Regularização fundiária urbana de interesse social: desenvolvimento de um sistema computacional para emissão automatizada de certidões de regularização fundiária – CRF

Social urban land regularization: development of a computational system for the automated issuance of land regularization certificates – CRF

Luciano José Dionizio Medeiros[1]

Juciela Cristina dos Santos[2]

Ayrton Martim Oliveira Dias Melo[3]

RESUMO: A Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social (REURB-S), disciplinada pela Lei Federal n.º 13.465/2017, constitui instrumento jurídico-urbanístico voltado ao reconhecimento formal da posse e da moradia em núcleos urbanos informais. A emissão da Certidão de Regularização Fundiária (CRF) e do Memorial Descritivo são etapas essenciais desse processo, porém frequentemente sujeitas a inconsistências técnicas e documentais que dificultam o registro cartorial. O presente artigo propõe e valida uma metodologia automatizada para processamento cadastral e geração de documentação técnica da REURB-S, implementada em ambiente web por meio de um sistema desenvolvido em Python com o framework Streamlit. O sistema processa polígonos de lotes em formato KML, realiza o reconhecimento geométrico automático de confrontantes, efetua a numeração georreferenciada por Análise de Componentes Principais (ACP) e gera os documentos de regularização padronizados segundo os requisitos analisados do Decreto n.º 9.310/2018 e da NBR 17047:2022. A validação em um caso real com 649 lotes demonstrou taxa de sucesso de 100% no processamento geométrico, eliminação automática de erros de fechamento de polígonos e preenchimento correto de confrontantes. Conclui-se que a ferramenta é satisfatória para implementação como auxiliar técnico em projetos de REURB, com ganhos diretos de produtividade, padronização e conformidade documental, contribuindo para a estruturação de bases cadastrais georreferenciadas compatíveis com os princípios do Cadastro Territorial Multifinalitário.

Palavras-chave: Cadastro Territorial para REURB; REURB-S; Certidão de Regularização Fundiária; automação cadastral; Python.

ABSTRACT: Social Urban Land Regularization (REURB-S), governed by Federal Law No. 13,465/2017, is a legal-urban instrument aimed at formally recognizing possession and housing rights in informal urban settlements. The issuance of the Land Regularization Certificate (CRF) and Descriptive Record are essential steps in this process, but are frequently subject to technical and documentary inconsistencies that delay property registration. This article proposes and validates an automated methodology for cadastral processing and technical documentation of REURB-S, implemented as a web-based system developed in Python using the Streamlit framework. The system processes lot polygons from KML files, automatically identifies parcel boundaries by geometric comparison, numbers lots geographically using Principal Component Analysis (PCA), and generates standardized regularization documents according to the analyzed requirements of Decree No. 9,310/2018 and NBR 17047:2022. Validation on a real case with 649 lots demonstrated a 100% success rate in geometric processing, automatic elimination of polygon closure errors, and correct boundary identification. It is concluded that the tool is satisfactory for implementation as a technical auxiliary in REURB projects, with direct gains in productivity, standardization, and documentary compliance.

Keywords: REURB-S; Land Regularization Certificate; cadastral automation; Principal Component Analysis;

1 Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura / luciano.medeiros@ceca.ufal.br

2 Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Professora Doutora do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura / juciela.santos@ceca.ufal.br

3 Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Técnico de laboratório - topografia / ayrton.melo@ctec.ufal.br

Python.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Censo Demográfico 2022, o Brasil contava com 12.348 favelas e comunidades urbanas, distribuídas em 656 municípios, nas quais residiam 16,39 milhões de pessoas (8,1% da população nacional) em 5,56 milhões de domicílios particulares permanentes ocupados, frequentemente destituídos de infraestrutura básica e documentação legal de posse (IBGE, 2025). A denominação “favelas e comunidades urbanas”, adotada em caráter provisório durante o processo de revisão conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2023, foi oficializada em janeiro de 2024 em substituição à denominação “aglomerados subnormais”, utilizada desde o Censo de 1991, sem alteração do conteúdo essencial dos critérios de identificação nem do mapeamento censitário (IBGE, 2024). Para enfrentar esse quadro de informalidade, a Lei Federal n.º 13.465/2017 instituiu a Regularização Fundiária Urbana (REURB), distinguindo a modalidade de interesse social (REURB-S), voltada a comunidades vulneráveis com isenção de taxas cartoriais, da modalidade de interesse específico (REURB-E). Trata-se de um marco legal que, apesar dos avanços obtidos, ainda enfrenta desafios persistentes para o ordenamento territorial urbano (MEDEIROS et al., 2022). A Certidão de Regularização Fundiária (CRF), definida no art. 11, V, da Lei n.º 13.465/2017, com conteúdo mínimo fixado no art. 41 dessa lei e no art. 38 do Decreto n.º 9.310/2018, é o documento central desse processo: reconhece formalmente o núcleo urbano e abre caminho para o registro individual de cada unidade imobiliária.

A emissão da CRF pressupõe a descrição técnica georreferenciada de cada unidade imobiliária, com confrontações, descrição do perímetro e coordenadas dos vértices definidores de limite vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, das quais derivam os azimutes e as distâncias do memorial descritivo, conforme os arts. 28 a 32 do Decreto n.º 9.310/2018 e a Resolução IBGE n.º 1/2015, que encerrou o período de transição e tornou o SIRGAS 2000 o único sistema geodésico de referência oficial do Brasil. Na prática de escritórios técnicos e prefeituras de pequenos municípios, esse trabalho é realizado de forma manual e repetitiva: coordenadas são transferidas do software CAD para planilhas, confrontantes são preenchidos segmento a segmento e cada trecho da certidão é redigido individualmente. Esse fluxo manual é suscetível a omissões e erros de transcrição, resultando em inconsistências documentais que motivam devoluções pelo Cartório de Registro de Imóveis (CRI), conforme documentado por Silva e Antunes (2020) no contexto da integração entre levantamento topográfico e registro imobiliário.

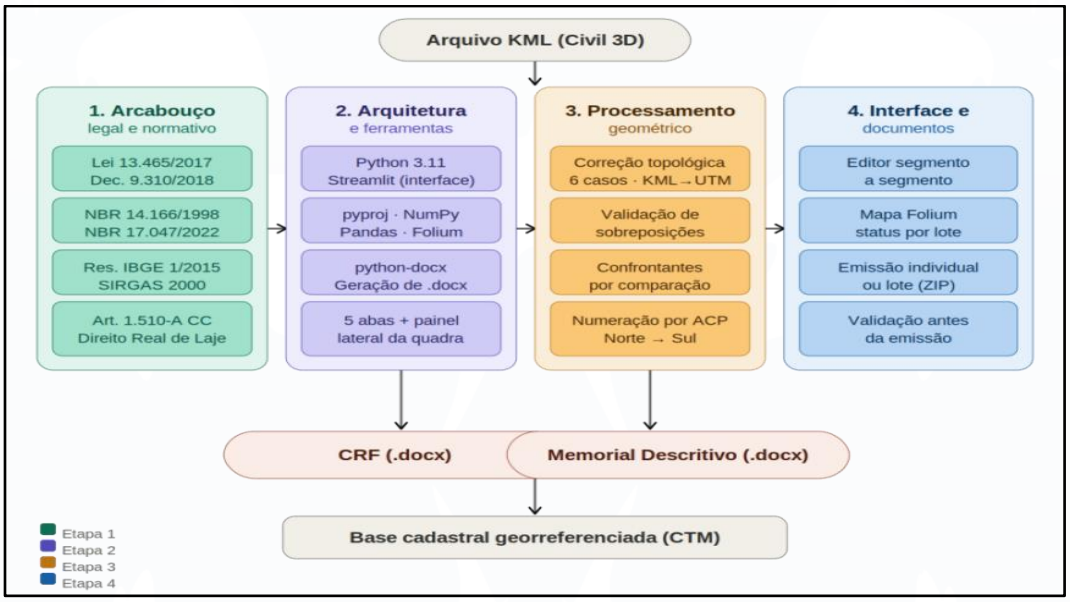
O software Certidão Digital de Regularização Fundiária (CDRF), desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e registrado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), constitui a principal ferramenta computacional de referência em uso no país para suporte à REURB-S (GARNÉS, 2021). O CDRF reúne informações sociais, jurídicas e técnicas em um fluxo integrado e tem sido adotado em larga escala no Programa Moradia Legal de Pernambuco, com mais de 13 mil títulos entregues a partir de sua utilização (ANDIFES, 2023). Contudo, o sistema demanda o preenchimento manual dos dados topográficos de cada parcela, não incorpora o reconhecimento geométrico automático de confrontantes a partir de arquivos vetoriais, nem realiza a ordenação georreferenciada de lotes por critério espacial independente da orientação da quadra. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um sistema computacional baseado na web capaz de automatizar essas etapas topográficas e estruturais da REURB-S: processamento de polígonos em formato KML, reconhecimento geométrico de confrontantes por comparação espacial, numeração georreferenciada por Análise de Componentes Principais e geração automatizada dos documentos finais em formato .docx. A

proposta alinha-se à abordagem fit-for-purpose de administração de terras preconizada pela Federação Internacional de Geômetras (ENEMARK et al., 2014), que privilegia soluções flexíveis, acessíveis e adequadas à finalidade.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada compreende quatro etapas sequenciais: (i) levantamento do arcabouço legal e normativo que orienta o conteúdo dos documentos a gerar; (ii) definição da arquitetura do sistema e seleção das bibliotecas de software; (iii) implementação dos algoritmos de processamento geométrico dos vetores de entrada; e (iv) construção dos módulos de interface e de geração de documentos. A Figura 1 sintetiza esse fluxo metodológico.

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas do sistema.



Fonte: Autores (2026).

2.1 Arcabouço legal e normativo

A especificação funcional do sistema baseou-se na leitura sistemática das seguintes normas: Lei n.º 13.465/2017 e Decreto n.º 9.310/2018, que definem a CRF (art. 11, V, da lei; art. 3.º, V, do decreto), seu conteúdo mínimo (art. 41 da lei; art. 38 do decreto) e os requisitos do levantamento topográfico georreferenciado, da planta e do memorial descritivo (arts. 28 a 32 do decreto), incluindo o erro posicional máximo de 8 cm para os vértices definidores de limite (art. 29, § 3.º). Complementam esse arcabouço: ABNT NBR 17047:2022 (Levantamento cadastral territorial para registro público: procedimento), que fixa a precisão posicional planimétrica de 8 cm para os vértices de parcelas urbanas e determina que a descrição do imóvel se inicie no primeiro vértice de confrontação com o sistema viário e siga o sentido horário; ABNT NBR 13133:2021 (Execução de levantamento topográfico: procedimento), segunda edição da norma de 1994, que estabelece os procedimentos e as tolerâncias dos levantamentos topográficos, incluindo o posicionamento por sistemas globais de navegação por satélite (GNSS); ABNT NBR 14166:2022 (Rede de referência cadastral municipal: requisitos e procedimento), que define a infraestrutura geodésica municipal na qual o levantamento cadastral deve estar apoiado; Resolução IBGE n.º 1/2015, que tornou o SIRGAS 2000 o único sistema geodésico de referência oficial do país; ABNT NBR 17146:2025 (Sistemas de aeronaves não tripuladas: procedimentos operacionais), que disciplina a operação segura das aeronaves remotamente pilotadas, amplamente utilizadas no mapeamento de núcleos de REURB-S, sem, contudo, estabelecer requisitos de exatidão cartográfica; Portaria n.º

3.242/2022 do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que aprova as diretrizes nacionais do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM); e art. 1.510-A do Código Civil (Lei n.º 10.406/2002), para o tratamento do Direito Real de Laje.

2.2 Arquitetura do sistema e ferramentas utilizadas

O sistema foi inteiramente desenvolvido em Python 3.11 (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2023) e opera como aplicação web por meio do framework Streamlit (STREAMLIT, 2024), em versão mínima 1.30, que permite construir interfaces interativas compostas por formulários, seletores, tabelas editáveis e painéis de visualização, sem necessidade de conhecimento em desenvolvimento web. A escolha do Streamlit decorreu da sua capacidade de gerar interfaces funcionais com código Python puro, reduzindo a complexidade de manutenção.

As demais bibliotecas foram selecionadas por função específica:

- pyproj (≥ 3.6): conversão de coordenadas geográficas WGS 84 (EPSG:4326) para UTM SIRGAS 2000, com determinação automática do código EPSG conforme fuso (18–25) e hemisfério;
- NumPy (≥ 1.25): cálculos vetoriais, decomposição espectral para a Análise de Componentes Principais e operações geométricas de precisão;
- Pandas (≥ 2.0): estruturação dos dados de vértices e atributos de cada lote em DataFrames, facilitando a edição interativa na interface;
- Folium: geração de mapas interativos com visualização dos lotes por status de regularização, sobrepostos a imagens de satélite e OpenStreetMap;
- python-docx (≥ 1.0): geração programática dos documentos .docx (CRF e Memorial Descritivo), incluindo tabelas, parágrafos justificados e rodapés técnicos.

A interface é organizada em cinco abas: (i) dados do imóvel e localização; (ii) qualificação civil do beneficiário; (iii) vértices e confrontantes, com editor segmento a segmento; (iv) painel cartográfico com mapa Folium; e (v) referências legais aplicáveis. Um painel lateral permite preencher os dados comuns da quadra (município, UF, fuso UTM e modalidade REURB) e aplicá-los a todos os lotes com um único clique.

2.3 Correção topológica dos polígonos de entrada

O sistema aceita como entrada arquivos no formato KML (Keyhole Markup Language), padrão vetorial baseado em XML que armazena geometrias em coordenadas geográficas WGS 84 (EPSG:4326). Esses arquivos são gerados pelo AutoCAD Civil 3D por meio de sua função nativa de exportação KML, a partir dos polígonos dos lotes obtidos do levantamento cadastral territorial. Após o carregamento, as coordenadas de cada vértice são transformadas para o sistema UTM SIRGAS 2000, com a zona e o hemisfério definidos pelo operador. Em seguida, os vértices são submetidos a uma rotina de correção topológica que trata seis tipos de anomalias geométricas geradas pelo processo de exportação do Civil 3D, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Anomalias geométricas tratadas pelo módulo de correção topológica.

Caso	Origem do vértice espúrio	Limiar
1/2	Fechamento automático pelo comando C / clique exato no ponto inicial	dist = 0,00 m
3	Fechamento manual com snap imperfeito: último vértice próximo, mas não igual ao inicial	dist < 5 cm
4	Duplo clique no mesmo ponto: par de vértices consecutivos idênticos	dist < 2 cm
5	Bug do Civil 3D em polilinhas com elevação: penúltimo vértice coincide com o inicial	dist < 5 cm
6	Vértice colinear sobre segmento existente: desvio perpendicular abaixo do limiar	desvio < 5 cm

Fonte: Autores (2026).

Os limiares adotados foram calibrados com base nos requisitos de precisão posicional aplicáveis à REURB. O Decreto n.º 9.310/2018 determina que o erro posicional esférico do vértice definidor de limite seja igual ou inferior a 8 cm de raio (art. 29, § 3.º) e remete os padrões de plantas e memoriais, inclusive as escalas adotadas, às diretrizes da autoridade municipal (art. 45). A NBR 17047:2022, por sua vez, fixa em 8 cm a precisão posicional planimétrica do vértice da parcela urbana (item 6.4.1), com tolerância de 24 cm entre levantamentos distintos de um mesmo vértice (item 6.4.4), sem prescrever escala mínima de representação. Na prática de projetos de REURB-S, o mapeamento é frequentemente apoiado em imageamento por aeronaves remotamente pilotadas, cuja operação é disciplinada pela NBR 17146:2025, com pontos de controle obtidos por receptor GNSS (MONICO, 2008). Não há, contudo, norma ABNT específica de exatidão para os produtos cartográficos gerados por essas aeronaves, de modo que se adota como critério de aceitação dos vértices o valor de 8 cm, comum ao art. 29, § 3.º, do Decreto n.º 9.310/2018 e ao item 6.4.1 da NBR 17047:2022. O limiar de 5 cm adotado nos Casos 3, 5 e 6 é inferior a esse valor, garantindo que nenhum vértice geometricamente real seja descartado.

Após a correção topológica, o sistema valida a ausência de sobreposições entre polígonos por ray-casting, com early-exit por bounding box para eficiência computacional. Em seguida, os confrontantes de cada segmento são identificados por comparação geométrica: verifica-se se o ponto médio ou ambos os extremos de um segmento coincidem com alguma aresta de outro lote (tolerância de 15 cm); caso contrário, o segmento é classificado como via pública. Para lotes com quatro vértices, caso predominante em REURB, a posição topológica de cada lado é atribuída por regra determinística (P01→P02 = Frente Principal, P02→P03 = Lateral Direita, P03→P04 = Fundos, P04→P01 = Lateral Esquerda), tomando-se como referência o observador situado no interior do lote e voltado para a via.

Antes dessa classificação, a sequência de vértices é reordenada de modo que P01 seja o primeiro vértice de confrontação com o sistema viário e o percurso siga o sentido horário: o sistema identifica o segmento de testada (em lotes de esquina, o mais curto entre os lados voltados para vias, com desempate pelo lado mais afastado do centroide da quadra), rotaciona a lista de vértices para que esse segmento ocupe a posição P01→P02 e, quando o produto vetorial dos dois primeiros segmentos indica percurso anti-horário (critério suficiente para os polígonos convexos característicos dos lotes urbanos), inverte a sequência de vértices preservando a testada em P01→P02. Esse procedimento atende ao item 9.3 da NBR 17047:2022, segundo o qual a descrição da parcela deve iniciar-se no primeiro vértice de confrontação com o sistema viário e prosseguir no sentido horário. A regra determinística de posições é aplicada apenas aos lotes de quatro vértices com uma única frente; lotes de esquina, com chanfros ou com mais de quatro vértices recebem classificação angular relativa ao centroide da quadra, com identificação da frente principal, das frentes secundárias e dos chanfros de esquina.

2.4 Numeração georreferenciada por ACP

Os identificadores numéricos dos lotes constantes no KML são descartados, pois refletem a ordem de desenho no Civil 3D e não necessariamente a sequência topográfica de campo. A numeração final é determinada geometricamente por Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos centroides dos lotes (JOLLIFFE, 2002).

O autovetor associado ao maior autovalor da matriz de covariância 2×2 dos centroides define o eixo longitudinal da quadra. O eixo perpendicular separa as fileiras (frente e fundos). A numeração segue o percurso em volta: Lote 01 ao N (maior fileira, sentido Norte→Sul), continuando Sul→Norte na fileira dos fundos, alternando o sentido a cada fileira adicional. Esse

método é independente da orientação geográfica da quadra, funcionando corretamente mesmo em quadras diagonais.

O procedimento aplica-se a quadras de diferentes formatos: além das quadras retangulares e diagonais, o sistema identifica e numera quadras em arco, em "L" e de traçado sinuoso, pois a posição de cada lote na fileira é dada pela projeção do centroide sobre o eixo principal, e não pelas coordenadas N ou E isoladamente, e a separação das fileiras utiliza a lacuna na projeção perpendicular, com tratamento específico para quadras curvas. A única intervenção do operador ocorre em quadras de fileira única: como não existe fileira oposta que permita inferir automaticamente qual extremidade de cada lote é a frente e qual é o fundo, o operador indica essa orientação na interface, e o sistema posiciona os lotes e classifica os segmentos a partir dela. A testada de cada lote, em qualquer caso, continua sendo identificada pela confrontação com a via, conforme a seção 2.3. O comportamento do método em quadras em "U" ainda não foi verificado nos conjuntos processados.

2.5 Geração dos documentos

A CRF é gerada em formato .docx pela biblioteca python-docx, contendo os elementos exigidos pelo art. 41 da Lei n.º 13.465/2017 e pelo art. 38 do Decreto n.º 9.310/2018 aplicáveis à unidade (entre eles, nome e localização do núcleo, modalidade da REURB, indicação numérica da unidade e qualificação civil do beneficiário) e a descrição técnica da unidade prevista no art. 32, II, do mesmo decreto, materializada em confrontações perimétricas, azimutes e distâncias por extenso, declaração de posse e referência geodésica completa (sistema SIRGAS 2000, zona UTM, código EPSG). O sistema permite também a emissão de CRF para Direito Real de Laje (art. 1.510-A do Código Civil) em três cenários jurídicos distintos.

O Memorial Descritivo inclui tabela de vértices com coordenadas UTM (E/N), azimutes e distâncias; descrição perimétrica textual com coordenadas embutidas em cada segmento; tabela resumida de coordenadas; e rodapé técnico com identificação do sistema de referência e normas aplicáveis. Ambos os documentos podem ser gerados individualmente ou em pacote ZIP para a quadra completa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação do sistema foi realizada com arquivos KML executados no município de Maceió/AL, totalizando 649 lotes em 10 quadras, conforme a Tabela 2. Os resultados a seguir descrevem o desempenho do sistema no processamento geométrico, na conformidade topográfica e na eficiência operacional.

Tabela 2 – Características da validação experimental do sistema.

Característica da validação	Valor
Área de aplicação	Projetos de REURB-S
Estado	Alagoas
Município avaliado	Maceió
Quadras processadas	10
Total de lotes	649
Lotes da quadra analisada	29
Sistema de referência	SIRGAS 2000 / UTM
Formato dos dados	KML
Critérios de validação	Correção topológica; identificação de confrontantes; ordenação espacial; conformidade documental

Fonte: Autores (2026).

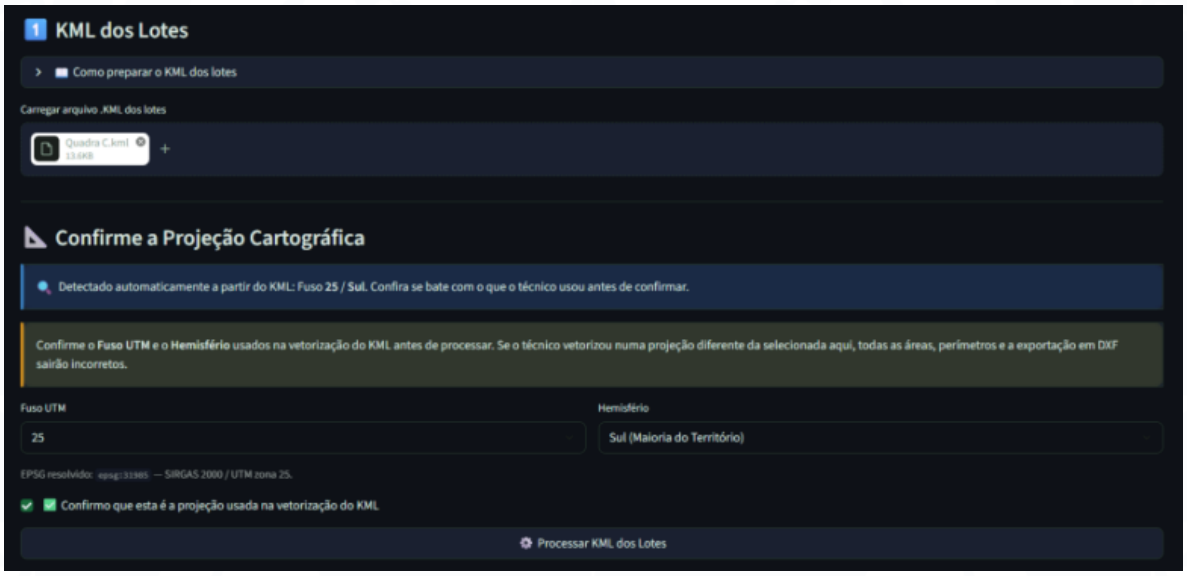
3.1 Validação do processamento geométrico

O caso de referência para análise detalhada é uma quadra com 29 lotes, localizada no

município de Maceió/AL, distribuídos em duas fileiras, com 13 lotes na fileira da frente e 16 na fileira de fundos, cujo eixo longitudinal está inclinado cerca de 9° em relação ao Norte geográfico (orientação NNE-SSW), com lotes de 5,06 m de testada por 25,30 m de profundidade. Os polígonos foram desenhados no AutoCAD Civil 3D 2024 com fechamentos mistos: parte pelo comando C (automático) e parte por clique manual. A exportação foi feita pela função nativa 'Exportar para KML', sem pós-processamento.

25 polígonos apresentaram vértice de fechamento duplicado (Caso 1/2) e dois deles continham vértices colineares espúrios sobre as próprias arestas (Caso 6), com 24 e 41 vértices removidos, respectivamente, pelo critério de desvio perpendicular inferior a 5 cm; 3 de deriva de snap (Caso 3) e não houve caso de duplo clique (Caso 4). Todas as anomalias foram corrigidas automaticamente. Após a correção topológica, nenhum polígono ficou com menos de quatro vértices: 26 lotes resultaram com quatro vértices reais e três com cinco, média de 4,1 vértices por lote, compatível com a geometria predominantemente retangular dos lotes. A Figura 2 apresenta a interface de carregamento do KML, na qual a projeção cartográfica é detectada automaticamente a partir do arquivo e confirmada pelo operador; o diagnóstico das correções aplicadas a cada polígono é registrado no log de processamento.

Figura 2 – Interface de carregamento do KML da quadra analisada, com detecção automática da projeção cartográfica (SIRGAS 2000 / UTM, fuso 25 S).

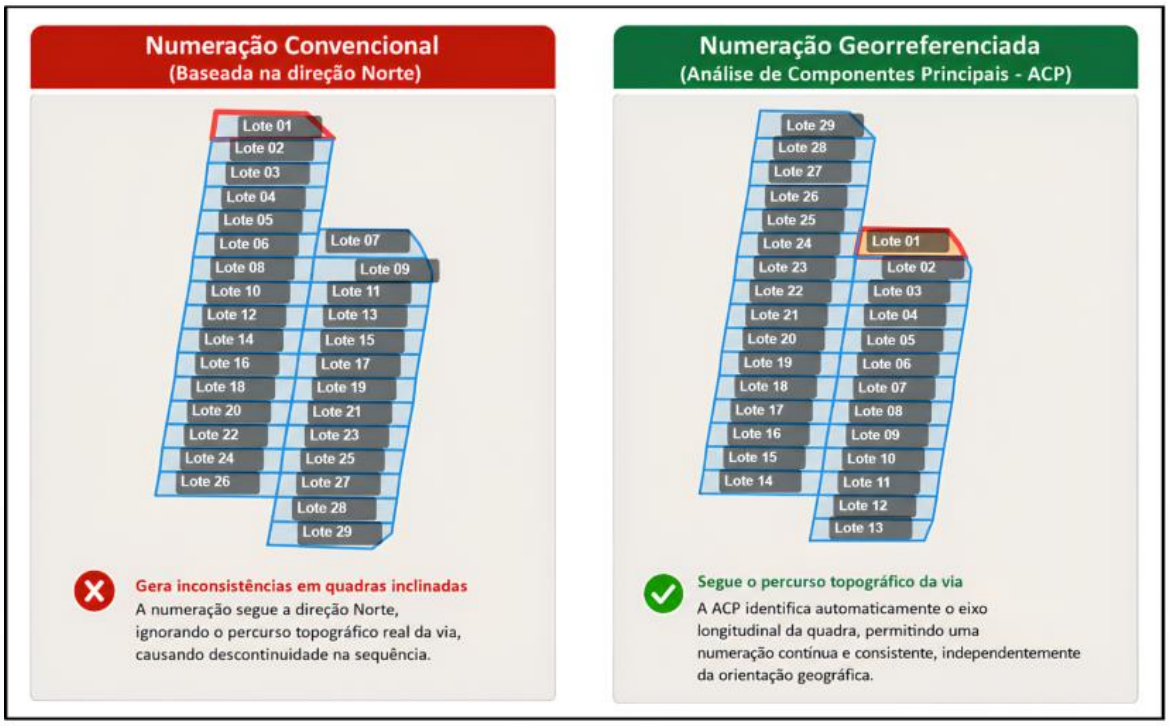


Fonte: Autores (2026).

A detecção de confrontantes atingiu 100% de acerto: todos os segmentos de divisa foram corretamente associados ao lote vizinho, e todos os segmentos voltados para a via central foram classificados como via pública, sem nenhuma intervenção manual. Esse resultado está alinhado ao argumento de Silva e Antunes (2020), que apontam a falta de integração entre levantamento topográfico e registro imobiliário como um dos principais fatores de atraso na REURB. O sistema elimina exatamente esse ponto de atrito ao extrair os confrontantes diretamente da geometria.

A numeração georreferenciada por ACP produziu resultado correto para a quadra inclinada: o Lote 01 foi alocado no extremo norte da fileira da frente, e os lotes seguiram o percurso em volta (Norte→Sul na frente, Sul→Norte nos fundos), do Lote 01 ao 13 na fileira frontal e do 14 ao 29 na fileira de fundos. A Figura 3 compara, para essa quadra, a numeração convencional baseada na direção Norte, que intercala lotes das duas fileiras e produz descontinuidades na sequência, com a numeração georreferenciada por ACP, que segue o percurso topográfico da via.

Figura 3 – Numeração convencional (baseada na direção Norte) versus numeração georreferenciada por ACP na quadra analisada.



Fonte: Autores (2026).

3.2 Conformidade com as normas técnicas

Os azimutes calculados foram confrontados com resultados obtidos no Topograph 98SE para os 29 lotes. O maior desvio encontrado foi de 0,01", valor inferior ao arredondamento na última casa decimal da representação em graus, minutos e segundos. A expressão atan2(ΔE, ΔN) com conversão sexagesimal, adotada no sistema, mostrou-se equivalente ao software de referência. Todos os documentos gerados trazem a identificação do sistema SIRGAS 2000, zona UTM, código EPSG e a declaração de que os azimutes são planos (de quadrícula), medidos a partir do Norte da grade UTM, em conformidade com a NBR 14166:2022, a alínea a) do item 9.3 da NBR 17047:2022 e a Resolução IBGE n.º 1/2015. A sequência de descrição dos vértices, iniciada na testada e percorrida em sentido horário, atende ao item 9.3 da NBR 17047:2022.

3.3 Eficiência operacional

O processamento completo da quadra de 29 lotes, do carregamento do KML à disponibilização dos dados para emissão, levou em média 4,2 segundos em um computador com processador Intel Core i5 de 11.ª geração e 8 GB de RAM. A geração de uma CRF individual, com dados já preenchidos, demandou cerca de 0,8 segundo. O pacote ZIP com os 29 memoriais descritivos foi compilado em 44 segundos.

A Tabela 3 compara as etapas do fluxo de trabalho antes e depois da implantação do sistema. O ganho é concentrado nas tarefas de natureza topográfica e estrutural, que passam de horas de digitação para segundos de processamento automático. A etapa jurídica de qualificação civil do beneficiário permanece como atividade humana indispensável e não sofre alteração de ritmo.

Tabela 3 – Comparação entre o fluxo manual e o sistema proposto por etapa do processo.

Etapa	Escopo	Fluxo manual	Sistema proposto
Correção topológica dos polígonos	Topográfico	Manual, com conferência caso a caso	Automático: < 5 s / quadra
Atribuição de confrontantes por segmento	Topográfico	Digitação individual por segmento	Automático por comparação geométrica
Numeração sequencial dos lotes	Topográfico	Manual, com risco de erro de sequência	Georreferenciada (ACP), automática
Cálculo de azimutes, distâncias e coordenadas	Topográfico	Exportação CAD + conferência em planilha	Automático no processamento do KML
Geração da CRF e do Memorial Descritivo	Topog. + estrutural	Digitação individual no Word	< 10 s / lote; ZIP em < 60 s / quadra
Qualificação civil do beneficiário	Jurídico	Coleta em campo e digitação pelo técnico	PDF dos documento para preenchimento automático
Vistoria de campo e análise documental	Jurídico	Presencial, sob responsabilidade do técnico	Sem alteração

Fonte: Autores (2026).

A leitura da Tabela 3 requer cautela: a vantagem do sistema é válida apenas para as etapas de escopo topográfico e estrutural. A produtividade global de um projeto de REURB, medida em CRFs completas por dia, ainda depende principalmente da coleta de dados jurídicos em campo. Equipes experientes que utilizam o CDRF (software de referência no setor) relatam cerca de 70 certidões diárias quando os dados estão disponíveis. O sistema proposto garante que, uma vez coletados os dados, a geração dos documentos não represente um gargalo adicional.

3.4 Banco de dados geoespacial como subproduto

Como subproduto natural do fluxo de processamento, o sistema estrutura uma base de dados com atributos completos de cada lote regularizado: código único, coordenadas UTM dos vértices, área, perímetro, nome e CPF do titular, endereço, tipo de posse, modalidade REURB, quadra, bairro, município e estado. Esse conjunto, gerado sem custo adicional de coleta, corresponde funcionalmente ao CTM nos termos da Portaria MDR n.º 3.242/2022, que revogou a Portaria n.º 511/2009 do Ministério das Cidades. A norma vigente passou a exigir, para cada parcela, vértices de limite vinculados ao Sistema Geodésico Brasileiro e código identificador único, inequívoco e estável; além disso, distingue parcelas certificadas e não certificadas e prevê o intercâmbio sistemático de informações com os serviços notariais e registrais.

Carneiro (2003); Erba, Oliveira e Lima Júnior (2005); e Loch e Erba (2007) documentam casos brasileiros em que a organização de cadastros territoriais a partir de dados fundiários resultou em melhoria da arrecadação do IPTU e maior precisão no planejamento de obras de infraestrutura. A base gerada pelo sistema tem potencial para aplicações análogas, além de servir como ponto de partida para integração com plataformas de informação geográfica municipais (QGIS Server, PostGIS), sendo atualizada incrementalmente a cada novo projeto de REURB concluído. Essa acumulação progressiva caminha na direção da estruturação sistêmica e de abrangência nacional do cadastro territorial defendida por Silva et al. (2021).

3.5 Limitações identificadas

O sistema requer arquivos KML com polígonos geometricamente válidos; sobreposições decorrentes de erros de levantamento devem ser corrigidas manualmente antes do processamento. Os formatos DXF e SHP, amplamente utilizados em escritórios de engenharia,

ainda não são aceitos como entrada, ficando como desenvolvimento futuro. A geração de plantas cartográficas vetoriais no padrão do CRI (DWG georreferenciado) também não está contemplada na versão atual, que produz apenas documentos textuais .docx e mapas dinâmicos Folium. Em quadras de fileira única, a numeração por ACP depende da indicação, pelo operador, de qual extremidade dos lotes corresponde à frente, pois não há fileira oposta que permita inferi-la automaticamente, conforme discutido na seção 2.4; quadras em "U" ainda não foram avaliadas.

4 CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido demonstrou ser uma ferramenta satisfatória para implementação como auxiliar técnico em projetos de Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social. Os resultados obtidos na validação com 649 lotes reais confirmam que o sistema processa corretamente quadras com diferentes orientações geográficas, elimina automaticamente os vértices espúrios gerados pela exportação do AutoCAD Civil 3D, identifica confrontantes por comparação geométrica sem intervenção manual, numera os lotes de acordo com o percurso topográfico de campo, independentemente da orientação da quadra e também em traçados curvos ou em "L", e gera CRFs e Memoriais Descritivos em conformidade com os requisitos analisados da Lei n.º 13.465/2017, do Decreto n.º 9.310/2018, da NBR 14166:2022, da NBR 17047:2022 e da Resolução IBGE n.º 1/2015.

A principal contribuição técnica do trabalho é a proposição e validação da ACP como método de ordenação georreferenciada de lotes em quadras de orientação geográfica arbitrária, inclusive de traçado curvo ou em "L", abordagem não previamente documentada na literatura de regularização fundiária, e a formalização de seis casos de correção topológica de vértices espúrios compatíveis com os padrões de exportação do Civil 3D. A perspectiva do banco de dados geoespacial como subproduto incremental do processo representa um caminho para a construção progressiva de cadastros territoriais municipais, nos termos da Portaria MDR n.º 3.242/2022, sem custo adicional de coleta.

A automação proposta concentra seus ganhos nas etapas topográficas e estruturais do processo, liberando o profissional para as atividades jurídicas que exigem julgamento humano: qualificação civil do beneficiário, vistoria de campo e análise documental. Essa delimitação clara de escopo é, ao mesmo tempo, uma limitação honesta e um ponto de robustez do sistema: ele não pretende substituir o técnico, mas eliminar o gargalo de documentação que hoje consome horas de trabalho repetitivo.

Como trabalhos futuros, indicam-se: a incorporação da importação de arquivos nos formatos DXF e SHP; a inferência automática da orientação frente/fundos em quadras de fileira única; a verificação do método em quadras em "U"; o desenvolvimento de módulo de geração de plantas cartográficas em escala para o CRI; a integração com bases de dados de cartórios para verificação de matrículas preexistentes; e a aplicação do sistema em projetos-piloto em diferentes morfologias urbanas do Brasil, visando ampliar o universo de validação.

Referências

ANDIFES. **UFPE inaugura primeiro laboratório dedicado à regularização fundiária e direito à moradia em uma universidade pública brasileira.** Brasília, DF: Andifes, 1 ago. 2023. Disponível em: https://www.andifes.org.br/2023/08/01/ufpe-inaugura-primeiro-laboratorio-dedicado-a-regularizacao-fundiaria-e-direito-a-moradia-em-uma-universidade-publica-brasileira/. Acesso em: 12 set. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13133**: execução de

levantamento topográfico: procedimento. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14166**: rede de referência cadastral municipal: requisitos e procedimento. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17047**: levantamento cadastral territorial para registro público: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17146**: sistemas de aeronaves não tripuladas: procedimentos operacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.
BRASIL. Lei n.º 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 11 jan. 2002. Art. 1.510-A incluído pela Lei n.º 13.465, de 11 de julho de 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm. Acesso em: 12 set. 2026.
BRASIL. Lei n.º 13.465, de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 12 jul. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13465.htm. Acesso em: 10 jun. 2026.
BRASIL. Decreto n.º 9.310, de 15 de março de 2018. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 mar. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9310.htm. Acesso em: 10 jun. 2026.
BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria n.º 3.242, de 9 de novembro de 2022. Aprova as diretrizes para a criação, a instituição e a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM, nos municípios brasileiros. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 160, n. 214, p. 20-21, 11 nov. 2022. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-3.242-de-9-de-novembro-de-2022-443240087. Acesso em: 11 set. 2026.
CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório. **Cadastro imobiliário e registro de imóveis**: a Lei n. 10.267/2001, Decreto n. 4.449/2002 e atos normativos do INCRA. Porto Alegre: IRIB: S. A. Fabris, 2003.
ENEMARK, Stig; BELL, Keith Clifford; LEMMEN, Christiaan; McLAREN, Robin. **Fit-for-purpose land administration.** Copenhagen: International Federation of Surveyors (FIG), 2014. (FIG Publication, n. 60). Disponível em: https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub60/Figpub60.pdf. Acesso em: 10 jun. 2026.
ERBA, Diego Alfonso; OLIVEIRA, Fabrício Leal de; LIMA JÚNIOR, Pedro de Novais (org.). **Cadastro multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana.** Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005.
GARNÉS, Silvio Jacks dos Anjos. **Certidão Digital de Regularização Fundiária – CDRF.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2021. Programa de computador. Registro INPI BR 51 2021 000666-6 (Revista da Propriedade Industrial, n. 2623, 13 abr. 2021). Disponível em: https://revistas.inpi.gov.br/pdf/Programa_de_computador2623.pdf. Acesso em: 14 set. 2026.
IBGE. **Resolução da Presidência n.º 1, de 24 de fevereiro de 2015.** Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE,

2015. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf. Acesso em: 12 set. 2026.

IBGE. **Sobre a mudança de aglomerados subnormais para favelas e comunidades urbanas.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024. (Favelas e Comunidades Urbanas: notas metodológicas, n. 1). Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102062.pdf. Acesso em: 11 set. 2026.

IBGE. **Censo Demográfico 2022**: favelas e comunidades urbanas: resultados do universo. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102170.pdf. Acesso em: 11 set. 2026.

JOLLIFFE, Ian T. **Principal Component Analysis.** 2. ed. New York: Springer, 2002. (Springer Series in Statistics).

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro técnico multifinalitário rural e urbano.** Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007. Disponível em: https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/cadastro-tecnico-multifinalitario-rural-e-urbano-full.pdf. Acesso em: 10 jun. 2026.

MEDEIROS, Gabriel Vinicius Jesus Maia; SILVA, Raissa Alves da; MARIANO NETO, Manoel; SOUSA JUNIOR, Almir Mariano de. A regularização fundiária e o ordenamento territorial urbano: avanços e desafios. **Baru: Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, Goiânia, v. 8, n. 1, art. 9011, 2022. DOI: 10.18224/baru.v8i1.9011.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **The Python Language Reference**, release 3.11. Wilmington: PSF, 2023. Disponível em: https://docs.python.org/3.11/reference/. Acesso em: 10 jun. 2026.

SILVA, Suzana Daniela Rocha Santos; ANTUNES, Alzir Felippe Buffara. O Cadastro Territorial Multifinalitário no contexto dos Processos de Regularização Fundiária Urbana. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 72, n. 2, p. 233-252, abr./jun. 2020. DOI: 10.14393/rbcv72n2-48360. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/48360. Acesso em: 10 jun. 2026.

SILVA, Suzana Daniela Rocha Santos e; BRANDÃO, Artur Caldas; CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório; ANTUNES, Alzir Felippe Buffara. Por uma estruturação sistêmica e de abrangência nacional para o cadastro territorial brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 73, n. 2, p. 685-706, abr./jun. 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-57862. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/57862. Acesso em: 12 set. 2026.

STREAMLIT. **Streamlit**: a faster way to build and share data apps. Versão 1.30. [S. l.]: Snowflake, 2024. Disponível em: https://streamlit.io. Acesso em: 10 jun. 2026.