

Mapeamento de uso e cobertura do solo do município de Curitiba/PR e região metropolitana com ênfase na expansão urbana através de imagens do sensor TM/Landsat 5.

Dayane Jhoany Candido Gomes¹, Valdeny Caroline de Vasconcelos Lima²

¹Graduanda de engenharia de agrimensura - dayany96jhou@hotmail.com

² Graduanda de engenharia de agrimensura - carolinevasconcelos1.0@gmail.com

Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Centro de Ciências Agrárias – CECA

BR 104 Norte, km 85, s/n, Mata do Rolo, 57100-000 – Rio Largo, Alagoas

Abstract. Concerns about land use are increasingly evident, whether due to the environmental impacts they cause or the disorderly growth resulting from urban sprawl. In this sense, this research aimed to detect and evaluate changes in the urban spot in the Metropolitan Region of Curitiba, using data and remote sensing techniques, through the supervised classification of two TM / Landsat 5 sensor images from 1993 and 2007. The method Used for the georeferencing of the TM image is the first-degree polynomial and resampling of the pixels by the closest neighbor method, obtaining the corrected image according to the UTM (Transverse Universal Mercator), Zone 22S, Datum WSG84 cartographic projection. For the mapping of the classes of use and coverage of the soil and to define the units that compose the landscape the visual interpretation of form, texture and hue / color was used. The indicator used to evaluate the accuracy of the classification process was the Kappa coefficient, which framed the results as excellent. With the research it was observed that in 1993 the urban spot occupied a space of 25.38%, while in 2007 this value increased to 33.98%. In this way an 8.6% increase in the perimeter of the urban space was configured. The use of orbital products of remote sensing proved to be efficient in the analysis of the urban growth, proven by the results obtained by means of the comparison of the images after being classified, since it is visible the increase of the urban spot of the region.

Palavras-chave: remote sensing, georeferencing, Supervised classification.

1. Introdução

Na maior parte das cidades do mundo inteiro o crescimento populacional tem sido muito rápido, portanto, o processo que faz referência à dinâmica da cidade e que resulta em seu crescimento pode ser considerado expansão urbana, ou seja, trata-se do crescimento territorial urbano. Segundo Teixeira (2014) o processo pode ser dividido em dois grandes tipos, sendo estes o crescimento territorial urbano intensivo e extensivo. O crescimento territorial urbano intensivo tem como característica principal a intensificação do uso e ocupação do solo e o crescimento territorial urbano extensivo a extensão do tecido urbano.

Ao menos dois fatores devem ser considerados como essenciais para a análise do processo de crescimento urbano recente. Sendo estes o fator populacional e o outro o padrão de expansão física das ocupações urbanas. Ojima (2016)

O aumento populacional propicia a ampliação do perímetro urbano como aconteceu na região metropolitana de Curitiba. De acordo com o IBGE, a cidade de Curitiba tinha uma população de 1.364.320 habitantes em 1993 e 1.788.559 habitantes no ano de 2006. Então o sensoriamento remoto apresenta-se como uma ferramenta bastante eficiente para avaliar o processo de crescimento do espaço urbano, fornecendo a possibilidade de monitorar o crescimento urbano e outras variáveis, a depender de seu objetivo.

Neste sentido, esta pesquisa pretendeu detectar e avaliar as mudanças ocorridas na mancha urbana da região, utilizando dados e técnicas de sensoriamento remoto, no período de 1993 e 2007. Buscando também demonstrar a utilidade e a eficiência no uso de imagens de satélite no que se refere ao monitoramento do crescimento e da expansão urbana, através da comparação das análises espaciais feitas a partir do uso de sensoriamento remoto.

2. Objetivos

Realizar uma análise da expansão urbana na região metropolitana de Curitiba/PR, através da observação de imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5 referentes aos anos de 1993 e de 2007 e das técnicas de geoprocessamento. Assim como a partir da análise espaço temporal visualizar a dinâmica e evolução das áreas urbanizadas, comprovando a ampliação no perímetro urbano.

3. Materiais e Métodos

3.1 Área de Estudo

O município de Curitiba está localizado na região Sul do Brasil, como podemos ver na Figura 1 no leste do Estado do Paraná, sobre a região denominada Primeiro Planalto do Paraná, entre as coordenadas UTM Zona 22S 606020, 7019140 e 847340, 7226830, abrangendo uma área de aproximadamente 435,036 km².

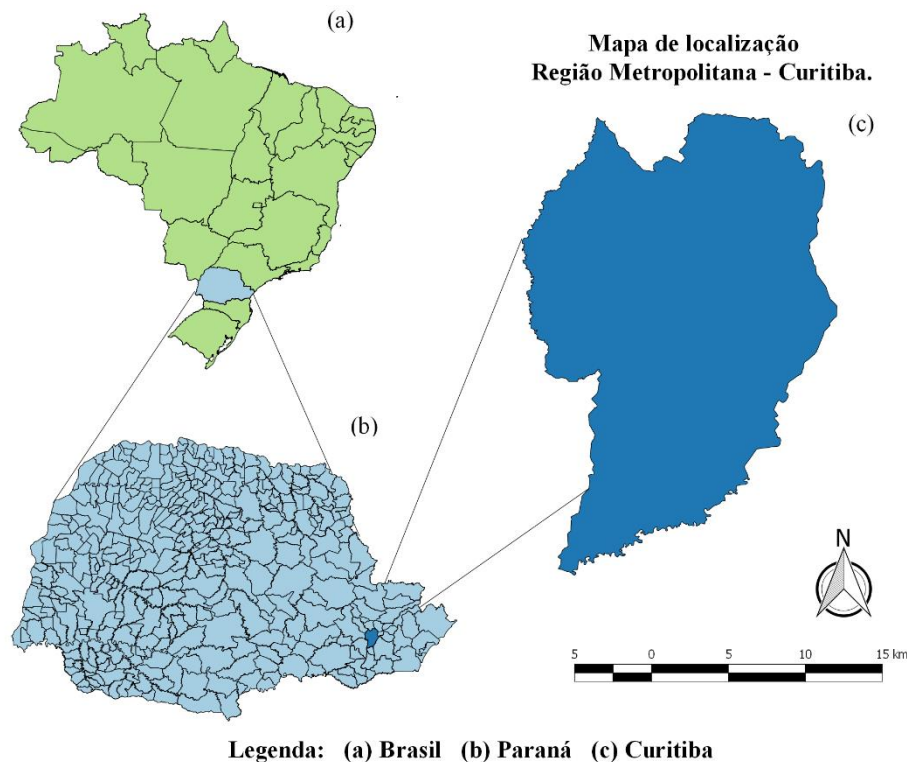


Figura 1. Mapa de localização da Região Metropolitana - Curitiba, PR.

Curitiba possui uma topografia composta de declividades mais acentuadas, por estarem próximas à Serra de Açungui. Uma série de terraços de escalonamento intercalam-se entre altitudes altas e baixas, dando como característica geral de Curitiba, uma ondulação leve e topografia de colinas, com arredondamento suave, de relativa regularidade. Curitiba está na bacia hidrográfica do rio Iguaçu, localizado à margem direita e a leste da maior sub bacia do rio Paraná.

A região tem um clima temperado, com domínio vegetacional que denomina-se floresta ombrófila mista, compondo-se de estepes feitas de grama e árvores de madeira que entremeia-se de capões de florestas com araucária, além de demais formações, como várzeas e matas ciliares. AGEF (2006).

3.2 Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5, referente a órbita-ponto 220-78, no período de 10/04/1993 e de 17/04/2007; Imagens *GeoCover* 2000, que são constituídas por mosaicos ortorretificados, gerados a partir de imagens do sensor ETM+ do Landsat 7; Os *Softwares* GeoViewer 9.0, Spring 5.1.8 e 5.4.3, QGIS Desktop 2.14.3 e Microsoft Office Excel, versão 16.0.6769.2017.

3.3 Metodologia

A realização do estudo iniciou com a seleção de duas imagens do satélite Landsat 5 sensor TM do catálogo de imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br./siteDgi/portugues/index.php>>, observando em cada imagem os intervalos de latitude norte-sul e verificando também pelo *Software* Spring 5.4.3 a zona UTM da imagem a ser georreferenciada, que neste caso foi a zona 22S, para posteriormente adquirir a imagem *GeoCover* correspondente no formato MrSID disponível para download no site <<http://glcf.umd.edu/data/mosaic/>>.

Após, realizou-se o georreferenciamento das duas imagens através do *Software* Spring 5.4.3, utilizando as imagens *GeoCover* 2000 e TM considerando as bandas 3, 4 e 5 com resolução espacial de 30m. Os pontos homólogos entre a imagem de referência (*GeoCover* 2000) e a TM, como cruzamento de estradas, foram marcados como pontos de controle no georreferenciamento. Para a imagem da órbita-ponto 220-78 de 10/04/1993 foram coletados 15 pontos de controles com um erro médio quadrático de 0.364 e para a imagem da órbita-ponto 220-78 de 17/04/2007 foram coletados, também, 15 pontos de controles com erro médio quadrático de 0.182.

O método utilizado para o georreferenciamento da imagem TM é o polinomial de primeiro grau e reamostragem dos pixels pelo método do vizinho mais próximo, obtendo-se a imagem corrigida segundo a projeção cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 22S, Datum WSG84. Já com a imagem georreferenciada, foi feito o recorte do plano de informação nas duas imagens TM de 1993 e 2007 com o mesmo retângulo envolvente de coordenadas planas X1: 659860.0065 e Y1: 7167601.2077, X2: 704119.3823 e Y2: 7199174.9265 que abrangia a área de estudo.

Para o mapeamento das classes de uso e cobertura do solo, usou-se o *Software* Spring 5.1.8 e para definir as unidades que compõe a paisagem utilizou-se a interpretação visual de forma, textura e tonalidade/cor. Foram coletadas amostras de treinamento das classes de uso e cobertura do solo referente a água, urbanização, vegetação nativa, vegetação esparsa e solo exposto e depois feito o cálculo de áreas/comprimento por Geoclasse (kmxkm/km).

O indicador utilizado para avaliar a precisão do processo de classificação foi o coeficiente de Kappa, que é uma medida da concordância entre as amostras da cena e aquelas derivadas através da classificação da imagem de sensoriamento remoto (Cohen, 1960). Neste estudo, os valores de Kappa foram 0.832 e 0.991 para 10/04/1993 e 17/04/2007 respectivamente. Segundo Landis (1977), coeficiente Kappa entre 0.8 e 1.0 são considerados excelentes.

4. Resultados e discussões

O presente estudo proporcionou analisarmos a expansão urbana de Curitiba entre 1993 e 2007 a partir dos recursos de sensoriamento remoto aplicados. Isto pode ser observado nas Figuras 2 e 3 que mostram o mapa de expansão urbana na região metropolitana de Curitiba, para os dias 10/04/1993 e de 17/04/2007, respectivamente.

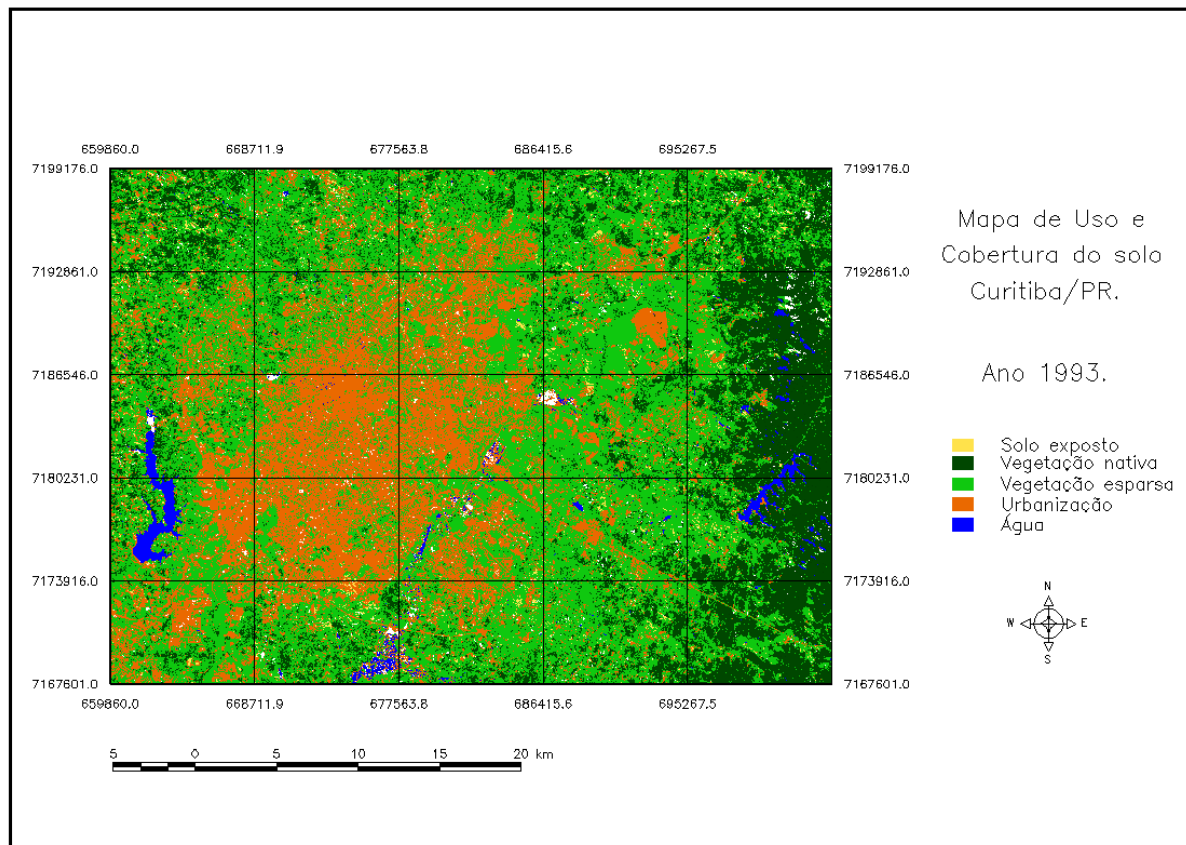


Figura 2. Mapa de uso e cobertura do solo.

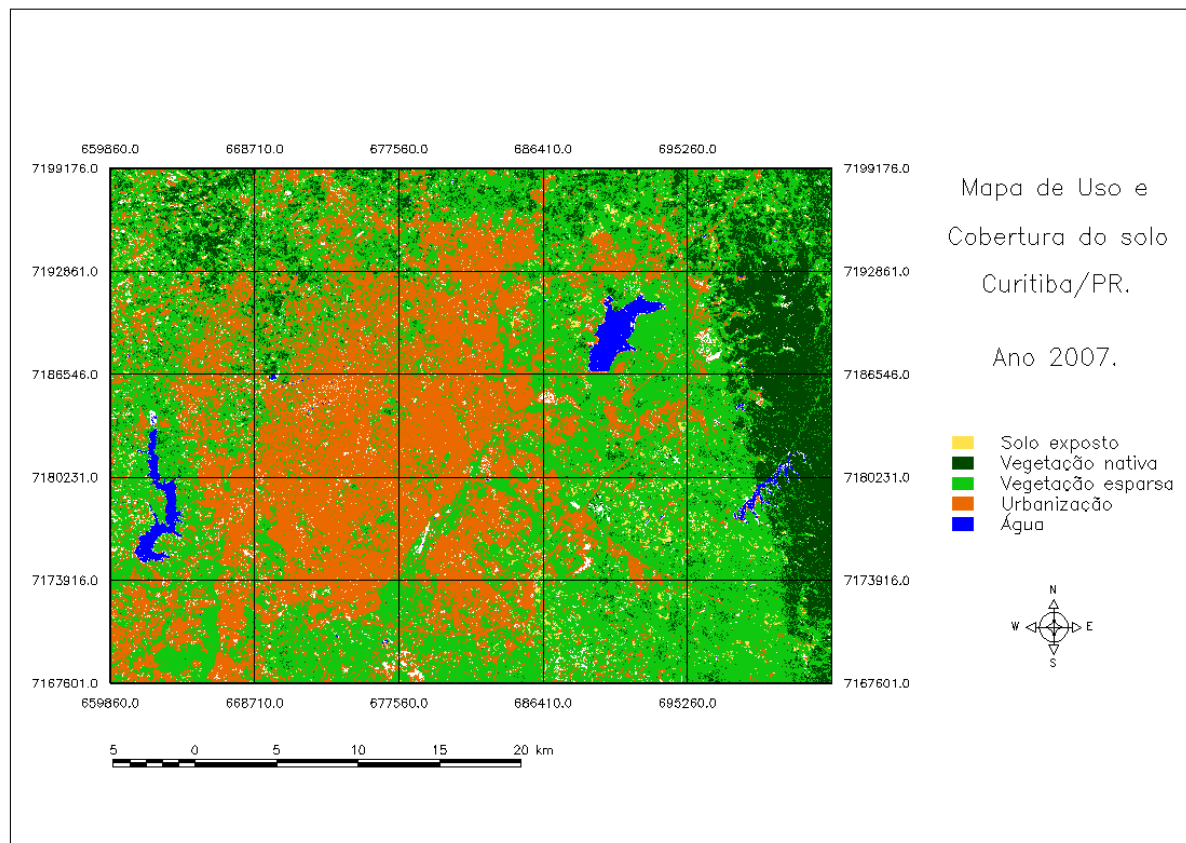


Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo.

A classificação da imagem seguiu de forma supervisionada utilizando o algoritmo de Máxima Verossimilhança (Maxver) com limiar de aceitação de 99%. O mapa de expansão urbana foi constituído a partir de cinco classes, sendo estas: água, solo exposto, vegetação esparsa, vegetação nativa e urbanização.

É a vegetação esparsa que ocupa a maior parte da área estudada, solo exposto definido como a região desprovida de vegetação, água como a classe em que há a massa de água, vegetação nativa que sofreu redução neste intervalo de tempo e a urbanização como o foco deste estudo. Vale salientar que as imagens foram escolhidas com a menor quantidade de nebulosidade possível.

As tabelas 1 e 2 mostram as matrizes de confusão, assim como os erros de inclusão e omissão para os dois dias em questão.

Tabela 1. Matriz confusão para o dia 10/04/1993.

	Urbanização	Água	Vegetação esparsa	Vegetação nativa	Solo exposto	Total*	Erro de inclusão
Urbanização	1112	5	103	0	0	1220	8,85
Água	1	942	0	0	0	943	0,11
Vegetação esparsa	397	29	2990	391	85	3892	23,18
Vegetação nativa	3	39	82	3679	0	3803	3,26
Solo Exposto	0	0	0	0	14	14	0,00
Total**	1513	1015	3175	4070	99	9872	
Erro de omissão	26,50	7,19	5,83	9,61	85,86		

*Total que deveria ser classificado como;

**Total que foi classificado como.

Tabela 2. Matriz confusão para o dia 17/04/2007

	Água	Urbanização	Vegetação esparsa	Vegetação nativa	Solo exposto	Total*	Erro de inclusão
Água	3813	0	0	11	0	3824	0,29
Urbanização	8	3741	86	0	0	3835	2,45
Vegetação esparsa	0	71	1557	350	63	2041	23,71
Vegetação nativa	0	0	37	1643	0	1680	2,20
Solo Exposto	0	0	0	0	10	10	0,00
Total**	3821	3812	1680	2004	73	11390	
Erro de omissão	26,50	7,19	5,83	9,61	85,86		

*Total que deveria ser classificado como;

**Total que foi classificado como.

A Figura 4 apresenta de forma quantitativa os resultados expressos pelo mapa de expansão urbana de Curitiba/PR. Pode-se observar que em 1993 a mancha urbana ocupava um espaço de 25,38%, enquanto em 2007 este valor aumentou para 33,98%. Dessa forma foi configurado um aumento de 8,6% do perímetro do espaço urbano.

Apesar da vegetação esparsa ocupar a maior parte da área estudada em ambos os períodos, também foi possível notar que esta vegetação diminuiu dando espaço à urbanização. Mas foi a diminuição da vegetação nativa que mais chamou a atenção, pois houve uma queda de 7,65% desta vegetação, ou seja, há um reforço na ideia de que, nos últimos anos, o aumento da urbanização tem propiciado impactos ambientais negativos, como neste caso, o desmatamento.

Mas como Erostein (2000) afirma, não é o avanço da urbanização que constituem problemas, mas o modo como acontece, assim como o que relaciona. Vale salientar que o crescimento populacional nas grandes cidades é um processo que vem se acelerando a nível mundial, desde a revolução industrial, então a expansão urbana é um fenômeno esperado.

A análise dos gráficos da Figura 4 permite, facilmente, a percepção de algumas das consequências da expansão urbana a partir das taxas expressas.

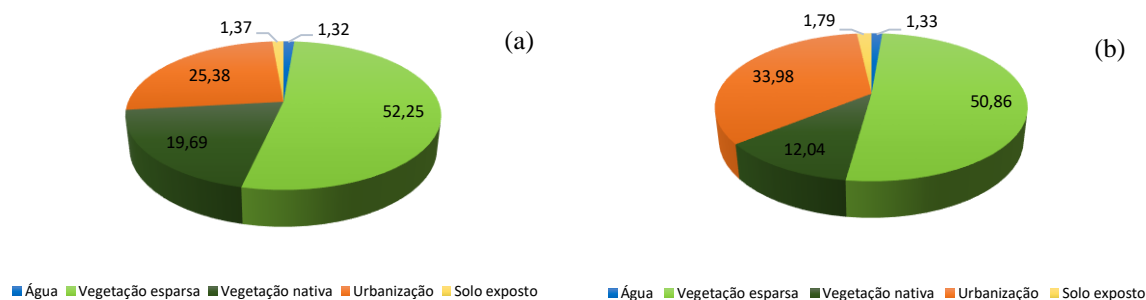


Figura 4. Distribuição percentual do uso e cobertura do solo da cidade de Curitiba/PR e região metropolitana em (a) 1993 e (b) 2007.

5. Conclusões

Utilizando-se técnicas de sensoriamento remoto foi possível detectar a expansão urbana de Curitiba/PR em um período de 14 anos, compreendido entre 1993 e 2007, o qual apresentou um crescimento urbano de 8,6% de área urbana ocupada.

A utilização de produtos orbitais de sensoriamento remoto (SR) mostrou-se eficiente neste trabalho de análise do crescimento urbano, comprovada pelos resultados obtidos por meio da comparação das imagens após serem classificadas, pois é visível o aumento da mancha urbana da cidade. Afirmando assim a utilidade do SR como instrumento de estudo do espaço urbano.

A expansão urbana, por sua vez, também acarreta consequências como a diminuição da vegetação nativa. Sendo assim, é notório a importância do mapeamento de uma região a fim de verificar-se as mudanças ocorridas e assim o espaço seja melhor compreendido. Vale salientar que a interferência antrópica tem acelerado, ou mesmo, propiciado tais mudanças.

Viu-se a importância do aspecto temporal à interpretação destas imagens, pois foi analisado as variações nos padrões de tonalidade neste intervalo de 14 anos. Vale, ainda, ressaltar a importância dos recursos de sensoriamento remoto para que estes resultados fossem alcançados.

6. Referências Bibliográficas

Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (AGEP), 2006. Disponível em <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geomorfologia/Atlas_Geomorforlogico_Parana_2006.pdf>. Acesso em 17.out.2016.

Cohen, J. *A coefficient of agreement for nominal scales*. *Educational and Psychological Measurement*. April 1960. 20: 37-4.

EROSTEIN, M. D. *Metrópole e Expansão Urbana: A persistência dos processos insustentáveis*. **São Paulo em perspectiva**. v. 15, n. 01, 2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 21.jul.2016.

LANDIS Jr, KOCH GG. *The measurement of observer agreement for categorical data*. *Biometrics* 1977; 33: 159-174.

OJIMA, Ricardo. **Novos Contornos do Crescimento Urbano Brasileiro? O Conceito de *Urban Sprawl* e os Desafios para o Planejamento Regional e Ambiental**. Núcleo de Estudos Populacionais. Universidade Estadual de Campinas, 2016. Disponível em: <<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/viewFile/234/221>>. Acesso em 20.out.2016.

TEIXEIRA, L. A.; LINS, R. D. B. *As Diferentes Formas de Expansão Urbana*. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 02, n.13, p. 15-25, 2014.