

Moura, Ana Clara M., Magalhães, Danilo M. A produção de informações sobre a ocorrência de áreas antropizadas como base para análises espaciais urbanas e regionais. Toluca - México, **XIII Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG)**, 25 a 27 maio 2011. 22 p.

A PRODUÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE A OCORRÊNCIA DE ÁREAS ANTROPIZADAS COMO BASE PARA ANÁLISES ESPACIAIS URBANAS E REGIONAIS

ANA CLARA MOURÃO MOURA¹, DANILO MARQUES DE MAGALHÃES²

Escola de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Minas Gerais

Rua Paraíba 697, cep 30130-140, Belo Horizonte, MG - Brasil

¹anaclara@ufmg.br, ²danzetrindade@yahoo.com.br

RESUMO

Proposta metodológica de construção de base de dados sobre a ocupação humana no espaço, na forma de manchas de área antropizada, para apoio ao Plano Diretor da Região Metropolitana da cidade de Belo Horizonte, Brasil. Propõe o aproveitamento de coleção de dados de localização de postes de energia elétrica, caracterizados pelo tipo de uso e número de ligações. A validação da camada de dados e as muitas informações que puderam ser produzidas a partir de sua construção foram realizadas pela comparação das manchas de áreas antropizadas segundo os postes versus a ocorrência de áreas antropizadas obtidas por classificação de imagens de satélite Rapid Eye. A comparação dos produtos permitiu identificar a vacância na ocupação territorial, a área antropizada de fato ocupada, e a área antropizada caracterizada pela justaposição com a cobertura vegetal. Os dados permitem a análise espacial da rede de centralidades e deslocamentos territoriais.

Palavras chave: Análise espacial, área antropizada, planejamento territorial.

PRODUCTION INFORMATION ON THE OCCURRENCE OF AREAS OF HUMAN OCCUPATION SPACE AS A BASIS FOR URBAN AND REGIONAL ANALYSIS

ABSTRACT

Methodological proposal to build a database of human occupation in space, in the form of patches of anthropic occupation area, aiming to support the Master Plan of the Metropolitan Region of Belo Horizonte City, Brazil. Proposes the use of data collection produced from the location of posts of electric service, characterized by the type of use and number of connections. The validation of the data layer and the stuff that might be produced from its construction were made by comparing the patches of anthropic occupation area produced by posts versus the occurrence of anthropic occupation areas obtained by classification of Rapid Eye satellite images. The comparison of the results allowed the identification of the vacancy in the land occupation, the area actually occupied by anthropic uses, and anthropic occupation characterized by the juxtaposition with the vegetation. The data allows the spatial analysis of network centralities and territorial displacement.

Keywords: Spatial Analysis, anthropic occupation area, centralities, regional planning, urban planning

1. Introdução:

A produção de base de dados que apóie a estruturação e o real aproveitamento dos recursos dos Sistemas de Informações Geográficas, através de aplicação de modelos de análise espacial, é um desafio enfrentado por todos os pesquisadores que se propõe a utilizar as ferramentas do geoprocessamento.

Um pesquisador, hoje, vê-se às voltas com essa massa de dados a serem manipulados e correlacionados na busca de respostas e há, também, o perigo de que se tornem um labirinto, no qual o encantamento com a nova tecnologia cegue o pesquisador e dificulte, ainda mais, o reconhecimento da saída. Há o risco de se supervalorizar os meios em detrimento dos fins e, nas paredes de um labirinto metodológico, perder-se todo o ganho obtido com a evolução tecnológica.

A idéia é organizar o potencial de dados já existente e torná-lo acessível à comunidade mundial. Objetiva-se gerar um “laboratório sem paredes” para pesquisadores em busca da compreensão das complexas interações entre humanidade e meio ambiente.

Uma quantidade de dados nunca antes disponível já é representada pelas imagens de alta resolução. A questão é: sem os devidos cuidados com *processos metodológicos* para a manuseio e a exploração dos dados, pode-se cair na situação do labirinto, pois o excesso de informação é tão dramático como a falta dela. São o labirinto e o deserto, situações antagônicas. O excesso de informação, se não enfrentado de modo correto, pode levar a conclusões pouco sustentáveis, regidas essencialmente pelo aparato técnico.

Outra questão importante é: a que custo? As novas tecnologias de mapeamento do modelo digital da superfície por nuvens de ponto resultantes de captura laser, para citar uma entre uma coleção de novas fontes de dados, encantam o usuário com suas perspectivas de aplicação, mas a custos talvez não acessíveis a muitos projetos.

Assim, o presente artigo visa apresentar um roteiro metodológico desenvolvido para a produção de uma coleção de dados que dão subsídios à construção de informações relativas à mancha de ocupação antrópica na Região Metropolitana de Belo Horizonte. As ações aconteceram em função das necessidades do PDDI – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte, em desenvolvimento no ano de 2010 pela UFMG e para o qual o Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura foi responsável pela estruturação da base de dados cartográfica e pelo desenvolvimento de metodologias de análises espaciais com o apoio do geoprocessamento.

Uma vez estruturado o conjunto de informações sobre as manchas de ocupação antrópica na região, são associadas a informações relativas ao tipo de uso das unidades residenciais (comércio, indústria e residencial), assim como os quantitativos sobre os números de ligações por atividade por área. Isto permitiu realizar estudo sobre as centralidades da rede antrópica e suas conexões, segundo o modelo de Potencial de Interação.

O Potencial de Interação considera a importância de cada posição no espaço segundo o seu fator de massa (número de ligações de fornecimento de energia elétrica e o uso a que se destinam), avalia as distâncias entre as centralidades territoriais segundo os eixos viários existentes, e considera as dificuldades de interação entre as centralidades segundo os atritos espaciais. O resultado final é o conhecimento das relações de influência entre as ocupações territoriais (centralidades) e a simulação das conseqüências de proposições de melhoria e abertura de novos eixos viários de ligações na rede.

2. Estado da arte / antecedentes / revisão bibliográfica.

Segundo Moura (2003) observa-se, hoje, a passagem de uma fase em que a ausência de dados para a análise espacial ditava os caminhos na pesquisa ambiental, para uma nova fase, em que a possibilidade de gestão de quantidade expressiva de dados não significa, exatamente, ganho de informação. Hoje migramos da dificuldade em obter dados para o excesso de dados, exigindo do pesquisador base conceitual e metodológica para organizá-los e tratá-los, de modo que os produtos gerados realmente sirvam de subsídios para intervenções positivas na realidade espacial. Há sim, expressiva coleção de dados, mas a maioria ainda sem condições de ser efetivamente aproveitado em modelos de análise espacial.

A ausência de dados pode ser comparada ao deserto e à necessidade de se trabalhar com inspeções pontuais e, a partir delas, propor generalizações espaciais. O momento atual pode ser comparado ao labirinto, pois já é possível obter dados com varreduras da superfície da Terra, ponto a ponto, proporcionadas por técnicas de sensoriamento remoto, e gerar sínteses e caracterizações espaciais.

No final do milênio, foram desenvolvidas etapas iniciais de um projeto de dimensões, literalmente, *mundiais*: o “*Digital Earth*”, lançado pelo vice-presidente dos Estados Unidos, Al Gore. Segundo Xavier-da-Silva (1999c, p.1) trata-se do desafio de gerar um “Modelo Digital do Ambiente”, no qual seria possível navegar em busca de informações e, a partir delas, promover amplo desenvolvimento científico, permitido pelo melhor conhecimento da realidade. É o processo de varredura ambiental levado a escalas espaciais de “*multi-resolution, three-dimensional representation of the planet, into which we can embed vast quantities of geo-referenced data*” (AL GORE, 1998, p.1).

Em discurso proferido na *California Science Center*, em 31 de janeiro de 1998, Al Gore declara:

“A new wave of technological innovation is allowing us to capture, store, process and display an unprecedented amount of information about our planet and a wide variety of environmental and cultural phenomena. Much of this information will be “georeferenced” - that is, it will refer to some specific place on the Earth’s surface. The hard part of taking advantage of this flood of geospatial information will be making sense of it - turning raw data into understandable information. Today, we often find that we have more information than we know what to do with.” (op.cit., p.1)

O estudo aqui apresentado explora as metodologias de geoprocessamento na construção de base cartográfica segundo o princípio de interpoladores espaciais de buffer (área de influência) e kernel (densidade de ocorrência de ligações de energia elétrica por tipo de uso). Obtidas as manchas de ocupação antrópica no território, o estudo explora o modelo de Potencial de Interação, Análise Multicritérios para geração de superfície de atrito territorial e Polígonos de Voronoi para estudo das áreas de influência das centralidades da rede de ocupação antrópica.

2.1. Potencial de Interação

O Potencial de Interação (PI) consiste num aplicativo desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo) da UFRJ que, através de um modelo gravitacional, calcula a interação entre pontos de referência de uma determinada área. O cálculo é feito a partir de uma massa informada pelo usuário e levando em conta a distância entre os pontos, que é percorrida pelos

caminhos que os conectam dentro dessa rede e considera também as impedâncias ou atritos territoriais que facilitam ou dificultam o deslocamento. De acordo com Xavier-da-Silva (2001) o PI permite definir posições hierárquicas dos eventos estudados, no caso as centralidades econômicas, de modo a verificar seu interrelacionamento com as outras entidades da área de estudo, a partir de uma rede estruturada.

2.2. Polígonos de Voronoi

A construção de Polígonos de Voronoi consiste, basicamente, na delimitação de áreas de influência que levam em consideração a massa e a distância dos pontos de determinada área.

De acordo com Xavier-da-Silva (2001) pode-se considerar os valores associados aos pontos de interesse (massa) juntamente com o espaço geográfico, com suas características físicas, para representar as tendências de a organização do espaço segundo a ocorrência de centros de influência, ou seja, a polarização do território; e a presença de características ambientais dominantes, indicadoras das possibilidades da ocupação humana e definidoras de certa regularidade paisagística, ou seja, região, zona ou área “homogênea”.

2.3. Superfície de Atrito – Análise de Multicritérios

Sabe-se que o território objeto de análise não é plano, tampouco é desprovido de obstáculos ou atritos aos deslocamentos de diferentes naturezas, desde os ambientais aos antrópicos. Por isso, a fim de se chegar a um resultado mais próximo da realidade, a delimitação das Áreas de Influências geradas pelos Polígonos de Voronoi, é importante propor uma superfície de atrito, que corresponde a impedâncias espaciais, ou seja, fatores que impedem ou dificultam o acesso e a expansão urbana.

A geração da superfície de atrito é realizada pela combinação de variáveis espaciais pelo processo de Análise de Multicritérios. As variáveis são organizadas na forma de mapas temáticos, que são transformados em superfícies potenciais na distribuição do tema, segundo a pertinência para a elaboração de cada síntese.

Moura (2007, p. 2900) explica que a metodologia de análise de multicritérios é bastante adequada para o emprego das geotecnologias na criação de sínteses de variáveis cujo objetivo é a identificação de áreas prioritárias para algum fenômeno ou arranjo geográfico. A autora defende:

“O procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, já realizando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.”

Para a aplicação da metodologia, o primeiro passo é a definição dos objetivos (a síntese que se pretende obter a partir da combinação de variáveis) para a seleção de temas de mapeamento e estruturação da base de dados cartográfica e alfanumérica.

Estruturada a coleção de dados, eles são trabalhados na forma de mapas temáticos ou planos de informação que retratam superfícies potenciais de distribuição da variável. Os planos de informação podem ser armazenados em formato vetorial ou matricial, mas há fortes tendências para o predomínio das operações dos modelos em formatos matriciais (*raster*). A questão se justifica pela relação de topologia implícita ao processo matricial, o que não só otimiza o cruzamento de dados, como também é condição *sine qua non* em alguns modelos.

Moura (2007, p. 2902) explica a lógica de combinação de variáveis: *“O emprego da Média Ponderada cria um espaço classificatório, ordinal, que pode ser também entendido como uma escala de intervalo. Esse processo pode também ser utilizado em escala nominal, desde que os eventos sejam hierarquizados segundo algum critério de valor. A ponderação deve ser feita por “knowledge driven evaluation”, ou seja, por conhecedores dos fenômenos e das variáveis da situação avaliada, ou por “data-driven evaluation” que se refere ao conhecimento prévio de situações semelhantes. Nesse processo, a possibilidade de se ponderar de modo inadequado uma situação é o inverso do número de ponderações atribuídas.”*

A Árvore de Decisões é um fluxograma que demonstra como serão combinadas as variáveis pelo processo de álgebra de mapas. Neste trabalho a álgebra adotada foi de média ponderada, sendo os pesos e notas sugeridos por especialistas que dominavam tanto o fenômeno retratado em cada mapa, como tinham conhecimento específico sobre o território de estudo.

3. Materiais, dados e métodos

A elaboração do mapeamento de manchas urbanas em escala regional, como o necessário para o trabalho aqui apresentado, é classicamente realizado através de processamento digital de imagens de satélite de média resolução ou de vetorização a partir de imagens de melhor resolução. Os estudos foram iniciados testando essas fontes e os resultados que poderiam ser obtidos. Contudo, para estudo de uso e ocupação do solo, crescimento das manchas urbanas, cálculo de métricas das formas da ocupação, entre outros, seria necessário obter representações espaciais capazes de identificar as nuances de suas morfologias, tais como os braços de eixos, as formas conformadas pelos agrupamentos, enfim: um nível mais bem detalhado que o promovido pela generalização das classificações de imagens de satélite.

3. 1. Criação das manchas de ocupação antrópica no território

A proposta foi a de criar uma metodologia de aproveitamento de dados pontuais a partir de postes de energia elétrica da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) e explorar suas potencialidades para agregar condições de interpretação da ocupação humana no espaço a partir dos dados. A coleção de dados pontuais de postes e seus atributos de uso fazem parte do Projeto GEMINI da CEMIG, aos quais aplicamos modelos de transformação de dados pontuais em manchas de agrupamento do serviço, o que conforma a mancha atropizada na área de estudo, ou seja: a representação mais próxima da real mancha de ocupação urbana que se pode obter ([figura 1](#), [figura 2](#), [figura 3](#)).

O argumento se baseia no fato de que o serviço de energia elétrica em Minas Gerais é muito bem distribuído, chegando onde há ocupação humana do território, independente de ser área rural ou urbana. Destaca-se que a área de estudo se localiza na Região Metropolitana de Belo Horizonte, aonde chega eletrificação em praticamente 100% de onde há ocupação humana. O banco de dados

de poste separa o serviço em área rural e urbana, o que nos permitiu fazer a mancha da área antropizada total, a área antropizada em espaço rural e a área antropizada em espaço urbano.

A partir da nuvem de postes foram aplicados buffers para definição das áreas de influência de cada poste, definindo assim uma mancha de distribuição do serviço. Foram utilizados buffers de 50 e de 100 metros, definindo assim uma área de alcance máximo para a influência do poste ([figura 4](#)). Como a escala de trabalho era a região metropolitana, observou-se que a mancha resultante da soma dos buffers de 100 metros de cada poste era bastante adequada às investigações ([figura 5](#)). Mapeada a mancha, realizou-se então procedimento de filtragem do resultado, para se trabalhar apenas com áreas maiores que a influência de um único poste isolado, e concentrar os cálculos, métricas e observações nos aglomerados da ocupação antrópica ([figura 6](#)).

3.2. Potencial de Interação – estudos da rede de centralidades, acessibilidades e impedâncias no território da RMBH

O trabalho adotou apenas com a rede rodoviária, a qual foi subdividida em: a) Existente; b) Proposta do Estado; c) Proposta do PDDI. Na rede rodoviária existente levaram-se em consideração as rodovias e as principais vias urbanas, compostas por avenidas e vias arteriais. Quando necessário, as informações foram atualizadas com base em imagens de satélite RapidEye de 2009. Os pontos de referência, locais onde foram inseridas as massas para calcular o PI, foram sedes e distritos municipais e algumas localidades que foram identificadas nas pesquisas junto às prefeituras pela equipe USDEC-PDDI ([figura 7](#)).

A massa de cada ponto foi correspondente à quantidade de consumidores de energia elétrica que têm seu cadastro na CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais – definido como atividade comercial, de serviços ou industrial. Esses dados foram retirados do número de ligação que cada poste da CEMIG, dentro da RMBH, faz para estabelecimentos que possuem esses fins. Como esses dados são pontuais e dispersos no território, foi necessário definir uma área de abrangência para cada ponto de controle da rede montada para o PI. A área de cada ponto foi definida pelo agrupamento de Áreas Homogêneas em *Campos*, unidade territorial comumente usada para fins de estudo e planejamento ([figura 8](#)).

Buscou-se com isso uma massa que desse a noção da concentração de atividades comerciais, de serviços e industriais em cada região, o que é um dos retratos da dinâmica econômica de cada um desses pontos. É importante destacar que a coleção de dados sobre os postes apresenta o número de ligações por poste por atividade, o que permitiu gerar quantitativos do conjunto de atividades por área. Foi discutida em reunião do PDDI a possibilidade de ponderar esses valores segundo o grau de importância da localidade, de modo a separar, por exemplo, uma atividade comercial de uma localidade de baixa influência de uma mesma atividade localizada em área de maior impacto no conjunto. Esta ponderação ainda será considerada.

Com a rede montada, os pontos definidos e com a massa associada, foi testado o PI em três diferentes cenários: 1 – Com as vias existentes; 2 – Com as vias existentes mais a proposta de novas vias do governo do estado; 3 – Com as vias existentes, propostas do estado mais as propostas da equipe do PDDI. Os resultados foram organizados em tabelas que demonstram as transformações na interação desses pontos na rede, e foram espacializados como mapas através da criação de Polígonos de Áreas de Influência.

3.3 Polígonos de Voronoi

Uma vez estruturada a rede do PI e calculados os resultados de interação entre os pontos relacionados na tabela, foi promovida a construção da influência territorial desses pontos, através do modelo de Polígono de Voronoi. Esse procedimento, realizado no software SAGA-LabGeo-UFRJ, considerou os mesmos pontos de referência do PI, porém com massas variadas.

Primeiramente foram trabalhadas as mesmas massas utilizadas no PI, ou seja, a quantidade de comércios, serviços e indústrias por agrupamentos de áreas homogêneas, expresso no Mapa 1. Posteriormente foram elaboradas as áreas de influência dos pontos de acordo com os resultados três resultados obtidos no PI, ou seja: 1) PI com as vias existentes; 2) PI com vias existentes + proposta do estado; 3) PI com vias existentes + proposta do estado + proposta do PDDI.

3.4. Superfície de Atrito

Foram organizadas camadas de informação em diferentes escalas, sendo a de menor detalhe as originadas a partir do mapeamento geológico. Decidiu-se pela adoção da unidade territorial de integração de dados no valor de *pixel* ou célula de 50 por 50 metros, o que atende ao critério de precisão cartográfica, como, sobretudo, pela de dimensão de interesse para a análise territorial, uma vez que a resposta por unidade de área de 50 por 50 metros é mais do que suficiente para os estudos do PDDI.

Essa superfície foi gerada por meio de cruzamentos de diversas variáveis, segundo pode ser observado na Árvore de Decisões ([figura 9](#)).

a) Grau de Capilaridade: corresponde à densidade e ao tipo de vias existentes (urbanas, rodovias, avenidas ou arteriais). As áreas em vermelho são desprovidas de vias de acesso, enquanto as áreas em verde escuro possuem maior densidade de vias e/ou vias de maior capacidade. ([figura 10](#)).

b) Topografia: delimita faixas de maior altimetria (vermelho) indicando topos de morro, protegidos por legislação específica. ([figura 11](#)).

c) Presença de unidades de conservação: indica as áreas de Proteção Integral (vermelho) e de Uso sustentável (amarelo), delimitadas por Parques, RPPN e Áreas de Preservação Ambiental. ([figura 12](#)).

d) Declividades: indica as áreas de maior declividade (vermelho a amarelo) e aquelas mais planas, com maior facilidade de acesso. ([figura 13](#)).

Todas essas informações foram cruzadas por meio de Análise de Multicritérios, o que nos proporcionou sintetizar esses fatores de modo a considerá-los como uma superfície de atrito para acessibilidade e expansão urbana. ([figura 14](#)).

4. Descrição e análise de resultados.

O estudo de distribuição dos postes de energia elétrica resultou no mapeamento da mancha da área antropizada na RMBH, partindo-se do pressuposto de que nesta região onde há ocupação há, certamente, energia elétrica ([figura 15](#)). Foram mapeados separadamente e conjuntamente ocupação antrópica rural, urbana, e na ocupação urbana a distribuição dos tipos de uso.

Muitas foram as aplicações dos resultados obtidos, entre os quais citamos o trabalho do grupo MOM (Morar de Outras Maneiras) da Escola de Arquitetura, que partiu dessa espacialização para o estudo mais detalhado da vacância imobiliária na região. A equipe do Laboratório de Geoprocessamento da mesma escola elaborou o estudo de vacância da ocupação territorial, em escala menos detalhada que a domiciliar.

Uma forma que o estudo permite a identificação da vacância territorial é o comparativo da mancha antropizada a partir dos postes com a mancha de área antropizada obtida por classificação de imagens de satélite. Onde a classificação da imagem indica área urbana ou antropizada e não há manchas de poste, isto significa que houve alteração da paisagem através de implantação de novas glebas ou de solo exposto, mas isto não foi seguido de implantação de energia elétrica. Na RMBH este tipo de combinação significa vacância na ocupação, uma vez que onde há pessoas há luz.

A imagem de satélite classificada para os estudos foi a Rapid Eye, resolução de 5 metros. A classificação por processamento digital das imagens Rapid Eye se mostraram particularmente interessantes para a identificação de padrões de cobertura vegetal (vegetação rasteira, arbustiva e arbórea), inclusive em manchas de vegetação de área intra-urbana; assim como para a identificação de áreas antropizadas, caracterizadas por ocupação urbana e solo exposto ([figura 16](#) e [figura 17](#)).

Na [figura 18](#) é possível observar com clareza que as duas áreas em questão (mancha de área antropizada por agrupamento dos postes e mancha de área antropizada na imagem de satélite) são coincidentes, ou seja, a resposta para a metodologia aplicada no aproveitamento das informações por postes foi satisfatória. As figuras subsequentes são aproximações que mostram que essa metodologia fornece outras informações importantes.

Observa-se que as Áreas Antropizadas, além de estarem de acordo com o uso do solo observado na imagem de satélite, facilitam a compreensão do mesmo. Na [figura 19](#) é apresentada uma área que visualmente poderia ser classificada como região de vegetação densa, de vegetação rasteira e de solo exposto. Porém, a densidade de postes da CEMIG presentes ali leva a entender que existe uma concentração de pessoas e de atividades humanas nessa área. Dessa maneira, as informações geradas a partir de uma fonte de dados confiável podem ser determinantes na hora de inferir sobre o uso e ocupação do solo nessa área.

Outra dúvida quanto à interpretação da imagem de satélite que pôde ser sanada a partir da comparação com as Áreas Antropizadas está exemplificada na [figura 20](#). Nesta área são vistas manchas de solo exposto, aparentemente pela abertura de novas vias, onde dificilmente seria localizada a concentração das atividades e ocupação humana. É certo interpretar que toda a área sofre influência das atividades humanas, porém pela concentração de postes observa-se que há um núcleo bem definido onde se concentram as ocupações e atividades.

Essa metodologia se mostrou eficaz para determinação de manchas de ocupação humana tanto para os grandes centros urbanos quanto para as zonas rurais da RMBH. Esses dados são constantemente atualizados pela CEMIG, por isso as Áreas Antropizadas geradas contemplam, também, zonas onde vêm ocorrendo uma expansão urbana recente, como Sabará. É importante ressaltar a confiabilidade da fonte dos dados e a precisão dos mesmos no que diz respeito ao uso e ocupação do solo pelas atividades humanas ([figura 21](#)).

Uma análise territorial realizada a partir do estudo das distribuições espaciais dos postes foi a superfície de densidade de Kernel, simples e ponderada. A densidade de Kernel simples indica as áreas de concentração de postes, o que é um indicativo muito expressivo na localização de centralidades da ocupação territorial, sobretudo quando se separa, como foi o caso, os postes que atendem a atividades de comércio e indústria ([figura 22](#)). A densidade de Kernel ponderada mapeia as áreas de concentração de postes, mas com destaque para a concentração dos postes que

apresentam maior número de ligações, sendo o resultado a identificação das principais atividades de comércio e indústria no território ([figura 23](#)).

5. Discussão e resultados da avaliação.

Muitas abordagens nos estudos da Região Metropolitana de Belo Horizonte têm sido construídas a partir da coleção de dados dos postes, tanto através da avaliação das manchas de áreas antropizadas como do arranjo espacial da distribuição dos postes.

5.1. Mapas de áreas de influência – Polígonos de Voronoi e Atrito Territorial.

Os mapas de área de influência das centralidades pelos Polígonos de Voronoi permitem avaliar até onde vai a mancha de atratividade de cada ponto da rede, de cada centralidade. Foram estudadas diferentes situações de combinação do atrito ambiental (que pode dificultar ou favorecer ligações entre os pontos da rede) com valores de massa (quantitativo indicativo do poder de força do ponto). Inicialmente considerou-se como massa a quantidade de estabelecimentos de comércio, serviços e indústria na área homogênea da centralidade. Depois foi considerado como massa o valor obtido no cálculo do Potencial de Interação entre as centralidades, usando como base de cálculo da interação a rede viária existente. Depois foi considerado como massa o valor obtido no cálculo do Potencial de Interação entre as centralidades, usando como base de cálculo da interação a rede viária existente somada à simulação das novas vias que estão sendo propostas pelo governo do estado. Finalmente, foi considerado como massa o valor obtido no cálculo do Potencial de Interação entre as centralidades, usando como base de cálculo da interação a rede viária existente somada à simulação das novas vias que estão sendo propostas pelo governo do estado e somada à simulação de novas vias propostas pela equipe do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

5.1.1 Mapa de áreas de influência por concentração de atividades econômicas ([figura 24](#)).

Método: Polígonos de Voronoi sobre superfície de atrito.

Massa: Quantidade de estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços por campos de áreas homogêneas.

Observação: A área de influência de Belo Horizonte aparece, em todos os mapas, na cor cinza, dando o aspecto de plano de fundo. Isto porque a influência da capital é incomparável às outras localidades do conjunto, mas é importante observar como isto pode ser equilibrado com as atuações na estruturação da rede, ajuste das massas e consideração dos atritos ou impedâncias.

5.1.2. Mapa de áreas de influência por PI de vias existentes ([figura 25](#)).

Método: Polígonos de Voronoi sobre superfície de atrito.

Massa: Valor do Potencial de Interação de cada ponto obtido no estudo do conjunto das vias existentes.

5.1.3 – Mapa de áreas de influência por PI de vias existentes + propostas do governo do estado. ([figura 26](#)).

Método: Polígonos de Voronoi sobre superfície de atrito.

Massa: Valor do Potencial de Interação de cada ponto obtido no estudo do conjunto das vias existentes mais o conjunto de vias propostas pelo governo do estado.

5.1.4 Mapa de áreas de influência por PI de vias existentes + propostas do governo do estado + propostas pela equipe do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado. ([figura 27](#))

Método: Polígonos de Voronoi sobre superfície de atrito.

Massa: Valor do Potencial de Interação de cada ponto obtido no estudo do conjunto das vias existentes mais o conjunto de vias propostas pelo governo do estado, mais as vias propostas pela equipe do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Pôde-se perceber, analisando os resultados, que a atual distribuição das atividades econômicas na RMBH, bem como a configuração do sistema viário existente, promove o aparecimento de áreas de influências muito desiguais. Observa-se que a grande maioria dos núcleos urbanos sofre forte influência de seus vizinhos mais fortes. Muitos deles, mesmo os distantes, sofrem forte interferência de Belo Horizonte, o que comprova que a configuração da malha rodoviária da RMBH, radial com eixos centrífugos que saem de Belo Horizonte, reforça a influência da capital sobre toda a região.

A sucessão dos mapas gerados nas análises espaciais comprova que seria possível ter uma distribuição mais igualitária das áreas de influência, caso fossem implantadas novas vias. Contudo, vale discutir se é esse o modelo de gestão que o governo pretende adotar para a RMBH. A análise gerada não permite inferir sobre as descontinuidades e barreiras espaciais que surgirão com a criação de novas rodovias. Tampouco podemos afirmar sobre a melhoria do tráfego na região a partir da criação dessas. O modelo responde, sim, sobre a ampliação do acesso aos territórios e sobre o provável impacto sobre as localidades.

É possível alimentar o modelo estruturado com novos dados e realizar novas simulações, tais como a ponderação dos valores de massa em função da importância do ponto, a simulação dos resultados da criação de novas vias, entre outros.

6. Conclusões

O Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG está se empenhando na exploração das fontes de dados aqui abordadas: a coleção de postes e as imagens Rapid Eye, para dar apoio às decisões do PDDI – Plano Diretor Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte, com destaque para as informações relativas à formação de centralidades. O estudo das centralidades faz parte da abordagem sobre a acessibilidade e fluxos de deslocamento e interação entre as manchas de ocupação do território, cujas investigações poderão ser acompanhadas nas publicações do Laboratório: http://www.arq.ufmg.br/Laboratorio_Geo/

Destacam-se os estudos já iniciados e publicados sobre métricas das morfologias das manchas de ocupação antrópica, que visam avaliar os motivos da distribuição da ocupação na área (condicionantes), assim como realizar previsões sobre áreas mais dinâmicas, áreas mais estáticas, áreas com maior integração ao conjunto em função do grau de conectividade, áreas com potencial de expansão no território.

O presente estudo visa demonstrar que, muitas vezes, a falta da coleção de dados estruturada como seria o ideal, pode se transformar em um desafio para o desenvolvimento de metodologias que resultem no aproveitamento de informações existentes. No início dos estudos foi-se à busca do mapeamento da ocupação do território com a expectativa de ter acesso a camadas de informações atualizadas sobre as vias urbanas, assim como o registro das unidades domiciliares, ou mesmo o acesso a imagens de alta resolução, o que não foi possível.

Diante da falta de informações, iniciou-se um processo de proposição de roteiro metodológico que resultou não só no mapeamento de caracterização das manchas de ocupação antrópica no território, como também permitiu a aplicação de modelos de análise espacial. Os modelos de análise espacial responderam pela indicação das centralidades no conjunto da região metropolitana, pelas condições de conexão e interação entre as centralidades, assim como simularam como favorecer um melhor equilíbrio entre as centralidades através da promoção de novas vias de ligação. É o emprego do geoprocessamento em estudos de simulação de transformações territoriais.

Agradecimentos

Agradecemos à valiosa colaboração da CEMIG, pela concessão de dados do projeto GEMINI para as investigações do PDDI – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Referências bibliográficas

- AI GORE. (1998): *The Digital Earth: understanding our planet in the 21st Century*. California Science Center, Los Angeles. [Consulta: 01-04-2000]. Disponível em <http://www.digitalearth.gov/vision.html>.
- MOURA, Ana Clara M. (2010): Estudo exploratório de aplicação de métricas de paisagem na caracterização da dinâmica de transformação regional – potenciais de transformação das manchas urbanas. *Anais VIII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos - ENABER*, Juiz de Fora, Brasil, UFJF.
- MOURA, Ana Clara M. (2005): *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. 2^a. ed. Belo Horizonte, Ed. da autora.
- MOURA, Ana Clara M. (2009): Discussões metodológicas para aplicação do modelo de Polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência fenômenos em ocupações urbanas – estudo de caso em Ouro Preto – MG. *Anais do VII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – ENABER*. São Paulo, FEA/USP.
- MOURA, Ana Clara M. (2007): Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. *Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, INPE. pp. 2899-2906.

XAVIER-DA-SILVA, J. (2009). *O que é Geoprocessamento?* Revista do CREA-RJ, 79, Rio de Janeiro, pp. 42 - 44, 30 out.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. (2001). *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro, D5 Produção Gráfica.

FIGURAS



Figura 1 – Nuvem de pontos de postes de fornecimento de energia elétrica na RMBH – Projeto GEMINI - CEMIG



Figura 2 – Detalhe da nuvem de postes de fornecimento de energia elétrica na RMBH – Projeto GEMINI - CEMIG

FID	Shape	FUSO	ABSCISSA	ORDENADA	CLASSE	QUANTIDADE
65514	Point	23	590330	7783229	Residencial	72
65515	Point	23	593380	7757760	Rural	1
65516	Point	23	610084	7815627	Residencial	63
65517	Point	23	611550	7795886	Comercial	938
65518	Point	23	604779	7762675	Residencial	3
65519	Point	23	605228	7810910	Residencial	72
65520	Point	23	611739	7825931	Residencial	1
65521	Point	23	604120	7761870	Residencial	6
65522	Point	23	609967	7793612	Residencial	14
65523	Point	23	605693	7811316	Residencial	18
65524	Point	23	610255	7795845	Industrial	1
65525	Point	23	599287	7788892	Industrial	3
65526	Point	23	606567	7792050	Comercial	1
65527	Point	23	615399	7802717	Residencial	16
65528	Point	23	630391	7810605	Residencial	16
65529	Point	23	585151	7793516	Residencial	4
65530	Point	23	609942	7806020	Residencial	42
65531	Point	23	601528	7794615	Comercial	4

Figura 3 – Detalhe da base de dados alfanumérica associada aos postes, contendo informações relativas ao tipo de uso (uso rural, residencial, comercial, industrial, público, entre outros); assim como a quantidade de ligações, por tipo de ligação, por poste.

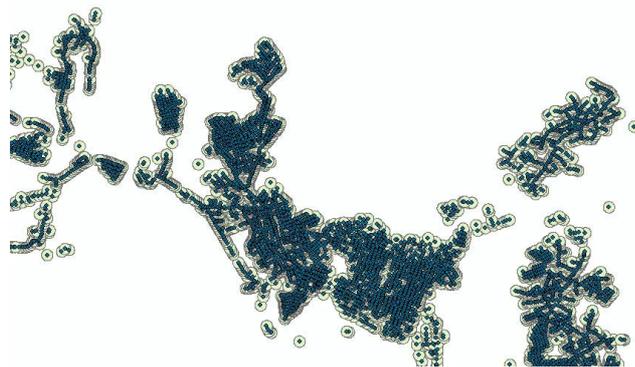


Figura 4 – Postes de energia elétrica e buffers de 100 metros a partir de cada ponto.

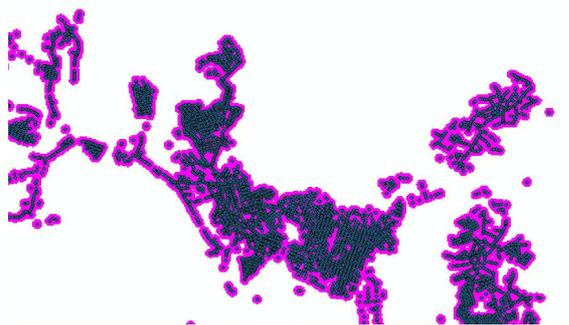


Figura 5 – Postes de energia elétrica e manchas de área de influência do serviço, formando a área antropizada

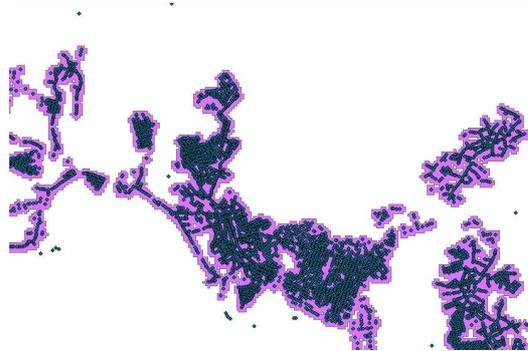


Figura 6 – Postes e manchas de área de influência, reduzidas para retirada das manchas de poste isolado, visando destaque das áreas aglomeradas da ocupação antrópica.

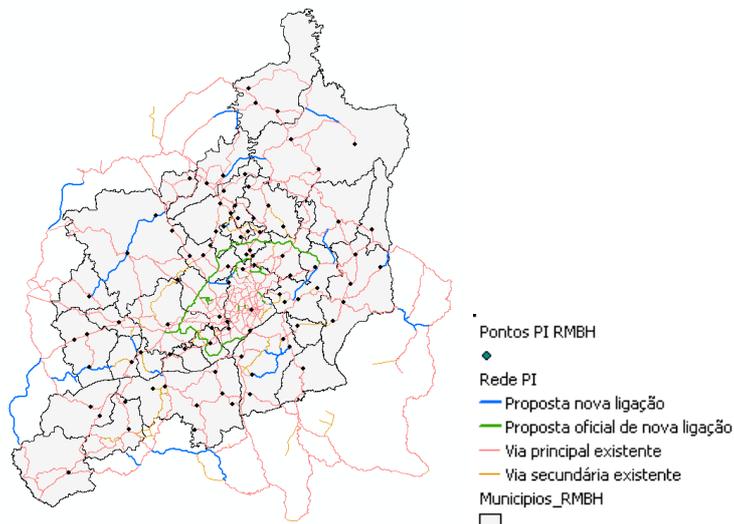


Figura 7 – Rede rodoviária e pontos referência

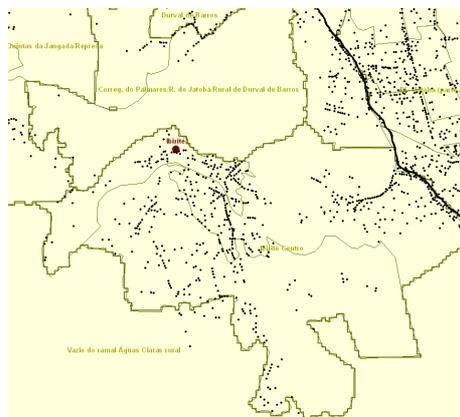


Figura 8 – Postes da CEMIG e Áreas Homogêneas

Árvore de Decisão – Atrito

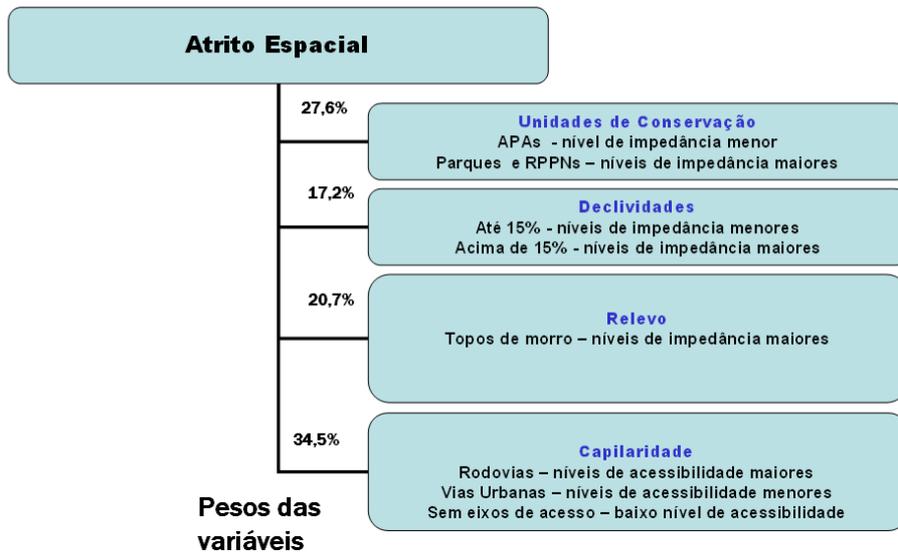


Figura 9 – Árvore de Decisões

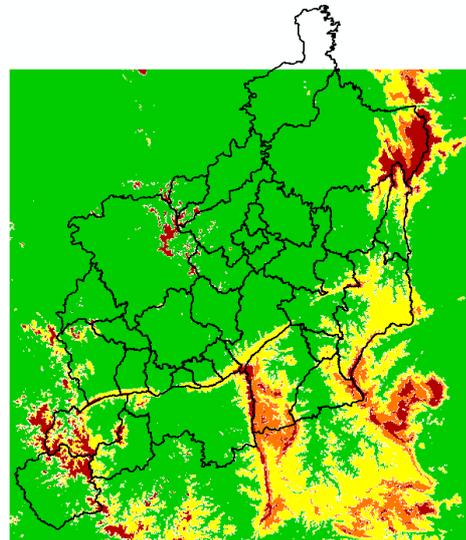
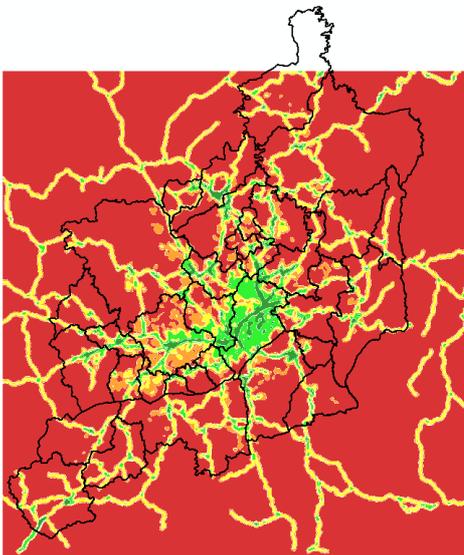


Figura 10 – Grau de Capilaridade

Figura 11 – Topografia com as faixas de maior altimetria.

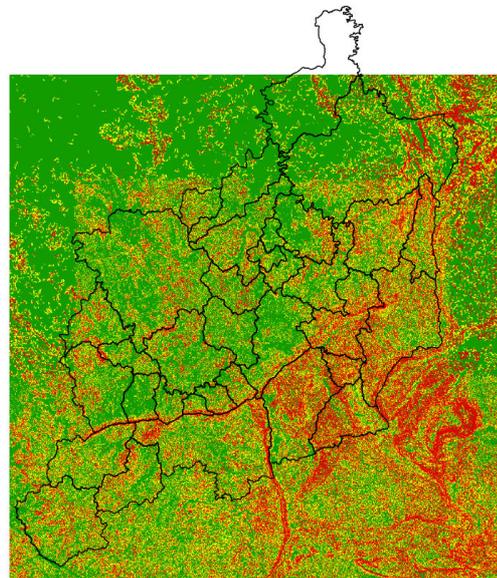
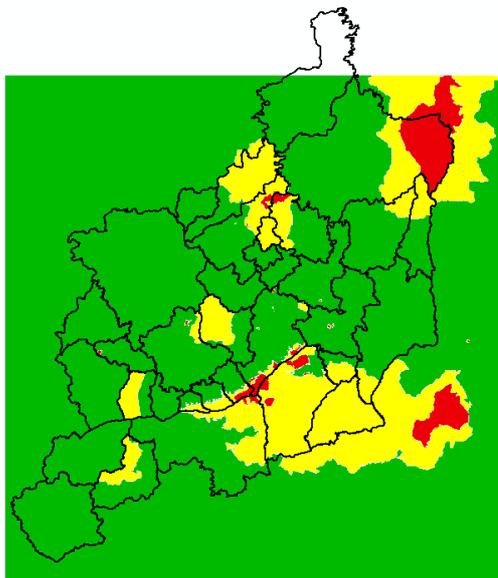
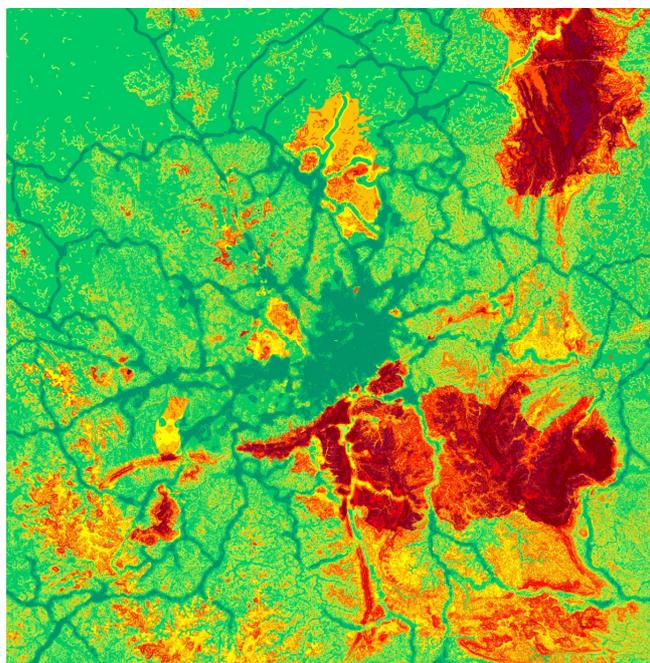


Figura 12 – Unidade de Conservação na RMBH
Figura 13 – Declividades na RMBH



- ATRITO 0
- ATRITO 2
- ATRITO 3
- ATRITO 4
- ATRITO 5
- ATRITO 6
- ATRITO 7
- ATRITO 8
- ATRITO 9
- ATRITO 10

Figura 14 – Atrito espacial

Áreas Atropizadas
Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG

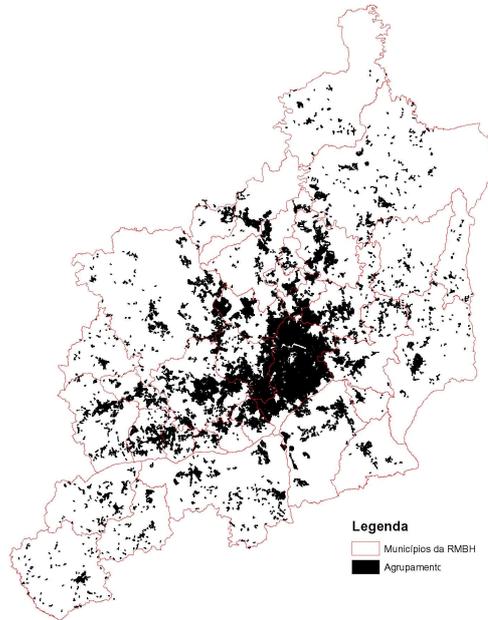


Figura 15 – Manchas urbanas na área de estudo

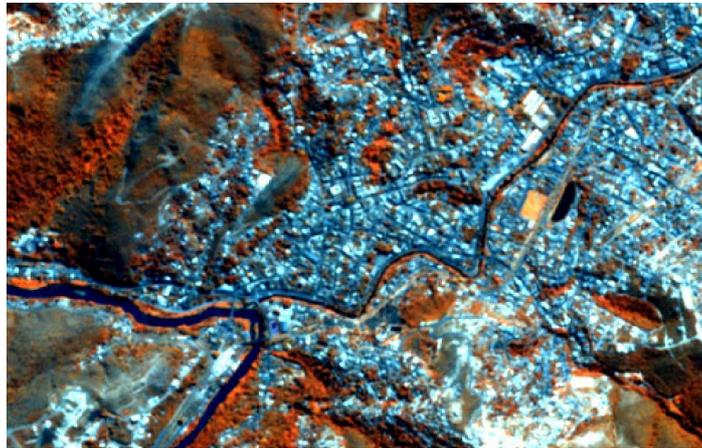


Figura 16 – Ocupação antrópica – mancha urbana.

Imagem Rapid Eye composição 456-BGR



Figura 17 – Ocupação antrópica – solo exposto.
Imagem Rapid Eye composição 456-BGR

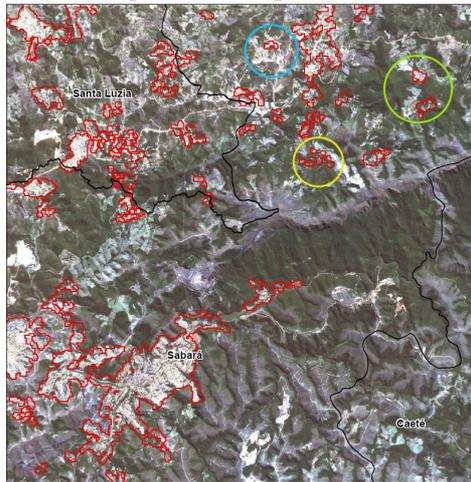


Figura 18 – Imagem Rapid Eye e manchas de áreas antropizadas geradas pelo agrupamento de postes (em vermelho).
Composição 123-BGR.

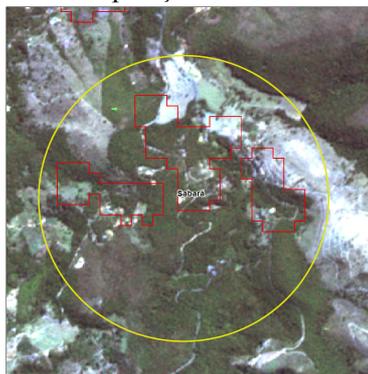


Figura 19 – Zona rural de Sabará – MG na imagem Rapid Eye. Composição 123 BGR.

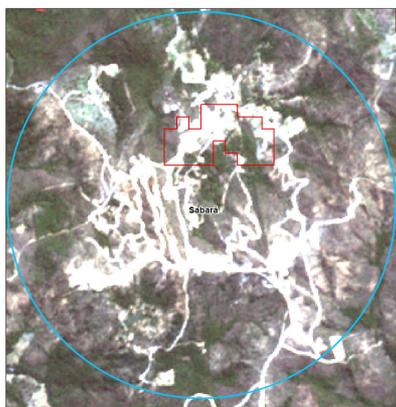


Figura 20 – Solo exposto e área antropizada.
Imagem Rapid Eye composição 123- BGR.

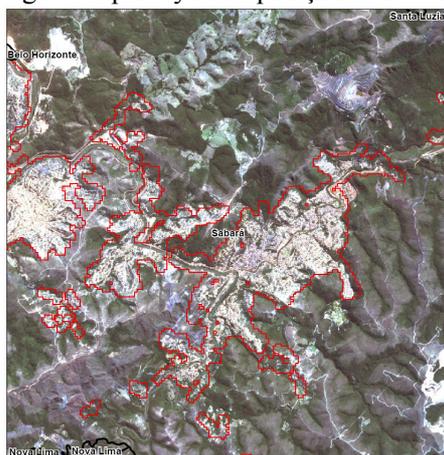


Figura 21 – Limite de mancha urbana coincidente com as áreas antropizadas.
Imagem Rapid Eye composição 123 – BGR.

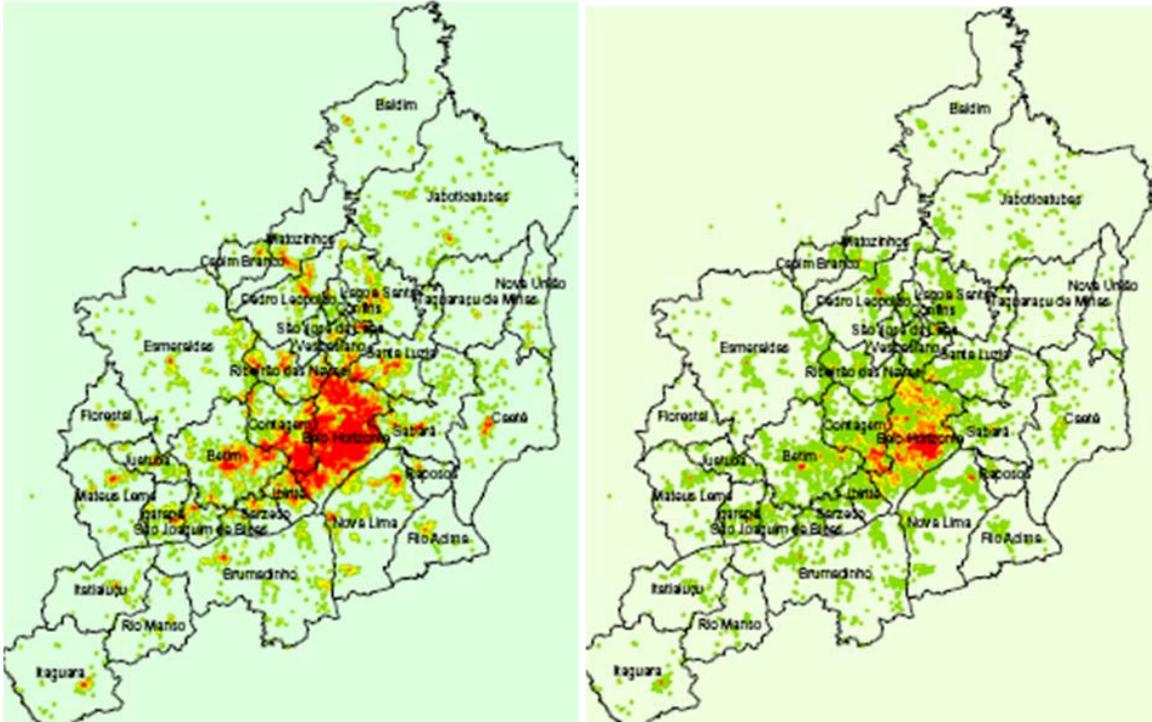


Figura 22 – Kernel por concentração de postes
 Figura 23 – Kernel ponderado por número de ligações no poste

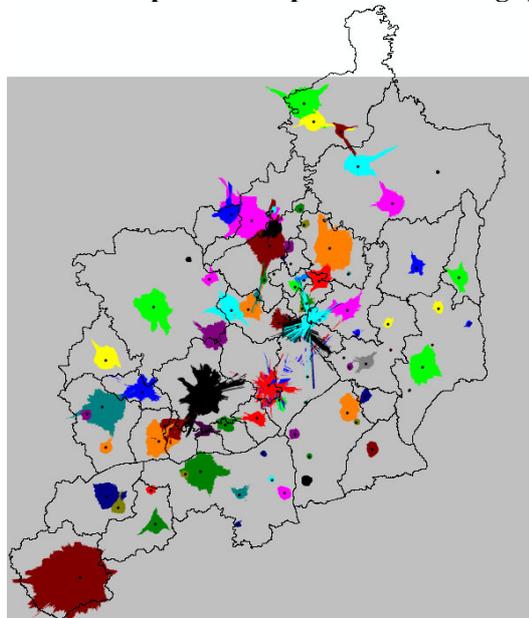


Figura 24 – Mapa de áreas de influência por concentração de atividades econômicas

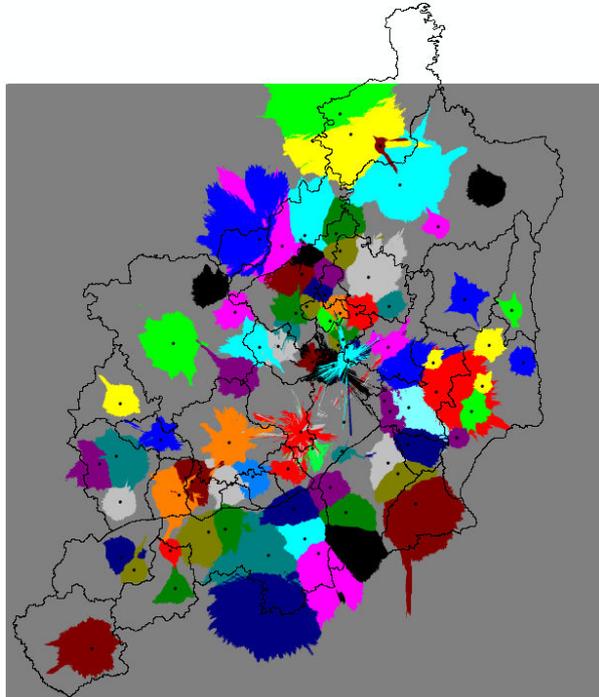


Figura 25 – Áreas de influência por PI de vias existentes

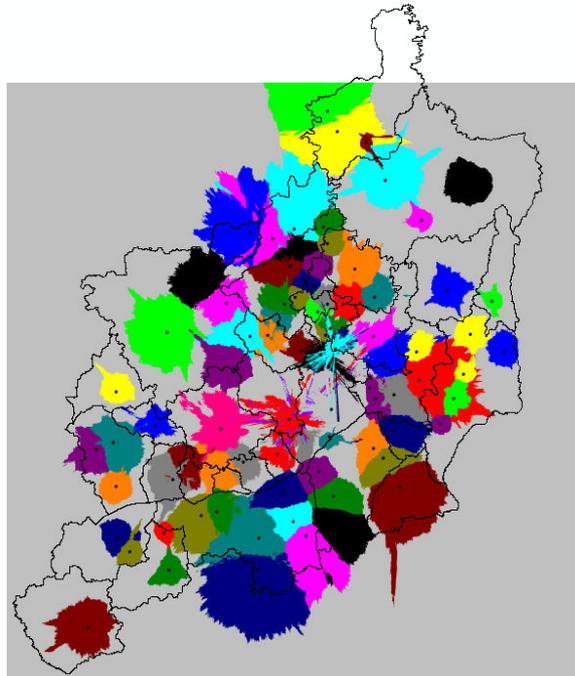


Figura 26 – Áreas de influência por PI de vias existentes + propostas do governo do estado.

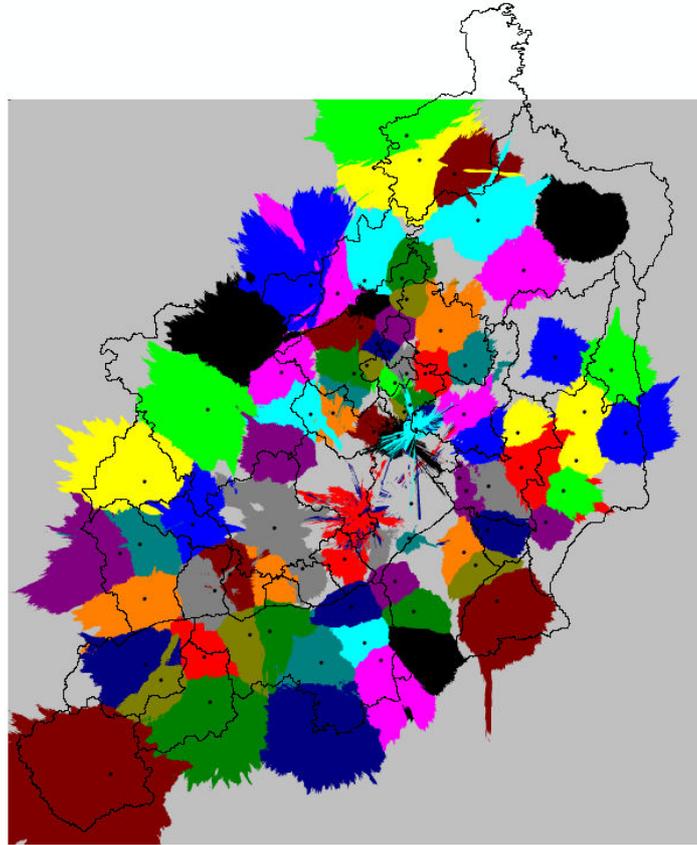


Figura 27 – Áreas de influência por PI de vias existentes + propostas do estado + propostas da equipe do PDDI.