MODELO DE SUPORTE A DECISÃO NO COMBATE A ROUBOS E FURTOS SOB UMA PERSPECTIVA ESPACIAL

Arthur Pimentel Gomes de Souza
Universidade Federal de Pernambuco
arthurpgdesouza@hotmail.com

Amanda Gadelha Ferreira Rosa
Universidade Federal de Pernambuco
amandagadelharosa@hotmail.com

Caroline Maria de Miranda Mota
Universidade Federal de Pernambuco
carolmm@ufpe.br

Ciro José Jardim Figueiredo
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
ciro.figueiredo@ufersa.edu.br

RESUMO

A questão da segurança pública tem sido debate recorrente na sociedade, visto que a violência implica em prejuízos sociais e econômicos a quem reside ou frequenta os locais mais vulneráveis. A fim de exercer um papel combativo, o Estado deve possuir embasamento metodológico para agir de forma estratégica face à limitação de recursos públicos. Neste sentido, o presente estudo visa desenvolver um modelo de apoio a decisão combinando técnicas estatísticas, espaciais e multicritério em prol da classificação de áreas quanto à suscetibilidade de ocorrer roubos e furtos. Busca-se unir os benefícios destas diferentes ferramentas para estruturar um processo decisório rico em informações locais que reflitam a dinâmica ambiental, sendo este fundamentado pela análise de um conjunto amplo de fatores influentes na atividade criminal. Desta forma, o estudo almeja munir o gestor público de resultados úteis ao planejamento de políticas de proteção à sociedade.

PALAVRAS CHAVE. Modelo multicritério, Exploração estatística, Geoinformação.

Tópicos (PO em Defesa e Segurança Pública, Apoio a Decisão Multicritério)

ABSTRACT

The issue of public security has been a recurring debate in society, since violence implies social and economic damage to those who reside or attend regularly the most vulnerable places. In order to play a combative role, the State must have a methodological basis to act strategically in the face of limited public resources. In this sense, the present study aims to develop a decision support model combining statistical, spatial and multicriteria techniques in favor of the classification of areas regarding the susceptibility to robberies and thefts. The purpose is to associate the benefits of these different tools to structure a decision-making process rich in local information that reflects environmental dynamics, which is based on the analysis of a wide range of factors influencing criminal activity. Thus, the study aims to provide the public manager with useful results when planning policies to protect society.

KEYWORDS. Multicriteria model. Statistical exploration. Geoinformation.

Paper topics (OR in Defense and Public Security; Multicriteria Decision Aid)

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

1. Introdução

As esferas governamentais devem atuar contra a criminalidade, porém, no contexto atual de crise político-econômica no Brasil, requer-se aumentar a eficácia dos investimentos ainda que estejam gradativamente mais escassos. Nesse sentido, os estados brasileiros, responsáveis por cerca de 80% dos gastos totais em segurança [ASP 2019], têm articulado iniciativas de combate à violência.

O estado de Pernambuco instaurou em 2007 o Programa Pacto pela Vida (PPV), cujo foco principal é a redução da taxa de Crimes Violentos Letais Intencionais (CVLI) em 12% ao ano. Por meio deste promove reformas estruturais como treinamento de policiais e gerenciamento da informação, as quais têm freado os índices criminais disponibilizados [Hoelscher 2017].

Apesar dos resultados positivos, o PPV apresenta deficiências. O enfoque em CVLI indica uma possível negligência das especificidades dos Crimes Violentos contra o Patrimônio (CVP), como roubos e furtos, no planejamento das ações.

O presente artigo busca desenvolver um modelo de apoio a decisão multicritério, com o amparo de técnicas estatísticas e ferramentas espaciais de geoinformação, para classificar os setores censitários de uma região de Pernambuco quanto ao grau de vulnerabilidade a roubos e furtos mediante os métodos multicritério DRSA e FlowSort.

A adoção da abordagem multicritério permite avaliar um conjunto amplo de fatores que impactam no nível de vulnerabilidade a crimes nas áreas sob investigação, incluindo a avaliação da estrutura de preferências [Mota et al. 2020]. Quanto a perspectiva espacial, mediante sistema de informação geográfica, facilita a visualização de dados e pontos de interesse da região, e possibilita a identificação de padrões espaciais [Figueiredo e Mota 2016]. Por sua vez, a aplicação de testes estatísticos serve para estruturar e ratificar etapas da construção do modelo multicritério, especialmente a definição dos critérios uma vez que se busca explorar o contexto de crimes. Desta forma, aspira-se um processo de tomada de decisão transparente voltado a crimes patrimoniais, que contribua para analisar a região por diferentes faixas de periculosidade e, então, pleitear prioridade para os locais mais críticos no sentido de iniciativas e recursos para proteger a população.

O trabalho se divide em cinco seções. A segunda seção conduz o leitor por uma breve revisão de literatura, a terceira apresenta as etapas metodológicas do estudo; enquanto a quarta etapa trata da aplicação e a quinta de algumas discussões.

2. Modelagem matemática de crimes contra o patrimônio

A atuação dos gestores públicos é essencial na definição das políticas para alterar a probabilidade de ocorrência dos crimes [Dos Santos e Kassouf 2013]. No entanto, para definir programas de ação, é necessário compreender a dinâmica dos alvos e das áreas-alvo de infratores. Arranjos espaciais com elevada concentração de pessoas ou que apresentam características locais atrativas à prática criminal tendem a ser mais vulneráveis [Brantingham e Brantingham 1995][Bernasco e Block 2011].

Alguns estudos buscam reconhecer fatores determinantes para crimes patrimoniais. Autores notaram evidências de que a presença de combinações de estabelecimentos comerciais impacta na ocorrência de roubos; paradas de ônibus só aumentam o risco de vitimização quando em conjunto com outros fatores. O uso misto de regiões para fins residenciais, comerciais e/ou industriais pode reduzir os índices criminais. Por sua vez, regiões com renda elevada e vizinhança contrastante tendem a possuir mais crimes patrimoniais. Para estas análises usaram-se modelos estatísticos de simulação, correlação e regressão, bem como estatísticas de dependência espacial para identificar *clusters* [Malleson e Andresen 2016][Summers e Caballero 2017][Ingilevich e Ivanov 2018][Metz e Burdina 2018][Zahnow 2018].

Notou-se a predominância da abordagem estatística, na forma clássica ou espacial, seja exclusiva ou integrada a outras vertentes matemáticas, cujo intuito principal é a construção de modelos preditivos aos crimes para, então, estimular ações preventivas. Entretanto, é uma perspectiva restrita ao avaliar apenas um conjunto de dados e a significância estatística das soluções, sem considerar aspectos qualitativos e subjetivos de quem tomará a decisão.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

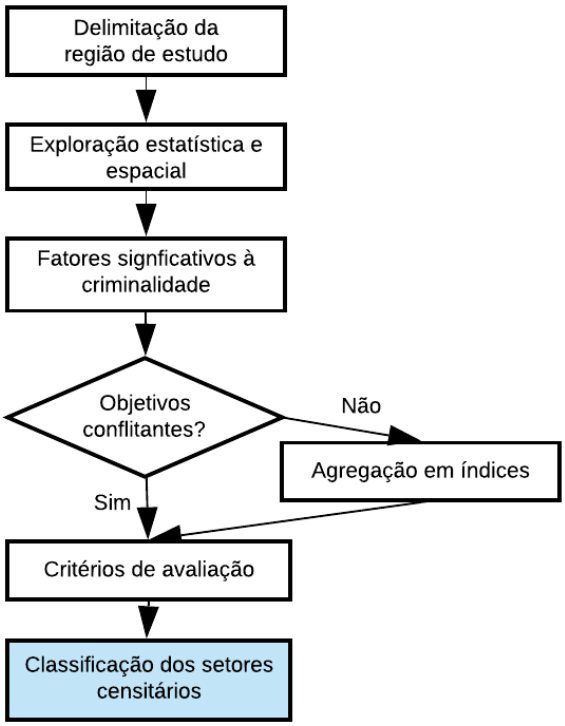
Estudos tem sido desenvolvidos com base em análise multicritério para contribuir com a segurança pública. [Pereira et al 2018] desenvolveram estudos voltados a avaliar áreas quanto à vulnerabilidade a homicídios utilizando exploração espacial e método de sobreclassificação. [Rosa et al 2019] analisam a suscetibilidade de setores censitários a crimes contra o patrimônio utilizam um método holístico de agregação de preferências, enquanto [Figueiredo e Mota 2019] estenderam a avaliação para decisão em grupo.

Nesse sentido, a aplicação da abordagem multicritério no contexto criminal permite analisar unidades espaciais quanto à vulnerabilidade a crimes patrimoniais. Ademais, permite-se refletir acerca de um conjunto amplo de fatores locais além das quantidades de ocorrências, e de como eles se relacionam para atrair criminosos. Adicionalmente, o presente estudo combina multicritério e a geoinformação para potencializar o resultado dos modelos matemáticos com *insights*.

3. Metodologia

O presente estudo busca desenvolver um modelo de apoio a decisão para classificar as áreas de determinado território conforme o grau de propensão a roubos e furtos. Os resultados servem de indicativo aos gestores de segurança pública. A estruturação do modelo encontra-se na Figura 1.

Figura 1: Construção do modelo de apoio a decisão



3.1. Delimitação do estudo e exploração dos fatores de criminalidade

A delimitação da região de interesse é consequente do número elevado de crimes contra o patrimônio em relação à vizinhança, do contraste socioeconômico interno e da quantidade de estabelecimentos que favorecem o fluxo de pessoas para fins comerciais. Assim, a área foi examinada quanto aos fatores explicativos de roubos e furtos e à distribuição espacial dessas ocorrências.

Para este fim, dados socioeconômicos e demográficos foram extraídos do Censo 2010 [IBGE 2016] ao nível de setores censitários. Nestas divisões espaciais foram contabilizados dados criminais, de estabelecimentos comerciais e de paradas de ônibus, obtendo-se 27 determinantes em

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

relação à variável dependente "quantidade de roubos e furtos", da qual deduz-se a vulnerabilidade dos 617 setores censitários constituintes da região. Com o intuito de contribuir para a definição dos critérios para a posterior modelagem multicritério, os fatores explicativos foram submetidos à uma análise estatística e espacial. Assim, identificou-se um conjunto reduzido de aspectos não redundantes que explica a ocorrência local de roubos e furtos.

3.2 Construção de critérios e indicadores de análise

Os determinantes significativos foram averiguados para, então, estabelecer os critérios do modelo multicritério. Contudo, aqueles fatores que correspondiam a um único tipo de impacto sobre a vulnerabilidade foram agregados em índices mediante o método multicritério DRSA (*Dominance-based Rough Set Approach*).

O DRSA trata de uma abordagem de avaliação holística na qual permite-se, com base em dados e informações *a priori*, emitir preferências acerca de um conjunto de alternativas de referência. A partir disso são geradas regras de decisão, que podem ser replicadas para todo o conjunto de alternativas em avaliação [Greco et al 2002].

Ressalta-se que a avaliação da exemplos de referência possibilita uma aprendizagem ao passo que permite ao tomador de decisão compreender o comportamento do sistema por meio da análise direta do critério nas regras de decisão ditadas pelo princípio de dominância [Błaszczyński et al. 2007]. A necessidade de avaliar apenas um conjunto diminuto de opções pode ser considerado um ponto positivo da abordagem, pois requer menos esforço cognitivo na construção do modelo [Greco et al. 2016], implicando em menos viés e maior espectro de análise.

A execução do DRSA visou repartir o conjunto de alternativas em cinco classes de propensão a roubos e furtos, convertendo-as em uma escala discreta de 1 (nada vulnerável) a 5 (extremamente vulnerável). Para isto, houve a seleção de exemplos de referência para cada nível, com a posterior geração das regras de decisão para classificar os 617 setores censitários.

A cada aplicação do método, o resultado compunha um índice representativo de um único elemento explanatório do problema, que era inserido como critério do modelo. Ao final, caso o número de critérios fosse julgado insuficiente para montar o modelo decisório, os determinantes descartados seriam reavaliados mediante técnicas de regressão e revisão da literatura criminal.

3.3 Avaliação dos setores censitários

Com o modelo multicritério formulado, adotou-se o método FlowSort para classificar as 617 alternativas quanto à vulnerabilidade a roubos e furtos. O FlowSort consiste numa adaptação dos métodos PROMETHEE I e II para abranger a problemática de classificação. As regras de atribuição se dão de acordo com a posição relativa de cada alternativa em relação aos perfis de referência, os quais podem ser perfis limitantes ou centrais (também denominados centroides), com base nos fluxos de sobreclassificação de entrada, saída e/ou líquidos [Nemery e Lamboray 2008].

Um conjunto A contendo n alternativas a classificar são avaliadas por critérios G_j ($j \in [1, q]$) de maximização. As k categorias são ordenadas da seguinte forma: $C_1 \succ ... \succ C_h \succ C_l \succ ... \succ C_k$, de forma que $C_h \succ C_l$ com $h < l$ indica que C_h é preferida em relação a C_l, ou seja, C_h está em um nível superior.

No presente estudo, optou-se por alocar as alternativas em cinco categorias representadas pelos centroides $\check{R} = \{\check{r}_1, ..., \check{r}_5\}$, tal que $\check{r}_j$ é o centroide da categoria $\check{C}_j$. De acordo com as formulações do PROMETHEE [Brans et al. 1986], obtém-se o grau de sobreclassificação $\pi(x,y)$ entre as alternativas x e y, enquanto os fluxos de sobreclassificação líquidos para cada alternativa x são calculados conforme a equação 3.

$$\Phi^{+}_{R_i^*}(x) = \frac{1}{|R_i^*| - 1} \sum_{y \in R_i^*} \pi(x, y) \quad (1)$$

$$\Phi^{-}_{R_i^*}(x) = \frac{1}{|R_i^*| - 1} \sum_{y \in R_i^*} \pi(y, x) \quad (2)$$

$$\Phi_{R_i^*}(x) = \Phi^{+}_{R_i^*}(x) - \Phi^{-}_{R_i^*}(x) \quad (3)$$

Sendo R^* o conjunto de perfis de referência, $|R^*|$ é a cardinalidade dele e $R_i^* = R^* \cup \{a_i\}$ é o conjunto estendido de perfis. Assim, cada alternativa será comparada separadamente com os perfis de forma a alocá-las nas classes. Como neste trabalho as categorias são definidas mediante perfis centrais, a atribuição de alternativas a elas ocorre de acordo com a regra indicada na equação 4, tendo como base os fluxos líquidos.

$$\check{C}_{\Phi}(a_i) = \check{C}_h \quad \text{se} \quad \frac{\Phi_{\check{R}_i}(\check{r}_h) + \Phi_{\check{R}_i}(\check{r}_{h+1})}{2} < \Phi_{\check{R}_i}(a_i) \leq \frac{\Phi_{\check{R}_i}(\check{r}_h) + \Phi_{\check{R}_i}(\check{r}_{h-1})}{2} \quad (4)$$

Como suporte à determinação das constantes de escala, investigaram-se os coeficientes dos modelos de regressão e os testes de correlação. A implementação do modelo de decisão demandou o uso dos *softwares* ArcGIS 10.4, jMAF e R.

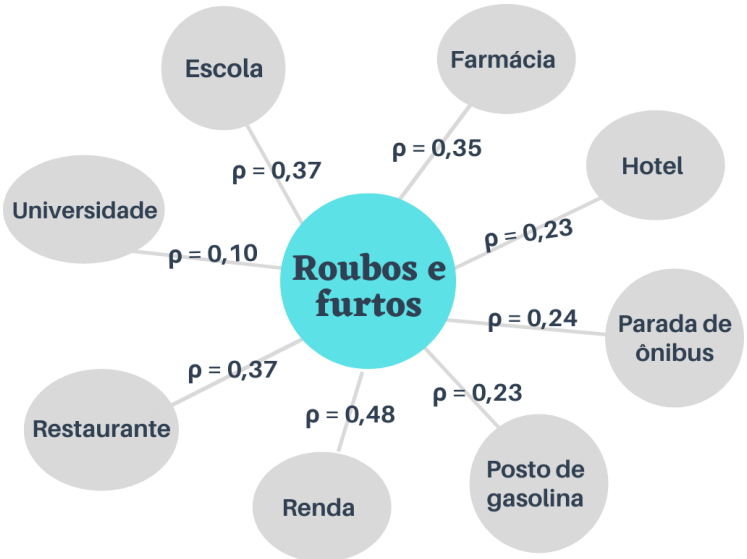
4. Resultados da aplicação do modelo

4.1 Modelagem estatística

O estudo foi aplicado numa área de Pernambuco predominantemente urbana, densamente povoada e com elevados índices criminais. A fim de assimilar a dinâmica do local, identificaram-se 27 fatores descritivos. Dentre eles, 17 são aspectos socioeconômicos e demográficos ao nível de setores censitários, enquanto os restantes representam elementos do ambiente, como instalações comerciais e paradas de ônibus.

Os fatores foram analisados por meio de regressão linear múltipla e do método *stepwise* baseado na estatística *Akaike Information Criterion* para reduzir o conjunto de determinantes significativos. Adotando o número de roubos e furtos como variável dependente, aplicaram-se sucessivos modelos de regressão buscando retirar fatores correlacionados cujo fator de inflação de variância fosse superior a 7,5. Ao final, houve uma redução para apenas 8 aspectos relevantes, os quais estão representados na Figura 2; destes, predominam fatores espaciais – 7 dentre os 8. De acordo com o R^2, 37,5% da variabilidade nos crimes pode ser explicada por este modelo estatístico.

Figura 2: Variáveis regressoras significativas

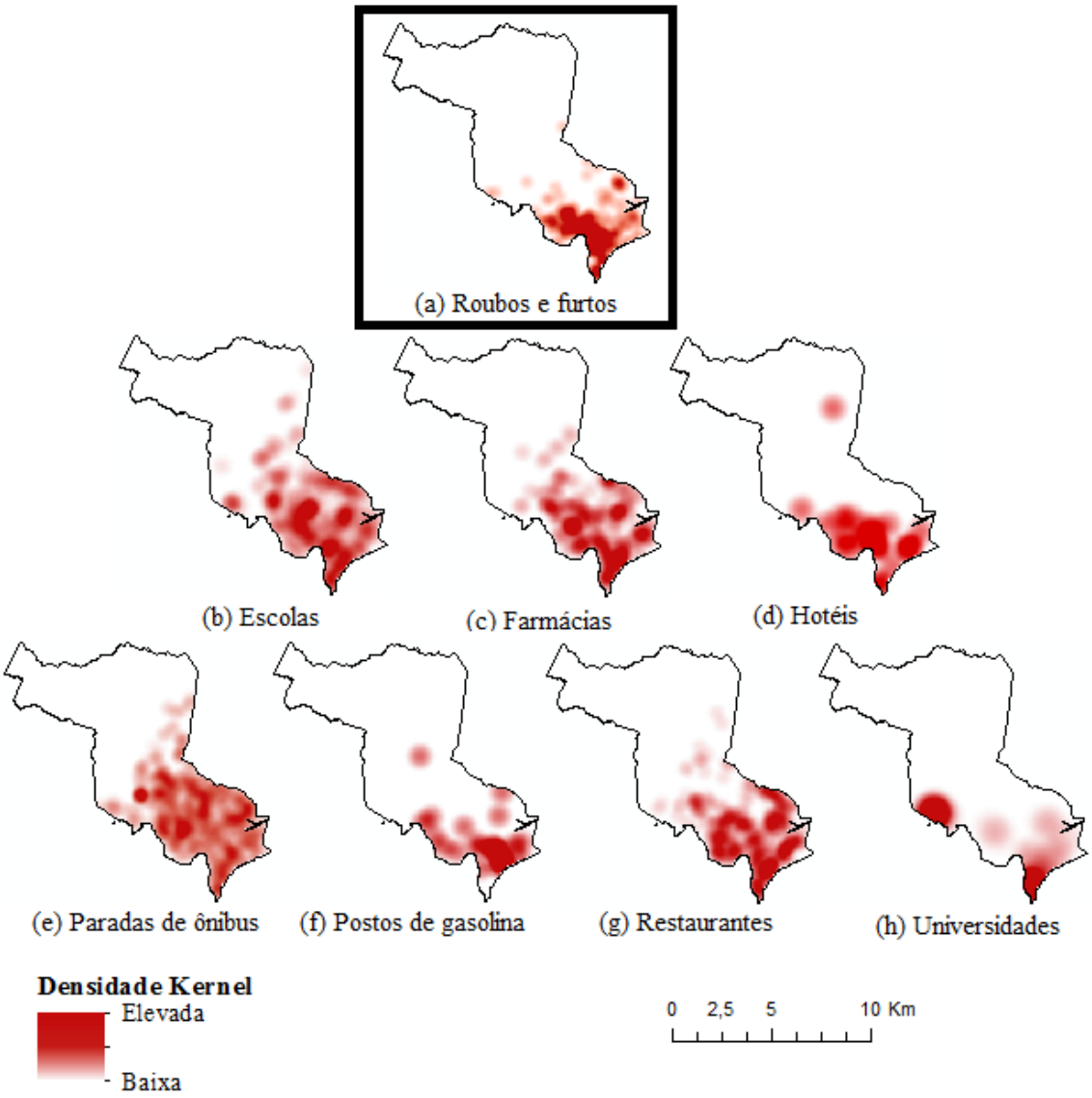


Investigou-se a associação linear entre os crimes e as variáveis explanatórias significativas por meio de uma análise de correlação com o coeficiente de Pearson (**ρ**). Conforme a Figura 2, entende-se que as relações existentes entre todos os determinantes e os eventos criminais são

positivas, porém com intensidades pouco elevadas. Estes indicativos foram confrontados com outra perspectiva de análise.

Com o objetivo de ratificar o vínculo entre os crimes e as 7 variáveis espaciais, foram gerados, em um sistema de informação geográfica, os mapas de probabilidade espacial da Figura 3 usando a estimativa de densidade Kernel. Nota-se que, apesar de não haver uma relação estatística tão elevada, os determinantes distribuem-se em regiões coincidentes ou vizinhas aos locais com maior densidade de roubos e furtos (Figura 3(a)). Assim, há evidência de que estes fatores influenciem nos eventos criminais.

Figura 3: Mapas de densidade Kernel



Ao analisar os oito fatores explicativos sob as preferências do analista, constatou-se que seis deles correspondem a um fator único, visto que representam um mesmo viés de locais que atraem pessoas para prestação de serviços. São eles: restaurantes, postos de gasolina, hotéis, farmácias, universidades e escolas. Desta forma, eles foram agregados com o suporte de modelagem multicritério em um índice denominado Serviços.

Todavia, ao obter este novo índice, notou-se que, junto à renda e às paradas de ônibus, existiam apenas três possíveis critérios. Assim, repetiu-se a exploração estatística para os

determinantes inicialmente descartados, na qual o fator Ausência de esgoto a céu aberto mostrou-se relevante. Junto aos fatores significativos dentre os estabelecimentos comerciais e às paradas de ônibus, eles foram remetidos à próxima etapa como possíveis critérios do modelo decisório.

4.2 Construção de indicadores de vulnerabilidade

Um conjunto de sete elementos georreferenciados se mostraram estatisticamente significativos em relação aos dados criminais. Dentre eles, apenas o fator Paradas de ônibus foi selecionado diretamente como indicador de propensão a crimes patrimoniais. As paradas apresentam conexão com os outros fatores visto que estabelecimentos comerciais nas proximidades potencializam o seu efeito criminal, porém apenas elas retêm pessoas em vias públicas por certo tempo sem haver necessariamente uma vigilância formal, atraindo delinquentes [Hart e Miethe 2014][Stucky e Smith 2017].

Por sua vez, os seis demais determinantes – restaurantes, postos de gasolina, hotéis, farmácias, universidades e escolas – sinalizam juntos, de acordo com a avaliação do analista, apenas o grau de circulação de pessoas para fins de prestação de serviços. Sendo assim, não apresentam caráter conflitante para a avaliação multicritério. Então eles foram agregados no índice Serviços, que consiste em uma escala discreta de 1 a 5 correspondente a cinco classes de vulnerabilidade, nesta ordem: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

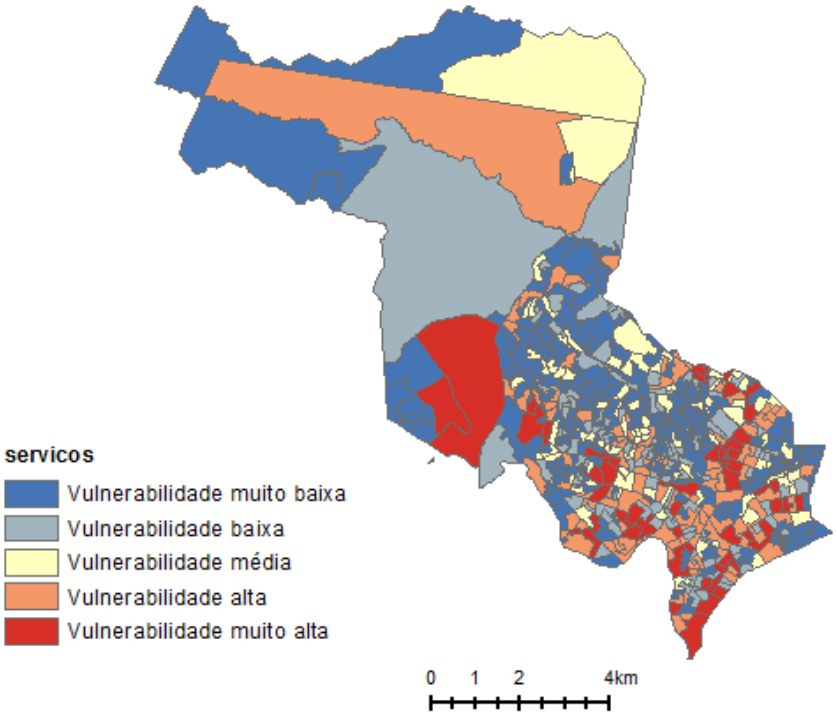
Para construir esta escala, adotou-se o método multicritério DRSA a fim de classificar as 617 alternativas em cinco categorias. O analista avaliou a região holisticamente em relação aos seis determinantes, selecionando exemplos de referência dentre os setores censitários para retratar cada classe. Utilizou-se como suporte uma estatística descritiva dos fatores – contendo percentis, média e desvio padrão –, a distribuição destes ao longo da região conforme os mapas da Figura 3 e a quantidade de roubos e furtos por setor censitário. Observou-se uma elevada concentração de escolas e universidades, enquanto farmácias e restaurantes estão mais dispersos na região.

Foram selecionados 91 exemplos para a aprendizagem do modelo. Com uma qualidade de aproximação de 82,7%, o DRSA gerou 28 regras de decisão, sendo estas compostas por quantidades específicas de cada fator e pelas condições de preferência de “pelo menos” e “até” (>= e <=, respectivamente), com o intuito de classificar as 617 alternativas. A distribuição ao longo das áreas do índice de vulnerabilidade relativo aos serviços está disposta na Figura 4.

Nota-se que, considerando apenas estes seis fatores agregados, há uma predominância de áreas com vulnerabilidade média ou alta a roubos e furtos. Existe também a formação de *clusters* espaciais de maior criticidade, o que serve de alerta às autoridades públicas. Contudo, este ainda é um resultado preliminar que necessita da agregação de outros critérios para representar amplamente a dinâmica local.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Figura 4: Disposição do índice Serviços nos setores censitários



4.3 Definição dos critérios de avaliação

O presente trabalho busca construir um modelo de classificação de áreas quanto ao nível de periculosidade devido à ocorrência de roubos e furtos. Desta forma, uma etapa essencial do processo de construção do modelo é a definição dos critérios de decisão, discutida a seguir.

Foram identificados nove possíveis critérios de avaliação mediante exploração estatística, sendo seis deles representativos apenas da dinâmica comercial da região e que formam o índice Serviços. Todavia, para definir o conjunto definitivo de critérios, recorreu-se, além do resultado estatístico, à literatura acerca de crimes patrimoniais e à aplicação de método multicritério para agregar os fatores redundantes.

Em relação à significância estatística, os fatores Ausência de esgoto a céu aberto e Renda mostraram-se relevantes após a análise de regressão. Como o primeiro é útil por representar o nível de privilégio e atenção do poder público, e o outro por evidenciar o poder econômico dos residentes – tornando-os atrativos aos criminosos –, então ambos se tornaram critérios.

A População residencial foi definida como critério porque, apesar de descartada durante a regressão múltipla, ela está presente em estudos criminais como estimativa da quantidade de alvos em potencial [Figueiredo e Mota 2016][Ingilevich e Ivanov 2018]. Também consequente da varredura à literatura criminal, selecionou-se a Iluminação pública como critério por revelar a discrepância socioeconômica local e ser um indicativo da chance de identificar um criminoso devido à luminosidade [Farrington e Welsh 2002][Xu et al. 2018].

Da etapa de agregação multicritério, foram analisados dois índices distintos, porém similares quanto à disponibilidade de geolocalização; ambos se tornaram critérios. O primeiro deles é o fator Paradas de ônibus, o qual foi selecionado tendo em vista a presença elevada de instalações comerciais na região de estudo, o que torna mais dinâmico o uso deste dispositivo público e atrai tanto transeuntes quaisquer quanto delinquentes à espreita.

O índice Serviços, que agrega seis tipos de instalações comerciais, é um indicador direto de como as pessoas se comportam na região buscando atendimentos, realizando compras de

produtos e possivelmente portando dinheiro em espécie ou bens de valor agregado. Logo, são alvos latentes de crimes de oportunidade, como é o caso de roubos e furtos.

Como resultado da etapa de construção dos critérios, obteve-se um total de seis: índice de serviços, renda, população residencial, ausência de esgoto a céu aberto, presença de iluminação pública e quantidade de paradas de ônibus. Eles representam ao menos quatro perspectivas da região que afetam a vulnerabilidade a roubos e furtos: demográfica, econômica, espacial e social.

4.4 Classificação das áreas

A região estudada é composta por 617 setores censitários, para os quais aplicou-se o método FlowSort a fim de classificá-los em cinco categorias de vulnerabilidade. Assim, foi necessário estabelecer perfis centrais para cada classe com o intuito de representar o comportamento médio esperado com base no desempenho dos critérios. A definição de perfis do modelo é uma das tarefas mais difíceis na aplicação de modelos de classificação, embora perfis centrais tendam a ser mais intuitivos por serem possivelmente relacionados a opções reais [Mota e De Almeida 2012].

Com o propósito de contribuir com a elucidação dos parâmetros, gerou-se uma estatística descritiva para os critérios visando avaliar a distribuição deles na região. Notou-se uma dispersão demasiada da renda e dos residentes com acesso à iluminação pública e sem esgoto a céu aberto. Isto ratifica a desigualdade socioeconômica na região e, assim, tende-se a haver uma distinção entre os locais que são mais atrativos para crimes de oportunidade, como roubos e furtos.

Mediante análise exploratória e sucessivas simulações com os dados das seis características, obteve-se os perfis centrais para representar cada categoria e os pesos dos critérios. Como a iluminação pública apresenta uma relação negativa com os roubos e furtos, e o método FlowSort exige critérios de maximização, utilizou-se o oposto dos dados referentes a ela. Assim, os parâmetros do modelo multicritério encontram-se na Tabela 1, e a classificação resultante no mapa da Figura 5.

Tabela 1: Perfis centrais das categorias e pesos dos critérios

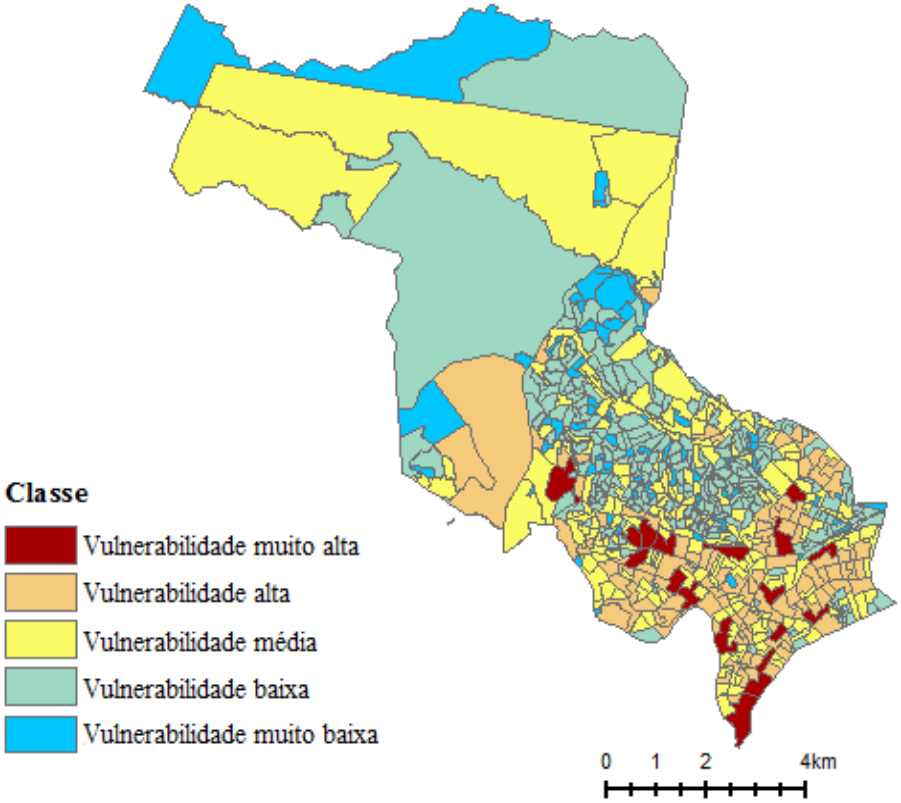
	Critérios					
	Serviços	*Renda (R$)*	*Residentes*	*Esgoto*	*Iluminação*	*Paradas*
Pesos	**0,24**	**0,19**	**0,15**	**0,17**	**0,11**	**0,14**
Perfil 1	5	1250,00	950	670	0	4
Perfil 2	4	800,00	800	550	-250	3
Perfil 3	3	600,00	700	475	-580	2
Perfil 4	2	480,00	625	390	-710	1
Perfil 5	1	350,00	550	320	-800	0

As categorias estão definidas em ordem decrescente de importância, de forma que a categoria 1 representa as 18 áreas com vulnerabilidade muito alta a roubos e furtos; a 2 aponta as 104 áreas com vulnerabilidade alta; a 3 aponta as 189 com vulnerabilidade média; a 4 indica as 237 com vulnerabilidade baixa; e a 5, por fim, as 69 que apresentam vulnerabilidade muito baixa.

Ao comparar as ocorrências de roubos e furtos nos setores censitários com a respectiva classificação, nota-se que dentre os 122 locais com vulnerabilidade alta ou muito alta, apenas 67 deles foram alvo destes tipos de crime. Logo, ressalta-se a importância da abordagem multicritério, a qual permitiu averiguar a suscetibilidade das partições espaciais da região de estudo a estes eventos criminais sem que eles precisassem ter um histórico relacionado.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o Galoá proceedings

Figura 5: Classificação dos setores censitários quanto à vulnerabilidade a roubos e furtos



5. Conclusão

O presente estudo buscou integrar as abordagens estatística, espacial e multicritério na avaliação da vulnerabilidade de áreas a roubos e furtos, tendo como região de estudo uma porção do estado de Pernambuco. Assim, consideraram-se diversas fontes de conhecimento para construir um modelo de apoio a decisão consistente e afilado à realidade local, de forma a contribuir na estruturação de políticas de segurança pública voltadas a estes crimes.

O tratamento estatístico do problema permitiu analisar os dados de roubos e furtos e seus respectivos determinantes quanto à significância e à relação entre eles. Por sua vez, explorações em mapas serviram como ferramenta de visualização dos fatores e suporte à identificação de padrões espaciais. A modelagem multicritério serviu tanto para agregar fatores relativos a serviços em um índice próprio, quanto para combinar outros diversos elementos relacionados aos crimes e à região de estudo, de forma que particularidades locais foram inseridas no trabalho.

Os testes estatísticos comprovaram a relevância dos elementos que indicam a circulação de pessoas para fins comerciais, os quais favorecem a ocorrência de crimes pelo aumento nos alvos em potencial de criminosos. Todavia, o valor baixo para o coeficiente R^2 ajustado indica um baixo poder explicativo do conjunto de fatores tratado neste estudo, logo deve-se investigar e incluir outras variáveis explanatórias no modelo.

A aplicação de regressão múltipla possibilitou assimilar as relações entre as variáveis explanatórias e os crimes, assim como incluir diretamente no modelo matemático as quantidades de roubos e furtos por setor censitário, o que não seria factível na abordagem multicritério. Ademais, a estatística descritiva dos determinantes auxiliou a analisá-los na região a fim de definir parâmetros do modelo multicritério. Entretanto, a regressão linear não é suficiente para tratar o problema, pois limita-se à predição de crimes, inclusive de valores negativos.

O modelo multicritério desenvolvido abrange uma diversidade de fatores explicativos dos crimes sob as perspectivas socioeconômica, demográfica e espacial, representando circunstâncias locais normalmente preteridas pela variação temporal das taxas criminais. A etapa predecessora de exploração estatística favoreceu uma determinação menos subjetiva dos critérios, com base na eliminação de fatores correlacionados e na significância estatística.

A formulação do índice de serviços por meio do DRSA requereu um menor esforço cognitivo do decisor, pois ele não precisou estipular os pesos dos fatores nem os perfis centrais das classes. Ademais, com base numa avaliação holística de parte das alternativas, a identificação de padrões de classificação foi automatizada por meio de um processo flexível com simulações de diferentes exemplos de referência, permitindo reduzir inconsistências no julgamento.

Apesar de apresentar algumas limitações, como a arbitrariedade da divisão espacial, o modelo de classificação possibilita uma avaliação mais transparente acerca do problema, incluindo as diferenças locais dentro da região de estudo. Assim, espera-se contribuir com uma alocação justa dos escassos recursos públicos, direcionando ações urgentes e apropriadas para áreas específicas, de modo a expandir a proteção da população e reduzir os índices criminais.

6. Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem aos apoios da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

Referências

ASP – Anuário de Segurança Pública (2019). *13º Anuário de Segurança Pública*. http://www.forumseguranca.org.br/publicacoes/13-anuario-brasileiro-de-seguranca-publica/. Acesso em: 2020-01-09.

Bernasco, W. e Block, R. (2011). Robberies in Chicago: A block-level analysis of the influence of crime generators, crime attractors, and offender anchor points. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 48(1):33-57.

Błaszczyński, J., Greco, S. e Słowiński, R. (2007). Multi-criteria classification–A new scheme for application of dominance-based decision rules. *European Journal of Operational Research*, *181*(3), 1030-1044.

Brans, J. P., Vincke, P. e Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects the Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24:228-238.

Brantingham, P. L. e Brantingham, P. J. (1995). The criminality of place: Crime generators and crime attractors. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 3(3):5-26.

Dos Santos, M. J. e Kassouf, A. L. (2013). A cointegration analysis of crime, economic activity, and police performance in São Paulo city. *Journal of applied statistics*, 40(10):2087-2109.

Farrington, D. P. e Welsh, B. C. (2002). Improved street lighting and crime prevention. *Justice Quarterly*, 19(2):313-342.

Figueiredo, C. J. J. e Mota, C. M. M. (2016). A classification model to evaluate the security level in a city based on GIS-MCDA. *Mathematical Problems in Engineering*, v. 2016.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Figueiredo, C. J. J. e Mota, C. M. M. (2019). Learning Preferences in a Spatial Multiple Criteria Decision Approach: An Application in Public Security Planning. *International Journal of Information Technology & Decision Making (IJITDM)*, 18(04):1403-1432.

Greco, S., Matarazzo, B. e Slowinski, R. (2002). Rough sets methodology for sorting problems in presence of multiple attributes and criteria. *European journal of operational research*, *138*(2), 247-259.

Greco, S., Matarazzo, B. e Słowiński, R. (2016). Decision rule approach. In *Multiple criteria decision analysis* (pp. 497-552). Springer, New York, NY.

Hart, T. C. e Miethe, T. D. (2014). Street robbery and public bus stops: a case study of activity nodes and situational risk. *Security Journal*, 27(2):180-193.

Hoelscher, K. (2017). Institutional reform and violence reduction in Pernambuco, Brazil. *Journal of Latin American Studies*, 49(4):855-884.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016). *Censo Demográfico - Resultados do universo*: características da população e domicílios. `http://www.ibge.gov.br`. Acesso em: 2020-03-17.

Ingilevich, V. e Ivanov, S. (2018). Crime rate prediction in the urban environment using social factors. *Procedia Computer Science*, 136:472-478.

Malleson, N. e Andresen, M. A. (2016). Exploring the impact of ambient population measures on London crime hotspots. *Journal of Criminal Justice*, 46:52-63.

Metz, N. e Burdina, M. (2018). Neighbourhood income inequality and property crime. *Urban Studies*, 55(1):133-150.

Mota, C. M., M. e De Almeida, A. T. (2012). A multicriteria decision model for assigning priority classes to activities in project management. *Annals of Operations Research*, 199(1):361-372.

Mota, C. M. M., Figueiredo, C. J. J. e Pereira, D. V. S. (2020). Identifying areas vulnerable to homicide using multiple criteria analysis and spatial analysis. *Omega*, p. 102211, no prelo. `https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102211`

Nemery, P. e Lamboray, C. (2008). FlowSort: a flow-based sorting method with limiting or central profiles. *Top*, 16(1):90-113.

Pereira, D. V. S., Figueiredo, C. J. J., Mota, C. M. M. e Rosa, A. G. F. (2018). Análise de vulnerabilidade a homicídios em um bairro. In: *Anais do L Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro.

Rosa, A. G. F., Souza, A. P. G., Mota, C. M. M. e Figueiredo, C. J. J. (2019). Construção de um modelo multicritério para apoio a tomada de decisão em segurança pública. In: *Anais do LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Limeira.

Stucky, T. D. e Smith, S. L. (2017). Exploring the conditional effects of bus stops on crime. *Security Journal*, 30(1):290-309.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Summers, L.; Caballero, M. (2017). Spatial conjunctive analysis of (crime) case configurations: Using Monte Carlo methods for significance testing. *Applied geography*, 84:55-63.

Xu, Y., Fu, C., Kennedy, E., Jiang, S. e Owusu-Agyemang, S. (2018). The impact of street lights on spatial-temporal patterns of crime in Detroit, Michigan. *Cities*, 79:45-52.

Zahnow, R. (2018). Mixed land use: Implications for violence and property crime. *City & Community*, 17(4):1119-1142.