



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

**MATHEUS DANTAS AZEVÊDO SILVA**

**ESTUDO DA ROTATÓRIA DA PRAÇA JOSÉ AMÉRICO EM  
CAMPINA GRANDE - PB**

**CAMPINA GRANDE – PB  
JULHO 2019**

MATHEUS DANTAS AZEVÊDO SILVA

**ESTUDO DA ROTATÓRIA DA PRAÇA JOSÉ AMÉRICO EM  
CAMPINA GRANDE - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG,  
em cumprimento as exigências para a obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Transportes.

**Orientador:** Prof. Dr. Walter Santa Cruz.

**CAMPINA GRANDE – PB  
JULHO 2019**

À Deus, meus pais e irmãs, pelo apoio incondicional a todo instante da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida.

Agradeço a meus pais, Rossenir Dantas e Maria do Socorro, minhas irmãs, Michaella Maria e Ruhamah Azevêdo e aos familiares em geral que me acompanharam nessa jornada.

A todos os meus professores, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Walter Santa Cruz que por meio de suas aulas, suas conversas, seus incentivos, sua calma e tranquilidade, me fizeram despertar interesse por essa área de estudo.

Agradeço a colaboração e a prestatividade da STTP representada pelo seu superintendente Félix Neto, ao setor de Engenharia representado por Avelino Freire, ao setor de Estatística coordenado por Erivaldo de Araújo Silva e ao agente de trânsito, amigo e tio, Thiago Lins de quem sempre tive total apoio.

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade de desenvolver esse trabalho.

# ESTUDO DA ROTATÓRIA DA PRAÇA JOSÉ AMÉRICO EM CAMPINA GRANDE - PB

Matheus Dantas Azevêdo Silva<sup>1</sup>

## RESUMO

Este estudo objetivou classificar a rotatória da Praça José Américo quanto ao nível de serviço de seus acessos. Foram feitas coletas de dados visando à obtenção da capacidade básica e do fator de pedestres. Com essas informações calculou-se a capacidade teórica de cada acesso que, comparada com o fluxo real em cada entrada, forneceu a capacidade residual. Portanto para interseção em estudo verificou-se que três das quatro entradas à rotatória estão operando em nível de serviço classificado como F pelo Manual de Projeto de Interseções publicado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

**Palavras-chave:** Transportes. Trânsito. Rotatória.

## ABSTRACT

This study aims to classify the roundabout at Praça José Américo with regard to the level-of-service of its accesses. The data was collected aiming to obtain the Praça's basic capacity as well as the pedestrian factor. With these informations in hand, the theoretical capacity of each access was calculated, and compared to the actual flow in each entrance, providing its residual capacity. Therefore, for the referred intersection, it was verified that three out of the four entrances to the roundabout are operating at a level-of-service classified as F by the Manual of Intersection Project, published by the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT).

**Keywords:** Transports. Traffic. Roundabout.

---

<sup>1</sup> Aluno de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande – Campus I  
E-mail: m\_matheusd@hotmail.com

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Rotatória .....	11
Figura 02: Rotatória Vazada .....	11
Figura 03: Placas de Regulamentação .....	12
Figura 04: Elementos Físicos .....	13
Figura 05: Rotatória Convencional .....	14
Figura 06: Mini Rotatória .....	15
Figura 07: Rotatória Dupla .....	15
Figura 08: Deflexão do Tráfego de Entrada.....	16
Figura 09: Pontos de Conflitos .....	17
Figura 10: Acidentes .....	18
Figura 11: Capacidade Básica do Acesso .....	20
Figura 12: Fator $f_i$ para uma faixa na entrada e uma faixa na rotatória .....	20
Figura 13: Fator $f_i$ para duas faixas na entrada e duas faixas na rotatória .....	21
Figura 14: Tempo Médio de Espera .....	21
Figura 15: Foto de Satélite .....	24
Figura 16: Representação das Aproximações .....	24
Figura 17: Representação da Área de Estudo .....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Características e Função dos Elementos das Rotatórias .....	13
Tabela 02: Tabela de Equivalência em Unidades de carros de Passeio (UCP) .....	19
Tabela 03: Níveis de Serviço em Função dos Tempos de Espera .....	22
Tabela 04: Legenda da Figura 17 .....	25
Tabela 05: Matriz de Origem e Destino .....	26
Tabela 06: Matriz de Origem e Destino em Carros de Passeio Equivalentes .....	26
Tabela 07: Capacidade Residual e Nível de Serviço .....	26

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

B – Bicicleta

CO – Caminhão

CONTRAM – Conselho Nacional de Trânsito

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

M – Moto

O – Ônibus

RE – Reboque

SI – Sem Informação

SR – Semi-reboque

STTP – Superintendência de Trânsito e Transportes Públicos

UCP – Unidade de Carros de Passeio

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VP – Veículo de Passeio



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.3.1 Objetivo Geral .....	10
1.3.2 Objetivo Específico .....	10
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
2.1 INTERSEÇÕES .....	11
2.2 ROTATÓRIA .....	11
2.2.1 História da Rotatória .....	11
2.2.2 Legislação .....	12
2.2.3 Elementos Físicos da Rotatória .....	13
2.2.4 Tipos de Rotatória .....	14
2.2.5 Princípios de Funcionamento da Rotatória .....	15
2.2.6 Considerações Políticas de Segurança no uso das Rotatórias por multimodais .....	16
2.2.7 Segurança .....	17
2.2.8 Capacidade da Rotatória e Níveis de Serviço .....	18
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>23</b>
<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>28</b>
<b>8 APÊNDICE I - Ficha de Contagem Volumétrica</b> .....	<b>30</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1.INTRODUÇÃO

O transporte tem grande importância na construção e no desenvolvimento de um país, seja no aspecto político, econômico ou social, sendo assim de extrema importância o estudo de sua fluidez. O transporte rodoviário é o modal mais utilizado no Brasil para o deslocamento de cargas e pessoas, por isso tem se tornado fonte de estudos e pesquisas que buscam torná-lo mais eficiente, seguro e eficaz.

O trânsito é composto por automóveis, motos, ônibus, pedestres, bicicletas caminhões e vários outros elementos que formam a movimentação das cidades, esses variados fatores possibilitam a ocorrência de conflitos no meio urbano. Buscando evitar esses conflitos e acidentes, o trânsito tem se desenvolvido e aprimorado os seus diversos dispositivos, como semáforos e outras sinalizações, canteiros centrais, ilhas, rotatórias e vários outros.

Diante de toda essa complexidade esse trabalho busca estudar, detalhar e diagnosticar uma das mais importantes formas de regulação do tráfego nas interseções, a rotatória.

### 1.2.JUSTIFICATIVA

No Brasil, o número de veículos em circulação cresce a cada ano, levando a uma sobrecarga nas vias públicas que não acompanham esse crescimento, gerando assim, os conflitos no tráfego urbano, os principais deles, a lentidão e os congestionamentos.

Não sendo diferente na cidade de Campina Grande, mais especificamente na rotatória da Praça José Américo que concentra um grande volume de tráfego devido a sua localização, motivo este pela qual foi escolhida para a realização desse estudo e diagnóstico, sabendo que esse dispositivo tem como função otimizar a fluidez do tráfego em ambientes congestionados.

Além disso, segundo o IBGE, a população campinense cresceu de 385.213 para 407.472 habitantes, no intervalo entre 2010 e 2018, um aumento de 5,78%, não sendo diferente da frota de veículos que atingiu o total de 182.241 automóveis no último ano comparado aos 113.010 em 2010, aumento de 61,26%, reiterando assim a importância desse estudo.

### 1.3.OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo Geral

Estudar o volume de tráfego e sua fluidez na rotatória da Praça José Américo, localizada num ponto crucial de escoamento para os demais bairros da cidade e para outros destinos.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Compreender os conceitos de interseções, rotatórias e tráfego;
- Classificar a rotatória de acordo com o seu nível de serviço;
- Realizar pesquisa de origem – destino;
- Determinar a capacidade da rotatória;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1.INTERSEÇÕES

Define-se interseção como a área em que duas ou mais vias se unem ou se cruzam, abrangendo todo o espaço destinado a facilitar os movimentos dos veículos que por ela circulam sendo classificadas em duas categorias segundo os planos em que os movimentos se realizam: interseções em nível e interseções em níveis diferentes (MANUAL DE PROJETOS DE INTERSEÇÕES, 2006).

Nesse trabalho será abordado apenas um tipo de interseção em nível, chamado rotatória, representados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1: Rotatória.



Figura 2: Rotatória Vazada.



FONTE: Manual de Projetos de Interseções. (2005)

### 2.2.ROTATÓRIA

Rotatória é uma forma de interseção que acomoda o fluxo de veículos ao redor de uma ilha central; opera com o controle de retenção no ponto de entrada e dá prioridade aos veículos que estão circulando no seu interior (NETO, Lastran/UFRGS).

#### 2.2.1. História da Rotatória

A primeira rotatória que entrou em funcionamento no mundo foi a *Colombus Circle*, em 1905, na cidade de Nova Iorque, EUA. O responsável pela sua implantação foi o engenheiro Willian Phelps Eno, primeiro engenheiro de tráfego da cidade. O conceito de rotatória surgiu um pouco antes, idealizada pelo francês Eugéne Henard, entretanto não se sabe ao certo a data de concepção desse projeto (BRITTO, 2001).

A partir de 1966 no Reino Unido foi introduzida a regra de preferência para os veículos que trafegam pela rotatória, dependendo agora do motorista a habilidade de entrar no dispositivo por meio das brechas entre os veículos, eliminando assim os congestionamentos dentro das rotatórias e aumentando a capacidade das interseções.

Com o aumento da capacidade, da segurança e a mudança de prioridade, os departamentos de trânsito voltaram a usar esse dispositivo, que passou a ser chamado de rotatória moderna.

### 2.2.2. Legislação

Segundo estabelecido pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Artigo 29, Inciso III:

*quando veículos, transitando por fluxos que se cruzem, se aproximarem de local não sinalizado, terá preferência de passagem:*

*a) no caso de apenas um fluxo ser proveniente de rodovia, aquele que estiver circulando por ela;*

*b) no caso de rotatória, aquele que estiver circulando por ela;*

*c) nos demais casos, o que vier pela direita do condutor;*

O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2007) mostra quais as placas de sinalização vertical devem ser utilizadas em rotatórias e os seus significados. A placa R-33 (Sentido de Circular na rotatória) assinala ao condutor do veículo a obrigatoriedade do movimento no sentido anti-horário em rotatória e pode vir acompanhada das placas R-1 (Parada Obrigatória) ou R-2 (Dar preferência), conforme o caso, todas elas mostradas na Figura 3.

Figura 3: Conjunto de Sinais de Regulamentação.

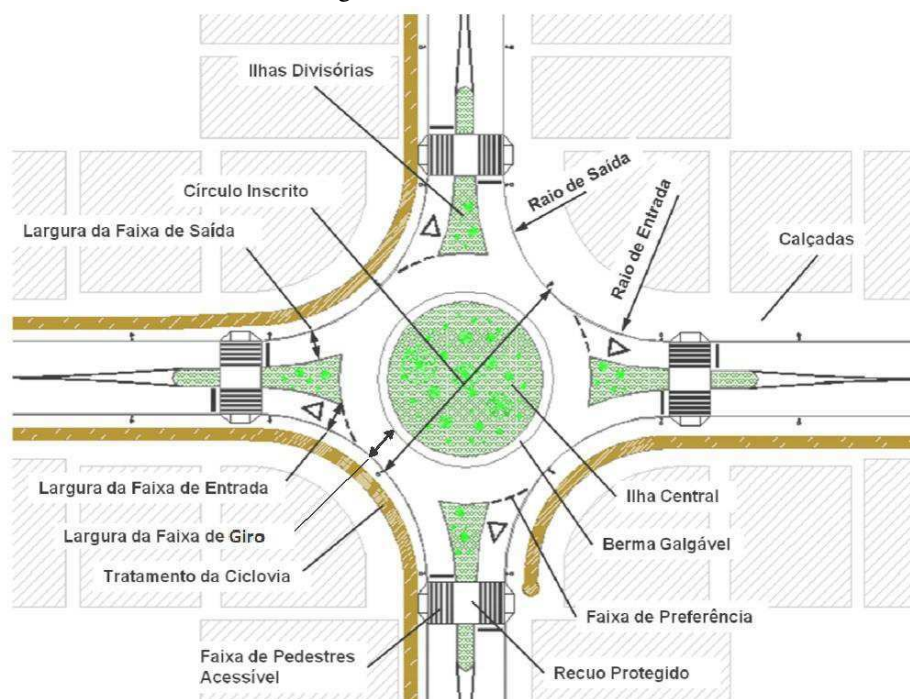


FONTE: Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2007).

### 2.2.3. Elementos Físicos da Rotatória

A Figura 4 apresenta os elementos físicos da rotatória e a Tabela 1 contém a descrição e função desses elementos.

Figura 4: Elementos Físicos.



FONTE: COELHO, adaptada. (2012)

TABELA 1: CARACTERÍSTICA E FUNÇÃO DOS ELEMENTOS DA ROTATÓRIA

ELEMENTO	CARACTERÍSTICA E FUNÇÃO
Ilha Central	Área que pode ou não ser elevada. no centro de uma rótula em torno da qual o tráfego circula. Deve ser dimensionada de modo a causar a deflexão do tráfego, impedindo que os veículos cruzem direto pela interseção.
Ilhas Divisórias	Divisor físico para separar os fluxos de entrada e saída da rótula, podendo ser elevada ou pintada. O objetivo é canalizar e desviar o tráfego proporcionando a redução da velocidade, além de proporcionar espaço de armazenamento para os pedestres que atravessam.
Berma Galgável	Área rebaixada junto à ilha central que permite o galgamento se necessário por veículos grandes durante o giro, sem maiores restrições ou complicações operacionais. Utilizada em rótulas menores de uma faixa.
Círculo Inscrito	O diâmetro do círculo inscrito é o parâmetro de base utilizado para definir o tamanho de uma rótula. Ele é medido entre as bordas exteriores da pista circulatória.
Largura da Faixa de Entrada	A largura da faixa de entrada contribui para redução da velocidade de acesso a rótula. Trata-se de um dos fatores determinantes da capacidade e condições operacionais das rótulas modernas.
Largura da Faixa de Giro	Largura da pista giratória em torno da ilha central. Esta largura não inclui a berma galgável e está diretamente ligada ao tipo de veículo previsto na rótula.
Largura da Faixa de Saída	A largura da faixa de saída contribui para fluxo constante dos veículos na rótula. Trata-se também de um dos fatores determinantes da capacidade e condições operacionais das rótulas modernas.
Raio de Entrada	Raio mínimo da curvatura do bordo de cada pista de acesso. Tem a função de garantir que os movimentos de giro sejam realizados com facilidade por todos os tipos de veículos.

Raio de Saída	Raio mínimo da curvatura do bordo de cada pista de saída da rótula. Sua função também é garantir que os movimentos de giro sejam realizados com facilidade por todos os tipos de veículos.
Faixa de Pedestres Acessível	Faixas para a travessias de pedestres acessíveis em todas vias de acesso a rótula. O local da travessia deve ser afastado da “faixa de preferência”, com rampas de acessibilidade nas calçadas para a passagem de pedestres, cadeiras de rodas, carrinhos e bicicletas.
Faixa de Preferência	Faixa interrompida de “Dê a Preferência”, situada nas pistas de acesso a rótula, indicando que a preferência é do movimento circulatório.
Recuo Protegido	Recuo rebaixado nas ilhas divisórias/canalizados para espera e acúmulo de pedestres, cadeirantes, carrinhos e bicicletas, para completarem a travessia em duas etapas com segurança.
Calçada	Espaço existente entre as pistas da rótula e as edificações do entorno, que devem estar livres e desimpedidas para a circulação de pedestres, e melhoria da visibilidade da interseção.
Tratamento da Ciclovias	Vias de aproximação com ciclofaixas e ciclovias deverão ter um tratamento especial para a condução do ciclista para as travessias previstas. Ressaltando que, os ciclistas também podem percorrer a rotatória pelas pistas, se posicionando a direita, e sinalizando seus movimentos aos demais veículos, conforme previsto no CTB.

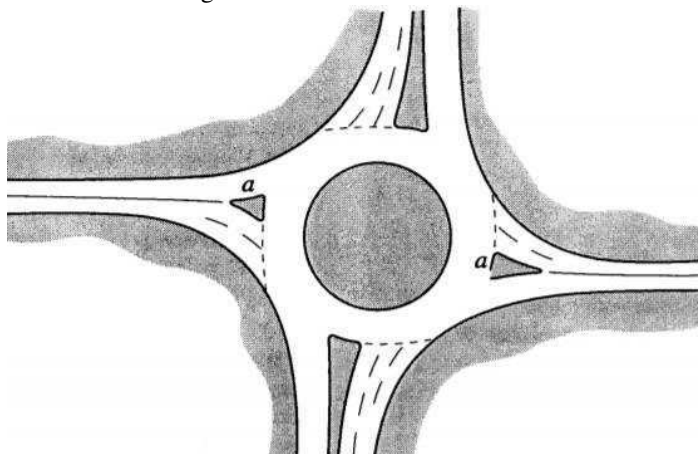
Fonte: COELHO (2012)

#### 2.2.4. Tipos de Rotatória

Alguns tipos de rotatória, são:

- a) Rotatória Convencional: ilustrada na Figura 5, caracteriza-se pela dimensão do diâmetro da ilha central, igual ou superior a quatro metros. Esse tipo de rotatória se subdivide em rotatória convencional pequena, com diâmetros até 25 metros e rotatória convencional grande, com diâmetros acima desse valor.

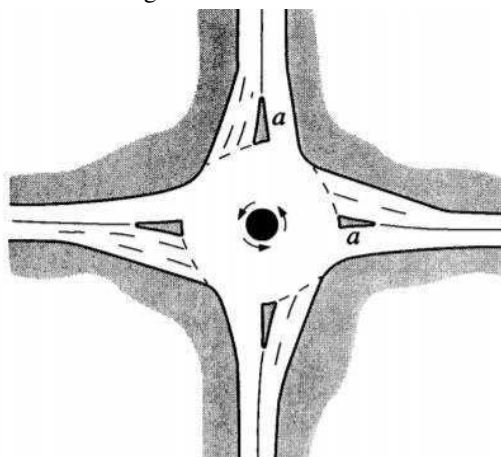
Figura 5: Rotatória Convencional



FONTE: TAEKRATOK (1998)

- b) Mini Rotatória: assim como na Figura 6, apresenta quase que as mesmas características da rotatória convencional, a exceção ocorre devido o diâmetro da ilha central que é inferior a quatro metros. Sua implantação é recomendada em bairros residenciais ou interseções com baixos volumes de tráfego.

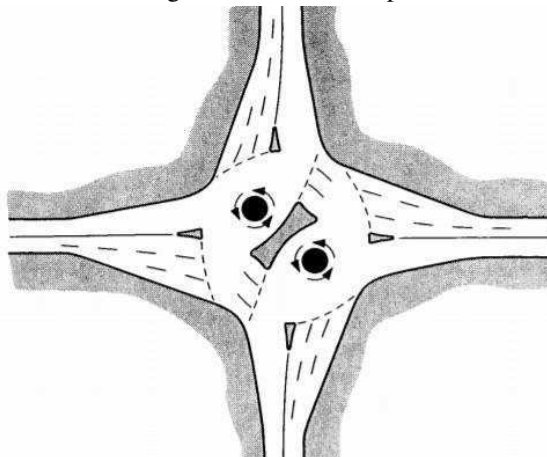
Figura 6: Mini Rotatória.



FONTE: TAEKRATOK (1998)

- c) Rotatória Dupla: essa rotatória se diferencia das demais por apresentar duas ilhas centrais e entre elas um obstáculo que canaliza o fluxo dos veículos. É pouco usada em vias brasileiras e aconselhada em rotatórias com múltiplos movimentos de giro nas interseções cujas aproximações são desalinhadas. A Figura 7 ilustra essa rotatória.

Figura 7: Rotatória Dupla.



FONTE: TEAKRATOK (1998)

### 2.2.5. Princípios de Funcionamento da Rotatória

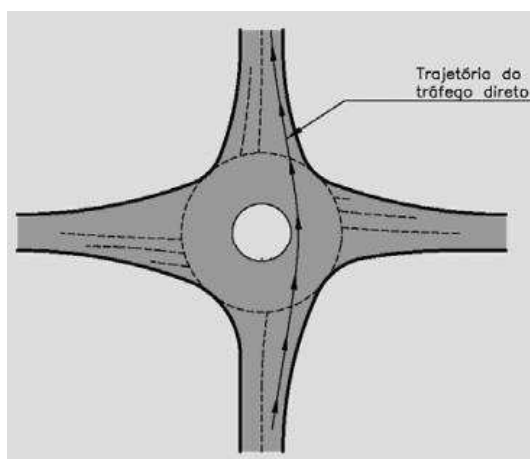
São três os princípios básicos para operação de uma rotatória (BRITTO, 2001):

- Prioridade para o tráfego que está circulando na rotatória. São colocados sinais “Dê a preferência” ou “Parada Obrigatória” voltados para as correntes de tráfego que chegam à rotatória, dando clara preferência nos pontos de convergência para os veículos que vêm pela esquerda. Para entrar no fluxo da rotatória os veículos têm que aguardar intervalos adequados na corrente de tráfego, causando o mínimo de interferência.

- Deflexão do tráfego de entrada. A corrente de tráfego que entra na rotatória é canalizada pela ilha divisória de acesso, de modo a se inserir em um intervalo de tráfego ao longo da rotatória. A visão da ilha central, a ser obrigatoriamente contornada, complementa a orientação do veículo, conforme mostrado na Figura 8.

- Estacionamento. É proibido o estacionamento de veículos nas faixas de circulação da rotatória.

Figura 8: Deflexão do Tráfego de Entrada



FONTE: Manual de Projetos de Interseções (2005).

#### 2.2.6. Considerações Políticas de Segurança no uso das rotatórias por multimodais

De acordo com *Roundabouts: An Informational Guide (2000)*, as rotatórias requerem cuidados específicos a depender do tipo de modal que por ela circula, abaixo é apresentado como lidar com cada um desses modais.

- a) Pedestres: em geral, os pedestres sofrem dificuldade ao transitar por uma rotatória, para idosos, crianças e pessoas com necessidades especiais, essa dificuldade só aumenta. Assim, é necessário que as mesmas contenham dispositivos que favoreçam o fluxo desses pedestres.
- b) Bicicletas: as rotatórias não oferecem segurança aos ciclistas, porém isso depende muito do *design* da mesma, que deveria desencorajar o mau comportamento dos motoristas que passam por ela. Um ciclista habitual tem velocidade média de 25 Km/h, e isso significa que se a velocidade da rotatória for similar a do ciclista, diminui a chance de ocorrer um acidente. Sendo assim, ciclovias nunca devem ser instaladas em rotatórias.
- c) Veículos Grandes: as rotatórias sempre devem ser desenhadas com base no maior veículo que possa transitar por ela. Por isso, é necessária a inclusão de uma faixa ao redor do círculo central, para auxiliar e facilitar a passagem do veículo.
- d) Trânsito: as rotatórias devem ter geometria e sinalizações que permitem e informem a prioridade no trânsito de veículos de emergência. Se uma rotatória foi desenhada para veículos, um ônibus não deve ter problemas ao passar por ela. Para minimizar o desconforto dos passageiros, é preferível que o ônibus não utilize a faixa que



contorna o círculo central. Vias de acesso de pedestres ao trânsito devem ser desenhadas para segurança, conforto e conveniência.

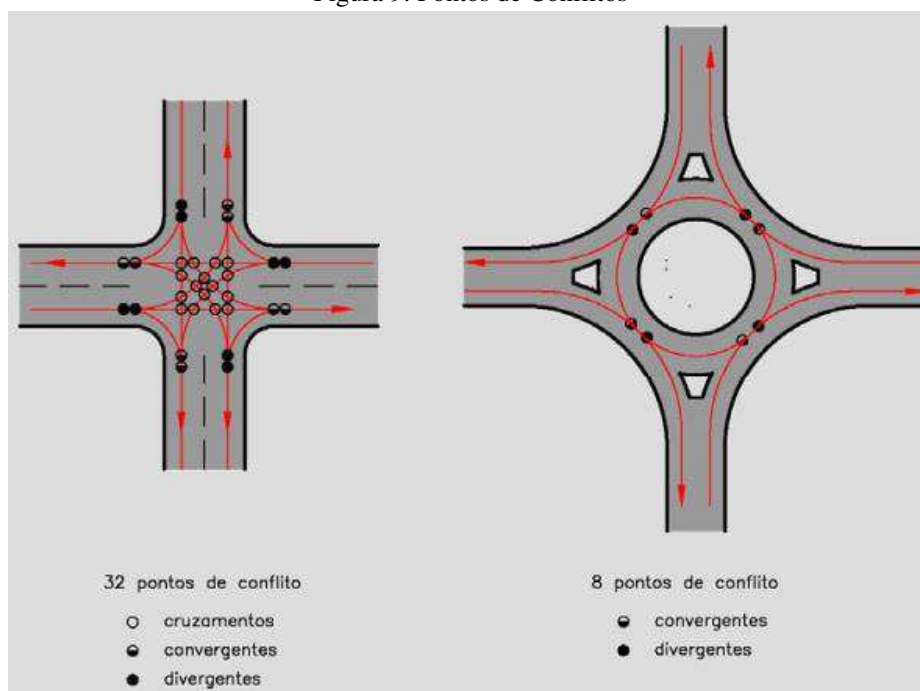
- e) Veículos de Emergência: a passagem de veículos de emergência é a mesma de outros veículos, apenas quando há um veículo de emergência em uma rotatória, os motoristas devem ser educados o suficiente a ponto de liberar a passagem para os mesmos. A rotatória oferece benefício aos veículos de emergência por fazer com que os veículos transitem com lentidão, assim é mais fácil “negociar” uma ultrapassagem.

### 2.2.7. Segurança

Ao comparar os dispositivos de interseção em função da segurança, a rotatória oferece uma redução de até 47% de acidentes com vítimas em relação a uma interseção com o aviso de via preferencial e de até 27% ao comparar com interseção semaforizada (FERRAZ *et al.*, 2012).

Os pontos de conflitos existentes numa rotatória e em uma interseção comum é quatro vezes menor, como mostra a Figura 9.

Figura 9: Pontos de Conflitos



FONTE: Manual de Projetos de Interseções (2005).

Dentre todos esses conflitos o mais comum é o choque na entrada da rotatória com um veículo que já circula por ela, representando no Reino Unido cerca de 71% dos casos em 2004. Outros tipos de choques também podem ocorrer nas rótulas, esses são mostrados na Figura 10.

Figura 10: Acidentes na rotatória.



FONTE: Roundabouts (2000)

### 2.2.8. Capacidade da Rotatória e Níveis de Serviço

O *Highway Capacity Manual*, edição 2000, apresenta metodologia para determinação de capacidade de uma rótula moderna com uma única faixa de tráfego, mas sem estimativas de níveis de serviço. A experiência em outros países indica que o número de faixas nas aproximações e na via rotatória são essenciais para a determinação da capacidade. As normas alemãs (*Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen - HBS*, Forschungsgesellschaft für Strassen – und Verkehrswesen, 2001) apresentam método para estimativa da capacidade e dos níveis de serviço para uma e duas faixas tanto na rotatória como nos acessos.

Cabe observar que a capacidade de uma rótula na Alemanha é menor que em outros países da Europa (Suíça, França, Inglaterra). Esse fato torna mais seguro a utilização das normas alemãs para aplicação no Brasil. Para determinação da capacidade e níveis de serviço de uma rótula moderna deve ser seguida a seguinte orientação:

- a) Elaboração da Matriz de Origem e Destino (OD): é fundamental conhecer as origens e destinos dos veículos que chegam à interseção, de modo a poder determinar todos os fluxos dos vários ramos, qualquer que seja a solução adotada no projeto. Nos estudos de tráfego deverão ser feitas contagens classificatórias de origem e destino nos períodos de pico, separando os veículos pelos seus tipos: carros de passeio (VP), caminhões/ônibus (CO), semireboques/reboques (SR/RE), motocicletas (M), bicicletas (B). Determinada a hora de pico, para cada tipo de veículo é preparada uma matriz de origem e destino. As matrizes devem ser transformadas em veículos

equivalentes a carros de passeio (UCP), de acordo com a tabela de equivalência a seguir (Tabela 2).

TABELA 2: TABELA DE EQUIVALÊNCIA EM UNIDADES DE CARRO DE PASSEIO (UCP)

TIPO DE VEÍCULO	VP	CO/O	SR/RE	M	B	SI
FATOR DE EQUIVALÊNCIA	1,0	1,5	2,0	1,0	0,5	1,1

FONTE: Manual de Projetos de Interseções (2005)

Para o caso em que se dispõe apenas de uma matriz de veículos sem classificação por tipo de veículo, adota-se o tipo “*Sem Informação*” (SI), cujo fator de equivalência médio é de 1,1 carros de passeio. A soma das matrizes multiplicadas pelos fatores de equivalência correspondentes constitui a Matriz em Carros de Passeio Equivalentes.

- b) Determinação da Capacidade de Entrada: Os volumes na rotatória antes de cada entrada são fundamentais para a determinação da Capacidade Básica ( $G_i$ ) de cada entrada (i), de acordo com a Fórmula 1 que se segue:

$$G_i = 3600 \times \left(1 - \frac{t_{min} \times K_i}{n_k \times 3600}\right)^{n_k} \times \frac{n_z}{t_f} \times \exp\left[-\frac{K_i}{3600} \times \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{min}\right)\right] \quad (1)$$

$G_i$  = capacidade básica da entrada i, em UCP/h

$K_i$  = fluxo de tráfego na pista rotatória, em UCP/h

$n_{ki}$  = número de faixas de tráfego na pista rotatória antes da entrada i

$n_{zi}$  = número de faixas de tráfego na entrada i

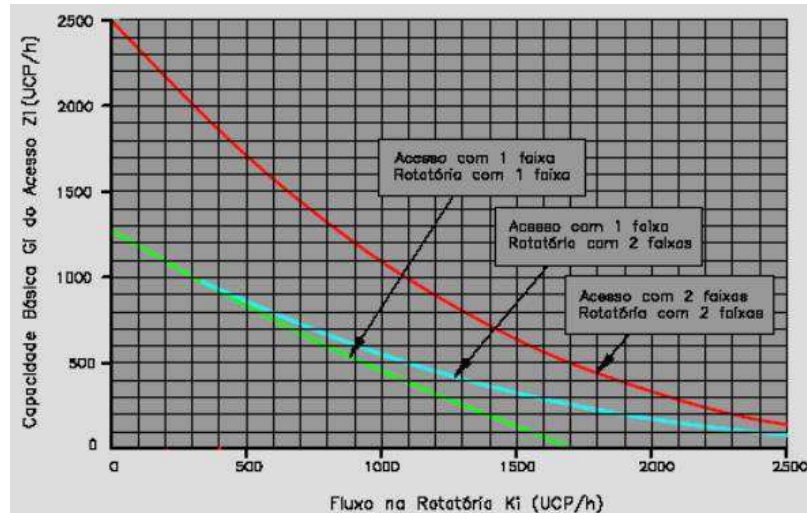
$t_g$  = valor médio do intervalo mínimo entre veículos na rotatória, aceitável por veículos na entrada aguardando oportunidade de se inserir na rotatória, em segundos.

$t_f$  = valor médio do intervalo entre dois veículos sucessivos da entrada, que entram no mesmo intervalo de veículos da rotatória, em segundos;

$t_{min}$  = valor mínimo do intervalo entre veículos da rotatória, em segundos.

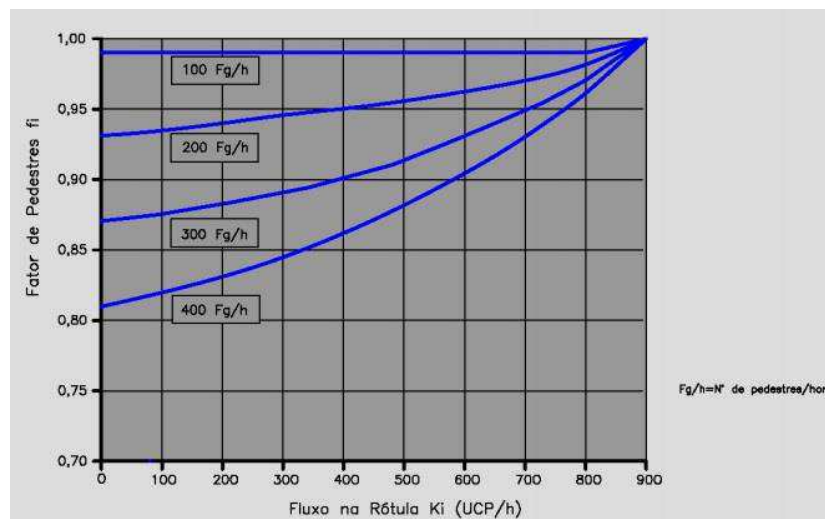
Na Alemanha são adotados os valores:  $t_g = 4,1$  s,  $t_f = 2,9$  s,  $t_{min} = 2,1$  s, que são recomendados para o Brasil, até que se determine experimentalmente valores mais condizentes com nossas condições. A capacidade  $G_i$  também pode ser encontrada usando o gráfico da Figura 11.

Figura 11: Capacidade Básica do Acesso



FONTE: Manual de Projetos de Interseções

Para cada entrada (i) determina-se o Fator de Pedestres ( $f_i$ ) em função do número de pedestres por hora ( $F_g/h$ ). Esse fator de redução é determinado segundo o número de faixas de tráfego da pista rotatória pelos gráficos das Figuras 12 e 13. O fator ( $f_i$ ) leva em conta a redução de capacidade causada pela interferência dos pedestres que atravessam as vias de acesso.

Figura 12: Fator  $f_i$  para uma faixa na entrada e uma faixa na rotatória

FONTE: Manual de Projetos de Interseções

A capacidade da entrada (i) é obtida pela Fórmula 2:

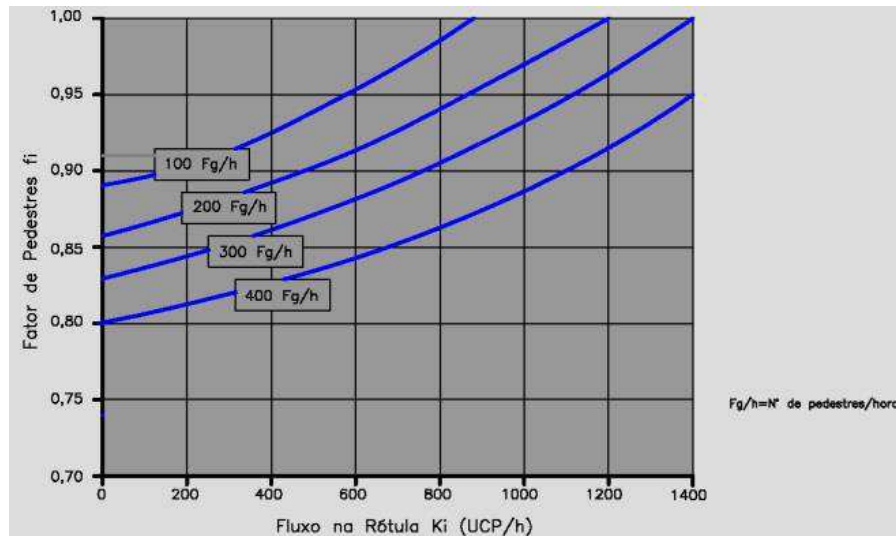
$$C_i = G_i \times f_i \quad (2)$$

onde:

$C_i$  = capacidade da entrada, em UCP/h

$G_i$  = capacidade básica da entrada, em UCP/h

$f_i$  = fator de pedestres

Figura 13: Fator  $f_i$  para duas faixas na entrada e duas faixas na rotatória

FONTE: Manual de Projetos de Interseções

- c) Determinação da Capacidade Residual: calcula-se a Capacidade Residual ( $R_i$ ) de cada entrada, pela Fórmula (3):

$$R_i = C_i - Z_i \quad (3)$$

onde:

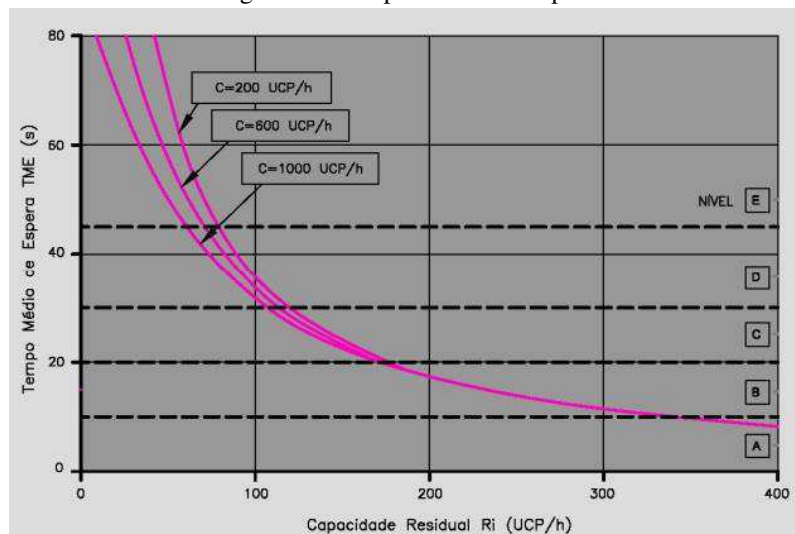
$R_i$  = capacidade residual, em UCP/h

$C_i$  = capacidade da entrada, em UCP/h

$Z_i$  = fluxo de entrada, em UCP/h

- d) Determinação do Tempo Médio de Espera: o Tempo Médio de Espera ( $TME_i$ ) de cada entrada é obtido no gráfico da Figura 14, em função da capacidade residual ( $R_i$ ) e da capacidade ( $C_i$ ), interpolada entre as curvas da figura, ou usando as curvas externas, quando ultrapassadas.

Figura 14: Tempo Médio de Espera



FONTE: Manual de Projeto de Interseções

- e) Determinação dos Níveis de Serviço: os Níveis de Serviço de A a F são definidos pelos tempos médios de espera (TME) na interseção, de acordo com a Tabela 3:

TABELA 3: NÍVEIS DE SERVIÇO EM FUNÇÃO DOS TEMPOS DE ESPERA

Tempo médio de espera TME (s)	Nível de serviço (NS)
$\leq 10$	A
$\leq 20$	B
$\leq 30$	C
$\leq 45$	D
$> 45$	E
$R_i < 0$	F

FONTE: Manual de Projetos de Interseções (2005).

Os Níveis de Serviço, segundo o Manual de Projeto de Interseções, representam:

**Nível A:** A maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso.

**Nível B:** A capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial. Os tempos de espera são pequenos.

**Nível C:** Os motoristas da corrente secundária têm que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal. Os tempos de espera são sensíveis. Começam-se a formar retenções de veículos, mas sem grande extensão e duração.

**Nível D:** A maioria dos motoristas da corrente secundária é forçada a efetuar paradas, com sensível perda de tempo. Para alguns dos veículos os tempos de espera podem ser elevados. Mesmo que se formem retenções de extensões maiores, elas voltam a se reduzir. O movimento do tráfego permanece estável.

**Nível E:** Formam-se retenções de veículos, que não se reduzirão enquanto permanecerem os mesmos volumes de tráfego. Os tempos de espera tornam-se muito elevados. Pequenos aumentos das interferências entre veículos podem provocar colapso do tráfego. Foi atingida a capacidade.

**Nível F:** O número de veículos que chegam à interseção durante um longo intervalo de tempo é superior à capacidade. Formam-se longas e crescentes filas de veículos, com elevados tempos de espera. Esta situação é aliviada apenas com sensível diminuição dos volumes de tráfego. A interseção está sobrecarregada.

O Nível de Serviço para cada entrada  $i$  é obtido na Tabela 03, em função do Tempo Médio de Espera  $TME_i$ . Observa-se que será ultrapassada a capacidade, quando a capacidade residual  $R_i$  for inferior a zero. O Nível de Serviço da Rótula é obtido calculando o Tempo Médio de Espera da Rótula  $TMER$ , média ponderada dos tempos de espera  $TME_i$  dos acessos  $i$ , adotando como peso os volumes de tráfego  $Z_i$ , ou seja, pela Fórmula (4)

$$TMER = \sum_1^4 \frac{(Z_i \times TME_i)}{\sum Z_i} \quad (4)$$

onde:

TMER= tempo médio de espera na rótula, em segundos;

$Z_i$  = fluxo na entrada  $i$ , em UCP/h;

TME <sub>$i$</sub>  = tempo de espera na entrada  $i$ , em segundos;

O Nível de Serviço da Rótula é obtido na Tabela 3, em função do Tempo Médio de Espera TMER, indicado por TME (s). Se uma das entradas atingir o *nível F*, a rótula está no *nível F*. O Nível de Serviço de cada ramo da interseção e da rótula como um todo devem ser no máximo *D*. Nas rodovias secundárias pode-se admitir até o *nível E*. Se não se atender essas condições deve-se optar por outra solução.

### 3. METODOLOGIA

Após revisão bibliográfica sobre o tema abordado, foi elaborado um plano de pesquisa e coleta de dados, com visitas a Superintendência de Trânsito e Transportes Públicos, STTP, onde foi conversado sobre a rotatória e seus principais problemas quanto ao fluxo de veículos. Baseado no Manual de Projetos de Interseções e no Manual de Estudos de Tráfego ambos publicados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT, foi elaborada uma planilha para contagem volumétrica em interseções do tipo rotatória.

Para tal foram feitas quatro visitas, entre os dias 03 e 07 de junho, ao local objeto desse estudo, onde foram determinados os pontos de observação para uma melhor contagem dos veículos. A contagem foi feita durante a hora de pico da manhã (das 6h30 às 7h30) e da tarde (das 17h30 às 18h30), a partir daí se tornou possível a elaboração da Matriz de Origem e Destino que possibilitou o completo diagnóstico da área estudada. Durante esse período também foi feita a contagem de pedestres nos acessos da interseção, determinando assim o fator de pedestres, usado no cálculo da capacidade da rotatória.

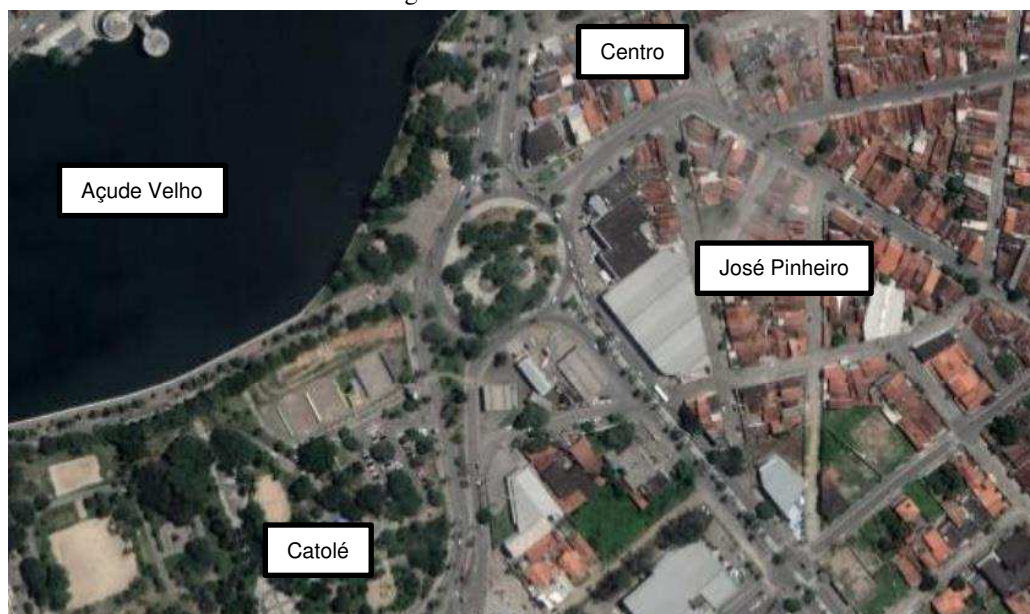
A área de estudo foi dividida de acordo com os sentidos das vias. As entradas receberam números de 1 a 4, as saídas letras de “A” a “E”, e os pontos de observação foram representados com um “x” como mostra a Figura 17.

### 4. A ROTATÓRIA DA PRAÇA JOSÉ AMÉRICO

A praça José Américo se encontra num ponto de grande importância para cidade de Campina Grande, pois liga o polo comercial do centro da cidade, com dois dos três bairros mais populosos, José Pinheiro e Catolé. A Figura 15 mostra uma foto de Satélite da área estudada e a Figura 16 detalha as vias que convergem para a rotatória localizada nas coordenadas 7°13'32"S e 35°52'36"O e cota de 520 metros.

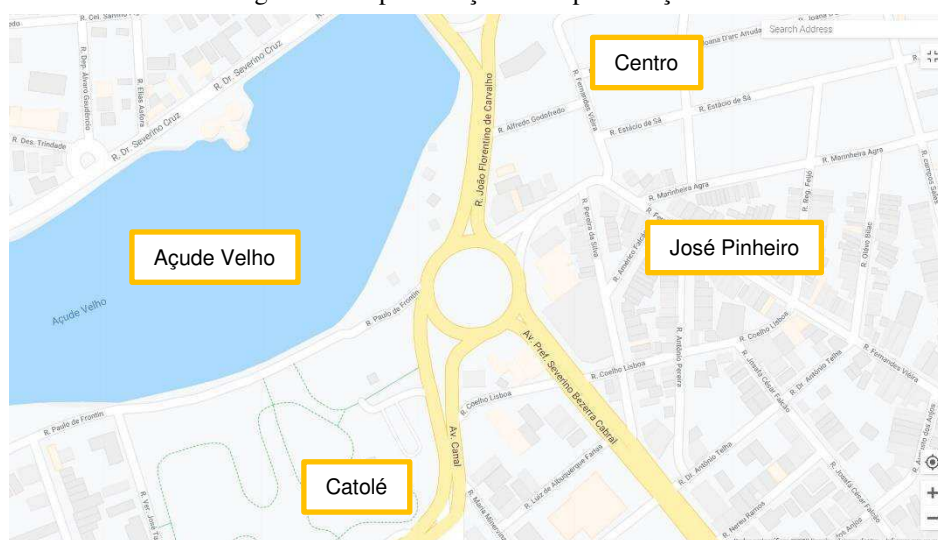


Figura 15: Foto de Satélite



FONTE Google Maps

Figura 16: Representação das Aproximações

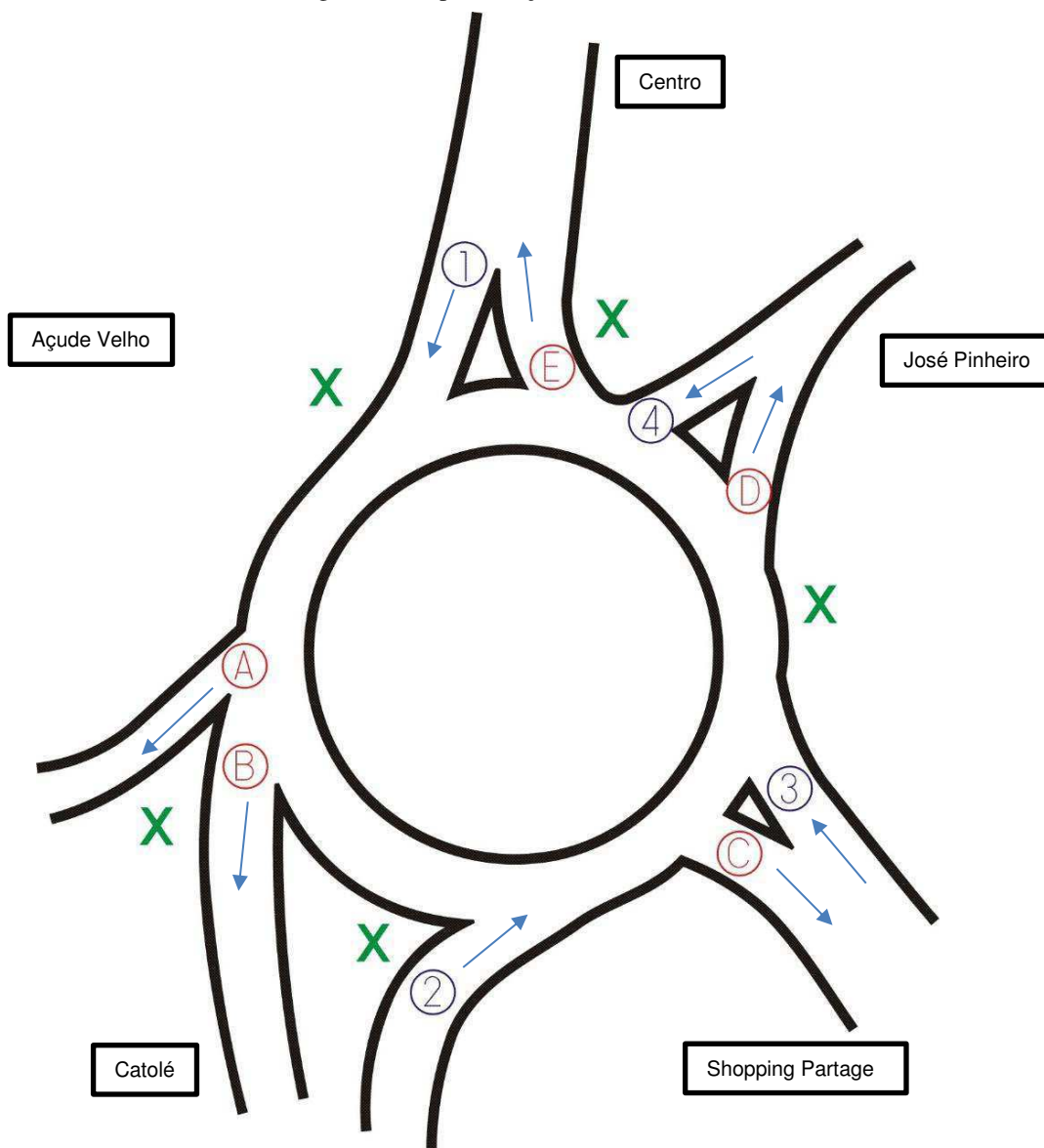


FONTE: Google Maps

Outros fatores que fazem dessa uma das mais importantes rotatórias da cidade é que por meio dela pode-se acessar a principal rota para saída à capital, João Pessoa, é também acesso para o Açude Velho, ponto turístico da cidade e o Parque da Criança, frequentado por praticantes de exercício físico.



Figura 17: Representação da área de Estudo



FONTE: Acervo Pessoal

A Tabela 4 traz o significado de cada letra e número apresentado na Figura 17.

TABELA 4: LEGENDA DA FIGURA 17

SÍMBOLO	RUA / SENTIDO
1	Lateral do Açude Velho – Sentido Parque da Criança
2	Rua Vigário Calixto – Lateral do Posto de Combustível
3	Av. Brasília – Casa Decor (loja)
4	Rua Paulo de Frontin – Lateral da Igreja Congregacional do Calvário
A	Lateral do Parque da Criança – Sentido Hiper Bompreço
B	Rua em frente ao Parque da Criança
C	Av. Brasília Sentido Shopping Partage
D	Rua em Direção ao bairro José Pinheiro
E	Av. Canal – Sentido FIEP
X	Ponto de observação do pesquisador

FONTE: Autor

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os volumes de tráfego coletados durante as observações *in loco*, bem como a forma que eles foram trabalhados para se chegar a uma conclusão sobre o tema abordado. A Tabela 5 mostra a matriz OD contendo os volumes de tráfego para cada entrada e todas as saídas.

TABELA 5: MATRIZ DE ORIGEM E DESTINO

	A	B	C	D	E	TOTAL
1	58	790	939	60	10	<b>1857</b>
2	199	112	48	342	921	<b>1622</b>
3	143	75	316	18	378	<b>930</b>
4	173	210	84	17	32	<b>516</b>
TOTAL	<b>573</b>	<b>1187</b>	<b>1387</b>	<b>437</b>	<b>1341</b>	<b>4925</b>

FONTE: Autor

Com os dados da Tabela 5 foi possível construir a Tabela 6, sem a estratificação por modo de transporte e consequentemente usando o fator de equivalência 1,1 como indicado no Tabela 2 para a construção da Matriz em Carros de Passeio Equivalentes.

TABELA 6: MATRIZ DE ORIGEM E DESTINO EM CARROS DE PASSEIO EQUIVALENTES

	A	B	C	D	E	TOTAL
1	64	869	1033	66	11	<b>2043</b>
2	219	123	53	376	1013	<b>1784</b>
3	157	83	348	20	416	<b>1024</b>
4	190	231	93	19	35	<b>568</b>
TOTAL	<b>630</b>	<b>1306</b>	<b>1527</b>	<b>481</b>	<b>1475</b>	<b>5419</b>

FONTE: Autor

Com os dados da Tabela 6 e aplicando a Fórmula (1) determinou-se a capacidade de básica entrada dos acessos 1, 2, 3 e 4, foram elas:

$$G_1 = 2178 \text{ UCP}$$

$$G_2 = 1130 \text{ UCP}$$

$$G_3 = 877 \text{ UCP}$$

$$G_4 = 2472 \text{ UCP}$$

Para esse estudo foi usado o fator de 200  $f_i/h$  o que segundo a Figura 13, resultou num  $f_i$  para cada aproximação, o que gerou a capacidade de entrada. Com esse resultado e por meio da Fórmula (3) determinou-se a capacidade residual. O nível de serviço foi obtido pela Tabela 3. A Tabela 7 mostra um resumo das capacidades residuais e dos níveis de serviço de cada acesso à rotatória.

TABELA 7: CAPACIDADE RESIDUAL E NÍVEL DE SERVIÇO

	G	f	C	Z	R = C-Z	Nível de Serviço
1	2178	0,92	2004	2043	<b>-39</b>	<b>F</b>
2	1130	1,0	1130	1784	<b>-654</b>	<b>F</b>
3	877	1,0	877	1024	<b>-147</b>	<b>F</b>
4	2472	0,87	2472	568	<b>1804</b>	<b>A</b>

FONTE: Autor

Onde:

G = Capacidade básica de entrada;

f = Fator de pedestres;

C = Capacidade de entrada;

Z = Fluxo de entrada;

R = Capacidade residual;

Logo, percebemos que a rotatória da Praça José Américo encontra-se num estado crítico, pois três dos seus quatro acessos estão operando acima da capacidade da mesma o que gera longas filas de veículos e tempos elevados de espera, causando transtorno aos condutores de veículos e pedestre, sendo necessária, de forma urgente, uma ação do poder público para a solução desse problema de mobilidade.

Para se chegar a resultados que retratem melhor a situação da interseção, seria necessária a determinação do  $t_g$ ,  $t_f$ ,  $t_{mín}$  da cidade de Campina Grande pois os valores utilizados se referem a um país com o trânsito bem diferente do tráfego local, o que pode tornar os valores não representativos.

## 6. CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas observamos que a rotatória já se encontra num estado crítico, classificado como F no Manual de Projetos de Interseções do DNIT, não comportando mais o número de veículos que chegam diariamente até ela, gerando conflitos, acidentes e longos congestionamentos no horário de pico.

Sendo assim, cabe as autoridades do município tomarem uma atitude diante da situação, por se tratar de uma obra de infraestrutura onde é muito difícil, não só a ampliação como a interdição para reformas e alterações do *layout* atual. Uma solução possível é a implantação de semáforos, que podem ser acionados apenas nos horários de pico, para controle de acesso a rotatória.

A curto prazo a rotatória pode ser controlada por agentes de trânsito, de forma que liberem o fluxo de veículos de acordo com a intensidade do mesmo em cada acesso, diminuindo assim o tempo de espera no Acesso 1, que é o mais congestionado entre eles.

Os longos intervalos de espera antes do acesso a rotatória, se tornam um problema não só de mobilidade, mas também de saúde, pois o ruído, a sensação de confinamento e o estresse gerados pelos congestionamentos podem alterar a saúde dos condutores, ficando como sugestão esse tema para trabalhos posteriores, bem como a replicação dessa metodologia em outras rotatórias da cidade.

## 7. REFERÊNCIAS

RIBEIRO, Hugo Alves Silva et al. **Proposta de adequação de rotatória para fins de fluidez e segurança viária.** Uberlândia. UNB, 2017. 12p.

FERRAZ, Coca et al. **Segurança Viária.** São Carlos: São Paulo. Suprema Gráfica e Editora, 2012.

ROBINSON, Bruce W. **Roundabouts: An Informational Guide.** 2000. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/00068/>>. Acessado em: 11 dezembro 2018.

**Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.** Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/31070626/MANUAL-de-sinais-de-regulamentacao>>. Acessado em: 11 dezembro 2018.

**Código de Trânsito Brasileiro.** Disponível em <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9503Compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503Compilado.htm)>. Acessado em: 11 dezembro 2018.

**Acidentes viários e infraestrutura.** Brasília: CNT, 2018. 132p  
Schuster, Fernanda Pivato. **Uso adequado de rotatórias como agente redutor da acidentalidade no trânsito.** Faculdade de Tecnologia de Jahu. Jahu: São Paulo, 2012. 9p.

CLAUDE, G. F. de M. (2012). **Previsão da Ocorrência de Acidentes de Trânsito em Interseções de Vias Arteriais Urbanas – O Caso de Taguatinga/DF.** Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação: T. DM – 014 A/2012, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 171 p.

NERIS, Diego Fernando (2014). **Melhoria do Desempenho do tráfego em rotatórias com o emprego de semáforos próximos a via principal.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014, 99p.

**Manual de Projeto de Interseções.** 2ª Edição, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/718\\_manual\\_de\\_projeto\\_de\\_intersecoes.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/718_manual_de_projeto_de_intersecoes.pdf)>. Acessado em: 02 de junho de 2019.

**Manual de Estudos de Tráfego.** Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/723\\_manual\\_estudos\\_trafego.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/723_manual_estudos_trafego.pdf)>. Acessado em: 02 de junho de 2019.

FONSECA, Danilo Silva (2010). **Estudo de Tráfego na Praça Jackson do Amauri.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2010, 85p.

TAEKRATOK, T, **Modern Roundabouts for Oregon.** Salem, OR, EUA: Oregon Department of Transportation, 1998. Disponível em: <[https://www.oregon.gov/ODOT/Engineering/Documents/RoadwayEng/Modern-Roundabouts-OR\\_1998-06.pdf](https://www.oregon.gov/ODOT/Engineering/Documents/RoadwayEng/Modern-Roundabouts-OR_1998-06.pdf)>. Acessado em 12 de junho de 2019.

BRITTO, Júlio Henrique Diniz de. **Análise comparativa dos acidentes de trânsito em interseções, com ou sem ilha central, controladas por prioridade:** um estudo de caso para a cidade de Natal/RN. Campina Grande. UFPB, 2001. 100p.

COELHO, M. D. **Análise e sugestões para projetos geométricos de rótulas modernas em vias urbanas.** 2012. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

## APÊNDICE I

Planilha de Contagem Volumétrica.

A. FOLHA		B. POSTO		C. TEMPO			D. DIA DA SEMANA				E. DATA		F. ESQUEMA DE LOCALIZAÇÃO			G. PESQUISADOR		
Nº		Nº		<input type="checkbox"/> SOL	<input type="checkbox"/> CHUVA	<input type="checkbox"/> NUBLADO	<input type="checkbox"/> DOM	<input type="checkbox"/> SEG	<input type="checkbox"/> TER	<input type="checkbox"/> QUA	<input type="checkbox"/> QUI	<input type="checkbox"/> SEX	<input type="checkbox"/> SAB	/ /				
HORA		DE PARA		SENTIDO			DE PARA				MOVIMENTO			MOVIMENTO				
		AUTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO	AUTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO	AUTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO	AUTO	ÔNIBUS	CAMINHÃO					
DE		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ATÉ		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DE		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ATÉ		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DE		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ATÉ		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DE		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ATÉ		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

FONTE: Manual de Estudos de Tráfego.