



IX-356 - PANORAMA DO SERVIÇO DE MANEJO E DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS NA PARAÍBA

Ivens Lorrán Clemente de Lacerda

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Campina Grande e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Mateus Clemente de Lacerda

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Campina Grande. Mestrando em Engenharia de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande.

José Ailton da Costa Ferreira

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual da Paraíba e Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Andrea Carla Lima Rodrigues

Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Civil e Ambiental e Doutora em Recursos Naturais. Professora associada III da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande

Josiclene Moura Leite

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Pós-graduada em Engenharia de Saúde Pública pela FIOCRUZ - Escola Nacional de Saúde Pública. Pós-graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade de Rondônia (UNIRON). Engenheira Civil da Fundação Nacional de Saúde (Funasa/DIESP-PB). Coordenadora do Núcleo Intersectorial de Cooperação Técnica da Paraíba (NICT).

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário, Lagoa Nova - Natal - RN - CEP: 59078-970 - Brasil - E-mail: ivenslorran@hotmail.com

RESUMO

Embora a Lei 11.445/2007 institua o serviço de drenagem e manejo das águas pluviais como componente do saneamento básico, esta vertente é negligenciada. Os baixos investimentos em infraestrutura de drenagem intensificam os problemas provocados pelas águas de chuvas e comprometem o quadro de saúde da população local. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é um instrumento fundamental para promover a estruturação dos serviços e melhorar a gestão dos recursos financeiros. Deste modo, o objetivo deste estudo é apresentar um panorama do serviço de manejo e drenagem de águas pluviais em municípios de pequeno porte do estado da Paraíba. Os dados foram obtidos a partir da definição de indicadores e do processamento de informações de Ciência Cidadã coletados em visitas técnicas e audiências públicas realizadas nas etapas de diagnóstico do PMSB. Por conseguinte, os dados foram espacializados em ambiente GIS e analisados estatisticamente para definir o cenário do setor de drenagem da área de estudo. A espacialização dos indicadores não mostrou qualquer relação direta entre a ocorrência dos alagamentos na zona urbana e a localização dos municípios dentro do Estado da Paraíba. Entretanto, observou-se uma influência do relevo local, da taxa de pavimentação das vias e da ausência de dispositivos de drenagem profunda na maioria dos eventos críticos, como os alagamentos (relatados por 21,41% da população), a invasão de água de chuva nas casas (18,32%), a erosão das ruas e estradas vicinais (14%) e o comprometimento do acesso às comunidades (65% da população rural). A ocorrência dos eventos relatados pela população é um reflexo do baixo montante investido na ampliação e manutenção dos sistemas de drenagem de águas pluviais nos municípios do estado e contribui diretamente para uma maior incidência de interações por doenças relacionadas à drenagem inadequada. Dessa forma, o panorama do serviço de manejo e drenagem de águas pluviais, realizado com a contribuição da comunidade, evidenciou a necessidade de implementação de medidas de gestão que minimizem os problemas diagnosticados e mitiguem os danos sofridos pela população.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico; SIG; Ciência cidadã; Indicadores; Gestão.

INTRODUÇÃO

O surgimento de políticas públicas e a aplicação de investimentos em saneamento básico implica em melhorias principalmente nos âmbitos ambiental, social e de saúde pública, como observado em ações para garantia da disponibilidade de recursos hídricos e da dignidade humana, preservação do meio ambiente e a redução de proliferação de vetores responsáveis por doenças (Ribeiro *et al.*, 2022). Para a comunidade internacional, o termo “saneamento básico” está diretamente relacionado com o abastecimento de água e o esgotamento sanitário. Em contrapartida, a Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que os serviços de limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e a drenagem urbana podem estar inseridos na abrangência deste tema (Días e Nunes, 2020).

No Brasil, a Lei Federal 11.445/2007 instituiu o serviço de drenagem urbana como pertencente ao conjunto de serviços do saneamento básico. Porém, de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab, 2019), esta vertente é negligenciada, apresentando apenas cerca de 8,62% dos investimentos desembolsados com o saneamento básico entre os anos de 2003 e 2017, considerando os recursos onerosos e não onerosos disponibilizados. Este baixo índice de investimentos pode estar relacionado com o princípio da reserva do possível, onde o Estado, ao se deparar com a escassez de recursos, visa a priorização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, vistos como serviços emergenciais para garantia da dignidade da população (Carcará *et al.*, 2019).

A alta demanda de recursos para estruturação do serviço, a dificuldade em contratação de mão de obra especializada e os baixos níveis de arrecadação são alguns dos obstáculos encontrados para melhoria e universalização do sistema de manejo de águas pluviais, principalmente em municípios de pequeno porte (Santos *et al.*, 2020). A gestão ineficiente combinada com a inexistência ou insuficiência dos sistemas de drenagem contribuem com a ocorrência de alagamentos, inundações e processos erosivos intensos. Tais eventos são responsáveis pelo comprometimento de estradas, ruas e vias, podem ocasionar danos materiais aos patrimônios público e privado, danos humanos e pela acentuação do índice de doenças como dengue, Zika e Chikungunya (Chen *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2019). No Brasil, entre os anos de 1991 e 2010, 33% dos desastres naturais catalogados são classificados como inundações, alagamentos ou enxurradas. Na Paraíba registrou-se neste mesmo período um total de 215 enxurradas, 136 inundações e 3 alagamentos severos (CEPED, 2013).

Buscando alterar a regulação do saneamento, um novo marco regulatório foi instituído em 2020, através da Lei Federal 14.026/2022. Esta legislação, além de reforçar a segurança jurídica e aumentar a transparência e a efetividade e eficácia dos serviços, inseriu o capital privado no setor, obrigando aos estados da federação a elaborarem planos regionais de saneamento. Os Planos Regionais visam a redução de riscos de inviabilidade financeira, ao agrupar os municípios em blocos autossustentáveis, onde os municípios com maior adensamento populacional, que geram maiores receitas, financiem os menores (Guerra e Vêras, 2021; Silva *et al.*, 2022). Na Paraíba, a Lei Complementar nº 168/2021 estabelece o plano regional através das microrregiões de Água e Esgoto, sendo elas: Alto Piranhas, Espinharas, Borborema e Litoral.

Os municípios, por sua vez, devem conhecer bem as suas potencialidades e fragilidades para que, dentro da sua regional, comprovem a necessidade de recursos federais e/ou estaduais a serem utilizados no saneamento básico. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) mostra-se um instrumento primordial para esta finalidade. Através deste documento pode-se realizar a definição de programas, projetos e ações a serem implantados, a identificação de áreas de precariedade dos serviços, a determinação de prazos e a alocação dos recursos, visando a universalização dos serviços de saneamento (Nunes e Borja, 2019; Franco *et al.*, 2020). Na Paraíba, o TED nº 003/2019 financia a elaboração do PMSB para 49 municípios de pequeno porte do estado, através de uma parceria entre a Fundação Nacional de Saúde (Funasa) e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Neste contexto, este estudo apresenta um panorama do serviço de manejo e drenagem de águas pluviais em municípios de pequeno porte do estado da Paraíba por meio da análise espacial e estatística de indicadores e de dados coletados em visitas técnicas e audiências públicas realizadas na etapa de diagnóstico do PMSB (TED nº 003/2019), levando em consideração as microrregiões de água e esgoto estabelecidas pela Lei Complementar nº 168/2021.

MATERIAIS E MÉTODOS

A realidade da Paraíba quanto as características do serviço de manejo e drenagem de águas pluviais é apresentada neste estudo seguindo três etapas metodológicas: caracterização da área de estudo, obtenção dos dados e sistematização e análise dos dados (Figura 1).



Figura 1: Fluxograma das etapas metodológicas do estudo

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 2) é composta por 49 municípios de pequeno porte, que estão dispersos nas quatro microrregiões de água e esgoto do estado da Paraíba, sendo nove na Alto Piranhas, quinze na Espinharas, dezessete na Borborema e oito na microrregião do litoral. Segundo o Termo de Referência da Funasa (2018), o órgão atua em municípios de até 50.000 habitantes, classificando-os como municípios de pequeno porte, que na Paraíba, totalizam cerca de 95% do estado. A amostra utilizada nesse estudo representa bem o padrão e as características desse recorte.

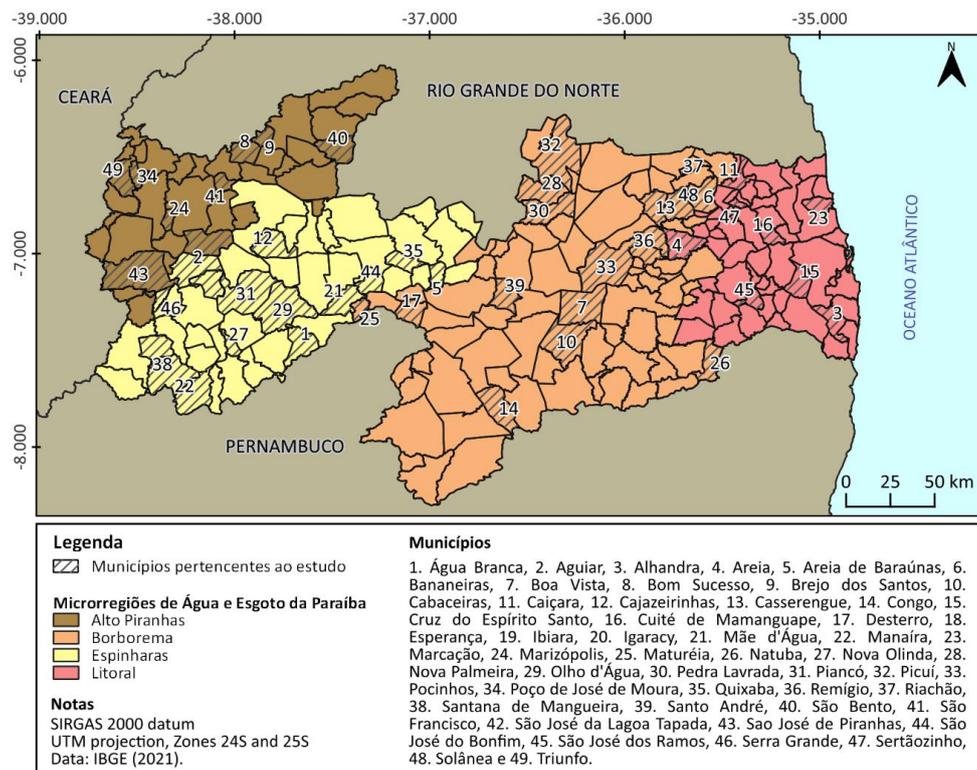


Figura 2: Mapa de localização área de estudo

As microrregiões Alto Piranhas e Espinharas possuem clima seco com chuvas irregulares. Além disso, boa parte destas unidades de planejamento estão localizadas na Depressão Sertaneja, o que justifica as baixas altitudes de algumas localidades contempladas pelo PMSB. A microrregião da Borborema pode ser dividida em dois grupos, baseado no Planalto da Borborema. O primeiro, localizado abaixo do planalto, possui menores altitudes e a menor média de precipitação do estado, enquanto a parcela que fica situada sobre este platô apresenta altitudes elevadas e precipitações intensas durante cerca de nove meses do ano. A microrregião Litoral apresenta as menores altitudes do estado e os maiores índices de intensidade pluviométrica devido à proximidade com o mar (Medeiros *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2019).

OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados foram obtidos a partir da definição de indicadores e do processamento de informações de Ciência Cidadã (do inglês: *Citizen Science*). Os indicadores foram escolhidos de modo a apresentar as características do serviço nas áreas urbanas e rurais da forma mais realista possível, visando a abordagem técnica. A insuficiência dos dados de drenagem disponíveis no SNIS (Sistema Nacional de Informações em Saneamento), a ausência de indicadores oficiais no âmbito rural e a defasagem de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), motivou a elaboração de indicadores complementares nas etapas de diagnóstico do PMSB. Estes indicadores foram produzidos utilizando dados coletados em visitas técnicas, reuniões com técnicos municipais e audiências públicas e estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Indicadores elaborados no PMSB durante o diagnóstico-técnico-participativo

Indicador	Equação	Fonte
Pavimentação de ruas e meio-fio	$\frac{[(Ext. \text{ de vias pavimentadas e com meio-fio na zona urbana}) / (Extensão \text{ total de vias da zona urbana})] \times 100}{100}$	PMSB/PB (2021)
Vias públicas com galerias ou canais subterrâneos	$\frac{[(Ext. \text{ de galerias ou canais subterrâneos de águas pluviais}) / (Extensão \text{ total de ruas da zona urbana})] \times 100}{x 100}$	PMSB/PB (2021)
Taxa de área com média ou alta susceptibilidade a alagamentos	$\frac{[(Área \text{ com média ou alta susceptibilidade a alagamentos}) / (Área \text{ urbana habitada})] \times 100}{x 100}$	PMSB/PB (2021)
Pontos críticos em estradas vicinais	$\frac{[(Número \text{ de pontos críticos em estradas vicinais}) / (Extensão \text{ total de vias do município})] \times 100}{x 100}$	PMSB/PB (2021)
Média de internações de doenças relacionadas à drenagem inadequada, nos últimos 10 anos	$\frac{[(Número \text{ de internações}) / (Número \text{ de habitantes do município})] \times 100.000}{x 100.000}$	DATASUS (2010-2019)
Média dos investimentos e gastos per capita com a drenagem de águas pluviais, dos últimos 4 anos	$\frac{[(Investimentos \text{ e gastos com o Manejo de Águas Pluviais nos últimos 4 anos}) / (População \text{ urbana residente no município})] \times 1/4}{x 1/4}$	PMSB/PB (2021)

Fonte: PMSB/PB (2022).

Além disso, foram processados os dados gerados pelos municípios nos questionários aplicados em audiências públicas nestas localidades. As respostas obtidas acerca dos problemas enfrentados devido a ação das águas de chuva nas zonas urbanas e rurais fornecem ao estudo a visão do consumidor do serviço, podendo ser identificadas as causas e localizações dos pontos de fragilidade do sistema no âmbito estadual.

SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Após calculados, os indicadores foram espacializados em ambiente SIG utilizando o *software* aberto QGIS 3.24.3. A categorização foi realizada para os indicadores individualmente, levando em consideração os valores atingidos em todo o estado. Dessa forma, pode-se identificar os municípios que se destacam positivamente e negativamente em cada tipologia estudada. Concomitantemente, foram gerados gráficos com os dados obtidos em questionários a fim de indicar os problemas mais recorrentes envolvendo águas de chuva e as localidades mais afetadas por eles nas zonas urbana e rural.

RESULTADOS

Nos Planos Municipais de Saneamento Básico da Paraíba foram levantados os problemas que envolvem águas pluviais nas áreas rurais e urbanas dos municípios contemplados. Os pontos de alagamentos na área urbana, utilizados para elaboração do indicador de taxa de área urbana com alta susceptibilidade a alagamentos, foram identificados utilizando álgebra de mapas. Foram consideradas nesta operação os parâmetros declividade, distância para os dispositivos de drenagem e convergência do relevo. Boa parte destes pontos foram validados através de relatos da população em audiências públicas. A espacialização deste indicador está apresentada na Figura 3.

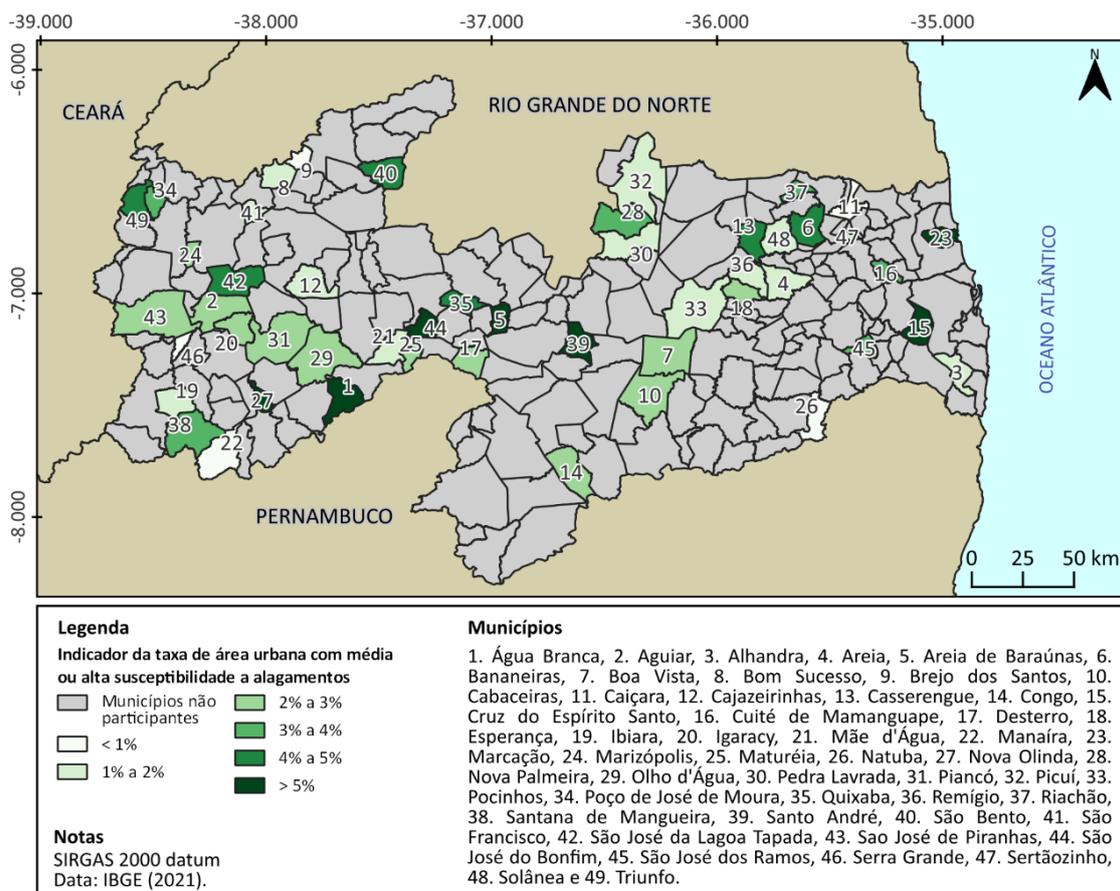


Figura 3: Espacialização da taxa de área urbana com média e alta susceptibilidade a alagamentos

Percebe-se que não há uma relação direta entre a ocorrência de alagamentos e a microrregião em que estes municípios se encontram. Os municípios de Natuba, Caiçara, Serra Grande, Manaíra e Brejo dos Santos possuem os menores valores neste indicador, apresentando menos que 1% de susceptibilidade a alagamento na área urbana. Os dois últimos estão localizados no Sertão Paraibano, com mancha urbana concentrada em uma área plana ou suavemente plana e quase não possuem dispositivos de drenagem profunda (menos de 0,2% das ruas cobertas pelo sistema), como bocas de lobo e galerias. Apesar disso, a convergência do relevo onde a área urbana está inserida contribui com o escoamento superficial das águas pluviais em direção a áreas não urbanizadas.

Em Serra Grande e Natuba, a declividade do terreno é classificada majoritariamente como ondulada e contribui com o escoamento superficial, sendo identificadas áreas de alagamento em trechos de baixa altitude na área urbana. Entretanto, estes trechos dispõem de bocas de lobo que captam o volume de água e impedem a ocorrência de alagamentos nestas áreas. Caiçara, por sua vez, possui relevo plano na maior parte da zona urbana e na região central da cidade, onde as águas convergem para uma área habitada, a densidade de bocas de lobo é suficiente para amenizar o surgimento de alagamentos.

Por outro lado, os municípios de Nova Olinda, Santo André, Marcação, Cruz do Espírito Santo, São José do Bonfim, Areia de Baraúnas e Água Branca vivenciam experiências opostas quanto a problemática. Os quatro primeiros são considerados municípios com relevo plano na maior parte da sua zona urbana, dois deles (Marcação e Cruz do Espírito Santo) por estarem próximos a costa litorânea, sendo característica áreas de baixas altitudes. Nova Olinda possui uma boa cobertura do sistema de drenagem profundo (23,59% das ruas), mas que ainda assim é insuficiente para evitar a ocorrência de alagamentos em pontos não atendidos por este sistema.

São José do Bonfim não possui baixos valores de declividade, possuindo majoritariamente relevo ondulado. Entretanto a convergência do relevo para áreas de baixa altitude atrelada ao baixo índice de medidas convencionais (1,7%) e compensatórias implantadas contribuem com as porcentagens deste indicador no município. Água Branca possui a região central da cidade em um ponto mais baixo, que recebe a água de pontos bairros de maiores altitudes e favorece o surgimento de alagamentos e, em época de cheias, de inundações. Por fim, os alagamentos em Areia de Baraúnas são justificados pela inserção da área urbana em um vale, intensificados pela ausência de elementos de drenagem profunda. Vale salientar que as baixas proporções neste indicador (com as maiores proporções em pouco mais de 5%) correspondem apenas a classe de alta susceptibilidade. Tal fato não implica que as ocorrências de alagamentos em áreas de baixa ou média susceptibilidade são impossíveis, podendo estarem presentes em chuvas mais intensas.

Em audiências públicas realizadas em todos os municípios deste estudo foi perguntado a população sobre as consequências dos alagamentos em suas ruas e sobre a necessidade de aplicação de medidas paliativas (aumento da altura da calçada, implantação de valas de escoamento, uso de barreiras, entre outros) para minimização da problemática. Os resultados deste questionário estão exibidos na Figura 4.

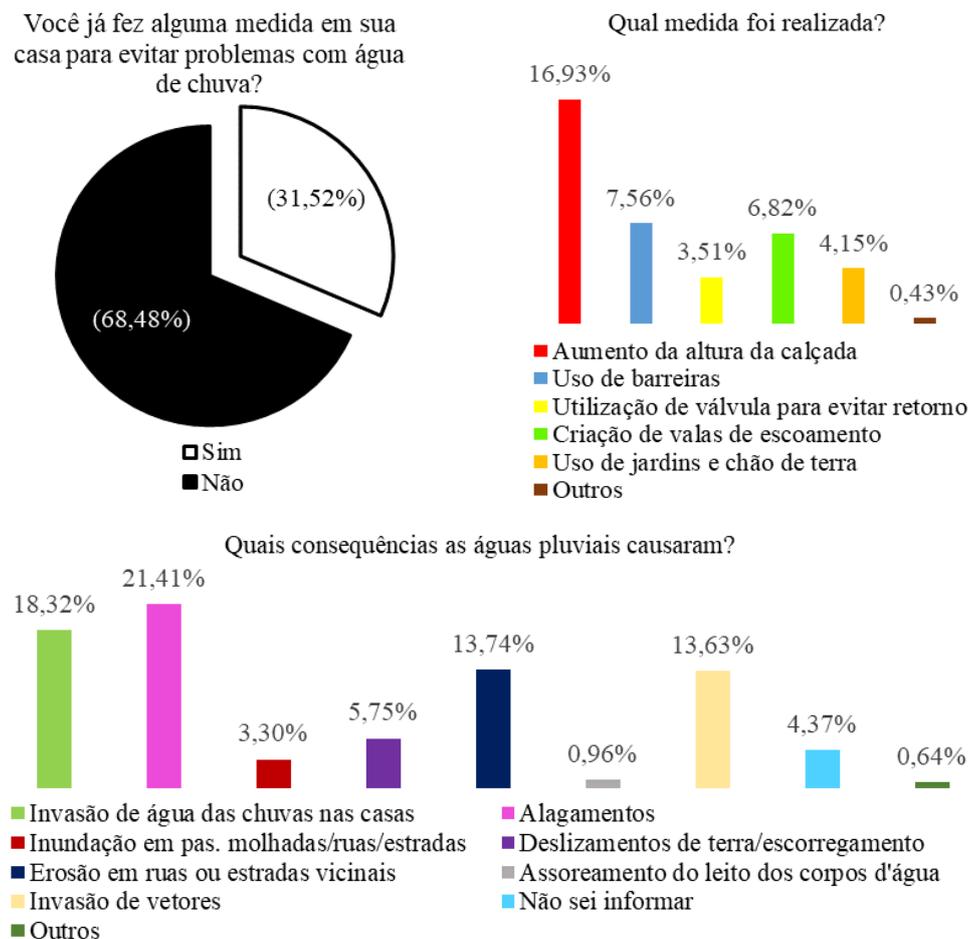


Figura 4: Resultados dos questionários aplicados na zona urbana em audiências públicas realizadas nos 49 municípios

Fonte: PMSB/PB (2021)

Nota-se pelos gráficos que aproximadamente um terço (32%) da população entrevistada nos municípios de pequeno porte paraibanos usados no estudo já tentaram minimizar algum problema com água de chuva utilizando alguma solução paliativa. A medida mais utilizada é o aumento da altura da calçada (cerca de 17%) para impedir que as águas que escoam superficialmente pelas ruas não adentrem nas casas. Destaca-se também o uso de barreiras em portas (7,56%), a criação de valas de escoamento para redirecionar as águas para os dispositivos de drenagem (6,82%), uso de jardins e chãos de terra para aumentar a proporção de áreas permeáveis (4,15%) e a utilização de válvulas para impedir o retorno de águas pluviais e/ou esgoto nos ralos em épocas de chuvas intensas (3,51%).

A população também relatou algumas consequências sofridas pela comunidade devido a ação de águas pluviais. Os alagamentos (21,41%) e a invasão de água de chuva nas casas (18,32%) foram os problemas mais citados, seguidos de erosão em ruas ou estradas vicinais e da invasão de vetores (mosquitos, ratos, baratas, entre outros) com aproximadamente 14% em ambos os casos. Outras consequências citadas foram deslizamentos de terra ou escorregamentos (5,75%), inundações em passagens molhadas, ruas ou estradas na área urbana (3,30%) e assoreamento nos leitos dos cursos naturais (0,96%).

A Figura 5 apresenta exemplos das medidas paliativas encontradas em atividades em campo, enquanto a Figura 6 demonstra alguns efeitos das consequências geradas pela ação das águas pluviais.



Figura 5: (a) Barreira em porta de residência no município de Casserengue/PB, (b) canaleta de escoamento de águas pluviais e (c) elevação de calçadas no município de Marizópolis/PB
Fonte: PMSB/PB (2021)



Figura 6: (a) Manchas de evento de inundação em parede de residência no município de Boa Vista/PB, (b) voçorocas no município de Alhandra/PB, (c) assoreamento no município de Ibiara/PB e (d) ponto de inundação em estrada vicinal no município de Santana de Mangueira/PB

Fonte: PMSB/PB (2021)

Na zona rural a problemática que afeta grande parte da população é o comprometimento de trechos das estradas vicinais e ruas em época de cheia devido a intersecção destas vias com o curso natural de rios e riachos intermitentes existentes. A construção de passagens molhadas é a solução mais utilizada para mitigar o efeito destas inundações, garantindo o acesso das comunidades a outras localidades, incluindo a sede municipal, onde estão localizados grande parte dos equipamentos públicos, como hospitais, escolas, grandes comércios, entre outros. Outros tipos de problemas envolvendo águas pluviais nestas áreas são pontuais, uma vez que as taxas de impermeabilização na zona rural são significativamente menores que as observadas nas áreas urbanas, implicando em maior infiltração do solo nestas áreas.

Os trechos das estradas vicinais que intersectam os cursos naturais foram analisados quanto ao volume de água que passa pelo local em épocas de cheia e o estado de conservação da via ou da passagem molhada existente. A partir desta análise, os pontos foram classificados como bom, mediano e ruim quanto ao grau da problemática. Com isso, foi possível determinar a porcentagem de pontos críticos em cada classe (bom, mediano ou ruim), considerando a soma destes como o total. Para o indicador, levou-se em consideração apenas a porcentagem daqueles considerados como ruins. A Figura 7 exhibe a espacialização deste indicador para todos os municípios estudados.

Há uma concentração maior de municípios de pequeno porte com mais de 60% dos pontos de intersecção em estado ruim na parte oeste da Paraíba, concentradas na microrregião e Espinharas. As microrregiões Litoral e Borborema abrangem majoritariamente municípios com menores proporções destes pontos críticos. Percebe-se que os municípios com as maiores proporções apresentam baixos valores em investimentos no manejo e drenagem das águas pluviais nos últimos quatro anos (Serra Grande, Olho d'Água, São José do Bonfim, Cuité de Mamanguape e Mãe d'Água).

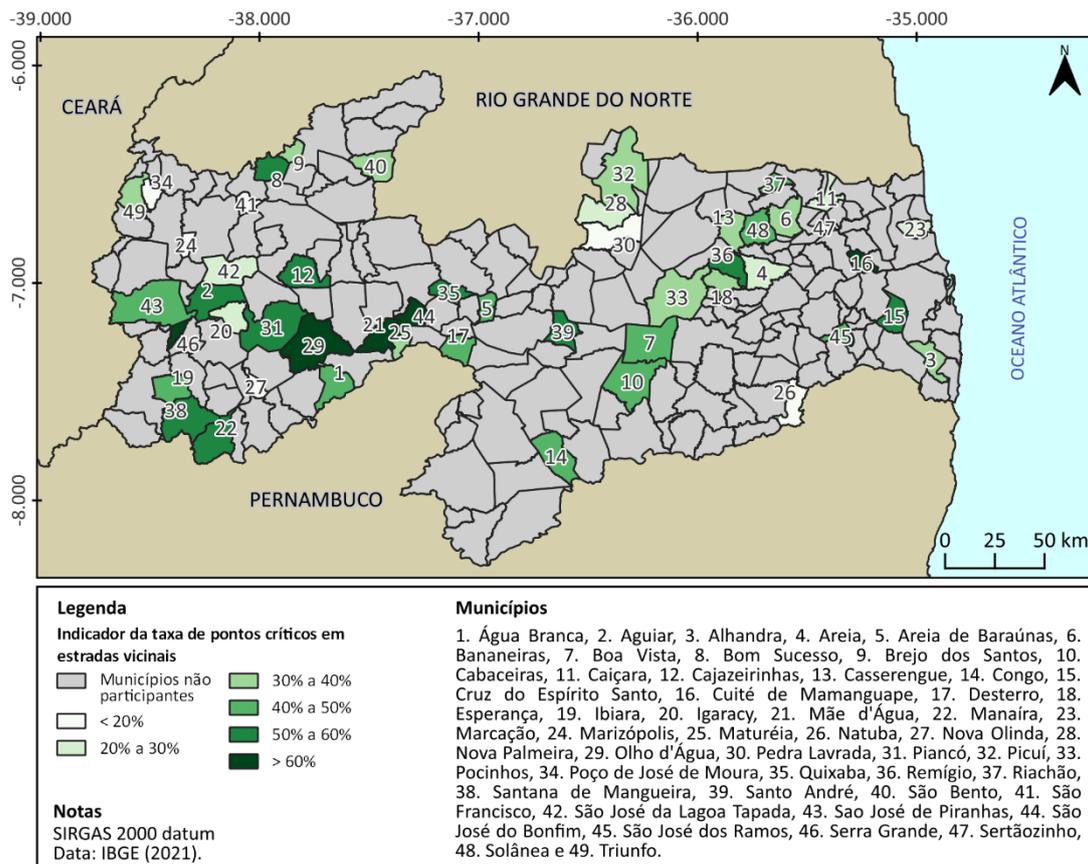


Figura 7: Espacialização da taxa de pontos críticos em estradas vicinais

Os municípios de Nova Olinda, Poço de José de Moura, São Francisco, Marizópolis, Natuba e Pedra Lavrada apresentam valores menores que 20% para este indicador. Para os três primeiros justifica-se os baixos valores pelo alto investimento nos últimos 4 anos para o setor. Em Natuba e Pedra Lavrada, os investimentos foram baixos no mesmo período. Entretanto, os municípios situados na parte leste do estado já apresentam melhores condições de infraestrutura em estradas vicinais, uma vez que o trânsito de caminhões para o escoamento da produção agrícola é elevado. O investimento para estas melhorias pode ter sido realizado em anos antecessores aos considerados neste estudo, o que comprova os baixos valores em investimento no setor nesta região do estado.

Nos questionários aplicados nas audiências públicas realizadas nas áreas rurais dos 49 municípios estudados perguntou-se sobre as condições das estradas vicinais que conectam as comunidades a outras localidades em épocas de chuvas intensas. A Figura 8 exhibe o gráfico destes dados. Nota-se que cerca de 65% da população rural entrevistada fica sem acesso a zona urbana ou a outras comunidades no período de cheias dos cursos naturais.

A Figura 9 apresenta a taxa de pavimentação de ruas com presença de meio-fio da área de estudo. Os municípios de Mãe d'Água, Poço de José de Moura, Santana de Mangueira e São Francisco apresentam as maiores taxas de pavimentação (superiores a 90%). Observa-se que os altos investimentos no setor de drenagem e manejo das águas pluviais nesses municípios possuem relação direta com o aumento da pavimentação. Além disso, nos demais municípios com taxas de pavimentação superiores a 50% observou-se uma maior susceptibilidade à ocorrência de alagamentos, uma vez que a redução da permeabilidade do solo propicia o aumento do escoamento das águas das chuvas.

Sua comunidade fica sem acesso à zona urbana em épocas de chuvas intensas?

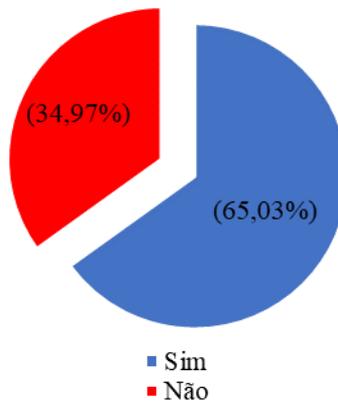


Figura 8: Resultados dos questionários aplicados na zona rural em audiências públicas realizadas nos 49 municípios

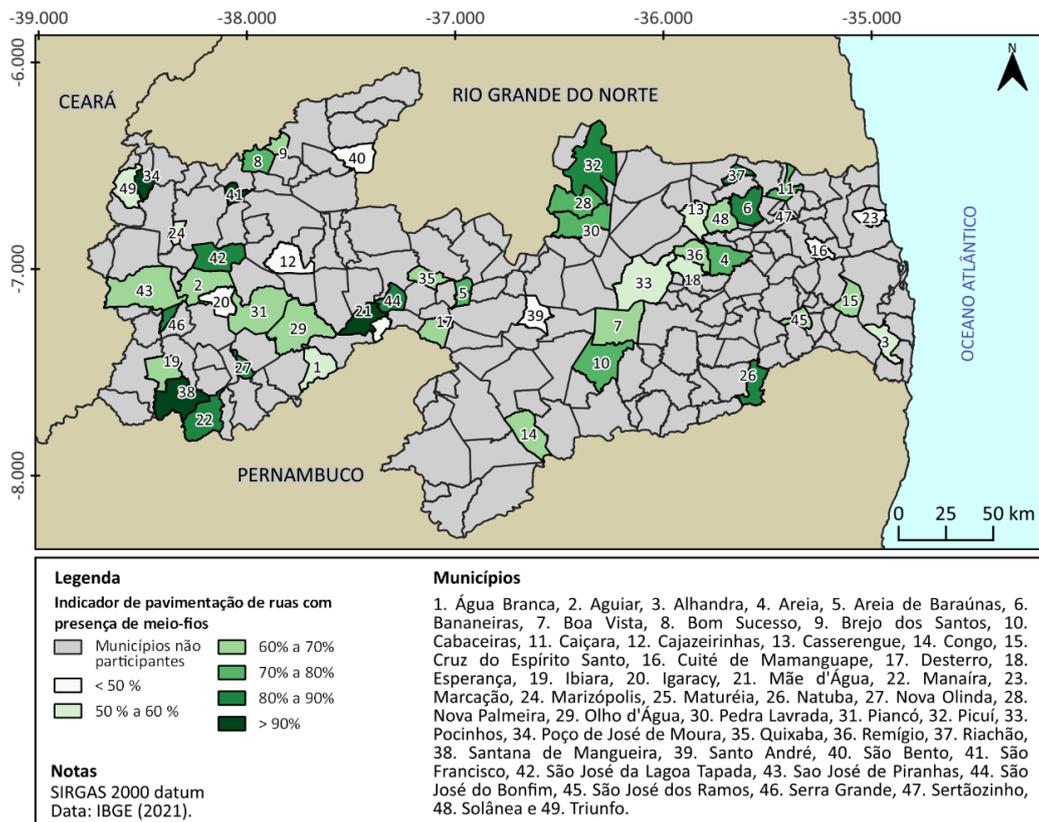


Figura 9: Taxa de pavimentação de ruas com presença de meio-fios.

Por outro lado, os municípios de Igaracy, Cajazeirinhas, Cuité de Mamanguape, Marcação, Maturéia, Santo André e São Bento apresentam as menores taxas de pavimentação. O município de Marcação destaque-se pelos baixos valores de taxa pavimentação (26,32%) e de investimento no setor (5,59 R\$/hab) que, por sua vez, justificam processos erosivos intensos provocados pelas águas de chuvas. Em Santo André, apesar dos altos investimentos (256,44 R\$/hab) no setor, o sistema de drenagem pode ser considerado deficitário devido à distribuição irregular dos serviços entre as áreas urbana e rural.

A infraestrutura de drenagem profunda convencional existente é abordada na Figura 10 que apresenta a porcentagem de ruas cobertas por esse sistema. Observa-se que os municípios Areia de Baraúnas, Brejo dos

Santos, Nova Palmeiras, Pedra Lavrada, Pocinhos e Santo André não possuem sistema de drenagem profundo. Em Areia de Baraúnas, a ausência de sistema de drenagem profundo aliada às altas taxas de pavimentação agravam os problemas relacionados às águas de chuvas. Nos demais municípios, as melhorias no cenário do setor de drenagem são sensíveis à gestão dos recursos financeiros e ao planejamento urbano.

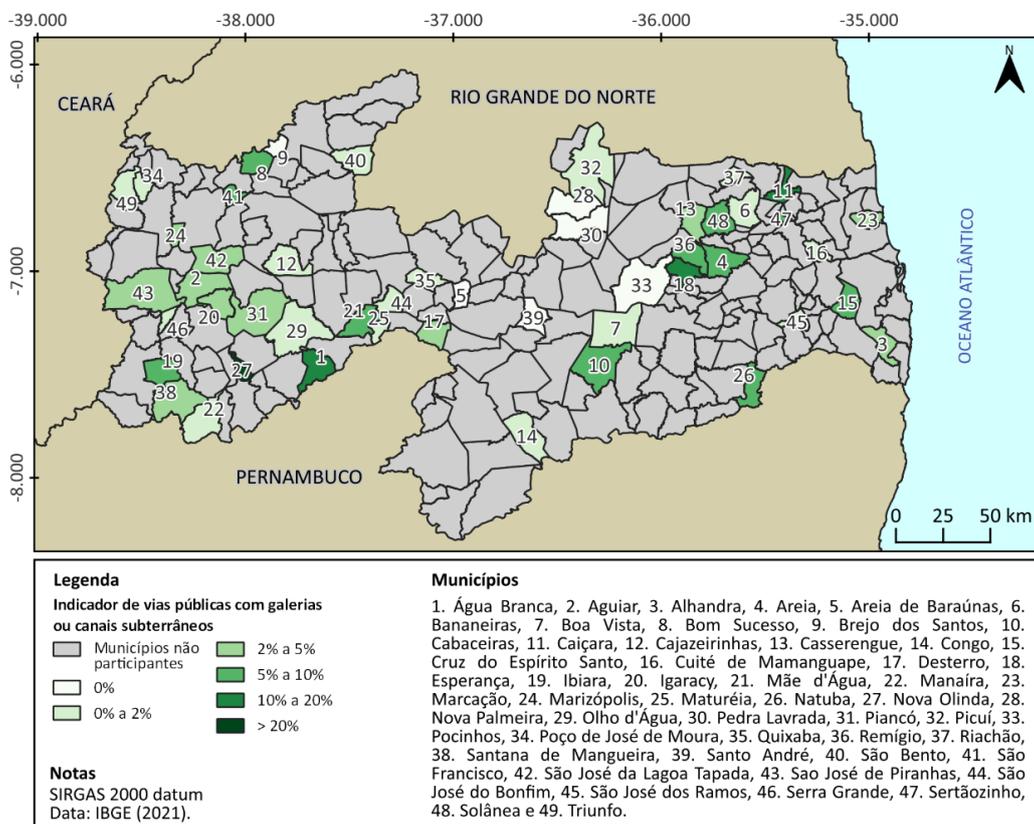


Figura 10: Vias públicas com galerias ou canais subterrâneos

Em Nova Olinda, a alta pavimentação do solo aumenta significativamente a susceptibilidade à ocorrência de alagamentos, embora possua a maior cobertura de vias públicas com galerias dentre os municípios analisados. Além disso, a ocupação de áreas urbanas com maiores convergências de relevo e próximas a corpos d'água intensificam os problemas envolvendo as águas de chuvas, como ocorre em Água Branca. Deste modo, a capacidade de suporte do sistema de drenagem é função do dimensionamento adequado e da manutenção contínua das infraestruturas devido ao crescimento dinâmico dos centros urbanos.

Quanto aos investimentos e gastos realizados com o serviço de Manejo e Drenagem de Águas Pluviais, utilizado para indicar a capacidade de manutenção e ampliação do acesso ao sistema, a Figura 11 apresenta a espacialização dos dados para os 49 municípios participantes. Observa-se a existência de áreas com padrão de baixo investimento (abaixo de 50 reais por habitante) em toda a microrregião do Litoral e na Borborema, nesta última, próximo aos municípios do Brejo, Curimataú e Seridó Paraibano.

As áreas identificadas na microrregião da Borborema coincidem com regiões que, devido ao terreno com relevo ondulado, possuem uma maior eficiência no escoamento superficial das águas de chuva e menor demanda pelo serviço de Drenagem de Águas Pluviais. Ao mesmo tempo por estarem próximos a costa do estado, os municípios da microrregião do Litoral apresentam um cenário de relevo plano e menor montante investido no último quadriênio, o que é ratificado pela maior ocorrência de eventos extremos relatada nas Figuras 3 e 7.

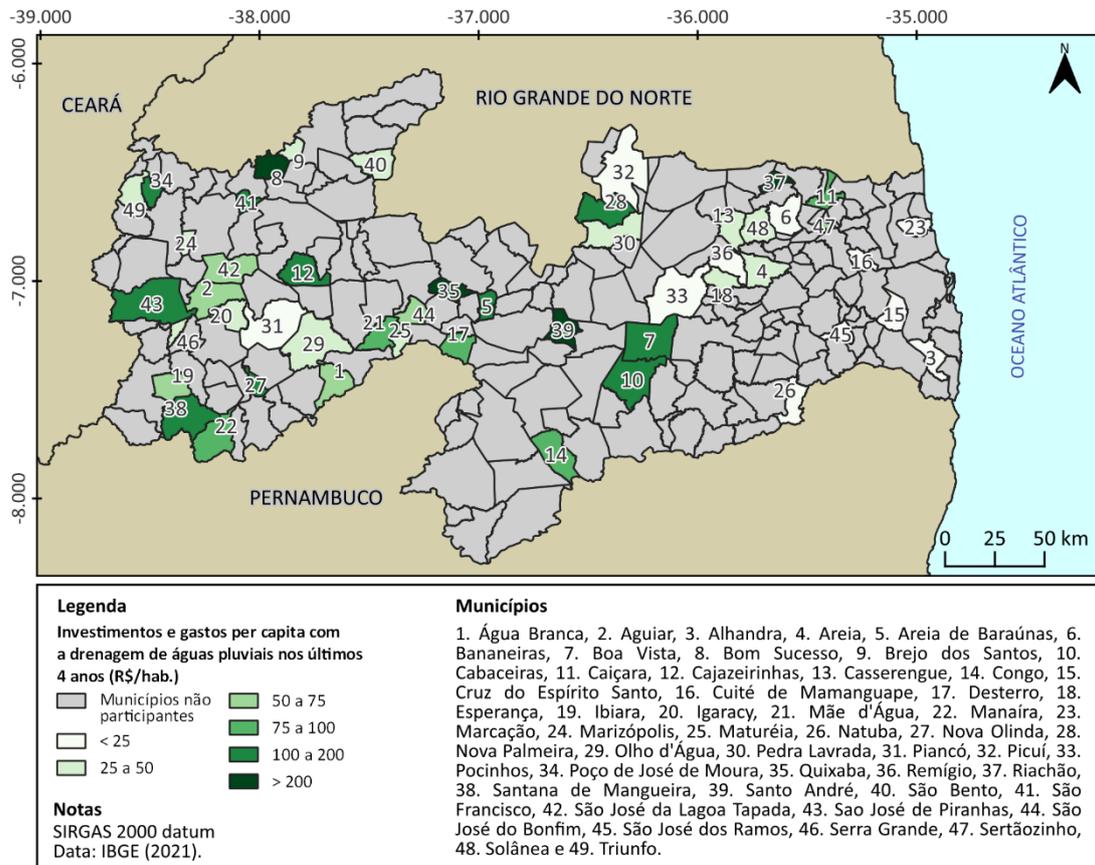


Figura 11: Espacialização dos investimentos e gastos per capita com a drenagem de águas pluviais nos últimos 4 anos

Também se percebe a existência de alto investimento per capita com o serviço (acima de 100 reais por habitante) nos municípios Quixaba, Areia de Baraúnas, Santo André, São José de Piranhas, Santana de Mangueira, Cajazeirinhas e Bom Sucesso, distribuídos pelas microrregiões Alto Piranhas, Espinharas e Borborema. A alta ocorrência de eventos extremos como alagamentos e inundações em estradas vicinais nesses municípios pode ser citada como causa para a maior necessidade de investimentos e gastos associados ao serviço.

Sob a perspectiva da saúde pública, o investimento em um serviço de drenagem de águas pluviais adequado contribui positivamente para a melhoria da saúde da população ao evitar o acúmulo de água que resulta na proliferação de vetores, além de servir como indicador na qualidade de vida das pessoas. Conforme o Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a), as doenças epidemiológicas ligadas à deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais são: leptospirose, doenças diarreicas agudas, hepatite A, sarampo, rubéola, tétano acidental, meningites, influenza, malária, febre amarela, filariose, dengue, shigelose e animais peçonhentos. A espacialização do indicador de média de internações por tais doenças nos últimos 10 anos encontra-se na Figura 12.

Observa-se que os resultados obtidos indicam uma correlação inversa entre os indicadores de investimentos e gastos per capita com a drenagem de águas pluviais e a média de internações de doenças relacionadas à drenagem inadequada, uma vez que a maior incidência dessas internações é encontrada nos municípios de Água Branca, Bom Sucesso, Brejo dos Santos, Piancó, São Bento e São José de Piranhas e nas regiões do Brejo, Curimataú e Seridó Paraibano, que recebem um menor investimento no serviço. Por outro lado, os municípios com menor taxa de internações das microrregiões do Alto Piranhas, Espinharas e Borborema apresentam um maior investimento no sistema de drenagem de águas pluviais.

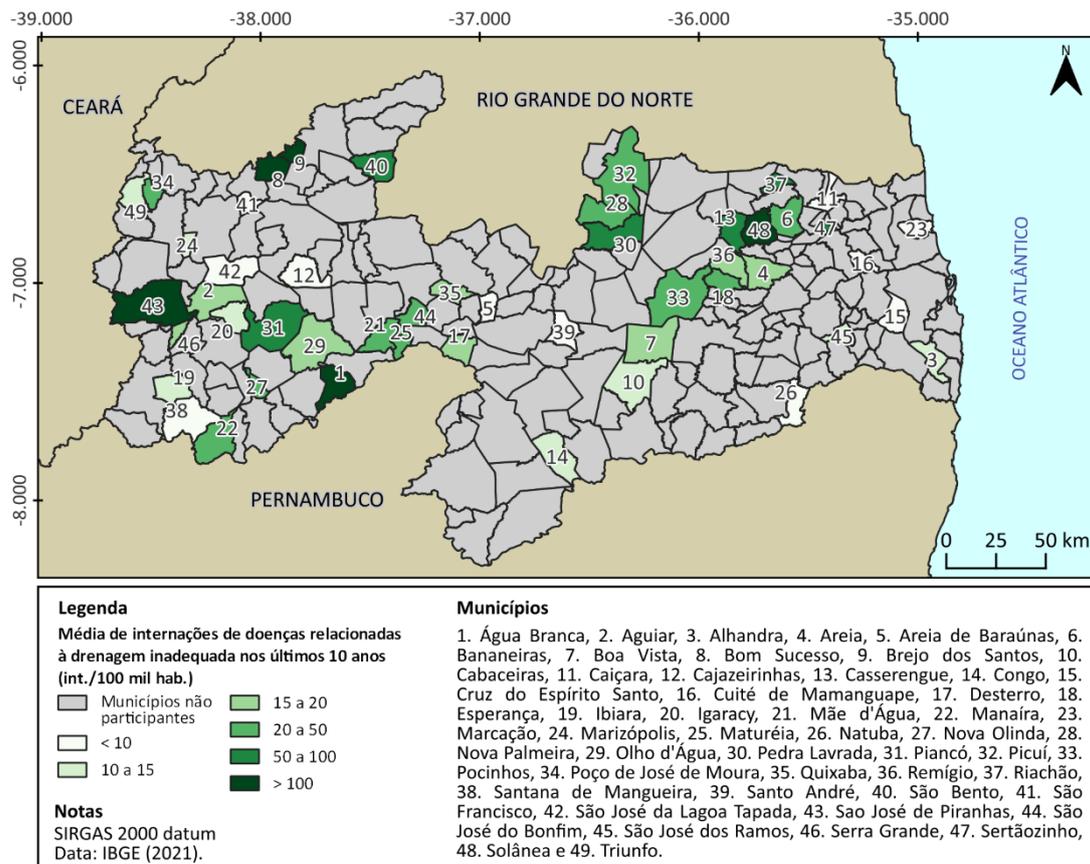


Figura 12: Espacialização da média de internações de doenças relacionadas à drenagem inadequada nos últimos 10 anos

Na microrregião do Litoral, percebe-se que não existe relação entre os indicadores. Nos municípios da região, o baixo nível de investimentos e gastos com o serviço de drenagem de águas pluviais não resulta em uma maior incidência de internações por doenças relacionadas à drenagem inadequada, o que pode ter sido motivado pelo solo de maior infiltração que evita a acumulação da água da chuva ou pela maior cobertura do sistema de drenagem de águas pluviais nestes municípios.

CONCLUSÕES

O panorama dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, visualizado de forma espacializada e integrada para todo o estado, permitiu um melhor conhecimento do grau de infraestrutura implantada, do índice de investimentos em drenagem, da relação entre saúde pública e o manejo das águas pluviais, da taxa de alagamentos no perímetro urbano e o comprometimento de estradas vicinais em períodos de cheia de riachos e rios.

Foram identificados pontos de alagamentos na área urbana dos municípios contemplados utilizando álgebra de mapas para elaboração de um indicador. A espacialização deste indicador mostrou que não há uma relação direta entre a ocorrência de alagamentos e a microrregião em que estes municípios se encontram. Tal ocorrência de alagamentos na área urbana está ligada com a convergência e declividade do terreno, na maioria dos casos, sendo intensificado pela ausência de elementos de drenagem profunda.

Os municípios situados na porção oeste do estado apresentam mais problemas na infraestrutura relacionados a uma maior presença de pontos críticos, enquanto os municípios das microrregiões Litoral e Borborema têm proporções menores. Foi observado que, durante as chuvas intensas, cerca de 65% da população rural entrevistada tem o acesso comprometido a outras localidades. Quanto à pavimentação das vias urbanas, o indicador mostra que altas taxas implicam em maiores taxas de susceptibilidade a alagamentos devido à

redução da permeabilidade do solo. O mesmo acontece em parte dos municípios que não possuem o sistema de drenagem profundo.

Os dados sobre os investimentos e gastos realizados pelos municípios participantes do estudo em relação ao serviço de Manejo e Drenagem de Águas Pluviais mostram que algumas áreas, como a microrregião do Litoral e a Borborema, possuem baixos investimentos nesse serviço. A região da Borborema, por ter relevo ondulado, possui uma maior eficiência no escoamento superficial das águas de chuva, o que reduz a demanda pelo serviço de drenagem de águas pluviais. Ao comparar este indicador com o de média de internações, nota-se uma relação inversamente proporcional em três das microrregiões, comprovando que o investimento no setor de drenagem implica em melhorias para a saúde pública.

Os resultados indicam a necessidade de implementação de medidas de gestão de águas pluviais, como a implantação de dispositivos de drenagem profunda, para minimizar os problemas de alagamento em áreas específicas dos municípios estudados. Ademais, a incorporação dos dados coletados junto à população possibilita uma análise mais realista dos problemas de drenagem recorrentes nos municípios, o que pode auxiliar os gestores e tomadores de decisões na redução de possíveis prejuízos financeiros oriundos de danificações em infraestruturas e na garantia de melhoria do bem-estar da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2020.
2. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2007b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>.
3. Carcará, M. S. M.; Silva, E. A. S.; Moita Neto, J. M. Saneamento básico como dignidade humana: entre o mínimo existencial e a reserva do possível. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 3, p. 493-500, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019183905>.
4. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED). Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 -Volume Paraíba. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2 ed., 105 p, 2013.
5. Chen, Y.; Zhou, H.; Zhang, H.; Du, G.; Zhou, J. Urban flood risk warning under rapid urbanization. *Environmental Research*, v. 139, p. 3-10, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.02.028>.
6. Díaz, R. R. L.; Nunes, L. R. A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil. *Revista de Direito da Faculdade Guanambi*, Guanambi, v. 7, n. 2, p. 1-23, 2020. <https://doi.org/10.29293/rdfg.v7i02.292>.
7. Franco, R.; Barra, B.; Gomes, U. Universalização do saneamento básico: uma análise da abordagem de territórios rurais em Planos Municipais de Saneamento Básico do Brasil. *Revista DAE*, v. 70, n. 235, p. 113-126, 2022. <https://doi.org/10.36659/dae.2022.024>
8. Guerra, S.; Vêras, R. Novo marco regulatório do saneamento. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, v. 12, n. 1, p. 196-215, 2021.
9. Medeiros, E.; Lima, R.; Olinda, R.; Santos, C. Modeling Spatiotemporal Rainfall Variability in Paraíba, Brazil. *Water*, v. 11, n. 1843, p. 1-16, 2019. <https://doi.org/10.3390/w11091843>
10. Nunes, C.; Borja, P. Estimativas de investimentos em Planos Municipais de Saneamento Básico: uma análise crítica. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 7, n. 1, p. 122-137, 2019. <https://doi.org/10.9771/gesta.v7i1.29432>
11. PARAÍBA. Lei Complementar nº 168, de 21 de julho de 2021. Institui as Microrregiões de Água e Esgoto do Alto Piranhas, do Espinharas, da Borborema e do Litoral e suas respectivas estruturas de governança. João Pessoa: Diário Oficial, 2021. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-dos-recursos-hidricos-e-do-meio-ambiente/arquivos/LEICOMPLEMENTAR1682021MICRORREGIOESPARAIBA.pdf>>.
12. PLANSAB. Plano Nacional de Saneamento Básico. Caderno temático 3. Recuperação energética de resíduos sólidos urbanos. 2019. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab/3-CadernotematicoRecuperacaoEnergeticadeRSU.pdf>.



13. PMSB. Plano Municipal de Saneamento Básico da Paraíba. 2022. Available online: <https://pmsb-funasa.uaec.ufcg.edu.br/index.php/municipios> (accessed on 22 September 2022).
14. Ribeiro, B. C.; Bin, A.; Serafim, M. P. Innovation dynamics of the state basic sanitation companies. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 2, p. 305-314, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200396>.
15. Santos, C.; Brasil Neto, R.; Silva, R.; Costa, S. Cluster Analysis Applied to Spatiotemporal Variability of Monthly Precipitation over Paraíba State Using Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Data. *Remote Sensing* v. 11, n. 637, 2019. <https://doi.org/10.3390/rs11060637>.
16. Santos, G. R.; Kuwajima, J. I.; Santana, A. S. Texto para discussão: regulação e investimento no setor de saneamento no Brasil: trajetórias, desafios e incertezas. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Rio de Janeiro, 2020. <http://dx.doi.org/10.38116/td2587>.
17. Silva, J.; Feitosa, M.; Soares, A. O desmonte da estatalidade brasileira no caso da política pública de saneamento e a falácia da regionalização como vetor de desenvolvimento regional. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 24, e202212, p. 1-26, 2022. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202212>
18. Zhou, Q.; Leng, G.; Su, J.; Ren, Y. Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. *Science of the Total Environment*, v. 658, p. 24-33, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.184>.