
Oriana Almeida ^a / Ana C. B. de Lima ^b / Miguel Pinedo-Vasquez ^c
Tien Ming Lee ^d / Sergio Rivero ^e / Andressa Mansur ^e

Palabras clave: Resiliencia, vulnerabilidad, urbanización, delta del Amazonas, relleno.

Resiliencia urbana y amenazas climáticas: Vulnerabilidad y planificación de adaptación para ciudades pequeñas en el delta y estuario del río Amazonas

Abstract

En las últimas dos décadas, transformaciones sociales espaciales y ambientales han modelado el paisaje de las ciudades pequeñas en el delta y estuario del Amazonas (CPDEA). Aquí discutimos como los residentes de CPDEA enfrentan las barreras y oportunidades producidas por los cambios socio ambientales. Nos enfocamos en las capacidades de los hogares y de las instituciones para responder, recuperarse y fortalecer la resiliencia socioambiental en cuatro ciudades CPDEAs: Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana, and Mazagão. El análisis se basa en datos multi – década de lluvia y temperatura, censos demográficos públicos y socioeconómicos, así como también en información recolectada en entrevistas con informantes clave (residentes locales, y actores gubernamentales) y grupos focales. Los resultados muestran

a. Federal University of Pará, oriana@ufpa.br

b. Federal University of Pará and Center for the Analysis of Social-Ecological Landscapes (CASEL), Indiana University, abdelima@uimail.iu.edu

c. Columbia University, miguel@iri.columbia.edu

d. Sun Yat-sen University, tienminglee@gmail.com

e. Federal University of Pará, rivero@ufpa.br

f. Center for the Analysis of Social-Ecological Landscapes (CASEL), Indiana

que las cuatro ciudades están experimentando un crecimiento alto de población y que la mayoría de sus territorios se encuentran bajo el nivel del mar. Las cuatro son altamente vulnerables a inundaciones por marea (*lançantes*), por lluvia (*alagações*) y por crecidas del río (*enchentes*). Encontramos que las cuatro ciudades tienen extensas zonas de barrios en terrenos de relleno que son altamente propensos a sumideros (hundimiento) que se forman durante o después de las tormentas.

Sin embargo, la reducción del riesgo también depende de los gobiernos locales que enfrentan una falta de financiamiento a escala local para abordar la dinámica acelerada de ocupación de tierra en las llanuras aluviales de estas pequeñas ciudades.

En general, los residentes de las cuatro CPDEAs utilizan sistemas de conocimiento local diversos y complejos, estrategias de medios de subsistencia y redes sociales para gestionar la vulnerabilidad y reducir los riesgos.

Introducción

Si bien las amenazas al delta del Amazonas y sus habitantes, la biodiversidad y los regímenes hidroclicmáticos producidos por procesos, eventos y riesgos socioambientales son bien conocidos, la capacidad de sus residentes e instituciones para responder, recuperarse y mejorar la resiliencia urbana sigue siendo desconocida. (Renaud et al. 2016). Aunque existe información valiosa sobre la resiliencia en grandes ciudades, como Belém (por ejemplo, Mansur et al., 2016), los resultados de dichos

estudios tienen un uso limitado para comprender las respuestas adaptativas y la capacidad de recuperación de las ciudades pequeñas ante el aumento del nivel del mar. Las ciudades pequeñas en el delta del Amazonas son actores clave en el desarrollo de la Amazonía, ya que funcionan como centros que facilitan la movilidad de los recursos de las zonas urbanas a las rurales y viceversa. También desempeñan un papel importante en la provisión de servicios financiados por el gobierno estatal y federal. Las ciudades pequeñas también se perciben como lugares donde la población

local ha generado sistemas de conocimiento adaptativo, estrategias de medios de vida prácticos y resiliencia urbana frente a perturbaciones hidro-climáticas y socioeconómicas.

A medida que las agencias ambientales y de desarrollo de ciudades pequeñas pasan de la toma de conciencia a las acciones, tienen una necesidad creciente de información sobre sistemas de conocimiento local, estrategias de medios de vida y resiliencia socioambiental a las perturbaciones hidro climáticas. Los responsables de la formulación de políticas parecen estar cada vez más interesados en los medios y recursos pasados y presentes utilizados por las poblaciones urbanas y rurales para hacer frente a las inundaciones por mareas, crecida de los ríos y las precipitaciones. Las autoridades locales, especialmente de las ciudades pequeñas, han expresado su interés en acceder a información sobre las estrategias utilizadas por las familias para superar los daños producidos por las tormentas e inundaciones que pueden orientar sus planes y programas de adaptación. En el delta del Amazonas, la mayoría de las ciudades pequeñas están ocupando tierras

altamente vulnerables al aumento del nivel del mar y están expuestas a un alto riesgo de inundación, deslizamientos de tierra, aumentos violentos y repentinos de eventos hidroclimáticos y socioeconómicos. Durante más de dos siglos, los habitantes y las instituciones de las ciudades pequeñas han acumulado sistemas de conocimiento y estrategias de medios de vida para gestionar el riesgo y la vulnerabilidad

El aumento del nivel del mar fue identificado como el principal impulsor de las perturbaciones ambientales y la expansión urbana como el principal impulsor de la crisis socioeconómica que está limitando la resiliencia de los centros urbanos en el delta del Amazonas (Szabo et al 2016; Renaud, Szabo y Matthews 2016) A pesar del reconocimiento explícito de estos riesgos socioambientales, gran parte de la información sobre la frecuencia, la intensidad y el momento de las perturbaciones hidro-climáticas y los eventos socioeconómicos aún se incorporan poco en la planificación urbana de las CPDEA. Por ejemplo, los mapas existentes de vulnerabilidad y riesgo de CPDEA se basan principalmente en variables meteorolo-

lógicas y socioeconómicas (por ejemplo, Mansur et al., 2016; Menezes et al., 2018). Sin embargo, los mapas de vulnerabilidad y riesgo son limitados como herramientas para comprender cómo responden los residentes de las ciudades pequeñas y cómo se recuperan de las mareas, las precipitaciones, las inundaciones fluviales y las crisis socioeconómicas.

Los residentes e instituciones de CPDEA han estado lidiando con la vulnerabilidad socioambiental a los estresores hidro-climáticos y socioeconómicos y han estado moldeando el proceso de adaptación, mitigación y resiliencia urbana durante siglos. Hay indicios de que los habitantes de CPDEA respondieron y se recuperaron de las inundaciones, los deslizamientos de tierra, los sumideros, el desempleo y otras perturbaciones socio-climáticas, a través de la participación en redes familiares y sociales. Dichas redes les han dado acceso a recursos y servicios que son necesarios durante y después de la crisis (por ejemplo, Pinedo-Vasquez et al., 2002). Por lo tanto, la evidencia de los múltiples roles, actuales y potenciales, de CPDEA en la reducción de riesgos hidroclimáticos, particularmente considerando la

diversidad de conocimiento y estrategias usadas por los residentes, es instrumental para iniciativas estatales y federales de desarrollo sostenible, así como para mejorar los programas de adaptación y mitigación

Durante más de un siglo, el proceso de urbanización de CPDEAs y otras ciudades en el Delta y el Estuario del Amazonas ha dependido de la capacidad de respuesta y recuperación de los residentes ante eventos hidroclimáticos, o su resiliencia innovadora (RI). Este concepto se ajusta a un marco conceptual de vulnerabilidad, alejándose de la focalización en la exposición a eventos extremos, incorporando las condiciones humanas y ambientales, así como las respuestas, ajustes y adaptaciones realizadas por poblaciones en riesgo (por ejemplo, Turner et al., 2003, Renaud, Szabo y Matthews 2016). Estudios recientes muestran evidencia de esta capacidad de recuperación innovadora, que se ha construido y se continúa construyendo a partir del conocimiento adaptativo, tecnologías y estrategias acumuladas a partir de la diversidad de respuestas y recuperación de las perturbaciones socioambientales (por ejemplo, Pinedo-Vasquez y otros 2002, Vogt et al. 2016).

En este documento, investigamos cómo la resiliencia innovadora fue y continúa siendo utilizada como un recurso para construir ciudades pequeñas en lugares altamente vulnerables, utilizando evidencia climática y datos secundarios sobre indicadores de vulnerabilidad, así como metodologías participativas. Tres objetivos principales han guiado esta investigación: (1) analizar datos climáticos longitudinales del delta del Amazonas bajo un marco conceptual de vulnerabilidad para la resiliencia urbana en el delta, (2) identificar, junto con las partes interesadas locales, los peligros urbanos más importantes producidos por el aumento del nivel del mar y el cambio climático en las cuatro ciudades y (3) avanzar en la comprensión de los desafíos y oportunidades para la planificación urbana adaptativa para CPDEAs.

Sitio de estudio: cuatro Ciudades Pequeñas en el Delta y Estuario del Amazonas (CPDEA)

En el Delta y el Estuario del Amazonas, Mansur et al. (2016) estudiaron 41 condados basados en datos censa-

les. Muestran que, en más de quince, la población urbana es mayor al 50% y en seis, mayor al 90%. Aunque muchas ciudades pequeñas todavía mantienen algunas características de pueblos rurales, el proceso de urbanización que se ha intensificado en las últimas décadas las ha convertido en algunas de las ciudades de más rápido crecimiento de la Amazonía (IBGE 2010) Si bien las tasas de crecimiento general de Brasil han caído del 4,4% al 1,5% (IBGE 1970, 1980, 1990, 2010) en los últimos cuarenta años, incluso a nivel estatal y municipal, esta reducción está acompañada por un crecimiento urbano en términos absolutos, ya que la población se vuelve más urbana.

Las cuatro ciudades seleccionadas en esta investigación son parte del Delta y el Estuario del Amazonas. Dos pertenecen al estado de Pará, en el delta del norte, Abaetetuba y Ponta de Pedras, y dos pertenecen a Amapá, en el delta del sur, Mazagão y Santana (figura 1). Estas cuatro CPDEAs fueron seleccionadas en base a tres características principales: i) mayores tasas de urbanización en los últimos 40 años, ii) ciudades de tamaño pequeño o mediano, según los rangos

de clasificación de tamaño utilizados por el IBGE (Motta 2002), y iii) su función como ciudades de servicio en la jerarquía de urbanización amazónica representada por una intensa movilidad y comercio, y la presencia de un número sustancial de empleos y servicios gubernamentales (Guedes, Costa y Brondízio 2009; Costa y Brondízio 2011).

Estas ciudades pasaron de ser principalmente rurales en la década de 1970 (67 a 84% de la población) a tener alrededor de la mitad de su población viviendo en áreas urbanas para 2010 (Figura 2). La mayoría de los residentes son descendientes de amerindios, europeos y africa-

nos, que habían estado viviendo en el estuario desde la época colonial. Las poblaciones de CPDEA históricamente han basado sus medios de vida en la participación en diversas actividades relacionadas con el uso de la tierra y los recursos, como el manejo de madera, açaí y pesquerías. La reciente expansión del açaí en los mercados nacionales e internacionales ha convertido esta fruta de palma local en el principal producto básico de la región (Brondízio 2008). Las pequeñas parcelas agrícolas siempre se han utilizado y manejado en el contexto de un ciclo dinámico de inundaciones de estos terrenos bajos (Hiraoka 1995).

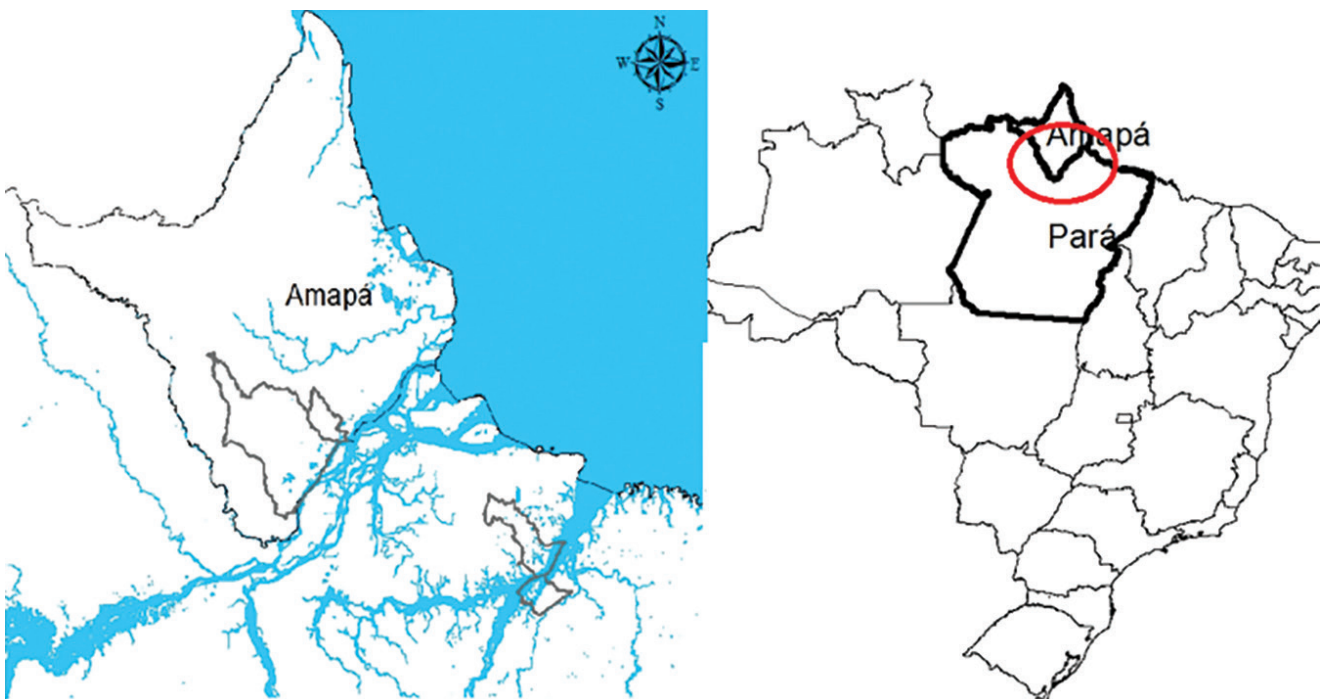


Figura 1. Localización del sitio del estudio, Estuario del Amazonas, Brasil. Fuente: Elaboración propia.

Abaetetuba y Santana se consideran ciudades medianas con una población, respectivamente, de alrededor de 143,000 y 99,000 (IBGE 2010). Ambas han experimentado una intensa migración debido al establecimiento de grandes empresas. El proyecto minero Albrás-Alunorte para la primera (Silva do Carmo 2015) y como resultado del área de libre comercio para la segunda (Santos y Santos 2016). Ponta de Pedras y Mazagão son ciudades más pequeñas con menos de 30,000 habitantes, pero en las últimas cuatro décadas, la población urbana tuvo un aumento de seis veces en Ponta de Pedras y cinco veces en Mazagão. Hoy en día, las cuatro ciudades dependen económicamente en gran medida del sector gubernamental, con un valor agregado bruto que varía entre 42% al 63%. El sector de servicios es el segundo más importante (14% -36%) para los tres municipios, con la excepción de Ponta de Pedra, que depende principalmente del ganado y la agricultura. La industria es incipiente, pero Mazagão y Santana presentan un mayor porcentaje de ingresos de la industria (13% -14%) en comparación con Abaetetuba y Ponta de Pedras (IBGE 2017).

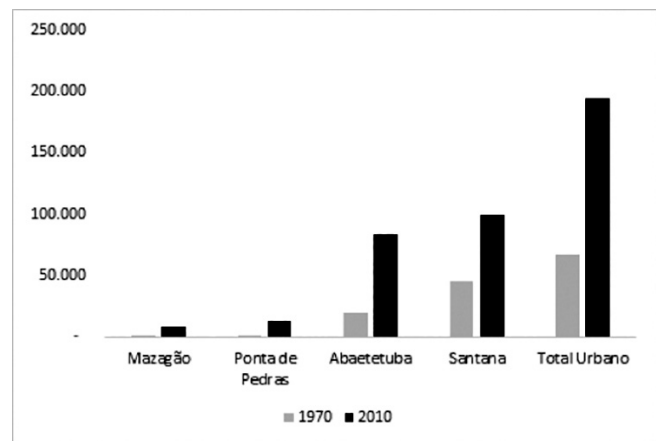


Figura 2: Población urbana en 1970 y 2010 para las cuatro ciudades seleccionadas. Fuente: IBGE 1970, 2010

Metodología

Esta investigación se realizó en dos fases. Primero, utilizamos datos secundarios sobre variables climáticas, y examinamos estos datos como base para el análisis de la resiliencia innovadora en las cuatro CPDEAs seleccionadas (Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana y Mazagão) bajo el marco conceptual de vulnerabilidad. En segundo lugar, realizamos una evaluación exploratoria entrevistando a informantes clave, seguida de grupos focales con actores gubernamentales, líderes locales y residentes. Estas actividades nos permitieron identificar y analizar, junto con los participantes de los grupos focales, las perturbaciones hidrocli-

máticas más notables, las limitaciones y oportunidades resultantes y los ajustes socioeconómicos que los residentes y formuladores de políticas de CPDEA utilizan para enfrentarlos.

Fase 1

Se construyeron cuatro conjuntos de datos de lluvia y temperatura, utilizando los datos recopilados en las estaciones climatológicas más cercanas a las cuatro ciudades seleccionadas y recopilados durante más de cuatro décadas (del 01/01/1968 al 31/12/2016 en el Delta del Norte, y del 01/01 / 1961 al 31/12/2016 en el Delta del Sur). Estas estaciones climatológicas se ubicaron en Belém (Latitud $-1^{\circ} 43'$, Longitud $-48^{\circ} 43'$ y Altitud 10.00 metros), Cametá (Latitud $-2^{\circ} 25'$, Longitud $-49^{\circ} 05'$ y Altitud 23.9 metros), Macapá (Latitud $0^{\circ} 05'$, Longitud $-51^{\circ} 11'$ y Altitud 14.46 metros), y Breves (Latitud $1^{\circ} 68'S$, Longitud $50^{\circ} 48'$ y Altitud 40 metros). Estos compusieron los conjuntos de datos primero, segundo, tercero y cuarto, respectivamente, y se compararon con el fin de detectar posibles repeticiones y errores. Para cada estación climatológica, los elementos analizados fueron: precipi-

tación media anual y mensual (mm) y días con una precipitación diaria mayor a 70 mm. De manera similar, los cambios en la temperatura durante el período de tiempo se analizaron al estimar la temperatura promedio anual máxima y mínima (C°), los días muy calientes ($> 35^{\circ} C$) y los días fríos ($< 21^{\circ} C$).

Fase 2

Entrevistas con informantes clave

Realizamos una evaluación preliminar usando entrevistas con múltiples actores, con el objetivo de comprender los principales problemas que enfrentan las ciudades pequeñas. Para eso, realizamos 16 entrevistas semiestructuradas con informantes clave en Ponta de Pedras y Abaetetuba en abril de 2017. Durante las entrevistas se investigaron los principales problemas de cambio climático identificados por los entrevistados en estas dos ciudades. Posteriormente, se realizaron 33 entrevistas abiertas en Mazagão y 50 en Santana para triangular y validar los resultados. Durante este período, los entrevistados proporcionaron información para el mapeo de los principales actores involucrados

con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que se ocupan de los problemas relacionados con las variables del cambio climático. Por lo tanto, estas 16 entrevistas abiertas en Abaetetuba y Ponta de Pedras y 83 entrevistas informales en Santana y Mazagão nos permiten evaluar similitudes y diferencias entre las cuatro ciudades. Los datos preliminares provienen de los principales actores involucrados en cuestiones relacionadas con los problemas y las estrategias diseñadas para resolver problemas asociados a perturbaciones climáticas, así como los problemas percibidos por cada informante con respecto a las precipitaciones y los patrones de las mareas y sus impactos. También permitió la consolidación de la información que luego fue instrumental en las discusiones de los grupos focales.

Grupos focales

Se organizaron grupos focales en cada ciudad seleccionada para comprender los principales riesgos cuya frecuencia y / o intensidad puede estar influenciada por el cambio climático, así como sus impactos, y las oportunidades y limitaciones para las respuestas, recuperación y resilien-

cia. El proceso de selección de los participantes se basó en sus calificaciones y funciones dentro de sus instituciones. Invitamos al personal de organizaciones gubernamentales, expertos locales, representantes de asociaciones vecinales y movimientos de base, así como a profesores y estudiantes de universidades locales. Se debía desarrollar un programa atractivo ya que todos los organizadores de capacitaciones o eventos de extensión se dirigen a un público similar. Hubo 20 participantes en los grupos focales organizados en Abaetetuba, 16 en Ponta de Pedras, 20 en Santana y 17 en Mazagão. Nos esforzamos por tener una audiencia diversa de no más de 20 participantes para no comprometer la discusión. La mayoría de los participantes eran de municipios locales y algunos de oficinas estatales, y había un número activo de representantes de universidades y organizaciones de vecinos y de base.

El primer día se organizó como un grupo focal tradicional con discusiones sobre los temas mencionados anteriormente. Usando esta metodología participativa, los asistentes enumeraron y discutieron los diferentes niveles de estrés producidos por

inundaciones extremas, tormentas de lluvia y sequía o eventos estacionales en los medios de vida y entornos de CPDEs. El segundo día se dedicó a producir mapas preliminares de vulnerabilidad utilizando puntos de coordenadas geográficas recolectados en los vecindarios donde los participantes de los grupos focales y los residentes locales reconocieron que eran vulnerables a las inundaciones de las mareas y los ríos. Esta actividad fue reconocida por los participantes como una de las principales razones de su aceptación al asistir a las actividades del grupo focal, y permitió al equipo de investigación detectar pruebas en el terreno y hacer observaciones personales.

Resultados y discusión

En esta sección, mostramos primero los resultados del análisis de las variables climáticas que describen las tendencias ambientales a largo plazo encontradas en el Delta del Amazonas cerca de las cuatro ciudades seleccionadas. Luego, para establecer nuestro punto de partida teórico, presentamos una breve descripción general del marco conceptual de vulnerabilidad, basado en la literatura reciente sobre

cambio climático y resiliencia. Bajo este marco, evaluamos los datos publicados anteriormente sobre indicadores de vulnerabilidad social y ambiental, centrándonos en las cuatro ciudades estudiadas. Finalmente, reunimos evidencia de los datos secundarios y los resultados de las discusiones de los grupos focales, detallando los peligros climáticos identificados en este proceso participativo, así como las oportunidades y desafíos para construir CPDEAs más resilientes.

Variables climáticas

El proceso de cambio climático y variabilidad en el Estuario del Delta y el Amazonas refleja relaciones complejas y estrechamente relacionadas. En un entorno altamente heterogéneo de clima como el Delta del Amazonas, los cambios en los patrones de lluvia y la temperatura pueden diferir en períodos de tiempo cortos y distancias espaciales cortas. Los datos de precipitación y temperatura recopilados durante más de tres décadas en estaciones climatológicas ubicadas en el Delta, y cerca de las cuatro ciudades seleccionadas en esta investigación, proporcionan información valiosa para

investigar cambios en las variables climáticas mediante el monitoreo de cambios a largo plazo en este contexto extremadamente dinámico. Esta recopilación de largo plazo proporciona datos suficientes para ayudar a caracterizar el proceso

continuo de cambio y variabilidad climática, así como para identificar la frecuencia e intensidad de las anomalías climáticas en Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana y Mazagão, o cerca de ellas; las cuatro CPDEAs seleccionadas.

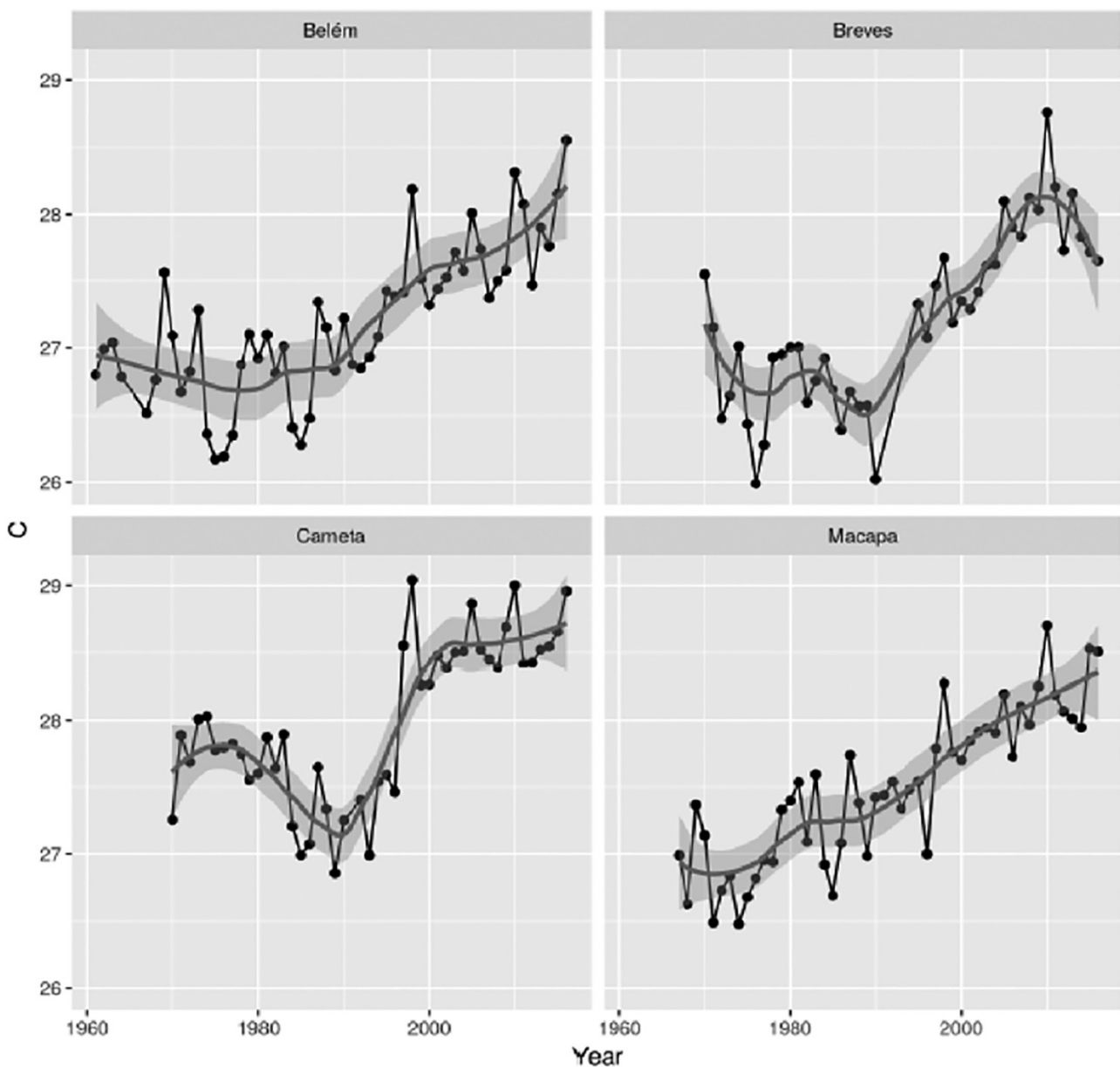


Figura 3. Datos mensuales promedio de temperatura a través del tiempo - Belém, Breves, Cametá y Macapá (1961 - 2016) conjunto de datos, tendencia cálida / más cálida.

Los datos de lluvia y temperatura muestran cómo las tendencias climáticas en el Delta y el Estuario del Amazonas se están tornando menos previsibles en su frecuencia e intensidad, y que está afectando la resiliencia de las cuatro ciudades bajo estudio como así también otras de crecimiento rápido en el delta del Amazonas. Si bien, según nuestro análisis de los datos de lluvia de los cuatro conjuntos de datos, no encontramos una tendencia clara de clima húmedo hacia uno más húmedo, particularmente para el delta del norte, los datos de temperatura efectivamente muestran una tendencia consistente de clima cálido a más cálido en el delta del sur y norte. La tendencia clara a un clima más cálido se muestra en los conjuntos de datos de Macapá y Belém (Figura 3). Con respecto a la lluvia, aunque no se detectó una tendencia en nuestro análisis, estudios recientes realizados con datos de precipitación de 150 estaciones climatológicas en el estado de Pará han mostrado una tendencia de húmedo a más húmedo en varias regiones (Souza et al. 2017a, Souza et al. 2017b).

Marco conceptual de vulnerabilidad

Los marcos conceptuales de vulnerabilidad utilizados en la literatura académica provienen de modelos previos centrados exclusivamente en la *exposición al riesgo* del cambio climático, tales como ondas de marea y sequías. Se demostró que estos modelos eran limitados, dado que, para mapear la vulnerabilidad social y ambiental, era necesario incorporar cómo esta exposición se experimentó en un sistema, junto con sus interacciones y retroalimentaciones. Los marcos recientes han incorporado influencias sociales y ambientales externas (por ejemplo, la estructura social, económica y política), así como múltiples estresores o activos resultado de las condiciones humanas y ambientales (*sensibilidad*), por ejemplo reconociendo grupos como niños y ancianos que están en mayor riesgo, y las adaptaciones resultantes de estos múltiples estresores a través del tiempo y el espacio, que impactan directamente la capacidad de un sistema para cambiar mientras mantiene características ambientales y socioeconómicas deseables (*resiliencia o capacidad de adaptación*). Aquí reconocemos que se han propuesto varios marcos concep-

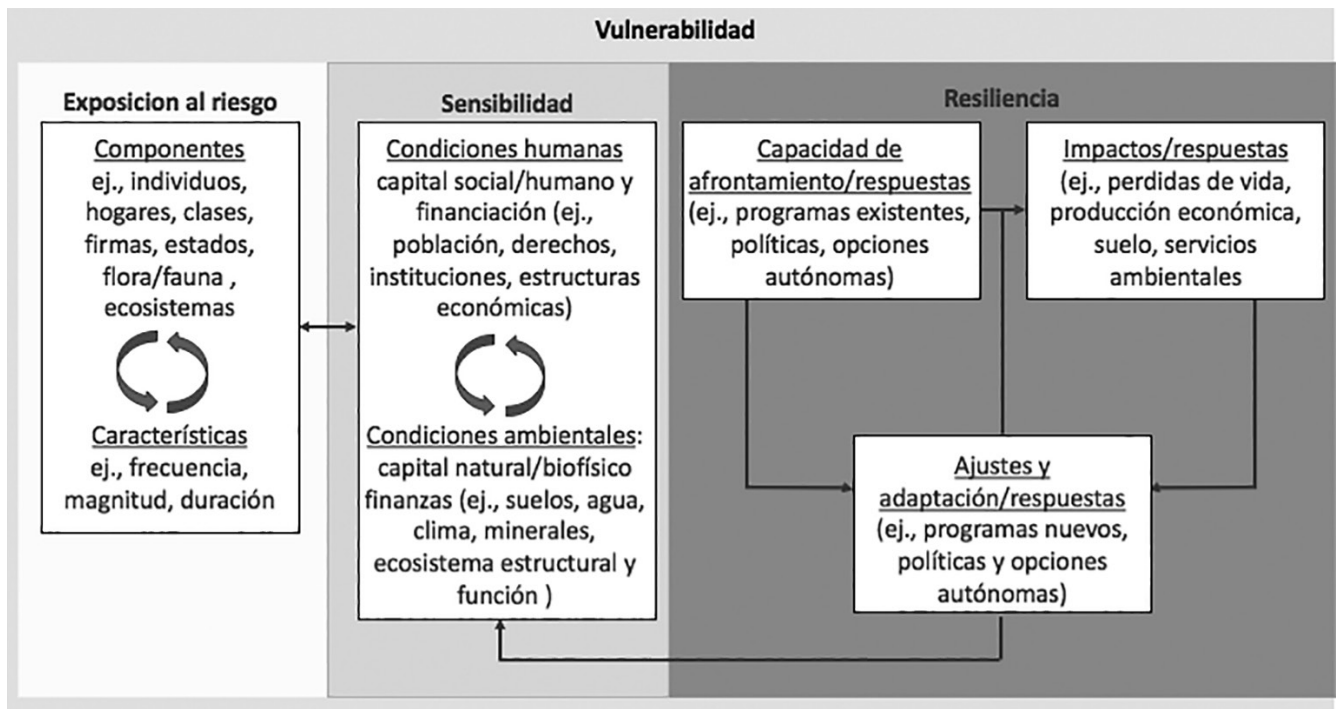


Figura 4 Detalles de los componentes de exposición, sensibilidad y resiliencia del marco conceptual de vulnerabilidad. Reproducido directamente de Turner et al. 2003

tuales de vulnerabilidad (por ejemplo, véase Turner et al., 2009; Brondízio et al., 2016, Wardekker et al., 2010, Leichenko 2011; Menezes, y otros, 2018), y asumimos que utilizan de manera similar tres subdivisiones principales, que reproducimos como los conceptos de exposición, sensibilidad y resiliencia (Figura 4).

En este documento, también aplicamos a la región del delta y el estuario del Amazonas el concepto in-

novador de resiliencia, bajo el marco conceptual de vulnerabilidad descrito anteriormente. Esto se basa en el entendimiento de que el proceso de urbanización de las CPDEs y otras ciudades en un contexto altamente heterogéneo y dinámico como el delta del Amazonas, ha dependido de la capacidad de respuesta y recuperación de los residentes a los eventos hidroclicmáticos, así como de la reproducción y mejora de esta capa-

cidad a través de generaciones. Este innovador concepto de resiliencia se enmarca en un marco conceptual de estudios de vulnerabilidad, alejándose de la exposición a eventos extremos, incorporando las condiciones locales ambientales y humanas, así como las respuestas, ajustes y adaptaciones realizadas por las poblaciones en riesgo (por ejemplo, Turner et al., Renaud, Szabo y Matthews 2016). Algunos estudios muestran evidencia de esta capacidad de recuperación innovadora, que se construyó y se continúa construyendo a partir del conocimiento adaptativo, las tecnologías y las estrategias acumuladas a partir de la diversidad de respuestas y recuperación de las perturbaciones socioambientales (Pinedo-Vasquez et al. 2002, Vogt et al., 2016).

Indicadores de vulnerabilidad: Pequeñas ciudades en foco.

Bajo el marco conceptual de vulnerabilidad, se han realizado esfuerzos recientes para evaluar los indicadores humanos y ambientales que componen la sensibilidad a la exposición al cambio climático, en las áreas urbanas del Delta del Amazonas. Los estudios propusieron índices creados

con datos de “sector censal”, que son datos del censo de escala más fina del IBGE, con varias subdivisiones dentro de una ciudad pequeña (Farias 2012, Mansur et al., 2016, Menezes et al., 2018). Por ejemplo, la vulnerabilidad del estuario del Amazonas se evaluó a través de un análisis multicriterio basado en indicadores sociales de infraestructura y ponderado en base a entrevistas con técnicos del gobierno (Farias 2012, Mansur et al., 2016). El índice de vulnerabilidad preparado a nivel del sector censal considera el porcentaje del tramo censal que recibe el servicio público de agua, parte de los sistemas de alcantarillado y recolección de residuos, proporción de individuos considerados con mayor riesgo socioeconómico (niños y ancianos, bajo nivel educativo, vivienda inadecuada), proporción de casos de enfermedades transmitidas por el agua y nivel de ingresos promedio.

En los estudios antes mencionados, la metodología aplicada para investigar la vulnerabilidad en 41 ciudades del delta y del estuario, ha demostrado que la mayoría de las ciudades están expuestas a un riesgo potencial debido a la combinación de amenaza

por extremos climáticos, pobreza y falta de infraestructura, y que entre 60 y 90 % de la población urbana vive en vulnerabilidad de riesgo moderado o alto (Mansur et al., 2016). Existe una falta general de infraestructura y acti-

vos personales que resulta en una alta vulnerabilidad en las cuatro ciudades (Figura 5). La falta de infraestructura urbana básica es un componente clave en esta evaluación, que incluye el nivel de ingresos, la disponibilidad

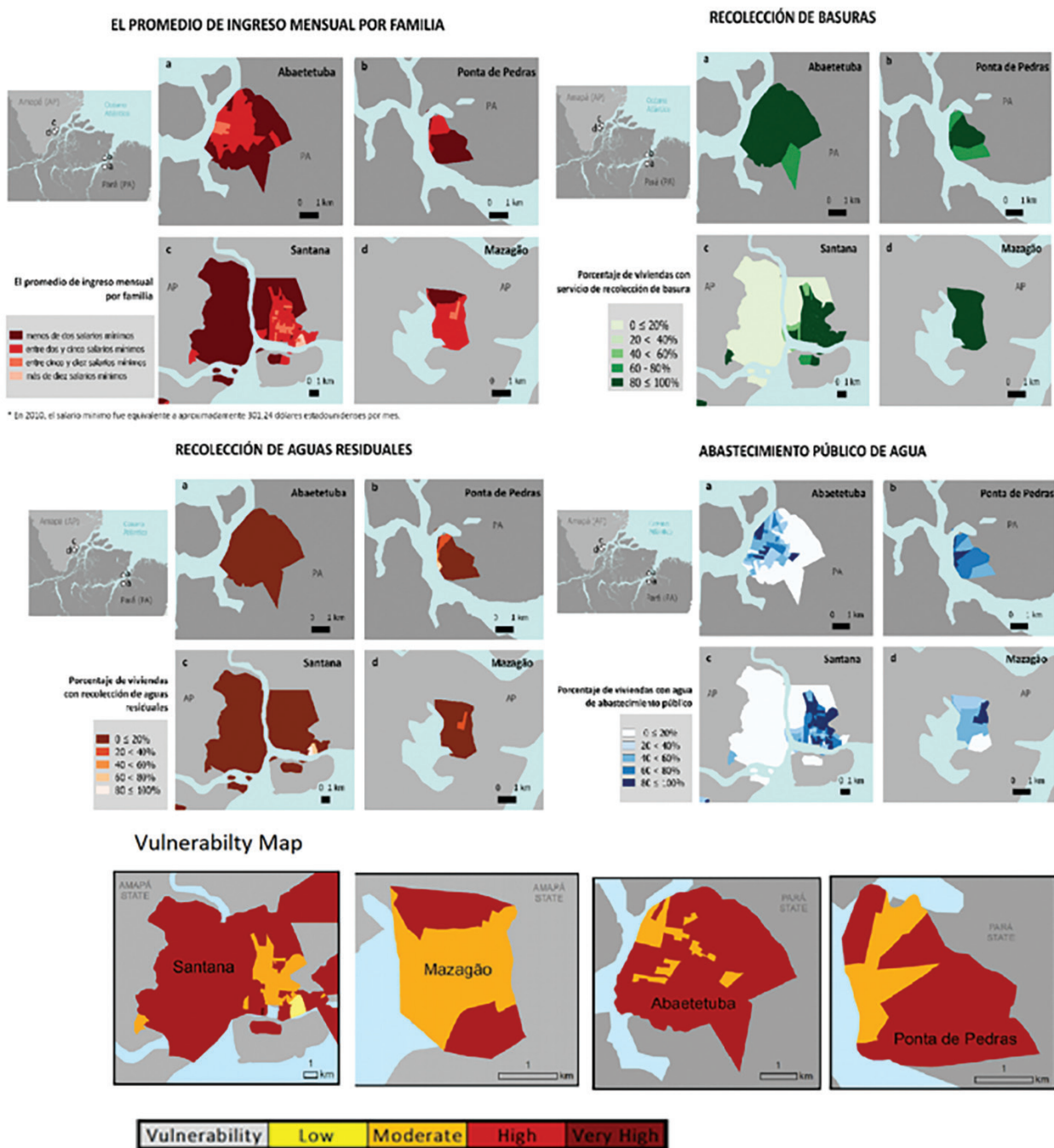


Figura 5. Mapas con componentes individuales seleccionados del índice de vulnerabilidad propuesto por Mansur et al. 2016 (arriba), y mapas de vulnerabilidad general para Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana e Mazagão (abajo).

de sistemas públicos de alcantarillado y suministro de agua, recolección de desechos, etc. Las cuatro ciudades consideradas en este documento, Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana y Mazagão, siguen este patrón, como se muestra en la parte inferior de la Figura 5, construido utilizando el índice de vulnerabilidad propuesto en Mansur et al. (2016).

Con la excepción de Santana, en las otras cuatro ciudades, más del 90% de la población urbana gana mensualmente menos del salario mí-

nimo y más del 85% de la población no cuenta con infraestructura de alcantarillado. El sistema de suministro de agua urbano que llega a los hogares varía de solo 41% en Abaetetuba a 75% en Ponta de Pedras. La vulnerabilidad se ve agravada por la falta de sistemas de saneamiento (que van del 68% al 94% en las 4 ciudades) y los desechos humanos se vierten directamente al ambiente, contaminando ríos y representando una fuente directa de enfermedades para esta población (Figura 6).

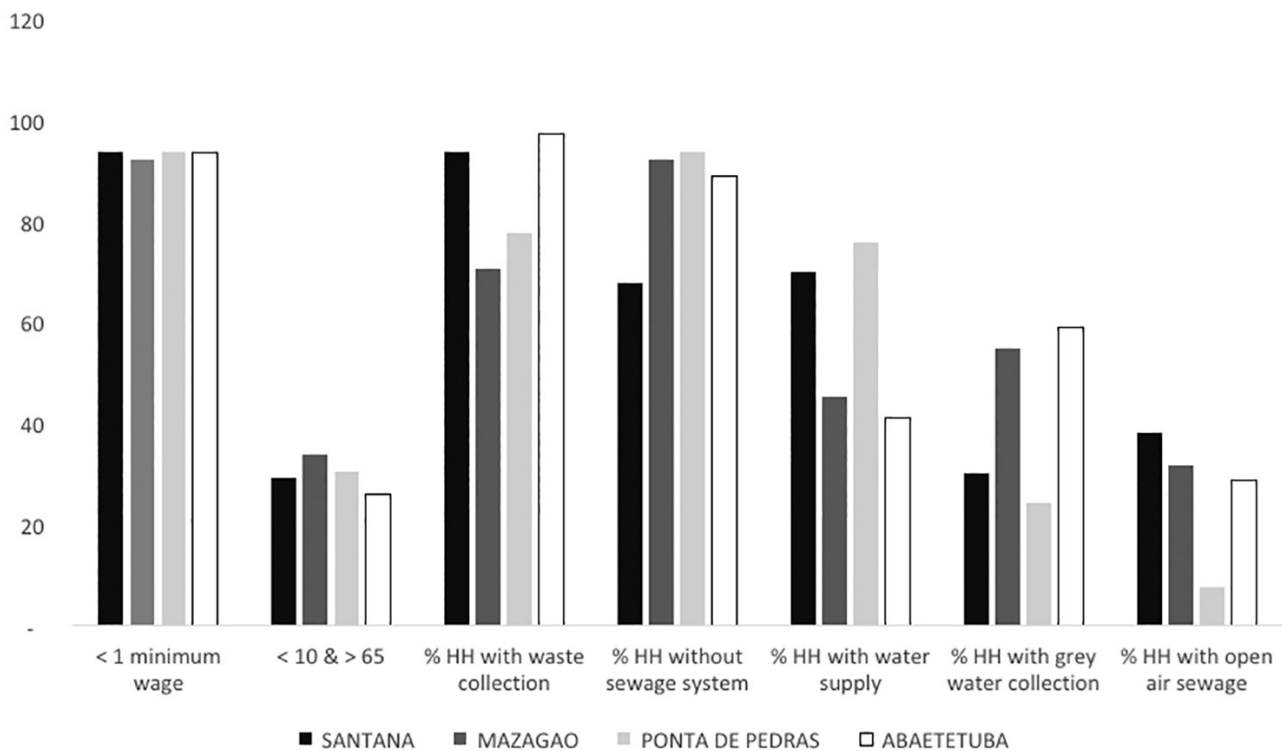


Figura 6. Indicadores de vulnerabilidad para los 4 casos estudiados, adaptados de los datos del IBGE del sector censal y de Mansur et al. (2016)

Aunque los datos del sector censal son más finos que los datos a nivel municipal, a menudo los datos del sector censal no son suficientes para evaluar la vulnerabilidad o proporcionar información útil para los planificadores urbanos y los responsables de formular políticas a nivel local. Por ejemplo, aunque algunos sectores parecen contemplarse como parte de los sistemas urbanos de abastecimiento de agua, las personas que residen en estas áreas a menudo no tienen acceso al agua debido al sistema de distribución que es limitado, la baja presión del agua y la provisión de agua no potable. El análisis del sector censal es valioso y apropiado para investigar la vulnerabilidad a las amenazas climáticas a escala del estuario, y para ayudar a analizar indicadores generales de vulnerabilidad para una ciudad determinada. Sin embargo, la escala sigue siendo limitada al proporcionar información útil a nivel municipal, ya que no captura las especificidades locales, incluidos detalles importantes sobre el acceso a servicios básicos no computados en los datos del censo, como la contaminación del suministro de agua urbano o la falta de mantenimiento

en el sistema de plomería, así como no identificar las percepciones de los residentes sobre estos problemas y su conocimiento para tratar con ellos. Las percepciones de las partes interesadas locales sobre los problemas de vulnerabilidad se informan en la siguiente sección.

Resiliencia en las Ciudades Pequeñas en el Delta y Estuario del Amazonas: evidencia de los grupos focales

Las reuniones de los grupos focales se organizaron en cada ciudad estudiada con el fin de comprender los problemas en un nivel desagregado, por lo tanto, proporcionar información de escala fina relevante para los responsables de la formulación de políticas a nivel municipal. Los resultados se organizaron en 3 temas: 1) Identificación participativa de los principales riesgos y tendencias climáticas y sus correlaciones con los datos climáticos secundarios 2) Impacto de estos peligros en los medios de vida y la infraestructura y servicio urbano; 3) Toma de decisiones para abordar soluciones, la recuperación y la resiliencia a perturbaciones socio ambientales.

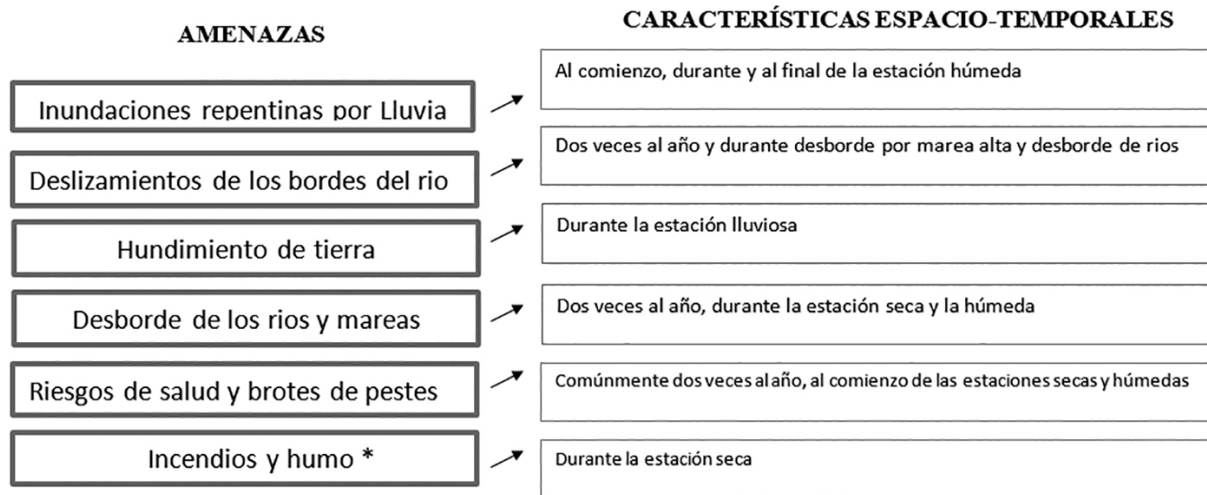
Amenazas, percepciones y sus impactos en CPDEAs

Los relatos y anécdotas aportados en grupos focales corroboran el análisis de datos de las estaciones climatológicas, mostrando una tendencia de clima cálido a más cálido en el Delta y el Estuario del Amazonas. Sin embargo, los participantes afirmaron que el clima había cambiado de húmedo a más húmedo, un patrón no observado en el conjunto de datos climatológicos. A lo largo del Delta y el Estuario del Amazonas la precipitación es bastante abundante, con lluvias máximas en la Amazonía Oriental, incluyendo el sur de Amapá, noreste de Pará, isla de Marajó y norte de Maranhão (Lopes et al. 2013, Oliveira et al., 2007). Sin embargo, en grupos focales, los participantes informaron que, en ciertos períodos de los últimos años, la precipitación puede ser tan alta que el flujo natural no puede evitar la acumulación de volúmenes considerables de agua, causando anegamientos repentinos e inundaciones en la mayoría de las ciudades ubicadas en el delta (ver también Campos et al. 2015 para un análisis sistemático para Belém). Los participantes también reconocieron

que las lluvias excesivas aumentan la vulnerabilidad de las personas a las enfermedades infecciosas y producen daños graves en las viviendas, los sistemas de drenaje y otras infraestructuras urbanas.

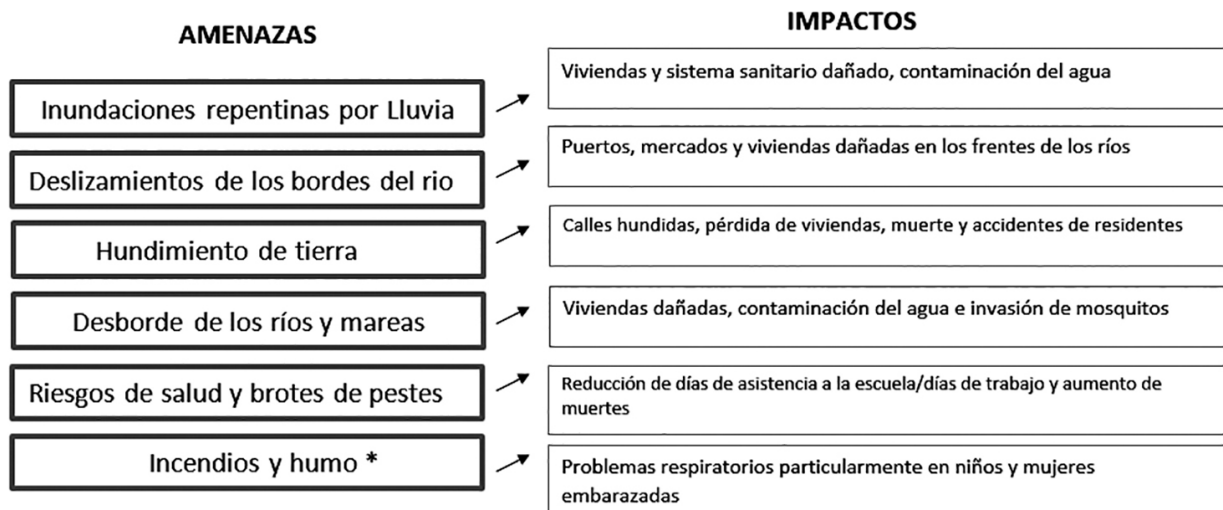
De hecho, las precipitaciones erráticas y torrenciales que contribuyeron a las inundaciones repentinas fueron los principales riesgos discutidos por los participantes del grupo focal, ocurriendo al principio, durante y al final de la temporada de lluvia en las cuatro ciudades. Los peligros y sus características espacio-temporales identificadas en los grupos focales en cada una fueron similares, a excepción de que en Mazagão los deslizamientos de tierra no fueron tan importantes, mientras que los incendios y el humo fueron mencionados exclusivamente por los participantes en esa ciudad (Figura 7).

Como la definición de amenazas estaba vinculada a la vida cotidiana de los participantes, había algunas incertidumbres sobre qué otras amenazas son particularmente relevantes para las CPDEAs. Los derrumbes de las riberas de los ríos y los sumideros (hundimiento) que están dañando las calles se identificaron junto con las



*Mazagão fue la única ciudad donde el fuego y el humo fueron mencionados y los deslizamientos de tierra no lo fueron

Figura 7. Resumen de los principales peligros y tendencias identificados por los participantes de los grupos focales en Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana.
Fuente: Elaboración propia



*Mazagão fue la única ciudad donde el fuego y el humo fueron mencionados y los deslizamientos de tierra no lo fueron

Figura 8. Resumen de los impactos principales identificados por los participantes de los grupos focales en Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana y Mazagão.
Fuente: Elaboración propia.

inundaciones de mareas y ríos como amenazas que requieren atención en el presente y prevención en el futuro (Figura 8). Por ejemplo, los participantes mencionaron que los sistemas actuales de drenaje, alcantarillado y agua están cada vez más limitados para soportar las fuertes tormentas que con mayor frecuencia que provocan lluvias de alta intensidad y corta

duración. Las inundaciones repentinas también se relacionaron con problemas de salud, incluido un aumento en el número de casos de dengue y *choriomeningitis linfocítica* (*Lymphocytic choriomeningitis* CMV) y otras enfermedades infecciosas virales después de una inundación.

Los participantes de los grupos focales enfatizaron que los impactos de las amenazas hidroclimáticas sobre los medios de vida y la infraestructura de la ciudad están aumentando, cada año o temporada, y con frecuencia no dependen de la ocurrencia de eventos extremos o catastróficos. También destacaron que las perturbaciones en los regímenes hidrológicos locales producidos por el aumento del nivel del mar y amenazas tales como inundaciones repentinas, deslizamientos y sumideros (hundimientos) están mediados por la resiliencia de los residentes de las ciudades. La cuestión de cuán preparados están los residentes e instituciones de las pequeñas ciudades, fue discutida continuamente por los participantes como un factor clave responsable de la mayor parte de la resiliencia de CPDEAs. Los asistentes al grupo focal han argumentado que, en lugar

de enfocarse en los impactos, puede ser importante incorporar el conocimiento, las tecnologías y las estrategias utilizadas por los residentes en una planificación urbana sostenible y resiliente de CPDEAs, como se analiza en la siguiente sección sobre la toma de decisiones a nivel institucional y del hogar.

Escalas diferentes para la resiliencia: toma de decisiones a nivel institucional y del hogar.

En las cuatro ciudades, los participantes percibieron la variabilidad climática como un aumento de las amenazas climáticas durante el año. Los participantes de los grupos focales también reconocieron que la resiliencia de CPDEAs depende de la toma de decisiones a nivel de los hogares, así como a nivel institucional. Informaron que las poblaciones de estas ciudades comúnmente cambian las estrategias de medios de vida para responder y recuperarse de inundaciones, tormentas y sequías, mientras que los formuladores de políticas tienden a enfocar sus acciones en ofrecer asistencia a las víctimas de eventos catastróficos, como los residentes afectados por deslizamientos

de tierra. Las partes interesadas locales reconocieron que el establecimiento de sistemas de alerta temprana y otras medidas de mitigación les están ayudando a estar mejor preparados para enfrentar inundaciones y sequías catastróficas; sin embargo, señalaron que no están preparados para lidiar con los impactos sobre los medios de vida y el ambiente producto de las fuertes tormentas que están ocurriendo cada año.

Una característica importante del desarrollo urbano que está ocurriendo en estas ciudades a medida que los migrantes pasan de habitar viviendas construidas en pilotes (palafitos) a viviendas construidas con ladrillos, es el predominio de rellenos y pavimentación de barrios enteros ubicados en las llanuras de inundación. La mayoría de estos barrios son el resultado de ocupaciones ilegales de tierras (conocidas localmente como invasões), principalmente de tierras bajas altamente vulnerables a las inundaciones, que se conocen localmente como baixadas. A través de la acción colectiva, los residentes de baixadas y otras invasiones obtienen apoyo de agencias municipales o gubernamentales para realizar los

rellenos y asegurar que hay provisión de energía y saneamiento, en muchos casos sin ningún plan a largo plazo. Los residentes tienden a reconstruir sus viviendas después de que el vecindario ha sido terraplenado y hay disponibilidad de energía y agua. Si bien estos vecindarios terraplenados son menos vulnerables a las inundaciones por mareas y crecida de ríos, se vuelven altamente vulnerables a las inundaciones repentinas, la saturación de las aguas subterráneas, la invasión de plagas, los brotes de enfermedades infecciosas y otros peligros relacionados con el clima. Las ciudades resilientes, sin embargo, deben esforzarse por conservar y mejorar su capacidad para mitigar el impacto de las anomalías climáticas incorporando arroyos, pantanos y otros cuerpos de agua como parte del sistema de drenaje.

Si bien la expansión urbana ocupando tierras públicas o privadas puede ofrecer una oportunidad para que los residentes construyan y sean dueños de sus viviendas, los planificadores urbanos a menudo se enfrentan con dificultades cuando deben urbanizar las invasiones. Por ejemplo, los planificadores mencionaron que

la construcción de espacios verdes y otros espacios recreativos es políticamente controvertido y tiende a generar conflictos con los residentes, y que los terraplenados traen beneficios necesarios a corto plazo en términos de transporte y otras necesidades básicas, pero agravan el riesgo a largo plazo, por ejemplo, creando una estructura inestable propensa a hundimientos y deslizamientos de tierra. Por lo tanto, entendimos que, aunque las CPDEAs ocasionalmente lograron aumentar sus capacidades institucionales para atender desastres, por ejemplo, al solicitar y recibir fondos del gobierno federal para ayudar a las familias desplazadas, las cuatro ciudades carecen de capacidad institucional de planificación para hacer frente al constante y creciente impacto sobre la infraestructura, los medios de vida y el ambiente que tienen las tormentas, las inundaciones y las sequías severas. Por lo tanto, los gobiernos en general son activos en proveer ciertas infraestructuras y servicios a las invasiones, pero no lo pueden hacer al mismo ritmo de esta ocupación no planificada, por lo tanto, concluyen no interviniendo en la reducción de riesgos. Finalmente, esta dinámica

de ocupación de llanuras de inundación termina aumentando los riesgos a largo plazo. A nivel de los hogares, los residentes utilizan los recursos rurales y urbanos a través de sofisticadas redes sociales familiares, étnicas y vecinales, y acciones colectivas para obtener cualquier recurso disponible y conocimientos locales para responder y recuperarse de las perturbaciones hidroclimáticas y sociopolíticas, tanto anuales como estacionales. A la misma vez que residentes en zonas de alto riesgo presionan a gobernantes para que rellenen, la infraestructura y los servicios necesarios a menudo no se instalan, ya que residentes pueden hacer poco para reducir riesgos. Comprender las limitaciones de la capacidad institucional y la resiliencia de los hogares es un elemento clave para enfrentar los peligros presentes y futuros, los estreses y las conmociones en los paisajes sociales y físicos de las CPDEAs.

La debilidad del gobierno local y la insuficiencia de incentivos legales y financieros del gobierno estatal y federal fueron considerados, por los asistentes al taller, como un impedimento para la planificación adaptativa y la gestión urbana frente al aumen-

to del nivel del mar y otros impactos asociados al cambio climático. Por ejemplo, en las cuatro ciudades, las autoridades locales se están ocupando cada vez más de infraestructura deteriorada, edificios inseguros y sistemas de agua y saneamiento colapsados, así como otras estructuras debido a las precipitaciones extremas, las sequías y las inundaciones. El presupuesto para reparar la infraestructura dañada es cinco veces mayor que el presupuesto asignado a los programas de ayuda de emergencia. Además, debido a la actual crisis sociopolítica en Brasil, hay pocas posibilidades de que el gobierno federal movilice recursos financieros hacia las instituciones y organizaciones basadas en las pequeñas ciudades.

Los participantes de los grupos focales han sugerido que, si no hay un aumento en los recursos económicos, los residentes de las pequeñas ciudades pueden ser víctimas de desastres en el futuro cercano, considerando que las mismas continuarán experimentando altas tasas de crecimiento poblacional y la formación de vecindarios en zonas inestables y expuestas a amenazas. Por ejemplo, los participantes en la reunión informaron que las instituciones locales

tienen recursos financieros y experiencia inadecuados para administrar el suministro de agua, reparar y construir sistemas de drenaje, y gestionar los residuos sólidos que están causando emergencias de salud, particularmente durante las estaciones húmedas y secas. La falta de recursos en ciudades pequeñas también está reduciendo su capacidad para ofrecer servicios de emergencia y reduce su capacidad de respuesta rápida y preparación.

Conclusiones

En un entorno altamente heterogéneo como el delta del Amazonas, es probable que los cambios en las precipitaciones locales y los patrones de temperatura tengan impactos diferenciales en los medios de vida y el ambiente. Los vínculos generales entre el conocimiento local y la información empírica de lluvia y de temperatura enriquecen la comprensión de las tendencias climáticas en el delta del Amazonas, particularmente cuando se analizan utilizando un marco integrador basado en evidencia y metodologías participativas

para evaluar la vulnerabilidad del delta y el riesgo como se propone en esta investigación. El uso de este enfoque ayuda a crear oportunidades y plantea preguntas sobre cómo hacer políticas más integrales dirigidas a las áreas de intervención, para considerar vías alternativas y para resaltar las oportunidades para gestionar los riesgos y mejorar la resiliencia urbana. Por lo tanto, proporciona orientación para la gestión sostenible y la toma de decisiones de política a escala regional y local.

Aquí mostramos que las partes interesadas y los residentes locales identifican las amenazas que corroboran parcialmente con los datos a largo plazo disponibles en las estaciones meteorológicas. Las estrategias adoptadas en las CPDEAs para abordar los problemas del desarrollo urbano aún se centran predominantemente en los rellenos de las tierras bajas, lo que brinda oportunidades, pero también crea otras vulnerabilidades. Al principio, los nuevos residentes urbanos tienden a construir sus nuevas viviendas sobre pilotes como lo hacen en las áreas rurales. Sin embargo, con sus demandas de elevación de caminos, los vecinda-

rios se vuelven menos propensos a las inundaciones de los ríos, pero están más expuestos a inundaciones repentinas. Las instituciones y organizaciones de las pequeñas ciudades, sin embargo, no tienen los ingresos para cumplir con todas las necesidades de infraestructura secundaria que siguen al relleno de tierras bajas, como el suministro de agua, drenaje de aguas residuales y la electricidad. Si bien existe una concentración de recursos y capacidades para la adaptación y la mitigación a nivel nacional, muy pocos recursos y capacidades fiscales y humanos están presentes en las dependencias de agencias estatales y federales localizadas en las pequeñas ciudades.

Por la misma razón, la evidencia de los grupos focales llevados a cabo en las cuatro ciudades estudiadas en esta investigación muestra que la participación local es crítica para una planificación de desarrollo adaptativo inclusivo y flexible para las pequeñas ciudades en el Delta del Amazonas. Además, los participantes sugirieron que la sensibilidad de los formuladores de políticas frente a las perturbaciones socioambientales emergentes es crucial para preparar

la infraestructura necesaria para que las CPDEAs aborden el aumento del impacto y daño en las viviendas, las calles y los sistemas de saneamiento por eventos hidro climáticos. Si bien la población de CPDEAs continúa lidiando con los desafíos y oportunidades que plantea el aumento del nivel del mar y otros impactos asociados al cambio climático es difícil concebir que, sin los recursos y capacidades de las instituciones locales, las CPDEAs sean resilientes a cambios socioambientales, incluyendo aquellos resultantes o agravados por el cambio climático.

Reconocimientos

Agradecemos la colaboración de todos los participantes en Abaetetuba, Ponta de Pedras, Santana y Mazagão, así como la financiación de la investigación y el apoyo de la Iniciativa de Ciudades Resilientes al Clima en América Latina (CRC). CRC es una iniciativa conjunta entre Climate and Development Knowledge Network (CDKN), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC) y la Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA).

También agradecemos a la Coordinación para la Mejora del Personal de Educación Superior (CAPES) - Programa Pró-Amazônia, y al Consejo Nacional Brasileño de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) por financiar a los miembros del equipo de investigación en Brasil.

Bibliografía

- Becker, Bertha K. (2013). *A urbe amazônica: a floresta e a cidade*. Garamond.
- Brandão. A. J. (2016). *Entre os rios e as favelas: o PAC nas baixadas da Bacia da Estrada Nova e da Comunidade Taboquinha - Belém (PA)*. USP. 160 p.
- Brondízio, Eduardo S. (2008). *The Amazonian Caboclo and the Açaí Palm: Forest Farmers in the Global Market*. New York Botanical Garden Press.
- Brondízio, Eduardo S., Ana C. B. de Lima, Sam Schramski, y Cristina Adams. (2016). "Social and Health Dimensions of Climate Change in the Amazon." *Annals of Human Biology* 43 (4): 405–14. <https://doi.org/10.1080/03014460.2016.1193222>.

- Campos, T. L. O. B., Mota, Maria Aurora Santos Da, Santos, S. R. Q. (2015) Eventos extremos de precipitação em Belém - PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, p. 1-13, 2015.
- Costa, Sandra M., y Eduardo S. Brondízio. (2011). "Cities Along the Floodplain of the Brazilian Amazon: Characteristics and Trends." In *The Amazon Várzea*, edited by Miguel Pinedo-Vasquez, Mauro L. Ruffino, Christine Padoch, and Eduardo S. Brondízio, 83–97. Dordrecht: Springer Netherlands. http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-0146-5_6.
- Farias, Glorgia Barbosa de Lima. (2012). "Cidades, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas: um estudo na Região Metropolitana de Belém." Masters, Belém, Pará: Universidade Federal do Pará. Guedes, Gilvan, Sandra Costa, and Eduardo Brondízio. (2009). "Revisiting the Hierarchy of Urban Areas in the Brazilian Amazon: A Multilevel Approach." *Population and Environment* 30 (4-5): 159–92. <https://doi.org/10.1007/s11111-009-0083-3>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics) (2010) Data from demographic census 2010. Census online: <http://www.ibge.gov.br>
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics) (2011) Censo Demográfico 2010. Aglomerados subnormais: Informações territoriais. Censo demogr. Rio de Janeiro, p 251. http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/552/cd_2010_agrn_if.pdf
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics) (2017) Coordenação de Contas Nacionais. Available at <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>
- Hiraoka, M. (1995). Land use changes in the amazon estuary. *Global Environmental Change*, 5(4):323–336, sep.
- Leichenko, Robin. (2011). "Climate Change and Urban Resilience." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3 (3): 164–68. doi:10.1016/j.cosust.2010.12.014.

- Lopes, M. N. G.; De Souza, Everaldo Barreiros ; Ferreira, Douglas Batista Da Silva . (2013). Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 12, p. 84-102.
- Mansur, Andressa V., Eduardo S. Brondízio, Samapriya Roy, Scott Hetrick, Nathan D. Vogt, y Alice Newton. (2016). “An Assessment of Urban Vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: A Multi-Criterion Index of Flood Exposure, Socio-Economic Conditions and Infrastructure.” *Sustainability Science*, March, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0355-7>.
- Menezes, Júlia Alves, Ulisses Confalonieri, Ana Paula Madureira, Isabela de Brito Duval, Rhavena Barbosa dos Santos, y Carina Margonari. (2018). “Mapping Human Vulnerability to Climate Change in the Brazilian Amazon: The Construction of a Municipal Vulnerability Index.” Edited by Frédéric Mertens. *PLOS ONE* 13 (2): e0190808. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190808>.
- Motta, Diana Meirelles da, ed. (2002). *Desenvolvimento regional e estruturação da rede urbana*. Série Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil 3. Brasília: IPEA, Inst. de Pesquisa Económica Aplicada.
- Oliveira, L. J. C., M. H. Costa, B. S. Soares-Filho & M. T. Coe, (2013). Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024021.
- Pinedo-Vasquez, Miguel, José Barletti Pasqualle, Dennis Del Castillo Torres, y Kevin Coffey. (2002). “A Tradition of Change: The Dynamic Relationship between Biodiversity and Society in Sector Muyuy, Peru.” *Environmental Science & Policy* 5 (1): 43–53. [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(02\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(02)00023-0).
- Renaud, Fabrice G., Sylvia Szabo, y Zoe Matthews. (2016). “Sustainable Deltas: Livelihoods, Ecosystem Services, and Policy Implications.” *Sustainability Science* 11 (4): 519–23. [doi:10.1007/s11625-016-0380-6](https://doi.org/10.1007/s11625-016-0380-6).
- Santos, Romário Valente, y Emmanuel Raimundo Costa Santos. (2016). “Forma Urbana e Processos Socioespaciais: Reflexões sobre o Aglomerado Urbano de Macapá e Santana na Amazônia Setentrional Amapaense.” *Revista Políticas Públicas & Cidades* - 2359-1552 4 (1): 93–116.

- <https://doi.org/10.23900/2359-1552.2016v4n1p93>.
- Silva do Carmo, Monique Bruna. (2015). “A singularidade do urbano de Barbcarena, como cidade ribeirinha da região amazônica.” Masters, São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP.
- Souza, Everaldo Barreiros; Douglas Batista Da Silva Ferreira, José Tasso Felix Gumarães, Vânia Dos Santos Franco, Azevedo, F. T. M., Souza, Paulo Jorge De Oliveira Ponte. (2017a) Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, p. 81-93.
- Souza, Paulo Fernando de; Everaldo Barreiros Souza, Joaquim C. B. Queiroz, João A. Silva Junior, (2017b) Impactos dos anos climáticos extremos no rendimento da lavoura temporária de mandioca na Região Rural da Metrópole de Belém - Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, p. 94-112.
- Szabo, Sylvia, Eduardo Brondizio, Fabrice G. Renaud, Scott Hetrick, Robert J. Nicholls, Zoe Matthews, Zachary Tessler, et al. 2016. “Population Dynamics, Delta Vulnerability and Environmental Change: Comparison of the Mekong, Ganges–Brahmaputra and Amazon Delta Regions.” *Sustainability Science* 11 (4): 539–54. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0372-6>.
- Turner, B. L., R. E. Kasperson, P. A. Matson, J. J. McCarthy, R. W. Corell, L. Christensen, N. Eckley, et al. (2003). “A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (14): 8074–79. doi:10.1073/pnas.1231335100.
- Vogt, Nathan; Pinedo-Vasquez, Miguel; Brondízio, Eduardo S.; Rabelo, Fernando G.; Fernandes, Katia; Almeida, Oriana; Riveiro, Sergio; Deadman, Peter J. ; Dou, Yue . (2016). Local ecological knowledge and incremental adaptation to changing flood patterns in the Amazon delta. *Sustainability Science*, v. 11, p. 611-623.
- Wardekker, J. Arjan, Arie de Jong, Joost M. Knoop, y Jeroen P. van der Sluijs. (2010). “Operationalising a Resilience Approach to Adapting an Urban Delta to Uncertain Climate Changes.” *Technological Forecasting and Social Change* 77 (6): 987–98. doi:10.1016/j.techfore.2009.11.005.