DETERMINAÇÃO DE NÍVEIS DE SEGURANÇA PARA A CRIMINALIDADE NO CAMPUS DO CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR ATRAVÉS DA ANÁLISE DE DADOS GEOGRÁFICOS POR MEIO DA LÓGICA FUZZY.

PÉRICLES LUIZ PICANÇO JR.

RHAÍSSA VIANA SAROT

HIDEO ARAKI

LUCIENE DELAZARI

Universidade Federal do Paraná- UFPR
Setor de Ciências da Terra
Departamento de Geomática
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, PR
pericles.picanco@outlook.com, rhaissa89@gmail.com, {haraki, luciene}@ufpr.br,

RESUMO - A identificação de áreas vulneráveis à criminalidade nos grandes centros urbanos, sem estatísticas adequadas, é um dos desafios no combate à violência e ao crime. Essas áreas se estendem aos campi das universidades públicas brasileiras, requerendo ações de prevenção e monitoramento de seus administradores. Na Universidade Federal do Paraná aumentaram os números da criminalidade nos últimos três anos, mas as estatísticas realizadas não totalizam a realidade de ocorrências e tão pouco permitem uma correta espacialização e consequentes análises espaciais. Isso posto, realizou-se neste trabalho a avaliação de fatores que influenciam a ocorrência de crimes em um espaço geográfico conhecido, com base no algoritmo de Inteligência Artificial da Lógica Fuzzy e expressões linguísticas que expressam o senso comum da população universitária sobre essas variáveis. Foram considerados na realização das análises as variáveis de entrada: iluminação, período escolar, calendário letivo, vegetação, estacionamento e trânsito. Essas variáveis embasaram a criação de regras que definem uma classificação para a segurança de um local específico: seguro, parcialmente seguro e inseguro. Na análise dos resultados utilizou-se o editor de inferência fuzzy do software MatLab e um software SIG para a classificação e criação de mapas, mostrando a eficiência do método proposto.

ABSTRACT - The identification of crime vulnerable areas in urban centers without proper statistics is the main challenge to combat violence and crime. These areas of vulnerability are now extended to the campuses of Brazilian public universities. The Federal University of Paraná there was a rise in crime statistics in the last three years, but the collected data makes difficult its analysis. Thereafter, this paper evaluates the influencing factors for the occurrence of crimes in a geographic place based on the artificial intelligence algorithm of Fuzzy Logic and using linguistic variables that express the common sense of the university population. The variables considered in the analysis were street lighting, school attendance, school calendar, vegetation, parking and traffic. Experts established the relevance degree used for each fuzzy set, determining the conditions for each one of the sets. These variables supported the definition of the fuzzy rules that define the safety classification of a specific location, in this case: safe, partially safe and unsafe. MatLab's fuzzy inference editor was used to analyze the rules and variables and a GIS software to create the maps. It was proved that the output variables and the fuzzy rules were efficient to the proposed method.

1 INTRODUÇÃO

O aumento na criminalidade e a falta de políticas de segurança, adequadas para a prevenção e combate ao crime, trouxeram uma sensação de insegurança à população brasileira. Essa insegurança chegou ao ambiente universitário, e influenciou o cotidiano dos campi das universidades públicas alterando a ordem de um espaço originado ao ensino e pesquisa, exigindo ações para a segurança do patrimônio e da população universitária.

A necessidade de melhorar o monitoramento, a prevenção e o combate ao crime impulsionaram o desenvolvimento de novas ferramentas de auxílio à segurança a partir do uso da tecnologia. Entre essas tecnologias está o Sistema de Informações Geográficas que permite inserir as autoridades, a população e os infratores, no contexto geográfico das ações. A visão geográfica facilita a análise criminal, permitindo a identificação de fatores espaciais que possivelmente favoreçam atos criminosos e vulnerabilizam a população. Entretanto, isso esbarra na falta de uma coleta de dados eficiente, muitas vezes até inexistente, da manutenção de séries históricas, bem como do conhecimento exato da localização das ocorrências criminais.

A falta de proximidade da polícia e da universidade, agravada por um contexto histórico, conjugada com problemas de infraestrutura e manutenção de suas instalações, bem como na conduta de risco das pessoas, criam condições favoráveis à pratica de crimes contra a comunidade universitária e ao patrimônio público. Áreas com baixa iluminação, pouco trânsito de pessoas e carros, são exemplos de regiões vulneráveis à violência e criminalidade. É fundamental o desenvolvimento de uma metodologia que permita a identificação das áreas vulneráveis no espaço físico da universidade para a criação de planos de ação, bem como gerar a consciência de seus usuários.

A identificação das áreas vulneráveis à criminalidade nos campi da Universidade Federal do Paraná esbarra na falta de estatísticas reais dessas ocorrências já que a maioria dos seus usuários desconhece a possibilidade de informa-las à universidade, e a estatística existente não modela totalmente todos os tipos de ocorrência e a localização.

Armando Luís do Nascimento, diretor da Comissão Nacional de Gestores de Seguranças nas Instituições Federais, em entrevista ao portal Universia, em 2010, constatou o uso da tecnologia da informação no combate à criminalidade nas universidades federais: "Se a universidade tiver o controle dos atos de violência que acontecem em seus campi, poderá agir de forma mais estratégica, com mais eficiência e até menos custo".

Com objetivo de fornecer uma representação real sobre as ocorrências criminais nos campi e suas localizações, neste artigo propôs-se a utilização da lógica fuzzy, juntamente com um Sistema de Informações Geográficas, para determinar níveis de vulnerabilidade à criminalidade, por meio da identificação no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná dos trechos de seu sistema viário mais vulneráveis. Foram utilizadas características da infraestrutura, hábitos universitários e informações como data, hora, e fluxo de pessoas, para o estabelecimento de um grau de segurança, classificando-o de acordo com o senso comum dos próprios usuários como: seguro, parcialmente seguro e inseguro.

2 JUSTIFICATIVA

O ensino superior no Brasil cresceu em 2012 4,4%, o que traduz mais de 7 milhões de matrículas em universidades públicas e privadas. O aumento de alunos nas universidades e consequentemente da sua estrutura, corresponde a um aumento na circulação de pessoas em suas dependências, o que eleva a vulnerabilidade a situações de risco e crime. A responsabilidade da segurança nos campi é da universidade, que pode utilizar recursos tecnológicos e humanos para prevenir e proteger a população universitária.

Segundo o relatório estatístico criminal da Secretaria da Segurança Pública do Paraná, a criminalidade na região metropolitana de Curitiba, em números absolutos entre janeiro e setembro de 2013, chegou a 58.636 ocorrências criminais contra a pessoa e mais de 27.000 roubos e furtos em ambientes públicos. Essa estatística não modela áreas específicas da cidade e tão pouco reflete o que acontece no campus de uma universidade, mas alerta para um possível reflexo nas suas dependências.

A criminalidade nos campi da Universidade Federal do Paraná é acompanhada através de estatísticas dos boletins de ocorrência feitos na universidade. A estatística oficial, disponibilizada pelo Departamento de Serviços Gerais da UFPR (DSG/DAAST – UFPR, 2014), mostra o aumento da criminalidade em suas dependências nos últimos três anos. Não se tem uma estimativa de quantas ocorrências não são registradas e nem quantas das registradas são resolvidas. Os dados de ocorrências criminais dos últimos três anos na UFPR, podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1- Ocorrências criminais nos campi da UFPR (Fonte: DSG/DAAST – UFPR- 2014)

Ocorrências				
Arrombamento e Invasão no Patrimôni				
Furto contra ao patrimônio				
Arrombamento e/ou roubo de carro ou				
Furto de bicicleta				
Colisão e/ou acidentes com veículos				
Furto de bens de terceiros				

A identificação dos níveis de vulneráveis dentro dos campi permite a orientação das ações de segurança da universidade, bem como a mudança de comportamento de seus usuários, que se tornam mais atentos e presentes na comunidade universitária.

3 METODOLOGIA

No desenvolvimento deste artigo foram conjugados os conceitos de lógica fuzzy e de sistemas de informação geográficas (SIG) para a inferência dos níveis de vulnerabilidade à criminalidade e sua representação cartográfica.

3.1 – Área de estudo

A área de estudo escolhida para este trabalho foi o Centro Politécnico, uma das áreas do Campus III da Universidade Federal do Paraná, com mais de 640.000m^2, sendo limitado por duas rodovias de grande movimento no município de Curitiba-PR. (Figura 1).

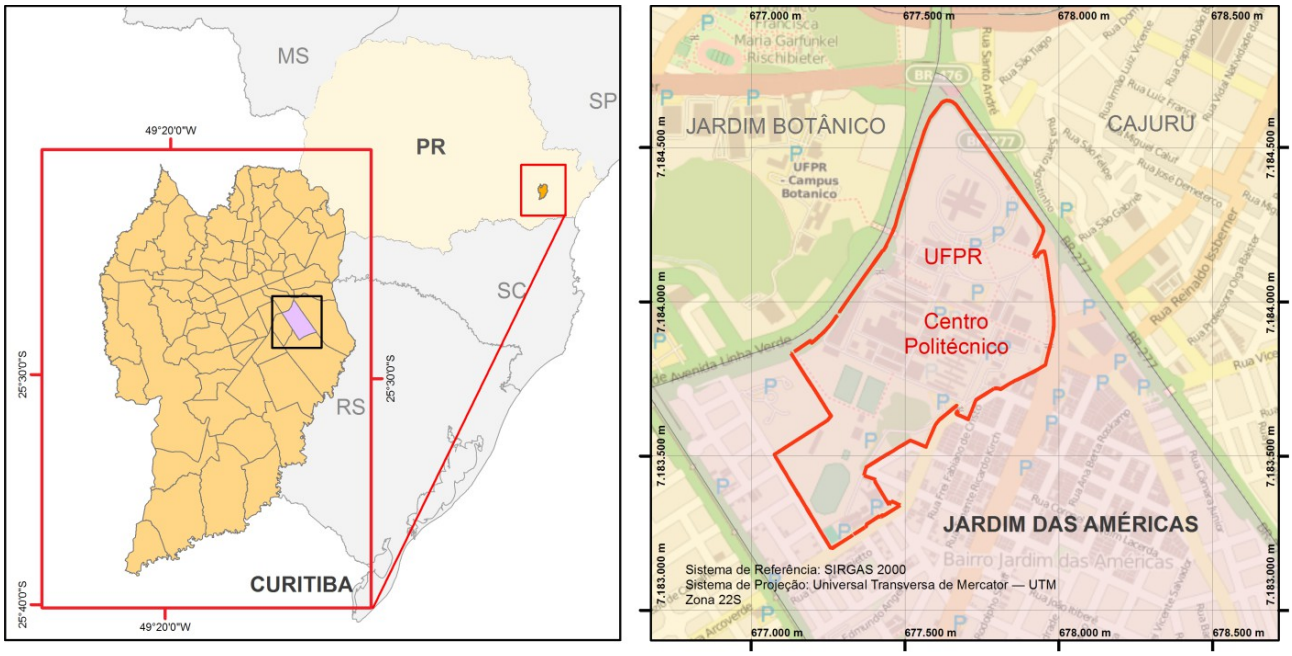


Figura 1 - Centro Politécnico

O campus é formado por prédios com salas de aula e laboratórios didáticos, áreas de lazer e esportes, 5 km de estrutura viária para o tráfego de veículos e uma vegetação com mais de 5000 indivíduos ao longo de suas vias, entre prédios e áreas voltadas a preservação.

No contexto deste trabalho, foi utilizado o sistema viário do campus como vetor de estudo, pois nessas vias de deslocamento pôde-se analisar com mais clareza os resultados conseguidos devido ao seu uso cotidiano e de senso comum entre a população universitária.

3.2 – Inferência Fuzzy

A Lógica Fuzzy (LF) é uma técnica de inteligência artificial (IA) que busca estudar e compreender a inteligência humana com intuito de modelar sistemas computacionais inteligentes (FERNANDES, 2003). Tem por objetivo auxiliar

a tomada de decisão, associando o conhecimento (variáveis qualitativas/linguísticas) às funções de pertinência, que relacionam o objeto de estudo a um grupo específico, em um processo anteriormente impreciso, ambíguo e vago.

A LF foi usada neste trabalho para inferir um nível de vulnerabilidade à criminalidade para as vias do campus, baseado num senso comum sobre a sua infraestrutura, que para os seus usuários poderia influenciar na ocorrência de crimes, causando uma sensação de insegurança. Esse senso comum é trazido através de expressões linguísticas, comuns à visão de um observador leigo, associado a um grau de pertinência. Assim, se deve escolher a função pertinência que melhor se adeque ao modelo para separar corretamente os elementos (fatos) em conjuntos. (AGUADO e CANTANHEDE, 2010)

Além das funções de pertinência, foram definidas as regras fuzzy a partir duas premissas: a avaliação das variáveis de entrada da regra e a aplicação do resultado nos consequentes. O processo de avaliação das entradas foi realizado por meio da inferência fuzzy, cujo objetivo é, através das regras definidas e das entradas, extrair conclusões com base na teoria dos conjuntos fuzzy.

O método de inferência fuzzy utilizado neste trabalho foi o estilo Mandami. Seu processo de raciocínio é dado da seguinte maneira: 1) Fuzzyficação - é determinado o grau de pertinência das entradas em relação a cada conjunto fuzzy por meio do conhecimento do especialista; 2) Avaliação das regras fuzzy - as entradas fuzzyficadas são aplicadas nos antecedentes, para obtenção do valor do consequente em cada regra; 3) Agregação das regras fuzzy - as funções membros dos consequentes de cada regra são agregadas em um único conjunto fuzzy; 4) Defuzzyficação - obtenção da saída numérica em relação à etapa anterior. A técnica mais utilizada para a obtenção do valor numérico de saída é a do centroide, que divide o conjunto ao meio a partir de um ponto central (MARRO, et al,2010).

Foi utilizado para o desenvolvimento da inferência fuzzy o editor fuzzy do software Matlab (Figura 2), no qual foram implementadas as regras fuzzy, definidas as variáveis de entrada e obtido o valor numérico do centroide do gráfico fuzzy de saída. A partir da obtenção do valor numérico do centroide para cada trecho de via do campus, pode-se efetuar a classificação temática de cada vetor obtendo uma representação cartográfica do nível de vulnerabilidade à criminalidade nas vias do campus para períodos e horários específicos.

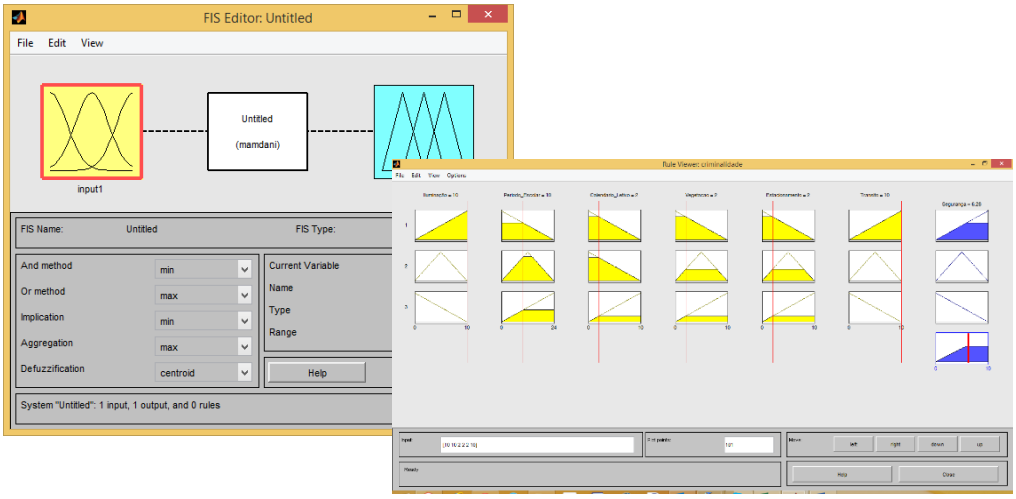


Figura 2 - Editor de inferência fuzzy - MatLab

3.3 – Construção do Mapa de Nível de Segurança

A construção do mapa de nível de segurança à criminalidade foi executada com a utilização de um SIG em uma ferramenta computacional chamada ArcGIS for Desktop, em sua décima versão comercial, na qual os vetores que representam o campus do Centro Politécnico foram devidamente editados e classificados.

Para a classificação dos valores numéricos do centróide, obtido através da inferência fuzzy, foi necessária a análise e determinação das classes referentes aos níveis de vulnerabilidade, bem como dos valores numéricos de abrangência de cada classe. Para isso, baseou-se nos graus de pertinência de cada variável de entrada em relação a cada regra fuzzy estabelecida, e dessa forma pode-se estabelecer três níveis de segurança para as vias do campus.

Posteriormente foi desenvolvido para essas classes uma solução temática de representação cartográfica, aplicada aos resultados obtidos, o que resultou em um mapa temático que representa os níveis de vulnerabilidade em cada uma das vias do Centro Politécnico da UFPR.

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Devido à falta de correspondências geográficas das ocorrências acontecidas no campus do Centro Politécnico, foi necessário a utilização de outras fontes de informação para subsidiar as análises sobre criminalidade e determinar os trechos de vias vulneráveis. A melhor alternativa, neste caso, foi o conhecimento empírico da comunidade universitária sobre a infraestrutura dos trechos de vias do campus. Esses eixos de vias, representados pela dimensão espacial linhas, foram utilizados nas análises e no projeto cartográfico do mapa de níveis de vulnerabilidade à criminalidade.

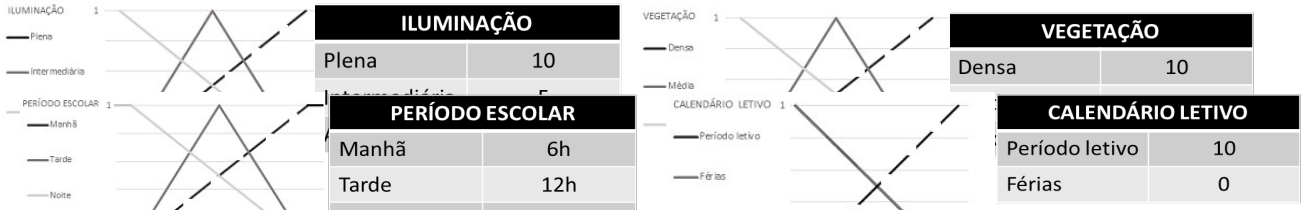
Na inferência fuzzy, a instituição dos critérios qualitativos das variáveis de entrada foi a base para a determinação das regras fuzzy, que definem fatores ou restrições na tomada de decisões. Para isso, foram escolhidas algumas características de infraestrutura que influenciam a segurança do campus. Essas características foram tratadas como variáveis de entrada e a palavra "Segurança" como a variável linguística, respondida ao final da análise fuzzy.

As características de infraestrutura escolhidas como variáveis de entrada foram: iluminação, trânsito, calendário universitário, vegetação, período escolar e estacionamento. Para cada uma das variáveis foram determinados os termos linguísticos que definem a sua existência, estado de conservação ou nível de atendimento. Estes termos, apresentados na Tabela 2, foram definidos com base no senso comum em relação as regiões, de forma a tornar o método de análise sólido.

Tabela 2- Expressões linguísticas por variável de entrada

VARIÁVEL DE ENTRADA	EXPRESSÕES
ILUMINAÇÃO	Plena
	Intermediária
	Ausente
PERÍODO ESCOLAR	Manhã
	Tarde
	Noite
CALENDÁRIO LETIVO	Período letivo
	Férias
VEGETAÇÃO	Densa
	Média
	Baixa
ESTACIONAMENTO	Intenso
	Moderado
	Fraco
TRÂNSITO	Intenso
	Moderado
	Fraco

As variáveis passaram por um processo de padronização, para que as diferentes unidades temáticas ficassem uniformes. A padronização associa os aspectos de cada variável a uma categoria específica de análise que permite a realização de operações algébricas. Foram definidos os gráficos que modelam o grau de pertinência para cada uma das variáveis de entrada da inferência fuzzy (Figuras 3 e 4).



ILUMINAÇÃO	
Plena	10

PERÍODO ESCOLAR	
Manhã	6h
Tarde	12h

VEGETAÇÃO	
Densa	10

CALENDÁRIO LETIVO	
Período letivo	10
Férias	0

Figura 3 - Grau de pertinência das variáveis de entrada Iluminação e Vegetação

ESTACIONAMENTO	
Intenso	10
Moderado	5
Fraco	0

TRÂNSITO	
Intenso	10
Moderado	5
Fraco	0

Figura 4 - Grau de pertinência das variáveis de entrada Período Escolar, Calendário Letivo, Estacionamento e Trânsito.

A caracterização numérica do conjunto de regras teve como base a opinião 5 indivíduos que utilizam a área do Centro Politécnico. Essas opiniões apontam a influência que cada variável tem sobre a determinação de segurança no local. A concordância entre os indivíduos consultados, sobre os impactos das variáveis de entrada, consolida o estabelecimento dos consequentes para cada situação definida pelos antecedentes das regras.

Assim, foram definidas três regras de saída para a análise fuzzy:

Regra 1: Exibe um cenário onde todas as variáveis têm a melhor avaliação possível e o resultado de saída esperado é a classificação da área como **segura**.

Regra 2: O cenário encontra uma solução de área **parcialmente segura**, devido ao fato das variáveis conterem classes que se encontram no meio do consenso comum entre seguro e inseguro, de acordo com os usuários consultados.

Regra 3: Todas as classes que determinam segurança a uma localidade são negligenciadas, o que caracteriza o local como **inseguro**.

A tabela 3 apresenta a relação das expressões linguísticas, das variáveis de entrada, e as regras fuzzy definidas para determinar a vulnerabilidade à criminalidade. Essa relação entre as expressões linguísticas e as regras fuzzy foram usadas para implementar as regras fuzzy na ferramenta utilizada para a análise.

Tabela 3 - Relacionamento entre as expressões linguísticas e as regras fuzzy.

VARIÁVEL DE ENTRADA	REGRA 1	REGRA 2	REGRA 3
ILUMINAÇÃO	Plena	Intermediária	Baixa
PERÍODO ESCOLAR	Manhã	Tarde	Noite
TRÂNSITO	Intenso	Moderado	Fraco
VEGETAÇÃO	Baixa	Densa / Média	Densa
ESTACIONAMENTO	Fraco	Moderado	Intenso
CALENDÁRIO LETIVO	Férias	Período letivo / Férias	Período letivo

Na Figura 5, observa-se o resultado obtido com o uso do editor fuzzy do software Matlab, os gráficos de pertinência para cada expressão linguística das variáveis de entrada e o gráfico final resultante para a variável linguística, objeto deste artigo, segurança. O gráfico final da análise foi baseado na aplicação das regras fuzzy às variáveis de entrada e traduz, por meio do valor de seu centróide, um grau que representa um nível segurança para o trecho de via analisado.

Para a representação temática desse nível de segurança foi necessário a classificação dos valores numéricos de centróide possíveis de serem determinados a partir das variáveis e regras definidas, assim foram utilizados os graus de pertinência correspondentes a cada expressão linguística e as regras fuzzy para definir as faixas de classificação dos valores de centróide para cada nível de segurança. O resultado obtido está apresentado na tabela 4.

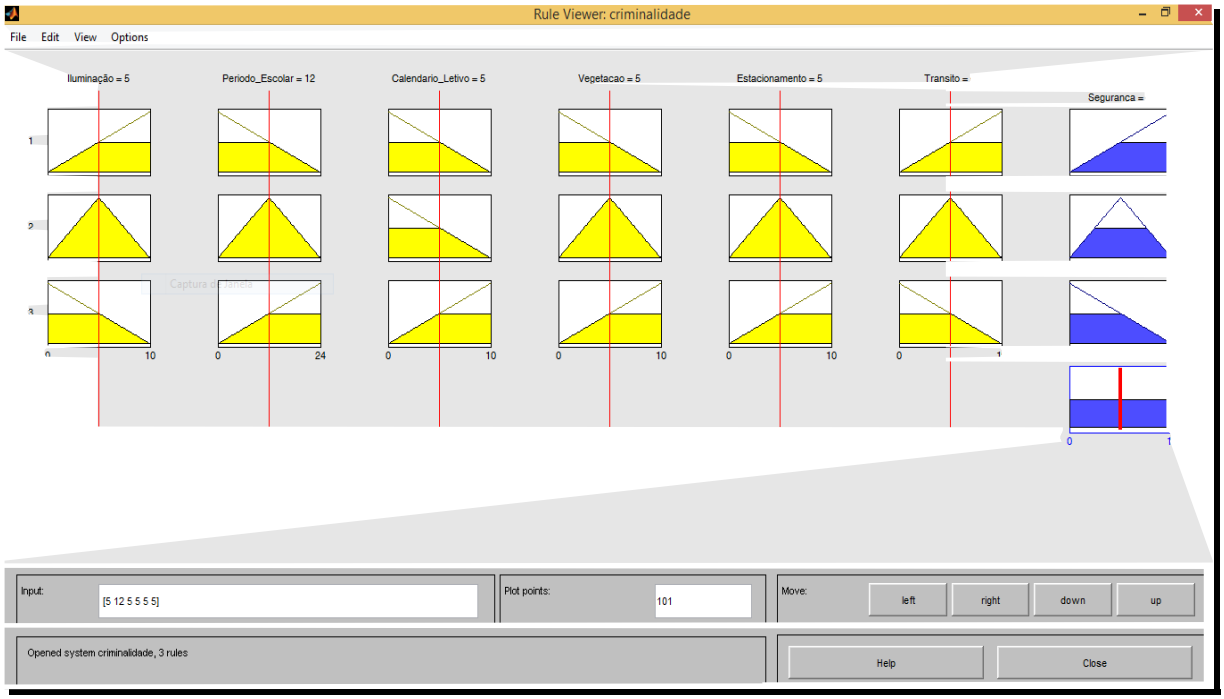


Figura 5- Visualizador de Regras e Resultados

Tabela 4-Definição dos valores de centroide por classe temática

	VALORES DE CENTROIDE
Seguro	Acima de 6,14
Parcialemente seguro	Entre 4,38 e 6,14
Inseguro	Abaixo de 4,38

Os mapas de níveis de segurança à criminalidade foram desenvolvidos a partir de um conjunto de dados baseados nos graus de pertinência definidos por um grupo de usuários, de acordo com suas experiências e conhecimento prévio das vias do campus, para o período letivo de aulas em dois turnos manhã e noite. A escolha dos turnos mencionados deu-se por se tratarem de casos teoricamente extremos quando se lida com a segurança urbana e que poderiam evidenciar o comportamento da análise e a efetividade de sua modelagem.

Os mapas obtidos para ambas as situações são mostrados na Figura 6 e permitem a visualização do resultado da análise, no qual percebe-se que não foram classificados trechos de vias, dentro do campus do Centro Politécnico da UFPR, como seguros para os turnos da manhã ou da noite. Por outro lado, o mapa obtido para o turno da noite mostra um aumento nos trechos de vias que foram classificadas como inseguros aos usuários do campus. Essas vias localizam-se principalmente nos acessos ao campus e entre prédios que possuem uma quantidade maior de vegetação, menos iluminação e áreas de estacionamento.

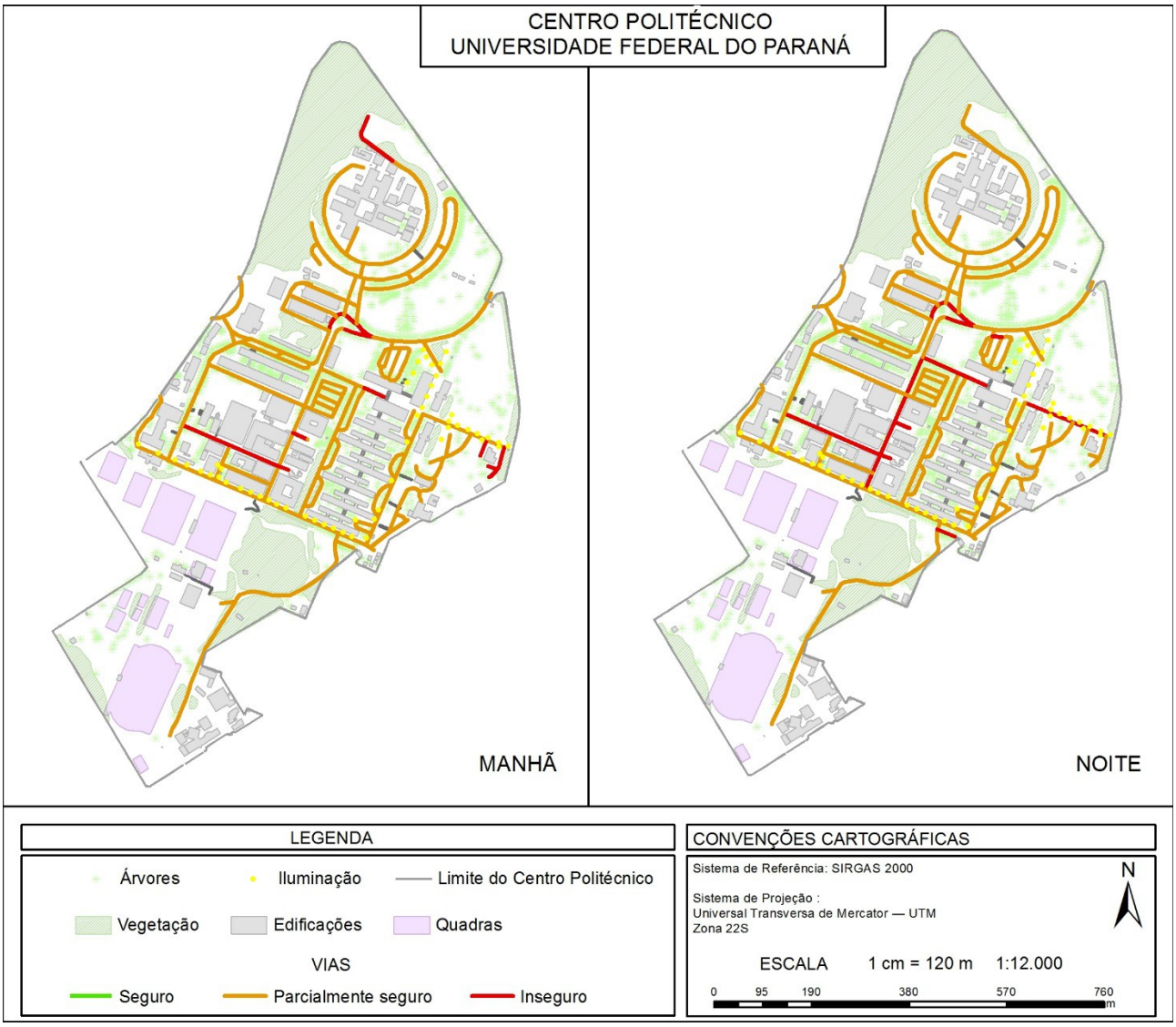


Figura 6 - Mapas de Nível de Segurança no Campus Centro Politécnico da UFPR - Período Letivo nos turnos da manhã e noite.

5 CONCLUSÕES

A determinação e construção de um mapa de níveis de segurança das vias do campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná mostrou-se eficiente na inferência de um grau de segurança baseado em lógica fuzzy, a partir de uma série de expressões linguísticas baseadas no senso comum de seus usuários.

Foi verificada uma dificuldade na modelagem das variáveis de entrada calendário letivo e estacionamento devido ao fator temporal de ambas as variáveis. No caso do calendário letivo considerou-se apenas as expressões "Período Letivo" e "Férias", mas as características de circulação de usuários mudam entre os meses que formam esses períodos, concluindo-se que a melhor divisão temporal para essa variável seja de 1 a 12, o que corresponderia aos meses do ano.

A variável estacionamento também tem um comportamento que varia diferentemente das horas que correspondem a um período escolar padrão, tendo uma lotação diferente pelo menos a cada 2 ou 3 horas.

A dificuldade na modelagem das duas variáveis pode ter causado uma generalização desse comportamento e consequentemente mascarado o resultado final nos trechos classificados como "inseguros" no período da manhã em regiões conhecidas como tranquilas ou como "parcialmente seguras" em regiões conhecidas por seu isolamento e pouca iluminação noturna.

A definição das variáveis de entrada e dos graus de pertinência para as suas expressões linguísticas seria mais eficiente se houvesse a localização das ocorrências de crimes acontecidas nas dependências do campus. Dessa forma, seria possível validar os resultados, confrontando com os boletins emitidos.

Para tal, sugere-se a inclusão da informação de localização das ocorrências de crimes nos formulários oficiais da universidade, bem como a automatização do processo de inferência fuzzy diretamente na ferramenta SIG.

REFERÊNCIAS

AGUADO, A. G; CANTANHEDE, M. A. **Lógica Fuzzy. Monografia Faculdade de Tecnologia** – Univerdade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas – SP, 2010.

Área universitária de Campina Grande tem maior índice de homicídios. Disponível em: <http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2013/01/area-universitaria-de-campina-grande-tem-maior-indice-de-homicidios.html >. Acesso 23 de janeiro de 2014.

Censo aponta aumento de 4,4% e matrículas superam 7 milhões. Disponível em:<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=19077:censo-aponta-aumento-de-44-e-matriculas-superam-7-milhoes-&catid=212:educacao-superior >. Acesso 23 de janeiro de 2014.

Censorevelacrescimento do número de matrículas no ensino superior em 2012. Disponível em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-09-17/atualizada-censo-revela-crescimento-do-numero-de-matriculas-no-ensino-superior-em-2012 >. Acesso 24 de janeiro de 2014.

COELHO, C. J. C. **Lógica Fuzzy e Geoprocessamento na Detrminação da Vulnerabilidade à Ocupação Direta dos Mangues na Bacia Hidrográfica do Anil,** naIlha de São Luís - MA. Dissertação de mestrado em sustentabilidade de ecossistemas – Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA, 44p, 2008.

COLLETES, G. G. **Sistemas Especialistas e Sistemas de Apoio a Decisão**. São Paulo, 2006.

Criminalidade dentro campus ainda amedronta estudantes. Disponível em: <http://www.cmconsultoria.com.br/vercmnews.php?codigo=43568 >. Acesso 23 de janeiro de 2014.

FERNANDES, A.M. R. **Inteligência Artificial: Noções Gerais**. Editora Visual Books. Florianópolis - SC, 2003

KARTALOPOULOS, S. **Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic**. Estados Unidos: IEEE Press, 1993.

LEAL, L.; PEDROSA-MACEDO, J. H., BIONDI, D. **Censo da arborização do campus iii – centro politécnico da Universidade Federal do Paraná** – Scientia Agraria [en línea] 2009, 10 (Noviembre - Diciembre): ISSN 1519-1125. Disponível em: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99512492004 >. Acesso 3 de fevereiro de 2014.

MARRO, A. A.; SOUZA, A. M. C.; CAVALCANTE, E. R. S.; BEZERRA, G. S.; NUNES, R. O. **Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações**. Monografia. Departamento de Informática e Matemática Aplicada (DIMAp), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal – RN, 2010.

Relatório de estatística criminal da segurança pública do estado do Paraná - 1º, 2º e 3º TRIMESTRE – 2013, Disponível em: <http://www.seguranca.pr.gov.br/arquivos/File/Relatorio_Modelo_Novo_3Trimestre.pdf > Acesso 03 de fevereiro de 2014.

RICH, E.; KNIGHT, K. **Inteligência Artificial**. – São Paulo: Editora Makron Books, 1993.

UFMT cria escola para combater criminalidade. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5911&catid=212:educacao-superior>. Acesso 24 de janeiro de 2014.