

ANALYSIS OF A BRANCH OF CLOVERLEAF IN A BRAZILIAN CITY.

Grigório Ribeiro Soares Neto¹

Clovis Dias²

Saniel Pedroso Dias²

¹Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Campus Azurém, 4800-058, Portugal;

²Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, 58051-900, Brasil.

RESUMO

Este artigo analisa um ramo do Trevo das Três Lagoas, trevo rodoviário entre as rodovias federais BR-101 e BR-230, situado em João Pessoa - PB; apresenta alguns conceitos básicos de rodovia e trevo rodoviário, traz alguns dados sobre as condições atuais, tais como características geométricas, fluxo veicular e estatísticas de acidentes do local, mostra alguns problemas observados pelos seus usuários, como ausência de pistas auxiliares, frenagem na pista principal, conflitos entre veículos, bicicletas e pedestres; propõe soluções para os problemas apresentados.

ABSTRACT

This article measures a branch of “Trevo das Três Lagoas”, a road block between federal highways BR-101 and BR-230, located in João Pessoa - PB; presents some basic concepts of highway and full cloverleaf, brings some data about current conditions, such as geometric characteristics, vehicular flow and accident statistics of the site, shows some problems observed by its users, such as absence of auxiliary tracks, braking in the main lane, conflicts between vehicles, bicycles and pedestrians; proposes solutions to the problems presented.

1. INTRODUÇÃO

Na passagem de uma rodovia para outra, a intersecção, deve ser feita de maneira segura e natural para ambas, reduzindo ao máximo o conflito dos veículos nesta mudança de rumo, e sem a necessidade de uma variação brusca de velocidade, para isso são feitos trevos rodoviários com alças e ramos de acessos e faixas de desaceleração e aceleração.

Em João Pessoa, Paraíba, essa intersecção é feita no trevo das Três Lagoas situado no encontro entre duas importantes rodovias federais, a BR-101 e a BR-230. Neste trabalho temos como objetivo analisar a situação que ocorre em uma parte desta intersecção e propor algumas melhorias visando uma maior segurança e um melhor fluxo dos veículos que lá circulam.

A parte do trevo rodoviário a ser analisado é o acesso à rodovia BR-230, sentido Cabedelo, a partir da rodovia BR-101, sentido norte. Essas duas rodovias que se interseccionam têm fluxo de veículos bastante intenso em algumas horas do dia, causando prejuízo no escoamento viário de ambas e uma condição de insegurança aos motoristas, passageiros e pedestres que circulam no local. Essa análise é feita seguindo os procedimentos projetuais e as normas vigentes atuais.

É importante lembrar que em um projeto de estradas existem muitas variáveis a serem equalizadas tais como normas de construção, meio ambiente, fatores econômicos, sociais e políticos entre outros.

2. FAIXAS DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO

Entrar ou sair de uma rodovia é sempre uma situação de perigo, pois envolvem mudanças de velocidades, trocas de pistas e mais atenção tanto do motorista que executa a manobra quanto dos outros que próximos estão. Assim, como forma de minimizar os riscos de acidentes se faz necessário o uso de faixas especiais para aceleração ou desaceleração possibilitando que o

veículo aumente ou diminua sua velocidade sem prejudicar ou colocar em risco outros veículos, veja esquema representativo na Figura 1.

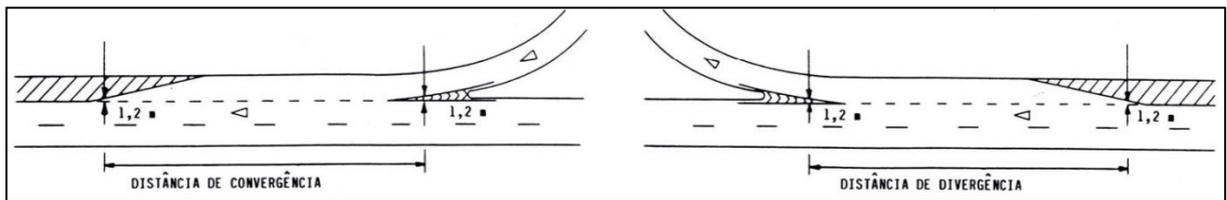


Figura 1: Entrada e saída em via principal e posicionamento das tomadas de distâncias de convergência e divergência. Fonte CET/SP (1993).

A configuração retratada na Figura 1 nos permite observar dois importantes elementos a serem considerados em um projeto com faixas de aceleração e desaceleração, são eles: as distâncias de convergência e divergência e os ângulos de alinhamento (direcionamento) na entrada e na saída.

Os fatores que determinam as distâncias necessárias de convergência e divergência não dependem do greide da via e sim somente da velocidade regulamentada da via principal. A velocidade regulamentada é bem definida pela CET-SP:

A velocidade regulamentada se refere a uma velocidade compatível com as condições da via, em condições favoráveis, esta velocidade representa aproximadamente 85% da velocidade de projeto. Este procedimento introduz uma segurança maior na eventualidade da velocidade regulamentada ser ultrapassada. (NT 193/93, 1993).

O cálculo da distância de convergência é dado pela equação (1):

$$d_{conv} = 1,9 V (m) \tag{1}$$

onde d_{conv} : distância de convergência
 V : velocidade regulamentada

O cálculo da distância de divergência é dado pela equação (2):

$$d_{diver} = 1,5 V (m) \tag{2}$$

onde d_{diver} : distância de divergência
 V : velocidade regulamentada

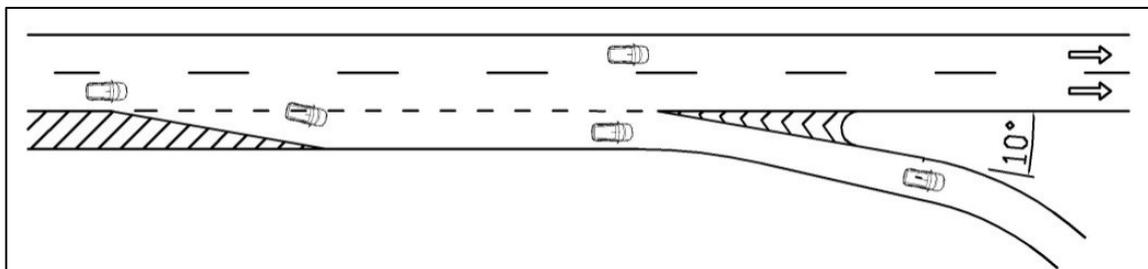


Figura 2: Demonstração do ângulo de divergência. Fonte: CET/SP (modificado) (1993).

O ângulo de alinhamento na entrada direciona o fluxo de veículos da via secundária

apropriadamente ao fluxo da pista principal, veja exemplo ilustrado na Figura 3.

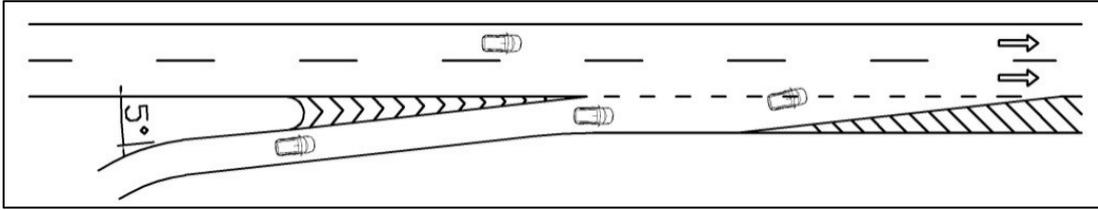


Figura 3: Demonstração do ângulo de convergência. Fonte: CET/SP (modificado) (1993).

O ângulo de alinhamento na saída direciona parte do fluxo de veículos da via principal apropriadamente para o fluxo da pista secundária. Segundo a CET-SP os ângulos de direcionamento apropriados são mostrados na Tabela 1:

Tabela 1: Direcionamentos (ângulos) de Saída e Entrada.

Velocidade de Projeto Via Principal (km/h)	Divergência Saída	Convergência Entrada
80	Máx. 10°	Máx. 5°
60	Máx. 15°	Máx. 10°

Cabe ainda uma breve explanação sobre o *taper* que é o trecho da pista auxiliar pintada indicando o início da desaceleração. Ele é determinado com base na largura da faixa de desaceleração e geralmente é pronunciado para surtir o efeito alvo. No Brasil, geralmente adota-se a relação 1:10 ou 1:15, ou seja, se a pista de desaceleração tem 3 m de largura, então o comprimento do *taper* será de 30 m (1:10) ou de 45 m (1:15). A Figura 4 mostra um *taper* com relação 1:10 para a faixa de desaceleração e um *taper* de 1:15 para a faixa de aceleração.

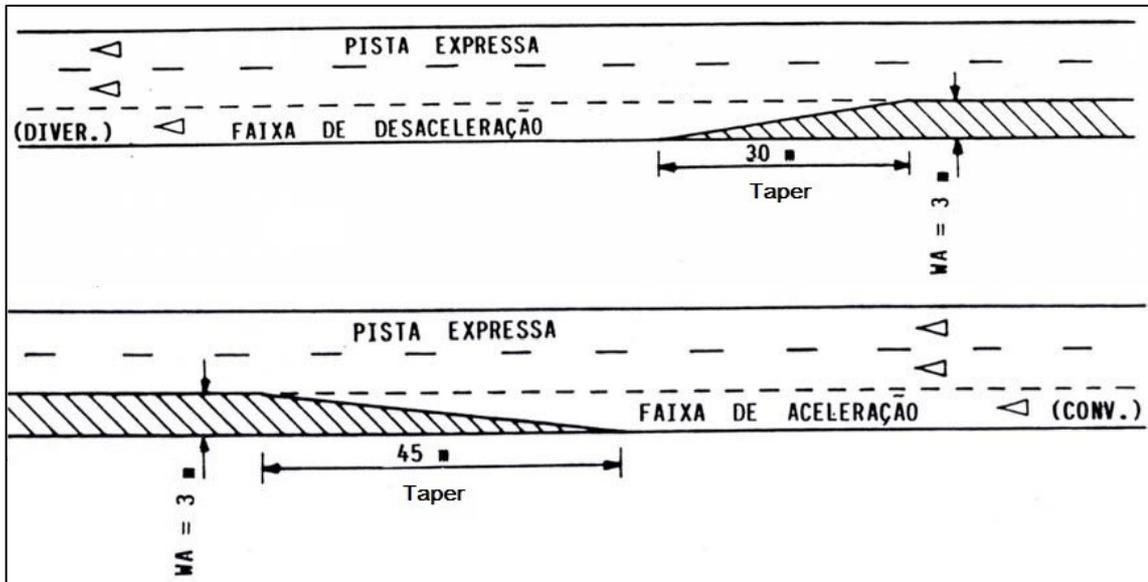


Figura 4: Exemplo de taper. Fonte CET/SP.

3. O TREVO DAS TRÊS LAGOAS



Figura 5: Vista aérea do trevo das Três Lagoas, João Pessoa-PB. Fonte: Google Earth (modificado) (2018).

O trevo das Três Lagoas, mostrado na Figura 5, está localizado no município de João Pessoa-PB e é a interseção que ocorre entre as rodovias federais BR-101 e BR-230.

A responsabilidade deste Viaduto é do DNIT e o projeto executivo foi aprovado em abril de 1998. A execução da obra foi feita pela empresa VIA Engenharia S/A, através de convênio entre o então DNER e DER/PB, onde também estava inserida a duplicação da BR-230/PB entre João Pessoa e Campina Grande.

O trevo classifica-se como trevo completo (Quatro Folhas), que é a interconexão na qual, nos quatro quadrantes, os movimentos de conversão à esquerda são feitos por laços (*loops*) e à direita por conexões externas aos laços (ramos).

As vantagens do trevo completo são:

- Fluxo contínuo para todos os movimentos.
- Sinalização semafórica desnecessária.
- Pode ser construído por etapas.

E suas desvantagens são:

- Exige grandes áreas para implantação.
- Requer duas saídas na rodovia principal.
- Capacidade limitada em função do entrecruzamento.

4. ANÁLISE DE UM RAMO DO TREVO DAS TRÊS LAGOAS

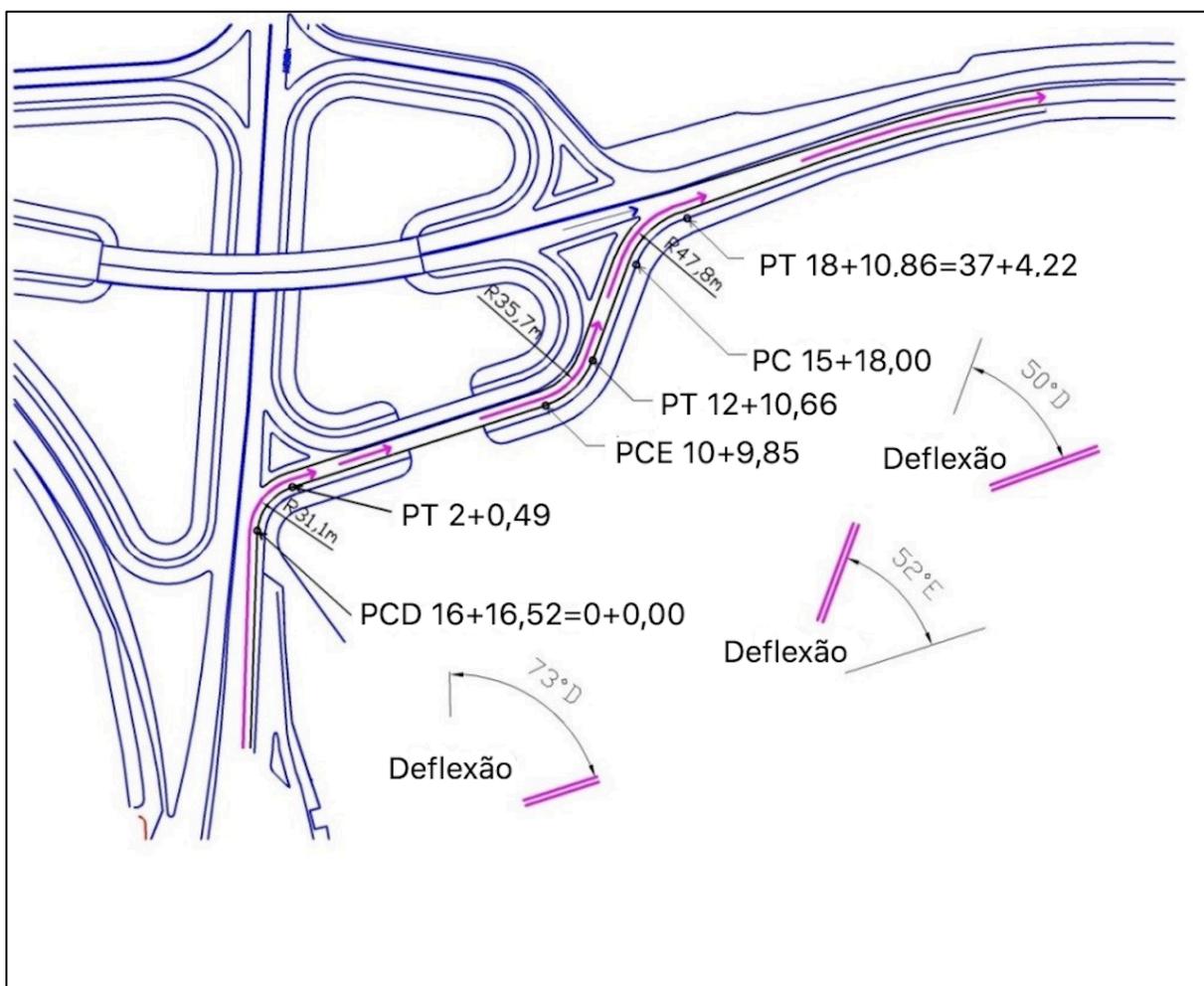


Figura 6: Ramo 1 de acesso a Cabedelo.

4.1. Características Geométricas

O acesso à Cabedelo é feito pelo ramo 1, mostrada na Figura 6, e tem como principais características:

- para quem sai da BR-101, sentido norte, uma deflexão de 73° à direita com uma curva de raio 31,1 m e um desenvolvimento de 2+0,49 estacas;
- um trecho de 8+9,36 estacas com uma ponte de 2+1,75 estacas;
- uma deflexão à esquerda de 52° com uma curva de raio 35,7 m e desenvolvimento de 2+0,81 estacas;
- um trecho de 3+7,34 estacas;
- uma deflexão à direita de 50° com uma curva de raio 47,8 m;
- um trecho de 5 estacas para entrada na BR-230;
- uma largura de pista de 7,50 m;
- velocidade de projeto não informada, estimada 33,6 km/h no ramo 1.

4.2. Fluxo de Veículos

Segundo estudos feitos pelo DNIT à época do projeto, estimou-se um volume médio diário (VMD) para 2015 no sentido norte de 37.244 veículos e destes 7.867 acessam o ramo para Cabedelo diariamente.

4.3. Estatísticas de Acidentes

Segundo estatística realizada pela Superintendência da Polícia Rodoviária Federal em João Pessoa, em 2018 ocorreram no local, considerando somente o sentido norte da BR-101, acidentes que resultaram em 8 feridos, 12 ilesos, 2 ignorados e 1 morte.

Conforme informação da mesma superintendência, entre 2016 e 2018 houve um aumento dos números de acidentes, como mostra na Figura 7.

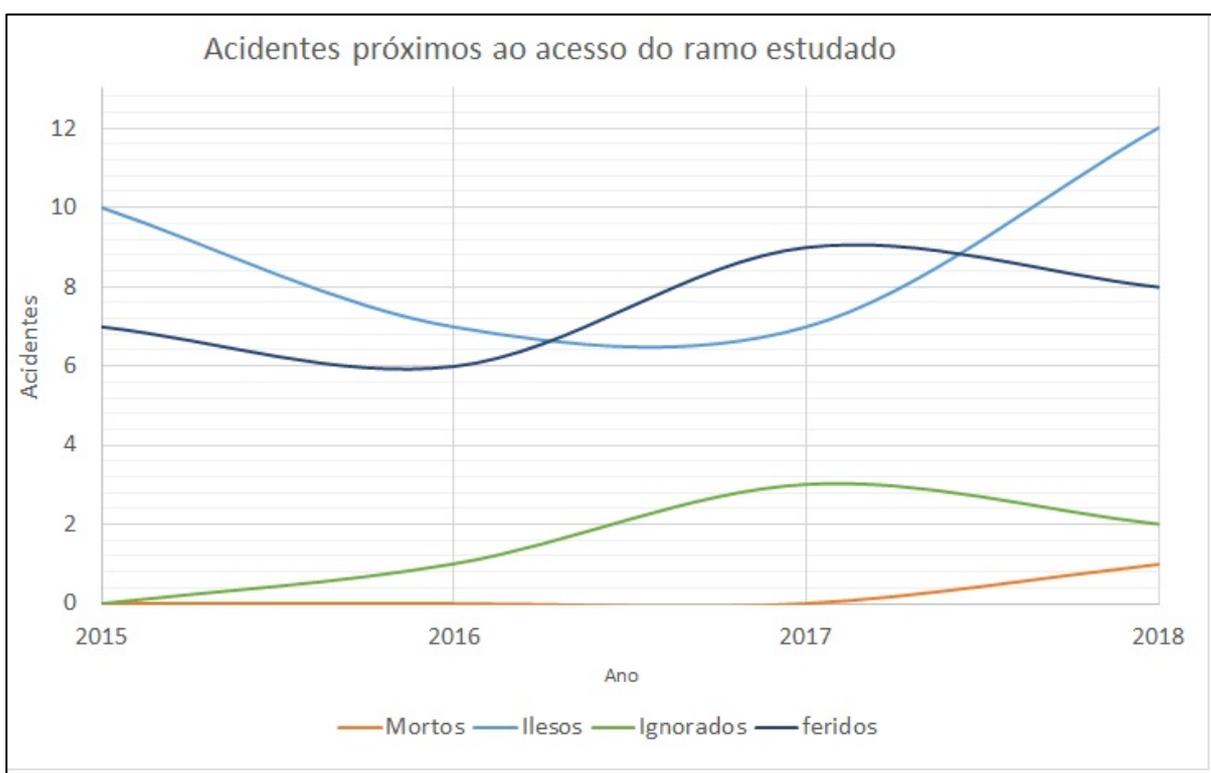


Figura 7: Acidentes próximos ao acesso do ramo estudado.

Os conflitos entre pedestres, ciclistas, motociclistas e carros ocorre no acesso ao ramo, o ponto mais crítico. Neste contexto, não foi encontrada nenhuma forma de integração que minimize e direcione uma melhor fluidez para reduzir os casos de acidentes, como mostra nas Figuras 8 e 9.



Figura 8: Conflitos de pedestres.



Figura 9: Conflitos de ciclistas.

5. FECHAMENTO DE ACESSOS À RODOVIA PRINCIPAL

O fechamento dos acessos à rodovia pelas pistas secundárias neste trecho elimina o conflito existente hoje, ver Figura 10.

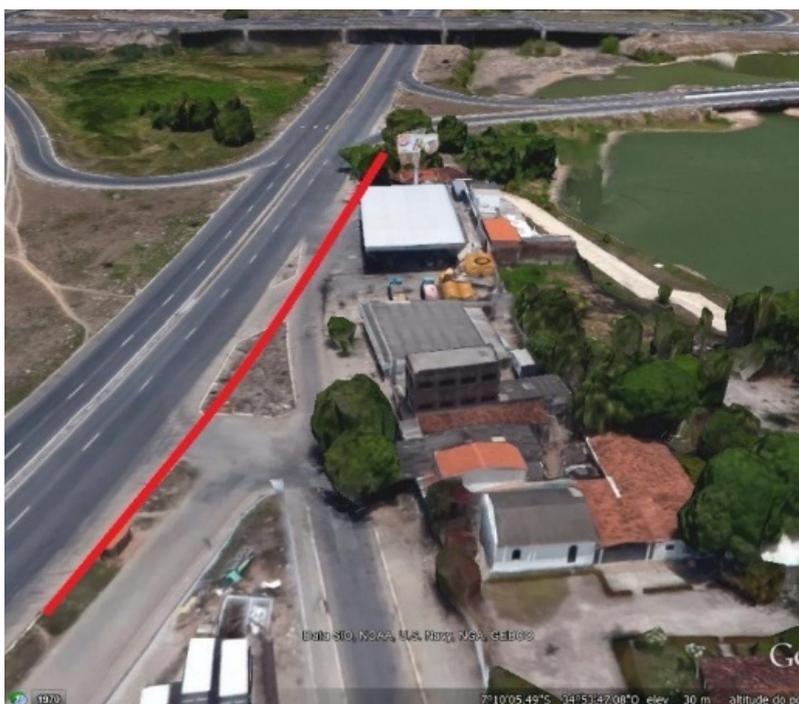


Figura 10: Fechamento dos acessos secundários. Fonte Google Earth.

Com esse fechamento o fluxo de veículos vindos do interior do bairro é redirecionado para acessar a rodovia em um ponto mais seguro antes do início da faixa de desaceleração para acesso ao ramo do trevo, ver Figura 11. A densidade demográfica está aumentando no entorno do trevo. O fluxo de veículos é intenso, mas pode ser redirecionado sem prejuízo.



Figura 11: Sugestão de desvio. Fonte Google Earth.

6. FAIXAS DE DESACELERAÇÃO E DE ACELERAÇÃO

A proposição para a faixa de desaceleração (distância de divergência) é de 111 m, mais um *taper* de 60 m (1:15) antes do início do ramo do trevo (*gore*), considerando uma velocidade regulamentada da pista principal (BR-101) de 80km/h.

Sugere-se também a colocação de tachões ou de segregador de pista no início do ramo disciplinando melhor o fluxo de veículos que acessa o ramo.

Não há necessidade de mudar o tamanho do raio da primeira curva do ramo, apenas deslocar o seu centro para melhor ajustar à faixa de desaceleração.

O acostamento junto à curva deve ser minimizado para evitar paradas no lugar, para isso recomenda-se alinhar o canteiro obstrutor com essa restrição.

A distância calculada para a faixa de aceleração (distância de convergência) foi 185 m mais um *taper* de 60 m (1:15) ao final. Essas sugestões poder ser visualizadas na Figura 12 e 13.

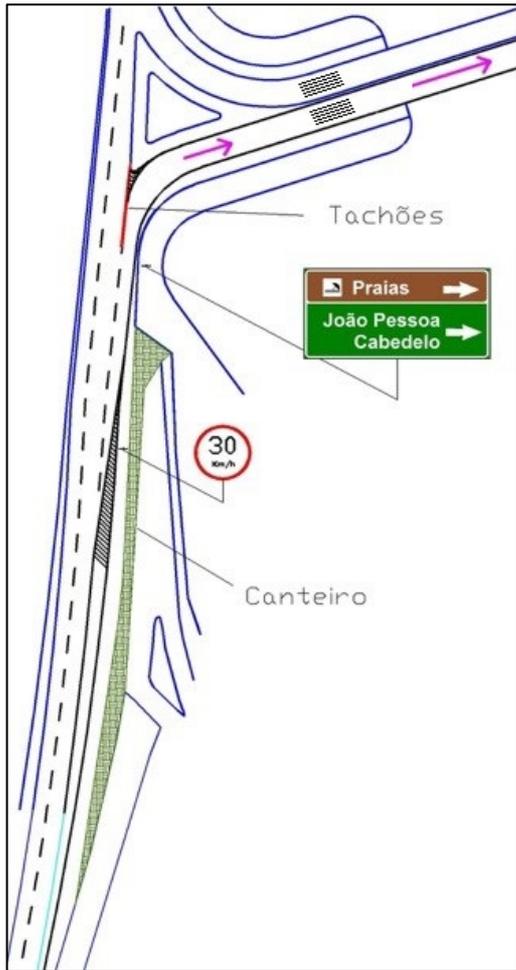


Figura 12: Faixa de desaceleração.

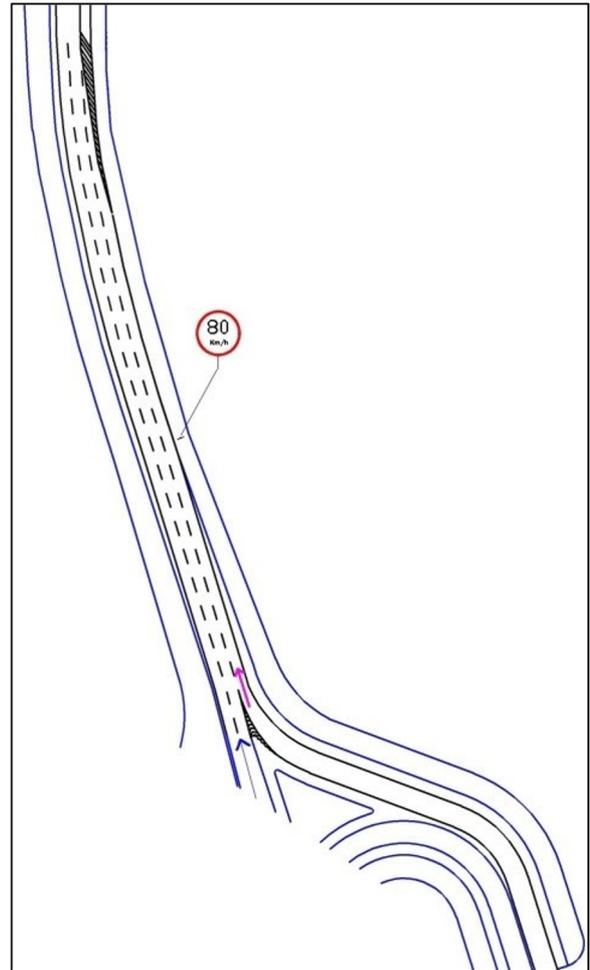


Figura 13: Faixa de aceleração.

7. SINALIZAÇÃO

No local já existem algumas placas de sinalização, porém é necessário reposicioná-las ou substituí-las por outras. A placa indicativa de acesso a 500 m, Figuras 14 e 15, deve ser substituída por uma placa de sinal suspenso em pórtico ou em semipórtico evitando assim o seu bloqueio visual, conforme exemplificado na Figura 16.



Figura 14: Placa de acesso.



Figura 15: Placa de sinalização bloqueada.



Figura 16: Exemplo de Pórtico de Sinalização.

Também é interessante a colocação de placas informativas, em pórtico, indicando outros pontos turísticos, tais como: Cabo Branco, Tambaú, Ponta do Seixas, Farol, Estação Ciência, entre outros. A placa indicativa de praias e Cabedelo deve ser substituída e reposicionada por outra, escrito Praias, João Pessoa, Cabedelo, conforme ilustrado nas Figuras 17 e 18:



Figura 17: Placa a ser substituída.



Figura 18: Placa nova.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As rodovias BR-101 e BR-230 são duas importantes rodovias que se interseccionam em João Pessoa com fluxo de veículos bastante intenso em algumas horas do dia e a passagem de uma rodovia para outra deve ser feita de maneira segura e sem prejuízo ao fluxo contínuo de ambas as rodovias.

Analisar essa interseção, ainda que apenas uma fração desta, e sugerir melhorias proporciona uma nova visão da obra pronta após alguns anos aumentando a base de conhecimento do assunto de quem o estuda, além de um benefício, em termos de mobilidade e segurança, para um grande número de pessoas que passam por ali diariamente.

O principal benefício buscado com esse trabalho é um melhor fluxo de veículos na passagem de uma rodovia para outra. Um outro benefício é o aumento da segurança no local diminuindo os acidentes, visto que os acessos secundários à pista principal foram redirecionados. Com isso diminui-se o estresse do motorista por não haver conflitos na mudança de rodovia.

Outros benefícios também poderão ser notados como uma melhor visão da cidade pelos turistas, que estarão mais bem informados pelas placas de sinalizações turísticas.

Foram visualizadas outras mudanças necessárias que estão fora do escopo deste trabalho, mas que influenciam diretamente no objetivo principal. São elas:

- Deslocamento das árvores, que ficam no início da curva do ramo, para pelo menos 10 m da borda da pista.
- Melhoramento da pista secundária paralela à pista principal, rua Industrial Luis Carlos Crispim Pimentel, tornando-a mão única no sentido norte.

- Construção do acesso à pista principal através de faixa de aceleração com distância de convergência de 230 m, considerando uma parada antes da entrada na pista auxiliar.
- Criação de calçadas, passarela e faixas de travessia para pedestres e ciclovia paralela à rodovia nas ruas secundárias.

A interferência em uma situação existente demanda diversas análises em diferentes áreas de conhecimento. E também uma associação fim de diferentes órgãos públicos, visto que o trevo rodoviário em questão é de responsabilidade federal, porém se encontra no meio urbano que por sua vez tem necessidades municipal e estadual para solução de questões de mobilidade e segurança.

O trevo rodoviário completo tem, por definição, sua construção em meio rural, lugar em que o fluxo de pedestres e ciclistas é desconsiderado. Inserir-lo em meio urbano prejudica suas funções principais, porém para amenizar o conflito entre pedestres x veículos e entre ciclistas x veículos, necessário é criar uma faixa de pedestres logo após a primeira curva do ramo de acesso. Como não há, no local, espaço suficiente para ciclovia e calçada separadamente, então a solução é compartilhar, melhorando o nivelamento da calçada, e pintar e sinalizar de acordo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. American Association of State Highway and Transportation Officials. **A Policy on Geometric Design of Highway and Streets**. Washington, D.C., 2001. 905 p.
- BRAZ, José Tadeu. CET-SP/GPR/SPR. **Metodologia para Definir a Configuração Viária das Entradas e Saídas nas Vias Principais**. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/20662/nt167.pdf>>. Acesso em: 10 Maio 2015.
- DER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários** (escopos básicos/instruções de serviço). - Rio de Janeiro, 1999. 375p. (IPR. Publ., 707).
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual de Projeto Geométrico de travessias Urbanas**. Rio de Janeiro, 2010. 392p (IPR., 740).
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual de Projeto de Interseções**. 2ª. ed. - Rio de Janeiro, 2005. 528p (IPR., 718).
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual de Sinalização Rodoviária**. 3ª.ed. - Rio de Janeiro, 2010. 412p. (IPR. Publ. 743).
- DERSA - Desenvolvimento Rodoviário S/A. **Normas de Sinalização em Rodovias**. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/website/Documentos/manuais_sinalizacao.aspx> (Acesso em abril, 2015).
- MACEDO, Edvaldo Lins (2005) **Noções de Topografia Para Projetos Rodoviários**. Disponível em: <<http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo%2005.php>>. Acesso em 18 Abril 2015.
- PEREIRA NETO, Waldemiro de Aquino (2007) **Análise de Fatores Intervenientes nas características dimensionais de Segmentos Rodoviários sob a Óptica da Compatibilidade Veículo-Via**. São Carlos, SP: USP. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.
- PONTES FILHO, Glauco (1998) **Estradas de Rodagem: Projeto Geométrico** / Glauco Pontes Filho. - São Carlos: G. Pontes Filho. 432p.