

SPECIAL ZONES OF SOCIAL INTEREST USING MULTICRITERIA ANALYSIS

zonas especiais de interesse social utilizando análise de multicritérios

Antonio Aderson dos Reis Filho *

Ana Clara Moura **

Resumo

O artigo aborda o potencial da análise espacial apoiada por geoprocessamento para a caracterização, análise e indicação de áreas potenciais com condições para serem indicadas na delimitação de Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS em Teresina, Piauí. Entre as análises espaciais destaca-se a aplicação do modelo de Análise de Multicritérios, que requer clara definição de objetivos e consequente escolha das variáveis componentes principais para a investigação, a produção de camadas temáticas que retratem bem as variáveis escolhidas, a aplicação de um critério defensável para a atribuição de pesos para as variáveis, e a calibração e validação de resultados. São construídas análises parciais relativas à distribuição de áreas de interesse de preservação ambiental em Teresina, com vistas a identificar a adequabilidade da indicação da delimitação de áreas de interesse social que não resultem em conflitos com o valor ambiental. São construídas também análises parciais para identificação de áreas potenciais para a ocupação e expansão urbana, com vistas a avaliar a condição das áreas já delimitadas como ZEIS, das áreas reconhecidas como vilas e favelas, e também para a identificação de possíveis novas áreas para a ocupação por habitação de interesse social.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Estatuto da Cidade. Análise Multicritérios.

Abstract

The article discusses the potential of spatial analysis supported by geoprocessing to characterize, analyse and indicate potential areas suitable to be specified in the designation of Special Areas of Social Interest - ZEIS in Teresina, Piauí. Among the spatial analyses, the application of the Multi-criteria Analysis model is noteworthy, it requires a clear definition of the objectives and consequently the selection of the main variable components for research, the production of thematic layers that portray the chosen variables, the application of a tenable criterion for assigning weights to the variables, and the calibration and validation of results. Partial analyses are created regarding the distribution of areas of interest for environmental preservation in Teresina, in order to identify the adequacy of the indication of the delimitation of areas of social interest that do not result in conflicts with environmental value. There are also partial analyses to identify potential areas for occupation and urban expansion, in order to assess the suitability of the areas already defined as ZEIS, the areas recognized as settlements (vilas) and slums (favelas), and also to identify possible new areas for occupation by social housing.

Key words: Geoprocessing, City Statute, Multi-criteria Analysis.

Resumen

El artículo aborda el potencial del análisis espacial apoyada por el geoprocementamiento para la caracterización, análisis e indicación de áreas potenciales como condiciones para que sean indicadas en la delimitación de Zonas Especiales de interés Social-ZEIS en Teresina, Piauí. Entre el análisis espaciales se destaca la aplicación del modelo de Análisis de Multicriterios, que requiere clara definición de objetivos y consecuente escogida de las variables componentes principales para la investigación, la producción de capas temáticas que retratan bien las variables escogidas, la aplicación de un criterio defensible para la atribución de pesos para las variables, y la validación de resultados. Son construidas análisis parciales relativos a la distribución de áreas de interés de preservación ambiental en Teresina, con vistas a identificar la adecuación de indicación de la delimitación de áreas de interés social que no resulten en conflictos con el valor ambiental. Son construidas también análisis parciales para identificación de áreas potenciales para la ocupación y expansión urbana, con vistas a evaluar la condición de las áreas ya delimitadas como ZEIS, de las áreas reconocidas como villas y favelas, y también para la identificación de posibles nuevas áreas para la ocupación por habitación de interés social. El trabajo responde al objetivo de utilizar las tecnologías de la geoinformación para apoyar la implantación de un de los instrumentos del Estado de la Ciudad (Ley Federal 10.257 de julio de 2001) en acciones de planeamiento y gestión urbana.

Palabras clave: Geoprocementamiento. Estatuto de la ciudad. Análisis Multicriterios.

(*) Prof. Dr. of the Federal University of Piauí (Universidade Federal do Piauí) - Campus Min. Petronio Portella, Ininga, CEP: 64049-550, Teresina (PI), Brazil. Tel (55 86) 3215 5711 - areis@ufpi.edu.br

(**) Prof. Dr. Federal University of Minas Gerais (Universidade Federal de Minas Gerais) - Rua Paraíba, 697, Savassi, CEP: 30130-140, Belo Horizonte (MG), Brazil. Tel (55 31) 3269 1817 - anaclaramoura@yahoo.com

INTRODUCTION

The zoning of Teresina was regulated by Law 3560/2006, whose logic was the recognition of the predominant types of use. As is the standard practice in zoning, it featured a description of each area according to the permitted uses, the utilization coefficient, the verges and occupancy rate, among others. It is worth noting that the Zoning and Master Plan in Teresina are restricted to the territorial space of the urban area and have not been defined for other regions of the municipality, although the City Statute states that the Master Plan should be municipal, not just urban. However, in the case of Teresina, due to the size of the municipality and the pattern of territorial occupation, the urban area already incorporates a significant area for territorial studies of the management of urban occupation.

From the 1980s, a new urbanist instrument began to be used in several Brazilian municipalities in the country: ZEIS - Special Areas of Social Interest, although this specific name was not used. In Belo Horizonte, for example, the concept was initially addressed in the Pró-Favela project (1983-1996) and in Rio de Janeiro in the Favela-Bairro Project (1994-2008) and other examples around the country, which then developed into the standard specified for this type of occupation. It is a product of the struggle of irregular settlements against eviction and in favor of the improvement of urban conditions and land regularization. The basic concept of the ZEIS instrument is to establish a particular urban pattern for settlement (BRAZIL, 2005).

Teresina also went through the experiences of requalification programs of vilas and favelas through the Vila-Bairro Project, set up in 1997. Another experience based on the well-known Favela-District project used in Rio de Janeiro, its aim was to establish a new urban and social profile of the city's favelas. Its focus was directed at a housing policy with a new strategy for the favelas, as opposed to eviction practices; a new paradigm to combat inequalities.

The municipal managers at that time had a political platform for the city of Teresina based on two objectives: to boost the local economy and to improve the living conditions of the population. Among the sectors of municipal intervention housing, urban planning and the so-called "integrated actions" stood out which, from their content, should constitute the hallmark of the administration, due to their strategic character and great impact on the city's dynamics and in the design of urban space. In this sense, Vila-Bairro was considered the most important program promoting such integration (TERESINA, 1997).

The Vila-Bairro Project had the premise that the favelas would be urbanized and their inhabitants would be guaranteed permanence in the same dwelling places. Through a multi-sectoral intervention it aimed to take an important step towards the integration of this so-called "illegal" city with the legal city (MARICATO, 2001).

According to Lima (2008) these were actions of a physical and urban nature, such as physical, community-focused and social infrastructure (road system, electricity network, water supply, implementation of social facilities, housing improvements, and urban regulation) deployed for employment and income generation projects and environmental education. The action was to take place simultaneously in 155 of the capital's favelas, involving a population of 116,000 inhabitants (17.7% of the population) and 29,095 households.

The operational strategy was based on two lines of action: the first with a systematic intervention in the program's areas using an integrated and inter-sectoral action through partnerships with other agencies and civil society. Secondly, with community participation as the basis of the intervention that should materialize in all stages of the project, acting as the main innovation as regards the relationship between the municipal government and the population (TERESINA, 1996 and 1997).

Despite its origins being full of virtue, the project's design limited the goal of making an impact on the urban land occupation process and socio-spatial segregation. This was due both to the allocation of a significant portion of the planned resources (81%) and the asymmetry in the



internal distribution of resources between the activities within each axis, and other operational and execution problems. Such problems have not eliminated the importance of the Vila-Bairro that undeniably had an important impact on many low-income settlements. It is perceived as one of the most extensive interventions in the favelas of Teresina. It is noteworthy that given the magnitude of urban problems in these areas, the program has had little impact on the process of socio-spatial segregation, not only because it did not solve the urban infrastructure needs in all the areas, but also because these actions were not accompanied by other integrative social policies (LIMA, 2008).

Independently of whether the Vila-Bairro program achieved its stated goals for urban infrastructure, urban pressures forced governments to take initiatives that would enable access to public goods to those who had always been outside urban plans, public policies, and the gaze of the State and society. The government was forced to recognize the existence of another city, of the poor, institutionalizing the State's responsibility for this social segment.

Thus, actions to create land regularization programs and the urban renewal of vilas and favelas were observed in some Brazilian cities, until a federal instrument was established, the City Statute. One of its urban management tools was the inclusion of the ZEIS, which must be recognized in the Municipal Master Plan. The legal possibility of establishing a specific plan, suited to local conditions, reinforced the idea that the ZEIS add a benchmark for environmental quality in the rehabilitation of the space inhabited by vilas, favelas, housing estates with social fragility and poor infrastructure, and clusters that require urban intervention actions, with or without land regularization.

Establishing the ZEIS meant recognizing the diversity of occupations in the cities, as well as the possibility of constructing a legality that matched these settlement's needs. Thus, the instrument of the Special Zones of Social Interest was perceived as one of the tools for land rights regularization in paragraph "F" of item V of Article 4 of the City Statute (BRAZIL, 2005).

It is the Master Plan's task to define the criteria for the use of the instruments established in the City Statute (Brazil, 2004). Among these criteria are Land Regularization, the specification of urban areas that are subject to the application of Urban Adverse Possession, the Special Use Concession for Housing Purposes, the Transfer of the Right to Build, and also the ZEIS. The goal was to meet the guidelines of urban policy, regarding the land regularization and urbanization of areas occupied by the low-income population, as well as unused or underused urban areas so that they would be used for social housing purposes by establishing detailed rules for the use and occupation of land and construction.

The organizational administrative structure of the Municipality of Teresina is made up of 25 municipal bodies, among these the Superintendence of Urban Development (SDUs - North, East Central, Southeast, South and Rural), which act as boroughs, and the Municipal Planning Secretariat (SEMPPLAN), which are the local institutions that deal with housing policy.

According to Afonso (2012), various mechanisms of social control of urban policies were established, such as the Council of Urban Development / CDU (established in 1989); the Strategic Council of Teresina (established in 2002); the Management Council of the Municipal Fund for Social Interest Housing (established in 2008) and the Municipal Fund for Social Interest Housing (established in 2008). However, the author notes the lack of a specific organ in the municipal organizational chart to meet the specific issues of the ZEIS.

The zones are set out in Article 4 of Law 3560/2006. For the purposes of land use the urban area of Teresina is divided into zones: I – residential zones; II – commercial zones; III – zones for services; IV – industrial zones; V – special zones; VI – environmental preservation zones; and VII – zones of special social interest.

It can be observed that access to urbanized land by low income classes received a greater stimulus in the ZEIS, located in Residential Zone 1, where lots were designated for social interest programs and in Commercial Zones 4, 5 and 6, where mixed use was allowed. The same law that defines zoning also restricts social housing: Law 3560/2006, Article 24. "Subdivisions and resi-



dential buildings of social interest may only be built on in zones ZR1 and ZR2” because they are areas destined predominantly for residential use and are classified on the basis of parameters for population density, in this case characterized by low density occupation. (TERESINA, 2006).

As provided for in the Zoning of Teresina’s Master Plan, the ZEIS are defined in Article 11 as “[...] comprising unused, underused and unbuilt land, deemed necessary for the implementation of housing programs for the low-income population, [...]”.

According to data from the Municipality of Teresina and the Official Gazette of the Municipality, there are three ZEIS, established in accordance with the City Statute: Nova Brasília (created by Complementary Law No. 3690 of 10th October, 2007), Parque Brasil (created by Complementary Law No. 3755 of 17th April, 2008) and ZEIS Árvores Verdes (created by Complementary Law No. 3789 of 18th July, 2008).

However, what is questioned here is that the boundaries of these small areas in the municipality fall short of the need to define urban areas destined for social interest housing. It is evident that the three defined areas are outlined as territories recognized as housing programs, but many areas that show the need for urban renewal, land regularization or are suitable for new occupations were dropped.

This study aims to identify new areas so the definition of areas of social interest is a more realistic picture of Teresina’s reality. It was noted that in order to minimally meet the principles of the City Statute, Teresina’s Master Plan delimited three ZEIS that fall far short of the existing needs and reality as there are many areas with the appropriate features to become ZEIS. Thus, the spatial analysis proposed herein has three goals, the first of which is to examine the conditions of the three ZEIS already defined in terms of these territories’ suitability regarding possible conflicts with environmental interests and the conditions for urban settlement. Using a map that better reflects the reality of the existence of vilas and favelas in Teresina, the second objective is to evaluate the adequacy of each of these areas in terms of possible conflicts of interest with environmental preservation and to determine the suitability of their territories for urban use. This analysis acts as a base to support decisions on how to proceed with each unit. Finally, the third objective is to present synthesized maps, the first shows the need for environmental preservation in Teresina, the second showing potential occupation and urban expansion, and a third which is the combination of the first two and identifies areas of conflict of interest in the occupation of Teresina, in order to identify possible areas for the installation of new occupations of social interest.

METHODOLOGY

The technique of combining variables for multi-criteria analysis employs several methods.

One of the methods used in Multi-criteria Analysis is the Weighted Linear Combination (CLP) (VOOGD, 1983). With the CLP, the factors are combined by assigning a weight to each of them, followed by adding the results to produce an adaptation map according to the following expression:

$$S = \sum w_i.x_i \quad (1)$$

This procedure is common in GIS and is very similar to a regression equation. In cases where Boolean constraints are applied, the procedure is modified by multiplying the calculated adjustment from factors from the product of restrictions. All GIS software has the basic routines for the use of this method. The basic question, however, lies in the standardization of the scores of the criteria and assigning weights.

Once the structure of the cartographic collection has been defined with the variables, they are combined with matrix algebra through the weighted average, which attributes weights for each layer or variables, and scores for each component of the key, suggested by specialists with speci-

fic knowledge of the territory in question. In this case, we chose the formulation of the weighted average proposed by Xavier da Silva (2001) and Moura (2005) in the environmental assessments, which adopts the classifier algorithm represented by the following expression:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \times N_k) \quad (2)$$

This expression allows the following reading:

n - Number of parameters (maps or PIs) used;

A_{ij} - Probability of occurrence of the event analyzed in the element (pixel) I, j of the resulting (map) matrix;

P_k - Weight assigned to “k”, in relation to the others, for the occurrence of the event being analyzed;

N_k - Score assigned to the category or class of parameter .

This procedure necessarily involves assigning of weights and scores to the different levels and categories of information involved, according to the level of significance in relation to the situation analyzed, so that the sum of the weights can not exceed 100%.

From this formulation of the Environmental Analysis, the following propositions can be made, also according to Xavier da Silva (2001):

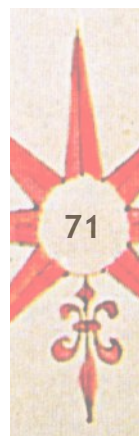
. A_{ij} - Expresses the resulting probability of the product of the environmental formulation on a scale of 0 to 10, for the occurrence of an event or environmental organization that is caused, in principle, by the convergent action of the environmental parameters it considers;

. The data involved in the evaluation can be placed on an ordinal scale that ranges between 0 and 10 or between 0 and 100, so that an amplitude variation sufficient to allow a greater perception of the variability of the estimates is generated;

. The standardization of weights, restricted between the values 0 and 1, results in a definition of the weight value assigned to a map as the maximum amount that any of the classes that map can take. For example, assigning a 40% weight to the parameter “slope” in an analysis means that the maximum that a particular class on this map can contribute to the determination of the probability of occurrence of the event is 4, on a scale of 0 to 10.

. With the adoption of the weighted average a classification space is created that, is ordinal in principle, but allows large and varied detail in the classification of estimates.

The process of crossing the information plans exemplifying the organization of a combination of matrices by assigning weights to each matrix or variable and scores for each component of the key of the matrices (Figure 1).



PI-Vegetation

0	7	2	9
1	4	1	5
0	8	3	1
0	6	2	2

PI-01 Score

PI-Declivity

0	7	2	9
0	1	3	1
4	5	2	9
1	1	6	8

PI-02 Score

PI-Altimetry

0	3	9	3
6	1	9	4
8	7	5	1
0	2	2	9

PI-03 Score

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \times N_k)$$

Resulting PI

0	3	9	9
0	1	9	5
4	5	5	9
1	1	2	2

Figure 1 - Illustration of the process of crossing the IP in the form of matrices with assigned weights and scores, the scores are the values contained in each cell according to the key, and the weights are attributed by information plan (in the example: vegetation, declivity and altimetry).

Source: Adapted from Nunes (2009).

Once the layers are combined, the result is a potential surface, with results by the territorial unit of integration (or pixel) that the research set out to accomplish. The value obtained for each pixel of the resulting matrix signifies the extent to which each position is adequate or not (with a value of 0 to 10, with 0 being the least suitable) for the objective of the analysis.

ANALYSIS FOR THE IDENTIFICATION OF CONFLICTING INTERESTS

Prior to the specific study to define the ZEIS areas a general examination of the urban territory was carried out to identify those areas most suitable for occupation and urban expansion, while also identifying the areas of greatest value for environmental preservation. Once these two portraits of urban reality had been created, they were compared in order to identify conflicts of interest between urban use and environmental protection.

To produce the maps of Synthesis of Environmental Interest and Synthesis of Interest for Urban Expansion, variables were selected that indicated the interest of each theme, mapped in the form of Thematic Maps, structured in the form of matrices or potential surfaces in the distribution of the phenomenon, according to the relevance of each variable and each synthesis.

The Synthesis of Environmental Interest was constructed by combining data on land use and occupation vegetation, altimetry, protected areas, declivities and flood areas. After the synthesis had been created the conditions of the three areas currently defined as ZEIS were verified for their degree of environmental conservation interest (Figure 2). It was observed that the ZEIS defined at

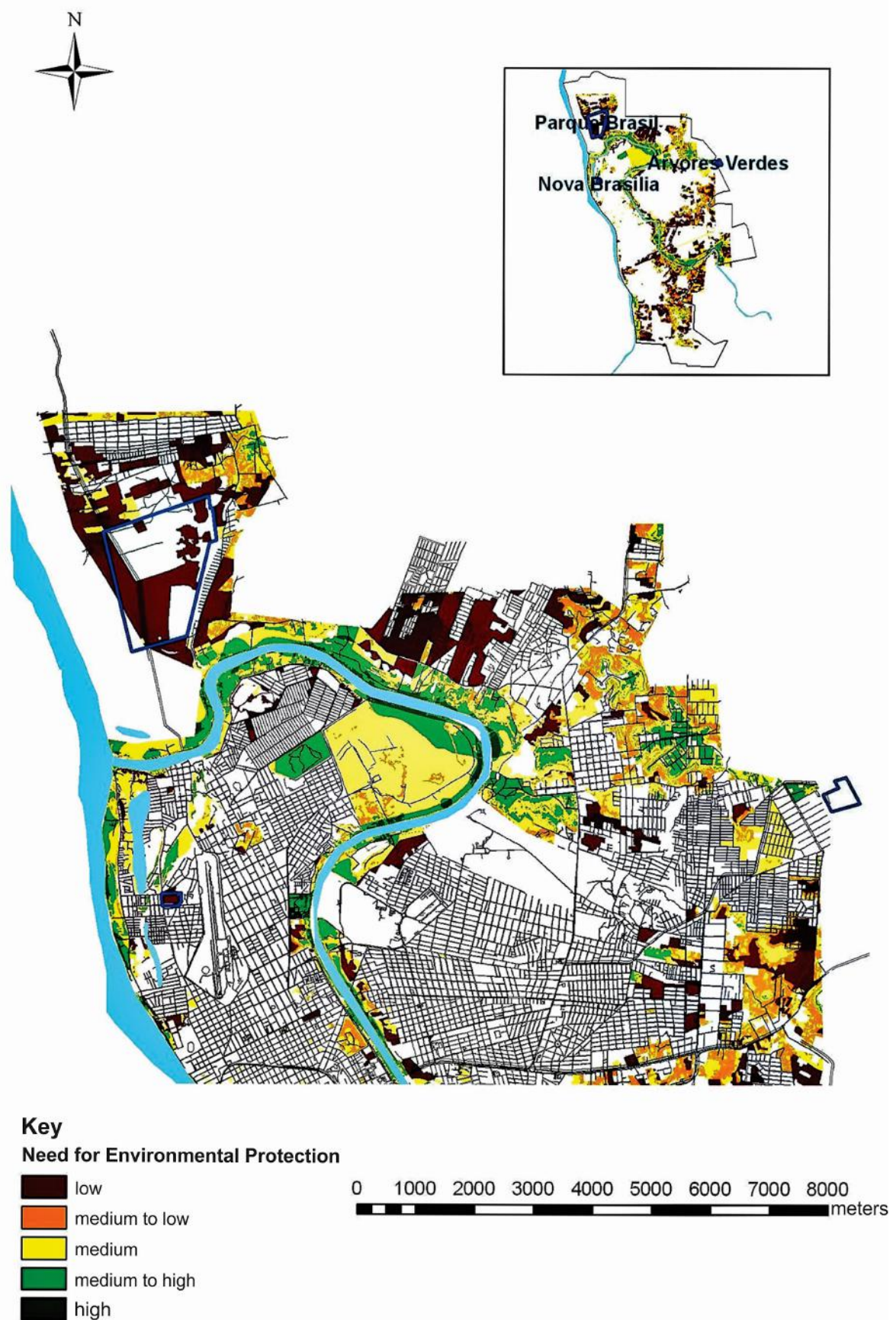


Figure 2 - Synthesis of Environmental Interest emphasizing the regions where the existing ZEIS are located. Source: (REIS FILHO, 2012)

present are located in areas of low environmental interest; in this context, no conflicts have been configured.

The Synthesis of Interest for Expansion and Urban Occupation was created by combining data on the presence of infrastructure and impediments to urban occupation, such as vegetation and protected areas, urban geotechnics, altimetry, declivity, flood areas, accessibility and capillarity identified by the presence and type of urban roads, and the existence of infrastructure represented by electricity, garbage collection, sewage and water network. Once the synthesis was constructed, the suitability of the three current areas delimited as ZEIS was verified to gauge the level of interest of urban expansion and occupation (Figure 3). It was observed is that the current ZEIS are in areas of medium or medium-low potential for urban expansion and occupation, which will require significant investments for correction and adjustment.

With the two aforementioned syntheses in hand (details of which can be obtained in Reis Filho, 2012), they were collated in the matrix of conflicting interests (Table 1). The matrix identified, for example, that a high or medium-high environmental interest combined with a high or medium-high urban interest indicates a conflict of interest. On the other hand, a low environmental interest with a high urban interest already reflects the predominance of urban interest, and so on.

The combination of classes identified are: C - Conflict, U - Urban Interest, A - Environmental Interest, SC - No Conflict, Us - For Sustainable Urban Use, Ui - For Urban Interest but in need of Investment, Ai - For environmental interest but requiring investments, Ac - for Environmental Interest but with caution as there is risk of land invasion. The mapping of the results is displayed in the Matrix of Conflicting Interests and on the specialized map (Figure 4 and Figure 5).

Once the combination of interests had been mapped, they were compared with existing vila and favela areas in Teresina. A map of the municipality's vilas and favelas was obtained from the Municipal City Hall of Teresina, through PRODATER (Department of Planning and Superintendence of Rural Development) (Figure 6).

The comparison between the location of the vilas and favelas and the conflict of interest in the municipality (table 1) identified the areas in which these occupations were in accordance with the conditions and vocation of the location, areas where they agreed but needed requalification investments, areas where they were in accordance with urban conditions but needed regularization, areas of some environmental interest where occupation should be planned to take place in a sustainable way, and problem areas because they are located in areas of environmental interest. (Figure 7 and Figure 8).

The following combination of types were identified:

Table 1 - Combination matrix to identify Environmental and Urban Interests

C - Conflict: in areas of conflict of interest because there is interest in urban expansion, but also the need for environmental preservation, or areas of conflict that are of significant environmental interest. In such cases it would not be suitable to maintain the occupation, and specific projects should be designed to address the problem. On the map the name is "Environmental Problems".

UI - Urban with Investments: areas that pose no conflict of interest and which may receive the ZEIS but have poor infrastructure, which needs to be addressed so that the occupation becomes suitable. On the map the name is "Urban in accordance but With Investments".

U - Suitable occupation: these are in suitable locations for urban occupation and already have basic conditions for occupation. They are the most appropriate position for the location and permanence of the ZEIS. On the map the name is "Urban in Accordance but With Regulation".

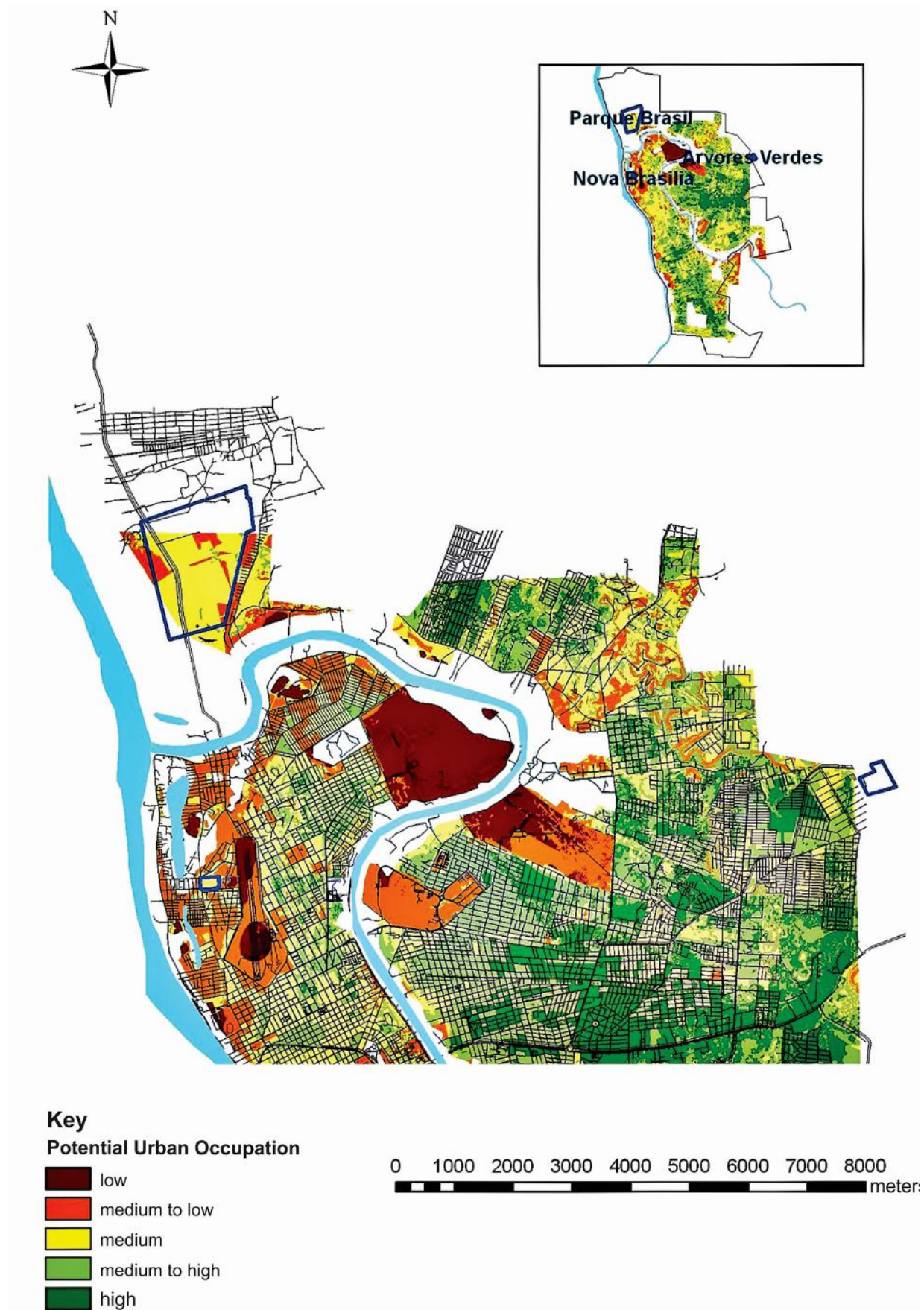


Figure 3 - Synthesis of Interest for Occupation and Urban Expansion emphasizing the regions where the existing ZEIS are located. Source: (REIS FILHO, 2012)

Table 1 - Matrix of Conflicting Interests

	C	SC	U	A	Ui	Us	Ai	Ti
<i>FAVELAS</i>	PC	UokI	Uok	PA	UokI	PA	PA	UokR

URBAN

	H	MH	M	ML	L
H	C	C	Ac	A	A
MH	C	C	T	A	A
M	Us	T	T	T	Ai
ML	U	U	T	SC	SC
L	U	U	Ui	SC	SC

ENVIRONMENTAL

H - High
 MH - Medium
 M - Medium
 ML - MediumLow
 L - Low

 C - Conflict
 U - Urban
 A - Environmental
 SC - Without Conflict
 AC - Environmental with Care
 Ui - Urban with Investment
 US - Sustainable Urban
 Ai - Environmental with investments
 T - Transition with potential transformation

Figure 4 - Matrix of conflicting interests. Source: Moura, 2003.

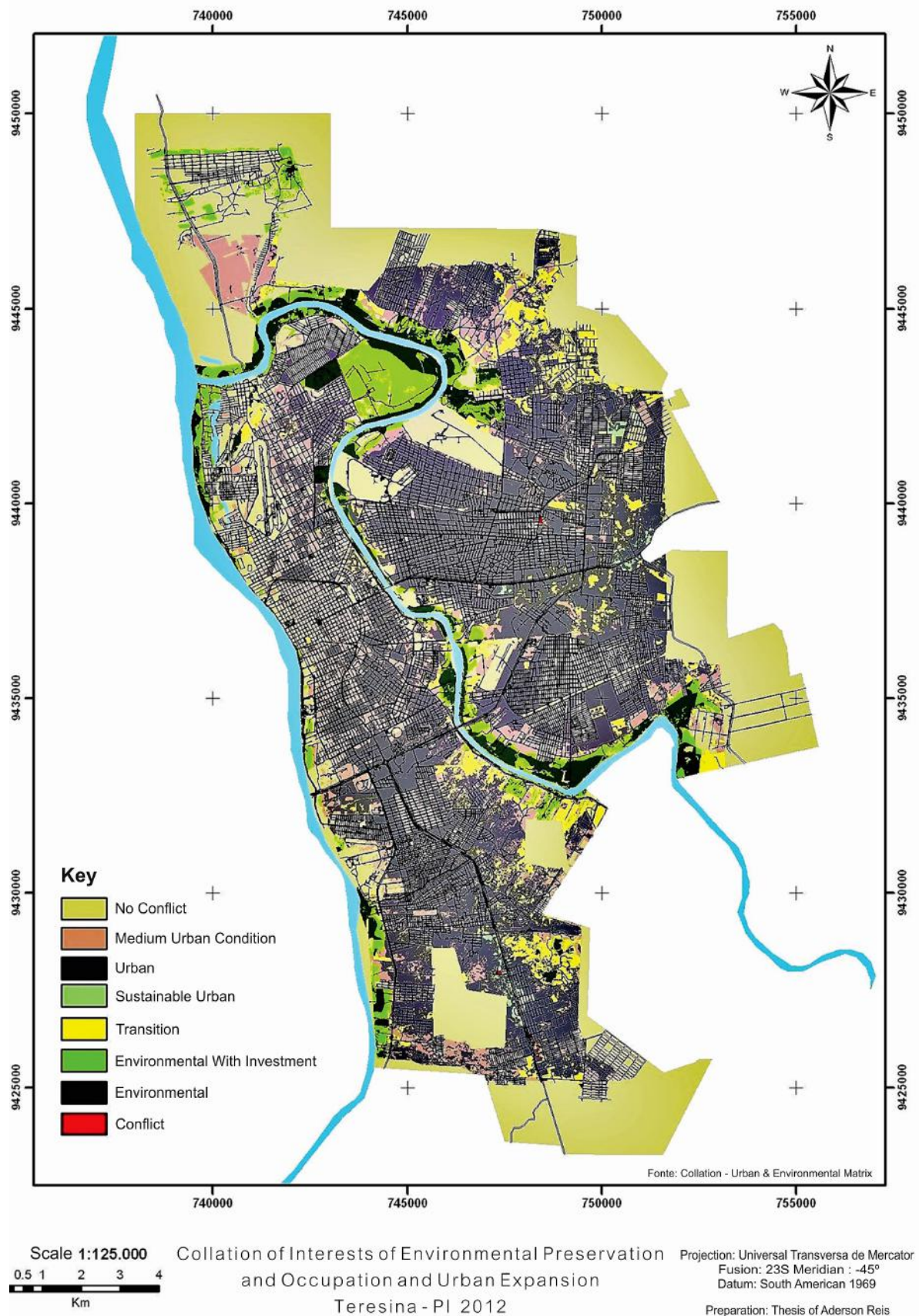


Figure 5 - Collation of Environmental Protection of Interests and Potential Urban Expansion and Occupation.
Source: (REIS FILHO, 2012)

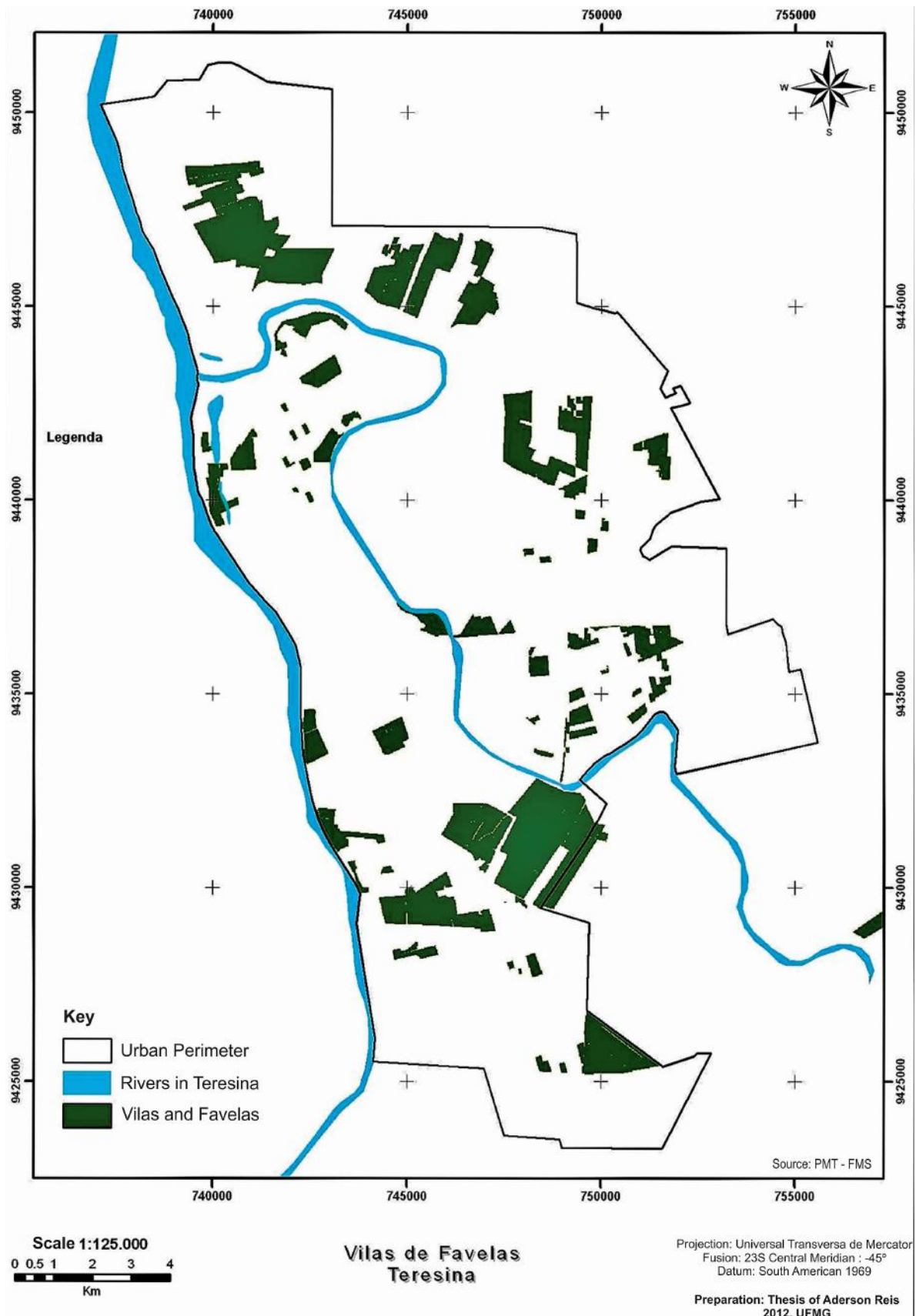


Figure 6 - Map of Vilas and Favelas. Source: PMT, FMS.

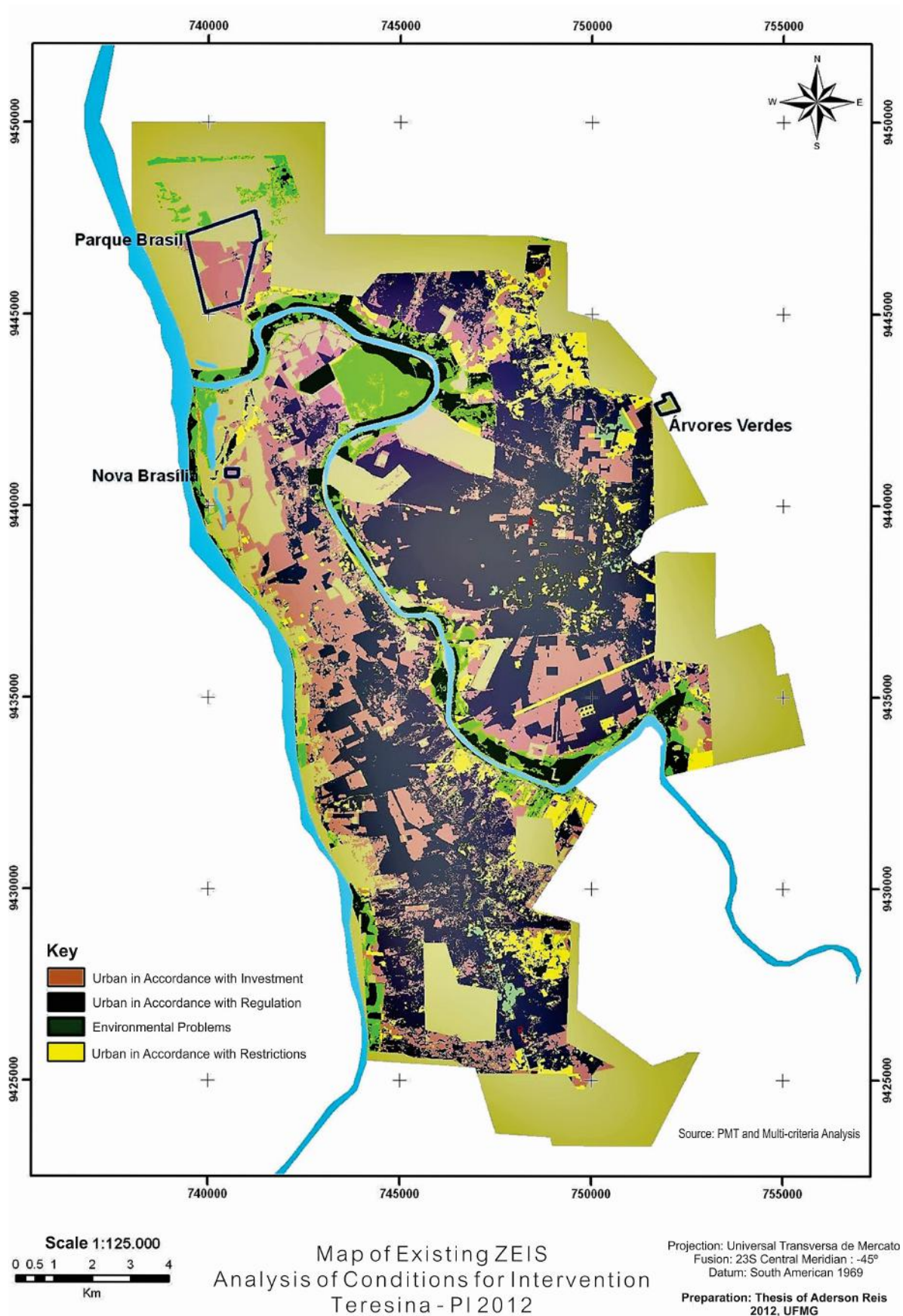


Figure 7 -Map showing Conditions for Interventions and the location of the existing ZEIS.
Source: (REIS FILHO, 2012)

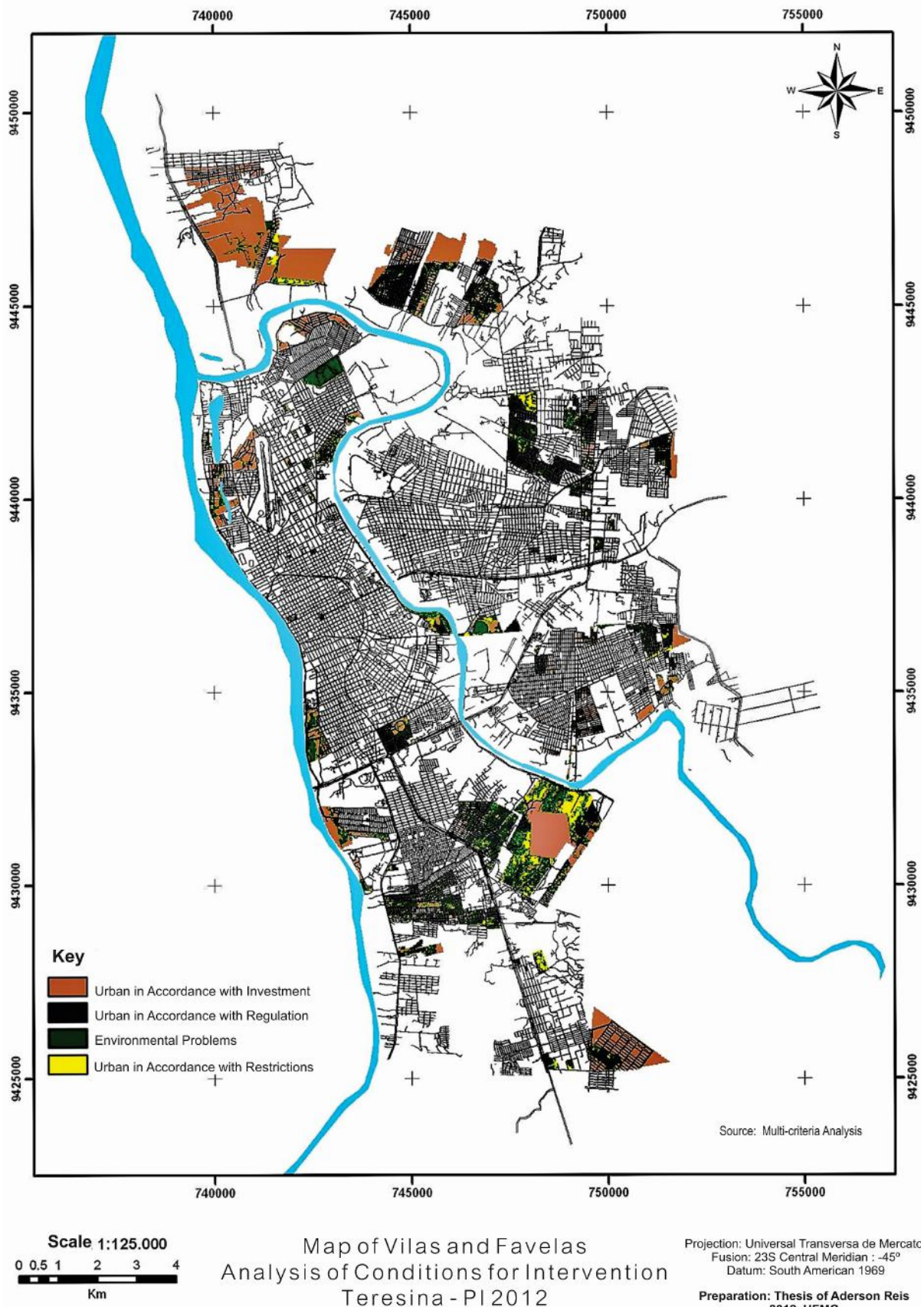


Figure 8 - Map showing Conditions for Interventions inserted in areas of existing vilas and favelas.
Source: (REIS FILHO, 2012)

areas which, if positively transformed by well-made projects can have significant impact on the urban landscape and land use in Teresina. On the map the name is “Urban in Accordance but With Regulation”.

FINAL CONSIDERATIONS

It is possible to observe various combinations ranging from conflict areas to favorable areas, that is, urban areas without conflict in the regions of vilas and favelas that are suitable for intervention to promote regularization. It is important to note that the conditions found in the resulting map for urban interventions benefit managers regarding the applicability of the instruments of the City Statute.

It was observed that the areas characterized as “environmental problems” and “Urban with restrictions” represent insignificant territorial extensions. The areas characterized as “Urban according to regulation” and “Urban according to investment” represent a significant territory, demonstrating unequivocally the possibility of the City Statute being employed to promote land regularization. The conditions of each of these in their intervention contexts act to support decision making.

Similarly, an analysis of the ZEIS was carried out to identify conditions for interventions. In this case, the most representative area, located in the ZEIS Parque Brasil, meets the condition “Urban according to investments”. One result was the vast range of the category “according to regulation” that incontestably supports the use of the City Statute in promoting interventions for regularization.

A link has been established between the City Statute, through one of its valuable land regularization instruments known as the ZEIS and geoprocessing. This highlights the importance of technology as an analytical tool to support urban management, demonstrating the importance of combined analysis as a means of diagnosing existing conditions and identifying potential areas to define new regions intended for social interest occupation.

Considering the ZEIS pertaining to Residential Zones 1 and 2 as potential urban territory for popular use (Article 24 of Law 3.560/2006), it is possible to select areas suitable for this use in a significant portion of Teresina, covering more than 60% of the urban area. In other words, it can be said that approximately 60% of the urban area may be designated to this purpose, in terms of the infrastructure, access, and geotechnics and the absence of conflicts with environmental interests.

Of the three ZEIS already defined in the municipal Master Plan, two (Parque Brasil and Árvores Verdes) are far from the urban center. Therefore, in this context, the authorities should direct more attention and public policies accordingly, as the City Statute provides instruments to promote the social functions of the city and the Master Plan has the power to establish better land use.

The first contribution of this work is, of course, the specific collaboration with Teresina, which can immediately use the results to review their plans and instruments to define areas for housing and projects of social interest. Through these analyzes, which have reproducible and defensible criteria, one can argue about the identification of the areas with respect to the potential, limitations and conditions for the allocation of popular programs or urban expansion programs.

However, in addition to the aforementioned specific contribution, the main product of this work is the methodological approach that can be implemented in other municipalities. To mirror the methodology employed in other areas a minimum data set is required, which is quite possible on the scale of Brazil. The minimum and accessible variables to analyze environmental themes and urban expansion are considered to be those that best represent the specific characteristics of the area in question.

To characterize environmental variables, the basis would be:

- . Mapping of land use and land cover. This can be carried out expediently using Google Earth because the resolution or level of detail required for the polygons is on the planning scale and not the executive project, which would require a cadastral scale. The land use scale to integrate



multi-criteria for the potential urban occupation can be given by mappings using media for visualizing medium resolution images. We had the privilege of working with high-resolution images, but visual inspection of territorial occurrences and mapping by block would also be acceptable.

. Mapping of vegetation cover. This must be performed by RapidEye standard images, which in addition to the 5 meter pixel also has the RedEdge range (690-730 nm) and near infrared (760-850 nm) that can identify changes in chlorophyll levels and the cellular structure of plants. Because of these characteristics, a RapidEye image is suitable to separate vegetation from other land uses and to classify different conditions of vegetation cover. This favors mapping the robustness of the vegetation, which is important for urban planning. For urban planning the value of mapping the type of vegetation cover is secondary, since most species in the urban area are exotic, but the volume (trees, undergrowth) is essential. Rapid-eye images are now provided by the Ministry of Environment (Geocatálogo) upon the authorization of a request for institutional or academic use.

. Mapping altimetry and declivity. In this particular case study, the city already had a good vectorial topographic base. However, in the absence of better data, it is possible to work with medium-quality data, with contour lines interpolated equidistantly by 15 meters, resulting from free-access Aster DEM satellite data. The user must take the appropriate care when handling errors (spurious pixels), but the average quality meets planning purposes in the expected range for an expeditious definition of strategic areas for occupation. Better detailing can be performed retrospectively, once the priority areas have been defined, and then surveys could be contracted for a project with a more executive character. This data source generates both altimetry and declivity maps.

. Protected Areas. These have to use institutional data, which should be provided, even if in analog form, by the public sector. However, if the area has legal protection the perimeter of the listing will be defined, so it would be quite possible, at the municipal level, to draw those boundaries. There are states that already offer platforms with free access to digital maps containing the polygons of preservation areas.

. The flood areas. This layer of information was very specific in the case of Teresina, as it is an important component for local planning due to the circumstances of the location. This preparation can be done by studying the digital elevation model and the identification of the flood quota with the support of field work, calibrated by consultations with public officials and the public about the memory of prior incidences. It is of significance, however, that in other municipalities other specific variables may be of greater interest.

To characterize variables of the condition of urban expansion, the basis would be:

. Urban Geotechnics. This variable is not often present in urban mappings. However, there are already efforts by the Ministry of Cities in the discussion of the national spatial planning policy, Law 12608 of 2012, establishing the National Policy on Protection and Civil Defense that foresees the need to prepare maps to identify areas that are vulnerable to hazardous events. Thus, in the medium term municipalities need to join efforts to develop this variable.

. Accessibility and capillarity. It is a fairly simple variable to determine as the municipality only needs a vector layer for roads, separated into type of public place. In general, it would be enough to separate roads or highways, avenues and streets, and if possible identify alleys. Once this is done, it is a model of concentration of streets that weighs their hierarchies according to the type of road.

. Infrastructure for electricity, garbage collection, sewerage and water mains. Mapped from census returns and a database developed from the 10-year census. These data are freely available in vector files and tables that can be attached to sectors using their univocal identification codes. This is possible for any Brazilian city.

. The variables that would hinder growth due to declivity and vegetation cover follow the same logic as the layers designed for environmental studies.

To complete the methodology there is still the need to map the areas of vilas and favelas in the municipality, which can be done even if the authorities only provide analog products to the researcher. The recognition and the location of existing vilas and favelas is a requirement of the Master Plan. More than that: the City Statute states that the Master Plan must specify the ZEIS areas, with three conditions: those that identify and recognize the existing vilas and favelas, those that identify and recognize housing estates and those areas intended for future social housing projects.

Thus, in view of the above, the present methodology is accessible and replicable in other Brazilian urban realities. ArcGis commercial software was used, which was available at the university where the research was conducted, but the same process of preparation of layers of variables and use of map algebra could have been done using free software, also readily available. Thus the work fulfils the mission of the public university to promote discussions on methodological processes that can be employed by society for the common good.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is the result of the Doctoral Thesis developed at the Institute of Geosciences of the Federal University of Minas Gerais - UFMG, with support from the DINTER program Federal University do Piauí - UFPI / UFMG. The structure of this article is a contribution to the PROEXT 2013 program "Territorial Multipurpose Cadastre in the Meso West of Minas Gerais and Metropolitan Belo Horizonte," UFMG in partnership with the Ministry of Cities, in order to collaborate with the discussions on the applications of GIS in municipal planning and management, especially for the application of principles of the City Statute.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

- AFONSO, Alcília.; VELOSO, Samara. **Habitação de interesse social em Teresina**: algumas reflexões. Teresina: EDUFPI, 2012.
- AGENDA 21 Brasileira: resultado da consulta nacional / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2004.
- BRASIL. **Lei Federal nº 10.257**. 10 de jul. de 2001. Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
- BRASIL, Estatuto da Cidade - guia para implementação pelos municípios e cidadãos: **Lei Nº 10.257**, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. ROLNIK, Raquel (coord). 3. ed. Brasília: CEF / Pólis, 2005.
- BRASIL. **Plano Diretor Participativo**. Guia para a Elaboração pelos Municípios e Cidadãos, Ministério das Cidades, 2004.
- LIMA, Antônia Jesuíta de. Gestão Local e Políticas Urbanas: uma experiência de urbanização de favelas em uma capital nordestina no Brasil, **VI CONGRESSO PORTUGUES DE SOCIOLOGIA**, Série 514. Lisboa. 2008.
- MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades**: alternativas para a crise urbana. Rio de Janeiro: Vozes. 2001.
- MOURA, Ana Clara M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2a. ed. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2005. 294 p.



NUNES, Paulo. **Conceito de árvore de decisão**. 2009. Disponível em: <http://www.knoow.net/cienccecomempr/gestao/arvore_de_decisao.htm>. Acesso em: 20 jan. 2012.

REIS FILHO, A. Aderson dos. **Análise integrada por geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no Estatuto da Cidade**: estudo de potencialidades, restrições e conflitos de interesses. (Tese Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte, 2012.

TERESINA. **Vila-Bairro**. Teresina, PMT. 1997.

TERESINA. Secretaria Municipal do Trabalho e de Assistência Social. **Censo das vilas e favelas de Teresina**, Teresina, PMT. 1996.

TERESINA. **Lei nº 3.560**, de 20 de outubro de 2006. Define as diretrizes para uso do solo urbano do Município de Teresina e dá outras providências. 2006.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion, 1983. 370 p.

XAVIER-DA-SILVA, **Geoprocessamento para análise ambiental**. Ed. do Autor, Rio de Janeiro, 2001.

Submitted april 2016

Accepted may 2016

ZONAS ESPECIAIS DE INTERESSE SOCIAL UTILIZANDO ANÁLISE DE MULTICRITÉRIOS

special zones of social interest using multicriteria analysis

Antonio Aderson dos Reis Filho *

Ana Clara Moura **

Resumo

O artigo aborda o potencial da análise espacial apoiada por geoprocessamento para a caracterização, análise e indicação de áreas potenciais com condições para serem indicadas na delimitação de Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS em Teresina, Piauí. Entre as análises espaciais destaca-se a aplicação do modelo de Análise de Multicritérios, que requer clara definição de objetivos e consequente escolha das variáveis componentes principais para a investigação, a produção de camadas temáticas que retratem bem as variáveis escolhidas, a aplicação de um critério defensável para a atribuição de pesos para as variáveis, e a calibração e validação de resultados. São construídas análises parciais relativas à distribuição de áreas de interesse de preservação ambiental em Teresina, com vistas a identificar a adequabilidade da indicação da delimitação de áreas de interesse social que não resultem em conflitos com o valor ambiental. São construídas também análises parciais para identificação de áreas potenciais para a ocupação e expansão urbana, com vistas a avaliar a condição das áreas já delimitadas como ZEIS, das áreas reconhecidas como vilas e favelas, e também para a identificação de possíveis novas áreas para a ocupação por habitação de interesse social.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Estatuto da Cidade. Análise Multicritérios.

Abstract

The article discusses the potential of spatial analysis supported by geoprocessing to characterize, analyse and indicate potential areas suitable to be specified in the designation of Special Areas of Social Interest - ZEIS in Teresina, Piauí. Among the spatial analyses, the application of the Multi-criteria Analysis model is noteworthy, it requires a clear definition of the objectives and consequently the selection of the main variable components for research, the production of thematic layers that portray the chosen variables, the application of a tenable criterion for assigning weights to the variables, and the calibration and validation of results. Partial analyzes are created regarding the distribution of areas of interest for environmental preservation in Teresina, in order to identify the adequacy of the indication of the delimitation of areas of social interest that do not result in conflicts with environmental value. There are also partial analyses to identify potential areas for occupation and urban expansion, in order to assess the suitability of the areas already defined as ZEIS, the areas recognized as settlements (vilas) and slums (favelas), and also to identify possible new areas for occupation by social housing.

Key words: Geoprocessing, City Statute, Multi-criteria Analysis.

Resumen

El artículo aborda el potencial del análisis espacial apoyada por el geoprocementamiento para la caracterización, análisis e indicación de áreas potenciales como condiciones para que sean indicadas en la delimitación de Zonas Especiales de interés Social-ZEIS en Teresina, Piauí. Entre el análisis espaciales se destaca la aplicación del modelo de Análisis de Multicriterios, que requiere clara definición de objetivos y consecuente escoja de las variables componentes principales para la investigación, la producción de capas temáticas que retratan bien las variables escogidas, la aplicación de un criterio defensible para la atribución de pesos para las variables, y la validación de resultados. Son construidas análisis parciales relativos a la distribución de áreas de interés de preservación ambiental en Teresina, con vistas a identificar la adecuación de indicación de la delimitación de áreas de interés social que no resulten en conflictos con el valor ambiental. Son construidas también análisis parciales para identificación de áreas potenciales para la ocupación y expansión urbana, con vistas a evaluar la condición de las áreas ya delimitadas como ZEIS, de las áreas reconocidas como villas y favelas, y también para la identificación de posibles nuevas áreas para la ocupación por habitación de interés social. El trabajo responde al objetivo de utilizar las tecnologías de la geoinformación para apoyar la implantación de un de los instrumentos del Estado de la Ciudad (Ley Federal 10.257 de julio de 2001) en acciones de planeamiento y gestión urbana.

Palabras clave: Geoprocementamiento. Estatuto de la ciudad. Análisis Multicriterios.

(*) Prof. Dr. da Universidade Federal do Piauí – Campus Min. Petrônio Portella, Ininga, CEP: 64049-550, Teresina (PI), Brasil. Tel (+55 86) 3215 5711 – areis@ufpi.edu.br

(**) Prof^a Dr^a da Universidade Federal de Minas Gerais - Rua Paraíba, 697, Savassi, CEP: 30130-140, Belo Horizonte (MG), Brasil. Tel (+55 31) 3269 1817 - anaclaramoura@yahoo.com

INTRODUÇÃO

O zoneamento de Teresina foi normatizado pela Lei 3560/2006, cuja lógica foi o reconhecimento dos tipos de usos predominantes. Ele apresenta, como é o padrão dos zoneamentos, uma descrição referente a cada zona segundo os usos permitidos, coeficiente de aproveitamento, recuos e taxa de ocupação, entre outros. É oportuno destacar que o Zoneamento e o Plano Diretor em Teresina estão restritos ao espaço territorial da mancha urbana, e não foram definidos para outras regiões do município, embora o Estatuto da Cidade defina que o Plano Diretor deva ser municipal, e não apenas urbano. Contudo, no caso específico de Teresina, em virtude da dimensão municipal e do padrão de ocupação territorial, a abordagem da mancha urbana já incorpora a área de significância para os estudos territoriais de gestão da ocupação urbana.

A partir dos anos 80, um novo instrumento urbanístico começa a ser desenhado em várias prefeituras do país: ZEIS - Zonas Especiais de Interesse Social, embora sem utilização desta denominação específica. Em Belo Horizonte, por exemplo, o conceito é inicialmente abordado no projeto Pró-Favela (1983 a 1996) e no Rio de Janeiro no projeto Favela-Bairro (1994 a 2008) e outros exemplos ao longo do país, que depois se desenvolveram no padrão especificado para este padrão de ocupação. Trata-se de um produto da luta dos assentamentos irregulares pela não remoção, pela melhoria das condições urbanísticas e pela regularização fundiária. A concepção básica do instrumento das ZEIS é o estabelecimento de um padrão urbanístico próprio para o assentamento (BRASIL, 2005).

Teresina também passou pelas experiências de programas de requalificação de vilas e favelas através do Vila-Bairro, instituído em 1997. Figurando como mais uma experiência baseada no conhecido projeto Favela-Bairro, utilizado no Rio de Janeiro, tinha como perspectiva estabelecer um novo perfil urbanístico e social das favelas da cidade. O seu foco foi voltado para uma política de habitação com uma nova estratégia para as favelas, em contraposição às práticas de remoção, um novo paradigma para combater as desigualdades.

Os gestores do município, naquela época, apresentaram uma plataforma política para a cidade de Teresina baseada em duas formas: dinamizar a economia local e melhorar as condições de vida da população. Entre os setores da intervenção municipal destacavam-se o de habitação e urbanismo e as denominadas “ações integradas” que, pelo seu conteúdo, deveriam constituir-se na marca diferenciadora da administração, em razão de seu caráter estratégico e do grande impacto na dinâmica da cidade e no desenho do espaço urbano. Nesse sentido, o Vila-Bairro era considerado o mais importante programa para promover esta integração (TERESINA, 1997).

O Projeto Vila-Bairro tinha como pressuposto a urbanização das favelas e a garantia da permanência de seus habitantes nos mesmos locais de moradia. Visava, por meio de uma intervenção multissetorial, estabelecer um passo importante para a integração da cidade dita “ilegal” à cidade legal (MARICATO, 2001).

Conforme Lima (2008) tratava-se de ações de natureza físico-urbanísticas, como infraestrutura física e comunitária (sistema viário, rede de energia elétrica, abastecimento d’água, implantação de equipamentos sociais, melhoria habitacional, regularização urbanística) e social, implantadas por projetos de geração de emprego e renda e de educação ambiental. A ação deveria ocorrer simultaneamente em 155 favelas da Capital, envolvendo uma população de 116.000 habitantes (17,7% da população) e 29.095 famílias.

A estratégia operacional baseou-se em dois eixos de atuação: o primeiro com uma intervenção sistematizada nas áreas do programa empregando uma ação integral e inter-setorial mediante parcerias com outros órgãos e com a sociedade civil e segundo com a participação da comunidade como sustentáculo da intervenção que deveria materializar-se em todas as fases do projeto, constituindo-se na principal inovação no tocante às relações entre poder público municipal e população (TERESINA, 1996 e 1997).



O projeto, embora cheio de virtudes em sua origem, trazia na sua formulação, limitações quanto ao objetivo de produzir impacto no processo de ocupação de solo urbano e na segregação sócio espacial. Tanto pela destinação de parte significativa dos recursos previstos (81%), como pela assimetria na distribuição interna dos recursos entre as atividades integrantes de cada eixo, além de outros problemas de ordem operacional e de execução. Tais problemas não eliminaram a importância do Vila-Bairro que, inegavelmente, exerceu um impacto importante em vários assentamentos de baixa renda, caracterizando-se como uma das intervenções mais amplas realizadas nas favelas de Teresina. Comporta a propósito registrar, que, dada à magnitude dos problemas urbanos nessas áreas, o programa teve impacto reduzido no processo de segregação sócio espacial, não somente porque não resolveu as carências de infraestrutura urbana de todas as áreas, mas também porque essas ações não foram acompanhadas de outras políticas sociais integradoras (LIMA, 2008).

Independentemente do programa Vila-Bairro ter atingido suas metas enunciadas de infraestrutura urbana, as pressões urbanas forçaram os governos a tomarem iniciativas que possibilitassem acesso aos bens públicos aos que sempre estiveram fora dos planos urbanos, das políticas públicas, do olhar do Estado e da sociedade, o poder público foi forçado a reconhecer a existência de outra cidade, a dos pobres, institucionalizando a responsabilidade do Estado para com esse segmento social.

Assim, foram observadas ações de criação de programas de regularização fundiária e requalificação urbanística de vilas e favelas em algumas capitais brasileiras, até que foi instituído um instrumento federal, o Estatuto da Cidade, que apresentou como um dos instrumentos de gestão urbana a instituição das ZEIS, que devem ser reconhecidas no Plano Diretor Municipal. A possibilidade legal de se estabelecer um plano próprio, adequado às especificidades locais, reforça a ideia de que as ZEIS agregam uma referência de qualidade ambiental para a requalificação do espaço habitado das vilas, favelas, conjuntos habitacionais com fragilidade social e de infraestrutura, e de aglomerados que requerem ações de intervenção urbanística, com ou sem regularização fundiária.

O estabelecimento de ZEIS significa o reconhecimento da diversidade de ocupações existentes nas cidades, além da possibilidade de construção de uma legalidade que corresponda a esses assentamentos. Desse modo, o instrumento das Zonas Especiais de Interesse Social está previsto como um dos aparatos de regularização fundiária na alínea “f”, do inciso V do artigo 4º do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2005).

É incumbência do Plano Diretor a definição dos critérios para a utilização dos instrumentos estabelecidos no Estatuto da Cidade (Brasil, 2004). Dentre esses critérios citam-se a Regularização Fundiária, a especificação das áreas urbanas que sejam passíveis de aplicação da Usucapião Urbano, da Concessão Especial de Uso para Fins de Moradia, a Transferência do Direito de Construir, e também as ZEIS. O objetivo é atender a diretriz da política urbana, no que tange à regularização fundiária e à urbanização de áreas ocupadas pela população de baixa renda, bem como as áreas urbanas não utilizadas ou subutilizadas de modo que sejam para fins de habitação de interesse social mediante o estabelecimento de normas especiais de uso e ocupação do solo e de edificação.

A estrutura organizacional da Prefeitura Municipal de Teresina, para administração da cidade, é constituída de 25 órgãos municipais, dentre esses as Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs - Centro Norte, Leste, Sudeste, Sul e Rural), que funcionam como subprefeituras, e a Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPPLAN), que são as instituições municipais que tratam da política habitacional.

De acordo com Afonso (2012), foram instituídos diversos mecanismos de controle social das políticas urbanas, tais como: Conselho de Desenvolvimento Urbano/ CDU (criado em 1989); Conselho estratégico de Teresina (criado em 2002); Conselho Gestor do Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social (criado em 2008) e o Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social (criado em 2008). Entretanto, a autora observa a falta de um órgão específico no organograma municipal para o atendimento a questões específicas de ZEIS.



As zonas estão previstas no Art. 4º da Lei 3560/2006. Para efeito de uso do solo, a área urbana de Teresina fica dividida em zonas: I - zonas residenciais; II - zonas comerciais; III - zonas de serviços; IV - zonas industriais; V - zonas especiais; VI - zonas de preservação ambiental; e VII - zonas de especial interesse social.

É possível observar que o acesso a terra urbanizada pelas classes populares tem maior estímulo nas ZEIS, situado na Zona Residencial 1, onde são definidos lotes para programas de interesse social, e nas Zonas Comerciais 4, 5 e 6, onde é permitido o uso misto. A mesma lei que define o zoneamento também faz restrições quanto às habitações de interesse social: Lei 3560/2006, Art. 24. “Os loteamentos e edificações residenciais de interesse social só podem ser construídos nas zonas de uso ZR1 e ZR2”, por serem áreas destinadas, predominantemente, ao uso habitacional, sendo classificadas, em função dos parâmetros de densidade populacional, neste caso caracterizado por ocupação de baixa densidade. (TERESINA, 2006).

Como previsto no Zoneamento do Plano Diretor de Teresina, as ZEIS são definidas no Art. 11 como: “[...] compreendem os terrenos não utilizados, subutilizados e não edificados, considerados necessários à implantação de programas habitacionais para a população de baixa renda, [...]”.

Segundo dados da Prefeitura de Teresina, e de acordo com o Diário Oficial do Município, existem três ZEIS, instituídas em conformidade com o Estatuto da Cidade: Nova Brasília (criada através de Lei Complementar nº 3690 de 10 de outubro de 2007), Parque Brasil (criada através de Lei Complementar nº 3755 de 17 de abril de 2008) e a ZEIS Árvores Verdes (criada pela Lei Complementar nº 3789 de 18 de julho de 2008).

Contudo, o que se questiona é que a delimitação destas pequenas áreas no município fica aquém das necessidades de definição de áreas urbanas destinadas à habitação de interesse social. Observa-se que as três áreas delimitadas são traçadas em função de territórios reconhecidos como de programas de habitação, mas muitas áreas com características de necessidade de requalificação urbana, regularização fundiária ou mesmo com condições de novas ocupações foram deixadas de lado.

O presente trabalho visa identificar novas áreas para que a definição de zonas de interesse social seja retrato mais real da realidade de Teresina. Observou-se que o Plano Diretor de Teresina, para atender minimamente aos princípios do Estatuto da Cidade, delimitou três ZEIS que ficam muito aquém da necessidade e da realidade instalada no que diz respeito à existência de muitas áreas com características para se configurarem ZEIS. Assim, a análise espacial aqui proposta tem três objetivos, sendo o primeiro deles é caracterizar as condições das três ZEIS já delimitadas no que se refere à adequabilidade de seus territórios quanto a possíveis conflitos com o interesse ambiental e quanto às condições de ocupação urbana. O segundo objetivo é, de posse de um mapa que traduz melhor a realidade da existência de vilas e favelas em Teresina, avaliar as adequabilidades de cada uma dessas áreas quando a possíveis conflitos de interesse com a preservação ambiental e quanto às condições de adequação de uso urbano de seus territórios e, partir dessa análise, propiciar apoio à tomada de decisões sobre como atuar em cada unidade. Finalmente, o terceiro objetivo é de apresentar mapas sínteses, sendo o primeiro de necessidade de preservação ambiental em Teresina, o segundo de potencial de ocupação e expansão urbana, e um terceiro que é a combinação dos dois primeiros e identifica áreas de conflitos de interesse na ocupação de Teresina, com vistas a identificar possíveis áreas para instalação de novas ocupações de interesse social.

METODOLOGIA

A lógica de combinação de variáveis por análise de multicritérios como técnica tem diversos métodos.

Um dos métodos mais empregados na Análise Multicritério é a Combinação Linear Ponderada (CLP) (VOOGD, 1983). Com a CLP, os fatores são combinados pela aplicação de um peso a cada



um deles, seguida por uma soma dos resultados, para produzir um mapa de adequação, conforme a expressão seguinte (fórmula 1):

$$S = \sum w_i \cdot x_i \quad (1)$$

Este procedimento é familiar em SIG e tem uma forma muito similar à natureza de uma equação de regressão. Em casos onde restrições booleanas são aplicadas, o procedimento é modificado multiplicando-se a adequação calculada a partir dos fatores pelo produto das restrições. Todos os softwares de SIG possuem as rotinas básicas para a aplicação deste método. A questão básica, entretanto, reside na padronização dos escores dos critérios e a atribuição de pesos.

Definida a estrutura da coleção cartográfica com as variáveis, elas são combinadas por álgebra de matrizes através da média ponderada, que atribui pesos para cada camada ou variável, e notas a cada componente de legenda, sugeridas por especialistas que tenham conhecimento específico sobre o território de estudo. Nesse caso, optamos pela formulação da média ponderada defendida por Xavier da Silva (2001) e Moura (2005) nas avaliações ambientais, que adota o algoritmo classificador representado pela seguinte expressão (fórmula 2):

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \times N_k) \quad (2)$$

A expressão em apreço permite a seguinte leitura:

n - Número de parâmetros (mapas ou PIs) utilizados;

A_{ij} - Probabilidade de ocorrência do evento analisado no elemento (pixel) i,j da matriz (mapa) resultante;

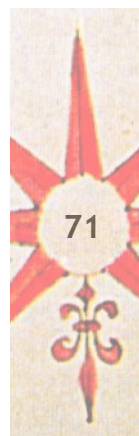
P_k - Peso atribuído ao parâmetro “k”, em relação aos demais, para a ocorrência do evento analisado;

N_k - Nota atribuída à categoria, ou classe do parâmetro.

Este procedimento passa necessariamente por uma atribuição de pesos e notas aos diferentes planos de informação e respectivas categorias envolvidas, conforme o grau de significância com relação à situação analisada, de modo que o somatório dos pesos não pode exceder aos 100%.

A partir desta formulação de Análise Ambiental, podem ser feitas as seguintes proposições, também segundo Xavier da Silva (2001):

- . A_{ij} - exprime a probabilidade resultante do produto da formulação ambiental, numa escala de 0 a 10, para a ocorrência de um evento, ou entidade ambiental, que seja causado, em princípio, pela atuação convergente dos parâmetros ambientais nela considerados;
- . Os dados envolvidos na avaliação podem ser lançados em uma escala ordinal que varie entre 0 e 10 ou entre 0 e 100, para que seja gerada uma amplitude de variação suficiente a permitir maior percepção da variabilidade das estimativas;
- . A normalização dos pesos, restritos entre os valores 0 e 1, resulta na definição do valor do peso atribuído a um mapa como o valor máximo que qualquer das classes daquele mapa pode assumir. Por exemplo: atribuir um peso de 40% ao parâmetro “declividades”, numa análise, significa que o máximo que uma determinada classe deste mapa pode contribuir na determinação da probabilidade de ocorrência do evento analisado é de 4, numa escala de 0 a 10.
- . Com a adoção da média ponderada fica criado um espaço classificatório que é, em princípio, ordinal, mas que pode admitir grande e variado detalhamento na classificação das estimativas.



O processo de cruzamento dos planos de informação exemplificando a organização de uma combinação de matrizes com a atribuição de pesos para cada matriz ou variável e notas para cada componente de legenda das matrizes (Figura 1).

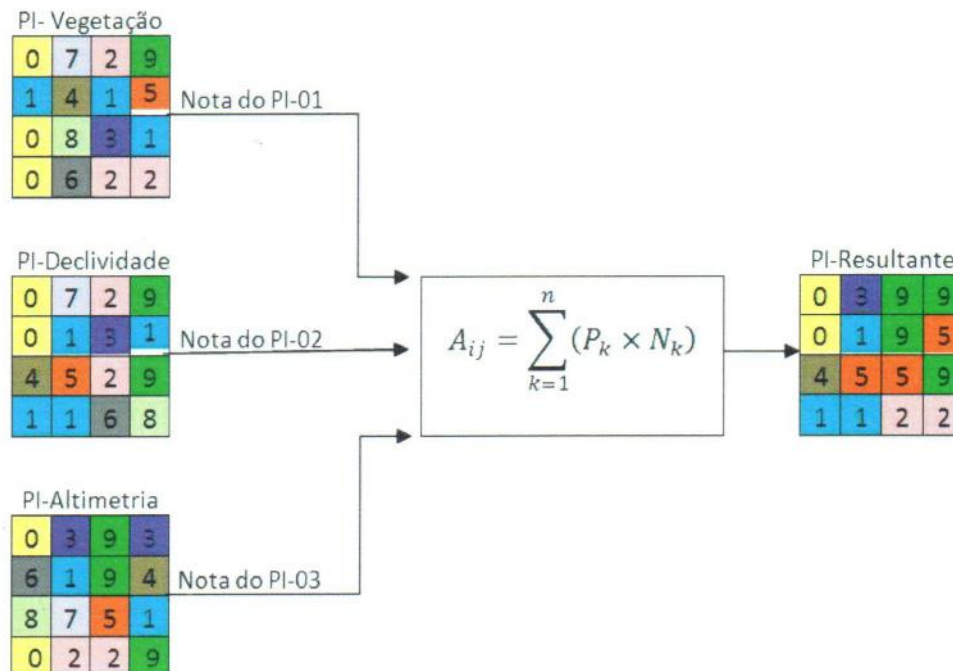


Figura 1 – Ilustração do processo de cruzamento dos PIs na forma de matrizes com atribuição de pesos e notas, sendo as notas os valores contidos em cada célula segundo o componente de legenda, e os pesos são atribuídos por plano de informação (no exemplo vegetação, declividade e altimetria).

Fonte: Adaptado de Nunes (2009).

O resultado, uma vez combinadas as camadas, é uma superfície potencial, com resultados por unidade territorial de integração (ou pixel) da investigação que se propôs a realizar. O valor obtido por cada pixel da matriz resultante significa o quanto cada posição é adequada ou não (com valor de 0 a 10, sendo 0 o menos adequado) para o objetivo da análise elaborada.

ANÁLISE PARA IDENTIFICAÇÃO DE INTERESSES CONFLITANTES

Anterior ao estudo específico para a definição de áreas de ZEIS foi realizada caracterização geral do território urbano com vistas a identificar as áreas mais propícias para a ocupação e expansão urbana, ao passo que se identificaram também as áreas de maior valor para a preservação ambiental. Criados esses dois retratos da realidade urbana, eles foram comparados, com o objetivo de identificar conflitos de interesse entre o uso urbano e a proteção ambiental.

Para produzir os mapas de Síntese de Interesse Ambiental e de Síntese de Interesse Expansão Urbana, foram selecionadas variáveis que respondessem pelas condições de interesse de cada tema, mapeados na forma de Mapas Temáticos, estruturados na forma de matrizes ou superfícies potenciais na distribuição do fenômeno, segundo a relevância da cada variável e em cada síntese.

A Síntese de Interesse Ambiental foi construída através da combinação de dados sobre uso e ocupação do solo, vegetação, altimetria, áreas protegidas, declividades e manchas de inundação. Uma vez construída a síntese, verificaram-se as condições das três áreas hoje delimitadas como ZEIS em relação ao grau de interesse de preservação ambiental (Figura 2). Observa-se que as ZEIS hoje delimitadas se encontram em áreas de baixo interesse ambiental, não configurando conflitos segundo este aspecto.

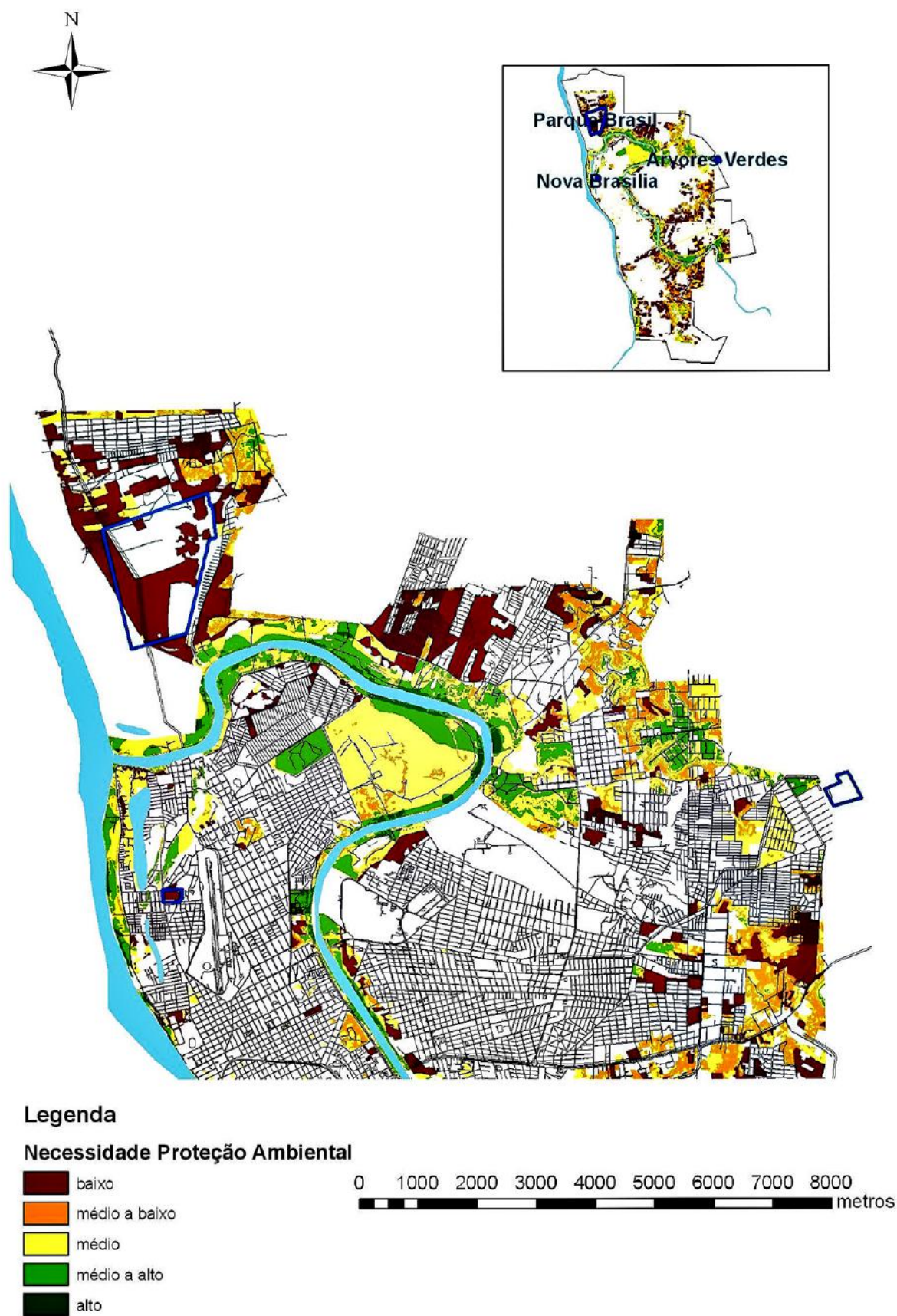


Figura 2 – Síntese de Interesse Ambiental com destaque de região de localização de ZEIS hoje existentes. Fonte: (REIS FILHO, 2012)

A Síntese de Interesse de Expansão e Ocupação Urbana foi construída a partir da combinação de dados sobre a presença de infraestrutura e de atritos à ocupação urbana, tais como vegetação e áreas protegidas, geotecnia urbana, altimetria, declividades, áreas de inundação, acessibilidade e capilaridade identificadas pela presença e tipo de vias urbanas, existência de infraestrutura representada por energia elétrica, coleta de lixo, rede de esgoto e rede de água. Uma vez construída a síntese, verificaram-se as condições das três áreas hoje delimitadas como ZEIS em relação ao grau de interesse de expansão e ocupação urbana (Figura 3). O que se observa é que as ZEIS hoje delimitadas se encontram em áreas de médio ou médio-baixo potencial de ocupação e expansão urbana, o que exigirá significativos investimentos de correção e adequação.

De posse das duas sínteses citadas (cujo detalhamento pode ser obtido em Reis Filho, 2012), elas foram cotejadas na matriz de interesses conflitantes (Tabela 1). A matriz identifica, por exemplo, que o alto ou médio a alto interesse ambiental combinado com alto ou médio a alto interesse urbano significa conflito de interesse. Por outro lado, o baixo interesse ambiental com alto interesse urbano já traduz predomínio de interesse urbano, e daí por diante.

As classes de combinação identificadas são: C – Conflito, U – Interesse urbano, A – Interesse Ambiental, SC – Sem Conflito, Us – Para Uso Urbano Sustentável, Ui – Para interesse Urbano mas com necessidade de Investimentos, Ai – Para interesse ambiental mas com necessidade de Investimentos, Ac – Para interesse ambiental mas com cuidados pois há risco de invasão. O mapeamento dos resultados é apresentado na Matriz de Interesses Conflitantes e no mapa de sua especialização (Figura 4 e Figura 5).

Uma vez mapeadas as condições de combinação de interesses, elas foram comparadas com as áreas de Vilas e Favelas existentes em Teresina. Foi obtido da Prefeitura Municipal de Teresina, por meio da PRODATER (Secretaria de Planejamento e Superintendência de Desenvolvimento Rural) o mapa de Vilas e Favelas do município (Figura 6).

Pelo cotejo entre a posição das vilas e favelas e condições de conflito de interesse no território municipal (Tabela 1) foram identificadas as áreas em que essas ocupações estavam em conformidade com as condições e vocações do lugar, áreas em que estavam de acordo embora precisassem de investimentos de requalificação, áreas em que estavam de acordo com as condições urbanas mas precisavam de regularização, áreas de algum interesse ambiental e por isto a ocupação deveria ser pensada para acontecer de modo sustentável, e áreas problemáticas por se encontrarem em territórios de interesse ambiental. (Figura 7 e Figura 8).

As tipologias de combinação identificadas foram:

Tabela 1 - Matriz de combinação para identificação de Interesses Ambientais e Urbanos

C - Conflito: em áreas de conflito de interesse por existir interesse de expansão urbana, mas também necessidade de preservação ambiental, ou áreas de conflito por serem de expressivo interesse ambiental. Nestes casos não seria indicada a manutenção da ocupação, e deveriam ser traçados projetos específicos para se enfrentar o problema. No mapa a denominação é “Problemas Ambientais”.

UI – Urbano com Investimentos: são áreas que não representam conflitos de interesse e que podem receber as ZEIS, mas que se apresentam baixas condições de infraestrutura, o que precisa ser enfrentado para que a ocupação se torne adequada. No mapa a denominação é “Urbano de Acordo, mas Com Investimentos”.

U – Ocupação adequada: se encontram em áreas adequadas para a ocupação urbana e que já apresentam condições básicas para a ocupação. É a situação mais adequada para a localização e permanência das ZEIS. No mapa a denominação é “Urbano de Acordo, mas com Regularização”.

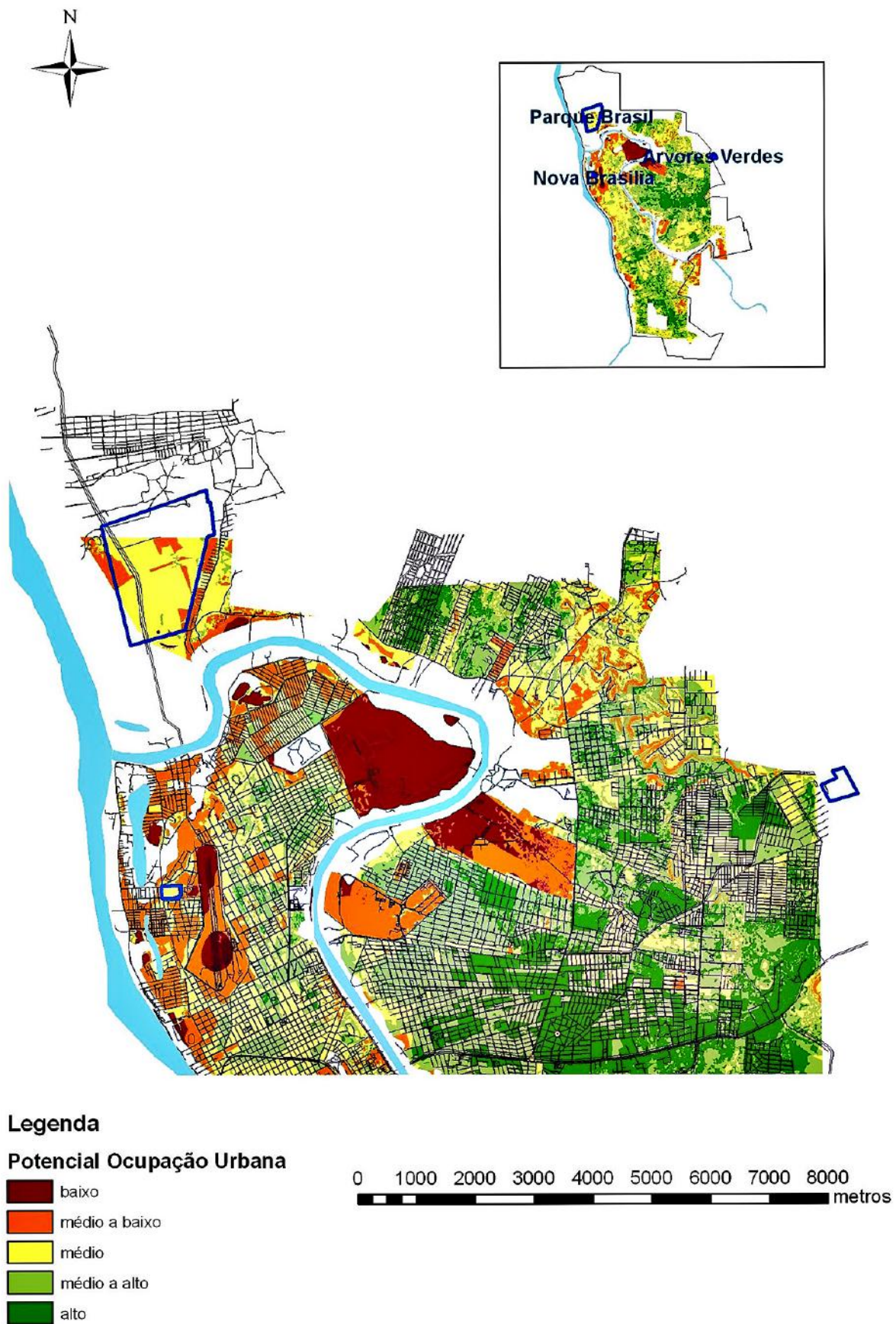


Figura 3 – Síntese de Interesse de Ocupação e Expansão Urbana com destaque de região de localização de ZEIS hoje existentes. Fonte: (REIS FILHO, 2012)

Tabela 1 – Matriz de Interesses Conflitantes

	C	SC	U	A	Ui	Us	Ai	Ti
FAVELAS	PC	UokI	Uok	PA	UokI	PA	PA	UokR

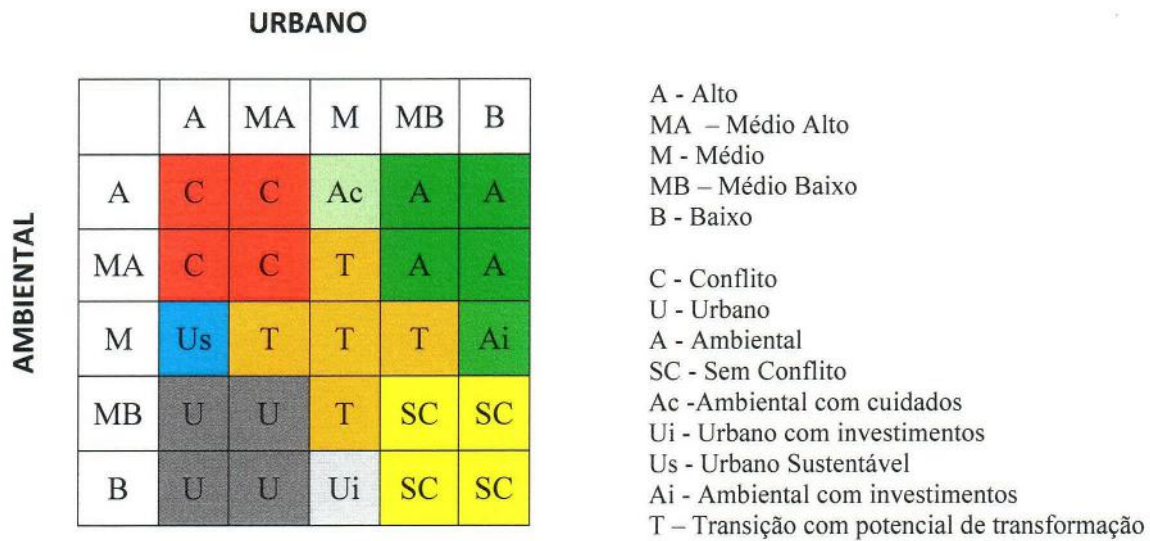


Figura 4 – Cotejo de Interesses de Preservação Ambiental e de Potencial de Expansão e Ocupação Urbana. Fonte: (REIS FILHO, 2012)

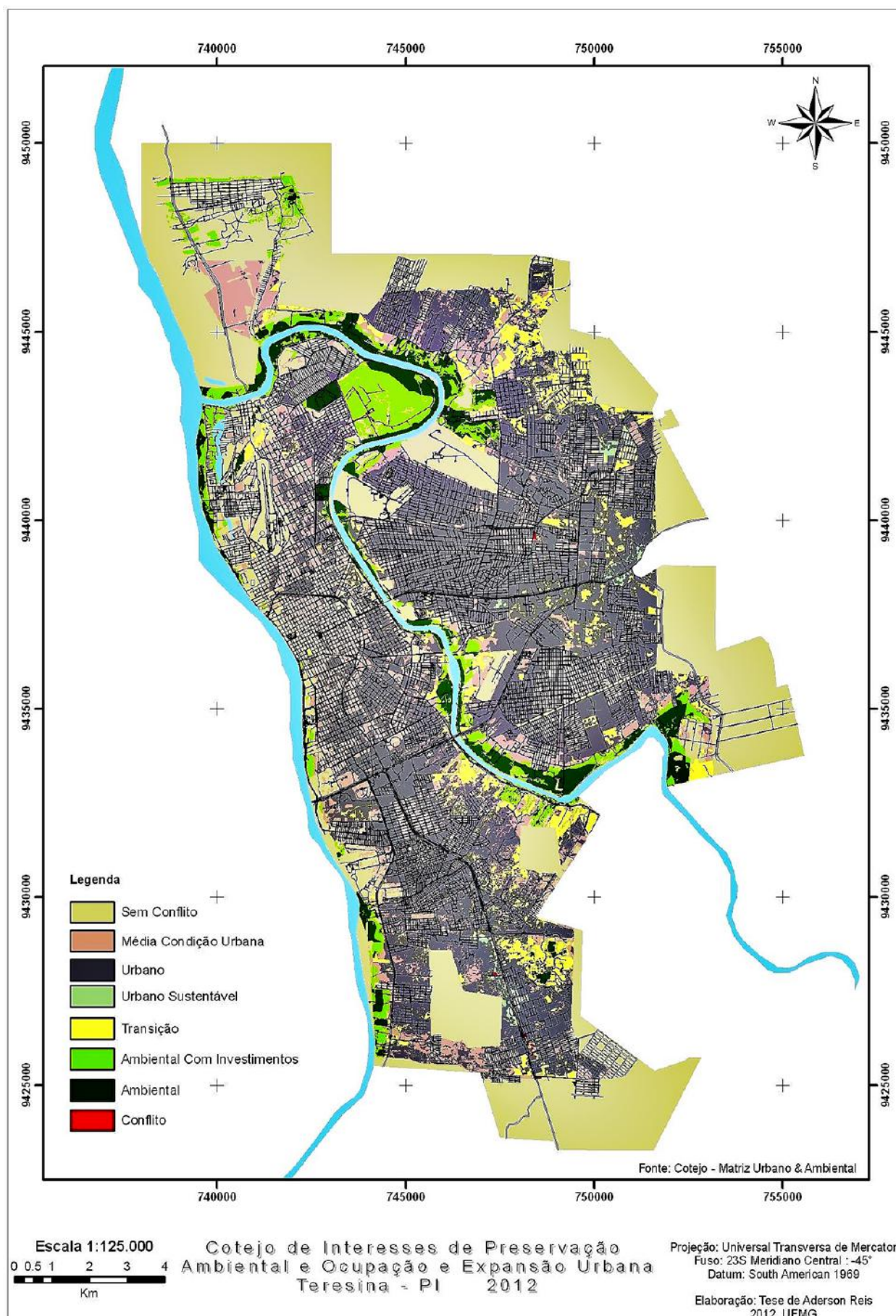


Figura 5 - Mapa de Vilas e Favelas. Fonte: PMT, FMS.

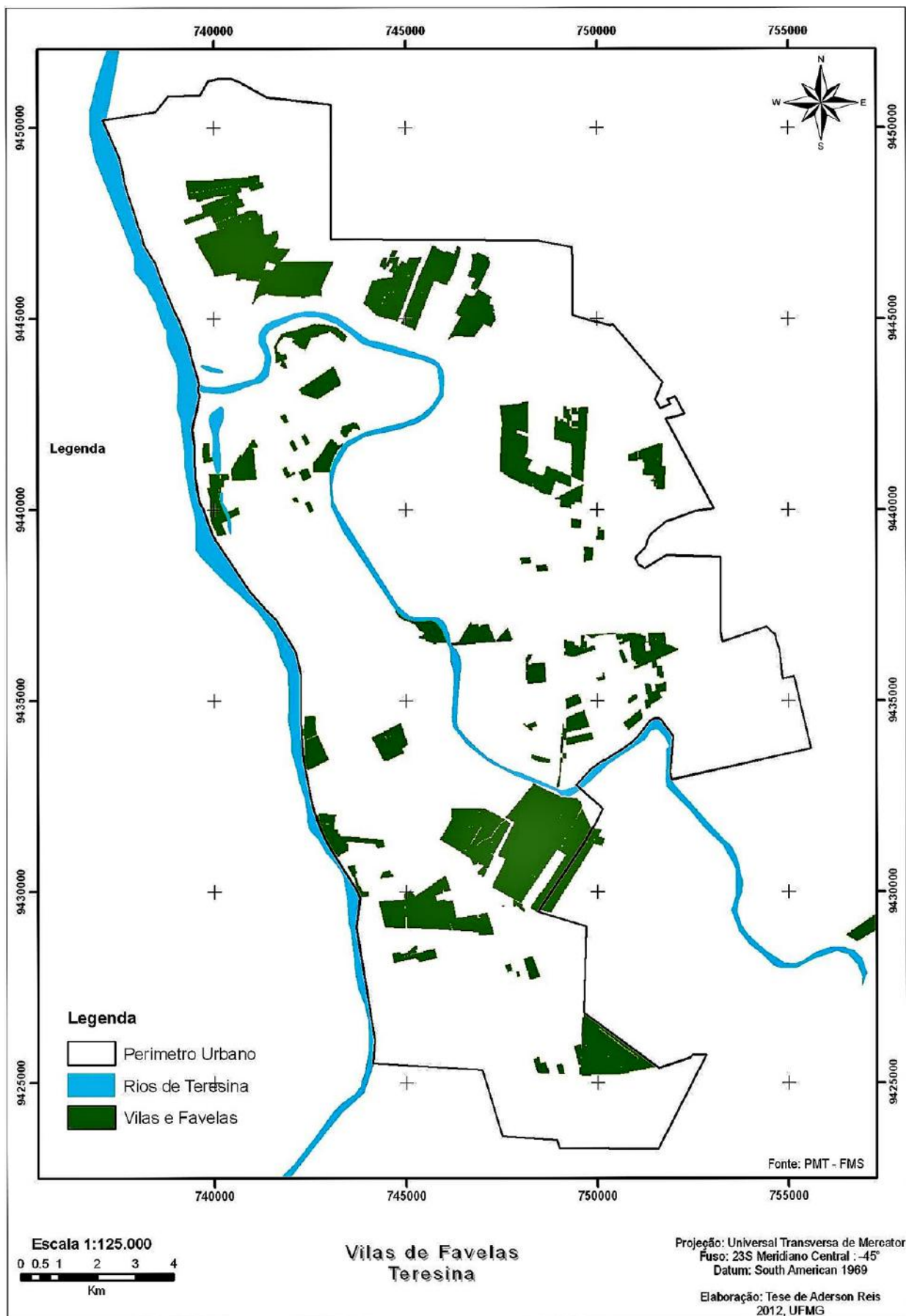


Figura 6 - Mapa de Condições para Intervenções e localização das ZEIS já instituídas.
Fonte: (REIS FILHO, 2012)

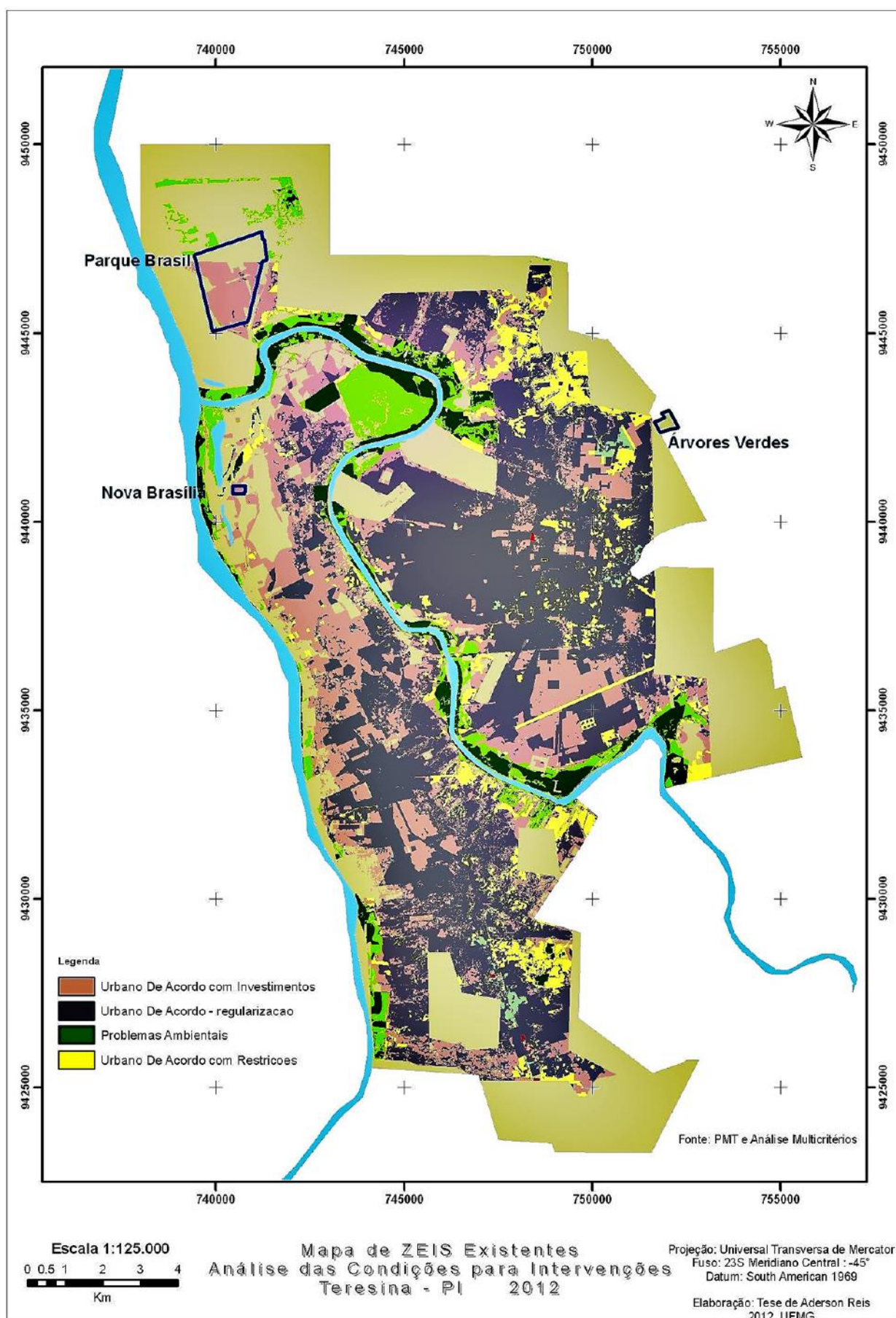


Figura 7 - Mapa de Condições para Intervenções recortado nas áreas de vilas e favelas existentes.
 Fonte: (REIS FILHO, 2012)

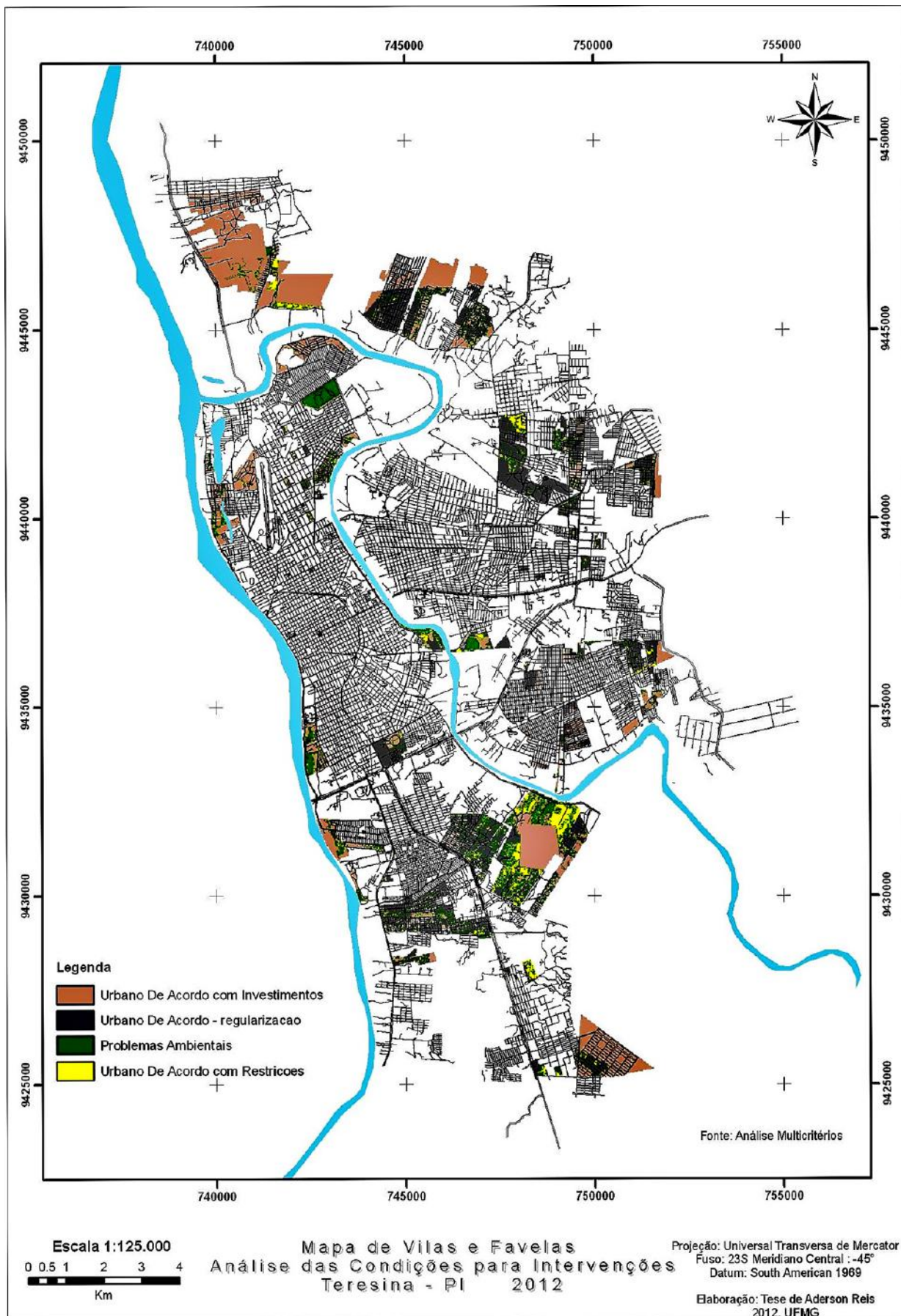


Figura 8 - Mapa de Condições para Intervenções recortado nas áreas de vilas e favelas existentes.

Fonte: (REIS FILHO, 2012)

UR – Urbano com Restrições: se encontram em áreas com média condição de infraestrutura e de ocupação urbana, mas há também médio interesse ambiental. Então são áreas que devem receber projetos especiais de ocupação e regularização e requalificação da paisagem, pois exigem médios investimentos e exigem também condições de sustentabilidade ambiental. O uso urbano deve acontecer de modo sustentável e não é indicado o adensamento da ocupação. São territórios que, se bem transformados por projetos bem-feitos, podem ter expressivo impacto sobre a paisagem urbana e uso do território de Teresina. No mapa a denominação é “Urbano De Acordo, mas Com Restrições”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível observar diversas combinações que vão desde áreas de conflitos até áreas favoráveis, ou seja, sem conflitos nas regiões de Vilas e Favelas, que apresentam condição urbana de intervenção para promover a regularização. É importante notar que as condições encontradas, no mapa resultante, para intervenções urbanas favorecem bastante aos gestores no sentido da aplicabilidade dos instrumentos do Estatuto da Cidade.

Observa-se que as áreas caracterizadas como “Problemas ambientais” e “Urbano com restrições” representam extensões territoriais pouco significativas. As áreas caracterizadas como “Urbano de acordo com a regularização” e “Urbano de acordo com investimento” representam uma extensão territorial expressiva, demonstrando de forma inequívoca a possibilidade do emprego do Estatuto da Cidade para promover a regularização fundiária. As condições de cada uma delas em seus contextos para intervenções são apoio à tomada de decisões.

De forma análoga, realizou-se análise referente à ZEIS, para identificar condições para intervenções. Neste caso, a área mais representativa, que se localiza na ZEIS Parque Brasil, é caracterizada pela condição “Urbano de acordo com investimentos”. Mostra também como resultado a vasta extensão de condição “Urbano de Acordo – regularização” que favorece indiscutivelmente o emprego do Estatuto da Cidade na promoção de intervenções para a regularização.

Estabeleceu-se um elo entre o Estatuto da Cidade, por intermédio de um dos seus valiosos instrumentos de regularização fundiária denominado ZEIS e o geoprocessamento, realçando a importância da tecnologia como ferramenta de análise no apoio à gestão urbana, evidenciando a análise combinatória como um meio importante para o diagnóstico das condições existentes e identificação de áreas potenciais para definição de novas regiões destinadas à ocupação de interesse social.

Considerando como território urbanizável destinado a território popular, as ZEIS relativo às Zonas Residenciais 1 e 2 (Art. 24 da Lei 3.560/2006), observa-se ser possível escolher áreas adequadas para esta tipologia em extensão significativa no território de Teresina, o que significa porção superior a 60% da área urbana. Ou seja, pode-se dizer que aproximadamente 60% da área urbana podem ser destinadas a este fim, no que se refere a condições de infraestrutura, acessos, geotecnia e ausência de conflitos com o interesse ambiental.

Das três ZEIS já definidas no Plano Diretor municipal, duas delas (Parque Brasil e Árvores Verdes) estão distantes do centro urbano. Requer, portanto, do poder público, mais atenção e políticas públicas nesse sentido, já que o Estatuto da Cidade disponibiliza instrumentos para se promover as funções sociais da cidade e o Plano Diretor tem o poder estabelecer um melhor ordenamento territorial.

A primeira contribuição do trabalho é, evidentemente, a colaboração específica para Teresina, que pode usar dos resultados obtidos para imediatamente revisar seus planos e instrumentos no que diz respeito à definição de áreas para habitação e projetos de interesse social. Através das análises realizadas, que têm critérios reproduzíveis e defensáveis, pode-se argumentar sobre a caracterização das áreas no que diz respeito a potenciais, limitações e condições para a destinação para programas populares ou programas de expansão urbana.



Contudo, o principal produto do presente trabalho, além da mencionada contribuição específica, é a abordagem metodológica, que pode ser implantada em outros municípios brasileiros. Para espelhar a metodologia empregada em outras áreas é necessário atingir um conjunto mínimo de dados, bastante possível na escala de Brasil. São consideradas variáveis mínimas e acessíveis para se elaborar análises de temáticas ambientais e de expansão urbana aquelas que melhor representam as características específicas da área.

Para variáveis de caracterização da condição ambiental, as bases seriam:

. Mapeamento de uso e cobertura do solo. Pode ser realizada de modo expedito pelo Google Earth, pois a resolução ou nível de detalhamento exigido para os polígonos está em escala de planejamento e não de projeto executivo, o que exigiriam escala cadastral. A escala de uso do solo para a integração multicritérios para o potencial de ocupação urbana pode ser respondida por mapeamentos por mídias de visualização de imagens de média resolução. Tivemos o privilégio de trabalharmos com imagens de alta resolução, mas a inspeção visual das ocorrências territoriais e o mapeamento por quadra já seriam aceitáveis.

. Mapeamento da cobertura vegetal. Deve ser realizada por imagens do padrão RapidEye, que além de apresentar pixel de 5 metros, possui além das faixas do visível, a faixa RedEdge (690-730 nm) e a do infravermelho próximo (760-850 nm) que são capazes de identificar alterações nos níveis de clorofila e estrutura celular das plantas. Devido a essas características, uma imagem RapidEye é adequada para separar vegetação de outros usos do solo, bem como para classificar diferentes condições da cobertura vegetal. O que favorece o mapeamento da robustez da vegetação, que é o importa para planejamento urbano. Para planejamento urbano é secundário o valor do mapeamento de tipologia de cobertura vegetal, posto que a maioria das espécies na área urbana é exótica, mas o volume (arbórea, rasteira) é fundamental. As imagens Rapid-Eye hoje são cedidas pelo Ministério de Meio Ambiente (Geocatálogo), mediante solicitação de autorização para uso institucional ou acadêmico.

. Mapeamento altimétrico e de declividades. No estudo de caso em específico, o município já contava com uma boa base topográfica vetorial. Contudo, na ausência de dados de melhor qualidade, é possível trabalhar com dados de qualidade média, com curvas de nível interpoladas por equidistância de 15 metros, resultantes de dados do satélite Aster DEM, de livre acesso. O usuário deve ter os devidos cuidados de tratamento de erros (pixels espúrios), mas a qualidade média atende aos fins de planejamento na escala esperada, para definição expedita de áreas estratégias de ocupação. Melhores detalhamentos podem ser realizados a posteriori, uma vez definidas as manchas prioritárias, e então seriam contratados levantamentos para projetos de caráter mais executivo. Essa fonte de dados permite gerar tanto os mapas altimétricos como os mapas de declividades.

. Áreas protegidas. São dados necessariamente institucionais, que precisariam ser fornecidos, ainda que em produto analógico, pelo setor público. Contudo, se há uma lei de proteção há a definição do perímetro de tombamento, de modo que seria bastante possível, em escala municipal, traçar essas delimitações. Há estados que já apresentam plataformas de livre acesso a mapas digitais contendo os polígonos de áreas de preservação.

. As manchas de inundação. Essa camada de informação foi bastante específica para o caso de Teresina, pois é uma componente importante para o planejamento local, em função das condições do sítio. A sua elaboração pode ser feita por estudo do modelo digital de elevação e identificação da cota de inundação com apoio do trabalho de trabalho de campo, calibrado por consultas a agentes públicos e à população sobre a memória de fatos ocorridos. Destaca-se, contudo, que em outros municípios outras variáveis específicas podem ser de maior interesse.

Para variáveis de caracterização da condição de expansão urbana, as bases seriam:

. Geotecnia urbana. É uma variável pouco presente nos mapeamentos urbanos. Contudo, já existem esforços do Ministério das Cidades, na discussão da política nacional de ordenamento territorial, Lei 12608 de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, prevê a necessidade de elaboração de mapas de identificação de áreas de susceptibilidade à ocorrência de eventos de risco. Assim, a médio prazo, os municípios precisarão reunir esforços no sentido de elaboração desta variável.

. Acessibilidade e capilaridade. É uma variável bastante simples de ser elaborada, pois basta que o município tenha uma camada vetorial de vias, separadas por tipo de logradouro. De modo generalizado, bastaria separar estradas ou rodovias, avenidas e ruas, e se possível identificar becos. Isto feito, é um modelo de concentração de vias e de ponderação de suas hierarquias segundo o tipo de via.

. Infraestrutura de energia elétrica, coleta de lixo, rede de esgoto e rede de água. Mapeadas a partir de setores censitários e banco de dados elaborados no censo, a cada 10 anos. Esses dados são livremente disponíveis em arquivos vetoriais e em tabelas que podem ser associadas aos setores por seus códigos unívocos identificadores. Isto é possível para qualquer município brasileiro.

. As variáveis impeditivas do crescimento relativas a declividades e cobertura vegetal seguem a mesma lógica das camadas elaboradas para os estudos ambientais.

Há ainda, para se completar a metodologia, a necessidade de representação das áreas de vilas e favelas no município, o que pode ser realizado ainda que poder público ceda ao pesquisador apenas produtos analógicos. O reconhecimento e a localização das vilas e favelas já existentes é uma exigência do Plano Diretor. Mais do que isto: o Estatuto das Cidades determina que o Plano Diretor precisa especificar as áreas de ZEIS, compostas por três condições: aquelas que identificam e reconhecem as vilas e favelas já existentes, aquelas que identificam e reconhecem os conjuntos habitacionais, e aquelas áreas destinadas a projetos futuros para habitações de interesse social.

Assim, diante do exposto, a presente metodologia é acessível e reproduzível em outras realidades urbanas brasileiras. Foi utilizado um software comercial, o ArcGis, por disponibilidade de acesso na universidade onde a investigação foi realizada, mas o mesmo processo de preparo de camadas de variáveis e emprego de álgebra de mapas poderia ter sido realizado por software gratuito, igualmente disponível. O trabalho, desta forma, cumpre a missão da universidade pública de favorecer discussões sobre processos metodológicos que podem ser empregados pela sociedade na orquestração do bem comum.

AGRADECIMENTOS

A estruturação do presente artigo é contribuição ao programa PROEXT 2013 “Cadastro Territorial Multifinalitário nas Mesorregiões Oeste de Minas Gerais e Metropolitana de Belo Horizonte”, da UFMG em parceria com o Ministério das Cidades, com vistas a colaborar com as discussões sobre as aplicações do geoprocessamento em planejamento e gestão municipal, sobretudo para a aplicação de princípios do Estatuto da Cidade.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AFONSO, Alcília.; VELOSO, Samara. **Habitação de interesse social em Teresina**: algumas reflexões. Teresina: EDUFPI, 2012.
- AGENDA 21 Brasileira: resultado da consulta nacional / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2004.



BRASIL. **Lei Federal nº 10.257**. 10 de jul. de 2001. Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

BRASIL, Estatuto da Cidade - guia para implementação pelos municípios e cidadãos: **Lei Nº 10.257**, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. ROLNIK, Raquel (coord). 3. ed. Brasília: CEF / Pólis, 2005.

BRASIL. **Plano Diretor Participativo**. Guia para a Elaboração pelos Municípios e Cidadãos, Ministério das Cidades, 2004.

LIMA, Antônia Jesuíta de. Gestão Local e Políticas Urbanas: uma experiência de urbanização de favelas em uma capital nordestina no Brasil, **VI CONGRESSO PORTUGUES DE SOCIOLOGIA**, Série 514. Lisboa. 2008.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades**: alternativas para a crise urbana. Rio de Janeiro: Vozes. 2001.

MOURA, Ana Clara M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2a. ed. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2005. 294 p.

NUNES, Paulo. **Conceito de árvore de decisão**. 2009. Disponível em: <http://www.knoow.net/cienceconempr/gestao/arvore_de_decisao.htm>. Acesso em: 20 jan. 2012.

REIS FILHO, A. Aderson dos. **Análise integrada por geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no Estatuto da Cidade**: estudo de potencialidades, restrições e conflitos de interesses. (Tese Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte, 2012.

TERESINA. **Vila-Bairro**. Teresina, PMT. 1997.

TERESINA. Secretaria Municipal do Trabalho e de Assistência Social. **Censo das vilas e favelas de Teresina**, Teresina, PMT. 1996.

TERESINA. **Lei nº 3.560**, de 20 de outubro de 2006. Define as diretrizes para uso do solo urbano do Município de Teresina e dá outras providências. 2006.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion, 1983. 370 p.

XAVIER-DA-SILVA, **Geoprocessamento para análise ambiental**. Ed. do Autor, Rio de Janeiro, 2001.

Trabalho enviado em abril de 2016

Trabalho aceito em maio de 2016