

PROPOSTA DE EQUACIONAMENTO DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS DE CARGA. ESTUDO DE CASO: VIÇOSA-MG

Giuliano Sant'Anna Marotta
Rafael José de Oliveira Andrade
Rômulo Parma Gonçalves
Leonardo Campos de Assis
Maria Lúcia Calijuri
Marcelo C. da Silva

Universidade Federal de Viçosa – UFV
Departamento de Engenharia Civil
Av. PH Holsfs, S/N - 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil

RESUMO

Atualmente, várias cidades de médio porte, localizadas em países em desenvolvimento, enfrentam graves problemas de planejamento, como a falta de controle no ordenamento territorial, o que leva, dentre outros, ao crescimento desordenado e problemas no trânsito urbano. A configuração das vias urbanas não proporciona fluidez ao tráfego de veículos em horários de pico principalmente pela existência de pontos de estrangulamento. Propõe-se a implantação de um anel viário para, principalmente, minimizar o tráfego de veículos de carga nas regiões mais críticas e identificar áreas propícias à ocupação.

Palavras chaves: Análise de Multicritério, Sistema de Informações Geográficas, Tráfego de Veículos.

ABSTRACT

Now days, several middle-size cities localized on developing countries faces to serious planning problems, like lose control of territorial ordering, that, cause the disordered city growth and severe urban transit problems. The configuration of the streets has not provided the flowing of vehicles in rush times, mainly by the existence of punctual short-width streets. This paper proposes to implant a road ring, mainly to reduce the traffic of charge vehicles on these critical areas and to identify proper areas for land occupation.

Keywords: Multi-criterion Analysis, Geographical Information Systems, Traffic of Vehicle.

1 INTRODUÇÃO

Países em desenvolvimento como o Brasil enfrentam sérios problemas ocasionados pela ocupação não planejada do uso do solo urbano, por vezes impulsionada pela especulação imobiliária de interesses particulares. Os problemas decorrentes aliados à falta de planejamento do tráfego são somatizados por sucessivas gestões municipais que postergam a solução para a próxima gestão, ocupam-se apenas em minimizar algumas situações pontuais emergenciais. A continuidade dessas ações conduz a cenários lastimáveis aos que ocupam e/ou trafegam nos centros urbanos. Várias cidades de médio porte configuram um cenário caótico do ponto de vista da ocupação urbana, de complexa resolução por se encontrarem em expansão, apresentarem problemas de ocupação mais antigos, sem, contudo, serem auto-

suficientes economicamente para buscar soluções efetivas.

Esta problemática é típica de muitas cidades e, dentre elas, Viçosa, MG. Essa cidade apresenta como agravantes a situação não amigável do terreno, por situar-se em região montanhosa da zona da mata do Estado de Minas Gerais, possui elevada taxa de crescimento populacional impulsionada por abrigar um grande Centro de Ensino, Pesquisa e Extensão (CEPE).

Para otimizar os problemas oriundos da ocupação não planejada aliada ao ineficiente planejamento de transportes da cidade de Viçosa, apresenta-se neste trabalho uma proposta metodológica com vistas a melhorar a situação atual. A metodologia ora proposta faz uso de análise espacial e Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Propõe-se, como alternativa, a instalação de um anel viário que viabilizará a comunicação eficiente do trânsito entre bairros periféricos, além de ser mais adequada a veículos de carga. Espera-se aliviar os pontos de estrangulamento, principalmente os próximos ao centro urbano. Sugere-se, como solução ao inadequado plano de ocupação territorial, a identificação de áreas estratégicas no entorno do anel que permitam à municipalidade subsidiar o planejamento adequado do uso e ocupação do solo.

As áreas estratégicas ou áreas institucionais foram encontradas por análise multivariada, dado o elevado número de elementos envolvidos. Atribuiu-se alta prioridade a critérios pertinentes a adequabilidade econômica por aspectos construtivos e de infraestrutura. Minuciosa e exaustiva análise espacial dos resultados deve possibilitar sugestões de algumas possíveis implantações nas áreas encontradas considerando-se preferencialmente as auto-sustentáveis economicamente.

A situação caótica da ocupação e do trânsito na parte central da cidade de Viçosa e o intenso tráfego de veículos automotores nas regiões central e circunvizinha ao CEPE apresenta características indesejáveis aos usuários. A presença deste centro fez com que a cidade adquirisse novas dinâmicas espacial, social, econômica e política (Ribeiro Filho, 1997). Dessa forma, acredita-se que a ocupação do espaço urbano tem ocorrido de maneira indiscriminada, especialmente devido aos interesses imobiliários, com sérias conseqüências para a cidade. O crescimento

desordenado acelera a degradação do solo e dos mananciais hídricos e, conseqüentemente, ameaça o equilíbrio do ecossistema.

Tal cenário motiva a investigação de medidas que visem não apenas mitigar a situação atual, como também fornecer subsídios que permitam minimizar os efeitos causados pela crescente e constante ocupação antrópica na região.

2 OBJETIVO

Este trabalho teve por objetivo a busca de alternativas para otimizar o planejamento conjunto da ocupação urbana e do sistema viário em Viçosa.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O desenvolvimento dos centros urbanos tende a atrair empreendimentos de grande porte, que aliados ao crescimento da população e número de veículos, causam um impacto no sistema viário e de transportes, que deve ser previsto e analisado (Giustina e Cybis, 2003).

O município de Viçosa está situado na zona da mata do Estado de Minas Gerais – Brasil. O Município possui área de 300 quilômetros quadrados. A população estimada é de 73 mil habitantes residentes e de 12 mil flutuantes. Está a 715 km de Brasília, 230 km de Belo Horizonte, 340 km do Rio de Janeiro e 640 km de São Paulo.

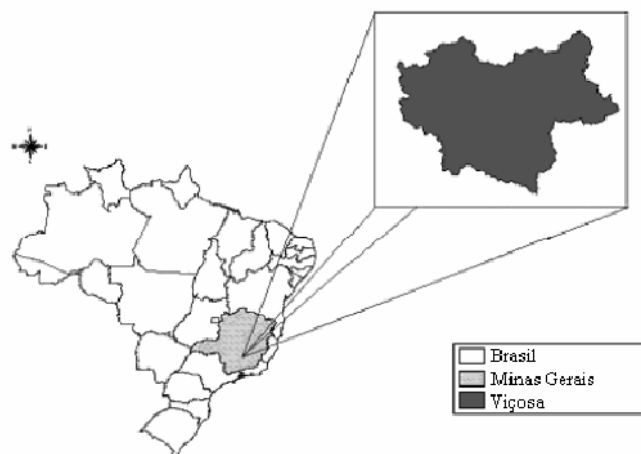


Fig. 1: Mapa de Localização do Município de Viçosa - MG, Brasil.

É considerado um dos mais importantes municípios da zona da mata. O intenso trânsito de pessoas e quase 20 mil veículos dão à Viçosa um estilo de vida diferente de cidades de mesmo porte na região.

Possui altitude entre 610 e 895 m com relevo predominantemente montanhoso. Localizado na Bacia

do Rio Doce, seus principais rios são o Rio Turvo Sujo e o Rio Turvo Limpo. Apresenta índice médio pluviométrico anual de 1221,4 mm. Na ilustração da Fig. 1 apresenta-se a localização de Viçosa no Estado de Minas Gerais e no Brasil.

4 METODOLOGIA

4.1 MATERIAIS

A base de dados contou com mapas em escala de 1:50.000, composta dos temas: sistema viário (ferrovias, rodovias federais e estaduais, vias municipais e urbanas), rede hidrográfica, divisão político-administrativa, uso do solo e cobertura vegetal (2004) e Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). Entre os softwares empregados no estudo estão: IDRISI Kilimanjaro, Sistema TopoGRAPH98, AutoCAD e Microsoft Excel.

Durante a preparação dos dados, os temas vetoriais foram convertidos em temas matriciais respeitando-se as dimensões dos mapas de cobertura vegetal e uso do solo e MDEHC, com pixels de 10 metros de resolução espacial.

Uma vez no formato matricial, ou raster, foram gerados mapas de distribuição espacial de distâncias (Euclidiana em metros) a partir da rede hidrográfica, do sistema viário e dos limites do CEPE, até a delimitação do contorno municipal. A partir do MDEHC foram obtidas as variações de declividades do terreno. Com a base de dados preparada, iniciou-se a análise multivariada, primeiramente para se definir qual seria a melhor localização e traçado do anel.

4.2 ANÁLISE MULTIVARIADA OU MULTICRITÉRIO

A seleção da melhor localização para o traçado do anel viário considerou a análise conjunta de vários critérios para uma adequada tomada de decisão.

Decisão pode ser considerada como a escolha entre várias alternativas. Critérios são conjuntos de informações que podem ser mensurados e avaliados, servem como normas para encontrar as melhores alternativas em um processo decisório (Ramos, 2000; Calijuri, 2002; Eastman, 2003).

Em uma análise multivariada ou multicritério, os critérios podem ser fatores ou restrições. Fatores aumentam ou reduzem a adequabilidade de um determinado tema em um conjunto de valores normalizados em uma mesma escala. Restrições limitam as possibilidades de um determinado tema da análise em questão.

Foram estabelecidos os critérios fatores e restrições para as condições do uso e ocupação atuais averiguados na cidade. As condições direcionaram a análise em duas etapas, com objetivo de identificar o traçado mais adequado de um anel viário (1º Etapa) e da localização de unidades territoriais de uso institucional por parte da municipalidade no entorno desse anel (2º Etapa), ambas sob a perspectiva do custo benefício. Os critérios restritivos para os diferentes temas são apresentados na TABELA 1.

As imagens dos critérios fatores para os dados do tipo contínuos referentes às 1ª e 2ª etapas foram normalizadas com funções apropriadas a cada tema, para a escala de valores de 0 a 255 cujos parâmetros (funções de normalização e pontos de controle) são apresentados na TABELA 2.

Para os dados categóricos, a imagem do critério fator referente à 1ª e 2ª etapas foi normalizada para a escala de valores de 0 a 255 (TABELA 3) através da reclassificação de suas categorias.

TABELA 1: CRITÉRIOS RESTRITIVOS

1º Etapa	2º Etapa
Limite do Município	Limite do Município
Área urbanizada	Área urbanizada
-	Áreas de mata
-	Áreas de preservação permanente (<i>buffer</i> de 30m da hidrografia)
-	Declividades > 30%
-	Sistema viário

Durante a primeira etapa, com a finalidade de gerar um mapa de custo para o traçado do anel viário, foi empregada a imagem gerada a partir da análise multivariada como superfície de atrito para a obtenção da imagem de custo-distância. Para o traçado

do anel viário foi utilizado o algoritmo do melhor caminho sobre a imagem de custo-distância entre pontos estratégicos (entroncamentos viários quase equidistantes) no entorno da área urbana de Viçosa.

TABELA 2: CRITÉRIOS FATORES DOS DADOS CONTÍNUOS PARA OS CENÁRIOS DA 1ª E 2ª ETAPAS.

Dados contínuos com valores normalizados para o intervalo de 0 a 255										
Temas	Função fuzzy	1º Etapa				2º Etapa				
		Pontos de Controle				Pontos de controle				
		A	B	C	D	Função fuzzy	A	B	C	D
Vias federais e estaduais	Sigmoidal MD	-	-	0	5.000	Sigmoidal MD	-	-	0	7.321,54
Vias municipais	Sigmoidal MD	-	-	0	500	-	-	-	-	-
Declividade	Sigmoidal MD	-	-	0	15	Sigmoidal MD	-	-	0	30,00
Vias urbanas	Sigmoidal SYM	200	300	1.000	5.000	Sigmoidal MD	-	-	0	12.210,70
Ferrovias	Sigmoidal MD	-	-	300	15.000	Sigmoidal MD	-	-	0	12.703,50
Hidrografia	Sigmoidal MC	30	150	-	-	Sigmoidal MD	-	-	0	720,35
Limite CEP	-	-	-	-	-	Sigmoidal MC	0	15.092	-	-
Distância anel	-	-	-	-	-	Sigmoidal MD	-	-	0	10.939,10

Legenda: MD: Monotônica Decrescente; MC: Monotônica Crescente.

TABELA 3: CRITÉRIOS FATORES DOS DADOS CATEGÓRICOS PARA OS CENÁRIOS DA 1ª E 2ª ETAPAS.

Dados categóricos com valores normalizados para o intervalo de 0 a 255		
Tema	Cenários	
	1º Etapa	2º Etapa
Uso do solo e cobertura vegetal		
Área urbana	0	0
Agricultura	160	150
Capoeira	210	100
Lagoa	0	0
Mata densa	5	0
Nuvem	190	0
Pastagem	230	210
Solo exposto	255	255

Conhecida a localização do anel viário, desenvolveu-se o respectivo projeto geométrico para quantificar o custo da obra. Processou-se os cálculos de volumes de cortes e aterros do trajeto considerando-se parâmetros técnicos.

Após a normalização dos critérios, os mesmos foram comparados par a par por meio do Processo Analítico de Hierarquização para a obtenção dos pesos. Os pesos obtidos para os critérios fatores empregados na análise durante cada etapa (1ª e 2ª) são mostrados na TABELA 4.

A próxima etapa consistiu em elaborar o projeto geométrico da estrada, conhecer detalhes quantitativos referentes à execução da obra e levantar os custos aproximados.

Em seguida, procedeu-se a uma nova avaliação multicritério (2ª Etapa) no intuito de conhecer unidades territoriais favoráveis ao planejamento da ocupação no entorno do anel de maneira racional e economicamente viável.

TABELA 4: PESOS DOS CRITÉRIOS FATORES.

Fatores	Etapas	
	1 ^a	2 ^a
Uso do solo e cobertura vegetal	0,1193	0,0977
Vias federais e estaduais	0,2107	0,1600
Vias municipais	0,1892	-
Declividade	0,1734	0,1534
Vias urbanas	0,1507	0,1832
Ferrovias	0,0910	0,0543
Hidrografia	0,0657	0,0711
Limite CEPE	-	0,1164
Distância anel	-	0,1639

4.3 PROJETO DO ANEL VIÁRIO

O anel viário foi projetado prioritariamente para fluxo de veículos de carga (veículos de muitos eixos), com o intuito de descongestionar o centro urbano desse tipo de veículo. Primeiramente, ajustou-se o traçado horizontal de forma a tangenciar as curvas de nível, no software TopoGraph98, pelo método de interpolação de rede triangular. Isto proporcionou menores valores de corte e aterro, já que as rampas da nova rodovia deviam ser mínimas. O relevo montanhoso não foi favorável a esse aspecto.

Procurou-se manter a velocidade do projeto em torno de 80 Km/h, salvo em alguns trechos nos quais a velocidade conseguida foi de 60 Km/h, com raio de curvatura maior, para maior conforto aos usuários.

5 RESULTADOS

Após a realização da análise multicritério e a identificação das regiões mais favoráveis para a localização do anel viário, foi realizado o projeto geométrico. A ilustração apresentada na Fig. 2 mostra a vista geral do anel viário em relação à malha urbana do município de Viçosa.

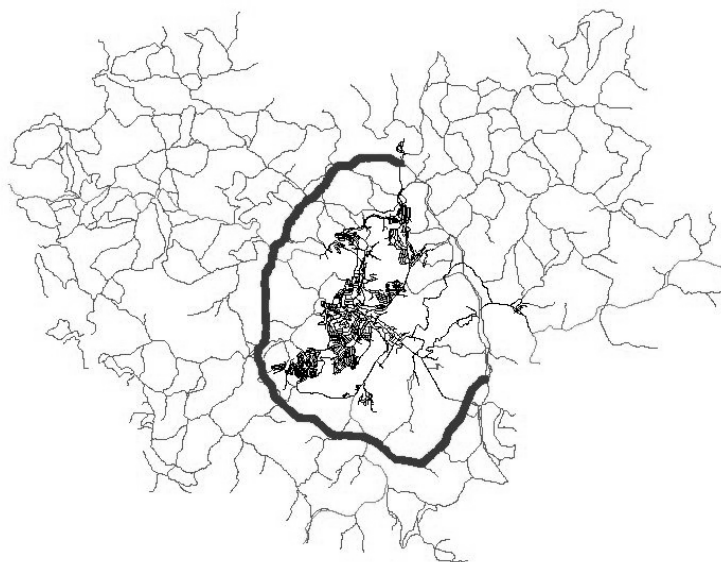


Fig. 2: Anel viário em destaque aos demais tipos de vias.

A ilustração da Fig. 3 representa todo o trajeto do anel, dividido em 9 trechos (1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B e 3C) de igual comprimento horizontal. Este procedimento (dividir o traçado) foi necessário

para facilitar a execução dos cálculos computacionais, uma vez que a densidade de pontos cotados foi ampla e o projeto é extenso.

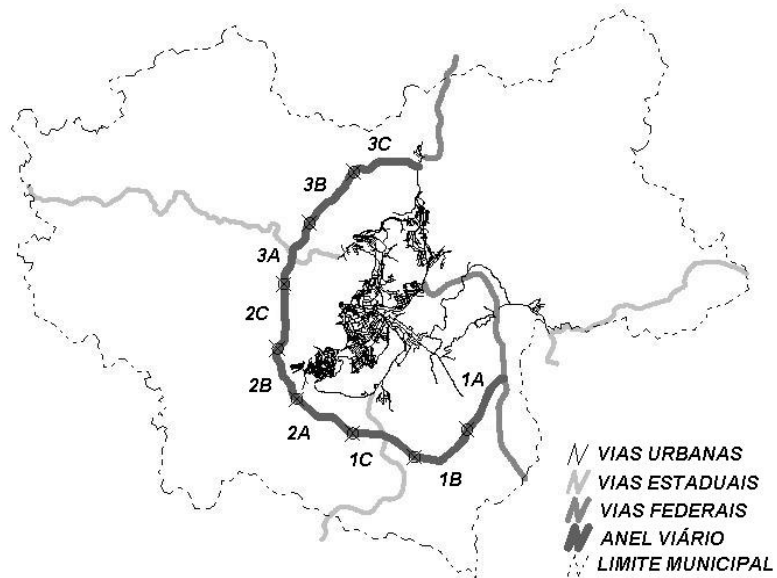


Fig. 3: Representação dos 9 trechos do anel viário

Adequou-se a grade (traçado vertical) ao desenho do perfil longitudinal do terreno de forma a aproveitá-lo com maior eficiência. O desenho na Figura

4 ilustra os perfis longitudinais do traçado vertical dividido em nove trechos que compõem o trajeto do anel.

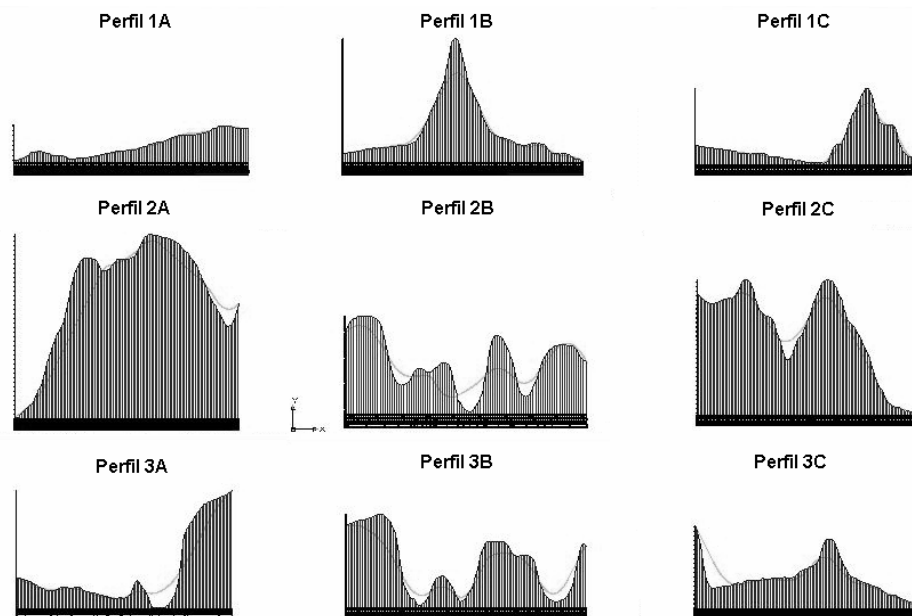


Fig. 4: Traçado Vertical (Perfis Longitudinais) dos nove trechos do anel viário

Os perfis longitudinais (Fig. 4) exibem com clareza o aspecto montanhoso do município lembrando que, para fins de cálculo, foram utilizadas escalas diferentes para o eixo horizontal (1:1000) e vertical (1:100).

Conforme a análise proposta para a localização do anel viário, foi necessário projetar rampas em alguns trechos da via com declividades

próximas a 15%, devido a alta variação do relevo na área de estudo.

Durante o cálculo do traçado geométrico foi gerado o estaqueamento com equidistância de 20 metros, onde cada seção transversal representa detalhadamente os volumes de cortes e aterros, descritos na TABELA 5.

As informações volumétricas (TABELA 5) de cada trecho, obtidas como subproduto do projeto

geométrico, forneceram os elementos fundamentais para subsidiar, por parte da Municipalidade, os cálculos

estimativos iniciais referentes ao levantamento de custos para implantação do anel.

TABELA 5: VOLUMES DE CORTE E ATERRO PARA CADA TRECHO

Trechos	Extensão (m)	Vol. corte (m ³)	Vol. aterro (m ³)	Vol. excesso (m ³)
1A	2.349,01	155.955,70	38.370,80	117.584,90
1B	2.440,11	626.744,70	36.733,10	590.011,60
1C	2.457,17	135.409,00	24.262,50	111.146,50
2A	2.442,16	1.670.331,60	222.672,60	1.447.659,00
2B	2.020,00	454.035,90	198.661,30	255.374,60
2C	2.427,95	421.496,60	135.046,90	286.449,70
3A	2.517,65	669.038,90	248.378,40	420.660,50
3B	2.476,92	663.322,40	198.255,00	465.067,40
3C	2.485,04	324.483,00	326.958,90	-2.475,90

Foram identificadas áreas aptas ao crescimento urbano em seu entorno através da análise multivariada. O anel viário foi usado como um dos fatores. Identificou-se 6 áreas propícias à ocupação, apresentadas no desenho da Figura 5.

De acordo com as áreas identificadas na Fig. 5, destaca-se a Área 2 como sendo uma área propícia à expansão do parque industrial do município, pela proximidade (aproximadamente 1600 metros) com o aglomerado industrial atual. A Área 3, situada à 2500 metros do centro urbano, às margens da rodovia federal, pode ser apropriada para a implantação de um

terminal rodoviário de cargas e um terminal rodoviário de passageiros, a fim de limitar o acesso de tráfego de veículos de carga na zona urbana. As Áreas 1, 4, 5 e 6 são áreas aptas à ocupação urbana com vistas à expansão, uma vez que a área urbanizada tem apresentado diversos problemas estruturais devido ao crescimento desordenado e não planejado.

A análise multivariada obtida permitiu confrontar informações diferenciadas aumentando o poder da análise. Sugere-se, entretanto, que os resultados sejam avaliados através de constatação da verdade de campo por meio de visitas *in loco*.

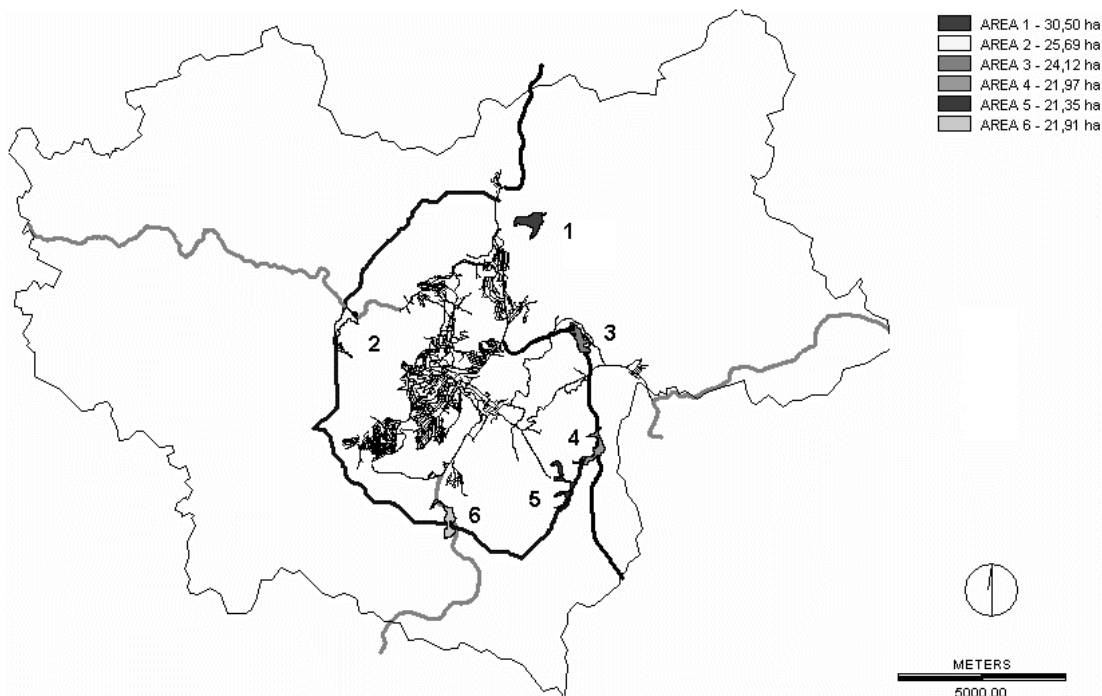


Fig. 5: Áreas institucionais adequadas à ocupação planejada no entorno do anel viário.

6 CONCLUSÃO

O projeto geométrico do anel viário proporcionou parâmetros de averiguação da viabilidade de implantação, inclusive a sua consistência. Grandes volumes de corte e aterro foram inconsistências verificadas em alguns trechos, mesmo seguindo parâmetros técnicos durante a modelagem dos dados. Suspeita-se que tais inconsistências possam estar associadas à característica predominantemente montanhosa do relevo da região.

Em relação às áreas aptas à ocupação e urbanização, pode-se afirmar que as opções encontradas subsidiam o incentivo ao afastamento do centro urbano de forma planejada, o que, espera-se refletir diretamente no aumento da qualidade de vida da população. Além disso, as mesmas podem identificar os vetores de crescimento do município.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calijuri, M. L.; A. L. O. Melo e J. F. Lorentz, 2002. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. Revista de Informática Pública, Vol. 4, N° 2 pp.231-350.

Eastman, J. R., 2003. Idrisi Kilimanjaro guide for GIS and image processing. Clark University, Worcester - MA., 306 páginas.

Giustina, C. D.; Cybis, H. B. B., 2003. Metodologias de análise para estudos de impactos de Pólos Geradores de Tráfego. In Anais III Semana de Produção e Transportes Porto Alegre – RS.

Oliveira, C. H., 1996. Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas. São Carlos, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, 181 páginas.

Ramos, R. A. R., 2000. Localização industrial: um modelo espacial para o noroeste de Portugal. Braga, Portugal, Tese de Doutorado Universidade do Minho, Portugal - Pt., 299 p.

Ribeiro Filho, G. B., 1997. A Formação do Espaço Construído: Cidade e Legislação Urbanística em Viçosa-MG, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 234 páginas.

Soares, M. A. S.; R. A. R. Ramos e J. F. G. Mendes., 2004. Planeamento do uso do solo em ambiente SIG: aplicação à localização industrial. In Contribuições para o desenvolvimento sustentável em cidades Portuguesas e Brasileiras (ed), Livraria Almedina, Coimbra – Pt, pp. 190-210.