

ZONEAMENTO SOCIAL SOB REVISÃO: MODELAGEM HÍBRIDA DAS ZEIS EM MONTES CLAROS/MG

Matheus Felipe Rodrigues Leite¹, Narciso Ferreira dos Santos Neto²,

¹*Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas, Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Montes Claros, Brasil (matheus.leite@edu.unimontes.br)*

²*Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas, Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Montes Claros, Brasil*

Resumo: Este artigo propõe um método híbrido de modelagem computacional, aprendizado de máquina supervisionado e regras socioeconômicas, para subsidiar a revisão do zoneamento de ZEIS em Montes Claros/MG, integrando renda, lotes vagos e inserção urbana em base georreferenciada de 5.991 quadras. Os resultados mostram que a delimitação vigente (Lei nº 4.198/2009) não incorpora a vulnerabilidade observada, evidenciando o potencial da modelagem como auditoria territorial replicável para revisão das ZEIS.

Palavras-chave: Zoneamento urbano; ZEIS; Modelagem computacional; Habitação de interesse social; Planejamento urbano.

INTRODUÇÃO

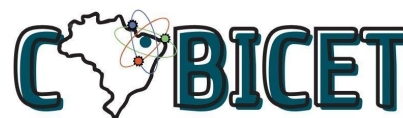
O crescimento urbano acelerado observado nas cidades brasileiras nas últimas décadas tem intensificado os desafios relacionados ao planejamento territorial, à expansão urbana e à provisão de habitação de interesse social. Nesse contexto, os instrumentos de uso e ocupação do solo desempenham papel estratégico na organização do espaço urbano, uma vez que orientam a localização das atividades, regulam os processos de expansão e estabelecem diretrizes para a promoção da função social da propriedade e do direito à moradia. Entretanto, a dinâmica de transformação das cidades impõe desafios contínuos aos processos de planejamento, exigindo que os instrumentos urbanísticos sejam constantemente avaliados e revisados de modo a incorporar alterações territoriais, socioeconômicas e ambientais.

Entre esses instrumentos destacam-se as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), previstas no ordenamento jurídico brasileiro como mecanismos destinados à promoção da habitação de interesse social, à regularização fundiária e à inclusão de áreas urbanas historicamente submetidas a processos de precarização. A definição dessas zonas representa uma etapa fundamental das políticas habitacionais municipais, pois influencia a direcionamento de investimentos públicos, a implantação de

infraestrutura urbana e a regularização de assentamentos.

No município de Montes Claros (MG), a Lei Municipal nº 4.198/2009 estabelece que as ZEIS possuem como finalidade incentivar a produção de novas unidades habitacionais destinadas às famílias com renda de até dez salários mínimos, bem como possibilitar a regularização fundiária de assentamentos urbanos, em consonância com a legislação federal e os programas habitacionais instituídos pelo poder público. Diferentemente de outros municípios brasileiros, nos quais as categorias de ZEIS geralmente são diferenciadas conforme a finalidade da intervenção, em Montes Claros as modalidades ZEIS-1 e ZEIS-2 apresentam distinção relacionada aos modelos de assentamento e aos usos urbanos permitidos, mantendo objetivos legais semelhantes.

Apesar da relevância desse instrumento, a delimitação das ZEIS constitui um processo complexo, pois envolve a análise integrada de múltiplos fatores territoriais, urbanísticos, socioeconômicos e ambientais. A identificação de áreas compatíveis com os objetivos desse instrumento não depende exclusivamente da presença de assentamentos precários ou de características físicas específicas, mas da compreensão conjunta de aspectos como vulnerabilidade socioespacial, disponibilidade de infraestrutura, acessibilidade



urbana, valor do solo, condições ambientais e padrões de ocupação. Dessa forma, a transformação desses critérios, frequentemente expressos de maneira qualitativa ou normativa na legislação urbanística, em parâmetros quantitativos analisáveis representa um dos principais desafios para processos técnicos de revisão territorial.

Paralelamente, o avanço das tecnologias de geoprocessamento, da disponibilidade de bases de dados espaciais e das técnicas de aprendizado de máquina tem ampliado as possibilidades de análise urbana baseada em dados. Estudos recentes demonstram a aplicação dessas técnicas na classificação do uso e ocupação do solo, identificação de padrões espaciais, previsão da expansão urbana e modelagem de fenômenos territoriais complexos. Entretanto, grande parte dessas aplicações concentra-se na interpretação de características físicas do território, especialmente aquelas derivadas de imagens orbitais, padrões morfológicos e variáveis ambientais, enquanto permanecem menos exploradas abordagens voltadas à representação computacional de instrumentos jurídico-urbanísticos.

Essa lacuna é particularmente relevante no contexto das ZEIS, uma vez que sua definição não resulta apenas de padrões observáveis do território, mas da articulação entre princípios legais, objetivos sociais e critérios técnicos de planejamento urbano. Assim, embora as técnicas de aprendizado de máquina apresentem capacidade para identificar relações complexas entre diferentes variáveis espaciais, ainda constitui um desafio metodológico utilizá-las como ferramentas capazes de integrar critérios derivados da legislação urbanística e auxiliar processos de revisão de zoneamentos sociais.

Diante desse contexto, esta pesquisa propõe uma metodologia híbrida baseada na integração entre indicadores territoriais, urbanísticos, ambientais e socioeconômicos e técnicas de aprendizado de máquina para subsidiar a identificação de áreas potencialmente prioritárias para delimitação de Zonas Especiais de Interesse Social no município de Montes Claros (MG). A principal contribuição do estudo consiste no desenvolvimento de uma abordagem capaz de traduzir critérios associados aos fundamentos legais e conceituais das ZEIS em atributos espaciais analisáveis computacionalmente, permitindo a identificação de padrões territoriais relacionados aos objetivos desse instrumento.

Ressalta-se que a metodologia proposta não tem como finalidade substituir os processos institucionais de planejamento urbano ou automatizar a definição das ZEIS, mas fornecer uma ferramenta de apoio técnico capaz de auxiliar análises territoriais, ampliar a capacidade de interpretação de dados urbanos e

contribuir para processos de revisão do zoneamento social baseados em evidências.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: O município de Montes Claros está localizado na região Norte do estado de Minas Gerais, Brasil, possuindo área territorial aproximada de 3.589,8 km² e população de 414.240 habitantes, conforme dados do Censo Demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Considerado o principal polo regional do Norte de Minas, o município concentra atividades comerciais, industriais, educacionais e de serviços, exercendo influência econômica e funcional sobre diversos municípios da região.

A pesquisa foi desenvolvida considerando exclusivamente o perímetro urbano municipal, área na qual estão inseridas as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) definidas pela Lei Municipal nº 4.198/2009. Conforme estabelecido pela legislação local, essas zonas possuem como finalidade incentivar a produção de novas unidades habitacionais destinadas às famílias com renda de até dez salários mínimos, além de possibilitar processos de regularização fundiária de assentamentos urbanos, em consonância com os princípios estabelecidos pela política urbana brasileira.

Em Montes Claros, as categorias ZEIS-1 e ZEIS-2 apresentam diferenciação principalmente quanto aos modelos de assentamento e aos usos urbanos permitidos, não havendo distinção quanto à finalidade geral do instrumento. A ZEIS-1 permite usos predominantemente residenciais, comércio varejista local, serviços locais e equipamentos institucionais locais, enquanto a ZEIS-2 admite, além desses usos, atividades comerciais, serviços e equipamentos institucionais de abrangência de bairro, permitindo maior diversidade funcional.

A escolha do município como área de estudo fundamenta-se na disponibilidade de bases cartográficas oficiais, informações socioeconômicas, dados cadastrais territoriais e legislação urbanística consolidada, possibilitando a construção de uma base espacial integrada e a avaliação da aplicabilidade da metodologia proposta em uma cidade média brasileira.

Construção da base espacial e definição das variáveis: A construção da base de dados espacial teve como unidade territorial de análise as quadras urbanas do município. Essa escolha foi definida por representar uma escala intermediária entre o lote e o bairro, permitindo integrar informações territoriais, urbanísticas e socioeconômicas sem comprometer a interpretação espacial dos resultados.

A seleção das variáveis utilizadas na modelagem foi fundamentada nos princípios que orientam a definição das Zonas Especiais de Interesse Social, considerando aspectos relacionados à vulnerabilidade socioespacial, acesso à infraestrutura urbana, condições ambientais, características da ocupação e dinâmica territorial.

Diferentemente de abordagens baseadas exclusivamente na seleção automática de atributos, as variáveis foram previamente definidas a partir de critérios conceituais e urbanísticos associados aos objetivos legais das ZEIS. Dessa forma, o aprendizado de máquina não foi utilizado para determinar quais fatores deveriam compor o modelo, mas para analisar como esses diferentes elementos se relacionam espacialmente com as áreas atualmente classificadas como ZEIS.

Foram incorporados indicadores relacionados às dimensões:

socioeconômica: renda domiciliar per capita e indicadores de vulnerabilidade social;

urbana e territorial: densidade populacional, valor venal dos imóveis, características da ocupação e infraestrutura disponível;

mobilidade e acessibilidade: hierarquia viária e proximidade a equipamentos e serviços urbanos;

ambiental: declividade, restrições ambientais e condicionantes físicas do território.

A integração dessas variáveis buscou representar computacionalmente os diferentes critérios envolvidos na análise das ZEIS, permitindo que fatores tradicionalmente tratados de forma qualitativa em processos de planejamento urbano fossem convertidos em atributos espaciais analisáveis.

Processamento e integração dos dados: Inicialmente foi realizada a padronização espacial das bases cartográficas utilizadas, adotando-se o mesmo sistema de referência espacial. Posteriormente foram executadas etapas de correção topológica, eliminação de registros duplicados e compatibilização das diferentes fontes de dados.

A partir das operações de geoprocessamento, foram realizadas sobreposições espaciais, junções de atributos e cálculos dos indicadores territoriais para cada quadra urbana analisada.

As variáveis numéricas foram submetidas aos procedimentos de normalização quando necessário, enquanto as variáveis categóricas foram convertidas para formatos compatíveis com os algoritmos de classificação supervisionada.

Ao final dessa etapa foi estruturada uma base espacial integrada contendo as características territoriais de cada quadra urbana e a informação

referente ao zoneamento social existente, utilizada como variável de referência para o treinamento dos modelos.

Modelagem computacional dos critérios urbanísticos: A modelagem computacional foi desenvolvida com o objetivo de identificar padrões espaciais associados às características territoriais das áreas classificadas como ZEIS no zoneamento vigente.

As variáveis previamente definidas a partir dos fundamentos legais e urbanísticos do instrumento foram utilizadas como atributos de entrada dos modelos supervisionados. Dessa forma, o aprendizado de máquina atuou como mecanismo de integração das diferentes dimensões territoriais, buscando identificar combinações de características associadas à localização das ZEIS existentes.

Foram avaliados diferentes algoritmos de classificação supervisionada: Decision Tree; Random Forest; Gradient Boosting; K-Nearest Neighbors; Regressão Logística; Support Vector Machine.

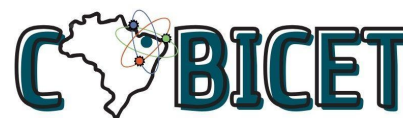
Todos os modelos foram submetidos às mesmas condições de treinamento e validação, permitindo comparação objetiva de desempenho por meio das métricas de acurácia, precisão, recall e F1-score.

O modelo Random Forest apresentou o melhor desempenho entre os algoritmos avaliados, sendo posteriormente utilizado para classificação das quadras urbanas. A escolha desse algoritmo está relacionada à sua capacidade de representar relações não lineares entre variáveis, lidar com conjuntos heterogêneos de atributos e identificar padrões complexos em bases territoriais multidimensionais.

Tabela 1. Desempenho dos algoritmos de classificação supervisionada.

Modelo	Acurácia	Precisão	Recall	F1-score
Random Forest	0,763	0,767	0,763	0,758
Decision Tree	0,710	0,710	0,710	0,709
Gradient Boosting	0,709	0,717	0,709	0,702
KNN	0,598	0,600	0,598	0,587
SVM	0,527	0,533	0,527	0,465
Regressão Logística	0,505	0,412	0,505	0,433

Geração da proposta espacial: Após a seleção do modelo com melhor desempenho, foi realizada a classificação de todas as quadras pertencentes ao perímetro urbano municipal.



Os resultados obtidos foram integrados ao ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a elaboração da proposta espacial de áreas potencialmente prioritárias para delimitação de novas ZEIS.

Além da classificação gerada pelo modelo, foram aplicados critérios de interpretação espacial relacionados à continuidade territorial, coerência urbana e compatibilidade com a estrutura existente, evitando a geração de áreas isoladas ou territorialmente incompatíveis.

Ressalta-se que o modelo desenvolvido não foi utilizado como mecanismo autônomo de definição das ZEIS. Sua função consistiu em identificar padrões territoriais associados aos critérios considerados relevantes para o instrumento urbanístico, oferecendo suporte técnico aos processos de revisão do zoneamento social.

Assim, a proposta espacial resultante deve ser interpretada como uma ferramenta complementar de apoio à decisão, cuja aplicação definitiva depende de análises urbanísticas, jurídicas, administrativas e da participação dos agentes responsáveis pelo planejamento municipal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da base territorial: O banco de dados espacial foi estruturado a partir da integração de informações cartográficas, cadastrais, socioeconômicas, urbanísticas e ambientais, resultando em uma base composta por 5.991 quadras urbanas. A utilização da quadra como unidade de análise permitiu representar de forma detalhada a heterogeneidade territorial do município, reduzindo generalizações associadas a unidades espaciais mais amplas, como setores censitários.

As variáveis selecionadas evidenciaram elevada variabilidade espacial, refletindo diferenças significativas entre os padrões de ocupação urbana, infraestrutura, condições socioeconômicas e características ambientais observadas no território municipal. Essa diversidade constitui um requisito importante para a aplicação de modelos supervisionados, uma vez que amplia a capacidade de identificação de padrões espaciais associados às áreas de interesse.

Importância das variáveis: A análise da importância das variáveis demonstrou que a identificação de áreas potencialmente compatíveis com as finalidades das ZEIS resulta da interação entre múltiplos fatores territoriais, não sendo explicada por um único indicador isoladamente.

As variáveis relacionadas à infraestrutura urbana, acessibilidade, valor venal dos imóveis, renda domiciliar, densidade populacional e características

da malha viária apresentaram elevada contribuição para o desempenho do modelo, evidenciando que a delimitação das ZEIS depende da integração simultânea de aspectos físicos, urbanísticos e socioeconômicos.

Esse comportamento reforça a opção metodológica adotada neste trabalho, na qual a seleção das variáveis foi orientada pelos objetivos legais das ZEIS e não por procedimentos automáticos de seleção de atributos. Dessa forma, o aprendizado de máquina atuou como mecanismo de integração das informações previamente definidas, preservando a coerência entre a modelagem computacional e os fundamentos do planejamento urbano.

Proposta espacial das ZEIS: NA aplicação do modelo Random Forest possibilitou a geração de uma proposta espacial para identificação de áreas potencialmente prioritárias à delimitação das Zonas Especiais de Interesse Social no município de Montes Claros.

De maneira geral, a distribuição espacial das áreas identificadas apresentou coerência com os padrões urbanos observados no município, concentrando-se em regiões que reúnem características compatíveis com os objetivos estabelecidos pela legislação municipal para as ZEIS. Ao mesmo tempo, a modelagem identificou áreas não contempladas pela delimitação vigente que apresentaram características semelhantes às utilizadas durante o treinamento, evidenciando o potencial da metodologia para subsidiar futuras revisões do zoneamento social.

O Mapa de Renda per capita (Figura 1), elaborado a partir do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, evidencia acentuada variação da renda média no território, com valores que oscilam de até R\$ 283,00 nas áreas de menor renda a mais de R\$ 813,00 nos setores de maior rendimento. Observa-se padrão espacial nítido de segregação: as áreas centrais e os bairros adjacentes, sobretudo nas porções sudoeste e oeste do município, concentram as maiores rendas, enquanto as regiões periféricas, notadamente nas porções norte, nordeste e sudeste, concentram os menores níveis de renda per capita. Esse padrão está associado à própria forma de expansão urbana de Montes Claros, historicamente marcada pela concentração de investimentos nas áreas centrais e pela ocupação periférica por população de menor renda (Damasceno e Goulart, 2021), reforçando a fragmentação socioespacial descrita por Villaça (2001) para as cidades brasileiras. É justamente nesse contraste espacial entre renda e centralidade que reside o principal argumento técnico para a revisão das ZEIS: uma delimitação que não acompanhe essa geografia da renda tende a proteger formalmente áreas de vulnerabilidade que, na prática territorial, já não correspondem aos setores de maior carência.

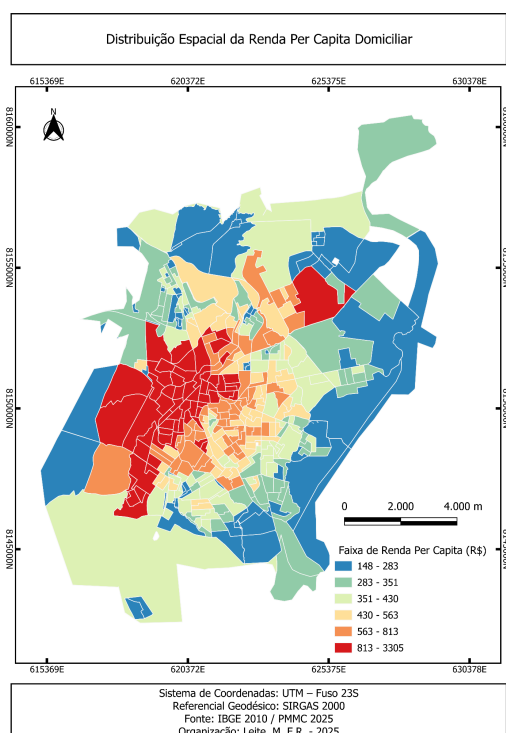


Figura 1. Mapa de renda per capita (fonte: adaptado de IBGE, Censo Demográfico 2010).

A identificação de lotes vagos em quadras já inseridas na malha urbana revelou oportunidades relevantes para a implantação de habitação de interesse social em áreas dotadas de infraestrutura mínima, ainda que subutilizadas. Esse aspecto é estrategicamente importante porque permite direcionar parte da política habitacional para o preenchimento de vazios intraurbanos, reduzindo a pressão por expansão periférica e favorecendo maior integração territorial das novas unidades habitacionais, leitura compatível com a finalidade das ZEIS estabelecida pela Lei nº 4.198/2009, sendo especialmente aderente ao modelo de assentamento mais permissivo da ZEIS-2, que admite associar a produção habitacional a usos comerciais e de serviços nas quadras identificadas..

A comparação espacial entre a delimitação vigente das ZEIS (Figura 2) e a delimitação obtida pela modelagem híbrida (Figura 3) evidencia que a configuração normativa atual não incorpora integralmente a distribuição da vulnerabilidade socioeconômica observada no território. Em diversos setores de renda mais baixa, sobretudo nas porções periféricas ao norte e a nordeste do município, identificam-se quadras com elevado grau de vulnerabilidade, baixa renda associada à presença de vazios urbanos e à inserção precária na malha consolidada, que não estão contempladas pela delimitação oficial das ZEIS, configurando o que a literatura sobre segregação socioespacial descreve

como vulnerabilidade invisibilizada pela norma. Por outro lado, algumas áreas atualmente classificadas como ZEIS apresentam menor aderência aos critérios de renda e de disponibilidade de vazios urbanos adotados neste estudo, sugerindo que a delimitação vigente combina, simultaneamente, lacunas de cobertura e trechos com potencial obsolescência, ambos passíveis de qualificação técnica pela modelagem proposta.

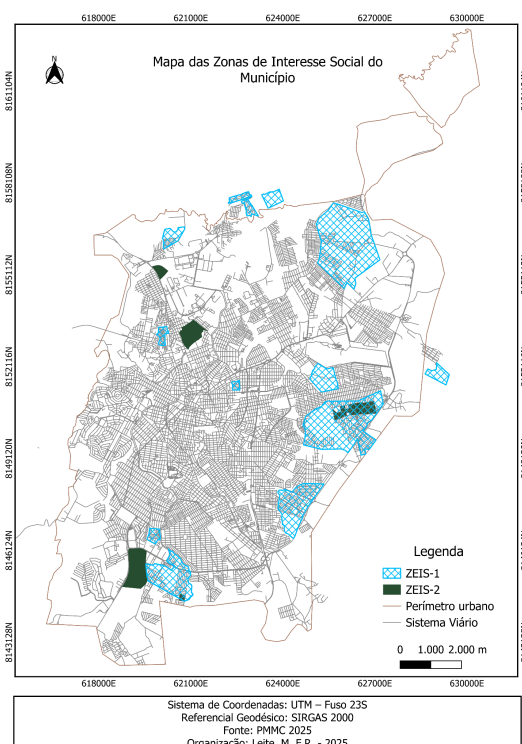


Figura 2. Delimitação vigente das ZEIS (fonte: Lei Municipal nº 4.198/2009, Prefeitura Municipal de Montes Claros).

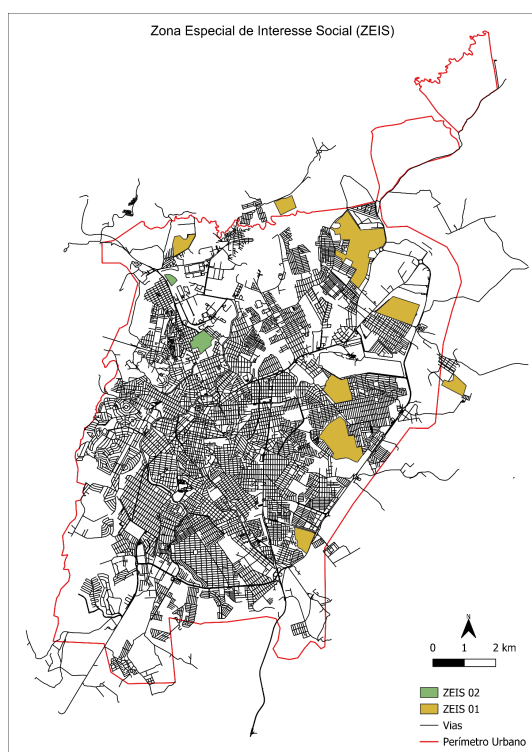


Figura 3. Delimitação das ZEIS modeladas com base em renda e disponibilidade de vazios urbanos (fonte: elaborado pelos autores).

Esses achados dialogam com a literatura sobre os limites das ZEIS quando sua delimitação carece de critérios técnicos atualizados e de mecanismos efetivos de monitoramento (Costa e Antonello, 2021; Santoro, 2015). Ao incorporar explicitamente variáveis de renda e de disponibilidade de vazios urbanos, a proposta de zoneamento modelado amplia a capacidade do instrumento de identificar, de forma objetiva e replicável, áreas prioritárias para intervenção habitacional, reduzindo o componente discricionário da delimitação e fortalecendo sua aderência à realidade socioespacial do município.

A sistematização dos critérios adotados para a delimitação das ZEIS modeladas é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Critérios adotados para a delimitação das ZEIS modeladas.

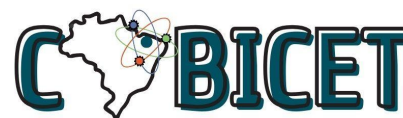
Critério	Descrição	Base de dados utilizada
Vulnerabilidade socioeconômica	Identificação de áreas com renda per capita/renda do responsável mais baixa, segundo classificação por quartis	Censo Demográfico IBGE (2010; 2022)

Critério	Descrição	Base de dados utilizada
Disponibilidade de vazios urbanos	Identificação de lotes vagos em quadras já inseridas na malha urbana, com potencial de aproveitamento para habitação	Cadastro Técnico Imobiliário Municipal
Inserção na estrutura urbana	Verificação da presença de infraestrutura mínima e da conexão com a malha urbana consolidada	Cadastro Técnico Imobiliário Municipal; malha viária (OpenStreetMap)

De forma geral, os resultados indicam que as maiores divergências entre o zoneamento vigente e os padrões territoriais observados concentram-se justamente nas zonas de maior dinamismo funcional e social, entre as quais se incluem as ZEIS, ao passo que áreas residenciais mais consolidadas tendem a apresentar maior coerência normativa. Essa constatação reforça a compreensão do zoneamento como instrumento dinâmico, cuja efetividade depende da atualização contínua frente às transformações territoriais (Talen, 2012; Gurran e Phibbs, 2023), e evidencia o papel da modelagem computacional como ferramenta de auditoria territorial capaz de qualificar tecnicamente os processos de revisão do ordenamento urbano, sem substituir a decisão política e normativa que compete ao poder público municipal.

Por fim, cabe destacar que a proposta de zoneamento modelado das ZEIS não constitui substituição automática da norma vigente, mas subsídio técnico fundamentado em evidências territoriais. Sua incorporação ao processo de revisão legislativa depende de validação institucional pelos órgãos municipais de planejamento, de articulação intersetorial com as políticas de habitação e regularização fundiária e, sobretudo, de mecanismos de participação social compatíveis com a gestão democrática da cidade prevista pelo Estatuto da Cidade (Brasil, 2001) condição indispensável para que a delimitação tecnicamente qualificada não seja apenas transposta ao Plano Diretor, mas legitimada pelas comunidades diretamente afetadas por seus efeitos jurídicos e urbanísticos.

Os resultados demonstram que técnicas de aprendizado de máquina podem contribuir para a análise de instrumentos urbanísticos cuja delimitação depende da integração simultânea de múltiplos critérios territoriais. Diferentemente da maior parte dos estudos encontrados na literatura, que



concentram suas aplicações na classificação do uso e ocupação do solo ou na expansão urbana, a presente pesquisa direcionou a modelagem para um instrumento específico da política urbana brasileira, utilizando o aprendizado de máquina como ferramenta de apoio à revisão das ZEIS.

A principal contribuição da metodologia proposta consiste na tradução dos objetivos legais das ZEIS em um conjunto estruturado de variáveis territoriais, posteriormente integradas por meio de aprendizado supervisionado. Essa abordagem permitiu construir uma estrutura metodológica replicável, baseada exclusivamente em informações públicas, potencialmente aplicável em outros municípios brasileiros mediante adaptação às respectivas legislações urbanísticas.

Além da capacidade de integrar diferentes dimensões territoriais, a metodologia apresenta potencial para qualificar os processos de revisão das ZEIS ao fornecer evidências espaciais obtidas de forma sistemática e transparente. Entretanto, sua aplicação deve ser compreendida como instrumento de apoio ao planejamento urbano, não substituindo as análises técnicas, jurídicas e participativas necessárias à definição das políticas públicas de habitação e regularização fundiária.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma metodologia híbrida para subsidiar a identificação de áreas potencialmente prioritárias à delimitação de Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), integrando informações territoriais, urbanísticas, ambientais e socioeconômicas obtidas em bases públicas oficiais com técnicas de aprendizado de máquina. Diferentemente de abordagens fundamentadas exclusivamente em critérios normativos ou em classificações automáticas do uso do solo, a metodologia proposta foi estruturada a partir das finalidades estabelecidas pela legislação urbanística, traduzindo esses objetivos em um conjunto de variáveis capazes de representar diferentes dimensões do território urbano.

Os resultados demonstraram que a integração dessas variáveis por meio do algoritmo Random Forest possibilitou identificar padrões espaciais associados às características das ZEIS, produzindo uma proposta territorial coerente com os objetivos definidos pela legislação municipal. A utilização da quadra urbana como unidade de análise permitiu representar com maior nível de detalhamento a heterogeneidade espacial do município, contribuindo para uma avaliação territorial mais precisa.

A principal contribuição deste estudo consiste no desenvolvimento de um framework metodológico replicável para apoio à revisão das ZEIS, baseado exclusivamente em dados públicos e adaptável às características de diferentes municípios, desde que respeitadas as particularidades de suas legislações urbanísticas. Nesse contexto, o aprendizado de máquina não foi empregado como mecanismo de tomada de decisão, mas como ferramenta de integração e análise de múltiplas variáveis previamente definidas a partir dos objetivos legais do instrumento urbanístico, produzindo evidências técnicas capazes de subsidiar o planejamento territorial.

Os resultados obtidos indicam que a metodologia pode contribuir para tornar os processos de revisão das ZEIS mais sistemáticos, transparentes e fundamentados em evidências espaciais, oferecendo suporte técnico à atuação dos órgãos responsáveis pelo planejamento urbano. Entretanto, a definição ou revisão dessas zonas permanece condicionada às avaliações técnicas, jurídicas, institucionais e participativas previstas na legislação, não sendo substituída pelos resultados da modelagem computacional.

Como limitações, destaca-se que a metodologia depende da disponibilidade e da qualidade das bases de dados utilizadas, bem como da adequação das variáveis às características legais e urbanísticas de cada município. Além disso, por ter sido aplicada em um estudo de caso, sua generalização requer adaptações às especificidades locais e validações em diferentes contextos territoriais.

Como perspectiva para pesquisas futuras, recomenda-se a aplicação do framework em outros municípios brasileiros, incorporando diferentes legislações urbanísticas e avaliando seu desempenho em distintas realidades territoriais. Também se mostra promissora a integração de novas fontes de dados, como imagens de sensoriamento remoto de alta resolução, informações cadastrais atualizadas e indicadores dinâmicos de mobilidade urbana, ampliando a capacidade da metodologia em apoiar processos de planejamento territorial e formulação de políticas públicas habitacionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes) e à Prefeitura Municipal de Montes Claros, pela disponibilização dos dados do Cadastro Técnico Imobiliário Municipal utilizados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS



- BELGIU, M.; DRĂGUȚ, L. Random forest in remote sensing: a review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 114, p. 24-31, 2016.
- BIAU, G.; SCORNET, E. A random forest guided tour. *Test*, v. 25, n. 2, p. 197-227, 2016.
- BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal (Estatuto da Cidade). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 jul. 2001.
- COSTA, E. M. da; ANTONELLO, I. T. Urban planning and residential segregation in Brazil: the failure of the “special zone of social interest” instrument. *Sustainability*, v. 13, n. 23, p. 13285, 2021.
- DAMASCENO, B. C.; GOULART, J. O. Housing policy, shortage and socio-spatial segregation. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 9, n. 68, p. 142-156, 2021.
- FRANÇA, I. S. de. A cidade média e suas centralidades: o exemplo de Montes Claros. 2007. *Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Uberlândia*, Uberlândia, 2007.
- GURRAN, N.; PHIBBS, P. Urban planning and housing regulation. *Urban Studies*, v. 60, n. 2, 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- LIU, Z. et al. Urban spatial structure and data-driven analysis. *Cities*, v. 123, 2022.
- MARICATO, E. Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MONTES CLAROS. Lei Municipal nº 4.198, de 2009. Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS). Montes Claros: Prefeitura Municipal, 2009.
- PEREIRA, A. M. Cidade média e região: o significado de Montes Claros no Norte de Minas Gerais. 2007. *Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal de Uberlândia*, Uberlândia, 2007.
- SANTORO, P. F. Urban planning instruments for promoting social interest housing. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 17, n. 3, p. 93-107, 2015.
- TALLEN, E. City rules: how regulations affect urban form. Washington, DC: Island Press, 2012.
- VILLACA, F. J. M. Espaço intra-urbano no Brasil. São Paulo: Studio Nobel; FAPESP; Lincoln Institute, 2001.