

Riscos de Inundação na Cidade de Francisco Beltrão (PR) por meio de Combinação Linear Ponderada Difusa

Juliano Andres^{1,2}
Sony Cortese Caneparo²
Elvis Rabuske Hendges¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
Caixa Postal 371 - 85.605-010 - Francisco Beltrão - PR, Brasil
juliano.andres@gmail.br

² Universidade Federal do Paraná - UFPR/PPGG
Caixa Postal 19.001 - 81.531-980 - Curitiba - PR, Brasil
sony@ufpr.br

Abstract. The city of Francisco Beltrão is located in southwestern Paraná, Brazil. Its urbanization occupies floodplains on the River Valley Marrecas, what motivates a lot of research and actions to prevent or mitigate flooding problems. In this sense, this study objective is identify areas at flood risk and confront them with aspects of human occupation. The methodological steps were: 1) diagnosis of the physical environment (vicinity of drainage, slope and hypsometry); 2) evaluation of flood risk through fuzzy weighted linear combination; 3) diagnosis of human occupation (income, housing and literacy); and 4) intersection of areas at flood risk and aspects of human occupation. Results are four maps, one with the spatial distribution of five levels of flood risk and three with the living conditions of people in areas at risk of flooding. Conclusions, the fuzzy weighted linear combination allowed an analysis of the flood risk from the integration of the conditioning aspects of the physical environment, with weights derived by the degree of relationship between variables; the intersection with the aspects of human occupation points priority areas for public policy and management of risk areas.

Palavras-chave: fuzzy weighted linear combination, flood risk, geoprocessing, combinação linear ponderada difusa, risco de inundação, geoprocessamento.

1. Introdução

A cidade de Francisco Beltrão está localizada na região sudoeste do Paraná, como pode ser observado na Figura 1 que apresenta também a distribuição dos 29 bairros. A formação da cidade ocorreu nas proximidades do Rio Marrecas, ocupando uma porção de sua planície de inundação, bem como as margens de alguns de seus afluentes (Rio Santa Rosa, Arroios Lonqueador, Urutago e Progresso). Esse fator, aliado com precipitações em volumes elevados, resultaram em problemas de enchentes e enxurradas ao longo da sua história, mas cabe ressaltar que essas inundações têm sido constantes nos últimos anos.

Considerando alguns dados pluviométricos da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Francisco Beltrão e informações gerais da Defesa Civil, é possível destacar eventos que ocorreram em abril de 2010 (415 mm no mês, 178 mm em um dia e 950 pessoas desalojadas), agosto de 2011 (352 mm no mês, 152 mm em um dia, 430 pessoas desalojadas), maio de 2013 (60 desalojadas), maio de 2014 (434 mm no mês, 195 mm em um dia e 1050 pessoas desalojadas) e setembro de 2014 (436 mm no mês e 330 pessoas desalojadas). Tais inundações têm provocado muitas preocupações de cunho social e na administração pública, bem como no meio científico. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivos apresentar uma avaliação de riscos de inundação a partir de dados do meio físico e combinação linear ponderada difusa, e confrontar os riscos de inundação com aspectos da ocupação humana (condições de habitação, renda e alfabetização das pessoas).

As inundações, de acordo com o MIN (2013), podem ser classificadas em dois tipos em função da evolução: inundações graduais ou enchentes, com ciclos superiores a 24 horas; inundações bruscas ou enxurradas, com ciclos inferiores a 24 horas. Ainda, nas cidades pode

ocorrer alagamentos, que é o acúmulo de água pluvial em locais fora das planícies de inundação, os quais estão relacionados a impermeabilização do solo e problemas na estrutura de escoamento pluvial das ruas (entupimento de bueiros e galerias com capacidade inferior ao volume de água precipitado). Especificamente nessa pesquisa, serão consideradas apenas as inundações (graduais e bruscas).

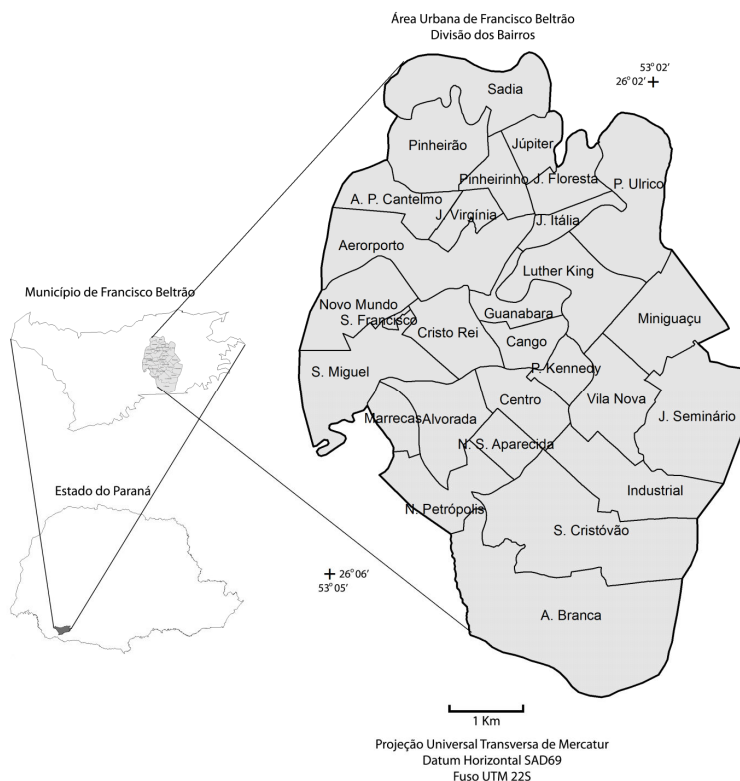


Figura 1. Localização da cidade de Francisco Beltrão em relação ao Estado do Paraná.

Cabe ressaltar que a inundação é um fenômeno natural que está presente nos processos que envolvem a formação e modelado da superfície terrestre, inerente a presença humana. Tal fenômeno diz respeito ao transbordamento do leito menor (leito normal) dos rios e canais de drenagem, em períodos de precipitações mais intensas, com conseqüente ocupação do leito maior, também conhecido no âmbito da geomorfologia como planície de inundação (Cassetti, 2005). O desenvolvimento de atividades humanas nas planícies de inundação são muito comuns, tanto no meio agrícola, pela fertilidade do solo e pela facilidade na irrigação, como nas cidades, pela baixa declividade para construção civil e por facilitar o uso de rios e canais como fontes de energia e meio de transporte.

Considerando esses aspectos conceituais básicos, Cunha e Taveira-Pinto (2011) colocam que todo leito maior dos rios e canais de drenagem são áreas com "probabilidade" de inundação, bem como todas as atividades humanas desenvolvidas nesses locais possuem "vulnerabilidade" em função de possíveis conseqüências negativas de tal fenômeno. Enfim, os autores colocam que o "risco" está associado a combinação entre "probabilidade" e "vulnerabilidade". Esse é o sentido de risco adotado para a presente pesquisa, a combinação da probabilidade de inundação na bacia do Rio Marrecas com a vulnerabilidade das áreas urbanizadas de Francisco Beltrão.

Segundo Rocha (1998) há diversas metodologias que visam resolver ou amenizar os problemas com inundações, as quais variam em cada região de acordo com a intensidade das ocorrências, bem como pelas diferentes organizações de gestão pública e pela diversidade de aspectos culturais. Porém, o autor classifica tais metodologias em três eixos principais: controle de enxurradas e enchentes, avisos e evacuação, gestão de zonas inundáveis. O

controle de enxurradas e enchentes pode ser por meio da construção de diques e terraços para reter a água durante o escoamento laminar nas vertentes, da alteração do leito dos rios e canais com dragagem ou desvio do curso, e da construção de barragens e lagoas de contenção. Os avisos e evacuação ocorrem pelo monitoramento da precipitação e comportamento do nível dos rios e canais na montante as áreas de risco, o qual é um método mais eficiente nos casos de enchentes (inundação gradual). A gestão de zonas inundáveis está relacionada a mudanças na ocupação humana nas planícies de inundação, com atividades que tenham perdas menos significativas durante as enchentes ou enxurradas.

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia de trabalho ocorreu em quatro etapas: 1) diagnósticos do meio físico; 2) avaliação de riscos de inundação; 3) diagnósticos da ocupação humana; e 4) intersecção entre áreas com risco e aspectos da ocupação humana. Para os diagnósticos do meio físico foram usados dados da Planta Urbana de Francisco Beltrão, elaborada por meio de restituição aerofotogramétrica, em escala 1:10.000. Para a proximidade da drenagem foi aplicado operador de distância, originando um modelo numérico do terreno com os valores métricos da área urbana em relação aos canais. Para a hipsometria foi elaborada grade retangular a partir das curvas de nível, adotando-se como interpolador a média ponderada/cota/quadrante com resolução espacial de 2 m, considerando a escala 1:10.000 da planta e o erro cartográfico de 0,2 mm. Para declividade foi usada grade triangular do tipo *Delaunay*, com representação numérica em percentual e os demais critérios de resolução da hipsometria.

Na avaliação de riscos de inundação (etapa 2) foi usada a combinação linear ponderada difusa (Delgado e Cano, 2005). Para a padronização difusa (*fuzzyfication*) foram considerados os valores atingidos nas inundações de maio de 2014, com função sigmoideal decrescente, considerando o ponto "c" exatamente nos valores atingidos e o ponto "d" 1/2 acima deste, simulando um evento maior. Assim, para a proximidade de canais (0 - 390 m) o ponto "c" ficou em 260 m e o ponto "d" em 390 m; para a hipsometria (510 - 543 m) o ponto "c" em 532 m e o ponto "d" em 543 m; e para a declividade (0 - 9%) o ponto "c" em 6% e o ponto "d" em 9%. A ponderação foi por meio da matriz de Saaty (Delgado e Cano, 2005), cujos valores de relacionamento entre as variáveis foram ajustados até uma consistência de 0,03, obtendo-se os pesos de 0,2583 para a proximidades da rede de drenagem, de 0,6370 para hipsometria e de 0,1047 para declividade. De posse desses pesos, foram realizados o processamento e a reclassificação (*defuzzyfication*), dando origem as cinco classes de riscos de inundação: sem risco (0 - 0,19), baixo risco (0,20 - 0,39), médio risco (0,40 - 0,59), alto risco (0,60 - 0,79) e altíssimo risco (0,80 - 1,00).

Para os diagnósticos da ocupação humana (etapa 3) foram usados os dados e os setores do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011). Para renda foi dividida a variável 022 (renda das pessoas com 10 anos ou mais ocupadas) pela variável 021 (pessoas com 10 anos ou mais ocupadas) da tabela PessoaRenda, resultando na renda média das pessoas ocupadas. Para o tamanho das habitações foi dividida a variável 001 da tabela Domicílio02 (moradores em domicílios particulares e coletivos) pela variável 001 da tabela Domicílio01 (domicílios particulares e coletivos), resultando na média de pessoas por habitação. Para alfabetização foi calculado o percentual da somatória das variáveis 007 a 077 da tabela Pessoa01 (pessoas alfabetizadas com 10 anos ou mais) em relação a somatória das variáveis 044 a 134 da tabela Pessoa13 (pessoas com 10 anos ou mais), resultando no percentual de pessoas alfabetizadas. As variáveis foram divididas em cinco classes usando critério de intervalos idênticos.

Para a intersecção entre os planos de informação (etapa 4) todas as classes de risco de inundação foram agrupadas, para confrontar com as cinco classes de cada um dos três aspectos da ocupação humana.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos por meio da avaliação de riscos de inundações podem ser vistos na Figura 2.

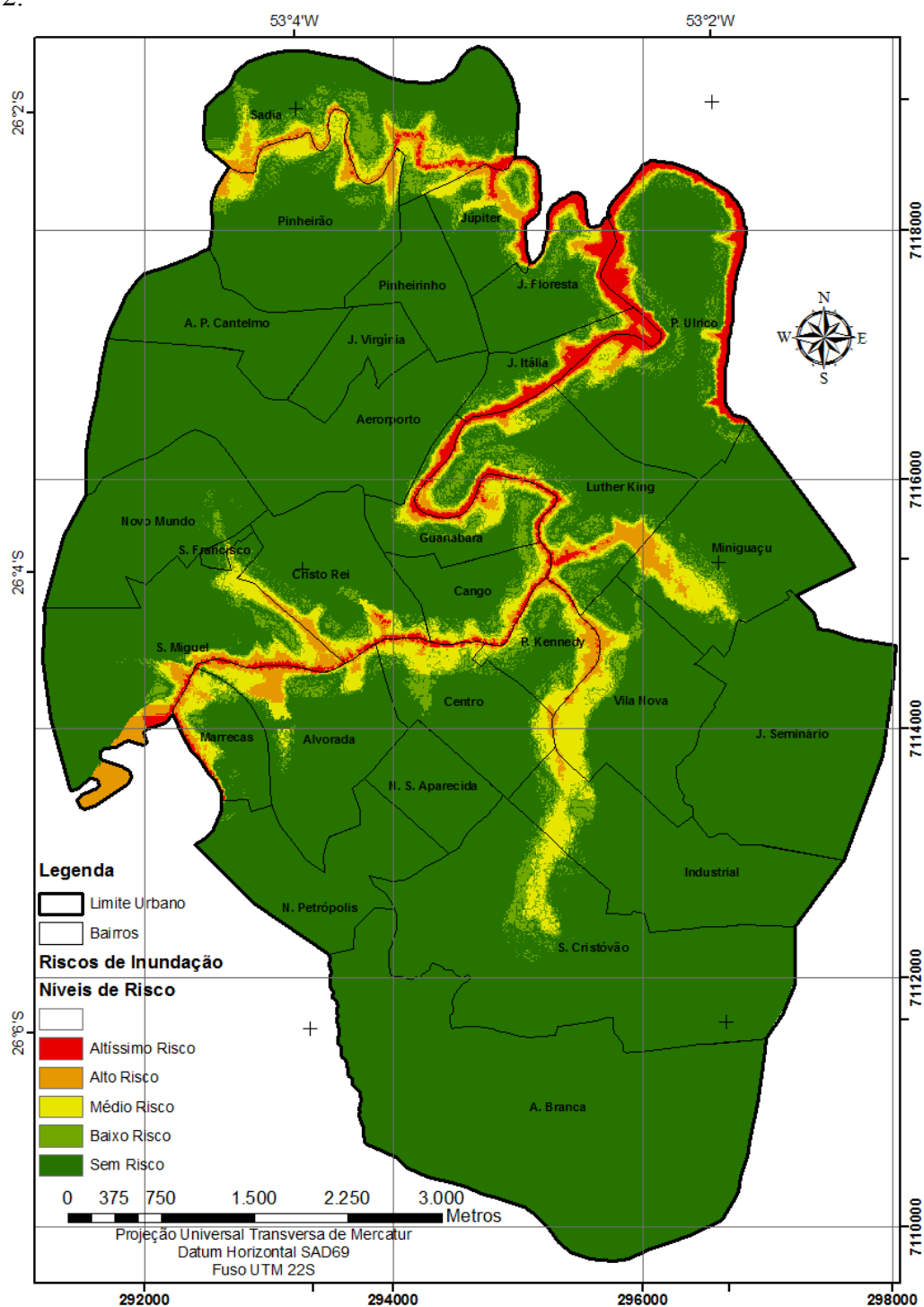


Figura 2. Mapa de Riscos de Inundação.

As áreas de maior risco (altíssimo) estão ao nordeste da cidade, sobretudo, nos bairros Padre Ulrico, Luther King, Guanabara e Jardim Itália. Cabe destacar médio a alto risco nos bairros Sadia, Pinheirão, Júpiter, Presidente Kennedy, Miniguaçu, Vila Nova, Cristo Rei, São Miguel, Marrecas e Alvorada. Os únicos bairros que não apresentam risco são Água Branca, Nova Petrópolis, Nossa Senhora Aparecida, Aeroporto, Antonio de Paiva Cantelmo, Jardim Virgínia, Pinheirinho e Jardim Seminário.

Os resultados obtidos pela intersecção entre as áreas de risco de inundação e a renda média das pessoas podem ser vistos na Figura 3.

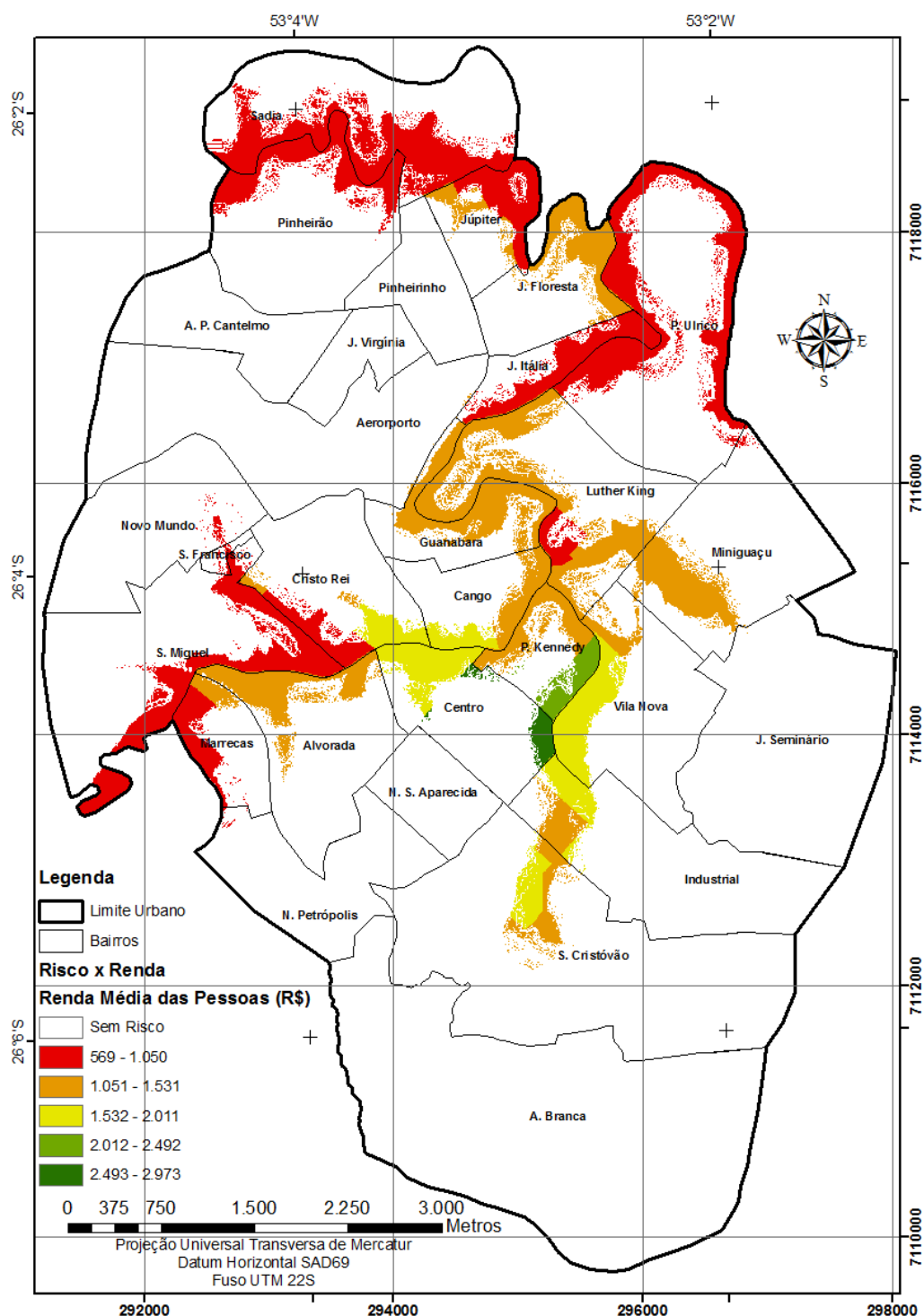


Figura 3. Renda média das pessoas em áreas de risco de inundação.

As áreas de risco de inundação em que a renda média das pessoas é menor (R\$ 569 a R\$ 1.050), por tanto, precisam de mais atenção por parte do poder público, estão no oeste, norte e nordeste da cidade, onde é possível destacar os bairros Marrecas, São Miguel, Cristo Rei, Padre Ulrico, Júpiter, Pinheirão e Sadia. Outros bairros em que as pessoas que moram em áreas de risco possuem renda baixa (R\$ 1.051 a R\$ 1.531) são Alvorada, Miniguaçu, Congo, Luther King, Guanabara e Jardim Floresta.

Os resultados obtidos pela intersecção entre áreas de risco de inundação e tamanho das habitações podem ser vistos na Figura 4.

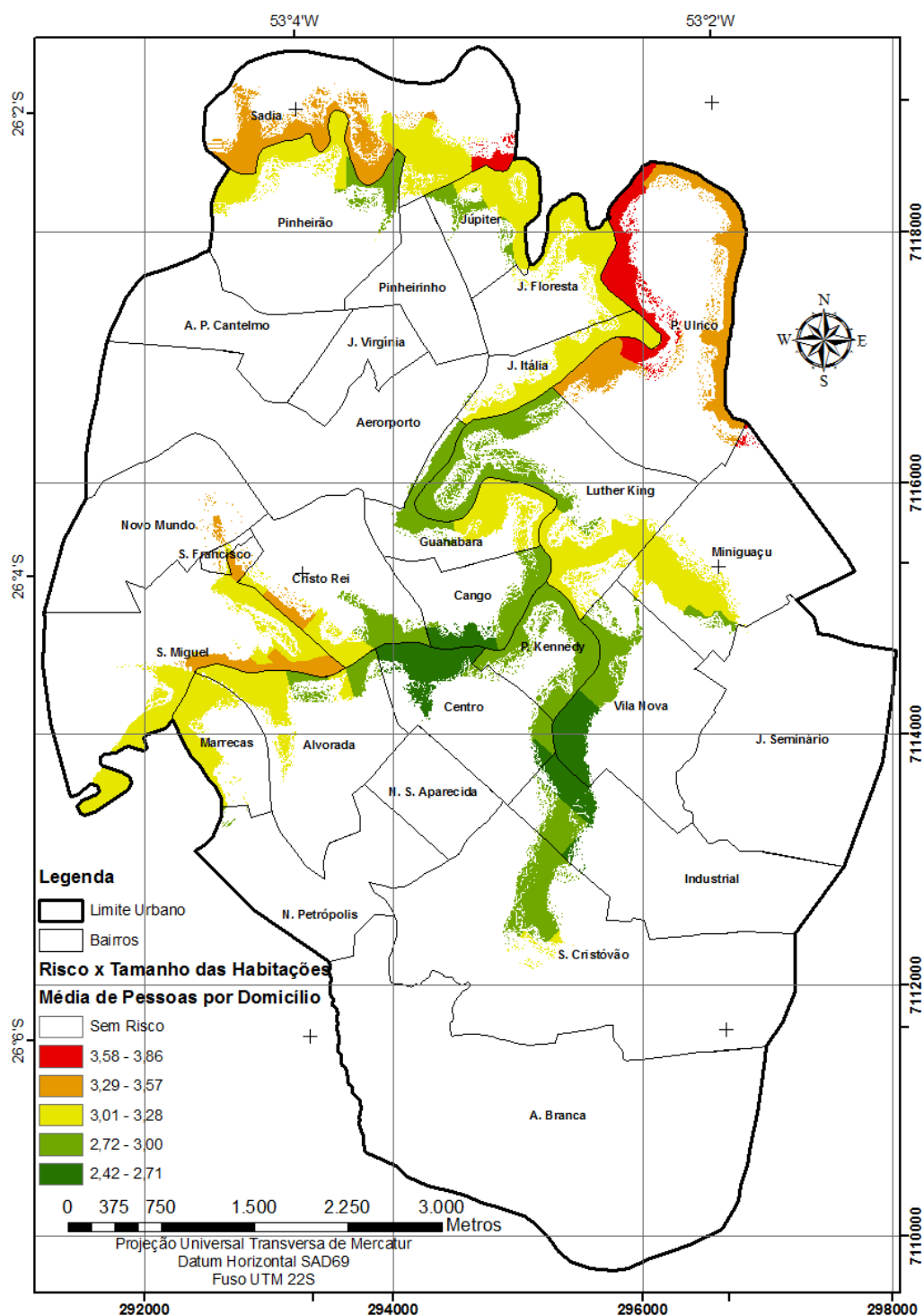


Figura 4. Tamanho das habitações em áreas de risco de inundação.

Em relação ao tamanho das habitações em áreas de risco de inundação é possível destacar maior precariedade nos bairros Padre Ulrico e Sadia, com setores de média entre 3,58 a 3,86 pessoas por domicílio. Outros bairros que também merecem atenção são Cristo Rei, São Francisco e São Miguel, com médias entre 3,29 e 3,57. Os bairros Marrecas, Alvorada, Miniguaçu, Luther King, Jardim Itália, Jardim Floresta e Guanabara possuem médias intermediárias (3,01 a 3,28 pessoas por domicílio).

O resultados obtidos pela intersecção entre áreas de risco de inundação e alfabetização das pessoas podem ser vistos na Figura 5.

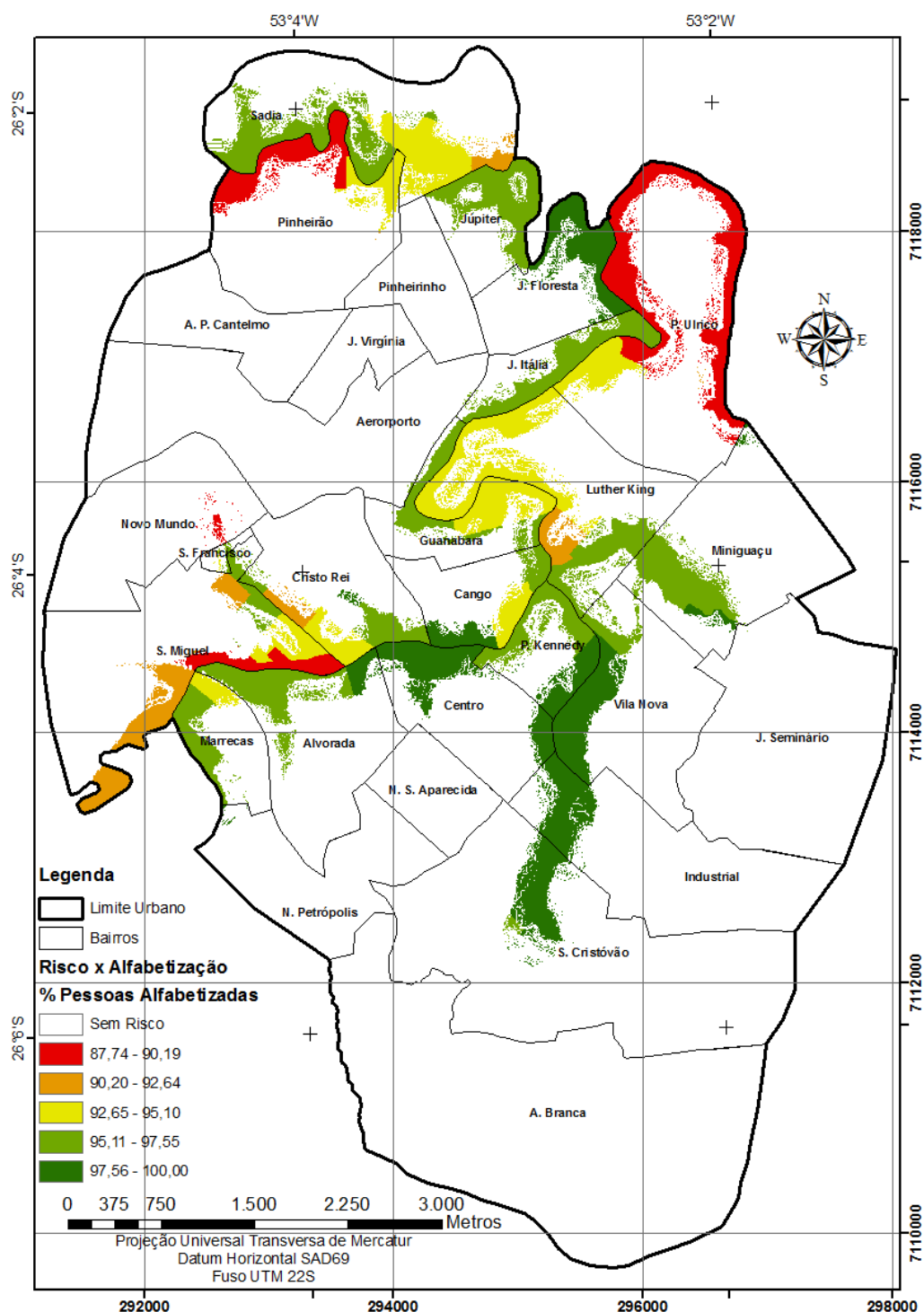


Figura 5. Alfabetização das pessoas em áreas de risco de inundação.

Os bairros que possuem os índices de alfabetização mais baixos (87,74 a 90,19 %) em áreas com risco de inundação são Padre Ulrico, Pinheirão e São Miguel. Outros bairros que possuem porções com níveis baixos a intermediários (90,20 a 95,10 %) são Marrecas, Cristo Rei, Congo, Luther King, Guanabara e Sadia.

Em uma análise conjunta das três condições de vida da pesquisa, é possível apontar como prioritários para políticas públicas em relação as inundações os bairros Padre Ulrico, Sadia, Pinheirão, São Miguel, Marrecas e Cristo Rei.

4. Conclusões

O uso da combinação linear ponderada difusa permitiu considerar os três aspectos do meio físico (proximidade dos canais de drenagem, hipsometria e declividade) com pesos diferenciados, a partir do grau de relacionamento que estas variáveis possuem, o que forneceu classes de risco de inundação mais próximas da realidade em relação ao uso recorrente de apenas um critério (hipsometria).

A intersecção entre os riscos de inundação com aspectos da ocupação humana fornecem informações que podem auxiliar na gestão das áreas inundáveis, a partir da indicação de locais prioritários para políticas públicas.

Referências Bibliográficas

- CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. Goiânia: FUNAPE, 2005. 213 p. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 04 abr. 2014.
- CUNHA, Sandra; TAVEIRA-PINTO, Francisco. Aplicação de uma Metodologia de Análise de Risco de Inundações à Zona Ribeirinha do Peso da Régua. In: Jornada de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, 6, 2011, Porto. **Anais...** Porto: FEUP, 2011. p. 103 - 112. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/publicacoes/pdf/JHRHA/SCunha_Aplicação.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2014.
- DELGADO, Montserrat Gómez; CANO, José Barredo. **Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio**. Madrid: RA-MA, 2005.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de Informações do Censo Demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário - documentação do arquivo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 201 p.
- JdeB. Empresa inicia dragagem no Rio Marrecas e diz que obras não irão atrasar. **Jornal de Beltrão**, Francisco Beltrão, 22 fev. 2013.
- MIN. Ministério da Integração Nacional. **Manual de Desastres Naturais**. Brasília: MIN, 2003. 174 p.
- ROCHA, João S. O Risco das Inundações e sua Gestão: uma visão nacional e uma visão europeia. In: Congresso da Água, 4, 1998, Lisboa. **Anais...** Lisboa: APRH, 1998. p. 1 - 15. Disponível em: <<http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/004.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2014.