



GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À SAÚDE PÚBLICA: FERRAMENTAS PARA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL E APOIO À TOMADA DE DECISÃO

Clístenes Pamplona Catete¹, Hugo de Souza Ferreira², Ricardo José de Paula Souza e Guimarães³, Kelly Gonçalves da Costa⁴, Fernando Henrique Gava⁵, Christian Nunes da Silva⁶, Luis Henrique Rocha Guimarães⁷



<https://doi.org/10.36557/2009-3578.2025v11n2p8811-8840>

Artigo recebido em 11 de Outubro e publicado em 11 de Dezembro de 2025

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

Este artigo tem por objetivo avaliar as aplicações das geotecnologias na vigilância em saúde, identificar lacunas metodológicas e operacionais nas práticas correntes e propor recomendações mínimas de procedimentos para aprimorar a qualidade do georreferenciamento, a reprodutibilidade das análises e a efetividade da priorização territorial. A partir de revisão bibliográfica e de estudos de caso empíricos, demonstrou-se que ferramentas como SIG, sensoriamento remoto, geoprocessamento, GNSS e WebGIS permitem integrar bases ambientais, demográficas, socioeconômicas e sanitárias e produzir mapas e indicadores espaço-temporais que evidenciam padrões epidemiológicos relevantes. Nas aplicações locais, as análises espaciais revelaram padrões diferenciados, concentração de casos na sede municipal, dispersão associada a eixos viários e heterogeneidade em áreas insulares, que subsidiaram interpretações ecoepidemiológicas e a identificação de áreas críticas. Ao mesmo tempo, o trabalho documentou limitações operacionais persistentes como incompletude e baixa precisão das coordenadas nas fichas de notificação, subnotificação, falta de protocolos padronizados e escassez de pipelines reprodutíveis e de capacitação técnica nas secretarias de saúde. Conclui-se que as geotecnologias são instrumentos essenciais para monitoramento, prevenção e controle de agravos, mediante padronização do georreferenciamento, capacitação contínua de equipes e adoção de fluxos reprodutíveis (scripts/processos) que conectam dados e decisões territoriais.

Palavras-chave: Geotecnologias; Saúde pública; Análise espacial



GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO PUBLIC HEALTH: TOOLS FOR SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS AND DECISION-MAKING SUPPORT

ABSTRACT

This article aims to evaluate the applications of geotechnologies in health surveillance, identify methodological and operational gaps in current practice, and propose minimum procedural recommendations to improve the quality of georeferencing, the reproducibility of analyses, and the effectiveness of territorial prioritization. Based on a literature review and empirical case studies, we show that tools such as GIS, remote sensing, geoprocessing, GNSS, and WebGIS enable the integration of environmental, demographic, socioeconomic, and health databases to produce maps and spatiotemporal indicators that reveal relevant epidemiological patterns. In local applications, spatial analyses revealed distinct patterns, case clustering in municipal centers, dispersion associated with transport corridors, and heterogeneity in insular areas, which supported eco-epidemiological interpretations and the identification of priority areas. At the same time, we documented persistent operational limitations, including incomplete and low-precision coordinates in notification forms, underreporting, the absence of standardized protocols, and a shortage of reproducible workflows and technical training within health authorities. We conclude that geotechnologies are essential for monitoring, preventing, and controlling adverse health events, provided that georeferencing is standardized, staff receive continuous training, and reproducible workflows (e.g., scripts and procedures) that connect data to territorial decision-making are adopted.

Keywords: Geotechnologies; Public health; Spatial analysis

¹ Instituto Evandro Chagas (IEC). E-mail: clistenescatete@iec.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9452-3747>

² Faculdade Anhanguera, de São Paulo e técnico em Cartografia do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM). E-mail: hugo.ferreira@cprm.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1449-2504>

³ Tecnologista Senior em Geoprocessamento no Instituto Evandro Chagas/SVSA/MS. E-mail: ricardojpsg@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5767-4765>

⁴ Secretaria de Saúde do Estado do Pará (Entomologia e Geoprocessamento). E-mail: kellygcb@yahoo.com.br. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-6011-9679>

⁵ Doutor em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: fhgava@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0488-6342>.

⁶ Professor do Núcleo de Meio Ambiente da Universidade Federal do Pará (NUMA/UFPA). E-mail: cnunes@ufpa.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7753-5394>

Autor correspondente: *Fernando Henrique Gava, fhgava@hotmail.com*

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUÇÃO

A epidemiologia constitui-se como um campo de conhecimento que tem por objetivo compreender e explicar o processo saúde-doença tanto em indivíduos quanto em populações, reconhecendo que esse processo é multifatorial e condicionado por fatores biológicos, ambientais, econômicos e pela organização dos serviços de saúde. Nessa perspectiva, a saúde é compreendida para além da simples ausência de doenças, sendo concebida como um estado que, no nível individual, pressupõe a percepção de bem-estar físico, mental e social. No território, espaço concreto onde as pessoas vivem, trabalham, estudam e consomem, que se expressam as condições de vida dos diferentes grupos sociais, os quais enfrentam desafios, necessidades e desigualdades. Por essa razão, que a situação de saúde de uma população em determinado território é definida não apenas pela ocorrência de problemas e necessidades em saúde, mas também pelas respostas sociais mobilizadas diante dessas adversidades (BRASIL, 2006).

De acordo com Daniel (2013), as ações humanas sobre o meio ambiente, ao promoverem alterações nos ecossistemas naturais, geram desequilíbrios ecológicos que favorecem o surgimento de doenças associadas à poluição e à contaminação da água, do solo e do ar. A expansão desordenada das áreas urbanas e a invasão de ecossistemas naturais expõem as populações ao contato com organismos patogênicos antes restritos à fauna silvestre. A supressão de vegetação e a destruição de habitats de animais e insetos forçam essas espécies a se adaptarem ao ambiente urbano ou periurbano, tornando o ser humano parte dos ciclos reprodutivos de agentes patogênicos que antes tinham como hospedeiros exclusivos os animais silvestres.

Nesse contexto, as geotecnologias surgem como ferramentas estratégicas para a integração e análise de informações epidemiológicas, ambientais, sociais, econômicas, demográficas e culturais, que têm promovido avanços significativos na pesquisa científica, no planejamento territorial, na gestão ambiental e em múltiplos campos do conhecimento (FITZ, 2008). Para Tôsto et al. (2014), as geotecnologias englobam um conjunto de técnicas e métodos científicos aplicados à análise, ao monitoramento e à conservação dos recursos naturais, sendo caracterizadas pelo uso da informação espacial, em diferentes escalas de análise.



Essas tecnologias são constituídas por um aparato técnico complexo capaz de armazenar, manipular, modelar e representar informações geográficas e imagens digitais. Desse universo tecnológico, fazem parte ainda o geoprocessamento, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto (SR) e os sistemas GNSS, como o GPS (EUA), Glonass (Rússia), Galileo (União Europeia) e Compass (China) (LATUF *et al.*, 2017; Z Aidan, 2017).

As aplicações das geotecnologias são amplas e interdisciplinares, indo do monitoramento ambiental ao planejamento e à gestão em saúde (Fitz, 2008). Entretanto, a utilidade operacional dessas ferramentas esbarra em limitações práticas recorrentes: baixa completude e precisão das coordenadas nas fichas epidemiológicas e a ausência de protocolos e pipelines reprodutíveis que integrem dados heterogêneos. Essas deficiências reduzem a sensibilidade das análises espaciais e comprometem a conversão de resultados em decisões de vigilância eficazes.

As geotecnologias, portanto, possuem aplicações interdisciplinares, amplamente utilizadas em diferentes áreas do conhecimento e do trabalho técnico-científico (FITZ, 2008). Seus usos vão desde o monitoramento ambiental (vegetação, relevo, hidrografia, geomorfologia, clima e solos) até atividades humanas como infraestrutura, socioeconomia, agronegócio, mineração e saúde. Além disso, os métodos de análise espacial vinculados ao geoprocessamento são ferramentas fundamentais na gestão ambiental, sendo aplicados em estudos de impacto ambiental, recuperação de áreas degradadas, monitoramento e avaliação de riscos, especialmente em unidades de conservação, bacias hidrográficas, áreas costeiras e zonas urbanas (FILHO, 2013).

No campo da saúde, é realizada com eixo central para o mapeamento de doenças no espaço e no tempo, em que cada enfermidade é estudada de maneira específica, considerando suas causas, vetores, contextos e efeitos. A análise de situação de saúde é intrinsecamente espacial, e os estudos sobre saúde e ambiente em diferentes escalas territoriais (nacional, estadual e municipal) contribuem para o aprimoramento do intercâmbio entre instituições e para a democratização do acesso à informação, por meio da divulgação de dados georreferenciados à população (BARCELLOS *et al.*, 2002).

A crescente disponibilidade de dados georreferenciados provenientes de



sistemas de notificação em saúde, sensoriamento remoto e bases censitárias cria oportunidades inéditas para a vigilância territorial. No entanto, limitações com baixa completude e precisão das coordenadas nas fichas epidemiológicas e a ausência de protocolos e pipelines reprodutíveis reduzem a utilidade operacional dessas tecnologias e comprometem a detecção precoce de padrões espaço-temporais. Diante disso, é necessário consolidar práticas metodológicas e procedimentos operacionais que aumentem a confiabilidade analítica e a capacidade de tradução dos resultados espaciais em decisões de vigilância..

É importante destacar que novas investigações serão cada vez mais necessárias, em especial da medicina e das tecnologias da informação, que, por consequência, ampliam o papel e o potencial das geotecnologias. A crescente disponibilidade de dados georreferenciados provenientes de sistemas de notificação em saúde, sensoriamento remoto e bases censitárias cria oportunidades inéditas para a vigilância territorial. No entanto, limitações com baixa completude e precisão das coordenadas nas fichas epidemiológicas e a ausência de protocolos e pipelines reprodutíveis reduzem a utilidade operacional dessas tecnologias e comprometem a detecção precoce de padrões espaço-temporais.

Diante disso, é necessário consolidar práticas metodológicas e procedimentos operacionais que aumentem a confiabilidade analítica e a capacidade de tradução dos resultados espaciais em decisões de vigilância. Assim, este artigo tem como objetivo avaliar as aplicações das geotecnologias na vigilância em saúde, identificar lacunas metodológicas e operacionais nas práticas correntes e propor recomendações mínimas de procedimentos para aprimorar a qualidade do georreferenciamento, a reprodutibilidade das análises e a efetividade da priorização territorial.

ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS EM SAÚDE PÚBLICA

A análise espacial de dados em saúde pública tem como um de seus marcos históricos mais significativos o episódio ocorrido no século XIX, especificamente no ano de 1854, com a atuação do médico britânico John Snow, reconhecido como o "pai da epidemiologia moderna" (FRERICHS, 2001). Naquele contexto, uma grave epidemia de cólera atingiu o distrito de Soho, na cidade de Londres, Inglaterra, causando elevada



mortalidade e intensa preocupação pública. Ao analisar a situação de saúde vivida pela população local, Snow decidiu aplicar uma abordagem inovadora para a época: mapeou as residências das vítimas fatais da doença e localizou geograficamente as bombas de abastecimento de água (poços) que atendiam essas moradias.

Por meio da espacialização desses dados em um croqui produzido manualmente, esboço desenhado à mão livre (Figura 1), John Snow foi capaz de identificar padrões de concentração dos casos e inferir a relação entre o consumo de água contaminada e a propagação do cólera, cuja etiologia ainda era desconhecida naquele momento. Sua análise, ainda que realizada com recursos empíricos, representou uma ruptura metodológica e lançou as bases da epidemiologia espacial, ao articular observação clínica, análise territorial e representação cartográfica na investigação de um problema de saúde pública.

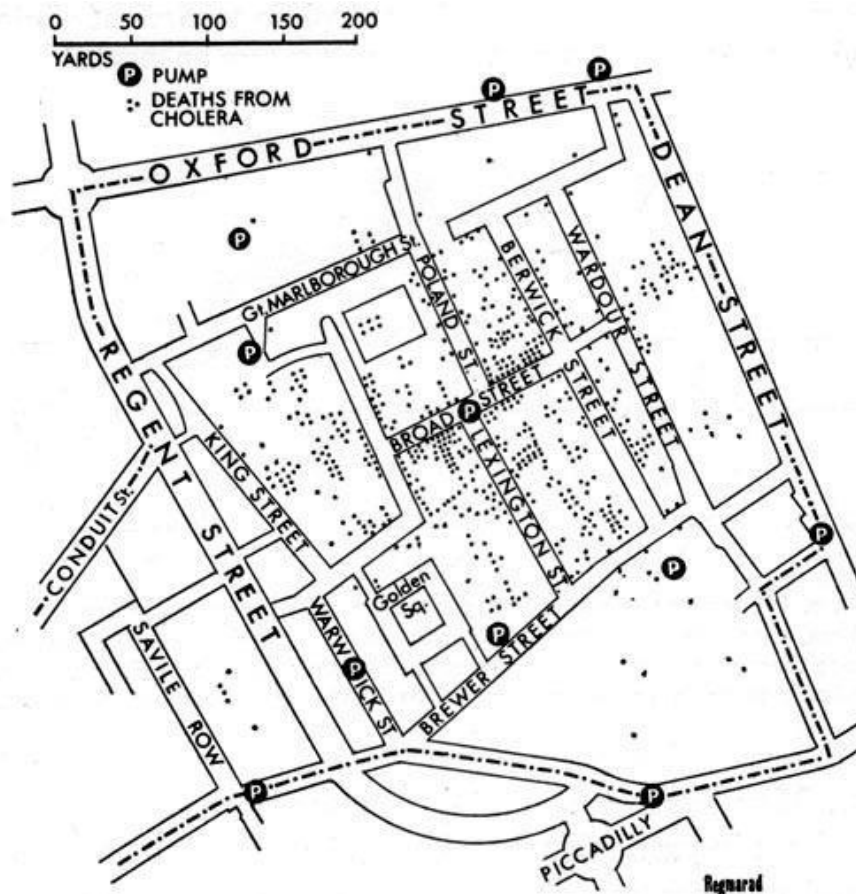


Figura 1. Croqui da distribuição espacial dos óbitos por cólera (pontos pretos) e a bomba d'água (poços) (p envolto por círculo preto, no distrito de Soho/Londres, Inglaterra, em 1854. Fonte: FRERICHS (2001).



Esse episódio não apenas contribuiu de forma decisiva para o entendimento da dinâmica de disseminação do cólera, como também antecipou, ainda que de forma empírica, uma das funções mais relevantes das geotecnologias contemporâneas: a análise espacial de dados de saúde¹, articulando o território como elemento central na compreensão dos processos saúde-doença.

A análise da distribuição geográfica de agravos à saúde e sua relação com potenciais fatores de risco desempenha um papel essencial em diversos tipos de estudos epidemiológicos (BAILEY, 2001). Tais procedimentos estão associados a diferentes categorias de análise espacial, as quais contribuem para a elaboração de pareceres técnicos mais robustos, promovendo avaliações mais criteriosas nas mediações de saúde pública (CARVALHO e SANTOS, 2005), como no método de espacialização de informações por croqui utilizado por John Snow em sua investigação pioneira sobre o cólera. Segundo Gouveia (1998), o croqui pode ser compreendido como o registro imediato de uma imagem mental, caracterizando-se por ser um desenho rápido, expressivo e espontâneo, com baixo nível de detalhamento, mas que permite representar alternativas e hipóteses visuais de análise.

Na atualidade, o campo da epidemiologia tem se beneficiado amplamente das geotecnologias, como os sistemas GNSS, que permitem a coleta precisa de coordenadas em campo, indexando dados epidemiológicos para correlação com características territoriais, podendo ser correlacionados com as características físicas, ambientais e sociais do território investigado.

O sensoriamento remoto também se destaca nesse contexto pois fornece imagens digitais de satélites ou drones, facilitando a integração de variáveis ambientais com indicadores de saúde e permitindo análises multitemporais em grandes extensões territoriais (FITZ, 2008). Essas imagens possibilitam a visualização sinóptica e multitemporal das áreas de estudo, permitindo analisar a evolução de doenças ao longo do tempo e em grandes extensões territoriais, o que contribui significativamente para a compreensão de sua dinâmica de disseminação (FLORENZANO, 2007).

¹ Análise espacial de dados geográficos: A ênfase da análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos levando em conta a localização espacial em estudo de forma explícita (Druck et al., 2004).



Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem ambientes computacionais de geoprocessamento que integram dados de múltiplas fontes em bancos georreferenciados (CÂMARA et al., 2001). Ao organizar informações em feições espaciais (pontos, linhas, polígonos) e atributos tabulares, os SIG viabilizam consultas espaciais complexas baseadas na incidência de agravos, infraestrutura sanitária, dados populacionais e outras variáveis relevantes (PINA, 1998). Essa integração permite análises do comportamento espaço-temporal de doenças, direcionando pesquisas sobre patógenos, vetores, hospedeiros e fatores comportamentais (BONITA, 2010).

Nesse sentido, o uso dessas tecnologias pode reduzir lacunas de conhecimento local, ao agregar dados epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos às análises espaciais. Como resultado, esse enfoque tem desencadeado novas frentes de pesquisa setorial, voltadas à investigação de patógenos, vetores, hospedeiros e aspectos comportamentais relacionados às condições do ecúmeno, ou seja, das áreas efetivamente ocupadas pela humanidade (BONITA, 2010).

Uma geotecnologia emergente que tem ganhado visibilidade crescente é a dos SIGWEB ou WebGIS, que permitem a visualização, manipulação e armazenamento de mapas em ambiente web (SILVA, 2020). Durante a pandemia de COVID-19, essas ferramentas adquiriram relevância mundial, ao viabilizarem a disseminação de dados em tempo real sobre a localização, dispersão e intensidade da doença nos diferentes continentes, por meio de interfaces acessíveis e interativas.

Assim, as geotecnologias consolidam-se como instrumentos metodológicos fundamentais para a análise espacial em saúde pública, oferecendo subsídios para gestão, monitoramento e intervenções territorializadas quando adequadamente implementadas pelos serviços de saúde

SISTEMAS DE DADOS EM SAÚDE PÚBLICA E A RELAÇÃO COM AS GEOTECNOLOGIAS

A produção de informações em saúde pública apoia-se em fontes primárias, coletadas diretamente, como as fichas de investigação do SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação) e, em fontes secundárias, produzidas por instituições



especializadas, como dados demográficos do IBGE (CUNHA e VARGENS, 2017). Entre os sistemas do SUS, destacam-se o SINAN (notificações), SIM (mortalidade), SINASC (nascidos vivos), SIVEP (vigilância da malária), SIH (internações) e SISAB (atenção básica), que constituem a base para diagnósticos situacionais e análises epidemiológicas (Quadro 1).

No Quadro 1, são apresentados alguns sistemas de informação em saúde pública do Sistema Único de Saúde (SUS).

Quadro 1: Sistemas de informações em saúde.

Nome	Fonte	Principais informações	Endereços na WEB
SINAN- Sistema de Informações de Agravos de Notificação Compulsória	Fichas de notificação e investigação de doenças	Características clínicas e epidemiológicas das doenças de notificação compulsória	https://portalsinan.saude.gov.br/
SIVEP- Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica Malária	Fichas de notificação de casos de malária	Características clínicas e epidemiológicas dos casos de malária	http://sivepmalaria.saude.gov.br/sivep_malaria/
SIM- Sistema de Informação de Mortalidade	Declaração de óbito	Causa básica do óbito, dados demográficos, local de ocorrência e residência e características de óbitos fetais	http://sim.saude.gov.br/default.asp
SINASC- Sistema de Informação de Nascidos Vivos	Declaração de nascido vivo	Características da mãe (residência, idade, escolaridade), da criança (sexo, cor, peso, Apgar), da gestação (duração, tipo) e do parto	http://sinasc.saude.gov.br/default.asp
SIH- Sistema de Informações Hospitalares	Internações hospitalares públicos e conveniados ao SUS	Características do paciente (sexo, idade, residência) e da internação (CID, procedimentos, duração da internação, valor)	http://sihd.datasus.gov.br/principal/index.php
SISAB- Sistema de Informações da Atenção Básica	Fichas da Estratégia Saúde da Família (ESF)	Cadastro de famílias, condições de moradia e saneamento, situação de saúde (hipertensos, diabéticos, portadores de tuberculose), acompanhamentos	https://sisab.saude.gov.br/

Fonte: Adaptado de Ribeiro e Barata (2012).

O SINAN é amplamente utilizado na vigilância epidemiológica, por se tratar de



um sistema homogêneo que registra os casos notificados de doenças e agravos de notificação compulsória em âmbito nacional. Porém sofre limitações importantes, subnotificação e incompletude de campos, especialmente os de localização espacial. Isso se deve ao fato de que, em sua estrutura de dados (matriz), esses sistemas incluem campos específicos para o endereço do paciente e dois campos geográficos destinados a coordenadas, no entanto frequentemente ficam em branco, comprometendo a precisão espacial e a aplicabilidade de análises geoespaciais mais robustas .

A Figura 2 ilustra um exemplo de ficha de investigação/notificação da doença de Chagas aguda, extraída do SINAN. No total, há 30 campos temáticos de investigação, como: Unidade Federativa (UF), município de residência, código do IBGE, distrito, bairro, logradouro (rua, avenida etc.), número, complemento (apartamento, casa), campos geográficos (Geo campo 1 e Geo campo 2), código postal (CEP) e zona de localização (urbana ou rural). No entanto, é importante destacar que os campos Geo campo 1 e Geo campo 2, que deveriam representar a localização geográfica exata do paciente, por meio de coordenadas geográficas (latitude e longitude), tanto do local de residência quanto do possível local de infecção, geralmente não são preenchidos pelas equipes das secretarias de saúde, o que compromete a qualidade da informação espacial e limita sua utilização em análises geoespaciais mais precisas.



GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À SAÚDE PÚBLICA: FERRAMENTAS PARA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL E APOIO À TOMADA DE DECISÃO

Catete et. al.

República Federativa do Brasil
Ministério da Saúde

SINAN
SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO
FICHA DE INVESTIGAÇÃO DOENÇA DE CHAGAS AGUDA

Nº _____

CASO SUSPEITO:
- Febre prolongada (>7 dias) e quadro clínico sugestivo de DCA, na presença de dados epidemiológicos compatíveis, como: residente ou visitante de área com ocorrência de triatomíneos; ou antecedente recente de transfusão sanguínea ou transplante de órgão; ou ingestão de alimento suspeito de contaminação pelo T.cruzi; ou recém nascido de mãe infectada.

CASO CONFIRMADO:
a- Critério laboratorial: paciente com exame parasitológico direto positivo com ou sem sintomas OU sorologia positiva com anticorpos anti T. cruzi classe IgM no sangue periférico OU sorologia positiva com anticorpos da classe IgG, com alteração na concentração de pelo menos três títulos em um intervalo mínimo de 21 dias em amostras pareadas OU achados necroscópicos positivos.
b- Critério clínico-epidemiológico: vínculo epidemiológico com casos confirmados de DCA em surtos da doença.

Dados Gerais	1	Tipo de Notificação		2 - Individual			
	2	Agravado/doença		3	Data da Notificação		
	3		Código (CID10)		B 57.1		
Dados de Residência	4	UF	5	Município de Notificação	Código (IBGE)		
	6	Unidade de Saúde (ou outra fonte notificadora)		Código	7	Data dos Primeiros Sintomas	
Notificação Individual	8	Nome do Paciente			9	Data de Nascimento	
	10	(ou) Idade	11	Sexo M - Masculino <input type="checkbox"/> F - Feminino <input type="checkbox"/> I - Ignorado	12	Gestante	
	13		Raça/Cor		14		Escolaridade
	15		Número do Cartão SUS		16		Nome da mãe
	17		UF		18		Município de Residência
Dados de Residência	19		Código (IBGE)		20		Bairro
	21		Logradouro (rua, avenida,...)		22		Número
	23		Complemento (apto., casa, ...)		24		Geo campo 1
	25		Geo campo 2		26		Ponto de Referência
	27		CEP		28		(DDD) Telefone
	29		Zona		30		País (se residente fora do Brasil)

Figura 2. Modelo de ficha de investigação/notificação epidemiológica da doença de chagas, extraída do SINAN. Fonte: Sinan (2023).

Durante a realização desta pesquisa, observou-se que, nos registros de eventos em saúde pública, a informação sobre a localização geográfica dos casos frequentemente não é inserida nas fichas de notificação, como as do SINAN, tampouco em outros sistemas correlatos. Essa constatação revela uma possível lacuna técnica por parte das secretarias de saúde, que, em muitos casos, não dispõem da capacitação necessária para realizar o georreferenciamento por meio do lançamento de coordenadas geográficas (latitude e longitude) ou planas (UTM). Tal deficiência evidencia a necessidade de capacitação técnica dos profissionais de saúde no uso e na manipulação das geotecnologias, incluindo a operação de sistemas GNSS e o uso de SIG, como o QGIS, software livre e gratuito amplamente utilizado para agregar, analisar e representar dados espaciais. O domínio dessas ferramentas poderia otimizar significativamente os trabalhos de campo e os procedimentos laboratoriais durante as investigações epidemiológicas.



Dessa forma, as geotecnologias são fundamentais para a vigilância territorial, desde que acompanhadas por qualificação técnica, padronização de campos geográficos e pipelines reprodutíveis que garantam a consistência e a utilidade das análises espaciais, contribuindo para o direcionamento das políticas públicas e para o uso mais eficiente dos recursos disponíveis. Assim, é possível orientar campanhas de educação em saúde, esclarecendo à população os mecanismos de transmissão e contaminação de doenças; ações de prevenção, como a administração de vacinas e o incentivo ao uso de repelentes e mosquiteiros; bem como estratégias de remediação, por meio da distribuição de medicamentos e da realização de tratamentos clínicos. Isso consolida as geotecnologias como ferramentas indispensáveis para uma gestão territorializada e baseada em evidências no campo da saúde coletiva.

UNIDADES ESPACIAIS DE ANÁLISES EM SAÚDE PÚBLICA E AS GEOTECNOLOGIAS

As análises geoespaciais em saúde pública apoiam-se nas unidades territoriais oficiais do IBGE, que servem como referencial para planejamento, execução de políticas públicas e construção de bases cartográficas. Essas unidades variam desde limites político-administrativos (estado, município, distrito, bairro) até subdivisões censitárias e pontos de endereço (setores censitários, faces de quadra, logradouros), todas empregadas conforme a escala analítica exigida (NAÇÕES UNIDAS, 2019; IBGE, 2022).

O Quadro Geoespacial Estatístico Global recomendado pela ONU orienta a integração entre estatísticas e dados geoespaciais a partir de cinco características essenciais: de forma resumida: infraestrutura geoespacial básica e geocodificação², registros geocodificados gerenciáveis, recortes geográficos comuns para divulgação, interoperabilidade entre fontes e acessibilidade/uso das estatísticas geoespaciais. Essas diretrizes são compatíveis com as práticas de georreferenciamento adotadas no Brasil e facilitam a articulação entre diferentes bases de dados.

1. Uso de infraestrutura geoespacial fundamental e geocodificação;

² Geocodificação: É a transformação de endereços (logradouros: ruas, avenidas) em localização geográfica, geralmente representada pela coordenada geográfica ou plana (IBGE, 2022)



2. Registros de dados geocodificados em ambientes de gerenciamento de dados;
3. Recortes geográficos comuns para divulgação de estatísticas;
4. Interoperabilidade entre dados estatísticos e geoespaciais;
5. E a acessibilidade e usabilidade das estatísticas geoespecializadas.

No contexto das análises em saúde, unidades como limites político-administrativos (estado, município, bairro), divisões regionais (ex.: Amazônia Legal), tipologias (área urbana/rural) e unidades censitárias (setor censitário, face de quadra) são estratégicas por sua integração nativa com geotecnologias. Estas bases cartográficas, ilustradas na Figura 3, constituem a infraestrutura fundamental para a geocodificação, permitindo a associação entre dados epidemiológicos e o espaço geográfico e viabilizando, assim, análises integradas para vigilância e políticas de saúde baseadas em evidências espaciais.

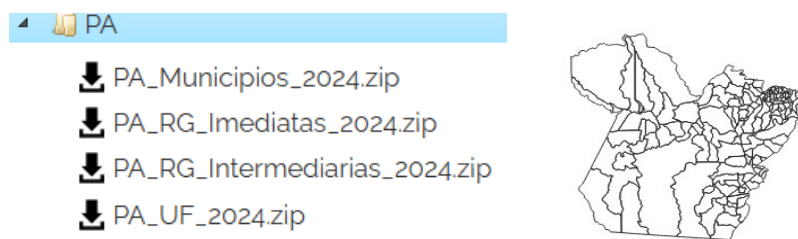


Figura 3. Base de dados disponibilizada pelo IBGE e os limites municipais do Estado do Pará, evidenciando um exemplo de unidades espacial de análise em saúde e geotecnologias. Fonte: : IBGE (2024).

A Figura 3 ilustra um exemplo de geocódigo usado como identificador numérico padronizado das unidades territoriais no Brasil. O código estadual do Pará é “15” e o geocódigo municipal tem sete dígitos: os dois primeiros referem-se ao estado e os cinco seguintes identificam o município. Por exemplo, Barcarena (PA) tem o geocódigo 1501303 (15 = Pará; 01303 = identificação municipal).

Na prática, o geocódigo funciona como chave única que possibilita a integração e compatibilização de bases epidemiológicas, ambientais e socioeconômicas, sendo, portanto, essencial para análises espaciais robustas e para a operação de geotecnologias



e SIG.

Em termos práticos, o geocódigo funciona como uma chave única e estruturada que permite a integração de dados provenientes de diversas fontes, tais como informações epidemiológicas, ambientais, socioeconômicas, entre outras. Essa padronização é fundamental para a articulação entre bancos de dados distintos e para a viabilização de análises espaciais mais robustas, especialmente quando associadas ao uso de geotecnologias e sistemas de informação geográfica.

REPRESENTAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS EM SAÚDE PÚBLICA: TÉCNICAS DE ANÁLISE

No campo das representações espaciais, é fundamental compreender as duas principais classes de representação geométrica utilizadas nas análises geográficas: a vetorial e a matricial (ou raster), conforme ilustrado na Figura 4. A representação vetorial consiste na tentativa de reproduzir com precisão a forma e a localização de elementos espaciais por meio de coordenadas geográficas. Nessa abordagem, os objetos geográficos são modelados como entidades discretas, e podem ser representados graficamente por três tipos básicos de elementos: pontos, linhas e áreas (ou polígonos). Essa estrutura permite elevada precisão na delimitação dos objetos e é especialmente útil em análises que requerem detalhamento geométrico e identificação de limites exatos.

Por outro lado, a representação matricial baseia-se na utilização de uma malha regular de células (ou matrizes), que cobre a superfície estudada. Cada célula, ou pixel, corresponde a uma unidade espacial contínua e homogênea, à qual é atribuído um valor numérico representando um atributo específico do fenômeno analisado, como temperatura, cobertura vegetal, umidade, entre outros. Essa abordagem é comumente empregada em dados de sensoriamento remoto, em que as informações são processadas célula a célula a partir da leitura digital de imagens de satélite ou drone (CÂMARA *et al.*, 2001). Ambas as representações têm aplicações distintas e complementares, sendo amplamente utilizadas em geoprocessamento e em SIG, conforme a natureza dos dados e os objetivos da análise espacial.

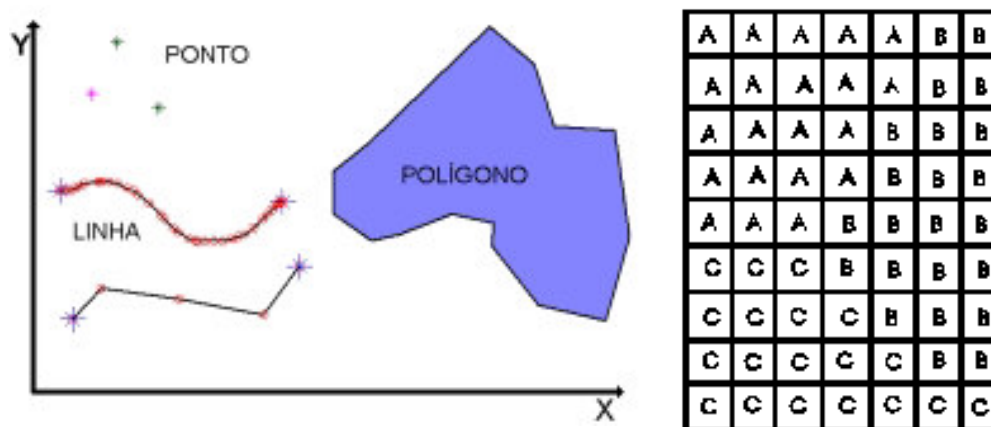


Figura 4. Representação vetorial (ponto, linha e polígono) e a raster ou matricial (pixel). Fonte: Câmara et al. (2001).

No âmbito das representações geoespaciais aplicadas à saúde pública, diversos elementos podem ser classificados conforme os modelos vetorial e matricial. No modelo vetorial, os dados são representados por elementos gráficos como pontos, linhas e polígonos, todos devidamente georreferenciados. Na área da saúde, exemplos comuns incluem pontos residenciais que representam ocorrências de doenças; linhas, como rios ou estradas, que podem funcionar como vias de propagação de agentes patogênicos; e polígonos, como áreas desmatadas, que atuam como fatores indutores da dispersão de vetores, a exemplo de insetos transmissores de enfermidades. Já no modelo matricial, são utilizados conjuntos de imagens em grade regular (pixels), com destaque para imagens oriundas de sensoriamento remoto, como aquelas obtidas por satélites artificiais - CBERS (Brasil/China), Sentinel-2 (ESA), Landsat (NASA), ou por drones.

Tanto os dados vetoriais quanto os dados matriciais são fundamentais nas análises geotecnológicas em saúde pública, pois permitem a correlação entre estruturas espaciais e a disseminação de doenças. Por exemplo, um ponto pode indicar uma localidade com surto ativo; uma linha, um curso d'água contaminado por microrganismos; e um polígono, uma área impactada por queimadas, cuja consequência é a dispersão de vetores como o barbeiro (transmissor da doença de Chagas) ou o mosquito-palha (vetor das leishmanioses).

Nesse contexto, as imagens de sensoriamento remoto representam uma importante fonte de análise geoambiental, permitindo a leitura de atributos espaciais



como cobertura vegetal, hidrografia, relevo, temperatura, índice pluviométrico e uso e ocupação do solo (mineração, agricultura, pecuária, urbanização, entre outros). Essa compilação de dados resulta em informações georreferenciadas atualizadas, que contribuem diretamente para o planejamento e a tomada de decisões em saúde pública, especialmente na formulação de medidas preventivas, mitigadoras e remediativas por parte dos gestores públicos, a partir do mapeamento e da identificação de áreas críticas com o apoio das geotecnologias.

As pesquisas que envolvem o uso de geotecnologias seguem uma sequência metodológica que abrange a aquisição, análise, trabalho de campo e processamento de dados, com o objetivo de organizar bases de dados sólidas para a geração de produtos cartográficos e diagnósticos espaciais. Conforme destaca Bailey (2001), a investigação da distribuição espacial de agravos e sua associação com fatores de risco desempenha papel relevante em diferentes tipos de estudos epidemiológicos. Tais análises empregam métodos variados que contribuem para resultados geoespaciais mais qualificados, permitindo intervenções em saúde pública mais bem fundamentadas (CARVALHO e SANTOS, 2005). Complementarmente, Bulkley (2010) ressalta a importância de que os serviços de saúde disponham de instrumentos tecnológicos adequados, capazes de assegurar a confiabilidade, a rapidez e a precisão das informações epidemiológicas, ao mesmo tempo em que promovem maior acessibilidade aos dados pelos usuários e profissionais do sistema.

De forma sintética, destaca-se que a aquisição de dados primários e secundários constitui uma etapa essencial para o desenvolvimento das pesquisas em saúde, pois é com base na coleta inicial de dados que se define a metodologia a ser adotada nas etapas subsequentes da investigação epidemiológica. Durante essa fase, as ações em saúde que fazem uso de geotecnologias integram dados multidisciplinares provenientes de diversas fontes oficiais, como o SINAN, IBGE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Mapeamento da Cobertura e Uso da Terra (MAPBIOMAS), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agência Espacial Americana (NASA), Agência espacial Europeia (ESA), além de bases produzidas por estados e prefeituras municipais.

No que se refere especificamente à coleta de dados epidemiológicos, a base de



dados (BD) é composta por informações oriundas de múltiplos sistemas de informação em saúde, com destaque para o SINAN. A partir desse sistema, os dados geralmente são extraídos em formato dBase (.dbf) e convertidos para planilhas eletrônicas (.xls/.xlsx), como ilustrado na Figura 5. Essa base possibilita identificar, filtrar, armazenar, recuperar e analisar informações que descrevem a distribuição espaço-temporal de eventos epidemiológicos, bem como suas possíveis relações com variáveis ambientais e socioeconômicas.

A sistematização dos dados tem por finalidade possibilitar seu reuso e comparação entre diferentes áreas geográficas ou períodos temporais, o que representa uma forma eficaz de inserir as dimensões tempo e espaço nas análises epidemiológicas. Isso permite o monitoramento de fatores nosológicos e sua vinculação às respectivas causas, considerando que tais relações ocorrem em escalas espaciais específicas, que só podem ser plenamente analisadas com o auxílio de ferramentas tecnológicas.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	ID	/DT_NOTIFIC	SEM_NU	ANC	SG_UF	NID_MUNICID	REGIONID	UNIDACT	SIN_PR	SEM_P	DT_NAS	NU_IDADE	CS_SE	CS_GEST	CS_RAC	CS_ESCO	SG_U
2	B57	10/03/2020	2020	2020	15	150010	1489	2825384	05/01/2020	202002		4003	M	6	4	10	15
3	B57	07/02/2020	2020	2020	31	313690	1379	9418768	06/01/2020	202002		4052	M	6	1	03	31
4	B57	19/02/2020	2020	2020	15	150140	1484	2337339	13/02/2020	202007		4068	M	6	4	02	15
5	B57	11/11/2020	2020	2020	53	530010		9056963	22/10/2020	202043		4041	F	9	1	09	53
6	B57	08/01/2020	2020	2020	15	150010	1489	2825384	23/12/2019	201952		4037	M	6	4	03	15
7	B57	11/03/2020	2020	2020	15	150770	1490	7239394	11/03/2020	202011		4052	M	6	4	01	15
8	B57	04/02/2020	2020	2020	22	220390	1889	5459583	30/08/2019	201935		4050	M	6	1	05	22
9	B57	15/09/2020	2020	2020	15	150613	1495	9470409	05/09/2020	202036		4040	M	6	4	06	15
10	B57	04/02/2020	2020	2020	15	150010	1489	2825384	04/02/2020	202006		4048	M	6	4	01	15
11	B57	15/10/2020	2020	2020	43	430920	1607	7166125	15/10/2020	202042		4065	M	6	9	09	43
12	B57	15/01/2020	2020	2020	16	160030		2022192	09/01/2020	202002		4050	M	6		02	16
13	B57	12/02/2020	2020	2020	29	292500	1398	2644894	06/02/2020	202006		4037	M	6	4	05	29
14	B57	24/11/2020	2020	2020	23	230920	1530	2563002	17/11/2020	202047		4023	F	6	1	06	23
15	B57	10/02/2020	2020	2020	15	150080	1484	6996515	17/01/2020	202003		4050	F	5	4	03	15
16	B57	29/01/2020	2020	2020	15	150010	1489	2825384	23/01/2020	202004		4043	M	6	4	01	15
17	B57	30/12/2020	2020	2020	31	313940	1454	2194570	30/12/2020	202053		4068	M	6	4		31
18	B57	05/02/2020	2020	2020	15	150810	1494	2621614	29/12/2019	202001		4064	M	6	4	01	15
19	B57	07/05/2020	2020	2020	11	110140	1481	7823193	01/05/2020	202018		4046	M	6	4		11
20	B57	13/04/2020	2020	2020	13	130040	5584	9635858	10/04/2020	202015		4021	M	6	5	01	13
21	B57	05/11/2020	2020	2020	15	150330	1489	2767007	05/11/2020	202045		4036	M	6	1	01	15
22	B57	11/03/2020	2020	2020	11	110040	1481	2808676	11/03/2020	202011		4060	F	5	4	09	11

Figura 5. Exemplo de base de dados extraída a partir do SINAN. Fonte: Brasil (2023).

A etapa seguinte da pesquisa envolve a análise dos dados, iniciando-se com a depuração da BD proveniente do SINAN, especialmente quando utilizada como fonte secundária no campo da epidemiologia. Nesse processo, frequentemente são identificadas lacunas informacionais e a presença de tópicos incompletos ou inconsistentes, o que pode demandar a exclusão de registros ou a reestruturação das



planilhas.

A depuração de dados consiste na filtragem e qualificação das informações presentes na base, com o objetivo de eliminar dados incompletos, duplicados, incorretos ou irrelevantes, conforme os propósitos específicos da investigação. A partir dessa filtragem, a estrutura das planilhas é modificada para atender às exigências metodológicas do estudo. As bases depuradas são, então, sistematizadas e padronizadas, passando a compor um conjunto integrado com bases de dados ambientais (vegetação, temperatura, índice pluviométrico, relevo, hidrografia etc.), dados socioeconômicos (tipo de habitação, acesso a saneamento básico, entre outros), além de dados cartográficos em formatos vetoriais e matriciais.

Na sequência, é realizada a fase de trabalho de campo, iniciando-se com reuniões com os atores sociais locais, especialmente representantes da prefeitura — como as secretarias municipais de saúde e meio ambiente. Essas reuniões têm por finalidade o planejamento conjunto da pesquisa territorial. Com base nos dados previamente depurados, são elaboradas as rotas de campo, em colaboração com os agentes comunitários de saúde (ACS), cuja participação é fundamental para otimizar o processo de georreferenciamento dos endereços, com o uso de receptores GNSS.

O levantamento de campo inicia-se com uma busca ativa na área urbana, estendendo-se, posteriormente, à zona rural do município. Durante essa fase, também são captadas imagens de alta resolução espacial com drones, especialmente em pontos estratégicos definidos pela investigação. Utiliza-se uma ficha de campo para o registro sistemático dos locais geolocalizados, incluindo áreas continentais e insulares, e para o destaque de casos especiais, como regiões com surtos. Além disso, é aplicado um questionário estruturado, com o objetivo de levantar informações socioeconômicas, ambientais e epidemiológicas, sendo ainda realizado o registro fotográfico de feições geográficas relevantes.

Uma etapa fundamental do processo consiste nas análises espaciais, que compreendem tanto tratamentos estatísticos quanto geoestatísticos, com o objetivo de compor um Banco de Dados Geográfico (BDG) para o processamento das informações cartográficas. Para isso, são utilizados diversos softwares de SIG, entre os quais se destacam: QGIS Desktop, ArcGIS Desktop, GeoDa e R Studio, ambos voltados para



análises espaciais e geoestatísticas. Adicionalmente, podem ser empregadas plataformas em nuvem, como o Google Earth Engine, para o processamento de dados de sensoriamento remoto. O uso combinado dessas ferramentas resulta na elaboração de mapas temáticos, que traduzem espacialmente os conteúdos dos bancos de dados epidemiológicos, ambientais, socioeconômicos e outros utilizados na pesquisa.

Por fim, realiza-se a integração de diferentes bases de dados, incluindo aquelas de natureza epidemiológica, ambiental, socioeconômica, cartográfica, demográfica, entre outras consideradas relevantes para o desenvolvimento do projeto. Essa inter-relação de dados culmina na produção de resultados cartográficos, expressos em forma de mapas temáticos, atlases cartográficos ou mesmo de um SIG na Web (WebGIS), permitindo a disponibilização pública das informações geradas, como contribuição ao planejamento territorial e às políticas públicas em saúde.

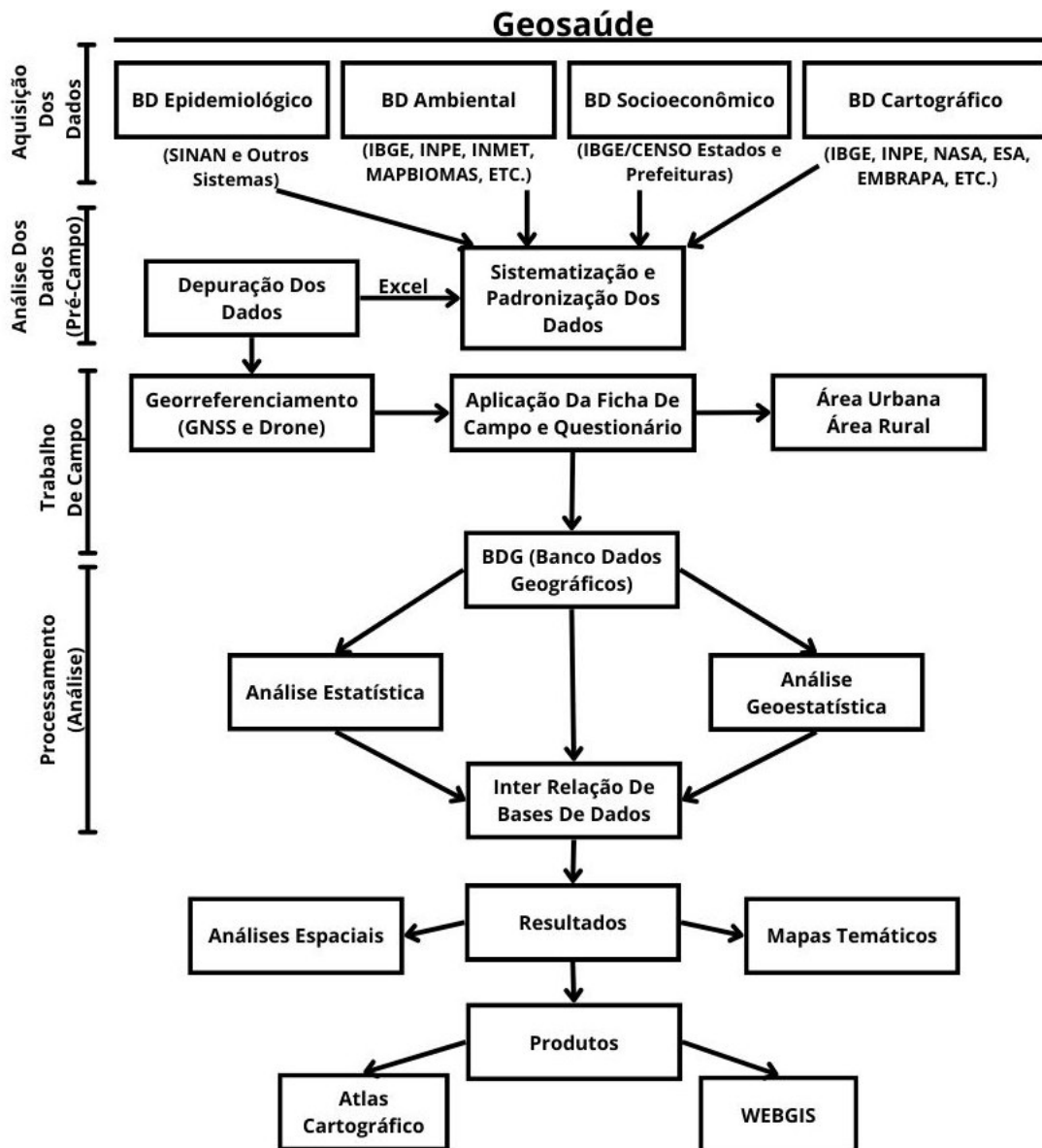


Figura 6. Fluxograma da metodologia aplicada em Geosaúde. Fonte: Elaborado pelo autor.

De forma geral, a metodologia de geoprocessamento aplicada à saúde pública, comumente denominada Geosaúde, desenvolve-se por meio de uma sequência estruturada de etapas, a partir da aquisição de dados multiescalares provenientes de fontes diversas.

Na etapa seguinte, procede-se à análise inicial desses dados, com foco na depuração, sistematização e organização das informações, visando à construção de uma base coerente para a etapa subsequente. Com os dados tratados, inicia-se o trabalho de campo, que envolve o georreferenciamento de endereços e áreas de interesse, utilizando receptores GNSS e drones para captação de imagens de alta resolução. Nesse



momento, são aplicadas fichas de campo e questionários estruturados, abrangendo tanto as zonas urbanas quanto as rurais do território investigado.

Concluídas essas etapas, realiza-se o processamento do BDG, integrando análises estatísticas e geoestatísticas por meio de softwares específicos. A metodologia culmina na inter-relação entre diferentes bases de dados epidemiológicas, ambientais, socioeconômicas, cartográficas e demográficas, com o objetivo de realizar análises espaciais integradas.

Os resultados desse processo metodológico são expressos por meio da elaboração de mapas temáticos, que permitem representar e interpretar espacialmente os fenômenos estudados. Como produtos finais, destacam-se a geração de um atlas cartográfico digital e a disponibilização pública dos dados geoespaciais por meio de plataformas WebGIS, facilitando o acesso à informação espacial pela sociedade civil e pelos gestores públicos, promovendo maior transparência, planejamento territorial e ações efetivas em saúde pública

APLICAÇÃO E ANÁLISE DE GEOTECNOLOGIAS NA SAÚDE

Com base nas etapas metodológicas anteriormente descritas, as geotecnologias têm aplicação transversal em diversas áreas; neste trabalho o foco é sua capacidade de integrar informações territoriais para investigações em saúde pública. Estudos de caso no município de Barcarena (PA) ilustram esse potencial: análises de distribuição espacial de Doença de Chagas Aguda (DCA) e de leishmanioses revelaram padrões espaço-temporais diferenciados que só emergiram a partir do uso de georreferenciamento e análise espacial (Souza Júnior *et al.*, 2017; Guimarães *et al.*, 2017; Guimarães *et al.*, 2020).

Essas ferramentas foram fundamentais na elaboração de análises ecoepidemiológicas, permitindo identificar áreas críticas e compreender a dinâmica da doença no território investigado (Figura 7).

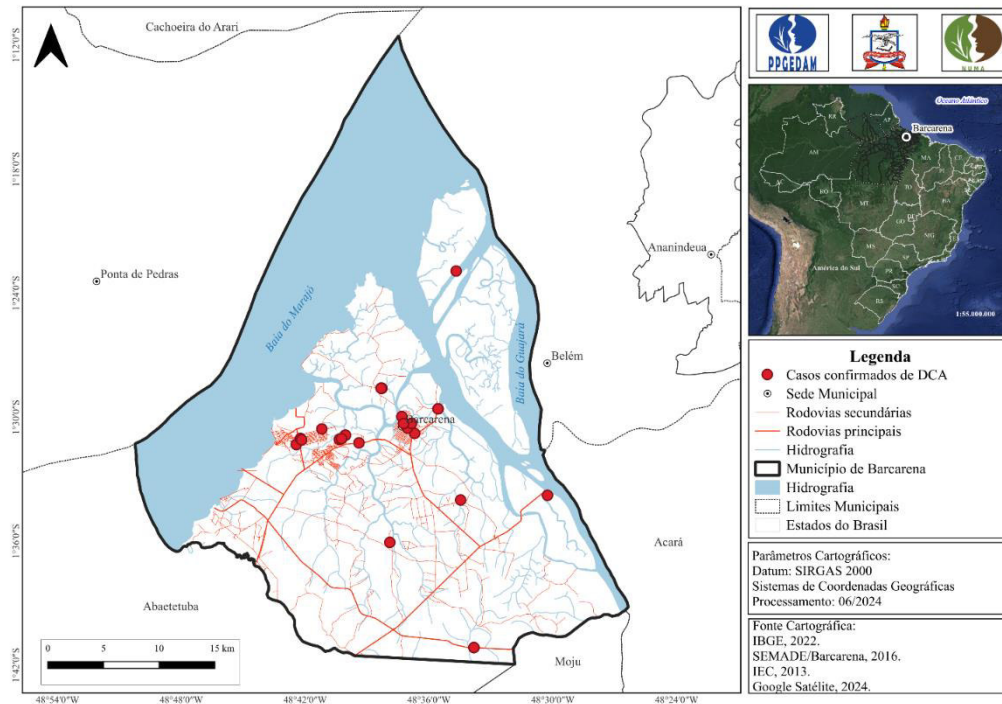


Figura 7. Distribuição Espacial dos casos confirmados de DCA, no período de 2007 a 2012. Fonte: Guimarães et al. (2017).

Ao se analisar a Figura 7, observa-se que o mapa principal é composto por nove geocamadas vetoriais: casos confirmados de doença de Chagas Aguda (DCA), sede municipal, rodovias principais e secundárias, hidrografia (representada tanto por feições lineares quanto poligonais), limite do município de Barcarena, limites intermunicipais do estado do Pará e limites das unidades da Federação. A partir da análise espacial dessas camadas, verifica-se que a distribuição dos casos confirmados apresenta padrões distintos ao longo do território municipal.

Na sede do município (região central do mapa), os casos ocorrem de forma aglomerada, sugerindo concentração populacional e possível influência de fatores antrópicos na dinâmica de transmissão. Já na região das rodovias, especialmente ao sul e sudeste do município, observa-se um padrão disperso, o que pode estar associado à mobilidade populacional ou à fragmentação do território. Nas regiões insulares, a distribuição dos casos apresenta um comportamento heterogêneo: de forma aglomerada nas porções centrais e ocidentais, e de maneira dispersa ao norte, possivelmente em razão da menor densidade populacional ou do difícil acesso.

Os dados foram submetidos a técnicas geoespaciais diferenciadas, o que

permitiu a elaboração de análises ecoepidemiológicas detalhadas, bem como no trabalho de Guimarães *et al.* (2020). Os resultados obtidos foram altamente conclusivos quanto à distribuição e comportamento espacial do agravo, reforçando o papel estratégico das geotecnologias na compreensão da dinâmica territorial das doenças infecciosas (Figura 8).

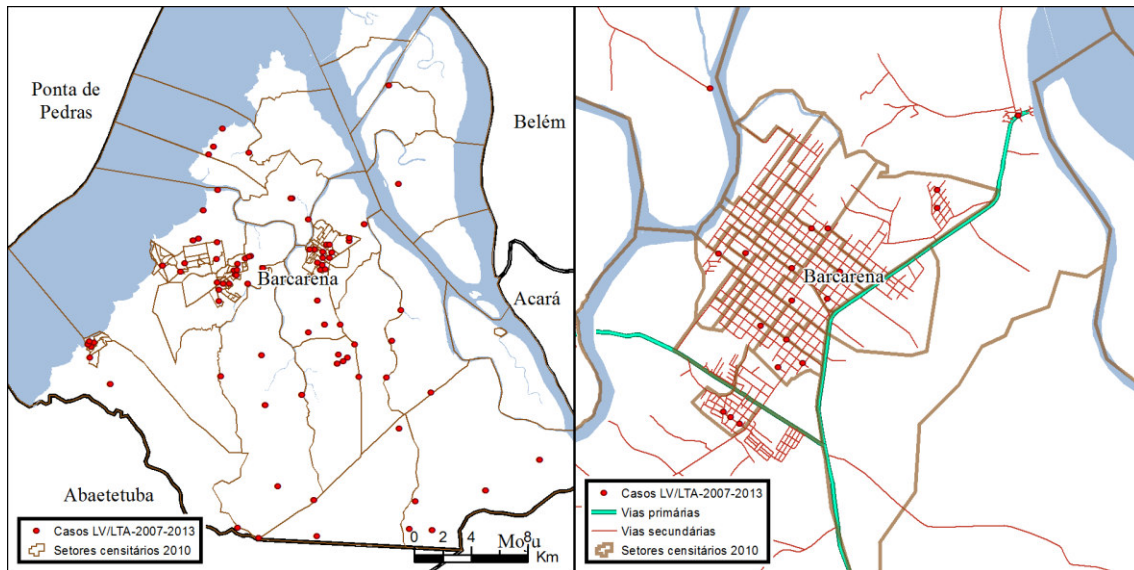


Figura 8. Distribuição Espacial dos casos confirmados de Leishmanioses, no período de 2007 a 2013. Fonte: Guimarães *et al.* (2020).

A Figura 8 apresenta um conjunto composto por quatro geocamadas vetoriais, correspondentes aos casos confirmados de leishmanioses, às rodovias primárias e secundárias, e aos setores censitários do Censo de 2010. A análise espacial dessa configuração revelou distintos padrões de distribuição da doença no território do município de Barcarena/PA. Na sede municipal (área central do mapa), os casos apresentaram um padrão aglomerado, indicando possível correlação com a densidade populacional e a urbanização. Nas regiões sul e sudeste, associadas às rodovias, observou-se uma distribuição predominantemente dispersa, possivelmente relacionada à mobilidade e à dispersão territorial das residências. Nas áreas insulares, o padrão foi heterogêneo, com aglomerações no centro e oeste das ilhas, e dispersão no norte e nordeste, o que pode refletir variações em fatores ambientais e socioeconômicos.

Em consonância com esse tipo de abordagem, Santos *et al.* (2020) realizaram uma análise ecológica da DCA no Brasil, abrangendo o período de 2001 a 2018. A



pesquisa utilizou as microrregiões como unidades espaciais de análise e empregou técnicas de distribuição espacial para investigar características epidemiológicas e tendências temporais da doença. Mais uma vez, as ferramentas de geotecnologia mostraram-se essenciais para alcançar os resultados analíticos e cartográficos da investigação.

Esses trabalhos compartilham o uso de diversas técnicas de análise espacial aplicadas à saúde pública, dentre as quais se destacam: distribuição espacial de casos, aplicação da técnica do buffer (zonas de influência), cálculo do Índice de Moran Global e Local (para análise de autocorrelação espacial), e a densidade de kernel (para identificação de áreas com maior concentração de casos).

Outra técnica relevante é a interpolação espacial, que estima valores em locais não amostrados a partir de observações próximas, baseando-se no princípio de que atributos próximos tendem a ser mais semelhantes do que atributos distantes (CÂMARA *et al.*, 2001). Essa técnica considera que atributos espaciais próximos tendem a ser mais semelhantes entre si do que os mais distantes. Entre os métodos mais usados destacam-se: IDW - Inverso do Quadrado da Distância, vizinhança mais próxima, média móvel, interpolador de média, krigagem (ou krigeagem) e suavizadores de superfície, como a inferência bayesiana (Quadro 2).

Quadro 2: Sistemas de informações em saúde.

Técnica	Análise	Aplicação	Geotecnologia
Distribuição espacial	Caracterização de padrões espaciais	Identificar áreas prioritárias	Geoprocessamento, SR, SIG (QGIS) e GNSS
Buffer	Mapa de distância-trabalha com raio de ação	Criar zonas de risco epidemiológico	Geoprocessamento, SR, SIG (QGIS)
Índice de moran (global/local)	Indicadores de autocorrelação espacial	Verificar se áreas adjacentes ou distantes tem algo comum	Geoprocessamento, SIG (QGIS)
Kernel	Mapa de calor- Estimador de densidade de pontos	Identificar aglomerados espaciais	Geoprocessamento, GNSS, SIG (QGIS)
Interpoladores e suavizadores	Cálculos estimativos de eventos em saúde e suavizadores	Entender fenômenos espaciais com criação a suavização de superfícies	Geoprocessamento, SR, SIG (QGIS)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas tecnologias permitem o cruzamento e a interpretação conjunta de variáveis epidemiológicas, ambientais, socioeconômicas, demográficas, entre outras dimensões relevantes, promovendo uma dinâmica analítica interdisciplinar que



favorece a inter-relação entre diferentes bases de dados.

Assim, o uso das geotecnologias como ferramenta metodológica no campo da saúde pública contribui significativamente para a identificação de áreas endêmicas, para o aprimoramento da logística das redes de atenção básica, para o controle e fiscalização ambiental e sanitária e para o monitoramento espaço-temporal dos agravos à saúde. Além disso, essas tecnologias desempenham papel estratégico na vigilância epidemiológica, fornecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão por parte dos gestores públicos.

Adicionalmente, destaca-se a potencialidade das geotecnologias na disseminação dos dados produzidos à sociedade, por meio de plataformas interativas como os WebGIS, que democratizam o acesso à informação espacial e fortalecem a transparência e o controle social nas políticas públicas de saúde.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das geotecnologias como ferramentas metodológicas aplicadas à saúde pública representa uma convergência entre ciência espacial, epidemiologia e gestão territorial.

Ferramentas como geoprocessamento, SIG, sensoriamento remoto, GNSS e WebGIS integram dimensões epidemiológicas, ambientais, demográficas e socioeconômicas, revelando padrões que instruem desde a detecção precoce de surtos (painéis da COVID-19, HealthMap e Johns Hopkins) até análises ecoepidemiológicas locais (casos de Doença de Chagas e leishmanioses em Barcarena/PA).

Hoje, com a disponibilidade de bases de dados geocodificadas (como o SINAN e o IBGE) e o suporte de sistemas avançados de análise estatística e geoestatística, é possível ampliar significativamente a capacidade de resposta às questões sanitárias territoriais.

Além da robustez metodológica, as geotecnologias favorecem a transparência e o acesso público à informação por meio de plataformas interativas (WebGIS), fortalecendo o controle social e a formulação de políticas territoriais mais equitativas.

Dessa forma, as geotecnologias devem ser entendidas não apenas como



ferramentas de mapeamento, mas como instrumentos epistemológicos que, integrados a práticas críticas e interdisciplinares, tornam os sistemas de vigilância mais responsivos, equitativos e espacialmente inteligentes

REFERÊNCIAS

BAILEY, T. C. Spatial statistical methods in health. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 5, p. 1083-1098, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000500011>

BARCELLOS, C. C.; SABROZA, P. C.; PEITER, P.; ROJAS, L. I. Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 3, p. 129-138, 2002. <http://dx.doi.org/10.5123/S0104-16732002000300003>

BARCELLOS, C.; RAMALHO, W. M.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; FONTES, M. P.; SKABA, D. Georreferenciamento de dados de saúde na escala submunicipal: algumas experiências no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 17, n. 1, p. 59-70, 2008. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742008000100006>

BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTRÖM, T. **Epidemiologia básica**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2010. 213 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **DATASUS**. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/transferencia-de-arquivos/>>. Acesso em: nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Espaço geográfico e epidemiologia. In: PEITER, P. C. et al. (org.). **Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. v. 1, p. 11-38.

BULKLEY, K. Mobile phones bring revolution to developing world. **The Guardian**, 2010. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/activate/phones-revolution-developing-world>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

CARVALHO, M. S.; SANTOS, R. S. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 361-378, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2005000200003>



CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: out. 2023.

COSME, A. **Projeto em Sistemas de Informação Geográfica**. Lisboa: Lidel, 2012.

CUNHA, E. M.; VARGENS, J. M. C. Sistemas de informação do Sistema Único de Saúde. In: GONDIM, G. M. M.; CHRISTÓFARO, M. A. C.; MIYASHIRO, G. M. (org.). **Técnico de vigilância em saúde: fundamentos**. v. 2. Rio de Janeiro: EPSJV, 2017. p. 71-112.

DANIEL, L. A. Meio ambiente e saúde pública. In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. (org.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 95-117.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.

ESRI (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE). **ArcGIS Desktop**. Versão 10.8 Redlands, CA: Esri.

FILHO, O. A. Sistemas de informações geográficas aplicadas à engenharia ambiental. In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. (org.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 643-666.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FRERICHS, R. R. **History, maps and the internet**: UCLA's John Snow site. SOC Bulletin, v. 34, n. 2, 2001. Disponível em: <<https://www.ph.ucla.edu/epi/snow.html>>. Acesso em: 04 out. 2023.

GEODA CENTER. **GeoDa: exploratory spatial data analysis software**. 2025.

GOUVEIA, A. P. S. **O croqui do arquiteto e o ensino do desenho**. 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-03052010090659/publico/tese_V1.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.

GUIMARÃES, L. H. R.; VEIGA, N.; GUIMARÃES, R.; SANTOS, K. S.; CATETE, C. Epidemiologia espacial da leishmaniose: um estudo do perfil socioepidemiológico em Barcarena-PA. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 11, p. 19-35, 2020.



IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Organização do território.**

Malhas territoriais. Municípios 2024. UFs: PA. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 01 dez. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Quadro geográfico de referência para produção, análise e disseminação de estatística.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. 178 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphânio. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LATUF, M. O.; PISANI, R. J.; BANDO, D. H.; AZEVEDO, S. C. Entrevista: Professor Jorge Xavier da Silva. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 62, n. 1, p. 79-94, 2017. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2021.48161>

LI, X. ZHANG, X.; REN, X.; FRITSCH, M.; WICKERT, J.; SCHUH, H. Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou. **Scientific Reports**, 5, 8328, 2015. <https://doi.org/10.1038/srep08328>

NAÇÕES UNIDAS. **The global statistical geospatial framework.** New York: United Nations, 2019. 46 p. Disponível em: <https://unstats.un.org/unsd/statcom/51st-session/documents/The_GSGF-E.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

PINA, M. F. R. P. de. Potencialidades dos sistemas de informações geográficas na área da saúde. In: NAJAR, Alberto Luiz; MARQUES, Eduardo Costa (orgs.). Saúde e espaço: estudos metodológicos e técnicas de análise. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998. p. 125-130. (História e Saúde). Disponível em: <http://books.scielo.org>. Acesso em: 10 mar. 2025.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System.** Versão 3.44.

RIBEIRO, M. C. S. A.; BARATA, R. B. Condições de saúde da população brasileira. In: GIOVANELLA, L. et al. (org.). **Políticas e sistema de saúde no Brasil.** 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2012. p. 143-182.

R STUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development Environment for R.** Posit Software, PBC. 2025

SILVA, C. N.; GOMES, A. F.; JÚNIOR, L. S. F.; NOGUEIRA, J. **Geração de mapas digitais com o Google.** Belém, PA: Geodigital, 2020.



- SILVA, J. X. O que é geoprocessamento? **Revista do CREA**, Rio de Janeiro, 2009.
- SINAN. **Doença de Chagas Aguda**: instrumentos para registro e análise. Disponível em: <<https://portalsinan.saude.gov.br/doenca-de-chagas-aguda>>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SOUSA JÚNIOR, A. S. PALÁCIOS, V. R. C. M.; MIRANDA, C. S.; COSTA, R. J. F.; CATETE, C. P.; CHAGASTELES, E. J.; PEREIRA, A. L. R. R; GONÇALVES, N. V. Análise espaço-temporal da doença de Chagas e seus fatores de risco ambientais e demográficos no município de Barcarena, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 20, n. 4, p. 742-755, 2017. <https://doi.org/10.1590/1980-5497201700040015>
- TÔSTO, S. G.; RODRIGUES, C. A. G.; BOLFÉ, W. L.; BARISTELLA, M. **Geotecnologias e Geoinformação**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014. 248 p.
- ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento**: conceitos e definições. Revista de Geografia – PPGE – UFJF, Juiz de Fora, v. 7, n. 2, p. 195-201, jul./dez. 2017