Espacialização Automatizada de Quadras Urbanas Baseada em Dados Colaborativos e Cadastros Alfanuméricos Legados

Espacialización Automatizada de Manzanas Urbanas Basada en Datos Colaborativos y Catastros Alfanuméricos Legados

Automated Spatialization of Urban Blocks Based on Collaborative Data and Legacy Alphanumeric Cadastres

Marco Aurélio Barbiero[1]

Carlos Antonio Oliveira Vieira[2]

RESUMO: A justiça territorial é intrinsecamente dependente do conhecimento preciso da realidade geográfica e fundiária municipal. Contudo, a consolidação desse diagnóstico esbarra frequentemente em obstáculos técnicos e financeiros, imobilizando prefeituras de pequeno e médio porte. Este artigo apresenta uma metodologia para a espacialização da malha urbana, desenvolvida como uma alternativa automatizada, de baixo custo e baseada no conceito *fit-for-purpose*. O método baseia-se na integração relacional entre os registros textuais e legados do Cadastro Territorial Urbano (CTU) municipal e as feições geométricas colaborativas do *OpenStreetMap* (OSM). Para validação empírica e prova de conceito, desenvolveu-se o aplicativo web *SuperCIATA LATAM* (Barbiero, 2026), que executa as rotinas de higienização toponímica e reconciliação massiva, e oferece uma interface de diagnóstico visual baseada em mapas interativos. Os testes em ambiente controlado demonstraram a viabilidade técnica da automação, fornecendo uma ferramenta básica para iniciar o desenvolvimento de um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).
Palavras-chave: Espacialização da malha urbana; CTM; *OpenStreetMap*; CTU, *Fit-for-purpose*.

***RESUMEN**: La justicia territorial depende intrínsecamente del conocimiento preciso de la realidad geográfica y catastral municipal. Sin embargo, la consolidación de este diagnóstico suele tropezar con obstáculos técnicos y financieros, inmovilizando a las alcaldías de pequeño y mediano tamaño. Este artículo presenta una metodología para la espacialización de la malla urbana, desarrollada como una alternativa automatizada, de bajo costo y basada en el concepto fit-for-purpose. El método se basa en la integración relacional entre los registros textuales y legados del Catastro Territorial Urbano (CTU) municipal y las facciones geométricas colaborativas de OpenStreetMap (OSM). Para la validación empírica y prueba de concepto, se desarrolló la aplicación web funcional SuperCIATA LATAM (Barbiero, 2026), la cual ejecuta las rutinas de higienización toponímica, reconciliación masiva y ofrece una interfaz de diagnóstico visual basada en*

[1] Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Receita Federal do Brasil - RFB
marco.barbiero@posgrad.ufsc.br; https://orcid.org/0009-0002-3237-2549

[2] Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
carlos.vieira@ufsc.br; https://orcid.org/0000-0003-4047-8466

mapas interactivos. Las pruebas en un entorno controlado demostraron la viabilidad técnica de la automatización, proporcionando una herramienta básica para iniciar el desarrollo de un Catastro Territorial Multifinalitario (CTM).
Palabras clave: *Espacialización de la malla urbana. CTM. OpenStreetMap. CTU. Fit-for-purpose.*

***ABSTRACT**: Territorial justice is intrinsically dependent on precise knowledge of municipal geographic and land tenure realities. However, consolidating this diagnosis often runs into technical and financial obstacles, immobilizing small and medium-sized municipalities. This paper presents a methodology for urban grid spatialization, developed as an automated, low-cost alternative based on the fit-for-purpose concept. The method is grounded in the relational integration between textual legacy records from the municipal Urban Territorial Cadastre (CTU) and the collaborative geometric features of OpenStreetMap (OSM). For empirical validation and proof of concept, the functional web application was developed SuperCIATA LATAM (Barbiero, 2026), which executes toponymic sanitization and massive reconciliation routines, providing a visual diagnostic interface based on interactive maps. Tests in a controlled environment demonstrated the technical feasibility of automation, supplying a basic tool to initiate the development of a Multipurpose Land Cadastre (CTM).*
Keywords: *Urban grid spatialization. CTM. OpenStreetMap. CTU. Fit-for-purpose.*

1 INTRODUÇÃO

Estruturar um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) equivale a significar o território, atribuindo novas qualidades e dimensões a cada coordenada do espaço para viabilizar uma percepção holística e contextual da malha geográfica. Sob essa ótica integradora, um único ponto espacial deixa de ser uma representação puramente geométrica e passa a coexistir em múltiplas camadas de direito e de fato: como parte integrante de uma parcela imobiliária, vetor de uma área de preservação ambiental, elemento de uma zona sanitária livre de aftosa ou, simultaneamente, como porção indissociável de um Território HAC (Histórico, Afetivo e Cosmológico) de comunidades indígenas.

Atualmente, a visão dominante sobre o território ainda é ditada pelas lógicas do direito civil e tributário, nas quais a propriedade privada individual delimita e define o espaço físico. Contudo, apesar da importância das demandas por justiça territorial e por uma leitura multifinalitária da geografia, são ironicamente as bases administrativas não georreferenciadas que, por vezes, apresentam as melhores condições para embasar ou iniciar o processo de desenvolvimento de um CTM. Isso ocorre porque tais registros puramente alfanuméricos guardam a memória fiscal, social e jurídica que a geometria isolada é incapaz de capturar, constituindo o ponto de partida para a espacialização e a integração de novas camadas de significado no território.

No entanto, a efetiva transição desse modelo analítico para a prática do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) enfrenta um duplo gargalo, financeiro e técnico, que imobiliza muitas administrações municipais. Sob o aspecto financeiro, a consolidação de um CTM por métodos convencionais esbarra nos custos de contratação, geralmente inviáveis frente à baixa arrecadação e à rigidez orçamentária das prefeituras de pequeno e médio porte.

Sob o aspecto técnico, a complexidade reside na herança estrutural de bases de dados

incompatíveis. O processo de espacialização desses registros esbarra na inconsistência da toponímia urbana: abreviações sem padronização, omissões e erros históricos de digitação manual criam um abismo entre o logradouro registrado no imposto e a malha viária real.

Diante dessa encruzilhada, o georreferenciamento e a amarração manual de milhares de registros alfanuméricos tornam-se operacionalmente proibitivos e financeiramente insustentáveis. Revela-se, portanto, a necessidade de ferramentas computacionais automatizadas de código aberto e processamento massivo. Tais soluções precisam reduzir a barreira de custos e resolver a complexidade técnica, sendo capazes de higienizar a toponímia, expandir dicionários de abreviaturas e aplicar algoritmos de distância ortográfica diretamente nos bancos de dados existentes, viabilizando o apoio à justiça territorial de forma acessível e escalável.

Como resposta a esse duplo desafio, este trabalho apresenta o desenvolvimento da metodologia *SuperCIATA* e sua operacionalização por meio do aplicativo web *SuperCIATA LATAM* (BARBIERO, 2026). A proposta consiste em uma alternativa automatizada e de baixo custo para a espacialização da malha urbana, fundamentada na conexão entre registros alfanuméricos municipais e a malha viária colaborativa do *OpenStreetMap* (OSM) em ambiente de banco de dados de código aberto.

2 METODOLOGIA E MATERIAIS

2.1 Contextualização das Áreas de Estudo e Estrutura das Bases de Dados

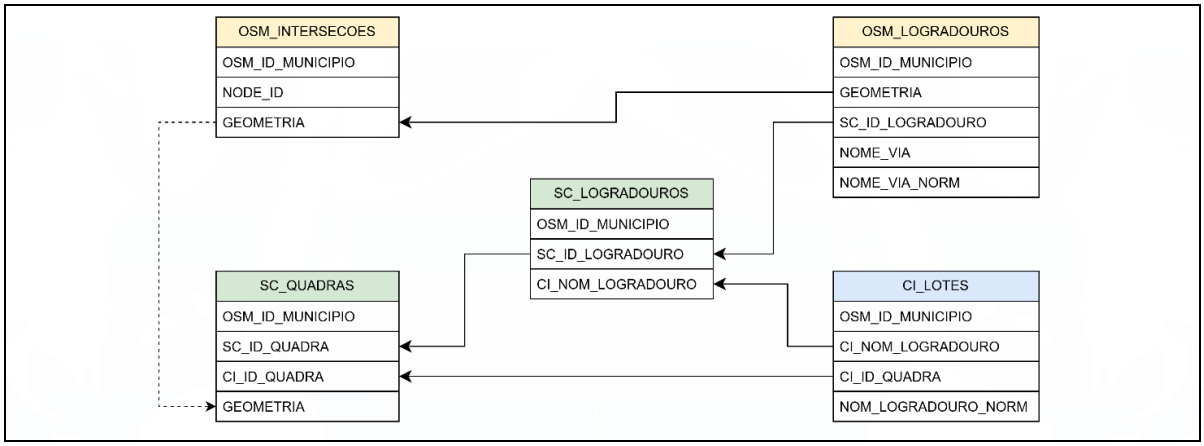
A validação empírica da metodologia foi realizada por meio de um estudo de caso comparativo e multinacional, englobando dois cenários da América Latina com escalas demográficas e arranjos político-administrativos distintos, mas que compartilham características cadastrais determinantes: o município de Capanema, localizado no estado do Paraná, Brasil, e setores específicos da Cidade Autônoma de Buenos Aires, Argentina, delimitados em um raio de proximidade de 2 km a partir do ponto de referência central estabelecido (BA Data, 2026). O objetivo desse recorte territorial na metrópole argentina foi restringir o volume de quadras analisadas aos bairros *Balvanera*, *San Nicolás* e *Montserrat*, aproximando o ambiente de teste à escala de aplicação da solução, que é prioritariamente voltada a municípios de pequeno porte.

A seleção dessas duas realidades territoriais justificou-se por três fatores metodológicos estratégicos:

a) infraestrutura de dados espaciais acessível em seus geoportais;
b) cenário normativo e legal bem definidos;
c) estruturação baseada em quadras (*manzanas*).

Para viabilizar o processamento automatizado de forma homogênea e independente da origem do dado, as informações das áreas de estudo foram normalizadas e integradas em um repositório geoespacial único. A arquitetura lógica e o relacionamento das tabelas responsáveis por suportar os algoritmos de extração de eixos, identificação de esquinas nativas e fechamento topográfico dos polígonos urbanos estão detalhados no modelo de dados apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Modelo de dados da metodologia



Elaboração: Autor (2026)

2.2 Arquitetura Computacional

Para assegurar o baixo custo e a facilidade de replicação da metodologia, a arquitetura computacional foi modelada combinando uma interface computacional leve baseada na *web* com o processamento direto no servidor de banco de dados. O ambiente tecnológico estrutura-se a partir de quatro pilares principais de código aberto:

a) interface *web* e visualização geográfica desenvolvida em *JavaScript* (“JavaScript | MDN”, 2025) nativo executado no navegador com auxílio da biblioteca *Leaflet* (“Leaflet”, 2025) para a renderização cartográfica;
b) servidor de banco de dados relacional *MySQL* (“MySQL”, 2025) compartilhado em ambiente web para persistência de dados e a inteligência de processamento massivo;
c) uso intensivo da linguagem SQL (ELMASRI; NAVATHE, 2011) para a execução de consultas, junções relacionais estruturadas (*JOIN*) e operações espaciais nativas do banco de dados; e
d) extração e persistência dos dados colaborativos da malha viária do *OpenStreetMap* (OSM) através de consultas ao serviço *API Overpass* (OLBRICHT; PAULMANN, 2015).

Essa engenharia de arquitetura define um fluxo focado na otimização de recursos já que a complexidade do tratamento de textos e das análises espaciais é transferida para o motor SQL do servidor de banco de dados, enquanto a interface em *JavaScript* e *Leaflet* entrega uma ferramenta visual fluida, acessível de qualquer navegador e adaptada à realidade orçamentária das municipalidades.

2.3 Compatibilização Conceitual e a Lógica de Modelagem Espacial de Quadras

A modelagem geométrica das quadras urbanas no sistema proposto exige a superação de uma diferença conceitual entre o cadastro administrativo municipal e a base de dados do *OpenStreetMap*.

Os Cadastros Territoriais Urbanos (CTUs) legados, em geral, estruturam sua identificação territorial a partir de uma matriz hierárquica firmada no binômio lote-quadra (ERBA, 2007). Sob essa lógica tabulada, cada parcela imobiliária possui um endereço

associado que determina formalmente o seu logradouro de face e o código identificador do quarteirão em que se insere. Esse arranjo permite realizar uma varredura reversa: ao agrupar os lotes pertencentes a uma mesma quadra cadastral, consolida-se a lista restrita de logradouros que compõem o fechamento daquele perímetro urbano.

Por outro lado, a arquitetura de dados do OSM opera sob uma lógica topológica e geométrica, na qual elementos lineares (*ways*) e pontuais (*nodes*) coexistem com base em suas posições geográficas e *tags* de classificação. Embora o mapeamento colaborativo permita a representação de polígonos urbanos, a delimitação explícita do espaço físico de uma quadra administrativa não é uma prática sistematizada na plataforma, dependendo da iniciativa de colaboradores locais e resultando em uma cobertura heterogênea. Para unificar essas estruturas distintas, a metodologia adota o nome normalizado da via como a chave primária de reconciliação relacional entre o CTU e o OSM (MACHADO; CAMBOIM, 2024).

O pipeline de espacialização executa uma sequência lógica tripla: inicialmente, isola-se no CTU o conjunto de vias limítrofes associadas a uma determinada quadra; em seguida, o algoritmo varre a tabela de feições espaciais do OSM para colecionar exclusivamente os pontos discretos de interseção (*nodes*) resultantes do cruzamento mútuo desses logradouros específicos; e por fim, esses vértices ordenados angularmente são submetidos a uma função de fechamento geométrico para gerar um polígono geográfico representativo da quadra (*polygon*). A grande contribuição desse processo de compatibilização consiste na injeção de inteligência cadastral à geometria gerada, associando formalmente ao polígono o código identificador original da base alfanumérica municipal (CI_ID_QUADRA), transformando dados puramente geográficos em uma unidade espacial passível de auditoria e gestão territorial multifinalitária.

2.4 Obtenção dos Dados do OSM e do Cadastro Urbano

A consolidação do repositório geoespacial necessário para a espacialização da malha urbana exige a alimentação sincronizada de três tabelas estruturais de apoio no banco de dados relacional: CI_LOTES, OSM_LOGRADOUROS e OSM_INTERSECOES. O preenchimento dessas estruturas ocorre por meio de duas frentes independentes de captura.

O primeiro fluxo concentra-se no Módulo OSM, responsável pelo povoamento das tabelas OSM_LOGRADOUROS (*linestrings*) e OSM_INTERSECOES (*pontos*). Esse procedimento baseia-se no consumo automatizado da *Overpass API* (OLBRICHT, 2015), executando uma rotina de varredura espacial a partir de um centroide geográfico de referência e de um raio de busca. O algoritmo isola, simultaneamente, dois elementos fundamentais:

Eixos viários - feições lineares classificadas sob a chave *highway* (MACHADO; CAMBOIM, 2024) que alimentará a tabela OSM_LOGRADOUROS;

Interseções de vias - retorna apenas os nós geográficos que conectam dois ou mais caminhos distintos (*way_cnt.vias:2-*).

O segundo fluxo atua na alimentação da tabela de suporte administrativo CI_LOTES, representando a base alfanumérica do Cadastro Territorial Urbano (CTU). Diferente da abordagem dinâmica aplicada à malha viária, os dados do cadastro imobiliário são

fornecidos pela administração municipal local em formato de arquivo de texto plano com valores separados por vírgula (CSV) compactado.

A tabela CI_LOTES (Quadro 2) tem uma estrutura rígida de campos predefinidos, contendo os atributos que identificam e descrevem as parcelas da municipalidade, com destaque para o código identificador da quadra de origem (CI_ID_QUADRA) e as descrições toponímicas originais de cada unidade cadastral.

Quadro 2 - Estrutura da tabela CI_LOTES

```
Table:CI_LOTES

Columns:
  COD_MUNICIPIO               varchar(12) PK
  OSM_ID_MUNICIPIO            bigint(20)
  COD_UNICO_ENDERECO          varchar(25) PK
  CI_ID_QUADRA                varchar(25)
  NOM_LOGRADOURO              varchar(250)
  NUM_ENDERECO                varchar(25)
  NOM_LOGRADOURO_ADJACENTE    varchar(250)
  DIM_TESTADA                 decimal(6,2)
  DIM_PROFUNDIDADE            decimal(6,2)
  AREA                        decimal(10,2)
  NOM_LOGRADOURO_NORM         varchar(250)
```

Elaboração: Autor (2026)

2.5 Normalização e Expansão Toponímica Multi-idioma

Com a arquitetura tecnológica estabelecida, o primeiro desafio operacional para a espacialização massiva consiste na disparidade textual entre os registros cadastrais administrativos e a base geométrica do *OpenStreetMap*. Para minimizar a inconsistência de nomes de logradouros, implementou-se uma rotina automatizada de engenharia de dados focada na padronização toponímica, executada em duas etapas consecutivas: a normalização de *strings* e a expansão de abreviaturas parametrizada por idioma (MACEDO, 2023).

Na primeira etapa, o motor de processamento limpa as *strings* textuais de ambas as bases de dados. Esse processo converte todos os caracteres para letras maiúsculas, remove acentuações e caracteres especiais, elimina espaços em branco sobressalentes e padroniza os conectores de nomes de vias. O objetivo é neutralizar variações puramente estéticas ou erros comuns de digitação manual (como alternância entre "Rua" e "RUA").

Na segunda etapa, o sistema realiza a expansão de abreviaturas utilizando um dicionário estruturado em formato *JSON*. Como a metodologia foi criada de forma multinacional, esse arquivo de configuração foi projetado com separação idiomática através das *tags* “pt” para o caso brasileiro e “es” para o caso argentino (ISO, 2002), mapeando as abreviações mais frequentes registradas historicamente pelos técnicos municipais e mapeadores colaborativos:

No cenário de Capanema (português), o algoritmo localiza fragmentos como "R.", "AV.", "DR." ou "MAL." e os substitui, respectivamente, por seus termos por extenso: "RUA", "AVENIDA", "DOUTOR" e "MARECHAL".

No cenário de Buenos Aires (espanhol): A rotina identifica abreviações locais como

"PJE.", "AV.", "ING." ou "GRL." e realiza a expansão para "*PASAJE*", "AVENIDA", "*INGENIERO*" e "*GENERAL*".

Os resultados dessa higienização e substituição são gravados em colunas específicas criadas para esta finalidade em ambas as tabelas do banco de dados: NOM_LOGRADOURO_NORM na tabela de lotes e NOME_VIA_NORMALIZADO na tabela de logradouros do OSM. Esse tratamento prévio é indispensável, pois reduz drasticamente a variabilidade do texto e prepara o banco de dados para a fase subsequente de cruzamento espacial e relacional indexado, possibilitando boa performance mesmo em processamentos massivos. Por fim um *digest value* CRC32 hexadecimal é gerado para identificar univocamente o logradouro

2.6 Reconciliação Espacial Massiva e Correlação de Identificadores

A etapa de amarração relacional entre os dados cadastrais alfanuméricos e a malha espacial de eixos viários obtida do *OpenStreetMap* constitui o alicerce para a posterior geração das quadras urbanas e espacialização definitiva dos lotes. Com as *strings* textuais devidamente higienizadas e padronizadas no item anterior, o motor de banco de dados MySQL executa um processo busca pela correlação exata.

Essa tarefa ocorre diretamente no servidor MySQL através de comandos de inserção e atualização baseados em junções relacionais (*INSERT ... SELECT ... JOIN*). O algoritmo realiza o cruzamento indexado utilizando simultaneamente duas chaves de validação: o identificador estável do município originado da base espacial (OSM_ID_MUNICIPIO) e a igualdade absoluta entre as *strings* toponímicas tratadas (CI_NOM_LOGRADOURO e o nome da via do OSM). Sempre que o casamento exato é identificado, a tabela SC_LOGRADOUROS é alimentada, associando o registro ao identificador unificado SC_ID_LOGRADOURO.

Os casos residuais, decorrentes de vias com erros graves de digitação histórica, omissões severas ou divergências toponímicas complexas, são isolados pelo sistema para a aplicação de métodos alternativos de correlação (MACHADO; CAMBOIM, 2024).

Dentre as abordagens complementares e flexíveis para mitigar esses registros nulos e permitir o saneamento progressivo das bases, destacam-se:

a) uso de bibliotecas fonéticas adaptadas ao idioma local (como *Soundex* ou *Metaphone*) que buscam a correspondência pelo som das palavras, ignorando erros ortográficos de grafia;
b) modelos de inteligência artificial baseados em contextos geográficos para prever e sugerir o logradouro correto;
c) interface de seleção manual assistida com filtros dinâmicos disponibilizados na interface web (*JavaScript/Leaflet*) que exibem visualmente as inconsistências residuais, permitindo que o operador municipal selecione a via correspondente a partir de um menu de sugestões gerado pelo próprio banco de dados.

Essa estratégia em duas fases garante que o sistema resolva a maior fatia do cadastro viário de maneira automatizada e sem custos computacionais elevados, pavimentando o caminho necessário para as etapas subsequentes de estruturação das quadras e espacialização

dos lotes no banco de dados do CTU.

2.7 Estruturação e Geração de Chaves das Quadras Urbanas

Uma vez realizada a conciliação das vias, o passo seguinte consiste na agregação dos lotes para a delimitação lógica das quadras urbanas, consolidando-as na tabela SC_QUADRAS. O principal desafio técnico nesta etapa reside em criar um identificador espacial estável para cada quadra baseando-se estritamente na topologia relacional fornecida pelos registros administrativos originais.

A estratégia modelada extrai a composição de logradouros diretamente da tabela CI_LOTES (Quadro 3). Como uma quadra é (quase sempre) definida fisicamente pelas vias que a circundam, o sistema agrupa os lotes que compartilham o mesmo código cadastral de quadra original (CI_ID_QUADRA) e varre todos os logradouros normalizados associados a eles. A partir desse agrupamento, o motor de banco de dados isola os identificadores correspondentes vindos da tabela SC_LOGRADOUROS (SC_ID_LOGRADOURO).

Para garantir que a mesma quadra receba sempre a mesma assinatura computacional, o algoritmo concatena os códigos das vias em uma sequência ordenada alfabeticamente.

Quadro 3 - Código SQL para geração da chave SC_ID_QUADRA

```
INSERT INTO SC_QUADRAS (
OSM_ID_MUNICIPIO,CI_ID_QUADRA, SC_ID_QUADRA, ORDEM_LOGRADOUROS, GEOMETRIA, WKT
)
  SELECT lote.OSM_ID_MUNICIPIO, lote.CI_ID_QUADRA,
    -- SC_ID_QUADRA é composto pelos SC_ID_LOGRADOUROS em ordem alfabética
    GROUP_CONCAT(
      DISTINCT sc.SC_ID_LOGRADOURO
      ORDER BY sc.SC_ID_LOGRADOURO ASC
      SEPARATOR ','
    ) AS SC_ID_QUADRA,
    NULL AS ORDEM_LOGRADOUROS, NULL AS GEOMETRIA, NULL AS WKT
  FROM CI_LOTES lote
  INNER JOIN SC_LOGRADOUROS sc
  ON lote.OSM_ID_MUNICIPIO = sc.OSM_ID_MUNICIPIO
    AND lote.NOM_LOGRADOURO_NORM = sc.CI_NOM_LOGRADOURO
WHERE lote.OSM_ID_MUNICIPIO = ${OSM_ID_MUNICIPIO}
  AND lote.CI_ID_QUADRA IS NOT NULL
  AND sc.SC_ID_LOGRADOURO IS NOT NULL
GROUP BY lote.OSM_ID_MUNICIPIO, lote.CI_ID_QUADRA;
```

Elaboração: Autor (2026)

Como resultado desse processamento surge uma chave semelhante à mostrada no Quadro 4.

Quadro 4 - Exemplos da chave SC_ID_QUADRA em SC_QUADRAS

SC_ID_QUADRA	CI_ID_QUADRA	OSM_ID_MUNICIPIO
18484D91,AAA19D43,BE12C40C,F7184CB9	01.01.001.0.0017	297559
033D6F8E,52C3BE06,AAA19D43,F7184CB9	01.01.001.0.0027	297559
033D6F8E,52C3BE06,9B5684F8,A87F11E7	01.01.001.0.0030	297559
52C3BE06,D1B64B8B,EC2890B4,F7184CB9	01.01.002.0.0002	297559

Elaboração: Autor (2026)

2.8 Algoritmo de Interseção Viária e Fechamento Topológico da Malha Urbana

A partir da estruturação prévia e da geração das chaves das quadras urbanas consolidadas no estágio anterior, o núcleo processual da metodologia executa a transformação de dados lineares e pontuais isolados em polígonos fechados e semanticamente estruturados. Esse procedimento é responsável por popular a tabela definitiva SC_QUADRAS, convertendo a lógica puramente física do *OpenStreetMap* (OSM) na lógica relacional do Cadastro Territorial Urbano (CTU).

O pipeline de espacialização geométrica opera em três estágios sequenciais integrados:

a) localização de vértices coincidentes;
b) ordenação angular e definição do polígono; e
c) injeção de inteligência cadastral.

Inicialmente o algoritmo realiza uma varredura cruzada na tabela OSM_INTERSECOES buscando os nós geográficos de transição que pertencem concorrentemente a, pelo menos, dois dos logradouros limítrofes declarados para aquela quadra específica no CTU. Ao mapear o cruzamento mútuo dessas vias, o sistema isola os vértices candidatos que delimitam o perímetro externo do quarteirão.

Os pontos discretos resultantes da filtragem de interseções não possuem ordenação topológica nativa, apresentando-se como um arranjo disperso de coordenadas. Para viabilizar a criação de um polígono válido (*wkt polygon*), o algoritmo calcula o baricentro geométrico do conjunto de pontos e aplica uma ordenação baseada no azimute (ângulo horário em relação ao norte). Essa ordenação sequencial dos vértices impede a ocorrência de autointerseções ou polígonos complexos (linhas cruzadas), promovendo a integridade topológica da feição e a concordância com os padrões internacionais do *OpenGIS Consortium* (OGC).

A etapa final consiste no fechamento do anel geométrico e na gravação do registro na tabela SC_QUADRAS. O diferencial analítico dessa rotina reside no vínculo relacional imediato: a geometria gerada de forma automatizada a partir de dados abertos é gravada em correspondência com a chave primária alfanumérica originária da prefeitura (CI_ID_QUADRA).

O resultado desse fluxo integrado consolida uma base de dados geoespacial unificada, permitindo que a interface cartográfica baseada na biblioteca *Leaflet* resgate os dados de latitude e longitude normalizados e plote na tela tanto a área espacializada da quadra quanto os marcadores que explicitam as esquinas auditadas do OSM. Essa automação reduz sensivelmente a necessidade de intervenção manual e fornece o arcabouço geométrico inicial necessário para a estruturação de um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) direcionado à justiça fiscal e territorial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes e a validação empírica da metodologia proposta foram conduzidos no ambiente de desenvolvimento do aplicativo *SuperCIATA LATAM* (BARBIERO, 2026) como uma prova de conceito (PoC) de caráter preliminar, utilizando como insumos os dados do

Cadastro Territorial Urbano (CTU) e as malhas viárias extraídas do *OpenStreetMap* (OSM) para os cenários de Capanema (PR), Brasil, e o setor recortado na Cidade Autônoma de Buenos Aires, Argentina.

3.1 Índice de Coincidência Toponímica

Os indicadores consolidados na Tabela 1 revelam o comportamento do algoritmo de acoplamento em dois cenários político-administrativos e urbanísticos distintos na América Latina.

Tabela 1: Índice de Coincidência Toponímica dos Logradouros/*Calles*

ÍNDICE DE COINCIDÊNCIA TOPONÍMICA DOS LOGRADOUROS/*CALLES*				
Município/Ciudad	**Logradouros OSM**	**Logradouros CTU**	**Logradouros Correlacionados**	**Percentual de Correlação**
Capanema	181	160	87	54,4%
Buenos Aires [3]	183	132	113	85,6%

Elaboração: Autor (2026)

No setor analisado na Cidade Autônoma de Buenos Aires, o percentual de correlação atingiu 85,6%. Esse índice expressivo evidencia a elevada convergência entre os registros oficiais legados e o mapeamento colaborativo em metrópoles consolidadas. A maturidade da comunidade do *OpenStreetMap* (OSM) em capitais reflete-se em uma toponímia viária densa e atualizada, o que reduz drasticamente os falsos-negativos e valida a viabilidade de processos massivos de reconciliação para fins de gestão territorial.

Por outro lado, no município de Capanema (PR), o percentual de correlação fixou-se em 54,4%. Embora a malha viária geométrica estivesse amplamente mapeada no OSM, a análise detalhada dos dados revelou que os 45,6% de divergências residuais decorrem de dois fatores típicos de cadastros municipais de pequeno e médio porte: a presença de inconsistências severas de grafia histórica nos registros de cadastro técnico urbano (CTU) e a existência de vias cadastradas como "projetadas" ou genéricas nos registros fiscais que já possuem nomes consolidados pela população local na plataforma colaborativa.

Esse comportamento assimétrico entre os estudos de caso valida a necessidade e a importância das rotinas de higienização e do uso complementar de dicionários toponímicos propostos na metodologia. Conforme apontam MACHADO e CAMBOIM (2024), o alinhamento semântico entre dados oficiais e voluntários enfrenta barreiras de heterogeneidade estrutural, contudo, os resultados obtidos demonstram que, mesmo em cenários com cadastros legados frágeis, a automação baseada na lógica *fit-for-purpose* é capaz de converter de forma massiva mais da metade da malha urbana de forma imediata, isolando os casos inconsistentes para auditorias pontuais e céleres.

3.2 Viabilidade de Localização e Espacialização de Quadras

O segundo indicador avaliado corresponde à taxa de geração e identificação automatizada de polígonos de quadras pelo algoritmo, a partir da combinação de registros

[3] Dados amostrais correspondentes ao setor urbano selecionado na Cidade Autônoma de Buenos Aires.

tabulares do CTU e eixos de vias do OSM (Tabela 2). Ressalta-se que os percentuais de 63,6% obtidos no setor da Cidade Autônoma de Buenos Aires e de 39,9% em Capanema (PR) representam a taxa de sucesso computacional do algoritmo no fechamento topográfico e na identificação das quadras, não constituindo medidas de acurácia posicional, precisão geométrica ou de correspondência limite a limite com os dados cadastrais oficiais. Esses resultados indicam que a viabilidade de geração automatizada do perímetro da quadra guarda dependência direta com o sucesso prévio do acoplamento toponímico viário.

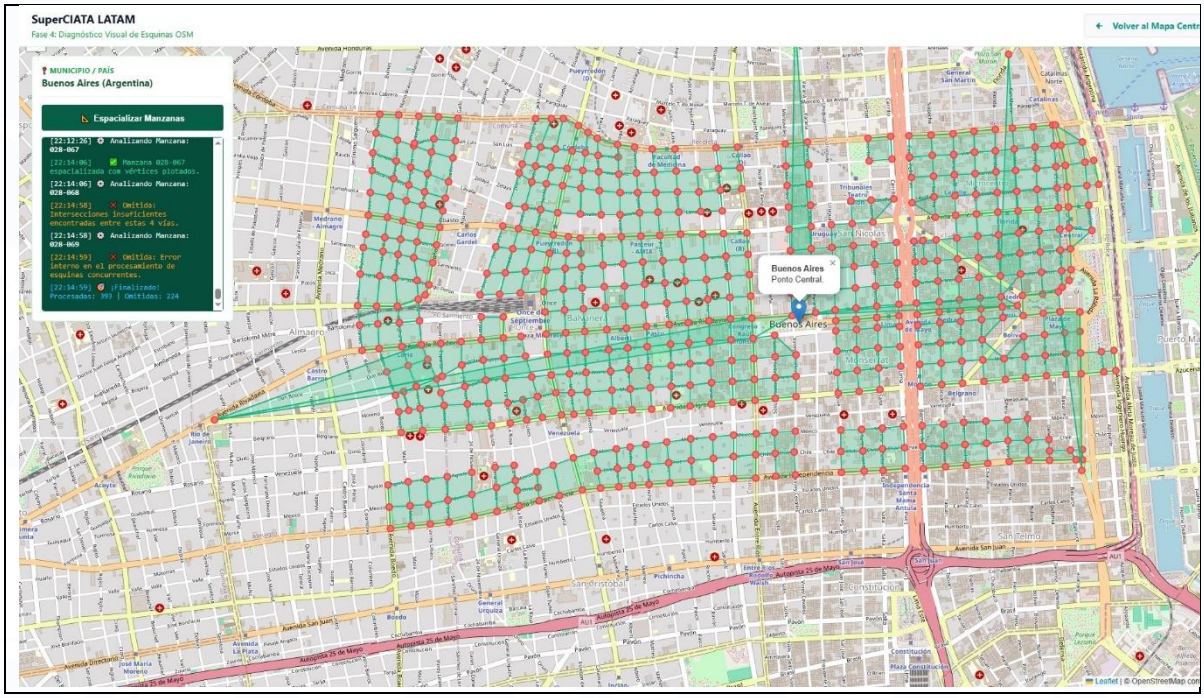
Tabela 2: Índice de Identificação de Quadras/Manzanas

ÍNDICE DE IDENTIFICAÇÃO DAS QUADRAS/MANZANAS			
Município/Ciudad	**Quadras/Manzanas CTU**	**Quadras/Manzanas Identificadas**	**Percentual de Correlação**
Capanema	436	174	39,9%
Buenos Aires	617	393	63,6%

Elaboração: Autor (2026)

No cenário metropolitano de Buenos Aires, a taxa de 63,6% de sucesso reflete a regularidade e a simetria do traçado urbano em xadrez (*damero*), característico da colonização espanhola e do planejamento daquela capital. Essa configuração morfológica ortogonal otimiza o fechamento topográfico das linhas (*ways* do OSM), permitindo que o motor espacial identifique os cruzamentos e os limites administrativos que circundam cada quadra (Figura 1).

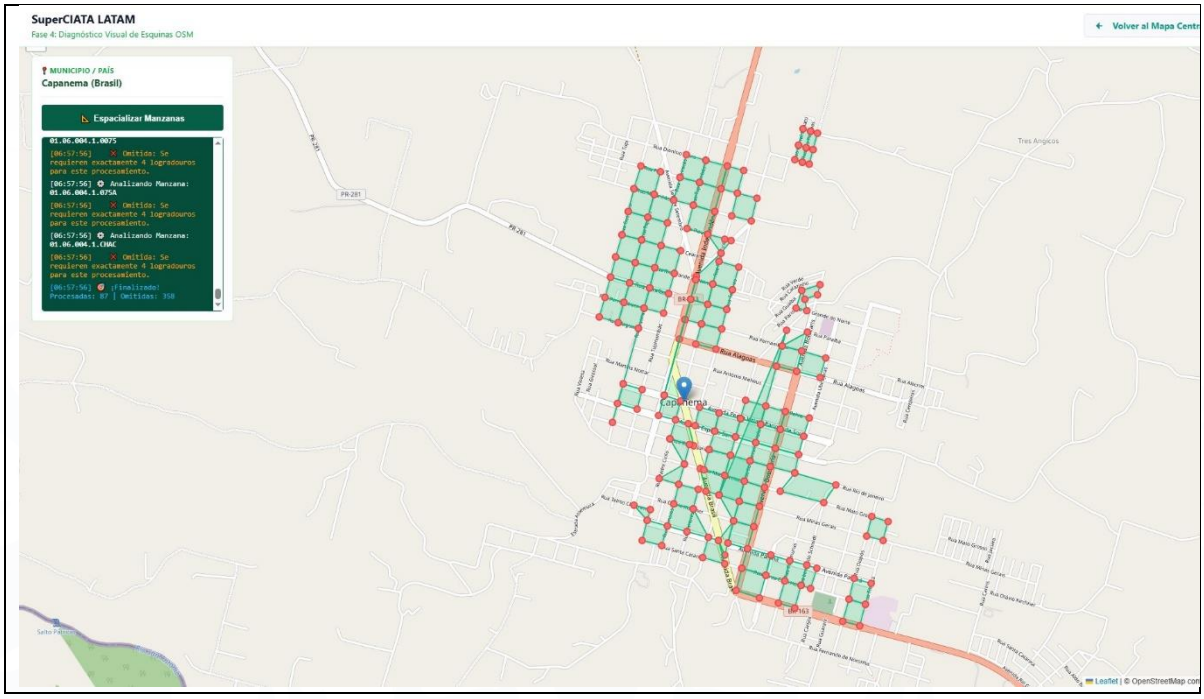
Figura 1 - Representação das Manzanas em Buenos Aires



Elaboração: Autor (2026)

Por outro lado, o índice de 39,9% obtido em Capanema-PR joga luz sobre os desafios geométricos inerentes à modelagem colaborativa de cidades de pequeno e médio porte (Figura 2).

Figura 2 - Representação das Quadras em Capanema-PR



Elaboração: Autor (2026)

A investigação analítica dos casos residuais (os 60,1% não identificados de forma puramente automatizada) revelou que o principal fator limitante não é a ausência de vias na base voluntária, mas sim a existência de geometrias complexas e descontinuidades topológicas no *OpenStreetMap*. Entre os entraves observados, destacam-se:

- Vias sem Conectividade Clássica: Ruas sem saída (*cul-de-sac*) e eixos que terminam abruptamente sem intersectar a via transversal subsequente, impedindo o fechamento do polígono na rotina SQL.

- Setores de Expansão e Vazios Urbanos: Quadras oficiais que constam na base fiscal do CTU (lotes lançados para tributação), mas que no espaço físico ainda configuram glebas rurais ou áreas de expansão sem arruamento consolidado ou mapeado na plataforma colaborativa.

Ademais, a lógica de fechamento dos perímetros assume, como premissa ideal, quadras com morfologia predominantemente convexa e delimitação por eixos viários simples. Em cenários de complexidade geométrica ou morfológica, como quadras irregulares, côncavas, com presenças de rotatórias, vias duplicadas ou com múltiplas interseções concorrentes, a geração automatizada pode resultar em deformações do polígono ou em inconsistências topológicas. Nestes casos específicos, o método exige etapas de verificação visual ou correção manual pela equipe técnica municipal, reafirmando o papel do aplicativo como uma ferramenta de suporte à decisão e diagnóstico, e não como um gerador autônomo infalível.

Apesar dessas limitações estruturais, sob a perspectiva da administração de terras baseada no conceito *fit-for-purpose*, a identificação automatizada dessas quadras cumpre o papel de gerar um arcabouço territorial preliminar. Como o foco do método consiste na geração automatizada de feições para suporte inicial à gestão e não na garantia de acurácia

posicional estrita, os casos nulos ou inconsistentes passam a figurar em relatórios automáticos de auditoria, orientando intervenções pontuais de saneamento cartográfico pelas municipalidades.

3.3 Contribuição para a Justiça Territorial e Implicações para o CTM

A capacidade da metodologia de espacializar de forma massiva a malha urbana, mesmo partindo de cadastros legados e puramente alfanuméricos, demonstrou ser uma ferramenta de transição crucial para municípios de pequeno e médio porte.

Ao injetar inteligência espacial na tabela SC_QUADRAS sem a necessidade de investimentos imediatos em levantamentos topográficos de campo dispendiosos, a metodologia cumpre os preceitos do conceito *fit-for-purpose* (ENEMARK; MCLAREN; LEMMEN, 2021). O polígono gerado serve como o arcabouço geométrico inicial básico para que a prefeitura possa vincular variáveis fiscais e sociais por quadra, permitindo análises de progressividade do IPTU/IBS, identificação de vazios urbanos e mapeamento da infraestrutura de transportes. Esse diagnóstico espacializado traduz o papel do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) como um instrumento prático de promoção da justiça territorial e eficácia arrecadatória.

4 CONCLUSÃO

A metodologia proposta demonstrou viabilidade técnica ao operacionalizar a espacialização automatizada da malha urbana a partir da integração entre cadastros alfanuméricos legados (CTU) e dados colaborativos (OSM). Alinhada ao conceito *fit-for-purpose*, a abordagem oferece uma alternativa de baixo custo para a transição para um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) em municípios que enfrentam escassez de recursos técnicos e orçamentários.

Os estudos de caso evidenciaram o impacto direto da estrutura urbana no desempenho da automação. No setor central de Buenos Aires, a regularidade do traçado ortogonal e a densidade do mapeamento colaborativo permitiram uma taxa de geração automatizada de quadras de 63,6%, enquanto em Capanema a taxa fixou-se em 39,9%. Cabe reforçar que esses valores expressam a capacidade de identificação e fechamento sistemático dos polígonos pelo algoritmo, e não parâmetros de acurácia posicional ou conformidade geométrica perfeita com os cadastros oficiais. Em ambos os cenários, as falhas ou limitações de geração decorreram de descontinuidades topológicas na malha viária colaborativa, inconsistências nos registros legados e da presença de morfologias urbanas complexas (como vias duplicadas, rotatórias e quadras côncavas ou irregulares), que demandam validação ou ajuste manual assistido.

Essa assimetria valida a utilidade prática do sistema: ao solucionar de forma massiva as regiões urbanas consolidadas, o método isola geometricamente os setores inconsistentes ou em expansão. Isso gera relatórios automatizados de inconsistência que otimizam o planejamento municipal, permitindo que as equipes foquem os esforços de auditoria e correção cartográfica exatamente onde as falhas estão localizadas.

Como trabalhos futuros, aponta-se primordialmente a realização de testes de acurácia posicional e validação geométrica sistemática mediante o confronto dos polígonos gerados

com bases cartográficas oficiais independentes e de alta precisão. Sugere-se, adicionalmente, a expansão das rotinas geométricas para o nível intra-quadra, utilizando as testadas para a distribuição parametrizada dos lotes internos, e a indexação dessa arquitetura relacional às diretrizes e prazos legais do CTM, consolidando o uso de ferramentas de código aberto na promoção da justiça territorial.

5 REFERÊNCIAS

BA DATA. **Buenos Aires Data**. Disponível em: <https://data.buenosaires.gob.ar/>. Acesso em: 22 jun. 2026.

BARBIERO, Marco A. **SuperCIATA**. Disponível em: <https://superciata.com.br/>. Acesso em: 2 set. 2026.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de banco de dados**. *[S.l.]*: Pearson Addison Wesley, 2011.

ENEMARK, Stig; MCLAREN, Robin; LEMMEN, Christian. Fit-for-Purpose Land Administration—Providing Secure Land Rights at Scale. **Land**, v. 10, n. 9, p. 972, 15 set. 2021.

ERBA, Diego Alfonso. **Catastro multifinalitario aplicado a la definición de políticas de suelo en América Latina**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

ISO. **ISO 639-1:2002: Codes for the representation of names of languages — Part 1: Alpha-2 code**. Geneva: International Organization for Standardization, 2002. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/22109.html>.

JavaScript | MDN. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>. Acesso em: 10 ago. 2025.

Leaflet - a JavaScript library for interactive maps. Disponível em: <https://leafletjs.com/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MACEDO, Diego. **Integração do Cadastro Único com Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatístico através da modelagem de um banco de dados espacial**. *[S.l.]*: mds.gov.br, 2023. Disponível em: <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/pesquisas/documentos/relatorio/relatorio_270.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2025.

MACHADO, Adriana Alexandria; CAMBOIM, Silvana Philippi. Semantic Alignment of Official and Collaborative Geospatial Data: A Case Study in Brazil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 76, 15 maio 2024.

MySQL. Disponível em: <https://www.mysql.com/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

OLBRICHT, Roland. Chapter: Data Retrieval for Small Spatial Regions in OpenStreetMap. *In*: **OpenStreetMap in GIScience**. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. *[S.l.]*: Springer International Publishing Switzerland, 2015. p. 101–122.

OLBRICHT, Roland; PAULMANN, Michael. **Overpass API**. FOSS@HFT, , 2015. Disponível em: <https://av.tib.eu/media/17720>. Acesso em: 28 ago. 2025