

Proposta de Reconfiguração Geométrica para o Acesso à Unidade Integrada do Sistema FIEB, na Rodovia BR 413, Km 13, Ilhéus-Bahia

Proposal for Geometric Reconfiguration for Access to the Integrated Unit of the FIEB System, on Rodovia BR 413, Km 13, Ilhéus-Bahia

Propuesta de Reconfiguración Geométrica del Acceso a la Unidad Integrada del Sistema FIEB, en la Carretera BR 413, Km 13, Ilhéus-Bahia

Recebido: 27/12/2022 | Revisado: 03/01/2023 | Aceito: 04/01/2023 | Publicado: 06/01/2023

Niel Nascimento Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3047-8932>
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
E-mail: nnteixeira@uesc.br

João Ribeiro Santana Vieira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7653-1201>
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
E-mail: joaorsvieira@gmail.com

Diana Santos de Jesus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7401-5529>
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
E-mail: diana.jesus@codevasf.gov.br

Elaine Silva Coutinho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6260-8853>
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
E-mail: escoutinho17@gmail.com

Leonardo Santos Menezes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6951-9412>
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
E-mail: leonardomenezes03@gmail.com

Resumo

Um acesso é um dispositivo rodoviário definido como a interseção de uma Rodovia com uma via de ligação a propriedades marginais. Os acessos exercem grande influência sobre as condições de trafegabilidade nas Rodovias, podendo ocasionar situações de perigo ou desconforto para os usuários quando mal projetados. Para evitar situações indesejáveis como essas, os acessos devem ser concebidos de acordo com as prescrições presentes nos manuais do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Em observância ao escopo de tais manuais, faz-se nesse trabalho uma análise das características geométricas de um acesso construído na Rodovia BR-415, Km 13, no município de Ilhéus-BA, o qual serve a Unidade Integrada Robson de Braga Andrade, pertencente ao sistema FIEB (Federação das Indústrias do Estado da Bahia). Após ser constatada a insuficiência geométrica do acesso existente, foi elaborada uma proposta de reconfiguração geométrica do mesmo com base nas recomendações presentes nos manuais do DNIT.

Palavras-chave: Infraestrutura de transportes; Projeto de acessos e intersecções; Segurança viária.

Abstract

An access it is a road equipment defined as a intersection of a highway with an connection path to marginal properties. The accesses exert great influence over the conditions of trafficability in the highways, may cause dangerous situations or discomfort to the users when miss designed. To avoid unpleasant situations like this, the accesses must be designed according with the prescriptions established in the DNIT's manual (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). In observance of the scope of such manuals, this paper shows an analysis of the geometrical characteristics of an access built on the highway BR-415, Km 13, in the city of Ilhéus-BA, which serves as a Robson de Andrade Braga Integrated Unity, which belongs to FIEB (Federação das Indústrias do Estado da Bahia) system. After being verified the geometric insufficiency in the existent access, a new geometrical reconfiguration has been elaborated which lays on the recommendation stated in DNIT manuals.

Keywords: Transport infrastructure; Design of accesses and intersections; Road safety.

Resumen

Un acceso es un dispositivo vial definido como la intersección de una Carretera con un camino de conexión a propiedades marginales. Los accesos tienen una gran influencia en las condiciones de transitabilidad de las Autopistas, pudiendo provocar situaciones de peligro o incomodidad para los usuarios cuando están mal diseñados. Para evitar situaciones indeseables como estas, los accesos deben diseñarse de acuerdo con las prescripciones presentes en los manuales del DNIT (Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte). Cumpliendo con el alcance de tales manuales, este trabajo analiza las características geométricas de un acceso construido en la Carretera BR-415, Km 13, en el municipio de Ilhéus-BA, que atiende a la Unidad Integrada Robson de Braga Andrade, perteneciente a el sistema FIEB (Federación de Industrias del Estado de Bahía). Luego de verificar la insuficiencia geométrica del acceso existente, se elaboró una propuesta para su reconfiguración geométrica en base a las recomendaciones presentes en los manuales del DNIT.

Palabras clave: Infraestructura de transporte; Proyecto accesos e intersecciones; Carretera segura.

1. Introdução

De acordo com a Lei nº 10233/2001, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é o órgão responsável pela implementação da política de infraestrutura do Sistema Federal de Viação. Sendo assim, todo projeto de engenharia que resulte em alterações nas Rodovias Federais deve ser concebido de acordo com normas definidas por este órgão, as quais são publicadas na forma de manuais (Teixeira & Mascarenhas, 2022; Teixeira et al., 2023).

Apesar de exigida por lei, nem sempre as recomendações técnicas definidas pelo DNIT são rigorosamente seguidas na elaboração de dispositivos rodoviários, como é o caso das interseções e acessos (IPEA, 2015a; IPEA, 2015b; Gold, 1998; Schirmer, 2014). Assim, esse trabalho surge com o propósito de discutir sobre tais questões, tomando como referência para a análise, o caso específico de um acesso construído na Rodovia BR-415, Km 13, no município de Ilhéus-Bahia, e que tem como finalidade permitir a entrada e saída de veículos e pessoas à Unidade Integrada Robson de Braga Andrade, pertencente ao Sistema FIEB (Federação das Indústrias do Estado da Bahia).

Considerando a importância econômica e social do empreendimento que deu origem a construção do acesso, supõe-se que suas características geométricas não atendem satisfatoriamente aos requisitos dimensionais e de segurança mínimos estabelecidos nos manuais do DNIT, o que pode representar riscos à integridade física de seus usuários.

Dessa forma, neste trabalho é realizado um estudo com o propósito de analisar o acesso existente e, após identificar as falhas geométricas do mesmo, conceber uma proposta de reconfiguração geométrica deste com base nas prescrições presentes nos manuais do DNIT que tratam sobre o tema.

2. Referencial Teórico

2.1 Procedimento dos usuários para concessão de acesso

De acordo com o “*Manual de acesso de propriedades marginais a Rodovias Federais (2006)*” publicado em Brasil (2006, p. 22), para obter autorização para construção e utilização de acesso junto ao DNIT, o interessado deverá se dirigir a sede da Supervisão Local ou Superintendência Regional, responsável pelo trecho, onde lhe serão dadas as orientações para solicitação de acesso.

Neste manual, encontram-se descritos os procedimentos a serem seguidos por aqueles que desejam solicitar concessão de acesso à Rodovias Federais.

2.2 Classes de Projeto e Relevô das Regiões Atravessadas pelas Rodovias

O DNIT estabelece cinco classes técnicas para as rodovias rurais, as quais vão de 0 a IV, sendo que, quanto menor o número da classe, maiores são as exigências técnicas e operacionais para a via. Em relação ao relevô do terreno onde a rodovia será construída, este pode ser classificado em plano, ondulado e montanhoso.

A classe de projeto e o relevo do terreno no corredor por onde a rodovia será construída são dois parâmetros muito utilizados pelo DNIT na determinação de outras características técnicas da rodovia, como velocidade, rampas máximas, largura das faixas de trânsito e acostamento, raios de curvas, distâncias de visibilidade e etc.

2.3 Veículos de Projeto

O DNIT (Brasil, 2005, p. 74) sugere, para fins de projeto de rodovias, interseções e instalações correlatas, a adoção dos veículos de projeto definidos pela AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), que são (AASHTO, 2001):

- VP: Representa os veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares;
- CO - Representa os veículos comerciais rígidos, não articulados. Abrangem os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de dois eixos e quatro a seis rodas;
- O: Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Entre estes incluem-se os ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, bem como caminhões longos, frequentemente com três eixos (trucão), de maiores dimensões que o veículo CO básico. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal admissível para veículos rígidos.
- SR: Representa os veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) e um semi-reboque. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria;
- RE: Representa os veículos comerciais com reboque. É composto de um caminhão trator trucado, um semi-reboque e um reboque, e que mais se aproxima do veículo conhecido como bitrem. Seu comprimento é o máximo permitido pela legislação.

Adotar um veículo de projeto para elaboração do projeto geométrico de uma rodovia significa, de forma geral, que veículos com dimensões iguais ou mais favoráveis que o veículo de projeto, terão condições de trafegabilidade iguais ou melhores que o veículo de projeto. Entretanto, isso não significa dizer que os veículos com características mais desfavoráveis que o veículo de projeto fiquem impossibilitados de transitar na rodovia, mas sim que eles poderão transitar em condições menos favoráveis que as mínimas estabelecidas (BRASIL, 2005).

2.4 Distância de Visibilidade

Um dos elementos que merece total atenção na elaboração de projetos viários são as distâncias de visibilidade. De acordo com Lee (2013, p. 205), denomina-se distância de visibilidade o comprimento da rodovia, em extensão contínua, que é visível ao condutor de um veículo, à sua frente. Essas distâncias devem ser consideradas tanto nos alinhamentos horizontais (projeto em planta) quanto nos verticais (projeto em perfil).

De acordo com Brasil (1999, p. 51), são três os tipos básicos de distância de visibilidade consideradas em projetos rodoviários: parada, tomada de decisão e ultrapassagem. Em relação a essa última, seus valores não são considerados nos projetos de acessos em pistas com dois sentidos de tráfego, já que as manobras de ultrapassagem são proibidas nessas regiões (Brasil, 2005).

2.5 Projeto Geométrico

Segundo Pontes Filho (1998, p. 1), o Projeto Geométrico de uma estrada consiste em correlacionar os seus elementos físicos com as características de operação, frenagem, aceleração, condições de conforto, segurança e etc. Dessa forma, infere-

se que o Projeto Geométrico de uma Rodovia ou dispositivo rodoviário, consiste na definição de sua forma geométrica, a qual deve ser concebida através da observância dos diversos elementos físicos e características citados anteriormente.

Um Projeto Geométrico de acesso geralmente é composto pelos seguintes projetos:

- Projeto em Planta: são representados os elementos geométricos da via no plano horizontal;
- Projeto em Perfil: são representados os elementos geométricos da via no plano vertical; e
- Seções Tipo de Geometria: são representados através de cortes transversais, a conformação dos ramos projetados em relação ao eixo da Rodovia principal.

2.5.1 Projeto em Planta

Dentre as características e elementos a serem considerados na concepção de um Projeto Geométrico em Planta de um acesso, deve-se ter grande atenção com os tipos de curvas horizontais a serem adotadas e seus respectivos raios, a adoção de faixas de mudança de velocidade, a largura dos ramos projetados e o espaço livre lateral.

Em projetos rodoviários, as curvas horizontais são elementos utilizados para fazer a concordância dos trechos retos. Segundo Pontes Filho (1998, p. 36), as curvas horizontais mais utilizadas são as circulares simples, compostas com transição e compostas sem transição.

Ao girar, o eixo traseiro de um veículo, principalmente os de maiores dimensões, descreve uma trajetória que se aproxima das curvas compostas e mais ainda das de transição. Devido a maior complexidade de cálculos e dificuldades de locação, os projetistas preferem empregar as curvas compostas ao invés das curvas de transição na concepção de projetos de acessos. As curvas compostas normalmente utilizadas são as de três centros, apesar de que, em alguns casos, as curvas de dois centros também serem adequadas. Os raios mínimos recomendados pelo DNIT para o projeto de interseções são dados em função da velocidade de projeto, do ângulo de conversão e do veículo de projeto. Seus valores podem ser consultados em Brasil (2005, p. 236 e 244).

As faixas de mudança de velocidade são faixas auxiliares que tem como objetivo proporcionar espaço adequado para que os condutores dos veículos executem as manobras de aceleração ou desaceleração, para entrada ou saída, respectivamente, da via principal, sem causar interferências ou conflitos no fluxo normal (BRASIL, 2005). Os comprimentos mínimos recomendados pelo DNIT para as faixas de mudança de velocidade a serem adotadas nos projetos de acessos são dados em função da velocidade diretriz da rodovia principal e da velocidade de segurança da curva de entrada ou saída do acesso. Seus valores podem ser consultados em Brasil (2006, p. 45).

Em relação a largura constante das Faixas de Mudança de Velocidade, o DNIT recomenda que sejam adotadas larguras entre 3,50 m e 3,60 m, não sendo necessário a adoção de acostamento. Caso sejam previstos a instalação de meios-fios intransponíveis, estes devem manter uma distância entre 0,30 m e 0,60 m das faixas de mudança de velocidade (BRASIL, 2005, p. 260).

A respeito da largura dos ramos, estas são dadas em função do *tipo de operação* e das *condições de tráfego* nos ramos de conversão. Segundo o DNIT os tipos de operação são (BRASIL, 2005, p. 249):

- Caso I: Operação em uma única faixa e um sentido, não sendo previstas ultrapassagens; adotado para movimentos de conversão secundários e baixos volumes de trânsito, onde a pista de conversão é relativamente curta.
- Caso II: Operação em uma única faixa e um sentido, sendo prevista possibilidade de ultrapassagem dos veículos parados; aplicável para todos os movimentos de conversão com intensidade de trânsito de moderado a pesado que não exceda, entretanto, a capacidade de operação de uma ligação de faixa única.
- Caso III: Operação em faixa dupla, com mão única ou dupla; aplicável onde a operação é feita em um ou nos dois sentidos para trânsito muito intenso.

Quanto às condições de tráfego, o DNIT define (BRASIL, 2005, p. 249-250):

- Condição de Tráfego A: Predominam veículos VP, mas é dada alguma consideração para veículos do tipo CO.
- Condição de Tráfego B: Número suficiente de veículos CO para impor as condições do projeto, com alguma consideração para veículos SR; volumes moderados de caminhões, perfazendo 5 a 12% do tráfego total.
- Condição de Tráfego C: Número suficiente de veículos O para impor as condições do projeto, ou intensidade elevada de caminhões incluindo alguns semi-reboques.

Assim, definido os dois parâmetros citados acima, pode se consultar o *Manual de projeto de interseções*, em Brasil (2005, p. 251) para verificar as larguras mínimas estabelecidas pelo DNIT para os ramos dos acessos.

2.5.2 Projeto em Perfil

Devido a diversos fatores, entre eles a simplicidade de sua equação analítica e possibilidade de localizar os pontos de concordância (PCV e PTV) em estacas inteiras, o DNIT (BRASIL, 1999, p. 124) recomenda a utilização das parábolas de 2º grau na concepção dos projetos em perfil.

Um elemento muito importante na definição de uma curva é o chamado "parâmetro de curvatura", que é representado pela letra K. O valor de K representa o comprimento da curva no plano horizontal (L), em metros, para cada 1% de variação na declividade longitudinal. Em função da classe técnica e do relevo da rodovia, o DNIT estabelece limites para o parâmetro K e para as rampas (i) a serem adotadas nas concordâncias verticais (BRASIL, 1999, p. 161-168).

2.6 Projetos Tipo

No Manual de acesso de propriedades marginais a rodovias federais, o DNIT apresenta cinco projetos-tipo que servem para orientar os projetistas na elaboração de seus projetos de acessos. Esses projetos-tipo são definidos em função do fim a que se destina o acesso (atender propriedades de uso público ou privado), classe técnica da rodovia, tipo de pista (simples ou dupla), tipo de conversão (a direita ou esquerda), relevo do terreno, inclinação do greide e volume de tráfego. Dessa forma, obtidos esses parâmetros, pode-se consultar o referido manual para escolher o projeto-tipo adequado a situação local.

É importante ressaltar que, em função das circunstâncias locais, podem ser utilizados padrões menores que os mínimos estabelecidos pelo DNIT através dos manuais (Brasil, 2005, p. 40).

3. Metodologia do Trabalho

Primeiramente destaca-se que este trabalho se limita apenas a assuntos relacionados à configuração geométrica de acesso. Deste modo, outras questões relacionadas a outras disciplinas de um projeto de acesso como, por exemplo, terraplenagem, pavimentação, drenagem, sinalização, tratamento paisagístico e etc., não serão tratados neste trabalho.

A metodologia proposta neste trabalho foi implementada num acesso construído na Rodovia BR-415, Km 13, no município de Ilhéus-Bahia, e que tem como finalidade permitir a entrada e saída de veículos e pessoas à Unidade Integrada Robson de Braga Andrade, pertencente ao Sistema FIEB (Federação das Indústrias do Estado da Bahia). A Figura 1 mostra a localização da área de estudo em relação ao mapa do estado da Bahia.

Figura 1 – Localização da Área de Estudo.



Fonte: Os Autores (2023).

3.1 Classificação Técnica da Rodovia

Como já foi visto, o conhecimento da classe técnica, relevo e velocidade de projeto são fundamentais para elaboração de qualquer projeto rodoviário, pois constituem parâmetros importantes para definição de muitas outras características de uma rodovia. Nesse trabalho, tais informações referentes a Rodovia em estudo (BR 415) serão obtidas através de revisão bibliográfica de publicações presentes na literatura.

3.2 Definição do Veículo de Projeto

O veículo de projeto será definido levando-se em consideração não apenas os veículos que transitam entre a rodovia e a Unidade Integrada, mas também aqueles que transitando pela rodovia necessitem utilizar o acesso para realização de manobras de retorno.

Na escolha do veículo de projeto serão consideradas também fatores econômicos, tendo em vista que a adoção de um veículo de padrão mais elevado se traduz em um projeto mais dispendioso do ponto de vista executivo.

3.3 Levantamento Topográfico

O levantamento topográfico tem como objetivo a coleta de dados planimétricos e altimétricos do acesso e sua área de abrangência, sendo tais dados posteriormente processados a fim de se obter um conjunto de informações necessárias para análise do acesso existente e também a confecção do novo projeto proposto. Mais detalhes a respeito de levantamentos topográficos utilizando as mais modernas técnicas e instrumentação topográficas podem ser vistos em (Teixeira et al., 2022; Silva & Teixeira, 2020)

Foi realizado um levantamento topográfico — na modalidade planialtimétrico cadastral, utilizando para isso uma estação total da marca Topcon, modelo ES105, um tripé, dois bastões com prisma e uma trena.

Finalizado o levantamento topográfico, os dados da estação total foram descarregados e processados no software *DataGeossis*, onde foram geradas as curvas de nível e elaborado um desenho primitivo. Posteriormente esse desenho primitivo foi exportado para o software *AutoCad*, onde foram feitos alguns ajustes e elaboração do desenho final.

3.4 Análise do Acesso Existente

Com base na planta topográfica planialtimétrica gerada do acesso existente, e considerando as características técnicas da rodovia e do empreendimento atendido pelo acesso, bem como as recomendações presentes nos manuais do DNIT, será realizada uma análise do acesso existente observando os seguintes pontos:

- Faixas de mudança de velocidade;
- Largura dos ramos do acesso;
- Geometria do acesso existente em relação aos modelos recomendados pelo DNIT.

3.5 Proposta de Reconfiguração do Acesso

Considerando que nessa etapa já se tem o levantamento topográfico planialtimétrico cadastral, e que já são conhecidos alguns parâmetros como classe técnica da rodovia, modelo de acesso adequado e veículo de projeto, iniciou-se a elaboração da proposta de projeto de reconfiguração do acesso, a qual foi concebida com o auxílio dos softwares AutoCad e Topograph 98. Mais detalhes sobre levantamentos topográficos podem ser vistos em Teixeira et al. (2022a; 2022b).

Todo o processo de concepção do projeto fundamentou-se nas prescrições do DNIT apresentadas nas seguintes instruções normativas:

- *Manual de projeto de interseções* (BRASIL, 2005);
- *Manual de acesso de propriedades marginais a rodovias federais* (BRASIL, 2006);
- *Manual de Projeto Geométrico de rodovias rurais* (BRASIL, 1999).

4. Resultados e Discussões

4.1 Definição da Classe Técnica da Rodovia Br 415

De acordo com estudos realizados por Menezes (2018, p. 61), a Rodovia BR 415 é classificada tecnicamente como pertencente ao grupo I-B em relevo Ondulado. Em sua pesquisa, Coutinho (2018, p. 52) também define a Classe Técnica da Rodovia BR 415 como sendo I-B.

As Rodovias Classe I-B em Relevo Ondulado possuem velocidade de operação de 80 Km/h. Entretanto, a sinalização vertical presente no trecho em estudo da Rodovia indica velocidade máxima de 60 Km/h.

Essa divergência leva a crer que o intenso processo de urbanização presente às margens da Rodovia, no trecho compreendido entre as cidades de Ilhéus e Itabuna, pode ter levado a redução da velocidade de operação de 80 Km/h para 60 Km/h.

Dessa forma, a velocidade de projeto a ser considerada para análise do acesso existente e concepção da proposta de projeto será 60 Km/h.

4.2 Definição do Veículo de Projeto

O veículo de projeto adotado foi o tipo SR – veículo comercial articulado, que possui 16,60 m de comprimento. Essa escolha foi feita pelo fato de haver, em função do porte e importância da Unidade Integrada, a possibilidade de veículos desse tipo adentrarem a Unidade Integrada transportando materiais e equipamentos.

É sabido que a Rodovia BR-415 é uma via de escoamento para a notável produção agrícola da região oeste do estado da Bahia. As grandes carretas que transitam pela Rodovia, transportando na maioria das vezes soja, têm como destino o Porto de Ilhéus. Essas carretas, em sua grande maioria são representadas pelo veículo tipo R (conhecidos como bitrem).

Dessa forma, a adoção do veículo SR – o segundo de mais alto padrão perdendo apenas para o veículo tipo R, permitirá que o primeiro tenha boas condições de trafegabilidade e o segundo tenha condições de trafegabilidade menos favoráveis. O veículo do tipo R não foi adotado por onerar bastante o projeto.

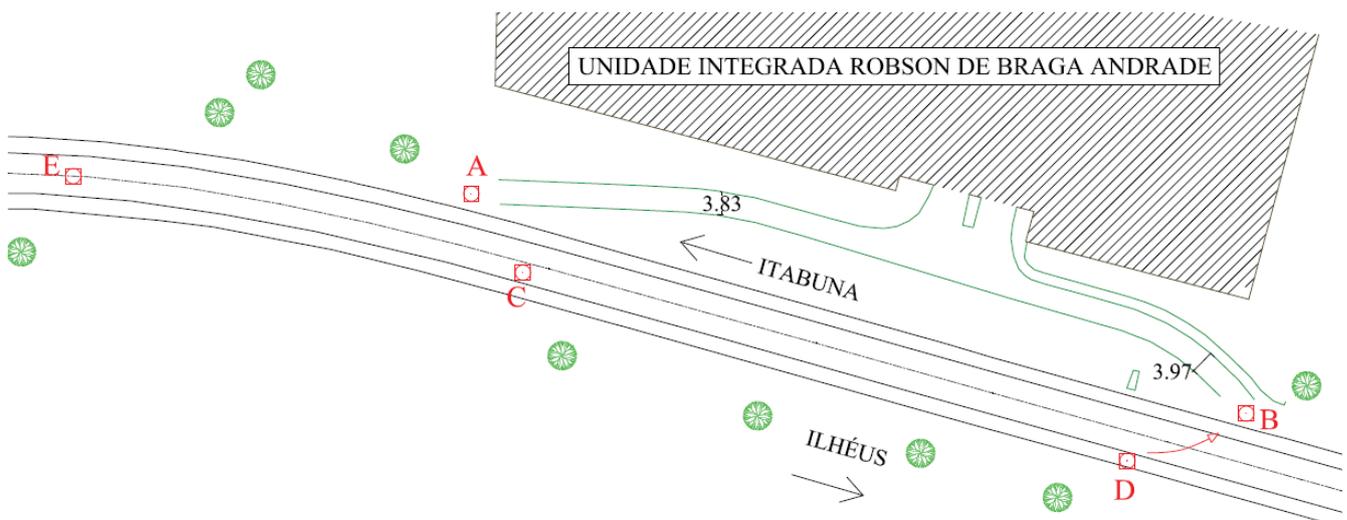
4.3 Levantamento Topográfico e Diagnóstico do Acesso Existente

O levantamento topográfico é uma etapa muito importante no processo de elaboração de um projeto de acesso, pois é através dele que o engenheiro:

- Faz o lançamento dos greides das vias de forma que as cotas destas estejam compatibilizadas com as cotas da via principal e com as cotas da entrada do empreendimento ao qual atenderá;
- Realiza estudos de desapropriação, os quais podem inviabilizar a construção de um empreendimento e consequentemente do acesso;
- Analisa o melhor traçado para as vias levando em consideração os volumes de cortes e aterros necessários;
- Realiza estudos das distâncias de visibilidade mínimas exigidas pelo DNIT.

A Figura 2 mostra a configuração geométrica em planta do acesso existente, obtida a partir do levantamento topográfico.

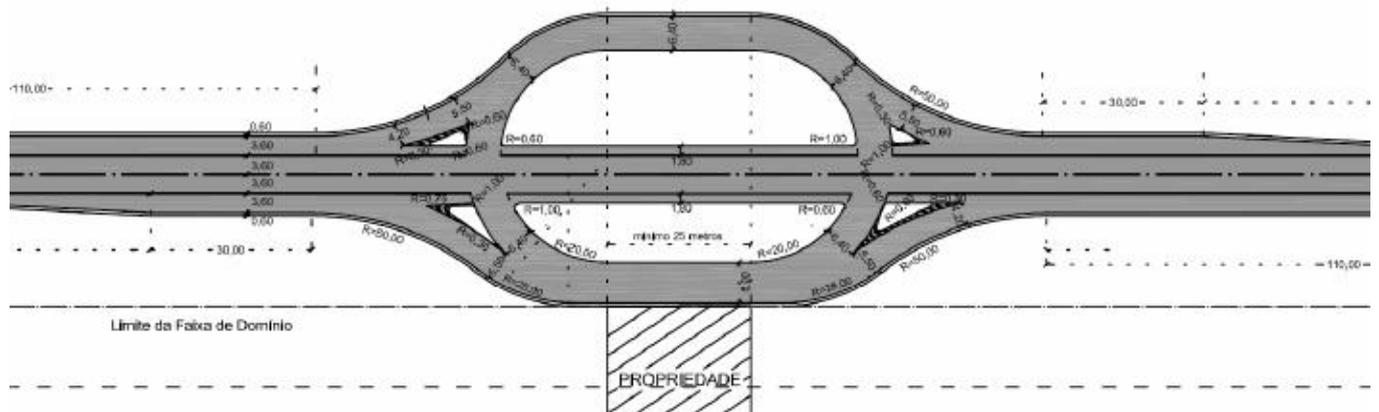
Figura 2 – Planta do acesso a Unidade Integrada.



Fonte: Autores (2023).

De posse das informações a respeito das características técnica da Rodovia BR 415, pôde-se consultar no *Manual de acesso de propriedades marginais a rodovias federais* (Brasil, 2002, p. 67) o projeto tipo de acesso recomendado pelo DNIT para a Unidade Integrada. Como o acesso serve a uma propriedade de uso público, localizada em uma Rodovia de classe I sobre relevo ondulado, com pista simples e necessidade de giros a esquerda, o modelo de acesso indicado é o apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Projeto tipo recomendado pelo DNIT para a Unidade Integrada.



Fonte: Brasil (2005, p. 84).

Ao comparar a Figura 3 (modelo de acesso recomendado) com a Figura 3 (configuração do acesso existente), observa-se que o acesso existente está em total desacordo com o modelo de acesso recomendado pelo DNIT.

Observa-se também no acesso existente a ausência das *faixas de mudança de velocidade* (aceleração e desaceleração), o que faz com que os veículos, ao entrarem ou saírem da Unidade Integrada, causem interferência no fluxo normal da Rodovia principal.

No acesso existente, a ausência da faixa marginal no lado da Rodovia oposto ao empreendimento, faz com que um automóvel que está transitando na Rodovia em direção à Ilhéus, represente um risco de colisão com outro automóvel que, vindo de Itabuna, aguarda no ponto D (acostamento) para converter à esquerda e entrar no acesso pelo ponto B.

No acesso existente há, próximo ao ponto A, uma placa do tipo "proibido girar a esquerda", ou seja, um automóvel que sai do empreendimento e se desloca no sentido da cidade de Ilhéus não pode fazer a conversão à esquerda no ponto A. Assim, esse automóvel precisa se deslocar pela Rodovia principal, no sentido da cidade de Itabuna, até encontrar um local adequado a realização da manobra de retorno. Obviamente, essa necessidade representa um custo adicional de tempo e dinheiro para esse condutor, o que pode incentivá-lo a desobedecer tal sinalização e realizar a manobra de conversão à esquerda no ponto A, causando assim uma situação perigosa com maior probabilidade de ocorrência de acidentes.

Como pode ser visto na Figura 3, a faixa marginal do acesso existente possui largura aproximada de 4,0 m. Essa largura é incompatível com o porte da Unidade Integrada e com as características técnicas da Rodovia principal, pois não permite que um veículo passe a frente de outro veículo imobilizado na via. Em outras palavras, se, por exemplo, um veículo-tipo CO (2,60 m de largura), apresentar problemas mecânicos e ficar imobilizado na faixa marginal, outros veículos não poderão transitar por essa faixa.

4.4 Proposta de Projeto Geométrico para o Acesso

4.4.1 Estudos de Visibilidade

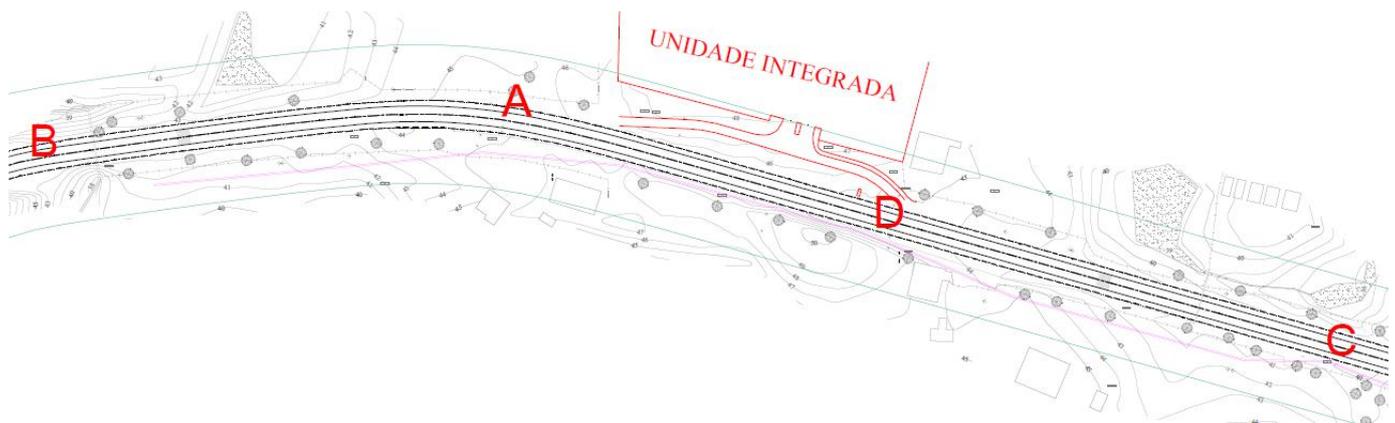
O primeiro ponto a ser observado na definição da localização de um acesso são as distâncias de visibilidade. Por questões econômicas, um acesso deve ser construído, preferencialmente, o mais próximo possível da propriedade ao qual ele serve. Entretanto, isso nem sempre é possível, principalmente por conta das distâncias de visibilidade mínimas exigidas pelo DNIT, às quais devem ser respeitadas.

Considerando que o acesso da Unidade Integrada deve ter o layout semelhante ao mostrado na Figura 3, um condutor que se desloca pela Rodovia, ao se aproximar do acesso, deve ter uma *distância de visibilidade para tomada de decisão* em

relação aos pontos de travessia de 200 m (BRASIL, 2006, p. 15). Dessa forma, realizou-se um estudo com o intuito de encontrar as posições desses pontos que atendessem tal distância de visibilidade e que estivessem localizados o mais próximo possível da Unidade Integrada.

Como é apontado por meio da Figura 4, em um estudo realizado no plano horizontal, os pontos de travessia mais próximos do empreendimento que permitem o atendimento da *distância de visibilidade para tomada de decisão* exigida estão identificados por D e A.

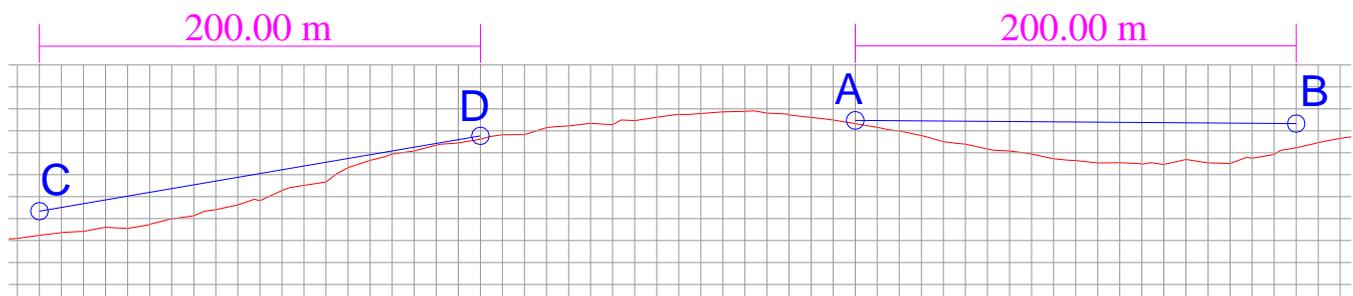
Figura 4 – Estudos de visibilidade no plano horizontal.



Fonte: Autores (2023).

O próximo passo foi verificar se os alinhamentos AB e DC atendem a *distância de visibilidade para tomada de decisão* no plano vertical. Como é mostrado na Figura 5, tal critério também foi atendido.

Figura 5 – Estudos de visibilidade no plano vertical.



Fonte: Autores (2023).

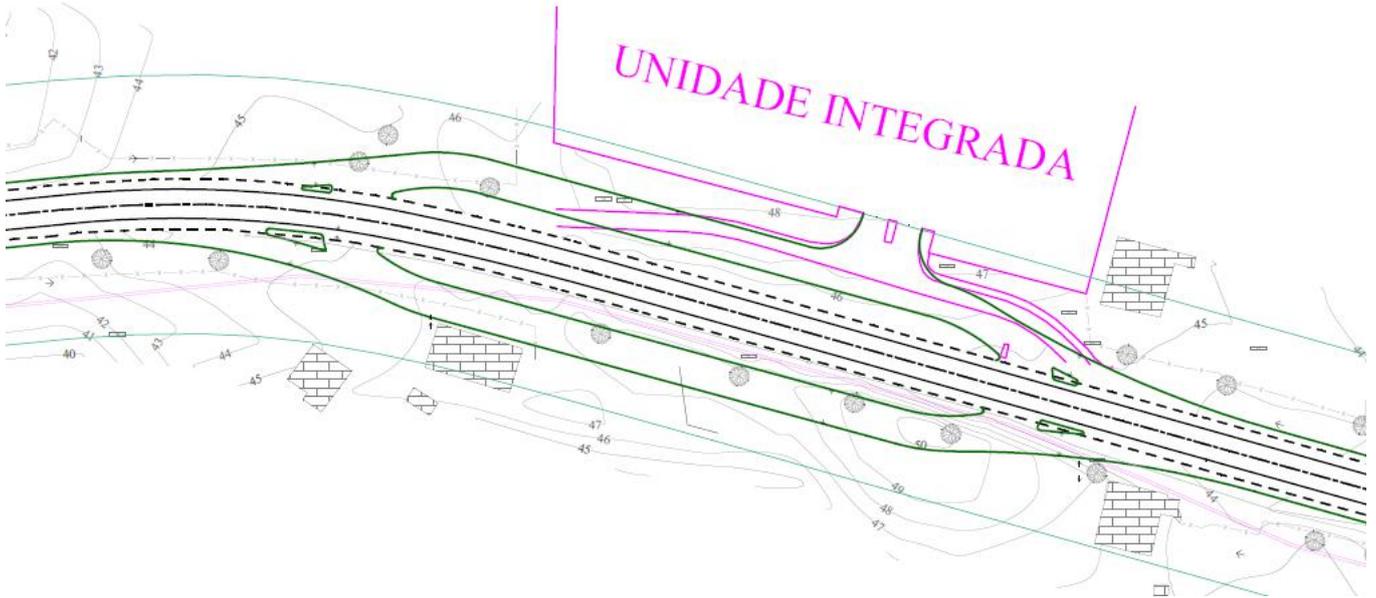
Como recomenda o DNIT (Brasil, 1999, p. 56), nos estudos de visibilidade no plano vertical considerou-se 0,15 m como a menor altura de um obstáculo visível na pista e 1,10 m para a altura dos olhos do motorista.

Seguindo a mesma metodologia, verificou-se a existência de distâncias de visibilidade de parada de pelo menos 100 m entre os pontos A e D, que por sua vez é superior aos 85 m (mínimo) exigido pelo DNIT (Brasil, 2005, p. 232).

4.4.2 Concepção do *Layout*

Após definir os pontos de travessia, foi concebido através do Software AutoCad o *layout* para o acesso. A Figura 6 apresenta este *layout*.

Figura 6 – *Layout* concebido para o acesso.



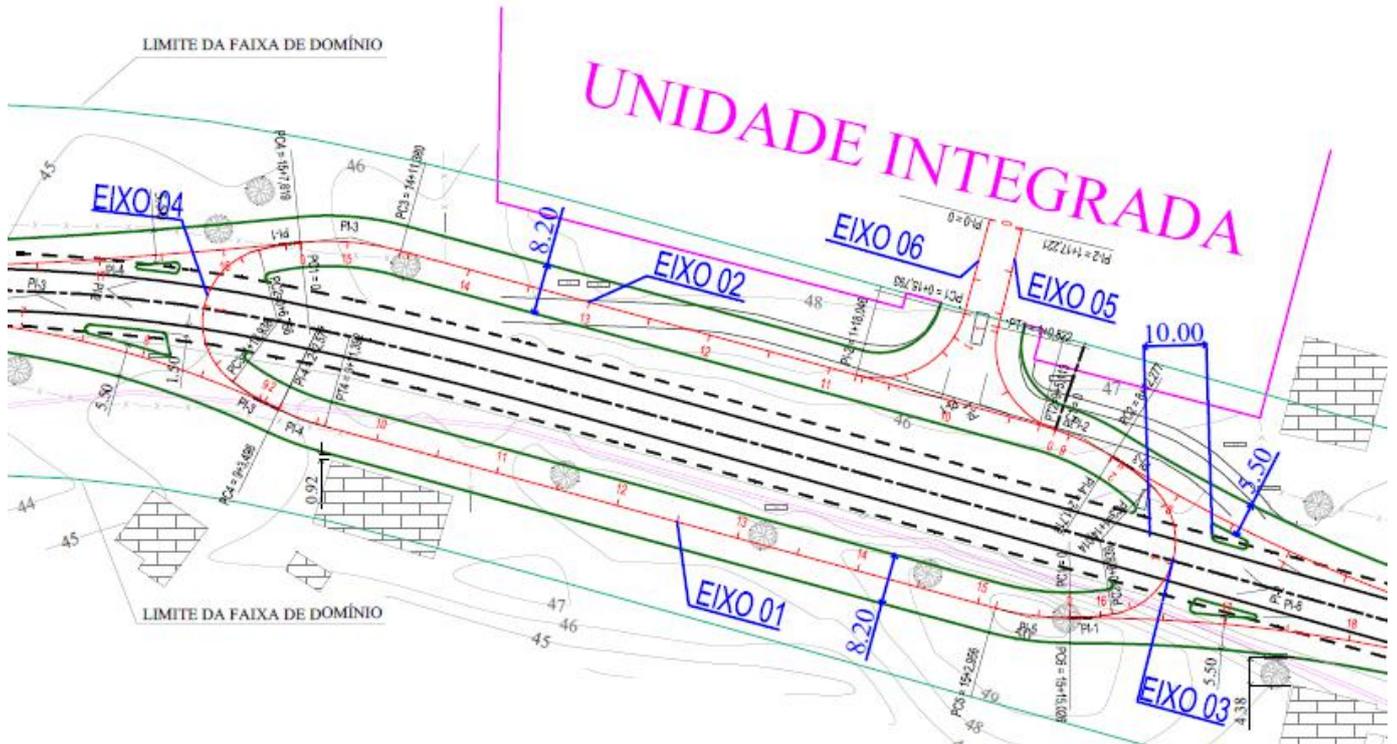
Fonte: Autores (2023).

Comparando a Figura 3 com a Figura 6, observa-se que a configuração geométrica concebida é semelhante com aquela recomendada pelo DNIT para uma Rodovia como a BR 415 e para um empreendimento como a Unidade Integrada.

4.4.3 Projeto em Planta

Após definir o *layout* para o acesso no software AutoCAD, foram definidos seis eixos primitivos para cada ramo (composto por segmentos de retas), sendo estes exportados para o software Topograph 98, que por sua vez permitiu o cálculo das concordâncias horizontais e traçado dos eixos definitivos. A Figura 7 mostra a posição desses eixos.

Figura 7 - Eixos projetados.



Fonte: Autores (2023).

Nos pontos de travessia (eixos 3 e 4), foram adotadas curvas horizontais de três centros para o bordo interno da pista. Como tais travessias são sinalizadas por placas do tipo "Parada Obrigatória", o condutor deve imobilizar o veículo para posteriormente realizar a travessia, o que impõe baixas velocidades de operação, aqui consideradas em torno de 15 Km/h. Assim, considerando que o ângulo de conversão é 180° e o veículo de projeto é o SR, foram adotados os valores de raios e *afastamento* recomendados pelo DNIT no *Manual de projeto de interseções* (Brasil, 2005, p. 236), que são, respectivamente: 40m-8m-40m e 3,0m. Com relação à largura da pista projetada nessa região, foi adotado 10 m para a mesma de forma a permitir boas condições de conversão aos veículos SR.

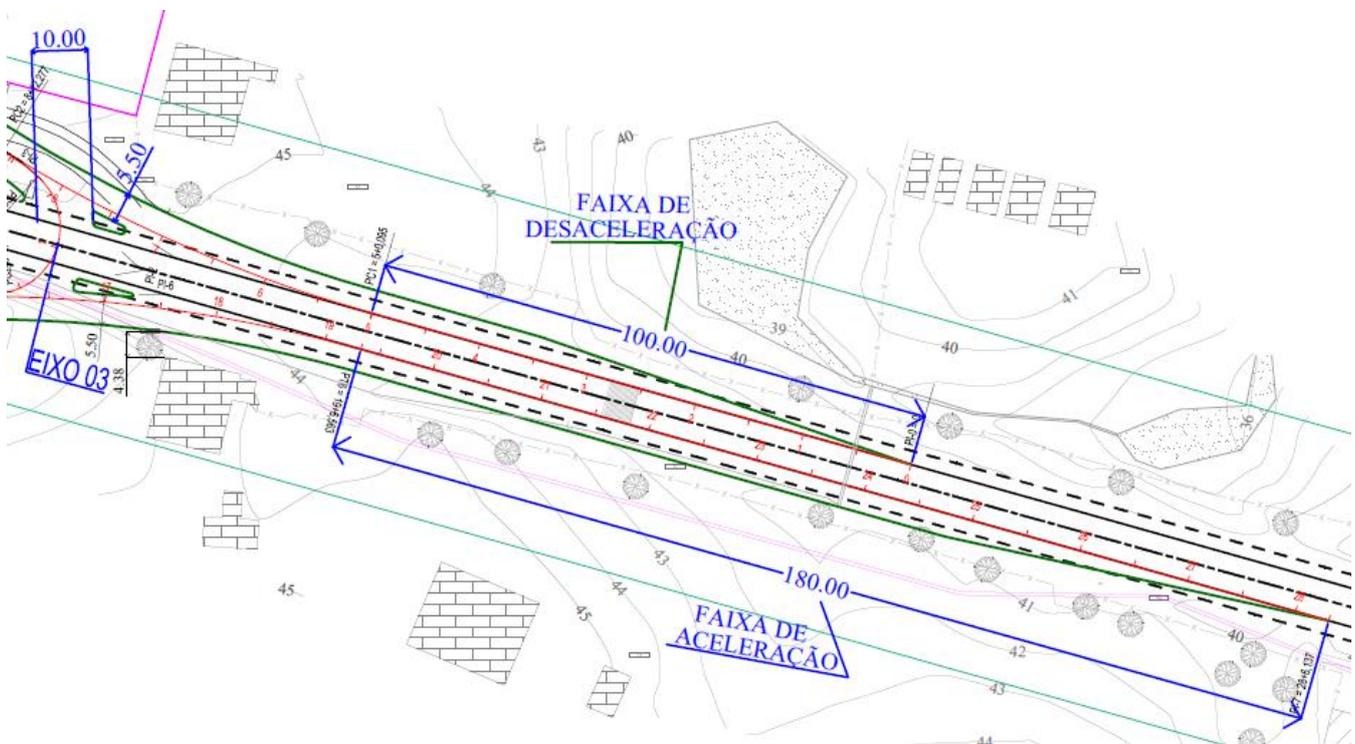
Nos demais ramos do acesso foi considerada uma velocidade de operação de 25 Km/h, a qual deverá ser informada no projeto de sinalização. Para essa velocidade apenas as curvas de entrada no empreendimento (eixos 5 e 6) estão com raios um pouco inferiores ao mínimo estabelecido pelo DNIT no *Manual de projeto de interseções* (Brasil, 2005, p. 236), sendo 15 m o recomendado e 14,1 m o projetado. Não foi possível atender a esse raio mínimo, pois buscou-se compatibilizar as entradas existentes com a proposta de projeto, ou seja, a adoção do raio mínimo recomendado exigiria a demolição de parte dos muros de entrada do empreendimento.

Para determinação da largura dos ramos foram usados como referência os valores mínimos estabelecidos pelo DNIT no *Manual de projeto de interseções* (BRASIL, 2005, p. 251), considerando Caso II e Condição B (ver seção 2.5.1). A largura adotada para as pistas marginais em tangente foi 8,20 m, sendo composta por uma faixa de rolamento de 7,0 m e duas faixas de segurança de 0,60 m em relação ao meio-fio projetado em cada lado. A largura de 7,0 m foi adotada pensando na hipótese de um veículo imobilizado na via não impedir o tráfego de outros veículos. Com relação aos ramos de entrada, tendo em vista o valor do raio da curva (> 250 m), os ramos de entrada foram projetados com a largura mínima recomendada pelo DNIT, que é 5,5 m.

Devido ao tamanho das áreas pavimentadas próximas às regiões de travessia, foram projetadas ilhas triangulares separando os ramos de travessia dos ramos de entrada/saída (Figura 7). Tais ilhas têm o objetivo de ordenar e canalizar o tráfego dos veículos.

Apesar da velocidade máxima de operação expressa na sinalização vertical da Rodovia BR-415 ser 60 Km/h, por conta das boas condições das pistas, há uma tendência dos condutores excederem essa velocidade. Por conta disso, a favor da segurança, os comprimentos das faixas de mudança de velocidade foram definidos de acordo com os valores recomendados pelo DNIT no *Manual de acesso de propriedades marginais a rodovias federais* (Brasil, 2006, p. 45), para uma velocidade diretriz da Rodovia de 80 Km/h e velocidade das curvas de saída/entrada de 40 Km/h. O comprimento adotado para as faixas de aceleração foi 180 m, sendo 110 m de mesa e 70 m de taper. Para as faixas de desaceleração adotou-se o comprimento de 100 m, sendo 70 m de taper e 30 m de mesa. A Figura 8 mostra as faixas de mudança de velocidade.

Figura 8 – Faixas de mudança de velocidade projetadas.



Fonte: Autores (2023).

4.4.4 Projeto em Perfil

Por meio do Topograph 98 também foi definido o perfil longitudinal do terreno para cada eixo projetado, servindo estes como base para o lançamento dos greides e cálculo das concordâncias verticais.

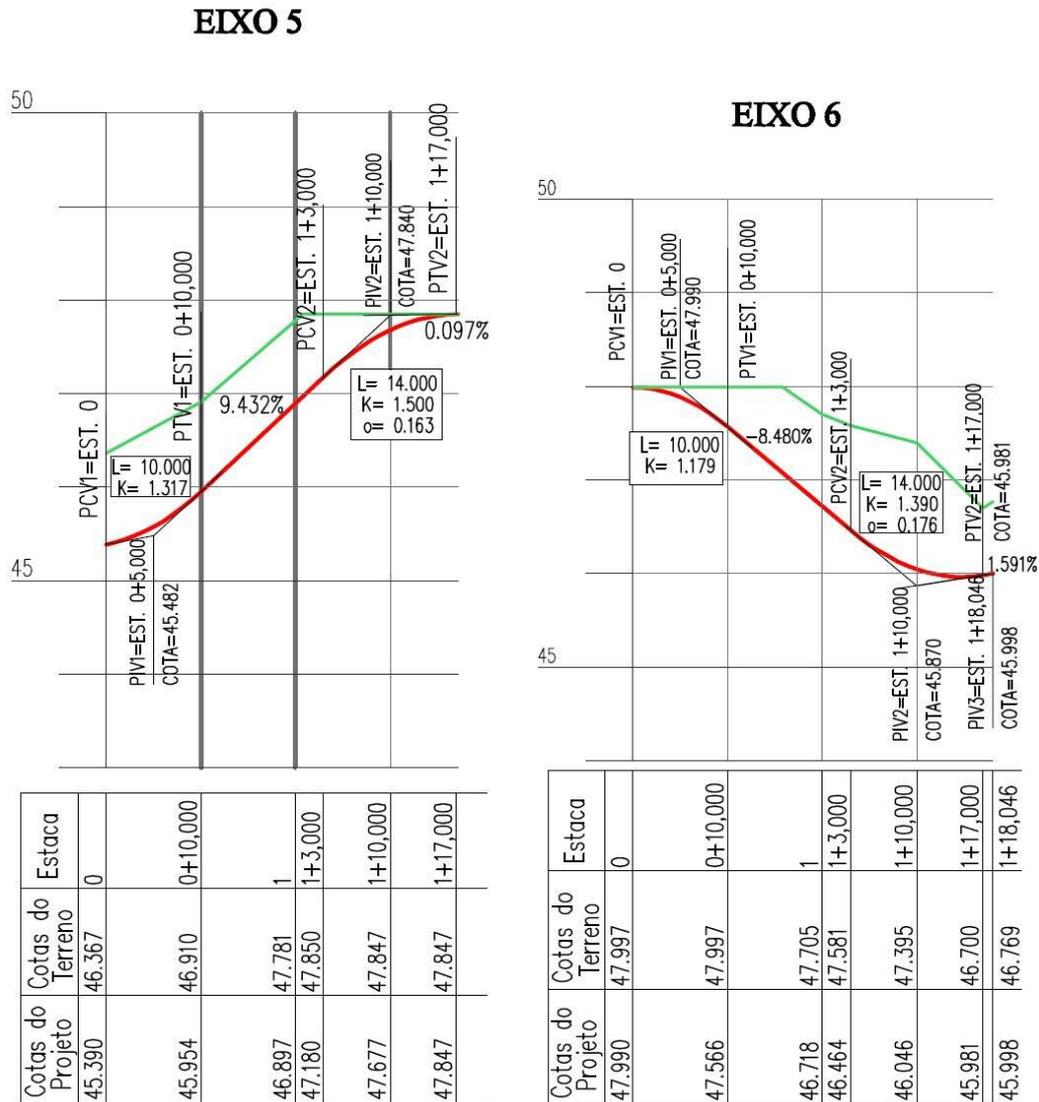
Buscando proporcionar condições de trafegabilidade para o acesso semelhante aquelas da Rodovia principal, adotou-se para o acesso os valores de rampa máxima e coeficiente K recomendados pelo DNIT para uma rodovia com características semelhantes a BR 415 (classe I e relevo ondulado). Assim, conforme recomendação presente no *Manual de Projeto Geométrico de rodovias rurais* (Brasil, 1999, p. 161-165), o valor de rampa máxima considerado foi 4,5% e os valores mínimos para a constante K foram 29 m/% para curvas convexas e 24 m/% para curvas côncavas.

Além da observância dos limites anteriormente citados, os greides foram lançados de forma a minimizar os volumes de terra movimentados na fase de implantação do projeto. A construção da pista marginal definida pelo eixo 1 exige a

movimentação de um volume considerável de terra, não apenas nos limites da faixa, mas também no canteiro central, onde a remoção do solo acima do nível da pista é necessário para proporcionar uma visão desimpedida sobre todo o acesso.

Devido a grande diferença altimétrica entre a Rodovia e a entrada da Unidade Integrada (2,79 m), somada a pequena distância horizontal que as separa, foi necessário projetar a entrada 15 m para dentro do empreendimento para que os eixos 5 e 6 tivessem inclinação de 9,432% e 8,480 %, respectivamente, como é mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Projeto em perfil dos eixos 5 e 6.



Fonte: Autores (2023).

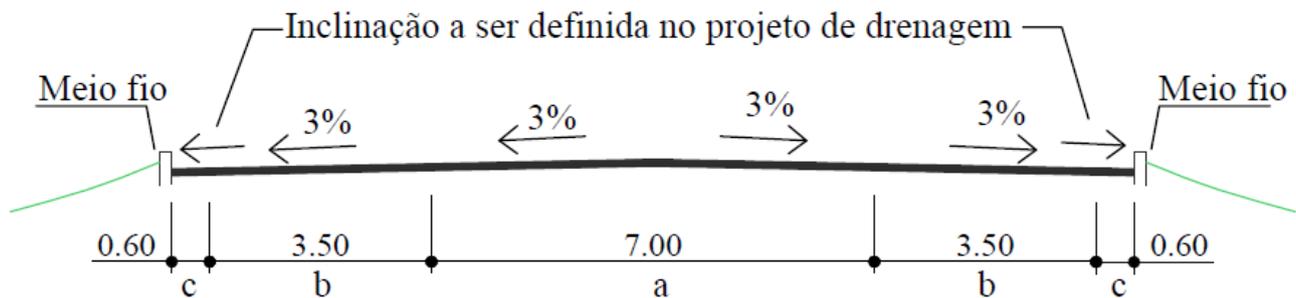
Como se observa pela Figura 9, devido a necessidade de compatibilização das cotas dos greides com as cotas de entrada e saída da Unidade Integrada (47,847 e 47,997, respectivamente), foi preciso adotar inclinações superiores à máxima estabelecida pelos manuais (4,5 %). A inclinação empregada é consistente com uma Rodovia Classe IV-B, cuja velocidade de operação é 30 Km/h e a inclinação máxima admissível para o greide é 10%. Dessa forma, devido às condições topográficas locais já citadas, inclinações menores que 10% foram adotadas por serem compatíveis com velocidades de operação inferiores a 30 Km/h, com é o caso do acesso em estudo, que possui velocidade de operação de 25 Km/h.

4.4.5 Seções Tipo

Por último foram feitas as seções tipo das faixas projetadas, sendo mostrada uma seção tipo para as faixas marginais e outra para as faixas de mudança de velocidade.

Como foi considerada uma velocidade de operação máxima nos ramos do acesso de 25 Km/h, segundo o DNIT (Brasil, 2005, p. 244), não é necessária aplicação de taxa de superelevação. Entretanto, em observância as condições de drenagem, foi adotado um caimento transversal para as pistas projetadas igual ao presente na Rodovia BR-415, que é 3%. A Figura 10 mostra a Seção Tipo das faixas de mudança de velocidade.

Figura 10 – Seção tipo das faixas de mudança de velocidade.



a = PISTA EXISTENTE (BR-415)

b = FAIXA DE ACELERAÇÃO/DESACELERAÇÃO PROJETADA

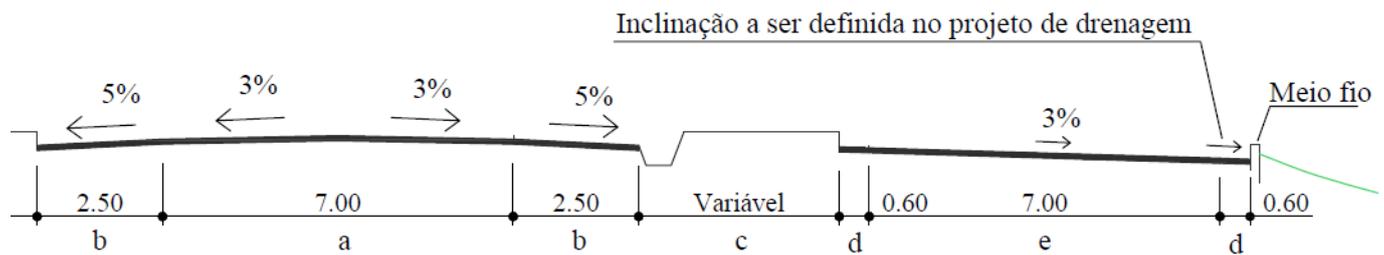
c = AFASTAMENTO PROJETADO

Fonte: Autores (2023).

Como pode ser visto na Figura 10, as faixas de mudança de velocidade possuem 3,50 m de largura (mesma largura das faixas da Rodovia), além de um afastamento de 0,60 m para o meio-fio projetado, como recomenda o DNIT (ver seção 2.5.1).

As pistas marginais possuem largura de 7,0 m, o que corresponde a duas faixas de 3,5 m cada. Como as faixas de mudança de velocidade, as pistas marginais também foram projetadas com um afastamento de 0,60 m em relação ao meio-fio e inclinação transversal de 3 %. A Figura 11 mostra a seção tipo de uma das pistas marginais.

Figura 11 – Seção tipo da pista marginal.



a = PISTA EXISTENTE (BR-415)
b = ACOSTAMENTO EXISTENTE
c = CANTEIRO CENTRAL
d = AFASTAMENTO PROJETADO
e = PISTA PROJETADA

Fonte: Autores (2023).

Como pode ser visto nas Figuras 10 e 11, é destacada uma observação a respeito da inclinação transversal da faixa de afastamento. Essa característica deve ser determinada através do projeto de drenagem, o qual, através dos estudos hidrológicos, determinará a inclinação transversal necessária para as mesmas de forma a proporcionar o adequado escoamento das águas pluviais.

5. Considerações Finais

No desenvolvimento desse trabalho constatou-se que o acesso existente na Unidade Integrada Robson de Braga Andrade está em desacordo com as características técnicas definidas pelo DNIT, constituindo assim uma condição de irregularidade. Além disso, com base na análise realizada, pôde-se concluir que tal interseção representa um risco à segurança de seus usuários e demais condutores que por ali transitam.

Com a validação da suposição inicial de irregularidade do acesso existente, elaborou-se uma proposta de Projeto Geométrico para a interseção seguindo, principalmente, as prescrições presentes no *Manual de Projeto de Interseções* e *Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais*. Durante o processo de concepção do projeto, foi destacado a importância dos Estudos de Visibilidade em relação à segurança dos usuários das interseções. Além disso, o respeito aos demais limites estabelecidos pelos manuais (raios de curvas, largura das pistas, inclinação do greide e etc) também são os parâmetros que garantirão condições de segurança e conforto aos usuários.

Na elaboração de qualquer projeto de engenharia o projetista deve buscar um ponto de equilíbrio entre o atendimento aos padrões técnicos e os custos de implantação do referido projeto. Em outras palavras, o engenheiro deve elaborar um projeto cujo produto final cumpra de forma satisfatória a função para o qual foi concebido, mas que os custos de construção não o torne oneroso ou economicamente inviável. No caso em estudo, durante a elaboração da proposta de Projeto Geométrico para o acesso, atendeu-se um conjunto de padrões técnicos legalmente definidos – o que garante a funcionalidade do mesmo, ao passo que buscou-se um projeto com custos de implantação minimizados.

Por último é importante destacar que a construção de um acesso necessita além do Projeto Geométrico, de outros projetos advindos de variadas fontes do conhecimento, como por exemplo a terraplenagem, desapropriação, pavimentação, drenagem, tratamento paisagístico, sinalização, e etc. Todos esses projetos devem ser compatibilizados entre si de forma a resultar na construção de um acesso funcional e economicamente viável.

Referências

- AASHTO (2001). American Association Of State Highway And Transportation Officials. *A policy on geometric design of highways and streets*. 4th ed. Washington, D.C.
- Brasil (País) (1999). *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Brasília.
- Brasil (País) (2005). *Manual de Projeto de Interseções*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília.
- Brasil (País) (2006). *Manual de Acesso de Propriedades Marginais a Rodovias Federais*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília.
- Brasil (País) (2010). *Manual de Projeto d Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília.
- Coutinho, E. S. (2018). *Avaliação e projeção da demanda de tráfego da rodovia BR 415 Km 14, para um horizonte futuro de dez anos (2018- 2028)*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), UESC, Ilhéus-BA, 64 p.
- Lee, S. H. (2013). *Introdução ao projeto geométrico de rodovias*. Ed. UFSC, Florianópolis.
- Filho, G. P. (1998). *Estradas de rodagem: projeto geométrico*. São Carlos.
- Menezes, L. S. (2018). *Determinação do nível de serviço da rodovia ilhéus-ítubuna Pela metodologia do HCM 2000*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), UESC, Ilhéus-BA, 78 p.
- Gold, P. A. (1998). *Segurança de trânsito – aplicações de engenharia para reduzir acidentes*. São Paulo, SP: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).
- IPEA. (2015). *Acidentes de trânsito nas rodovias federais Brasileiras: Caracterização, tendências e custos para a sociedade – Relatório de Pesquisa*, 2015.
- IPEA. (2015). *Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea – Relatório de Pesquisa*, 2015.
- Schirmer E. C. (2014). Diagnóstico de Traçado Horizontal e Desempenho de Segurança de Trecho Rural da Rodovia BR-262. Departamento de Engenharia Civil da UFES. Vitória
- Silva, C. F., & Teixeira, N. N. (2020). Modelo de Ondulação Geoidal Mapgeo2015: Análise da Viabilidade de sua Utilização na Determinação de Altitudes Ortométricas do Estado da Bahia. *SODEBRÁS*, v. 15, p. 82-91. <http://dx.doi.org/10.29367/issn.1809-3957.15.2020.179.82> .
- Teixeira, N. N., & Mascarenhas, R. C. O. (2022). Inspeção Visual Regular de Pontes de Concreto. *SODEBRÁS*, 17, 48-60. <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.17.2022.200.48> .
- Teixeira, N. N., Junior, D. C. C., & Galvão, L. A. (2022). Análise do Desempenho de Mapeamento Topográfico Planimétrico Executado dom Aeronave Remotamente Pilotada - RPA. *SODEBRÁS*, v. 17, p. 45-57, 2022. <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.17.2022.204.45> .
- Teixeira, N. N., Junior, D. C. C., & Rodrigues, W. S. (2022). Análise do Desempenho da Técnica de Posicionamento GNSS PPP-RTK em Tempos de Convergência Distintos. *Research, Society And Development*, 11, E515111638680-23. [HTTPS://DOI.ORG/10.33448/RSD-V11I11.638680](https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.638680) .
- Teixeira, N. N., Coutinho, E. S., & Vieira, J. R. S. (2023). Estimativa da Demanda de Fluxo de Tráfego da Rodovia BR 415 para um Horizonte Futuro de Dez Anos a Partir de 2018. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 10, 1-27. <http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-228-12343> .