



8º EnPE Encontro de Pesquisa e Extensão

ANÁLISE DE VARIÁVEIS PARA A MODELAGEM DE UM CONTROLADOR PARA BUEIRO ELETRÔNICO POR MEIO DE LÓGICA FUZZY

Caroline C. Martins¹, Aline F. F. Silva², Danielli A. Lima³
<caroline.martins@estudante.iftm.edu.br>, <alinefurtado,danielli@iftm.edu.br>
Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Patrocínio
Laboratório de Inteligência Computacional e Robótica (LICRO)
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Natureza do Trabalho: Pesquisa Extensão

Área de Conhecimento: Exatas e da Terra Engenharias Humanas Sociais Aplicadas Agrárias

Resumo: Diversas cidades do mundo passam por problemas decorrentes da rápida urbanização ao longo das últimas décadas. Um dos problemas que mais afeta essas cidades é a inundação durante as chuvas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é encontrar parâmetros para a previsão de chuvas, sendo que esses parâmetros servirão como base para o refinamento de um protótipo de controlador de bueiros eletrônicos para cidades inteligentes. Os resultados mostraram que fatores como radiação solar acumulada, temperatura do ar, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa podem ajudar na previsão das chuvas. O algoritmo de classificação por lógica Fuzzy apresentou boa acurácia para a previsão das intensidades de chuvas.

Palavras-chave: Aprendizado de máquinas. Lógica Fuzzy. Classificação. Parâmetros meteorológicos. Cidades inteligentes.

Introdução

São incontáveis atualmente as metrópoles que sofrem com os problemas de alagamento. Visto que, tal situação é resultante do crescente histórico de descarte e acúmulo de lixo nas vias públicas em adição ao acelerado processo de urbanização que impactou diretamente na qualidade dos sistemas de drenagem dos municípios (SANTOS; ROCHA, 2014). Aplicando este contexto as “smart cities” investem continuamente em novas tecnologias para o desenvolvimento planejado e o aprimoramento das cidades (RIBEIRO et al., 2014).

O uso de técnicas de inteligência artificial em sistemas de controle, como a lógica Fuzzy, neste novo modelo de cidade se mostra eficiente no que diz respeito a solução para o problema anteriormente citado. Tal lógica é um procedimento que se assimila ao modelo de raciocínio humano, sendo assim, muito empregada na automatização de processos por meio de controladores (AGUADO; CANTANHEDE, 2010).

¹ Estudante do 10º Período do Curso de Engenharia Elétrica do IFTM Campus Patrocínio.

² Professora de Eletrônica no IFTM Campus Patrocínio, Mestre em Tecnologias, Comunicação e Educação.

³ Professora de Informática no IFTM Campus Patrocínio, Doutora em Ciência da Computação.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um conjunto de parâmetros extraídos de estações meteorológicas governamentais e não governamentais das regiões sul e sudeste do Brasil para o calibramento dos sensores de um bueiro eletrônico para evitar as enchentes em cidades durante os períodos de chuvas. Adicionalmente, estes resultados servirão para agregar o sistema de sensores que foram usados no trabalho de (MARTINS; LIMA, 2020) e que fazem parte do controle de um protótipo para bueiro eletrônico de um projeto para cidades inteligentes.

Fundamentação teórica

O processo de urbanização no Brasil, que ocorreu durante o século 20, é considerado um dos mais acelerados do mundo (MARTINE; MCGRANAHAN, 2010). E ainda que tenha se dado a um longo período (MARTINE; MCGRANAHAN, 2010) afirma que “as cidades brasileiras ainda enfrentam desafios sociais, econômicos e ambientais pesados”, sendo a falta de planejamento o causador de maiores percalços.

A deficiente infraestrutura urbana é um grande fator contribuinte para os alagamentos nas vias (DIONYSIO; DIONYSIO, 2014). Além das crescentes mudanças climáticas que aliadas ao entupimento de bueiros, gerado principalmente por meio do descarte incorreto do lixo pela população, vem trazendo inúmeros transtornos a população de diversas cidades (MOTA et al., 2015), de grandes metrópoles até cidades de pequeno e médio porte.

As cidades inteligentes, que trabalham com a coleta de dados para gerenciar os mesmos de forma eficiente, vem justamente para melhorar a qualidade de vida dos moradores com soluções automatizadas (KON; SANTANA, 2016). O raciocínio booleano, que retorna apenas duas possibilidades de saída (contido ou não-contido), já foi muito utilizado nos processos de automatização porém o mesmo vem sendo substituído por lógicas mais avançadas pois, segundo (AGUADO; CANTANHEDE, 2010) “busca-se saber o quão contido ou o quão não contido está determinado elemento”.

Sendo a Lógica Fuzzy capaz de se aproximar do mundo real apresentando a viabilidade de mensurar o grau de aproximação da resposta e sendo capaz de inferir uma atitude necessária, assemelhando-se as decisões humanas (AGUADO; CANTANHEDE, 2010). Sua riqueza de detalhes é um estímulo para o desenvolvimento de inúmeros projetos, a exemplo, é válido referir o projeto de (ROLIM, 2016) que trabalha no sensoriamento urbano por meio de regras de inferências aplicadas a lógica Fuzzy que, harmonizam com um conjunto de sensores como luminosidade, umidade, temperatura, quantidade de chuva e uma análise da fração de lixo descartado perto de um bueiro.

No trabalho de (MARTINS; LIMA, 2020) foi realizado um estudo de quatro fatores para o controle de um bueiro eletrônico considerando-se a luminosidade, temperatura, nível de água e umidade. Dessa forma, o controlador foi baseado em lógica Fuzzy, e alguns testes experimentais foram realizados com a finalidade de testar o protótipo realizado em Proteus, com as variáveis citadas e os resultados se mostraram promissores, para os níveis de abertura do bueiro implementados.

Metodologia

Para este trabalho, buscamos extrair dados brutos no site do governo federal advindos de Estações Ambientais Automáticas ou Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais⁴ (INPE). Nessas estações são colhidas informações

⁴ Dados extraídos de PCDs no site do SINDA - Sistema Integrado de Dados Ambientais <<http://sinda.crn.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>>.

meteorológicas, tais como, temperatura, pressão, direção e velocidade dos ventos, umidade, utilizadas para a previsão do tempo e estudos climáticos. Assim, se pode abrir ou fechar os bueiros, evitando enchentes em períodos de chuvas, que acabam comprometendo as cidades.

Posteriormente, foi realizada uma mineração de dados utilizando-se lógica Fuzzy a partir dos dados baixados no KNIME Analytics Platform, cujo objetivo era saber os parâmetros que podem ajudar na previsão de chuvas, e conseqüentemente, a partir dessa previsão, o controlador será acionado ou não. De acordo com a Figura 1, primeiramente, os dados foram organizados em um arquivo do tipo .csv, posteriormente, algumas colunas são filtradas das bases de dados por não terem sido comuns a todas as PCDs, restando as colunas: radiação solar acumulada, temperatura do ar, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa e a classe (sem chuva, fraca, moderada, forte e muito forte). Dessa forma, será possível programar o controla-

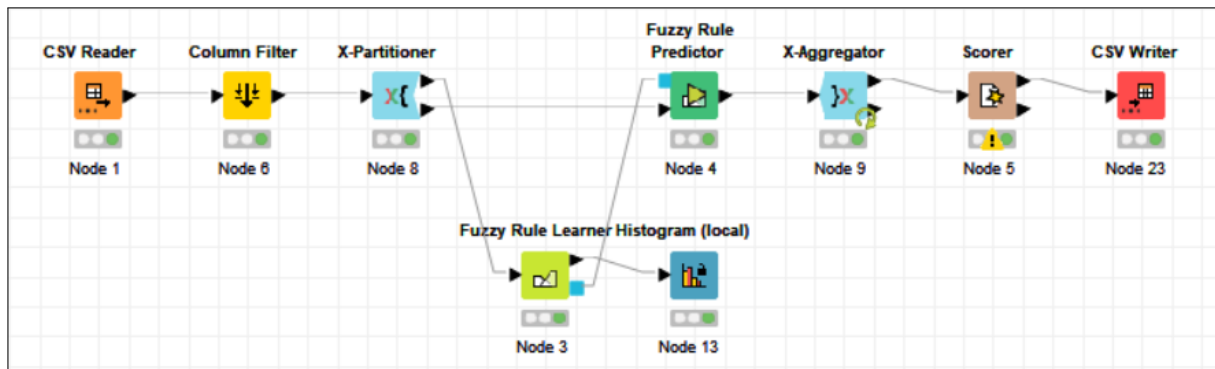


Figura 1 – Workflow realizado no KNIME para a classificação dos dados por meio do aprendizado por lógica Fuzzy.

dor de bueiro eletrônico, baseando-se nestes cinco parâmetros. O controlador abrirá em casos de chuva moderada, forte e muito forte, com diferentes níveis de abertura.

Em seguida, é realizado um particionamento dos dados, com a finalidade de fazer uma validação denominada cross-validation com a finalidade de fazer várias iterações para determinar a acurácia do modelo de predição baseado em lógica Fuzzy. Neste caso, foram realizados 10 validações. Além disso, ao final são realizadas algumas visualizações de dados e o scorer da acurácia é calculado baseando-se nas iterações do modelo. A matriz de confusão advinda do cálculo do scorer é criada e escrita em um arquivo do tipo .csv, para a comparação de resultados.

Resultados

Primeiramente, após realizarmos a junção dos dados de diferentes bases de PCDs, realizamos uma primeira análise de distribuição dos dados por meio de coordenadas paralelas, conforme pode ser observado na Figura 2. Neste sentido, é possível perceber que para cada classe, temos uma distribuição de chuvas diferentes. Além disso, é possível perceber que a ausência de chuvas ou chuvas muito fortes, Figura 2(b) e Figura 2(f), do que para as chuvas fraca (Figura 2(c)), moderada (Figura 2(d)) e forte (Figura 2(e)), o que pode afetar a análise por parte do preditor Fuzzy. Neste caso, ficamos dependentes de mais dados de estações meteorológicas, que oferecem apenas dados dos últimos 15 dias para a população.

Na Tabela 1 é apresentada uma matriz de confusão para a acurácia do preditor Fuzzy, utilizado em nosso trabalho. Neste caso, matriz de confusão é uma tabela que permite a visualização do desempenho do algoritmo de classificação usado em nosso trabalho, que neste caso, foi o Fuzzy, por termos cinco classes, a matriz de confusão é de dimensão 5×5 . Neste caso,

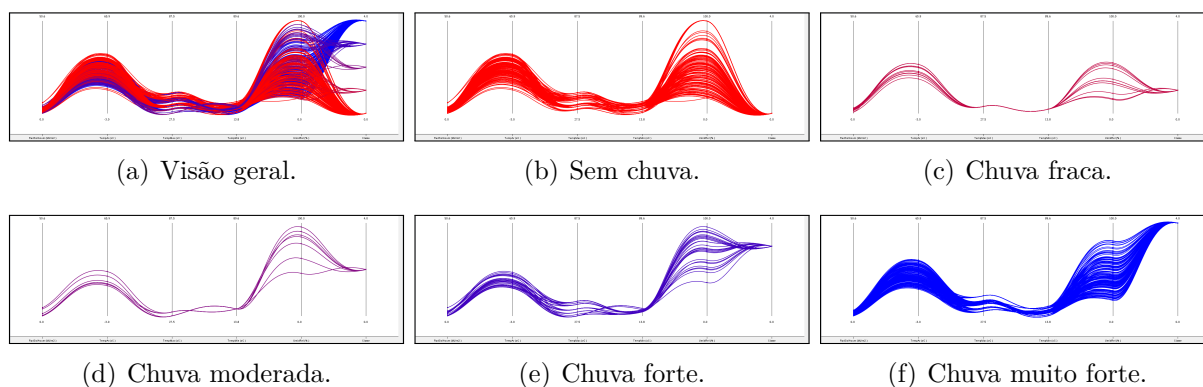


Figura 2 – Coordenadas paralelas para cada uma das cinco classes que representam as intensidades de chuvas.

Tabela 1 – Matriz de confusão para as cinco classes analisadas para o controle do bueiro.

Classe/Predição	sem chuva	fraco	moderado	forte	muito forte
sem chuva	32	7	0	3	230
fraco	284	0	0	5	52
moderado	13	0	4	12	6
forte	1	0	1	4	1
muito forte	4	7	0	0	7

para o preditor Fuzzy, temos uma acurácia de 79.346% (534 linhas classificadas corretamente pelo algoritmo) e erro de 20.654% (139 linhas classificadas incorretamente pelo algoritmo). O Coeficiente de Cohen's Kappa é de 0.637 e é usado como uma estatística para medir a confiabilidade entre avaliadores para itens qualitativos.

A Tabela 2 apresenta outros valores importantes para cada uma das classes após a predição pelo algoritmo Fuzzy. O recall e a sensibilidade apresentam o nível de qualidade do algoritmo na detecção de positivos (pertencentes à classe). Um algoritmo pode falhar e maximizar isso sempre retornando positivo (classe correta). A especificidade mostra a qualidade do teste para evitar que linhas sejam incorretamente classificadas (alarmes falsos). Já a precisão apresenta quantos dos classificados positivamente foram relevantes. O f-measure por sua vez, representa uma média harmônica da precisão e recall, já que essas duas últimas medidas só avaliam se o algoritmo é bom em acertar as amostras positivas. Dessa forma, algumas análises

Tabela 2 – Fatores de recall, precision, sensibilidade, especificidade e f-measure para cada uma das classes.

Classe	Recall	Precisão	Sensibilidade	Especificidade	F-measure
sem chuva	0.832	0.850	0.832	0.849	0.841
fraco	0.388	0.500	0.388	0.989	0.437
moderado	0.142	0.200	0.142	0.993	0.166
forte	0.342	0.500	0.342	0.981	0.406
muito forte	0.845	0.777	0.845	0.835	0.809

puderem ser feitas, primeiramente, para as classes “sem chuva” e “muito forte”, tanto para a precisão, recall, sensibilidade e especificidade e f-measure foram maiores do que para as outras três classes. A classe “moderado” apresentou resultado mais baixos, porque na base de dados,

foram poucos dados com essa intensidade de chuvas. Para as classes “fraco” e “forte” os valores foram intermediários em relação ao recall, sensibilidade, especificidade, precisão e f-measure.

Considerações finais

Neste trabalho, buscamos entender a correlação das variáveis de radiação solar acumulada, temperatura do ar, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa para o refinamento do controlador para a abertura de bueiros eletrônicos em cidades inteligentes e resilientes. Os dados foram extraídos do INPE e apresentam dados de diferentes PCDs em diferentes estações meteorológicas. As principais limitações baseiam-se no fato de que apenas os dados dos últimos 15 dias são disponibilizados pelo INPE, sendo assim, a análise acaba ficando um pouco comprometida em virtude de que seriam necessários mais dados distribuídos de uma melhor maneira entre as intensidades de chuvas. Como trabalhos futuros, esperamos realizar um trabalho que contemple mais dados meteorológicos para o refinamento e calibramento do nosso controlador de bueiros eletrônicos para cidades inteligentes.

Referências

- AGUADO, A. G.; CANTANHEDE, M. A. Lógica fuzzy. **Faculdade de Tecnologia – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)**, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 2.
- DIONYSIO, L. G. M.; DIONYSIO, R. B. Lixo urbano: descarte e reciclagem de materiais. **PUC. Rio de Janeiro (RJ)**, p. 1–24, 2014. Citado na página 2.
- KON, F.; SANTANA, E. F. Z. Cidades inteligentes: Conceitos, plataformas e desafios. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 2–49. Citado na página 2.
- MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G. A transição urbana brasileira: trajetória, dificuldades e lições aprendidas. **População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Brasília: UNFPA**, p. 11–24, 2010. Citado na página 2.
- MARTINS, C. C.; LIMA, D. A. Estudo e modelagem de um controlador para bueiro eletrônico baseado em lógica fuzzy. In: **VIII Encontro de Pesquisa e Extensão (EnPE)**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–5. Citado na página 2.
- MOTA, B. C. et al. Bueiro eco inteligente. **Extensão em Foco (ISSN: 2317-9791)**, v. 1, n. 2, p. 135–144, 2015. Citado na página 2.
- RIBEIRO, S. A. et al. Modelo conceitual de um sensor microcontrolado 3g para automação do controle de saturação de dispositivos de drenagem urbana (bueiro) aplicado a cidades inteligentes. 2014. Citado na página 1.
- ROLIM, C. O. Uso de sensibilidade à situação em redes oportunistas para intensificar a comunicação de dados em aplicações de sensoriamento urbano. 2016. Citado na página 2.
- SANTOS, F. A. A. dos; ROCHA, E. J. P. da. Alagamento e inundação em áreas urbanas. estudo de caso: cidade de belém. **Revista GeoAmazônia**, v. 1, n. 02, p. 33–55, 2014. Citado na página 1.