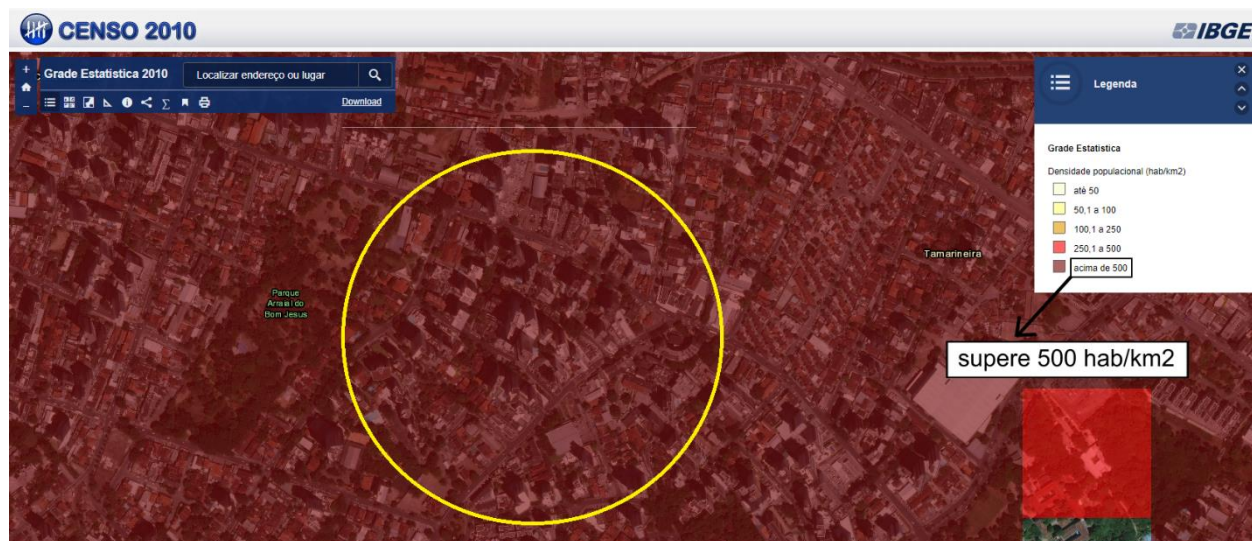


Figura 11. Intensidad de la urbanización, densidad de población en Recife, PE

5. IDENTIFICACIÓN DE LAS MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS

Se encontró preliminarmente, durante una visita a los proveedores de artefactos de cemento, que las trazas de concreto fueron realizadas empíricamente, por lo que no hay ningún control de calidad sobre la relación agua-cemento y, por consiguiente, influye en el volumen total de huecos y las dimensiones de los poros, facilitando el transporte de agua, iones de cloruro y CO₂ en el concreto. Se realizó una visita de campo para identificar las manifestaciones patológicas más recurrentes, a través de un relevamiento y registro a través de imágenes y datos.

En el primer análisis, tenemos la visualización de las grietas y la corrosión de la armadura, posiblemente causadas por ataques de carbonatación o de cloruro (Figura 12) así como el estado más avanzado de degradación, cuando la estructura se destacó, debido a la expansión causada por el aumento de volumen de la armadura y la consiguiente expulsión del hormigón por la fuerza de tracción, (Choi, et.al, 2014). (figura 13)



Figura 12. Corrosión de la armadura en el modelo de ventana: a) fisuras; b) desprendimiento de hormigón



Figura 13. Ruptura parcial en el modelo de tipo de ventana, abierto: a) sin losa de fondo; b) sin losa superior

Otro punto a destacar y no menos agravante es el uso inadecuado de estos soportes, situaciones creadas por los propios usuarios o técnicos de refrigeración, que por desconocimiento o incapacidad, aprovechan estos soportes para hacer modificaciones con la adición de otro sistema de refrigeración, que generan esfuerzos desproporcionados, favoreciendo las infiltraciones en la fachada, sobrecargando los soportes existentes, ya en proceso de intensa degradación, a veces, como se ve en la Figura 14.

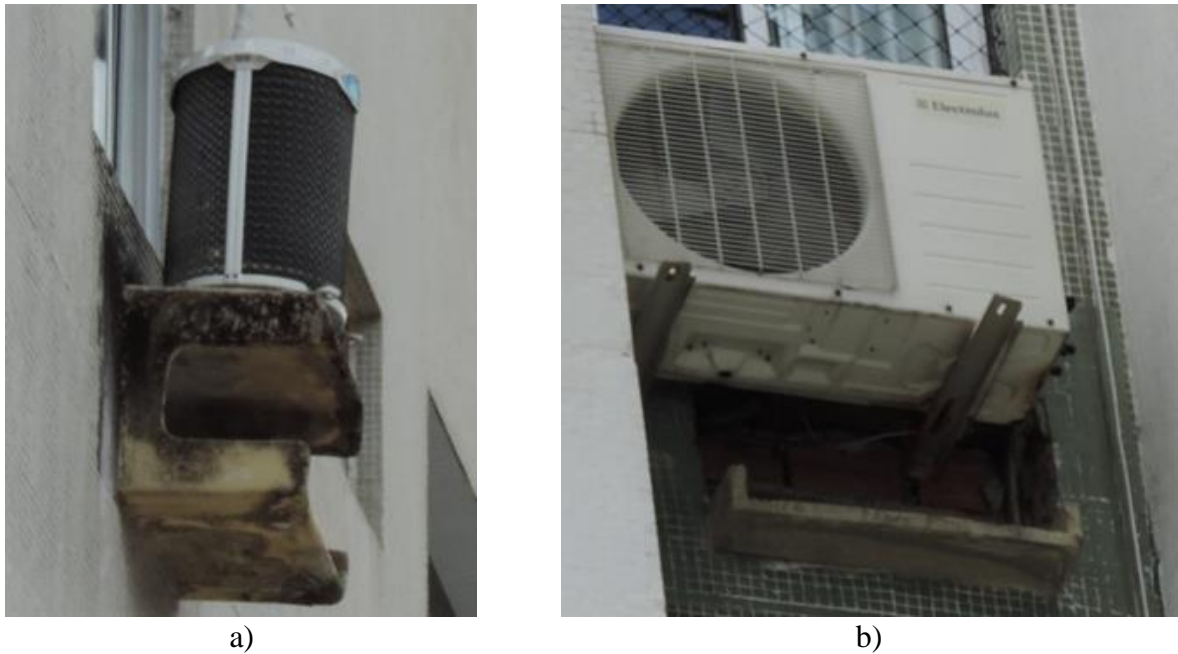


Figura 14. Uso inapropiado: a) esfuerzos desmesurados; b) infiltración en la fachada

Para los edificios con soportes de hormigón armado, se identificaron visualmente las principales manifestaciones patológicas en el terreno, tales como: moho, eflorescencia, corrosión de las armaduras y desprendimiento del hormigón, en la figura 15, de un total de 29 edificios inspeccionados, 11 tenían un historial de sustitución de estos soportes, de los cuales 9 ya presentaban recurrencia de algunos fenómenos patológicos, entre ellos el desprendimiento del hormigón.

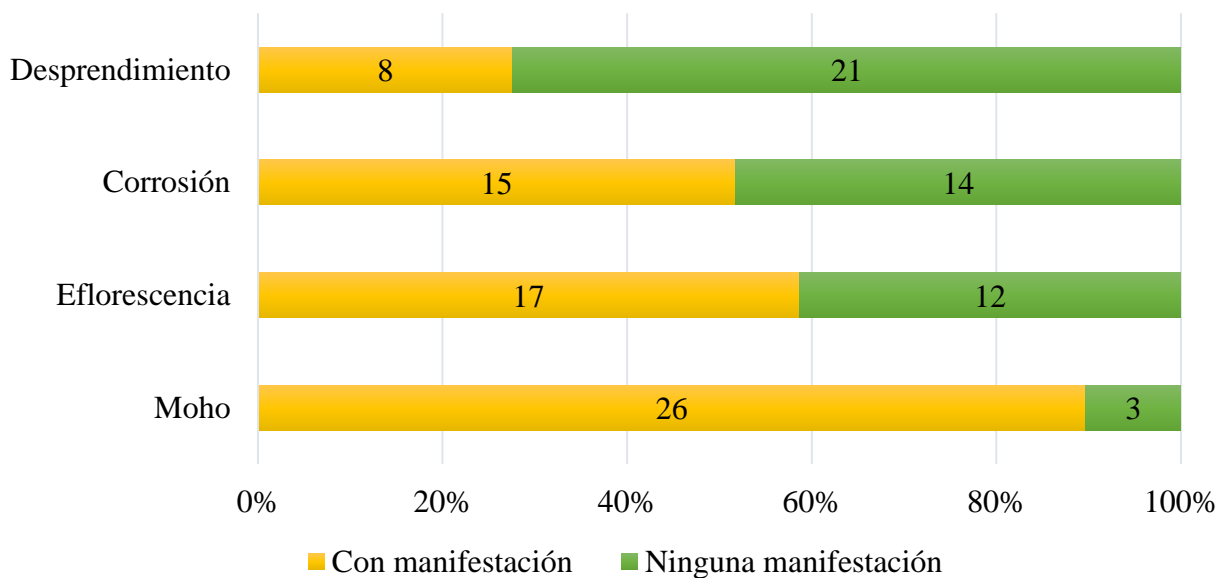


Figura 15. Manifestaciones patológicas de los soportes de hormigón armado

Al analizar los modelos de tipo cerrado, no es fácil identificar su estado de degradación desde el exterior de las fachadas, ya que las manifestaciones patológicas tienden a ser más propicias en su cara interna, dejando un margen de duda en cuanto a su condición real.

6. EVALUACIÓN DE RIESGO

Después de todos los agravantes que aceleran las manifestaciones patológicas, se analizaron las cuestiones inherentes al riesgo de este tipo de protector, ya que, ante la fragilidad generada por las degradaciones, las mismas al desprenderse de la fachada (total o parcialmente), pueden causar un impacto altamente destructivo en el suelo.

Aprovechando el cálculo demostrado por (Silveira, 2011), se adoptó para un objeto de 1kg, considerando la rotura parcial de un soporte y otro con un peso estimado de 25kg para uno completo, en una situación de desprendimiento de las fachadas de los edificios investigados y sus respectivas alturas.

Adoptando la ecuación (1):

$$F = \frac{M \cdot g \cdot H}{D} \quad (1)$$

Donde: F - resistencia; M - masa corporal; G - aceleración de la gravedad; H - altura; D - dureza del suelo de hormigón.

Para ello tenemos en la Figura 16, la información para el objeto de 1kg en azul y para el objeto de 25kg en naranja.

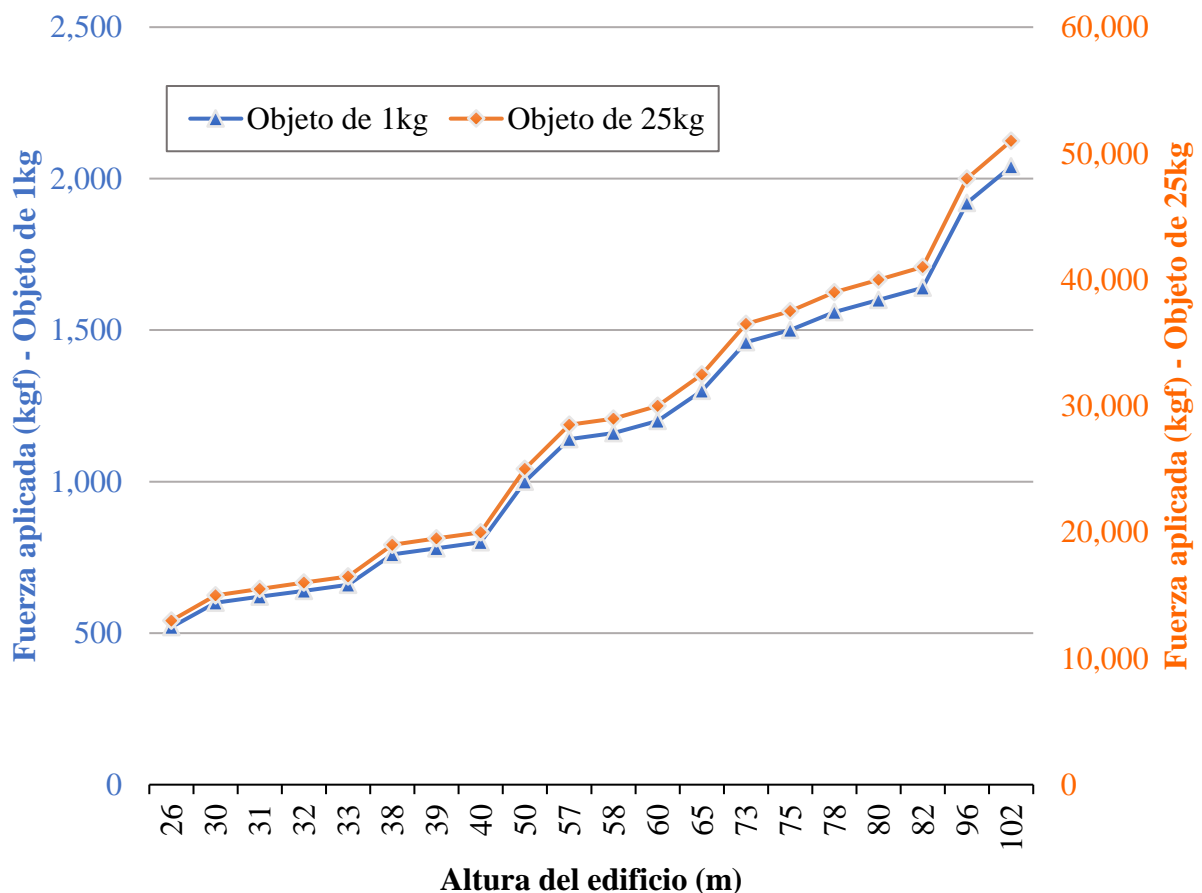


Figura 16. Fuerza aplicada por el objeto en contacto con el suelo

7. RECUPERACIÓN

Este análisis tiene como objetivo verificar la viabilidad de la recuperación de estos soportes, con el fin de aumentar su vida útil, principalmente relacionada con los casos de corrosión de la armadura, ya que estos tienen un mayor poder destructivo, sin subestimar las otras manifestaciones patológicas de: moho, crecimiento de la vegetación, eflorescencia, con base en la premisa de que no se gastarán recursos, sin una justificación más robusta, es decir, no debe haber ningún mantenimiento de la fachada sólo para la limpieza y pintura de estos soportes.

Para que la recuperación se realice de forma correcta, es necesario retirar el hormigón que rodea a la armadura (Souza y Ripper, 1998). Además de la armadura se consideran espesores de 2 cm, con el fin de garantizar la total eliminación del hormigón degradado y restaurar las barras de la armadura a la condición alcalina, de forma que se pueda realizar la limpieza y posterior aplicación de la grava.

Es notable que el espesor de la pared del cajón modelo abierto impide esta ejecución, ya que es de sólo 1,5 cm de espesor, dejando inviable esta posibilidad de recuperación para el cajón modelo cerrado, aunque las dimensiones son mayores, tampoco permiten una recuperación adecuada, incluso adoptando la condición de retirar sólo 1 cm del hormigón (sin cumplir mínimamente las normas y recomendaciones y con dificultad de ejecución), la posibilidad de grietas y roturas de la parte superior son muy grandes, porque la propia estructura ya está comprometida, es decir, en el caso de este modelo, se puede considerar la posibilidad de recuperación también inviable, según la figura 17.

Cabe mencionar, que en el mercado existen modelos con espesores mucho más robustos de 4,5 cm a 6 cm de espesor de pared, teniendo consecuentemente un control más riguroso del hormigón, estos podrían estar cumpliendo las recomendaciones para una mayor durabilidad.

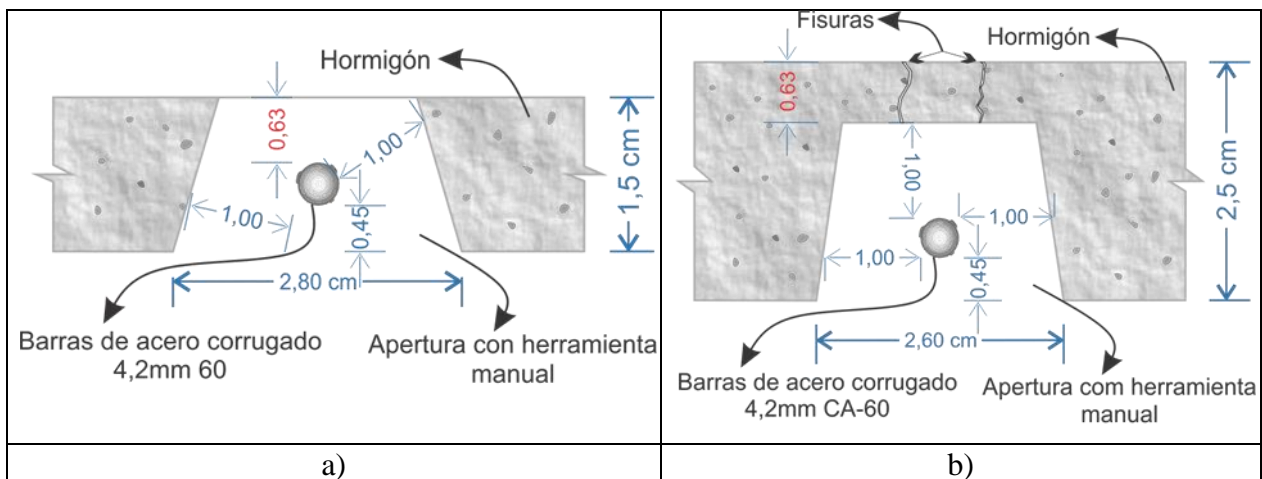


Figura 17. Detalle de la posible recuperación: a) modelo abierto; b) modelo cerrado

8. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta lo observado, se entiende que la cantidad de edificios con soportes de hormigón armado es elevada, alrededor del 50%, y que presentan manifestaciones patológicas en casi su totalidad.

Algunos factores resultaron ser más impactantes en cuanto a los aspectos de degradación, como la baja calidad del hormigón, la alta humedad a lo largo del año y la baja cobertura del hormigón, favoreciendo la aceleración de la carbonatación, en el caso del dióxido de carbono, resultó estar dentro de los estándares aceptables en un ambiente abierto.

Aunque el ataque del ion de cloruro fue bastante agresivo, resultó ser no contributivo, ya que la distancia al mar era superior a 100 m y los vientos eran inferiores a 3 m/s.

Las manifestaciones patológicas más encontradas fueron: moho, eflorescencia, corrosión de la armadura y desprendimiento del hormigón, respectivamente.

Se han identificado sustituciones de soportes de hormigón armado en el 38% de los edificios que utilizan este modelo y que en la encuesta, el 27% muestran signos de desprendimiento de hormigón, este es un factor decisivo, ya que el impacto de los objetos a gran altura puede impactar en el suelo en el orden de toneladas-fuerza.

En cuanto a la posibilidad de recuperación, se encontró que los soportes no ofrecen las condiciones mínimas de reparación aceptables, ya que no tienen sus propias dimensiones para tal procedimiento.

9. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con el apoyo del CAPES (en portugués, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) - Código de Financiación 001.

10. REFERENCIAS

Almeida, F. C. R., Sales A. (2018), *Ação do meio ambiente sobre as estruturas de concreto*. In: Ribeiro D. V. et. al. *“Corrosão e degradação em estruturas de concreto: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção”*. 2. ed. Elsevier, Rio de Janeiro, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), *NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação*. Rio de Janeiro, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, Brasil.

Balestra, C. E. T., et.al. (2019), *“Contribution for durability studies based on chloride profiles analysis of real marine structures in different marine aggressive zones”*. Construction and Building Materials 206:140–150. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.067>

Bertolini, L. (2010), *“Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção”*. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil.

Fernández Cánovas, M. (1984), *“Patología y terapéutica del hormigón armado”*. Editorial Dossat, Madrid, España.

Choi, Y. S., et.al. (2014), *“Effect of corrosion method of the reinforcing bar on bond characteristics in reinforced concrete specimens”*. Construction and Building Materials 54:180–189. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.065>

Meira, G. R., et.al. (2014), *“Analysis of chloride threshold from laboratory and field experiments in marine atmosphere zone”*. Construction and Building Materials 55:289–298. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.052>

Meira, G. R., et.al. (2017), *“Vertical distribution of marine aerosol salinity in a Brazilian coastal area – The influence of wind speed and the impact on chloride accumulation into concrete”*. Construction and Building Materials 135:287–296. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.181>

Moreno, J. D., et.al. (2015), *“Determining corrosion levels in the reinforcement rebars of buildings in coastal areas. A case study in the Mediterranean coastline”*. Building Engineering 15:109–121. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.09.059>

Moreno, J. D., et.al. (2018), *“Exposure of RC building structures to the marine environment of the Valencia coast”*. Construction and Building Materials 100:11–21. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.job.2017.11.016>

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). “*Cidades e Estados: Recife (PE)*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 13/06/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016). “*Cidades e Estados: Recife (PE)*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 13/06/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). “*Cidades e Estados: Recife (PE)*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 13/06/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). “*Censo Demográfico 2010, Grade Estatística 2010*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default.html>. Acesso em: 20/03/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002). “*Mapa de clima do Brasil 1:5 000 000*”. Brasília, Brasil. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_200_2.pdf. Acesso em: 13/06/2019.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2018). “*Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010) – Direção Predominante do Vento (Pontos cardeais e colaterais)*”. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 18/06/2019.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2018). “*Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010) – Umidade Relativa do Ar Compensada*”. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 13/02/2019.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2018). “*BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - Série Histórica - Dados Mensais – Velocidade do Vento Média (mps)*”. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 24/06/2019.
- Johnson, S. M. (1965), “*Deterioration, maintenance, and repair of structures*”. McGraw-Hill, New York, USA.
- Luna, A. M., et.al. (2008), “*Mapeamento da Corrosividade Atmosférica do Estado do Ceará*”. INTERCORR 2008. Recife, Brasil.
- Cascudo, O., Helene P. R. L. (2001), “*Resistência à corrosão no concreto dos tipos de armaduras brasileiras para concreto armado*”. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, EPUSP, São Paulo, Brasil.
- Pontes, R. B. (2006), “*Disseminação de íons cloreto na orla marítima do Bairro de Boa Viagem, Recife/PE*”, Dissertação Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Santos, L. H. M., et.al. (2014), “*Analysis of atmospheric aerosol (PM_{2.5}) in Recife city, Brazil*”. Journal of the Air & Waste Management Association, 64:5, 519-528. <https://doi.org/10.1080/10962247.2013.854282>
- Flores Larsena, S., Rengifob, L., Filippín, C. (2015), “*Double skin glazed fac, ades in sunny Mediterranean climates*”. Energy and Buildings 102:18–31. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.019>
- Silveira, F. L. (2011), “*Qual o peso equivalente que uma pedra de massa igual a 1 kg chega ao solo, jogada do 6 andar de um edifício?*”. Centro de Referência para o Ensino de Física - CREF, UFRGS. 01 jun. 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=qual-o-peso-equivalente-que-uma-pedra-de-massa-igual-a-1-kg-chega-ao-solo-jogada-do-6-andar-de-um-edificio>. Acesso em: 14 fev. 2019.

- Souza, V. C., Ripper, T. (1998), “*Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*”. Pini, São Paulo, Brasil.
- Perinia, K., Bazzocchib, F., Crocib, L., Maglioccoa, A., Cattaneo, E. (2017), “*The use of vertical greening systems to reduce the energy demand for air conditioning. Field monitoring in Mediterranean climate*”. *Energy and Buildings* 143:35–42. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.036>
- Desai, V., Potter, R. (2014), “*The Companion to Development Studies*”. Routledge. Paignton. United Kingdom.
- Ventura, L. M. B., et.al. (2017), “*Chemical composition of fine particles (PM2.5): water-soluble organic fraction and trace metals*”. *Air Qual Atmos Health*. Springer Science. <http://dx.doi.org/10.1007/s11869-017-0474-z>