



7 e 8 Novembro 2012

ANÁLISE COMPARATIVA DO TRAÇADO DA RODOVIA BR-487 (ESTRADA BOIADEIRA) COM VISTAS À SUSTENTABILIDADE

Olindo Savi¹

Rafael Alves de Souza²

Juares José Pereira³

Christhian Rodrigo Pellacani⁴

Osvaldo Joaquim dos Santos⁵

Juliana Bueno Ruiz⁶

RESUMO

Os conceitos de sustentabilidade se firmam cada vez mais como elementos para novos projetos governamentais. Recentemente o Governo Federal, através de Decreto, alterou a Lei de Licitações, incluindo a sustentabilidade como norma a ser observada nos novos projetos da iniciativa pública federal. Neste trabalho, é feita a análise de duas alternativas para a implantação do trecho do traçado da rodovia BR-487 (Estrada Boiadeira), com foco nos aspectos econômicos e na preservação da área da bacia de interesse para o manancial de abastecimento da cidade de Umuarama. O trabalho foi desenvolvido por análise comparativa de duas propostas do traçado para a rodovia abordando aspectos ambientais, economia de tempo de viagem, consumo de combustível, e ainda investimentos necessários para a implantação dos trechos alternativos. Conclui-se que o traçado da Alternativa B apresentou vantagens, como indicam os resultados obtidos nesta pesquisa, e que é possível buscar alternativas para os projetos, atendendo aos conceitos de sustentabilidade. Neste estudo de caso, observa-se que além dos ganhos ambientais e sociais, com a preservação dos recursos naturais, é possível ainda, auferir ganhos financeiros, com menor investimento, mantendo as condições econômicas de operação do empreendimento.

Palavras-chave: Traçado de rodovia. Manancial de abastecimento. Projetos sustentáveis.

¹ Mestrando, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, o.savi@terra.com.br.

² Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, rsouza@uem.br.

³ Prof. Mestrando, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, juares-pereira@hotmail.com.

⁴ Prof. Dr., Univ. Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Tecnologia-DTC, autor do livro Poluição das Águas Doces Superficiais & Responsabilidade Civil. Curitiba: Juruá, 2005.drpellacani@uol.br.

⁵ Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Tecnologia-DTC, ojsantos@uem.br.

⁶ Profª. Drª., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Tecnologia-DTC, ruiz-juliana@ig.com.br.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o transporte rodoviário foi responsável pelo movimento de 61,8% das cargas e 96,2% dos passageiros (CNT, 2006), o que faz com que a modalidade tenha um importante papel no desenvolvimento econômico, influenciando o desenvolvimento social e econômico da região por ela atendida. Neste aspecto, a rodovia BR-487 (Estrada Boiadeira) tem um papel importante para promover o desenvolvimento da região noroeste do Paraná e sudeste de Mato Grosso do Sul.

A construção de uma obra rodoviária, como qualquer grande obra de engenharia, é geradora de impactos positivos e negativos, na fase de execução e durante a vida útil operacional. Até pouco tempo, a maior preocupação na implantação de uma obra rodoviária estava voltada para a possibilidade de gerar o desenvolvimento e atender à demanda política e deveria atender aos Art. 225 da Constituição Federal de 1988, Art. 207 da Constituição do Estado do Paraná e à Resolução nº 01/06 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), mas a partir de 1981, com a edição da Lei Federal n.º 6.938 que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, para a implantação de obras geradoras de impactos passaram a ser necessários estudos de impacto ambiental visando à preservação da qualidade ambiental nas áreas de implantação.

Atualmente, conceitos mais abrangentes de sustentabilidade passaram a nortear a implantação de empreendimentos, a partir da preocupação com o desenvolvimento sustentável, que Jacobi (2003) descreve como uma garantia de mudanças geopolíticas sem comprometer os sistemas ecológicos e sociais que sustentem as comunidades, com a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as diversas formas de atuação no aumento do controle social sobre a coisa pública. A sustentabilidade procura integrar a viabilidade econômica com a prudência ecológica e a justiça social (BACHA *et al.* (2010).

Com a edição do Decreto Federal n.º 7746 em junho de 2012, regulamentando o Art. 3º da Lei nº 8666/1996, estabelecendo diretrizes de sustentabilidade para obras públicas no Brasil, entre elas a de produzir o menor impacto sobre os recursos naturais como flora, fauna, ar, solo e água e conferir maior eficiência à utilização de recursos naturais como água e energia, o governo vai de encontro ao movimento social. O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA - PR) e outras 11 Entidades de Classe paranaenses já firmaram sua adesão ao Pacto Global (CREA-PR, 2012).

Uma rodovia, por suas características, se desenvolve em grandes distâncias, interagindo diretamente com cursos d'água naturais e mananciais de abastecimento público. A água, bem precioso e necessário para a subsistência humana, é um constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, correspondendo a mais de 60% do peso de uma pessoa (CASTRO *et al.*, 1995). Cerca de 97% da água na Terra é salgada, 2,2% se concentram nas calotas polares e geleiras e apenas 0,8% é de água doce, desta, apenas 3% se apresenta na forma de água superficial, de mais fácil exploração para abastecimento público, o equivalente a 10,88 trilhões (10^{12}) de m³, o que ressalta a importância de se preservar os recursos hídricos e evitar a sua contaminação. A água doce é tão importante para consumo e produção, que Ganho (2011) afirma ser ela o limitador do crescimento populacional e de produção alimentícia, pois os profissionais de planejamento e logística mundial sugerem que num horizonte de 20 anos, haverá o equilíbrio entre a oferta e a demanda.

Para atender aos princípios de sustentabilidade, além da busca pela preservação dos recursos naturais e redução dos impactos causados pela implantação de uma rodovia, deve-se buscar um projeto que, durante sua fase de operação, seja mais eficiente na gestão dos recursos naturais e ambientais.

O trabalho propõe uma análise das questões ambientais e de sustentabilidade do traçado proposto da rodovia BR-487, no trecho entre a PR-323 e a PR-580, nas intersecções com o traçado original e de uma alternativa a este, com vistas a se verificar o menor impacto ambiental.

2. OS MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO

A água para o abastecimento público pode ser obtida em mananciais de superfície, subterrâneos e em cacimbas que coletam águas das chuvas (CASTRO *et al.*, 1995). Os mananciais de superfície são constituídos pelos cursos d'água, os subterrâneos pelas reservas de águas do subsolo, como os lençóis freáticos, onde a água escoia sob ação da pressão atmosférica, e confinados, com as águas localizadas entre as camadas impermeáveis do subsolo, sujeitos a pressões maiores do que a atmosférica e as cacimbas, que são reservatórios de armazenamento das águas de chuvas, aplicáveis em áreas de grande pluviosidade ou de seca (CASTRO *et al.*, 1995). Para Castro *et al.* (1995), os mananciais subterrâneos apresentam a vantagem de possuir água de boa qualidade para o consumo humano. No entanto, são vulneráveis à contaminação e as águas são menos ricas em oxigênio do que as das camadas superiores.

A quantidade de água necessária para o consumo humano varia conforme o clima, os hábitos e o tamanho da população atendida. Para as cidades brasileiras com população entre 10.000 e 100.000 habitantes, o consumo diário varia de 180 a 360 litros/habitante (ANA, 2005).

Os poços perfurados na região do Arenito Caiuá, com profundidades médias de até 140 metros, produzem vazões médias de 18,7 m³/h (ANA, 2005), prestando-se apenas para o abastecimento de pequenas localidades, para consumidores individuais, domésticos e industriais, ou como complemento de sistemas de abastecimento público de cidades. Para Mendes *et al.* (2002), a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), que atende a 98,83% do consumo da população do Estado, em 2001, obtinha cerca de 15% da produção de água proveniente de poços subterrâneos, operando 821 poços em 284 municípios dentre os 399 de todo o Estado, atendendo comunidades de pequeno e médio portes, sendo que 52,37% de toda a produção se situa no Aquífero Serra Geral.

Outra fonte de abastecimento de manancial de profundidade é o Aquífero Guarani. Neste a SANEPAR operava, em 2001, 13 poços, com vazão média 35,7 m³/h, sendo que as águas captadas para o abastecimento público apresentam característica sulfanada sódica a cloretada sódica, com teores de sólidos totais elevados, atingindo até 1700 mg/l e temperaturas de até 65 °C, necessitando de misturas com águas pouco mineralizadas para adequação ao consumo humano (MENDES *et al.* 2002). Os autores relatam que um poço perfurado na cidade de Londrina, com vazão de 250 m³/h teve sua utilização inviabilizada pelo alto teor de Flúor. Para Rosa Filho & Fraga (2009), embora tenha sido amplamente divulgado que o aquífero Guarani se constituía numa das maiores riquezas da Região Sul do Brasil, projeto de estudo realizado entre a *Global Environment Facility* (GEF) e a Organização dos Estados Americanos (OEA), com apoio do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), indicou que o aquífero, na sua maior parte, armazena água salobra, inadequada para o consumo humano, sem tratamento, com a água doce ocorrendo em cerca de três dezenas de cidades paranaenses, na região de Londrina. Para os autores, no eixo Cianorte-Umuarama, é provável que as águas do Aquífero Guarani sejam inadequadas para exploração. A tese sugerida parece ter sido comprovada com a perfuração de um poço, pela SANEPAR, na cidade de Cianorte, para exploração do Aquífero Guarani, que apresentou água cloretada sódica (BITTENCOURT, 2008), o que tornou inviável sua utilização.

Os mananciais de superfície, que possuem águas mais ricas em oxigênio (CASTRO *et al.*, 1998), são utilizados no Estado do Paraná para o abastecimento de cidades de médio e grande portes. Na região do Arenito Caiuá, o potencial hidrogeológico, segundo a SUDERHSA (1998), é de 4,2 l/s/km², inferior à média para região geográfica do Paraná, que é de 5,28 l/s/km² (ANA, 2005).

A água para consumo humano, higiene e usos domésticos deve ser isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde e ser esteticamente agradável, sendo permitidos os seguintes valores máximos (mg/l): Arsênio, 0,05; Cádmio, 0,005; Chumbo, 0,05; Cianetos, 0,1; Cromo, 0,05; Mercúrio, 0,001; Nitratos, 10 e Prata, 0,05 (CASTRO *et al.*, 1995)

3. POLUIÇÃO E IMPACTOS CAUSADOS POR VIAS DE TRÁFEGO

A poluição é definida por Castro *et al.* (1995) como a ocorrência em um meio que altera prejudicialmente as suas características originais, afetando a saúde, a segurança e o bem-estar social da população, criando condições adversas para as atividades econômicas e ocasionando danos relevantes à flora, fauna e qualquer recurso natural, entre outros, e é caracterizada pela introdução de substâncias artificiais ou naturais e estranhas ao meio, alterando as proporções e características de seus elementos constituintes. Para os autores, existem diversas formas de poluição das águas, como as de origem natural e também as resultantes de atividades humanas, sendo a contaminação, o assoreamento, a eutrofização e a acidificação os principais processos poluidores. Os autores destacam ainda que a contaminação é a introdução de substâncias nocivas à saúde e às espécies da vida aquática, como metais pesados e organismos patogênicos, que podem causar desde a perda de apetite e náusea, até debilidade muscular, o comprometimento do sistema nervoso central e alterar o metabolismo do colesterol e mutações, podendo levar à morte.

Os esgotos pluviais são geradores de impactos importantes sobre os mananciais, promovendo a lavagem das ruas, provocando o aumento dos sedimentos, degradando a qualidade da água e contaminando os aquíferos, além de as substâncias carregadas poderem agregar-se aos sedimentos, aumentando o tempo de permanência nos mananciais (CASTRO *et al.*, 1995). Os principais contaminantes pela drenagem urbana são: sedimentos, matéria orgânica, bactérias, metais como cobre, zinco, manganês, ferro e chumbo e hidrocarbonetos, provenientes do petróleo, tendo como principais fontes geradoras a deposição atmosférica, o desgaste da pavimentação, veículos, restos de vegetação, lixo e poeira, restos e dejetos de animais, derramamentos e erosão, que são as chamadas cargas difusas. Ainda para os autores, os principais poluentes são de origem do desgaste do pavimento e dos derrames de combustíveis e lubrificantes. Além disso, os veículos contribuem com poluentes como óleo lubrificante, líquido refrigerante, partículas provenientes de desgaste de pneus e freios, ferrugem, partículas de tinta e pedaços que se soltam devido à vibração e, embora representem menos de 5% em peso dos poluentes produzidos nas ruas, são os mais tóxicos e potencialmente mais prejudiciais à vida aquática, sendo os mais importantes os derivados do petróleo, graxas, parafinas, asbestos e metais pesados, como o cádmio, cobre, cromo, chumbo, mercúrio, níquel e zinco, e aparecendo com mais frequência o arsênio, cádmio, cobalto e selênio. A concentração de chumbo no efluente de drenagem urbana pode chegar a 0,19 mg/litro (IDE, 1984 apud CASTRO *et al.*, 1995) e a carga de DBO a 700 mg/litro (APWA, 1969).

A presença de metais pesados, pesticidas e outros tóxicos no escoamento superficial prejudica o uso do corpo receptor para o abastecimento urbano (CASTRO *et al.*, 1995) e os eventos de precipitação, de acordo com a intensidade, podem elevar as concentrações de metais tóxicos até níveis agudos (Ellis, 1986 apud Castro *et al.*, 1995), tornando difícil manter um padrão de qualidade para lançamento do efluente pluvial.

Os impactos ambientais causados pelas rodovias aos mananciais de abastecimento são importantes e preocupantes. A implantação do rodoanel na cidade de São Paulo provocou impactos significativos nos mananciais de abastecimento de Guarapiranga e Billings, levando a DERSA - Desenvolvimento Rodoviário S.A. e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) a formar uma parceria para criar um sistema de controle para o trecho sul do Rodoanel, onde estão localizados os mananciais de abastecimento da cidade de São Paulo. Para o IPT (2012), o escoamento das águas de chuvas é o principal meio de transporte dos poluentes acumulados na rodovia, que promovem a limpeza da pista, e são levados para os corpos d'água a jusante. Destacando que qualquer descarga que possa alcançar um reservatório de abastecimento é preocupante, e a poluição gerada varia com a intensidade e o tempo de duração das chuvas, merecendo especial atenção os momentos iniciais das precipitações, onde ocorre o primeiro fluxo de lavagem ("*first flush*"), pois neste instante são carregadas as maiores concentrações de poluentes, e seu lançamento nos cursos d'água podem levá-los, inclusive, para as águas subterrâneas, e chamam a atenção para a carga de poluentes

inorgânicos, pelo risco de contaminação que apresentam para o abastecimento de água, que somados aos orgânicos podem se apresentar com mais de 300 diferentes tipos. Para ASCE (1992) apud Castro *et al.* (1995), as experiências Americanas indicam que os primeiros 15mm de precipitação são responsáveis pelo carreamento de 80 a 90% dos poluentes, colocando, neste caso, as chuvas de baixa precipitação como as responsáveis pelas vazões de efluentes com maiores concentrações de poluentes.

As fontes de origem dos principais poluentes derivados dos veículos automotores estão indicadas no Quadro 1.

A presença dos produtos tóxicos é difícil de ser avaliada no longo prazo, mas usualmente eles causam danos fisiológicos que alteram o crescimento e as taxas de reprodução, tornando as populações mais suscetíveis a doenças e ao estresse (WANIELISTA & YOUSSEF, 1993 apud CASTRO *et al.*, 1995).

Quadro 1 - Origem dos poluentes dos veículos

Poluente	Fonte
Asbesto	Embreagem, freio
Cobre	Mancais, freio
Cromo	Galvanizados, anéis, freio
Chumbo	Oleo do motor, mancais
Níquel	freio
Zinco	Oleo do motor, pneus
Fósforo	Aditivos para o óleo do motor
Graxas e hidrocarbonetos	Combustível, óleo lubrificante, fluidos dos sistemas hidráulicos
Borracha	pneus

Fonte: NOVOTNY & CHESTERS, 1981, apud CASTRO *et al.* (1995).

Para Castro *et al.* (1995), muitos produtos tóxicos se acumulam no sedimento, tornando sua permanência por longos períodos de tempo. Para Sperling (1996), a presença dos produtos inorgânicos, como os metais pesados, exigem um tratamento específico para a remoção dos poluentes, podendo, segundo Garcez (1976), tornar impossível o tratamento das águas. A gravidade do impacto de uma rodovia sobre o manancial de abastecimento está caracterizada no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da rodovia em estudo (DNIT, 2008), que cita que caso o traçado da rodovia venha a atingir o Ribeirão Piava, manancial de abastecimento de Umuarama, o impacto deve ser considerado de grande importância, pois deve-se ter em conta a possibilidade de vazamento de cargas perigosas, que podem provocar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, com graves consequências para a fauna. Como muitas substâncias tóxicas ficam impregnadas nos organismos, é questão de tempo para que atinjam outros animais da cadeia alimentar, nos mais variados níveis tróficos, inclusive o ser humano.

4. METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa foi delineado objetivando a revisão bibliográfica, a coleta de informações sobre o manancial de abastecimento da cidade e do trecho de implantação da rodovia PR-487 (Estrada Boiadeira, entre a PR-323 e PR-580).

Para a análise da influência da geometria da rodovia nos traçados estudados, foram considerados o traçado planimétrico do EIA (DNIT, 2008) para a Alternativa A e acompanhando o traçado da estrada velha entre Umuarama e Lovat na Alternativa B, com obtenção da curvatura média nos trechos. Na altimetria, os desníveis foram reduzidos em 8 metros para os trechos de rampa superiores a estes e considerada plana para os demais trechos, a partir dos quais foram determinadas as declividades das rampas e obtida a declividade média em subidas e descidas, no sentido PR-323 à PR-580.

Para simulação do consumo de combustíveis e tempo de viagem foi utilizado o software HDM-VOC - *Free-Flow Vehicle Operating Costs Model - version 4.0*, disponibilizado no site do *World Bank*, para 4 tipos de veículos: veículo médio de passeio, caminhão leve, caminhão pesado e ônibus, para uma rodovia hipotética, com coeficiente de rugosidade de 4,69 m/km, conforme Klein (2011), considerando carga para o caminhão leve de 9 ton, 4 ton para o ônibus e 26 ton para o

caminhão pesado. O fator peso-potência do caminhão pesado, pela configuração original do HDM-VOC é de 114,54 kg/kW (potência de 225 kW).

5. ESTUDO DE CASO: TRAÇADO DA RODOVIA BR-487 (ESTRADA BOIADEIRA)

Neste trabalho de pesquisa serão analisadas duas alternativas (A e B) para o traçado da rodovia BR-487 (Estrada Boiadeira), entre a rodovias PR-323 e PR-580 (Figura 1).

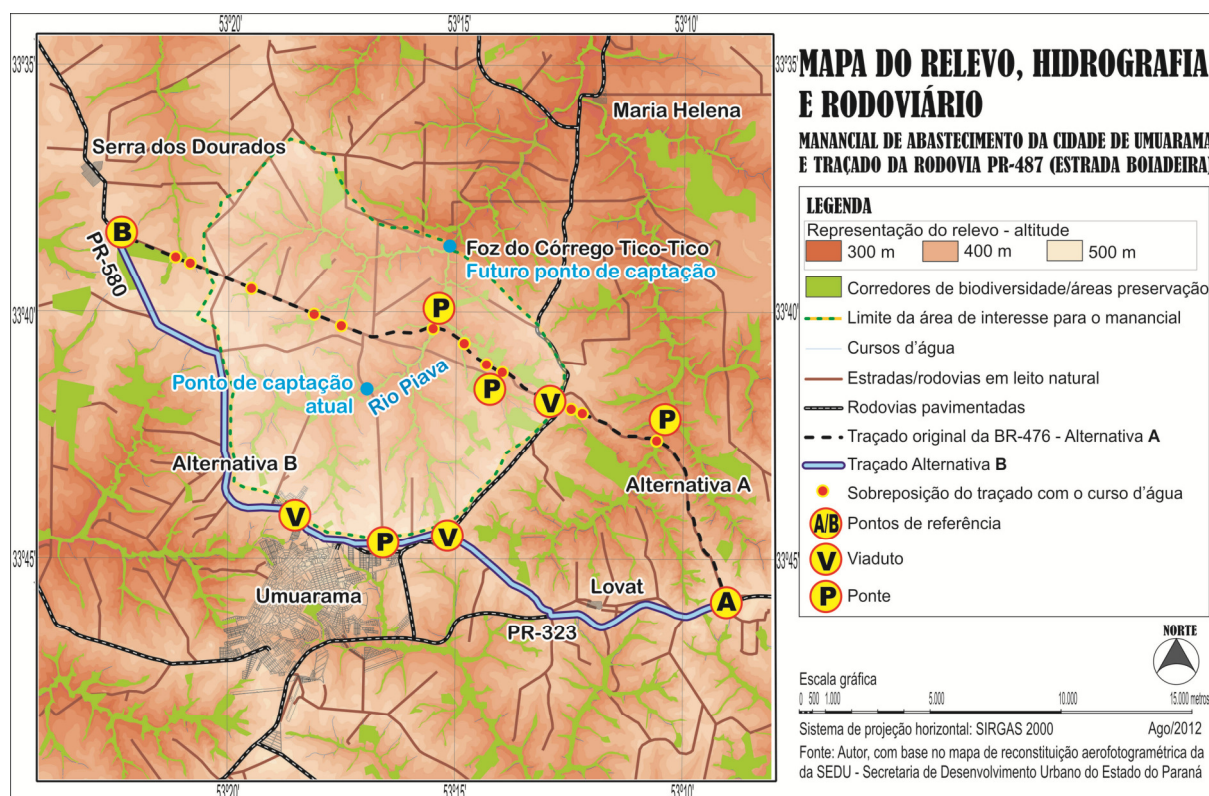


Figura 1 - Mapa da área de estudo

O trajeto da Alternativa A interage diretamente com a área de interesse para o manancial de abastecimento da cidade de Umuarama, cidade que tem uma população em torno de 100.000 habitantes. O ponto de captação atual está a montante do traçado (Figura 1) e possui uma área de contribuição de 42,35 km². Para atender a demanda de consumo da população atual, considerando a vazão média de 200 litros/habitante/dia, valor intermediário entre os limites sugeridos por ANA (2005), é necessário extrair do manancial uma vazão de 231,48 l/s, compatível com a projeção feita pela Consult Engenharia para 2008 (PMU, 2005), com demanda de 278,30 l/s para uma população prevista de 119.484 habitantes. Se considerado o potencial hidrológico de 4,2 l/s/km² (SUDERHSA, 1998) e a parcela de outorga de 50% (SUDERHSA, 2006) é necessária uma bacia de contribuição de 110,24 km², indicando que a área de contribuição atual já não atende à demanda. Mesmo se considerada toda a área de interesse para o manancial, a montante da rodovia, com 62,71 km², esta não é suficiente para atender à demanda, devendo a captação ser feita a jusante do referido trecho, situação prevista pela Consult Engenharia Ltda., contratada pela SANEPAR em 1996 para a avaliação de alternativas de abastecimento público da cidade de Umuarama, que concluiu pela necessidade de ampliar a área da bacia de contribuição para a Foz do Rio das Antas ou do Córrego Tico-Tico, como única alternativa viável (PMU, 2005). A área de contribuição do manancial para captação na Foz do Córrego Tico-Tico, Figura 1, é de 131,88 km², que configura uma bacia com cerca de 20% além da necessidade da demanda atual, o que, mantendo o crescimento populacional da ordem de 1%, segundo os censos de 1991 e 2010 do IBGE, é garantia de abastecimento para os

próximos 18 anos. Neste aspecto, observa-se que o EIA (DNIT, 2008) não levou em consideração a expansão da bacia de contribuição do manancial, Figura 2, que tecnicamente, apresenta demanda para a transposição do traçado da Alternativa A.

Trecho da Alternativa A: Se desenvolve por 29,876 km (Tabela 2), apresentando ondulação que varia entre as altitudes de 318 m e 482 m, Figura 3, apresentando uma altitude média de 400 m, declividade média de 2,52% e máxima de 6,90%. Em seu percurso faz intersecção com 12 cursos d'água (Figura 1), 7 localizados na área de interesse para o manancial de abastecimento, atravessando áreas com o terreno constituído por rochas alteradas de arenito, que, aparentemente, impuseram a alteração do traçado original da rodovia neste trecho.

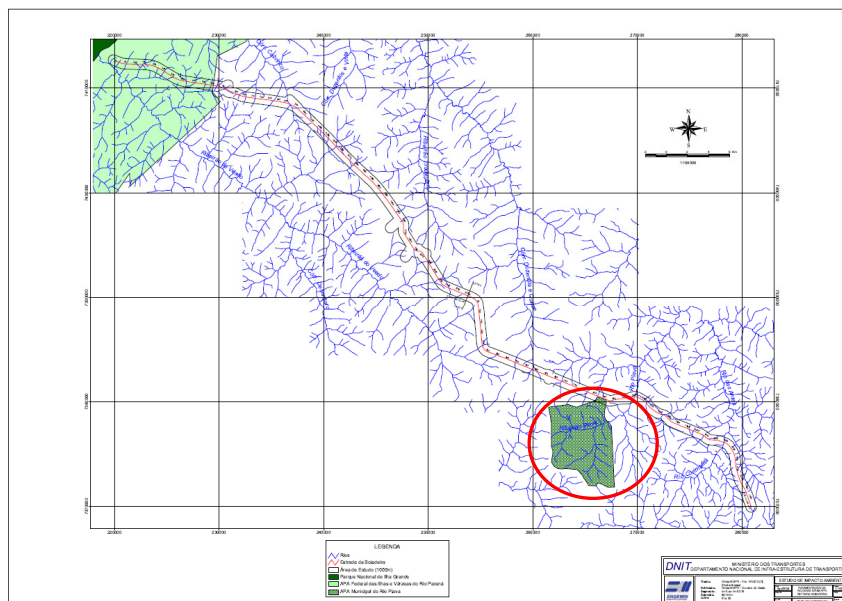


Figura 2 - Mapa de Hidrografia - Manancial de abastecimento considerado no Estudo do Impacto Ambiental de Implantação da rodovia - Alternativa A.

Fonte: DNIT, 2008, com destaque dos autores.

Tabela 2 - Declividade média dos trechos estudados

Declividade do trecho	Trecho A			Trecho B		
	Percurso (m)	Declividade média	Participação	Percurso (m)	Declividade média	Participação
nível	3.104,00	0,00%	10,39%	6.440,00	0,00%	19,33%
até 2%	12.255,00	1,40%	41,02%	18.185,00	0,76%	54,57%
de 2% a 4%	7.353,00	2,96%	24,61%	7.155,00	2,59%	21,47%
acima de 4%	7.164,00	5,08%	23,98%	1.544,00	4,86%	4,63%
Total/média	29.876,00	2,52%	100,00%	33.324,00	1,20%	100,00%

Trecho da Alternativa B: Se desenvolve por 33,324 km (Tabela 2), apresentando ondulação entre as altitudes 417 m e 483 m, Figura 3, com

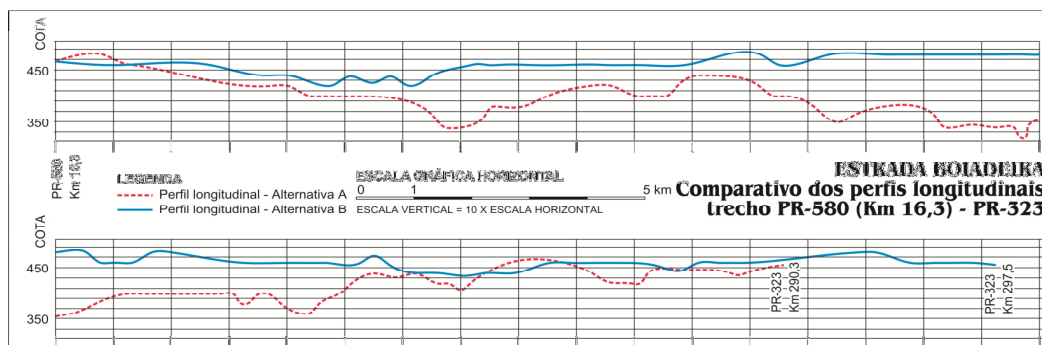


Figura 3 - Perfis longitudinais dos trechos das Alternativas A e B.

uma altitude média de 450 m. A declividade média é de 1,20% e máxima de 5,06%. O traçado percorre 3.490,00 metros sobrepondo-se à rodovia PR-323, 10.700,00 metros acompanhando a linha de cumeeira do terreno e 19.134,00 metros sobre a rodovia PR-580.

O traçado da Alternativa B apresenta um percurso de 3.448,00 metros superior ao da

Alternativa A, o que representa 11,54% de acréscimo, contudo, apresenta ondulação mais suave, com economia do tempo de viagem da ordem de 17,00% e de consumo de combustível de 9,21%, conforme simulação feita utilizando o *software* HDM-VOC - *Free-Flow Vehicle Operating Costs Model - version 4.0*, disponibilizado no site do *World Bank*, utilizando as características geométricas dos dois traçados, Tabela 3, e resultados na Tabela 4, valores que são conservadores pois o cálculo foi feito em velocidade livre, não considerando o fluxo de tráfego.

O cálculo do consumo médio de combustíveis e dos tempos de viagem, foi obtido pela média ponderada para os 4 tipos de veículos, utilizando-se como fator de ponderação o volume médio diário anual de Klein (2011), medidos na rodovia Washington Luiz (SP), que possui orientação de traçado e predominância de veículos de carga, compatível com as características da rodovia em estudo.

Tabela 3 - Característica dos traçados

Alternativa	Gradiente		%/km	Subidas
A	2,66%	-2,41%	28,62	44,63%
B	0,97%	-1,52%	28,57	59,04%

Tabela 4 - Resultados da simulação feita com o HDM-VOC

Alternativa	Veículo de passeio		Caminhão leve		Caminhão pesado		Ônibus	
	Cons ¹	Vel (km/h)	Cons ¹	Vel (km/h)	Cons ¹	Vel (km/h)	Cons ¹	Vel (m/h)
A	56,84	70,46	312,00	40,90	694,01	31,42	250,40	61,43
B	58,47	70,52	286,32	47,76	595,53	38,89	249,22	64,63
Diferença	2,87%	0,09%	-8,23%	16,77%	-14,19%	23,77%	-0,47%	5,21%
Fat Pond	22,4%		9,0%		64,1%		4,5%	

Nota: ¹Consumo médio em litros/1000 veículos

A quantidade diária média de emissão de CO₂ gerada pela circulação dos veículos é de 5,31 ton (Alternativas A) e de 4,61 ton (Alternativa B). Foi obtida considerando-se o volume médio de tráfego de 4000 veículos/dia, com a distribuição conforme Klein (2011) e utilizando os parâmetros de emissão de Gomes *et al.* (2010). Neste aspecto, a Alternativa B apresenta redução de 0,70 ton, o que equivale a 13,3%.

Os resultados econômicos poderão ser mais expressivos, uma vez que os simuladores não consideram o fluxo de veículos, e, sendo uma rodovia com predominância do transporte de carga, deverá impor um fluxo lento, reduzindo o desempenho dos veículos leves nas descidas com maior inclinação (Alternativa A), equiparando, portanto as condições econômicas de operação da rodovia.

O traçado da Alternativa B, Figura 4, preserva a área de contribuição do manancial de abastecimento da cidade, mas o insere nos limites da área urbana. Neste caso,



Figura 4 - Traçado da Alternativa B no contexto urbano.



Figura 5 - Traçado do contorno norte na cidade de Maringá (PR)

para atenuar o impacto causado, devem ser aplicadas no projeto as técnicas e características adotadas no projeto do traçado do Contorno Norte de Maringá, em execução pelo DNIT, que corta o perímetro urbano da cidade (Figura 5), com o fluxo de veículos independente do viário urbano.

A análise dos investimentos financeiros foi feita por estimativa de custos, Tabelas 5 e 6, com base em informações obtidas com técnicos do DER/PR e também com base nos valores de mercado,

considerando-se a implantação de pontes e viadutos em concreto, conforme a Figura 1. O trecho da Alternativa A deverá ser totalmente executado em uma rodovia nova e na Alternativa B, deverá ser utilizado 3,49 km da rodovia PR-323, com melhorias de sinalização e dos acostamentos, 19,13 km da rodovia PR-580, com alargamento de pista e ajuste do greide e de curvas para ampliação do raio e reforço de base e subleito e 10,70 km em trecho de rodovia nova.

Tabela 5 - Investimentos necessários para implantação do trecho da Alternativa A

Descrição	Quant.	Preço unitário	Sub-total
Trecho novo	29,88 km	R\$ 1.000.000,00/km	R\$ 29.880.000,00
Pontes concreto Rios Corimbatá/Piava - vão $\approx$ 120 m	2 un	R\$ 2.000.000,00/un	R\$ 4.000.000,00
Pontes menores - concreto - vão $\approx$ 35 m	1 un	R\$ 800.000,00/un	R\$ 800.000,00
Viadutos concreto - vão $\approx$ 40 m	1 un	R\$ 2.000.000,00/un	R\$ 2.000.000,00
Indenização faixa de domínio	14,80 km	R\$ 20.000,00/km	R\$ 296.000,00
Total			R\$ 36.976.000,00

Os valores constantes das Tabelas 5 e 6 apresentam conformidade com os custos de obra publicados. O trecho de rodovia nova, segundo o SETOP (2012), apresenta custo médio de R\$ 1.015.784,60/km. Para o alargamento de pista, o valor sugerido é da ordem de duas vezes o apresentado por Martinelli (2012): R\$ 195.777,35/km. Os valores das pontes maior e menor são ligeiramente inferiores ao publicado pela SETOP (2012): R\$ 2.500.000,00 e R\$ 925.000,00, respectivamente. Os custos de implantação dos viadutos estão ligeiramente superiores aos valores médios publicados pelo SENADO FEDERAL (2012): R\$ 1.427.875,00. Os valores de indenização foram estabelecidos com base no mercado das terras rurais e glebas da cidade de Umuarama.

Tabela 6 - Investimentos necessário para implantação do trecho da Alternativa B

Descrição	Quant.	Preço unitário	Sub-total
Trecho novo	10,70 km	R\$ 1.000.000,00/km	R\$ 10.700.000,00
Reforço de base/alargamento (trecho existente)	19,13 km	R\$ 400.000,00/km	R\$ 7.652.000,00
Reparos de acostamento/sinalização (PR-323)	3,49 km	R\$ 50.000,00/km	R\$ 174.500,00
Viadutos concreto - vão $\approx$ 40 m	2 un	R\$ 2.000.000,00/un	R\$ 4.000.000,00
Ponte concreto Rio Piava - vão $\approx$ 120 m	1 un	R\$ 2.000.000,00/un	R\$ 2.000.000,00
Faixa de domínio - próximo à cidade	1,50 km	R\$ 1.300.000,00/km	R\$ 1.950.000,00
Faixa de domínio - outros trechos	31,73 km	R\$ 86.000,00/km	R\$ 2.728.780,00
Total			R\$ 29.250.280,00

Na análise comparativa dos preços, verifica-se que o trecho da Alternativa B apresenta redução de valor de R\$ 7.770.720,00, equivalente 21,05% do valor estimado para a Alternativa A. Tratam-se de valores estimados, mas, pela grande variação, é possível haver ganhos financeiros importantes na opção pela Alternativa B.

6. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que nos aspectos analisados para as duas alternativas de traçado da rodovia BR-487 (Estrada Boiadeira), a Alternativa B é a melhor opção. Permite atender às diretrizes de sustentabilidade, introduzidas na Lei n° 8666/1993 pelo Decreto Federal n°

7746/2012, uma vez que nesta condição, há redução de 13,3% na emissão de CO₂ e, em média, redução de 9,21% no consumo de combustíveis, que representa também ganhos econômicos de operação e preserva a água, o solo, a flora e a fauna da área de interesse para manancial de abastecimento da cidade de Umuarama (PR), situação que não foi prevista no EIA do DNIT (2008), que desconsiderou a necessidade da transposição da bacia de captação do manancial da cidade para jusante do traçado da rodovia (Alternativa A), mesmo que tecnicamente se mostre necessária. O impacto pelo lançamento de efluentes e eventuais vazamentos de cargas, inclusive tóxicas, segundo EIA (DNIT, 2008) traz graves consequências para a fauna e para o ser humano. O traçado da Alternativa B reduz também o tempo médio de viagem em 17,00%, e ainda, para sua implantação, apresenta menores custos de investimento, com redução de 21,05%, em relação ao da Alternativa A.

A aplicação de conceitos de sustentabilidade em projetos de rodovias, no caso em estudo, não impõe custos significativos para a sociedade. Ao contrário, pelos resultados obtidos verifica-se que poderá haver ganhos financeiros, com menores investimentos e também ambientais, evitando-se o lançamento, na área de manancial, dos efluentes da rodovia, que transportam contaminantes perigosos, e nos quais, a carga de DBO pode atingir 700 mg/litro (APWA, 1969), valores verificados na drenagem de áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Cadernos de Recursos Hídricos: Disponibilidades e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2005. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>. Acesso em: 18 ago 2012.

APWA - American Public Works Association. *Water pollution aspects of urban runoff*. Water Pollution Control Research Series. Report n.º WP-20-15. Washington. 1969.

ASCE - American Society of Civil Engineers. *Design and Construction of Urban Stormwater System*. Manual of Practice n. 77. New York. 1992.

BACHA, Maria de Lourdes; SANTOS, Jorgina e SCHAUN, Angela. **Considerações teóricas sobre os conceitos de sustentabilidade**. VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2010.

BITTENCOURT, Alexander. **Estudo sobre a tipologia das águas e a distribuição espacial do sistema Aquífero Guarani no extremo Oeste do Estado do Paraná**. Dissertação de mestrado em Geologia. Universidade Federal do Paraná. 2008.

CASTRO, Alaor de Almeida; COSTA, Ângela Moreira da; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; SPERLING, Eduardo Von; MÖLLER, Leila Margareth; HELLER, Léo; CASSEB, Márcia Maria Silva; SPERLING, Marcos Von e BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para Municípios**. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 1995.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. **Atlas do Transporte**. 2006. Disponível em: <http://www.sistemacnt.org.br/informacoes/pesquisas/atlas/2006/index.htm>. Acesso em: set. 2012.

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - CREA-PR. **Entidades Assinam adesão ao Pacto Global e participam de Oficina sobre programa da ONU**. 2012. Disponível em: <http://www.crea-pr.org.br>. Acesso em: 18 ago 2012.

Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte. Ministério dos Transportes - DNIT. **Estudo de Impacto Ambiental - EIA: Pavimentação da Rodovia BR-487/PR - Estrada da Boiadeira**. 2008.

ELLIS, J. B. *Pollutional aspects of urban runoff*. In: *Urban Runoff Pollution*, Torno, H. C. et al., eds.. NATO ASI séries vol. 10, Springer-Verlag, Berlin. 1986.

GANHO, Josemar. **Estratégia de desenvolvimento multiescalar das regiões Oeste e Noroeste do Paraná e Leste do Paraguai em um cenário de responsabilidade e oportunidades globais**. In: 1ª Semana de Engenharia e Tecnologia em Construção Civil. UEM - Universidade Estadual de Maringá. Umuarama. 2011.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. Edgard Blücher. São Paulo. 1976.

GOMES, Vallência Maíra; FARIA, Alexandre Magno de Melo e DALLEMOLE, Dilamar. **Emissão de CO₂ derivado do consumo de combustíveis no Brasil e Mato Grosso entre 2000 e 2008: Biocombustíveis como estratégia de ajustamento a uma economia de baixo carbono**. Revista Estudos Sociais. no 24. 2010

IDE, C. N. **Qualidade da drenagem pluvial urbana**. UFRGS - Dissertação de Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Porto Alegre. 1984.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **IPT presta apoio à Dersa para desenvolvimento de sistema de controle de cargas difusas no trecho Sul do Rodoanel**. São Paulo. Disponível em: http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CT-FLORESTA/noticias/416-poluicao_nas_rodovias.htm. 2012.

JACOBI, Pedro. **Educação Ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa n. 118. 2003.

KLEIN, Frederico de Carvalho; PARREIRA, Alexandre Benetti e FERNANDES JÚNIOR, José Leomar. **Avaliação dos custos de operação dos veículos e do tempo de viagem em função da geometria das rodovias**. Pesquisa e Tecnologia Minerva. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Transportes. 2011.

MARTINELLI, Celso. **Estrada Velha para BH já tem obras de alargamento**. Jornal 7 dias. Sete Lagoas. 2012.

MENDES, A. A.; NAKANDAKARE, Kátia C.; SOUZA, Adalberto M.; FERNANDES, Aldo M. P.; SILVEIRA, Erivelto L.; FELTRIN, Jurema e GUARDA, Marcos J. **Mananciais subterrâneos no Estado do Paraná**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo. 2002.

NOVOTNY, V e CHESTERS, G. *Handbook of Non-point Pollution: Sources and Management*. Van Nostrand-Reinhold. New York. 1981.

ROSA FILHO, Ernani Francisco da e FRAGA, Carlos Gilberto. **Aquífero Guarani: uma fonte de água doce?** Revista CREAPR, Jan/Fev, n.º 55. Curitiba. 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UMUARAMA - PMU. **Avaliação de Alternativas para o Abastecimento Público de Umuarama**. Cópia disponibilizada pelo Escritório Regional da SANEPAR de Umuarama em 2005 - documento com 31 páginas. 2005.

SENADO FEDERAL. **Curitiba - Corredor Aeroporto - Rodoferroviária - Obras de Engenharia - Trecho Municipal**. Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle. Portal de Acompanhamento de Gastos para a Copa do Mundo de Futebol de 2014. 2012.
Secretaria de Estrado de Transportes e Obras Públicas - SETOP. **DER licita pavimentação da MGC-455**. Belo Horizonte. 2012.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Vol. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1996.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas de recursos hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba. 1998.

SUDERHSA. _____. **Manual Técnico de Outorgas**. 2006.

WANIELISTA, M. P. e YOUSSEF, Y. A. *Stormwater Management*. New York: Jonh Wiley. 1993.