

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS

DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS III
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DO ESTACIONAMENTO
PARA PROFESSORES E SERVIDORES DO
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS
GOIÂNIA UTILIZANDO TEORIA DE FILAS**

**Gustavo Ferreira dos Santos
Monyse Morgana dos Santos Sousa**

GOIÂNIA, 2025



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Monyse Morgana dos Santos Sousa

Matrícula: 20201011180080

Título do Trabalho: **ANÁLISE DA CAPACIDADE DO ESTACIONAMENTO PARA PROFESSORES E SERVIDORES DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS GOIÂNIA UTILIZANDO TEORIA DE FILAS**

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 05/12/2025.
Local Data

Monyse Morgana dos S. Sousa

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Gustavo Ferreira dos Santos

Matrícula: 20181011180180

Título do Trabalho: ANÁLISE DA CAPACIDADE DO ESTACIONAMENTO PARA PROFESSORES E SERVIDORES DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS GOIÂNIA UTILIZANDO TEORIA DE FILAS

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 05/12/2025.
Local Data

Gustavo Ferreira dos Santos

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Gustavo Ferreira dos Santos
Monyse Morgana dos Santos Sousa

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DO ESTACIONAMENTO
PARA PROFESSORES E SERVIDORES DO
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS
GOIÂNIA UTILIZANDO TEORIA DE FILAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Transportes do Departamento de Áreas Acadêmicas III Bacharelado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Luciana Araujo Azevedo

Coorientador (a): Prof.^a Dra. Mariana de Paiva

GOIÂNIA, 2025

S237a Santos, Gustavo Ferreira dos.

Análise da capacidade do estacionamento para professores e servidores do Instituto Federal de Goiás - Câmpus Goiânia utilizando teoria das filas / Gustavo Ferreira dos Santos; Monyse Morgana dos Santos Sousa. - Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2025.
63f.

Orientação: Prof.^a Dra. Luciana Araujo Azevedo.

Coorientação: Prof.^a Dra. Mariana de Paiva.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Engenharia de Transportes, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

1. Teoria das filas. I. Sousa, Monyse dos Santos. II. Azevedo, Luciana Araujo (orientação). IV. Paiva, Mariana de (coorientação). V. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. VI. Título.

CDD 519.8

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ANÁLISE DA CAPACIDADE DO ESTACIONAMENTO PARA PROFESSORES E SERVIDORES DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS GOIÂNIA UTILIZANDO TEORIA DE FILAS**, sob orientação de Luciana Araujo Azevedo de Oliveira e coorientação de Mariana de Paiva, apresentado pela aluna **Monyse Morgana dos Santos Sousa (20201011180080)** do Curso Bacharelado em Engenharia de Transportes (Câmpus Goiânia). Os trabalhos foram iniciados às 13:06 do dia 03/12/2025 pela Professora presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Luciana Araujo Azevedo de Oliveira** (Presidente)
- **Denis Biolkino de Sousa Pereira** (Examinador Interno)
- **Ricardo Freire Goncalves** (Examinador Interno)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pela aluna, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 10,0

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Luciana Araujo Azevedo de Oliveira** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Denis Biolkino de Sousa Pereira** (307.778.871-34), em 05/12/2025 17:25:41 com chave 91c6c640d21811f0badf005056a537a4.
- **Luciana Araujo Azevedo de Oliveira** (492.317.823-04), em 05/12/2025 13:14:31 com chave 7b6d84bad1f511f0a314005056a537a4.
- **Ricardo Freire Goncalves** (597.842.021-15), em 05/12/2025 15:04:16 com chave d08a5482d20411f0b6e6005056a537a4.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 05/12/2025

Código de Autenticação: c111de



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ANÁLISE DA CAPACIDADE DO ESTACIONAMENTO PARA PROFESSORES E SERVIDORES DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS GOIÂNIA UTILIZANDO TEORIA DE FILAS**, sob orientação de Luciana Araujo Azevedo de Oliveira e coorientação de Mariana de Paiva, apresentado pelo aluno **Gustavo Ferreira dos Santos (20181011180180)** do Curso **Bacharelado em Engenharia de Transportes (Câmpus Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às 13:18 do dia 03/12/2025 pela Professora presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- Luciana Araujo Azevedo de Oliveira (Presidente)
- Denis Biolkino de Sousa Pereira (Examinador Interno)
- Ricardo Freire Goncalves (Examinador Interno)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 10,0

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Luciana Araujo Azevedo de Oliveira** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- Luciana Araujo Azevedo de Oliveira (492.317.823-04), em 05/12/2025 13:19:31 com chave 2e69c5a6d1f611f0880d005056a537a4.
- Ricardo Freire Goncalves (597.842.021-15), em 05/12/2025 15:04:04 com chave c906bdead20411f0b022005056a537a4.
- Denis Biolkino de Sousa Pereira (307.778.871-34), em 05/12/2025 17:23:49 com chave 4ecfe4d4d21811f0b6e6005056a537a4.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 05/12/2025

Código de Autenticação: eddfb7



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e perseverança que me permitiram chegar até esta etapa tão importante da minha formação.

Expresso minha sincera gratidão ao Instituto Federal de Goiás (IFG) e a todos os professores do curso de Engenharia de Transportes, pelo conhecimento compartilhado, pela dedicação ao ensino e pela inspiração que contribuíram para minha trajetória acadêmica e profissional.

Em especial, agradeço ao minha orientadora Prof.^a Dra. Luciana Araujo Azevedo, pela paciência, apoio técnico e pelas valiosas orientações que tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos colegas de curso e amigos, pela parceria, pelas discussões produtivas, pelo incentivo constante e pelos momentos compartilhados ao longo dessa caminhada.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, por toda compreensão e apoio incondicional que foram fundamentais para que eu pudesse alcançar mais esta conquista.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste Trabalho. A cada um, deixo o meu mais sincero reconhecimento e gratidão.

Gustavo Ferreira

AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos glorificando a Deus, meu alicerce e fonte de toda sabedoria. Nos momentos de cansaço e dúvida, foi Ele quem renovou minhas forças e me fez acreditar que seria possível. Como está escrito: "Tudo posso naquele que me fortalece." (Filipenses 4:13)

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Neumar de Sousa e Lucineide Amélia dos Santos Sousa, que são meus maiores exemplos de perseverança e dedicação. Obrigada por cada sacrifício feito, por cada palavra de incentivo e por celebrarem comigo cada pequena vitória ao longo desta trajetória.

À Prof.^a Dra. Luciana Araújo Azevedo e à Prof.^a Dra. Mariana de Paiva, minha eterna gratidão pela paciência, carinho e dedicação com que me orientaram. Mais que professoras, vocês foram mentoras que acreditaram no meu potencial. A todos os docentes e servidores que fizeram parte da minha formação, obrigada pelas aulas inspiradoras, pelas conversas nos corredores e pelos conselhos que ultrapassaram os limites da sala de aula, despertando em mim a paixão pela engenharia. Vocês foram essenciais não apenas para minha formação acadêmica, mas também para meu crescimento pessoal.

Aos queridos colegas de curso, companheiros desta jornada intensa, agradeço por cada momento compartilhado, desde os longos dias de estudo até as risadas nos intervalos. Aos amigos de vida, obrigada por compreenderem minhas ausências e ainda assim permanecerem ao meu lado.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia e ao Departamento de Engenharia de Transportes pela oportunidade de formação e por fornecerem toda a infraestrutura necessária para a realização desta pesquisa.

A conclusão deste trabalho representa não apenas o fim de uma etapa, mas o início de um novo ciclo de crescimento profissional, pessoal e humano — resultado de muito esforço, fé e determinação. Que este seja apenas o começo de uma trajetória de sucesso e realizações!

Monyse Morgana

RESUMO

O Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG, está localizado na região central de Goiânia, uma área da cidade de Goiânia que apresenta diversos problemas em relação ao trânsito, como congestionamentos, acidentes, poluição etc. Assim como em outras metrópoles, a cidade tem priorizado cada vez mais os automóveis, o que gera uma alta demanda por vagas de estacionamento. O Campus Goiânia, objeto de estudo desse TCC, obteve um crescimento notável no número de cursos e alunos, à partir dos anos 2000, passando a atuar, além do ensino técnico, também no ensino superior, o que representou um aumento no número de docentes para atender essa demanda. Tal expansão ampliou, também, a necessidade por estacionamento no campus para professores e funcionários. Assim, este trabalho buscou analisar a capacidade do estacionamento destinado aos professores e servidores do Instituto Federal de Goiás (IFG) - Campus Goiânia, utilizando a Teoria de Filas. A metodologia é quantitativa e descritiva, utilizando técnicas estatísticas para análise dos dados. A coleta desses dados se deu através das imagens de monitoramento do estacionamento, nos dias 18 de novembro de 2024 (segunda-feira) e 28 de janeiro de 2025 (terça-feira). Com base nos dados obtidos na pesquisa de campo, foi possível realizar o dimensionamento do estacionamento destinado a professores e servidores da Instituição, utilizando o modelo M/M/c, escolhido para este estudo. Esse modelo foi adotado por ser adequado à análise de sistemas de filas com múltiplos servidores (neste caso, vagas), com chegadas e atendimentos aleatórios. A análise técnica demonstrou a necessidade mínima de aproximadamente 104 vagas para estabilidade do sistema. Afim de melhorar a qualidade do serviço ofertado, foram dimensionadas vagas a partir de três cenários possíveis. O primeiro cenário ($\rho=1,00$) estabelece as 104 vagas como suficientes para eliminação do déficit atual, operando sem margem de segurança. O cenário intermediário ($\rho=0,85$) requer 123 vagas, incorporando reserva operacional de 18% alinhada aos padrões institucionais. O cenário ótimo ($\rho=0,75$) dimensiona 139 vagas, proporcionando margem de 33% que garante absorção plena de flutuações e crescimento futuro da demanda.

Palavras-chave: Teoria de Filas. Estacionamento. Capacidade.

ABSTRACT

The Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás – IFG, is located in the central region of Goiânia, an area of the city that presents several problems related to traffic, such as congestion, accidents, pollution, etc. As in other metropolises, the city has increasingly prioritized automobiles, generating a high demand for parking spaces. The Goiânia Campus, the subject of this undergraduate thesis, has experienced remarkable growth in the number of courses and students since the 2000s, expanding beyond technical education to higher education, which represented an increase in the number of faculty members to meet this demand. This expansion also increased the need for parking on campus for professors and staff. Thus, this work sought to analyze the capacity of the parking lot intended for professors and staff of the Federal Institute of Goiás (IFG) - Goiânia Campus, using Queueing Theory. The methodology is quantitative and descriptive, using statistical techniques for data analysis. The data was collected through parking lot monitoring images on November 18, 2024 (Monday) and January 28, 2025 (Tuesday). Based on the data obtained in the field research, it was possible to dimension the parking lot intended for professors and staff of the Institution, using the M/M/c model, chosen for this study. This model was adopted because it is suitable for analyzing queueing systems with multiple servers (in this case, parking spaces), with random arrivals and service. The technical analysis demonstrated a minimum need for approximately 104 parking spaces for system stability. In order to improve the quality of the service offered, parking spaces were dimensioned based on three possible scenarios. The first scenario ($\rho=1.00$) establishes 104 spaces as sufficient to eliminate the current deficit, operating without a safety margin. The intermediate scenario ($\rho=0.85$) requires 123 spaces, incorporating an operational reserve of 18% aligned with institutional standards. The optimal scenario ($\rho=0.75$) projects 139 vacancies, providing a 33% margin that ensures full absorption of fluctuations and future demand growth.

Palavras-chave: Queueing Theory. Parking. Capacity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: PARÂMETROS GEOMÉTRICOS RELEVANTES PARA ESTACIONAMENTO	33
FIGURA 2.2: POSIÇÕES DE ESTACIONAMENTO	35
FIGURA 2.3: ESTACIONAMENTO EM PARALELO	36
FIGURA 2.4: ESTACIONAMENTO (30°)	36
FIGURA 2.5: ESTACIONAMENTO (45°)	37
FIGURA 2.6: ESTACIONAMENTO (60°)	37
FIGURA 2.7: ESTACIONAMENTO (90°)	38
FIGURA 3.1: SISTEMA DE UMA FILA E UM CANAL	41
FIGURA 3.2: SISTEMA DE UMA FILA E MÚLTIPLOS CANAIS	41
FIGURA 3.3: SISTEMA COMPLEXO DE FILAS E CANAIS EM SÉRIE E PARALELO	42
FIGURA 3.4: SISTEMA DE FILA ÚNICA COM CANAIS MÚLTIPLOS DE ATENDIMENTO EM SÉRIE	42
FIGURA 3.5: SISTEMA DE UMA FILA E UM CANAL	45
FIGURA 3.6: CURVA DA TAXA DE UTILIZAÇÃO	49
FIGURA 3.7: NF X P	51
FIGURA 3.8: NS X P	51
FIGURA 3.9: NF X K	52
FIGURA 3.10: NS X P	53
FIGURA 3.11: TS/TA X P	54
FIGURA 3.12: NF X P	54
FIGURA 4.1: FLUXOGRAMA DO MÉTODO A SER APLICADO	56
FIGURA 4.2: VISTA AÉREA DO CAMPUS GOIÂNIA DO IFG	62
FIGURA 4.3: MAPA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO IFG	63
FIGURA 5.1: DISTRIBUIÇÃO MODAL AMOSTRAL 2022 – VIAGENS A TRABALHO E ESTUDO – PESQUISA ODWEB 2022	78
FIGURA 5.2: PLANTA DO IFG (2025)	81
FIGURA 5.3: IFG CAMPUS GOIÂNIA COM VISTA SUPERIOR	81
FIGURA 5.4 E 5.5: ÂNGULOS DA VAGA DO ESTACIONAMENTO LATERAL	82
FIGURA 5.6: ENTRADA DO ESTACIONAMENTO LOCALIZADA PRÓXIMO AOS BLOCOS 200	83
FIGURA 5.7: SAÍDA LATERAL PRINCIPAL LOCALIZADA PRÓXIMA AOS BLOCOS 200	84
FIGURA 5.8: SAÍDA PRINCIPAL LOCALIZADA PRÓXIMA AOS BLOCOS 100	84
FIGURA 5.9: SAÍDA LATERAL SEGUNDARIA LOCALIZADA PRÓXIMA AOS BLOCOS 200	85
FIGURA 5.10: PORTARIA DESTINADA PARA ENTRADA DE VEÍCULOS LOCALIZADA NA RUA 62	86
FIGURA 5.11: SAÍDA PRINCIPAL LOCALIZADA NA RUA 75	86
FIGURA 5.12: SAÍDA SEGUNDARIA LOCALIZADA NA RUA 62	87
FIGURA 5.13: GRÁFICO DE ADERÊNCIA NA SEGUNDA-FEIRA	91
FIGURA 5.14: GRÁFICO DE FREQUÊNCIA ACUMULADA NA SEGUNDA-FEIRA	92
FIGURA 5.15: GRÁFICO DE ADERÊNCIA NA TERÇA-FEIRA	92
FIGURA 5.16: GRÁFICO DE FREQUÊNCIA ACUMULADA NA TERÇA-FEIRA	93
FIGURA 5.17: GRÁFICO DE FREQUÊNCIA DO PROCESSO DE ATENDIMENTO DO PICO DA MANHÃ DA SEGUNDA-FEIRA	96
FIGURA 5.18: FREQUÊNCIA DO PROCESSO DE ATENDIMENTO DO PICO DA MANHÃ DA TERÇA-FEIRA	98
FIGURA 5.19: GRÁFICO DA QUANTIDADE DE VEÍCULOS NA SEGUNDA-FEIRA	103
FIGURA 5.20: GRÁFICO DA QUANTIDADE DE VEÍCULOS NA TERÇA-FEIRA	106
FIGURA 5.21: VISTA SUPERIOR DO TERRENO ADQUIRIDO	115
FIGURA 5.22: PROPOSTA PARA O NOVO ESTACIONAMENTO	115

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1:IMPORTÂNCIA DO ESTACIONAMENTO NAS POLÍTICAS URBANAS.....	22
TABELA 2.2:CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO EM IES.	27
TABELA 2.3:QUANTITATIVO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO, ANEXO IV - LEI Nº 10.845/2022.	29
TABELA 2.4:DIMENSÕES DE VAGAS DE VEÍCULOS SEGUNDO A CET	31
TABELA 2.5:LARGURA DAS VIAS DE CIRCULAÇÃO E MANOBRAS SEGUNDO A CET	31
TABELA 2.6:DIMENSIONAMENTO MÍNIMO PARA VAGAS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA.....	32
TABELA 2.7:PARÂMETROS GEOMÉTRICOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE ESTACIONAMENTO	34
TABELA 2.8:VALORES PARA PROJETOS DE ESTACIONAMENTO DE CARROS	35
TABELA 3.1:DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE FILA.....	44
TABELA 3.2:NOTAÇÃO DE UM MODELO DE FILAS.....	47
TABELA 3.3:EQUAÇÕES PARA A POPULAÇÃO INFINITA.....	48
TABELA 3.4:EQUAÇÕES PARA POPULAÇÃO FINITA.....	49
TABELA 4.1: CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DO RAIO PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA	
.....	61
TABELA 5.1: QUANTIDADE DE PROFESSORES AS SEGUNDAS E TERÇAS-FEIRAS	77
TABELA 5.2:PROJEÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO MODAL DOS FUNCIONÁRIOS ADMINISTRATIVOS.....	79
TABELA 5.3: DISTRIBUIÇÃO MODAL POR TURNO DE TRABALHO	80
TABELA 5.4:VAGAS POR ÂNGULO	82
TABELA 5.5:CONTAGEM DE VAGAS DO ESTACIONAMENTO ATUAL DE SERVIDORES E	
PROFESSORES.....	83
TABELA 5.6: FREQUÊNCIAS CALCULADAS NO PROCESSO DE CHEGADAS DA SEGUNDA-FEIRA NO	
PERÍODO MATUTINO.....	90
TABELA 5.8:TEMPO DE ATENDIMENTO DOS VEÍCULOS QUE ENTRARAM NO PICO DA MANHÃ	95
TABELA 5.9: TEMPO DE ATENDIMENTO DOS VEÍCULOS QUE ENTRARAM NO PICO DA MANHÃ	97
TABELA 5.10:RITMO MÉDIO DE CHEGADA	102
TABELA 5.11:RITMO MÉDIO DE SAÍDA	102
TABELA 5.12:RITMO MÉDIO DE CHEGADA	105
TABELA 5.13:RITMO MÉDIO DE SAÍDA	106
TABELA 5.14: COMPARAÇÃO ENTRE OS PICOS DE AMBOS OS DIAS DE PESQUISA.....	112
TABELA 5.15:CAPACIDADE NECESSARIA PARA GARANTIR O ATENDIMENTO.....	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC: Área construída

CONTRAN: Conselho Nacional de Trânsito

FIFO: (First-In-First-Out) ou FCFS (First Come, First Served)

IFG : Instituto Federal de Goiás

KPI: (Key Performance Indicator)

LIFO: (Last-In-First-Out) ou LCFS (last come, first served)

PR: (Priority Rules)

SIRO: (Service-In-Random-Order)

SLA: (Service Level Agreement)

SPT: (Shortest-Processing-Time first)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	16
1.1 TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO	16
1.2 PROBLEMA	18
1.3 HIPÓTESE	18
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo geral	18
1.4.2 Objetivos específicos	18
1.5 JUSTIFICATIVA	19
1.6 METODOLOGIA DA PESQUISA	20
CAPÍTULO 2 – ESTACIONAMENTO	22
2.1 INTRODUÇÃO	22
2.2 TIPOS DE ESTACIONAMENTO	23
2.2.1. Estacionamento Público	24
2.2.2. Estacionamento Privado	25
2.3 CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR O NÚMERO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO	26
2.4 DIMENSIONAMENTO DAS VAGAS	30
2.5 DIRETRIZES PARA PROJETO GEOMÉTRICO	33
CAPÍTULO 3 - TEORIA DE FILAS	39
3.1. INTRODUÇÃO	39
3.2. ESTRUTURA DAS FILAS	41
3.2.1. Processo de chegada dos clientes	43
3.2.2. Padrões de serviços dos atendentes	43
3.2.3. Disciplina das filas	44
3.2.4. Número de canais de serviço	45
3.2.5. Capacidade do sistema	46
3.2.6. Estágios de serviços	46
3.3. MODELOS BÁSICOS DE FILAS	46
3.3.1. Modelo M/M/1/∞/FIFO	47
3.3.2. Modelo M/M/1/K/FIFO	49
3.3.3. Modelo M/M/C/∞/FIFO	50
3.3.4. Modelo M/M/C/K/FIFO	51
3.3.5. Modelo Erlang (M/Em/c)	52
CAPÍTULO 4 – MÉTODO	56
4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	57
4.1.1. Compreensão dos Impactos Causados pelos Estacionamentos	57
4.1.2. Definição das Variáveis Analisadas para a Caracterização do Impacto no Ambiente Estudado	57
4.1.3. Determinação da Teoria de filas Identificando a Necessidade de Analisar a Capacidade do Estacionamento	58
4.1.4. Determinação dos Objetivos Específicos da Análise	58
4.2. COLETA DE DADOS	59

4.2.1.	Levantamento do número de vagas disponíveis.....	59
4.2.2.	Registro dos horários de entrada e saída dos veículos	59
4.2.3.	Contagem do número de professores e servidores que utilizam o estacionamento	60
4.2.4.	Identificação dos horários de pico e padrões de uso	60
4.2.5.	Área de Influência	60
4.3.	MODELAGEM DO SISTEMA.....	63
4.3.1.	Análise das Imagens do Estacionamento do IFG	63
4.3.2.	Estimação dos parâmetros do modelo: Taxa de chegada (λ); taxa de serviço (μ).	64
4.3.3.	Distribuição de Frequências e seus Gráficos.....	65
4.3.4.	Determinação dos Padrões de Chegada e Serviço	67
4.3.5.	Determinação do Melhor Modelo para o Estacionamento do IFG	68
4.4.	CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	69
4.4.1.	Modelagem do Sistema de Filas.....	69
4.4.2.	Análise dos Resultados.....	69
4.4.3.	Recomendações e Implementação.....	70
4.5.	ANÁLISE DOS DADOS	71
4.5.1.	Análise de Cenários	71
4.5.2.	Simulação do cenário Atual	71
4.5.3.	Simulação do cenário Futuro	71
4.6.	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	72
4.6.1.	Comparação dos Resultados Teóricos e da Simulação	72
4.6.2.	Identificação de Gargalos	73
4.6.3.	Verificação da Adequação do Modelo	73
4.6.4.	Propor Remanejamento e Expansão das Vagas de Estacionamento	74
CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO		75
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DO IFG.....	75
5.2.	CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DO ESTACIONAMENTO DO IFG.....	76
5.3.	CARACTERIZAÇÃO DO ESTACIONAMENTO DO IFG CAMPUS GOIÂNIA	80
5.4.	APLICAÇÃO DO MODELO DE TEORIA DE FILAS	83
5.4.1	Coleta De Dados.....	83
5.4.2	Determinação e ajuste da distribuição dos tempos entre chegadas sucessivas e do tempo de atendimento.....	87
5.4.3	Teste de Aderência Gráfica.	91
5.4.4	Atendimento dos Clientes e Testes Não Paramétricos para Distribuição Exponencial	93
5.4.5	Primeiro dia de pesquisa.....	94
5.4.6	Segundo dia de pesquisa.....	96
5.5.	CÁLCULO DO NÚMERO DE VAGAS E TAXA DE UTILIZAÇÃO.....	98
□	Cenário 1 – Capacidade Mínima ($p = 1,00$)	109
□	Cenário 2 – Capacidade Recomendada ($p = 0,85$).....	110
□	Cenário 3 – Capacidade Confortável ($p = 0,75$).....	110
5.6.	ANALISE DOS RESULTADOS	111
5.7	POPOSTA DE AMPLIAÇÃO DO ESTACIONAMENTO.....	114
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO		116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		118

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

A mobilidade é um fenômeno que impacta significativamente a vida das pessoas que circulam nas cidades, gerando constantes transformações no sistema de transportes e planejamento urbano. Ferraz e Torres (2001) relatam que a preferência das pessoas é pelo modo de transporte mais confortável, o que por vezes converge para o uso do veículo próprio. O fenômeno do aumento do uso de automóvel tem implicações significativas na infraestrutura urbana, e entre as principais manifestações desse desafio está a escassez de espaços para estacionamento.

Esse fenômeno desafia a compreensão das pessoas em relação à percepção de causa e efeito com as questões do trânsito e a disponibilidade das vagas para estacionamentos, embora do ponto de vista pessoal não dê para negar a autonomia, flexibilidade e conforto advindos do transporte individual. Entretanto é evidente que o aumento do uso de automóveis provoca diversos problemas às cidades e seus habitantes, dentre eles os congestionamentos; a perda de tempo e o stress no trânsito, além da carência crônica de estacionamentos. (Centro de Estudos e Debates Estratégicos, Consultoria Legislativa - CEDES, 2015).

De acordo com o DETRAN (2023), Goiás tem 4,63 milhões de veículos, sendo 1,3 milhão somente em Goiânia. A Capital possui 85 veículos para cada 100 habitantes. Aparecida de Goiânia aparece em segundo lugar no ranking, com 348 mil veículos. Com relação às motocicletas, são cerca de 978 mil em Goiás. O último estudo divulgado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM) em 2023 mostrou Goiânia em sexto lugar na questão de maior frota de automóveis do Brasil. Na categoria motos, o Estado ficou em nono lugar com 4,26% de motos em relação a todo o País.

Diante do exposto, pode-se observar que Goiânia, como outras metrópoles do Brasil, possui um modelo de deslocamento mais centrado na mobilidade individual, isso implica em um maior número de vagas para estacionamentos e consequentemente, a depender de sua localização, essas paradas podem comprometer a fluidez do tráfego da região, pois geram filas de espera. Os estacionamentos em vias públicas consomem espaço que poderia ser utilizado por pedestres, ciclistas e transporte

público, e por vezes essas áreas destinadas aos automóveis geram congestionamento devido à escassez de vagas frente à demanda existente, bem como congestionamento no tráfego, causado pela interferência dos carros estacionados no fluxo de veículos (Torres, 2013).

O Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG, localiza-se na região central de Goiânia, uma área que possui diversos problemas como congestionamentos, falta de infraestrutura viária, além de estacionamentos escassos. O Campus passou por um crescimento no número de cursos e alunos, em 22 de março de 1999, por meio de Decreto sem número, a Escola Técnica Federal de Goiás (ETFG) foi transformada em Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (Cefet-GO), passando a atuar, além do ensino técnico, também no ensino superior especialmente com a oferta de cursos superiores tecnológicos. Em 29 de dezembro de 2008, com a Lei nº 11.892 foi criado o Instituto Federal, o que representou um aumento no número de docentes para atender essa demanda.

De acordo com dados do instituto, em 2018, contabilizando docentes efetivos, professores substitutos e técnicos-administrativos haviam 300 servidores no câmpus Goiânia, já em 2023 o número foi de 548 matrículas ativas, esse crescimento não foi acompanhado pelo espaço físico da Instituição, acarretando déficit de vagas no estacionamento da mesma.

Os profissionais do Instituto Federal do Câmpus Goiânia que utilizam o estacionamento relatam problemas ao estacionar, dentre eles está o tempo de espera por vagas. Uma dificuldade causada por esse tempo de espera é o atraso eventual dos professores para iniciar as aulas, já que os mesmos não conseguem estacionar sequer nas áreas públicas, tendo em vista o aumento no fenômeno citado anteriormente sobre o aumento do número de carros por habitante na capital goiana e na região central.

Diante desse cenário, a teoria de filas surge como uma ferramenta adequada para analisar e resolver problemas como, processo de chegada dos clientes; padrões de serviço dos atendentes; disciplina da fila; número de canais de serviços; capacidade de armazenamento do sistema; e etapas do serviço visando garantir uma gestão mais eficiente do estacionamento e atender à demanda atual e futura dos professores e servidores. Dessa forma, este trabalho busca realizar uma análise que explora as

complexidades da capacidade de vagas no estacionamento do local citado utilizando a teoria de filas, destacando as implicações e as possíveis soluções para o problema em questão.

1.2 PROBLEMA

O estacionamento universitário enfrenta desafios operacionais substanciais devido à crescente demanda por espaços destinados ao estacionamento de veículos. Este cenário se traduz em congestionamentos frequentes, alocação ineficiente de vagas e uma notável falta de adaptação para ajustar-se às mudanças dinâmicas na utilização do estacionamento. Nesse contexto, surge a seguinte questão: a área do estacionamento de veículos do Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia é suficiente para atender tanto à demanda de professores e servidores atual quanto à projetada para um horizonte de 5 anos?

1.3 HIPÓTESE

A aplicação de métodos estatísticos e probabilísticos através da teoria de filas apresenta dados relevantes para embasar decisões estratégicas, para o estacionamento destinado aos professores e servidores do IFG. Essas análises propiciam a mitigação de problemas atuais e antecipam desafios futuros, contribuindo para decisões eficientes.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Analisar a capacidade do estacionamento em número de vagas, destinada aos docentes e servidores do Instituto Federal de Goiás- Campus Goiânia utilizando Teoria de Filas.

1.4.2 Objetivos específicos

Para a realização deste trabalho baseando-se nos objetivos gerais, busca-se como objetivos específicos:

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre Teoria de Filas.

- Analisar a entrada e saída de veículos do estacionamento por imagens de câmeras cedidas pelo Instituto. A análise foi realizada com os acessos das portarias em um dia típico de segunda-feira e terça-feira no período de 06:00 horas às 23:00 horas.
- Avaliar através dos parâmetros da Teoria de Filas o modelo de filas que caracteriza a entrada e saída de veículos do estacionamento.
- Caracterizar o sistema a partir do modelo avaliado.
- Examinar a capacidade do estacionamento considerando três cenários diferentes da taxa de utilização.
- Propor possível remanejamento e/ou expansão das vagas de estacionamento.

1.5 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, observa-se no Brasil um notável avanço no âmbito científico e tecnológico, exercendo influência substancial no crescimento das instituições de ensino superior. Dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) indicam que a média de crescimento anual do número de matrículas é de 3,0% ao ano, sendo que o número de matrículas do ensino superior atingiu quase 9,5 milhões de estudantes em 2022 (Brasil. Inep, 2023a). Esse crescimento reflete-se no expressivo aumento do ingresso de alunos, manifestado pela implementação de uma variedade de cursos e pela abertura de novas vagas, tanto em níveis de graduação quanto de pós-graduação.

Nesse contexto, a rede federal de educação superior tem gradualmente ampliado sua participação no número de matrículas da rede pública ao longo dos anos e mais da metade (64,8%) das matrículas em cursos de graduação da rede pública estão em instituições federais. Contudo, é essencial ressaltar que esse crescimento requer uma gestão cuidadosa do espaço físico das universidades para acomodar devidamente toda a nova demanda.

A problemática da falta de planejamento nas áreas de estacionamento não afeta apenas as universidades, mas se estende por diversos estabelecimentos comerciais em todo o Brasil. Este desafio resulta em transtornos significativos não apenas para os estudantes, mas para todos que circulam nas imediações dessas instituições. A

prática comum de estacionar veículos nas ruas, muitas vezes em locais proibidos, compromete diretamente a mobilidade urbana dessas áreas, contribuindo para um aumento considerável nos conflitos que ocorrem nos espaços compartilhados do sistema viário e conseqüentemente uma mudança prejudicial na circulação. A necessidade de abordar e resolver essa questão é essencial para melhorar a qualidade de vida e a fluidez do trânsito nessas localidades.

O Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia enfrenta desafios decorrentes do aumento da demanda, apresentando dificuldades em acomodar todos os docentes e servidores. A oferta diversificada de cursos no Campus requer um aumento no número de profissionais qualificados, o que, por sua vez, demanda um incremento proporcional nas vagas de estacionamento. Atualmente, a situação é agravada pelo fato de que o estacionamento não consegue oferecer um número de vagas satisfatório à demanda existente.

Nesse contexto, destaca-se a importância deste trabalho ao buscar determinar de maneira eficaz a dimensão da defasagem no número de vagas para veículos particulares destinados aos docentes e servidores da instituição.

1.6 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para a condução deste estudo, será adotada uma abordagem quantitativa (explicativa/descritiva), conforme delineada por Gerhardt e Silveira (2009). Essa análise é caracterizada pelo uso de recursos e técnicas estatísticas, possibilitando a apresentação, classificação e análise dos dados por meio de valores numéricos. A pesquisa em questão é classificada como aplicada, uma vez que incorpora conhecimentos técnicos acadêmicos, como a Teoria das Filas, na interpretação dos dados coletados em campo.

A abordagem aplicada concentra-se na identificação de problemas nas atividades de instituições, organizações, grupos ou atores sociais, buscando soluções e desenvolvendo diagnósticos. Essa estratégia atende a demandas formuladas por "clientes, atores sociais ou instituições" (Thiollent, 2009, p.36). Seguindo a perspectiva de Gil (2008), a pesquisa aplicada visa gerar conhecimento com aplicação prática, direcionado a soluções potenciais para problemas humanos. Seu propósito é descrever as características do problema em questão e obter informações sobre uma determinada população.

Quanto ao método de estudo, a pesquisa por estudo de caso é uma abordagem empírica que investiga um fenômeno específico, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto de vida real, onde as fronteiras entre o fenômeno e seu contexto não são claramente definidas. Trata-se de uma análise detalhada de um ou mais objetos (casos), visando obter um conhecimento amplo e aprofundado. Conforme apontado por Mattar (1996), seu objetivo é aprofundar a compreensão de um problema ainda não totalmente definido, estimulando o desenvolvimento de teorias, sugestões de hipóteses e questões.

CAPÍTULO 2 – ESTACIONAMENTO

2.1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), o estacionamento é definido como a parada de veículo com tempo superior ao de embarque e desembarque de passageiros. Por vezes o estacionamento é confundido com parada, porém, ainda segundo o CTB a parada de veículos tem como definição a imobilização de veículos com tempo restrito para efetuar embarque e desembarque de passageiros (Brasil, 1997).

Muitas vezes, subestima-se a importância do estacionamento dentro das políticas de transporte. No entanto, é um fato que os veículos passam cerca de 95% do tempo estacionados em algum lugar. Isso ressalta a relevância de encontrar espaços para estacionar, que pode ser até mais essencial do que se preocupar com a escassez de espaço disponível durante o deslocamento. Essa constatação destaca a necessidade de planejar e gerenciar eficientemente os estacionamentos, garantindo que haja uma oferta adequada de vagas para atender à demanda e contribuir para a fluidez e a eficiência do sistema de transporte urbano (PALMER; FERRIS, 2010).

O estacionamento emerge como um recurso valioso na formulação e implementação das políticas urbanas, desempenhando um papel fundamental na estruturação e operação das soluções urbanas. No entanto, estudos também destacam um conjunto de limitações associadas ao estacionamento que podem comprometer a eficácia das medidas adotadas. A tabela 2.1 destaca os pontos positivos e negativos em relação à disponibilidade de vagas de estacionamento.

Tabela 2.1: Importância do estacionamento nas políticas urbanas.

PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Ligação a uma vasta gama de objetivos de política urbana	Controle incompleto da totalidade de oferta devido ao estacionamento privado
Influência decisiva na política de mobilidade urbana	Complexidade institucional de competências que dificultam a implementação

Facilidade, rapidez e custos baixos de implementação	Desconhecimento pela população dos objetivos da implementação de certas medidas
Oferecer flexibilidade de soluções	Conflitos entre interesses de diferentes grupos de cidadãos
Ser um gerador de receitas	Necessidade de uma fiscalização efetiva

Fonte: CCDR-N (2008)

2.2 TIPOS DE ESTACIONAMENTO

A Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), em 1979, já definia os tipos de estacionamentos como públicos e privados. Os veículos podem ser estacionados ao longo de vias públicas e fora delas, o estacionamento pode ocorrer de forma livre ou controlada quando em vias públicas ou em imóveis quando está em estacionamento privado.

Ao classificar os tipos de estacionamento, um dos critérios fundamentais é o local ao qual estão destinados. Podem ser encontrados em vias públicas ou em áreas privadas. Quando se trata de estacionamento em vias públicas, esse pode ser subdividido em dois tipos principais: espaço irrestrito e espaço com restrições. As restrições podem abranger diferentes aspectos, como limitações temporais, exigência de pagamento de taxas ou tarifas e restrições baseadas no tipo de veículo. Essas subdivisões refletem a diversidade de contextos urbanos e regulamentações que influenciam a disponibilidade e o uso do estacionamento nas áreas públicas das cidades. (ELIAS, 2001).

A seguir será identificado os vários tipos de estacionamentos segundo ITDP (2013). O estudo considera uma variedade de tipos de estacionamentos, levando em conta as diversas condições de operação, regulamentação e funcionamento de cada um. O documento analisa as políticas de estacionamento com base em uma tipologia espacial específica destacando seu foco na análise das políticas de estacionamento na região da América Latina.

- Na via ou fora da via: segundo sua localização na via pública ou fora dela.
- Pago na via: qualquer tipo de estacionamento nas vias que exija pagamento.

- Gratuito na via: estacionamento na via sem nenhuma cobrança.
- Informal na via: parte do estacionamento pago na via, relativo a qualquer estacionamento que envolva prestação de serviço e/ou cobrança informal.
- Na via, serviço informal, tarifa regulada: é um tipo de serviço encontrado no trabalho de campo em que, embora haja um serviço informal, foi definido um mecanismo para padronizar a tarifa de estacionamento na via.
- Fora da via pública: esse tipo de estacionamento pode ser operado pelo setor público e/ou privado.
- Fora da via ligado a um uso: este tipo de estacionamento está associado principalmente ao uso do solo, seja do tipo residencial ou comercial

Os tipos predominantes de estacionamento incluem áreas privadas, como edifícios-garagem e espaços dedicados, e espaços públicos. Dentro deste último, existem duas formas distintas, como locais com sistema de vagas pagas rotativas, exemplificado pela Zona Azul existente em diversos municípios brasileiros como São Paulo, Curitiba e Goiânia e espaços gratuitos de estacionamento na via pública (FERREIRA; FRANCO; FRANCO., 2020). De acordo com a resolução Nº 965/2022 do Conselho Nacional de Trânsito, “estacionamento rotativo é uma parte sinalizada da via onde os veículos podem estacionar de forma gratuita ou paga, sendo regulamentado por órgão ou entidade com circunscrição sobre a via” (CONTRAN, 2022).

2.2.1. Estacionamento Público

Como destacado por NUNES (2005), nos estacionamentos públicos, as vagas estão acessíveis a todos os motoristas, e eventuais restrições são aplicadas de forma igualitária a todos os usuários. Os espaços ao longo do meio-fio nas vias públicas são os mais convenientes em termos de acesso e, por vezes, os mais econômicos. Apesar das deficiências como insegurança e desconforto, esses estacionamentos continuam sendo atrativos para os motoristas.

Dado o espaço urbano limitado para a construção de novos estacionamentos e vias de acesso, é vital maximizar a eficiência dos espaços existentes. Isso começa por estabelecer prioridades para os tipos de utilizadores a serem favorecidos. Além disso, é preciso garantir que os lugares de estacionamento disponíveis sejam utilizados de forma apropriada pelos destinatários adequados, e apenas durante os períodos designados para tal fim. Essa abordagem é fundamental para otimizar a utilização do

espaço e evitar congestionamentos desnecessários (SECO; GONÇALVES; COSTA, 2008).

Os estacionamentos livres são frequentemente encontrados em áreas próximas a empreendimentos que atraem grande fluxo de pessoas gerando intenso movimento de veículos, tornando-se mais atrativas aos usuários. O estacionamento nas vias tem como característica o uso por um curto ou médio espaço de tempo, de acordo com as atividades que serão realizadas, dessa forma a rotatividade dessas vagas deve ser alta.

Mesmo quando há uma abundância de espaços de estacionamento gratuitos, é sempre possível otimizar sua utilização, incentivando ocupações de curta duração, que são essenciais para facilitar compras rápidas e outras atividades breves. Isso pode ser alcançado estabelecendo limites de tempo máximo de permanência, geralmente em torno de 30 minutos ou menos, promovendo assim a rotatividade das vagas. Essa abordagem não só melhora a eficiência do uso do espaço disponível, mas também beneficia a economia local ao facilitar o acesso rápido a estabelecimentos comerciais e serviços, contribuindo para uma experiência mais fluida e conveniente para os usuários (BRINCO, 2016).

2.2.2. Estacionamento Privado

Nos grandes centros existem locais que são utilizados para o aluguel de vagas para usuários que desejam estacionar seus veículos fora da via pública, por fatores como segurança, comodidade e a falta de oferta de vagas livres nas vias. Em geral essas vagas são pagas pelo tempo de utilização do local, seja em horas, diárias ou mensalidades.

Os estacionamentos privados são projetados para atender às necessidades individuais, surgindo principalmente devido à falta de espaço disponível nos estacionamentos públicos para a demanda existente. Esses estacionamentos comerciais surgem para atender à necessidade crescente de estacionamento, incluindo garagens e parques de estacionamento independentes, muitas vezes integrados a estabelecimentos comerciais como lojas, supermercados e shoppings (ELIAS, 2001).

NUNES (2005, p. 10) destaca que “Os estacionamentos privados são aqueles em que as vagas são destinadas, direta ou indiretamente, a usuários específicos (uso de funcionários, clientes, residências)”. Existem também estacionamentos que estão fora das vias, que são os que se encontram em empreendimentos como shopping, supermercado, hospital, faculdades ou outros polos geradores de viagens.

Estabelecimentos que possuem estacionamentos de recuo paralelos a via não podem ser caracterizados como estacionamentos privativos, uma vez que os mesmos impedem o motorista de estacionar paralelos as calçadas, pois com a implantação dessas vagas com recuos, deixa de existir vagas para estacionar nas vias que são locais públicos.

De acordo com as regulamentações do CONTRAN, é proibido reservar partes das vias para estacionamento privativo de veículos em situações não previstas pela Resolução. Isso se aplica a todos os tipos de veículos, incluindo ambulâncias, veículos de idosos, deficientes, viaturas, entre outros. A única exceção é quando os órgãos ou entidades responsáveis pela via determinarem essa reserva, conforme estipulado pelo Artigo 7º da lei. (CONTRAN, 2008).

O gerenciamento das vagas de estacionamento privadas é importante, pois possibilita uma avaliação precisa da disponibilidade de espaços para estacionar em uma determinada área, permitindo assim a identificação de excesso ou escassez. Esse controle é essencial para o desenvolvimento de um plano de estacionamento abrangente e eficaz. Além disso, é fundamental para evitar que as vagas privadas entrem em conflito com os objetivos das políticas públicas, portanto, o controle eficaz das vagas de estacionamento privadas não apenas facilita a gestão urbana, mas também contribui para a promoção da mobilidade sustentável e para o cumprimento dos objetivos de planejamento urbano em geral. (Dal Sasso Meira, 2009).

2.3 CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR O NÚMERO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO

Segundo o DENATRAN (2001) as dimensões e o segmento do empreendimento, sugerem um número ideal de estacionamentos onde cada cidade define seus parâmetros, pois possuem autonomia para definir seus próprios parâmetros. Isso significa que as diretrizes para estacionamentos podem variar de acordo com as

necessidades e características específicas de cada localidade, sendo importante consultar as normativas locais para garantir a conformidade com as exigências estabelecidas.

Como cada município regulamenta seus estacionamentos através de leis municipais específicas, sendo levadas em consideração suas características, não existe uma norma única equivalente para todo território nacional. A tabela 2.2 a seguir ilustra algumas diferenças entre os municípios brasileiros na determinação de vagas para Instituição de Ensino Superior - IEL.

Tabela 2.2: Critérios para determinação de vagas de estacionamento em IES.

MUNICÍPIO	NÚMERO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO
Aparecida de Goiânia	$AC^1 < 60m^2 =$ Isento $60m^2 < AC > 540m^2 =$ 01 vaga p/ cada $90m^2$ de AC $AC > 540m^2 =$ 01 vaga p/ cada $60m^2$ de AC
Belo Horizonte	1 vaga para cada $200 m^2$ de área líquida não residencial.
Brasília	$AC < 1200m^2 =$ 01 vaga p/ cada $75m^2$ $1200m^2 < AC > 2500m^2 =$ 01 vaga p/ cada $50m^2$ $AC > 2500m^2 =$ 01 vaga p/ cada $25m^2$
Curitiba	Cada caso será objeto de estudo pelo órgão competente.
Florianópolis	01 vaga p/ cada $15 m^2$ de AC

Fortaleza	Será objeto de estudo
Joinville	01 vaga a cada 25m ² de AC
Londrina	01 vaga a cada 30m ² de AC
Pelotas	2000m ² <AC>4000m ² = 01 vaga p/ cada 20m ² AC>4000m ² = 01 vaga p/ cada 25m ²
Porto Alegre	2000m ² <AC>4000m ² = 01 vaga p/ cada 20m ² AC>4000m ² = 01 vaga p/ cada 25m ²
Santos	AC>2500= 01 vaga a cada 50m ² de AC
São José dos Campos	AC<1000m ² = 01 vaga a cada 70m ² AC>1000m ² = 01 vaga p/ cada 30m ²
Uberlândia	2 vagas para cada 50m ² de área construída ¹

Fonte: Adaptado, NUNES (2005).

¹ AC = Área construída

Em Goiânia foi sancionada a lei nº 10.845, de 04 de novembro de 2022, onde estão regulamentadas as normas de controle das atividades econômicas na Macrozona Construída do Município de Goiânia, nos termos da lei complementar nº 349, de 04 de março de 2022 que é o atual plano diretor da cidade. Em seu anexo IV é possível verificar o quantitativo de vagas de estacionamento em relação à atividade econômica e a área ocupada pelas mesmas.

Em comparação com PGVs como supermercados e shoppings, para as escolas de ensino superior que são o objeto desse estudo, ficou estabelecido que não há necessidade de vagas quando a área for menor que 90 m². Para áreas entre 90,01 e 1500 m² é necessário ter 1 vaga a cada 90 m², entre 1500,01 a 5000 m² deve ter no mínimo 1 vaga a cada 60 m² e acima de 5000 m² o número de deve ser de 1 vaga a cada 45 m² (GOIÂNIA, 2022). A tabela 2.3 abaixo mostra o quantitativo de vagas por atividade econômica segundo exigência do Plano Diretor da cidade de Goiânia.

Tabela 2.3:Quantitativo de vagas de estacionamento, anexo IV - lei nº 10.845/2022.

ATIVIDADE ECONÔMICA	ÁREA TOTAL OCUPADA PELAS ATIVIDADES				
	0 a 90 m ²	90,01 a 540 m ²	540,01 a 1500 m ²	1500,01 a 5000 m ²	Acima de 5000,01 m ²
Educação e ensino Profissional de nível técnico e tecnológico;	Isento	1 vaga a cada 90 m ²		1 vaga a cada 60 m ²	1 vaga a cada 45 m ²
Ensino superior e pós-graduação e similares;	Isento	1 vaga a cada 90 m ²		1 vaga a cada 60 m ²	1 vaga a cada 45 m ²
Educação e ensino Infantil, pré-escola, creche, fundamental e ensino médio;	Isento	1 vaga a cada 90 m ²			

Comércio atacadista e varejista em geral;	Isento	1 vaga a cada 90 m²		1 vaga a cada 60 m²	1 vaga a cada 45 m²
Supermercados e Hipermercados	Isento	1 vaga a cada 90 m²	1 vaga a cada 60 m²	1 vaga a cada 45 m²	
Shopping center	Isento	1 vaga a cada 45 m²			

Fonte: GOIÂNIA (2022).

Os critérios e parâmetros fornecidos pelo município são fundamentais para avaliar a conformidade do objeto de estudo com o atual plano diretor. Nesse sentido, ao analisar-se a área ocupada pelo IFG e o número de vagas de estacionamento disponibilizadas, poder-se-á determinar se o empreendimento está de acordo com as diretrizes estabelecidas.

2.4 DIMENSIONAMENTO DAS VAGAS

De acordo com FERRAZ, FORTES & SIMÕES (1999), ao projetar o número de vagas de estacionamento e a geometria das mesmas, juntamente com as vias de acesso e circulação, é necessário considerar as dimensões da área disponível e o ângulo de estacionamento. A ênfase deve ser colocada na escolha da configuração que permita a maior quantidade possível de vagas, visando otimizar o uso do espaço disponível.

Ao projetar um estacionamento, otimizar o uso do espaço disponível é fundamental. No entanto, é essencial considerar as normas e regulamentações específicas de cada localidade, que podem variar entre países, estados ou municípios. Essas diretrizes são estabelecidas para garantir a segurança, acessibilidade e funcionalidade dos estacionamentos. Portanto, o dimensionamento do estacionamento deve ser realizado de acordo com essas normas para assegurar sua conformidade legal e sua eficácia no contexto local (DUVANOVA et al., 2016).

No Brasil, atualmente são utilizados os gabaritos desenvolvidos pela (AASHTO) - *Association of State Highway and Transportation Officials*, traduzidos e adaptados

pela CET no boletim técnico nº 33 e considerando as classificações dos veículos nacionais da época em que foi lançado o boletim.

Os resultados desta pesquisa são apresentados abaixo, onde a primeira tabela aborda o dimensionamento das vagas de estacionamento e a segunda tabela trata da largura das vias de circulação e do espaço necessário para manobras. Essas informações são essenciais para compreender a distribuição do espaço e a acessibilidade dentro da área estudada, contribuindo para a análise e aprimoramento do planejamento urbano e das infraestruturas. Nas Tabelas 2.4 e 2.5 a seguir podem ser verificadas as dimensões das vagas e a largura das vias.

Tabela 2.4: Dimensões de vagas de veículos segundo a CET

DIMENSÕES DAS VAGAS		
VEÍCULO	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)
De Passeio Pequeno e Médio	4,5	2,2
Grande e Utilitário	5,0	2,4
Leve de Carga e Micro-ônibus	8,0	3,1
Médio de Carga	10,0	3,5
Ônibus Urbano	12,0	3,2

Fonte: Boletim Técnico nº33 CET/SP, s/d.

Tabela 2.5: Largura das vias de circulação e manobras segundo a CET

VEÍCULO - TIPO	LARGURA DA VIA EM RELAÇÃO A POSIÇÃO DA VAGA (m)				
	PARALELO	30°	45°	60°	90°

Passeio/Utilitários	3,3	2,3	3,8	4,5	6,0
Leve de Carga/Micro-ônibus	4,3	2,9	4,55	5,2	8,3
Médio de Carga	5,3	3,7	5,7	6,5	11,5
Ônibus Urbano	5,4	4,7	8,2	10,85	14,5

Fonte: Boletim Técnico nº33 CET/SP, s/d.

Com relação ao município de Goiânia onde ocorre o objeto desse estudo, a lei Complementar Nº 364, de 13 de janeiro de 2023 que trata do Código de Edificações, determina que as vagas para estacionamento serão separados pelos tamanhos de automóveis segundo as tipologias: P - pequeno, M - médio, G - grande e os espaços de manobra e acesso deverão respeitar as dimensões mínimas apresentadas na tabela 2.6 a seguir.

Tabela 2.6: Dimensionamento mínimo para vagas no município de Goiânia

DIMENSÕES	TIPOLOGIA			VAGA ACESSÍVEL	MOTOS
	P	M	G		
Largura	2,30 m	2,40 m	2.50 m	-	1 m
Comprimento	4,60 m	5 m	5,50 m	-	2 m

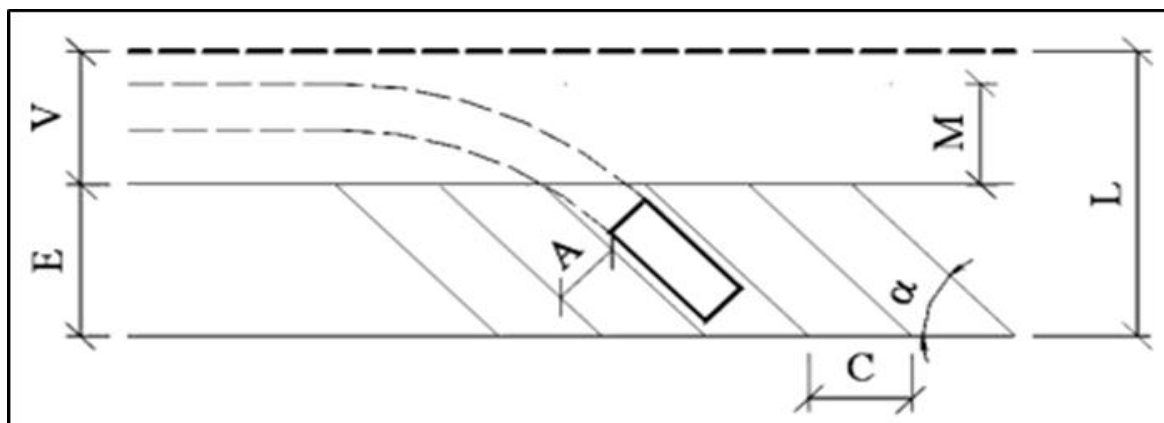
Altura	2,10 m	2,10 m	2,30 m	2,10 m	2,10 m
Faixa de acesso e manobra entre 0 a 45°	3 m	3,50 m	4 m	4 m	2 m
Faixa de acesso e manobra entre 45° a 90°	4,60 m	5 m	5 m	5 m	

Fonte: GOIÂNIA (2024).

2.5 DIRETRIZES PARA PROJETO GEOMÉTRICO

No que trata especificamente sobre estacionamento, é essencial aderir aos parâmetros mínimos durante o dimensionamento dos espaços destinados a veículos. Estes parâmetros estabelecem diretrizes fundamentais para que possam garantir a eficiência e a segurança do estacionamento, abrangendo aspectos como a largura e o comprimento das vagas, a circulação interna e a acessibilidade, na figura 2.1 é possível verificar os diversos parâmetros exemplificados, já a tabela 2.8 representa os valores das dimensões. (CCDR-N, 2008).

Figura 2.1: Parâmetros geométricos relevantes para estacionamento



Fonte: CCDR-N (2008)

Sendo:

- α : Ângulo de inclinação em relação ao eixo da via;
- A: Largura do lugar de estacionamento;
- C: Comprimento de faixa por lugar de estacionamento;

- E: Intrusão efetiva do lugar de estacionamento;
- M: Espaço de manobra para o veículo;
- L: Largura total do lancil à mediana da faixa de rodagem;
- V: Via de acesso adjacente ao estacionamento.
- m: metros.

Como citado anteriormente, a tabela 2.7 a seguir retrata os valores das dimensões para os parâmetros geométricos de estacionamento, Esses parâmetros são fundamentais no planejamento eficiente de espaços de estacionamento conforme os estudos realizados por SECO, GONÇALVES E COSTA (2008).

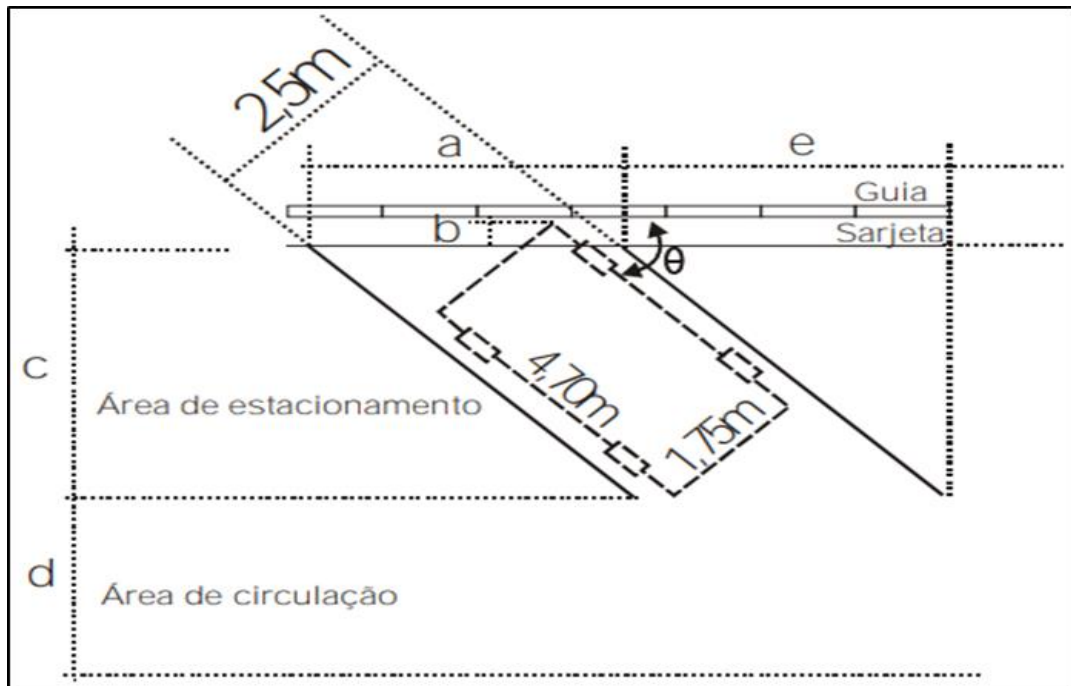
Tabela 2.7: Parâmetros geométricos para o dimensionamento de estacionamento

α	A (m)	C (m)	E (m)	M (m)	L (m)
0°	2.0 - 2.3	5.0 - 6.0	2.0 - 2.3	3.0	5.5 - 5.8
30°	2.3 - 2.5	4.6 - 5.0	4.0 - 4.9	2.9	7.5 - 8.4
45°	2.3 - 2.5	3.3 - 3.5	4.5 - 5.6	3.7	8.0 - 9.1
60°	2.3 - 2.5	2.7 - 2.9	5.0 - 6.0	4.6	9.5 - 10.5
90°	2.3 - 2.5	2.3 - 2.5	4.5 - 5.0	5.8	10.5 - 11.0

Fonte: CCDR-N (2008)

Quando se trata do dimensionamento para projetos geométricos de estacionamentos, é necessário considerar as dimensões principais. Esses dados são essenciais para garantir a adequação e a funcionalidade dos estacionamentos, especialmente levando em conta a diversidade de veículos que podem utilizar esses espaços. A Figura 2.2 ilustra as dimensões principais a serem levadas em consideração.

Figura 2.2: Posições de estacionamento



Fonte: BARBOSA (2005)

A Tabela 2.8 abaixo apresenta os valores recomendados com base em um estudo conduzido pelo Departamento de Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da USP de acordo com a figura 2.2 citada anteriormente (BARBOSA, 2005).

Tabela 2.8: Valores para projetos de estacionamento de carros

θ	a (mínimo)	b	c	d (mínimo)	d (prático)	e
0°	5,50	-	2,20	2,30	3,80	-
30°	4,45	0,33	3,60	3,10	3,80	5,20
45°	3,53	0,33	3,90	3,20	3,80	3,00
60°	2,89	0,33	4,25	3,80	3,80	1,75
90°	2,50	0,33	4,40	4,50	4,50	-

Fonte: BARBOSA (2005)

O manual sobre práticas de paradas e estacionamento na vias públicas do BHTRANS (2010), traz algumas ilustrações das possíveis posições para estacionamentos de acordo com as regras das vias, como velocidade máxima permitida no trecho e a

classificação viária. Para tal foram ilustrados os estacionamentos do tipo: paralelo (0°), 30°, 45°, 60° e 90°, mostrados nas figuras 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7.

- Estacionamento em Paralelo (0°)

Para esse tipo de estacionamento o manual determina uma velocidade máxima no trecho de 80 km/h, sendo possível estacionar nas vias de ligação regional, arterial, coletora e local. A largura da faixa de estacionamento (a partir do meio-fio) deve ter no mínimo: 1,80m e no máximo: 2,50m.

Figura 2.3: Estacionamento em Paralelo

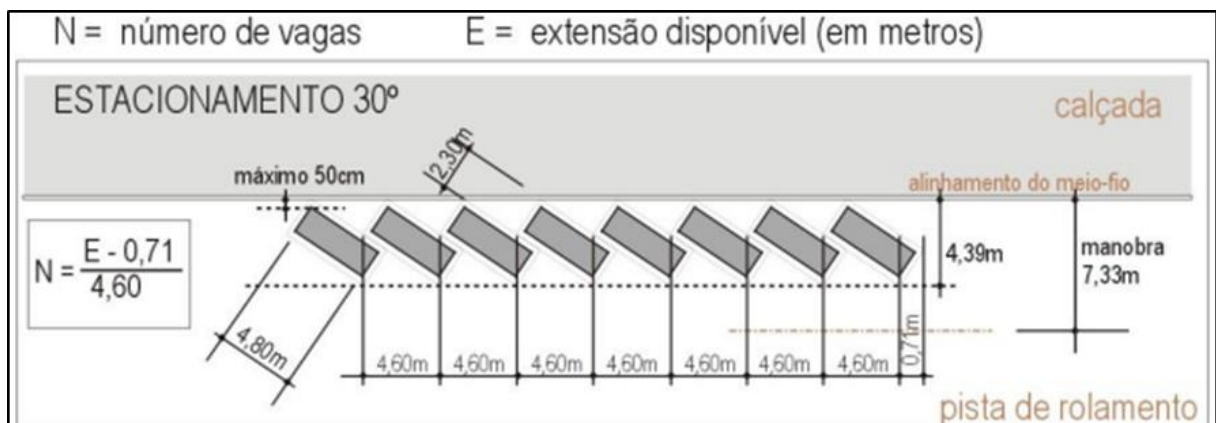


Fonte: GEPRO - Gerência de projetos de Trânsito da BHTRANS (2006)

- Estacionamento (30°)

Para esse tipo de estacionamento o manual determina uma velocidade máxima no trecho de 60 km/h, não é recomendável a implantação deste tipo de estacionamento em vias de ligação regional. A largura da faixa de estacionamento (a partir do meio-fio) deve ter no mínimo: 4,39m e no máximo: 4,70m.

Figura 2.4: Estacionamento (30°)

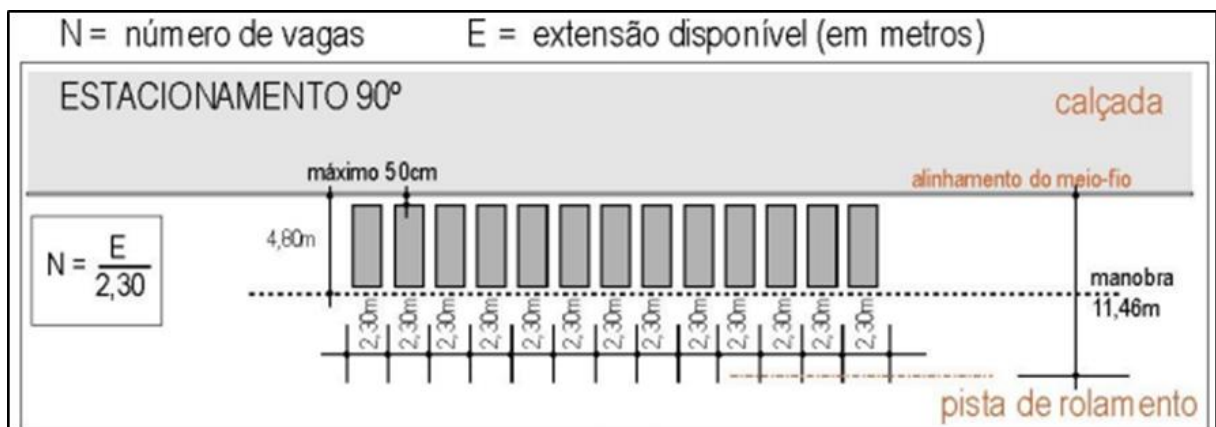


Fonte: GEPRO - Gerência de projetos de Trânsito da BHTRANS (2006)

- Estacionamento (90°)

Para esse tipo de estacionamento o manual determina uma velocidade máxima no trecho de 60 km/h, sendo possível estacionar nas vias: arterial, coletora e local, sendo assim não é recomendável a implantação deste tipo de estacionamento em vias de ligação regional. A largura da faixa de estacionamento (a partir do meio-fio) deve ter no mínimo: 4,80m e no máximo: 5,20m.

Figura 2.7: Estacionamento (90°)



Fonte: GEPRO - Gerência de projetos de Trânsito da BHTRANS (2006)

Para assegurar a eficiência de um estacionamento, é essencial ter uma estrutura que atenda à demanda atual e possíveis expansões futuras, evitando filas de espera. Estudos devem ser conduzidos para avaliar a probabilidade de o local satisfazer essa demanda. No capítulo 3, será apresentada a teoria de filas como método prático de avaliação, utilizando dados de rotatividade do instituto para analisar diferentes cenários que possam garantir eficácia conforme a demanda do estacionamento.

CAPÍTULO 3 - TEORIA DE FILAS

3.1. INTRODUÇÃO

A abordagem matemática de filas se iniciou no começo do século XX (1908) em Copenhague, Dinamarca com A. K. Erlang, considerado o pai da teoria de filas, quando trabalhava em uma companhia telefônica estudando o problema de redimensionamento de centrais telefônicas. Entretanto, foi somente a partir da Segunda Guerra Mundial que a teoria foi aplicada a outros problemas de filas. Apesar do progresso alcançado, inúmeros problemas não são adequadamente resolvidos por conta da complexidade matemática.

A Teoria das Filas é um ramo da Pesquisa Operacional que se utiliza de conceitos fundamentais de processos estocásticos e matemática aplicada para analisar o fenômeno da formação de filas e suas características. Outra característica importante que a Pesquisa Operacional possui é facilitar o processo de análise de decisão é a utilização de modelos. Seu objetivo é prever o comportamento das filas, visando dimensionar adequadamente instalações, equipamentos e infraestrutura (Bruns, Soncim e Sinay, 2001).

Dentro dessa perspectiva, a Teoria das Filas surge como uma ferramenta para solucionar problemas relacionados ao congestionamento de sistemas e aos atrasos enfrentados pelos usuários. Como afirmado por Caixeta Filho (2004), sua aplicabilidade abrange uma ampla gama de setores, desde a gestão do atendimento ao cliente até a programação de linhas de produção. Ao adotar os princípios da teoria de filas, gestores podem identificar pontos críticos, compreender padrões de chegada e serviço, e implementar medidas para mitigar esperas desnecessárias. Isso não só melhora a experiência do usuário, mas também aumenta a eficiência operacional e reduz custos.

O sistema de filas é composto por uma dinâmica na qual um grupo de usuários aguarda atendimento de um conjunto de atendentes, seguindo uma ordem específica de chegada e processamento (Bronson, 1985). Essa estrutura é comumente encontrada em diversos ambientes, desde estabelecimentos comerciais e instituições de serviço até em sistemas de transporte público. Essa organização visa garantir a equidade no acesso aos recursos e serviços oferecidos. No entanto, compreender e

gerenciar eficazmente as filas é fundamental para otimizar a capacidade operacional, minimizar os tempos de espera e promover a satisfação dos clientes.

A importância da teoria das filas para Monks (1987), está no uso de uma ferramenta quantitativa essencial na análise de sistemas que envolvem espera. Mesmo quando a capacidade média do sistema é adequada para atender à demanda, a presença de filas é uma realidade devido à natureza aleatória e variável dos tempos de chegada e de serviço aos clientes. Essa variabilidade introduz incertezas no processo, tornando importante uma compreensão profunda da teoria das filas para gerenciar eficazmente esses sistemas.

Compreender como as filas se formam e se comportam permite aos gestores tomar decisões precisas sobre o dimensionamento adequado das instalações, alocação de recursos e implementação de estratégias para reduzir tempos de espera e melhorar a eficiência operacional. Assim, a teoria das filas desempenha um papel fundamental na otimização dos processos e na garantia de uma experiência satisfatória aos usuários.

Em concordância com essa visão, Moreira (2002) destaca que ao estruturar um sistema de filas, é fundamental considerar uma série de elementos essenciais. Estes incluem os próprios usuários que necessitam de atendimento, os canais ou postos de serviço disponíveis para atender esses usuários e um espaço dedicado para a espera até que o atendimento seja realizado. Essa análise ressalta a complexidade envolvida na gestão de filas e a importância de compreender e otimizar cada componente do sistema para garantir uma operação eficiente e uma experiência satisfatória para os usuários.

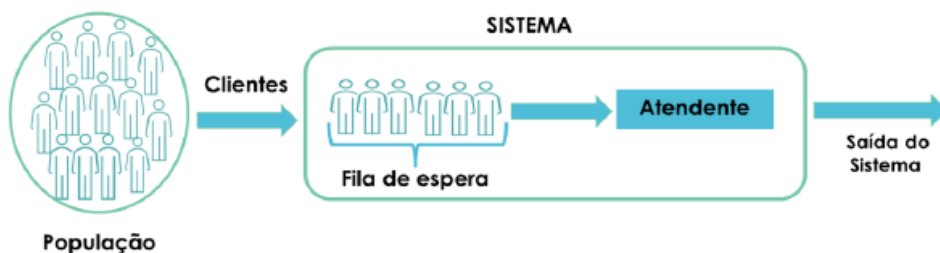
Segundo Fogliatti e Mattos (2007), um sistema de fila é caracterizado como uma metodologia na qual os usuários, pertencentes a uma determinada população, aguardam para receber um serviço requisitado e, se possível, deixam o sistema após serem atendidos. Essa teoria se apoia em diversas premissas importantes para dimensionar de forma adequada uma fila ideal em diferentes contextos do dia-a-dia. Antes de efetuar qualquer cálculo, é fundamental definir de maneira clara as premissas específicas para a situação desejada.

3.2. ESTRUTURA DAS FILAS

Conforme destacado por Pacheco (2004), o sistema de filas pode ser delineado como um processo no qual os clientes chegam, aguardam por um serviço enquanto o sistema está ocupado e, eventualmente, deixam o sistema após serem atendidos. Essa descrição fundamental ressalta a natureza intrínseca da espera nos sistemas de filas. Compreender essa dinâmica é fundamental para uma gestão eficaz das filas, possibilitando aos gestores identificar pontos de congestionamento, otimizar os processos de atendimento e aprimorar a experiência global dos usuários. Com isso, de acordo com Chase, Jacobs e Aquilano (2004), as filas podem estar dispostas nas seguintes configurações:

- a) Sistema de uma fila e um canal: é o tipo mais simples de filas, que consiste em um único atendente e uma fila, conforme pode ser visualizado na Figura 3.1.

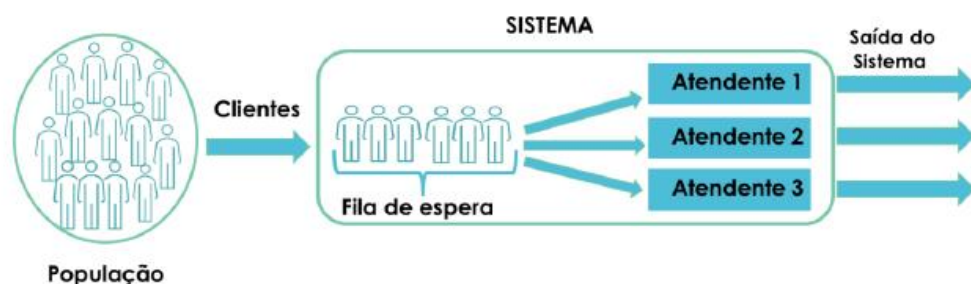
Figura 3.1: Sistema de Uma Fila e Um Canal.



Fonte: Adaptado de Moreira (2007)

- b) Sistema de uma fila e múltiplos canais: consiste em vários atendentes para uma única fila (Figura 3.2), resultando em dificuldade em diferentes tempos de serviço para cada cliente, velocidade e fluxo desigual entre os mesmos.

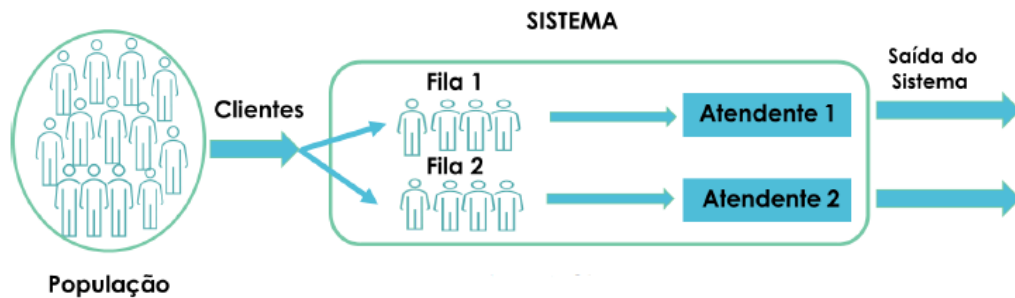
Figura 3.2: Sistema de Uma Fila e Múltiplos Canais.



Fonte: Adaptado de Moreira (2007)

- c) Sistema complexo de filas e canais em série e paralelo: possui vários canais e várias filas, sendo que dois ou mais serviços são efetuados em sequência, conforme pode ser visualizado na Figura 3.3.

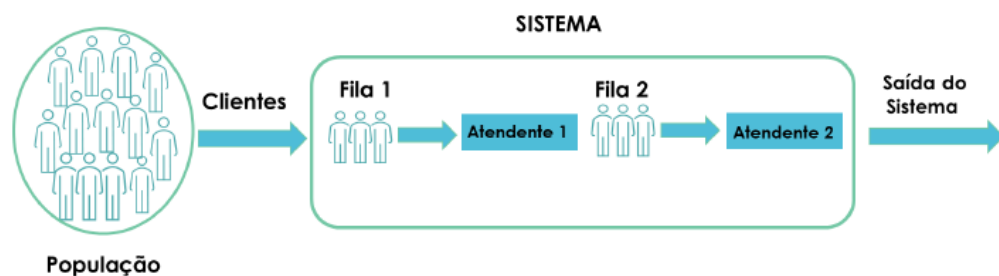
Figura 3.3: Sistema complexo de filas e canais em série e paralelo.



Fonte: Adaptado de Moreira (2007)

- d) Sistema de fila única com canais múltiplos de atendimento em série: Nesse sistema forma-se filas entre os atendentes, como se fosse uma forma de triagem e posterior a isso forma-se uma nova fila onde serão atendidos, conforme pode ser visualizado na Figura 3.4.

Figura 3.4: Sistema de fila única com canais múltiplos de atendimento em série.



Fonte: Adaptado de Moreira (2007)

De acordo com Camelo et al. (2010), a Teoria das Filas é uma abordagem analítica que investiga a formação de filas e suas características por meio de cálculos. O modelo de filas é composto por seis elementos fundamentais: o processo de chegada dos clientes, os padrões de serviço dos atendentes, a disciplina da fila, o número de canais de serviços, a capacidade de armazenamento do sistema e as etapas do serviço. Esses aspectos são essenciais para compreender e otimizar o funcionamento de sistemas de filas em diversas situações práticas.

3.2.1. Processo de chegada dos clientes

Nos procedimentos de filas convencionais, os processos de entrada ocorrem de forma aleatória, ou seja, evoluem temporal e espacialmente de acordo com leis de probabilidade. Portanto, é importante compreender a distribuição probabilística que descreve os intervalos entre as chegadas sucessivas dos clientes (tempos de interchegada). Também é importante determinar se os clientes podem chegar em grupos simultaneamente (chegada batch), e se assim, qual a distribuição de probabilidade do tamanho do “batch” (CAJADO, 2004).

Também é fundamental estabelecer a taxa média de chegadas (λ) e o intervalo médio entre elas (IC), bem como entender a fonte dos dados. A variação dos dados em relação à média tem impacto na descrição de como ocorre o processo de chegada, o qual pode se ajustar a diferentes distribuições de frequência, como a normal, a exponencial e a de Poisson (PRADO, 2014).

O padrão de chegada dos professores e servidores do Instituto apresenta suas particularidades. Uma delas é que o horário de aulas é segmentado em turnos: manhã, tarde e noite. No entanto, é comum encontrar profissionais que frequentam o local em mais de um turno, ou que, dependendo do dia, não comparecem ao Instituto, seja por ausência ou por mudanças na agenda. Todos esses aspectos devem ser considerados para determinar o padrão de chegada ao estacionamento de uma faculdade.

3.2.2. Padrões de serviços dos atendentes

O padrão de serviço refere-se à maneira como o atendimento é realizado, ou seja, o tempo que cada cliente leva para realizar suas transações enquanto espera na fila. Em certas circunstâncias, o atendimento ao cliente pode ser influenciado pelo número de pessoas na fila. Por exemplo, um caixa de supermercado pode agilizar o serviço quando a fila está longa, ou pode ficar sobrecarregado, tornando o atendimento menos eficiente (CAJADO, 2004).

O processo de atendimento também é avaliado em termos de valores médios e, assim como o processo de chegada, pode ser aproximado por uma distribuição probabilística. A velocidade média de atendimento é representada pela letra grega μ , enquanto o tempo médio de atendimento é representado por TA (PRADO, 2014).

No contexto do estacionamento da faculdade, o serviço em análise é principalmente o tempo que cada veículo permanece estacionado. Isso depende de diversas variáveis, sendo a mais significativa a agenda dos professores e funcionários, que determina quando eles têm atividades no campus. No entanto, outros fatores também podem influenciar, como a possibilidade de utilizar a vaga para fazer compras em locais próximos sem a necessidade de usar o próprio veículo. Além disso, os funcionários e professores podem frequentar o Instituto para reuniões ou palestras em horários e dias diferentes dos de suas atividades regulares.

3.2.3. Disciplina das filas

A disciplina das filas diz respeito à maneira como os clientes são atendidos assim que entram no sistema (TAHA, 2017). O método mais comum é o conhecido como First-In-First-Out (FIFO) ou First Come, First Served (FCFS), onde o primeiro cliente a chegar é o primeiro a ser atendido. Outra abordagem é o método FILO (First-In-Last-Out), utilizado em situações como controle de estoque de materiais não perecíveis, onde os materiais mais recentemente chegados são os primeiros a serem consumidos devido à sua maior facilidade de acesso.

Além desses métodos básicos, existem as filas com sistemas de prioridade. Em um sistema preemptivo, quando um cliente prioritário chega, aquele que está sendo atendido é interrompido temporariamente e retorna ao atendimento quando o cliente prioritário é concluído. Este modelo é comumente encontrado em situações como assentos preferenciais em transporte público, como ônibus e metrô. Já em uma fila preferencial não preemptiva, o cliente com prioridade salta para a frente da fila e é atendido quando o cliente anterior termina seu atendimento. Essa prática é observada em instituições como bancos, lotéricas e diversos outros estabelecimentos (CAJADO, 2004). A seguir, apresenta-se na tabela 3.1 algumas definições para maior clareza:

Tabela 3.1: Definição dos tipos de fila.

TIPO	DEFINIÇÃO
FIFO	Primeiro cliente a chegar à fila será o primeiro a ser atendido.
LIFO	Último cliente a chegar à fila é o primeiro a ser atendido.

SIRO	Atendimento dos clientes faz-se por ordem aleatória.
SPT	O cliente a ser atendido em primeiro lugar será aquele cujo tempo de atendimento é menor.
PR	O atendimento faz-se de acordo com as regras de prioridades pré estabelecidas.

Fonte: Cajado (2004) Adaptado pelos autores (2024)

No contexto do estacionamento da faculdade, a disciplina das filas opera conforme o princípio FIFO, onde os primeiros a chegarem são os primeiros a serem atendidos. Na fila, não há preferência para determinadas pessoas, embora existam vagas preferenciais que, por vezes, não atendem totalmente o sistema.

3.2.4. Número de canais de serviço

O número de canais de serviço refere-se à quantidade de estações disponíveis para atender os clientes simultaneamente. Sistemas que oferecem mais de um canal de atendimento são conhecidos como multicanais (CAJADO, 2004). É importante considerar essa configuração ao analisar o funcionamento de diversos ambientes, como estacionamentos institucionais, pois ela influencia diretamente na eficiência e na capacidade de atendimento.

Figura 3.5: Sistema de uma fila e um canal.



Fonte: Adaptado de Andrade (2000).

No contexto do estacionamento do Instituto, o sistema adotado é caracterizado por uma única fila e um único canal de atendimento, conforme ilustrado na Figura 3.5 acima. Isso significa que, independentemente do número de veículos aguardando, apenas um veículo é atendido por vez. Essa configuração pode ter implicações no tempo de espera dos motoristas, especialmente em momentos de grande movimento, como no início e final das aulas.

3.2.5. Capacidade do sistema

Em determinados cenários de filas, há uma restrição física quanto ao espaço disponível na fila. Quando a fila alcança um certo comprimento, não é possível adicionar novos clientes ao sistema até que espaço seja liberado pelo atendimento de um cliente, reduzindo assim o tamanho da fila. Essas situações são conhecidas como sistemas de filas finitos, o que significa que há um limite máximo definido para o tamanho do sistema. Portanto, enquanto um cliente não for atendido, não há espaço para a entrada de novos clientes na fila (CAJADO, 2004).

No caso específico do estacionamento do Instituto, é adotada uma abordagem ideal, onde as filas são formadas e gerenciadas conforme necessário para garantir um fluxo eficiente de veículos.

3.2.6. Estágios de serviços

Nesse contexto, a avaliação incide sobre a estrutura do sistema de filas, considerando se há diversas fases de atendimento, o que poderia resultar na formação de filas distintas em cada uma delas. Além disso, examina-se a possibilidade de retornar a etapas anteriores do processo de atendimento (CAJADO, 2004).

Ao analisar os estacionamentos da faculdade, percebe-se que o processo de entrada e saída dos veículos ocorre em uma única fase, sem subdivisões. Portanto, trata-se de um sistema de filas de estágio único, onde os veículos aguardam sua vez de estacionar ou deixar o local sem a necessidade de passar por múltiplas etapas de atendimento.

3.3. MODELOS BÁSICOS DE FILAS

Conforme destacado por Ferrari (2008), a maioria dos modelos elementares de filas de espera se baseia no processo de nascimento e morte, conhecido por sua natureza markoviana. Dentro do contexto das filas de espera, um "nascimento" refere-se à chegada de um novo cliente, enquanto uma "morte" corresponde à partida de um cliente.

De uma maneira geral, um modelo de filas pode ser descrito pela seguinte notação, apresentado na tabela 3.2, $A/B/c/K/m/Z$, sendo que:

Tabela 3.2: Notação de um modelo de filas.

NOTAÇÃO	DESCRIÇÃO
A	Descreve a distribuição dos intervalos entre chegadas
B	Descreve a distribuição do tempo de serviços
c	Capacidade de atendimento ou a quantidade de atendentes
K	Capacidade máxima do sistema
m	Tamanho da população que fornece clientes
Z	Disciplina da fila

Fonte: Prado (2014)

A seguir, serão discutidos alguns modelos básicos que compõem um sistema de filas, destacando os processos probabilísticos detalhados por Fogliatti (2007). Nestes modelos, é comum que os intervalos entre chegadas e os tempos de atendimento sigam distribuições exponenciais, conforme descrito a seguir.

3.3.1. Modelo M/M/1/ ∞ /FIFO

Existe um único posto de atendimento, não existe limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO). É possível realizar a análise considerando tanto uma população infinita quanto finita (PRADO, 2014). No caso de uma população infinita, as seguintes fórmulas são aplicáveis, como pode-se observar na tabela 3.3 abaixo:

Tabela 3.3: Equações para a população infinita

NF	Número médio de clientes na fila	$NF = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
NS	Número médio de clientes no sistema	$NS = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
TF	Tempo médio durante o qual o cliente fica no sistema	$TF = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
TS	Tempo médio durante o qual o cliente fica no sistema	$TS = \frac{1}{\mu - \lambda}$
Pn	Probabilidade de haver n clientes no sistema	$Pn = (1 - \frac{\lambda}{\mu})(\frac{\lambda}{\mu})^n$

Fonte: PRADO (2014).

Segundo Prado (2014), a taxa de utilização (ρ) é a relação entre o ritmo média de chegada (λ) e o ritmo médio de atendimento (μ):

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Equação 1

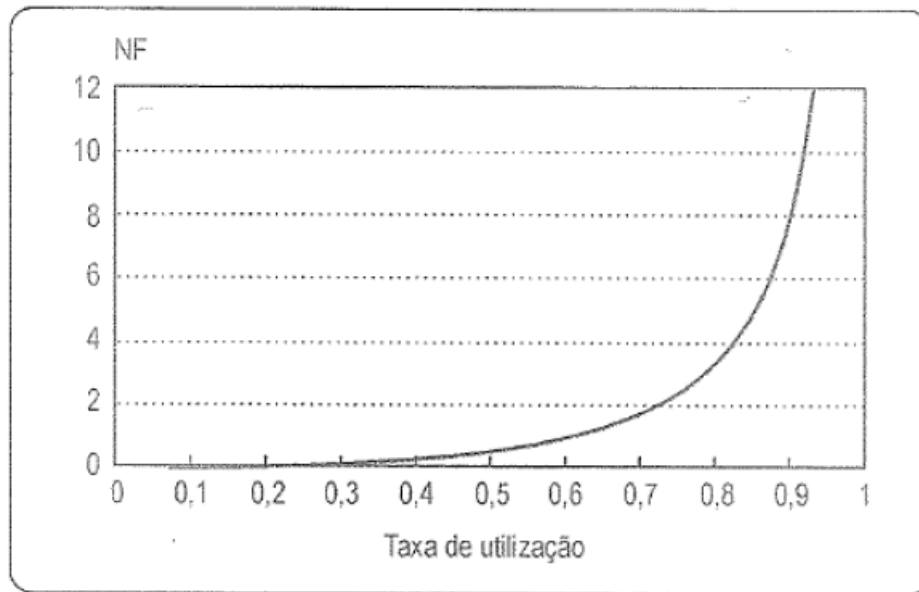
Tendo em vista a equação do número médio de pessoas na fila:

$$NF = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

Equação 2

A taxa de utilização deve sempre permanecer abaixo de 1, pois, do contrário, a fila tenderá ao infinito, contradizendo o propósito da aplicação da teoria, que visa evitar filas. À medida que a taxa de utilização aumenta, o número de pessoas na fila cresce de forma exponencial, como mostra a figura 3.6. Quando essa situação ocorrer, simplesmente dobrar a capacidade de atendimento é suficiente (PRADO, 2014).

Figura 3.6: Curva da taxa de utilização



Fonte: PRADO (2014).

3.3.2. Modelo M/M/1/K/FIFO

Apresenta um único posto de atendimento, porém existe uma limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO). A taxa de ingresso ao sistema (λ) se difere da taxa de chegada λ para $n \geq K$, pela existência da limitação de capacidade no sistema (K).

A tabela 3.4 mostra as equações para a quantidade finita de população, sendo a quantidade da população definida pela letra “k”:

Tabela 3.4: Equações para população finita

NF	Número médio de clientes na fila	$NF = K - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} + (1 - P_0) + \frac{\lambda}{\mu}$
NS	Número médio de clientes no sistema	$NS = K - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} + (1 - P_0) + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda}{\mu}$
TF	Tempo médio durante o qual o cliente fica no sistema	$TF = \frac{K}{\lambda} - \frac{(\lambda + \mu) * (1 - P_0)}{\lambda^2}$

TS	Tempo médio durante o qual o cliente fica no sistema	$TS = \frac{K}{\lambda} - \frac{(\lambda + \mu) * (1 - P_0)}{\lambda^2} + \frac{1}{\mu}$
Pn	Probabilidade de haver n clientes no sistema	$P_n = \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{K-n}}{(K-n) \times \sum_{j=0}^K \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^j}{j!}}$

Fonte: PRADO (2014).

3.3.3. Modelo M/M/C/∞/FIFO

Existem “C” postos de atendimento, não existe limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO).

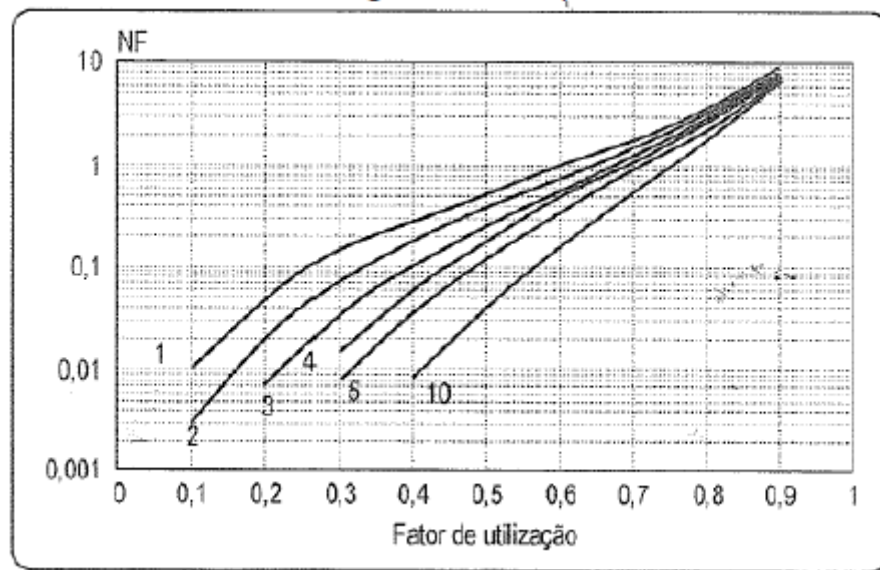
As seguintes definições podem ser utilizadas nesse modelo:

- ❖ λ = Ritmo de chegada;
- ❖ IC = Intervalo médio entre chegada;
- ❖ TA = Tempo médio de atendimento ou de serviço de cada atendente;
- ❖ μ = Ritmo médio de atendimento de cada atendente;
- ❖ c = capacidade de atendimento ou quantidade de atendentes.

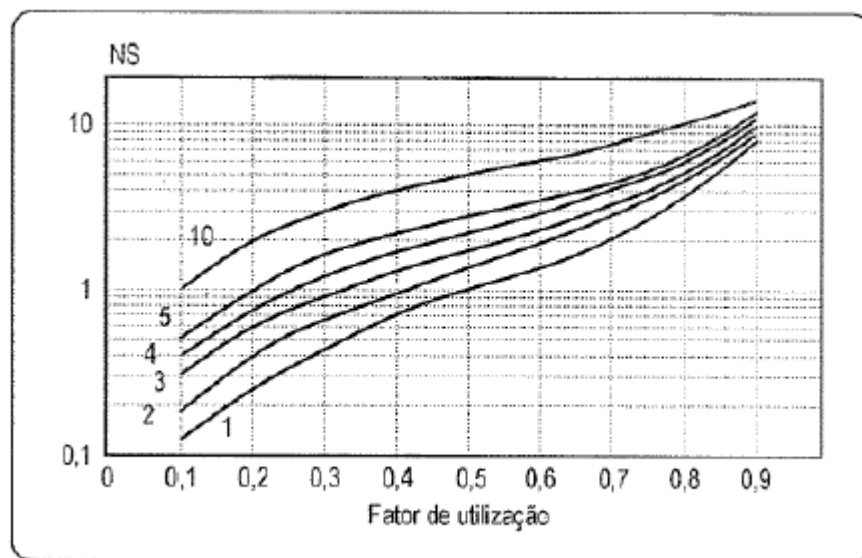
No contexto de populações infinitas, devido à complexidade das fórmulas do modelo, a análise é conduzida utilizando gráficos. As figuras 3.7 e 3.8 representam os gráficos para determinar o número médio de clientes na fila (NF) e o número médio de pessoas no sistema (NS), respectivamente, em relação ao fator de utilização, formula 3.3 com a escala logarítmica no eixo das ordenadas.

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$$

Equação 3

Figura 3.7: NF x ρ 

Fonte: PRADO (2014).

Figura 3.8: NS x ρ 

Fonte: PRADO (2014).

Em ambos os gráficos quando ρ tende a 1, a ordenada tende ao infinito, para que se reduza NF e NS deve-se dobrar a capacidade de atendimento.

3.3.4. Modelo M/M/C/K/FIFO

Existem “C” postos de atendimento, porém existe uma limitação de capacidade no espaço reservado para a fila de espera, sendo que a ordem de acesso de usuários ao serviço segue a ordem de chegada dos mesmos ao sistema (FIFO). A taxa de ingresso

ao sistema (λ) se difere da taxa de chegada λ para $n \geq K$, pela existência da limitação de capacidade no sistema (K).

Após obter os valores de NF e NS a partir dos gráficos, é viável calcular o tempo médio de permanência na fila (TF) e o tempo médio de permanência no sistema (TS) utilizando as fórmulas de Little.

$$TF = \frac{NF}{\lambda}$$

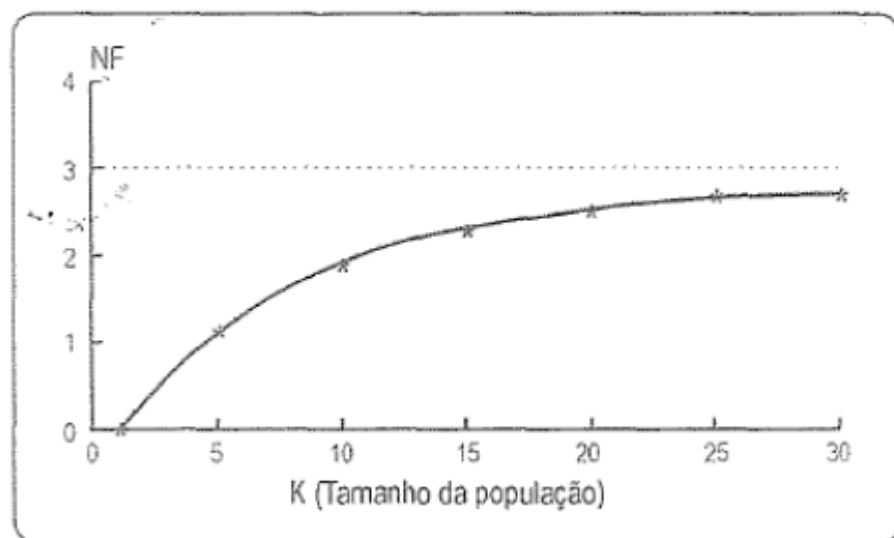
Equação 4

$$TS = \frac{NS}{\lambda}$$

Equação 5

No caso para populações finitas, utiliza-se o modelo M/M/c/K onde é possível obter o NF a partir do gráfico NF x K, como mostra a figura 3.9 abaixo.

Figura 3.9: NF x K



Fonte: PRADO (2014).

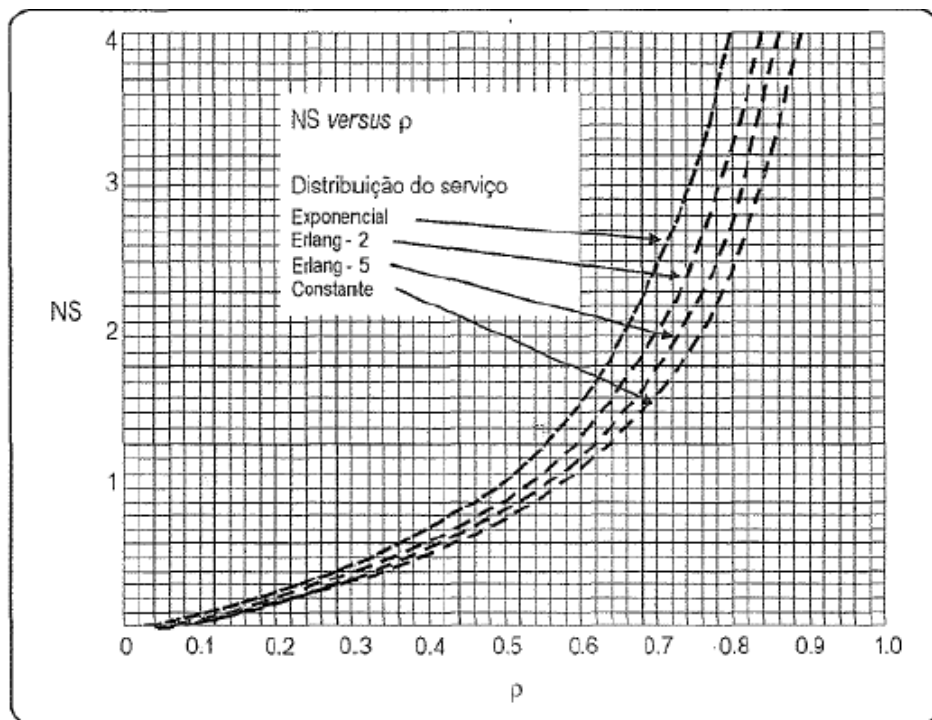
A partir dos modelos, pode-se inferir que conforme o fator de utilização (ρ) se aproxima de 1, o tamanho da fila tende ao infinito. No entanto, simplesmente dobrando a capacidade de atendimento, é possível reduzir significativamente essa fila.

3.3.5. Modelo Erlang (M/Em/c)

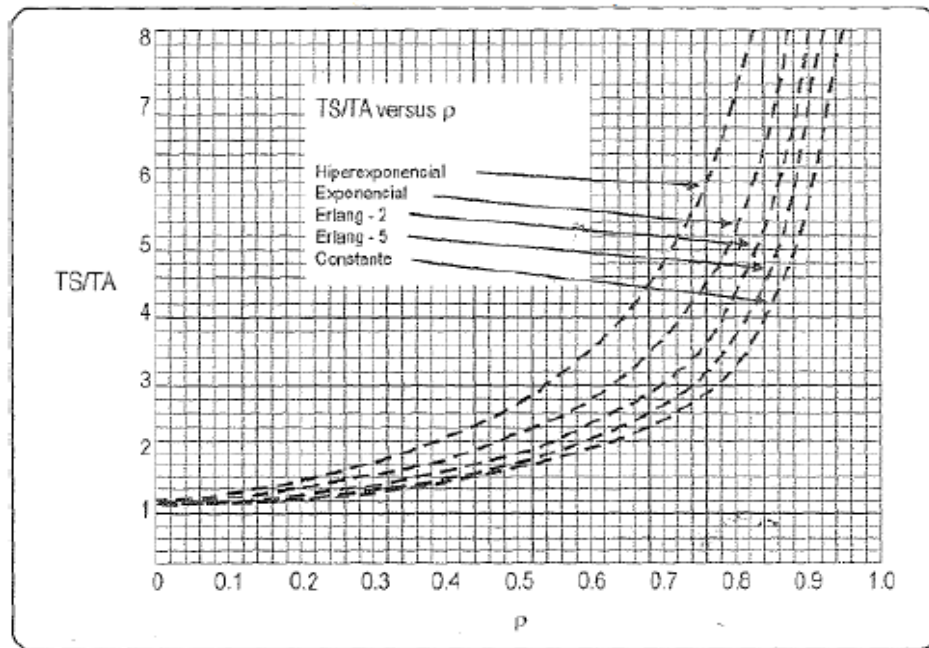
Considerado um modelo que apresenta melhores resultados no dimensionamento de filas em relação aos outros modelos vistos.

O gráfico NS x ρ (Figura 3.10) exibe valores que se assemelham praticamente aos dos outros modelos quando ρ é menor. Entretanto, à medida que o valor de ρ aumenta, a distribuição exponencial passa a gerar valores maiores e distintos em relação aos valores de Erlang. O mesmo fenômeno é observado no gráfico TS/TA x ρ (Figura 3.11). Estes gráficos representam o cenário com apenas um atendente. No caso de múltiplos atendentes (Figura 3.12), o comportamento do gráfico permanece similar, contudo, os valores são inferiores aos de uma distribuição exponencial.

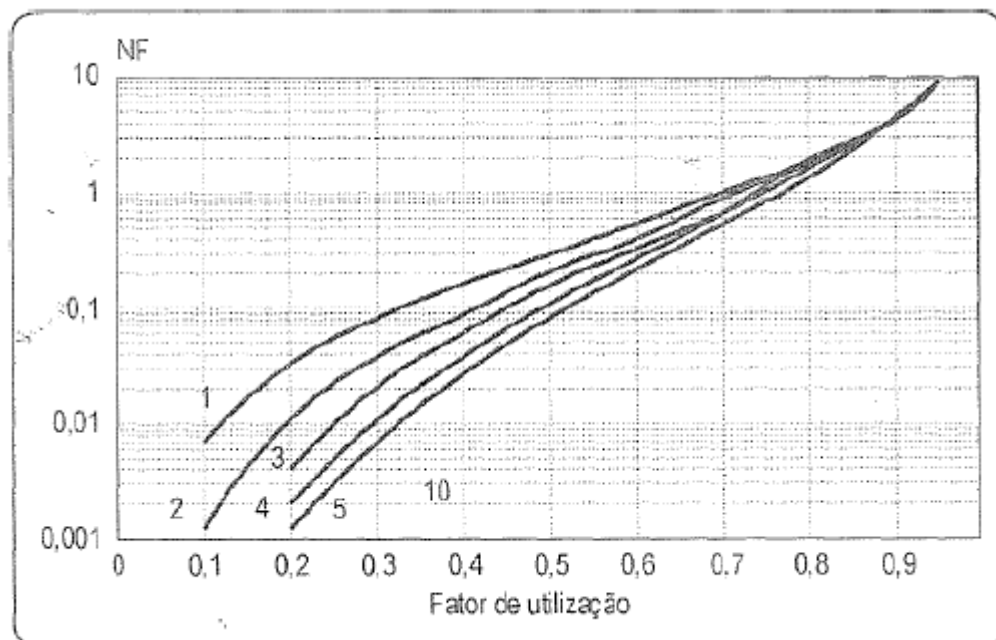
Figura 3.10: NS x ρ



Fonte: PRADO (2014)

Figura 3.11: $TS/TA \times \rho$ 

Fonte: PRADO (2014).

Figura 3.12: $NF \times \rho$ 

Fonte: PRADO (2014).

A problemática das filas não se restringe apenas à perda de tempo das pessoas, mas também impacta diretamente a eficiência dos sistemas de transporte e a qualidade de vida nas cidades. O aumento do tráfego e a escassez de espaços de estacionamento têm exacerbado esse problema, tornando essencial a aplicação de estratégias eficazes de gestão de filas. Diante desse cenário, a adaptação da Teoria das Filas para o contexto dos transportes e estacionamentos se mostra essencial.

Essa abordagem visa não apenas reduzir os tempos de espera, mas também otimizar a utilização dos recursos disponíveis e promover uma mobilidade urbana mais fluida e eficiente. Assim, a aplicação dessa teoria desempenha um papel importante na busca por soluções sustentáveis e inovadoras para os desafios enfrentados pela crescente demanda de transporte nas cidades modernas (Cajado, 2004).

No capítulo 4 será abordado o método a ser empregado e qual teoria se mostra mais pertinente para abordar os desafios relacionados ao trabalho. Em seguida, no Estudo de Caso será realizada uma demonstração prática de como essa teoria será aplicada no contexto específico do estacionamento do IFG Campus Goiânia.

CAPITULO 4 – MÉTODO

Neste capítulo é apresentado o Método que será aplicado no estudo de caso desse Trabalho de Conclusão de Curso. A seguir é demonstrado o fluxograma que descreve as premissas para a escolha do modelo de fila mais adequado para abordar o problema em questão.

Figura 4.1: Fluxograma do Método a ser aplicado



4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica proporcionou uma base teórica sólida, permitindo compreender os conceitos e princípios da Teoria de Filas e sua aplicação em sistemas de estacionamento. A análise de estudos sobre os impactos dos estacionamentos em ambientes urbanos ajudou a entender como a capacidade de estacionamento influencia a dinâmica do trânsito e o comportamento dos motoristas, sendo essencial para definir as variáveis a serem analisadas e para desenvolver cenários realistas na simulação.

4.1.1. Compreensão dos Impactos Causados pelos Estacionamentos

A compreensão dos impactos causados pelos estacionamentos envolve a análise dos efeitos que essas áreas de infraestrutura têm sobre o ambiente urbano e a dinâmica do trânsito. Diversos estudos apontam que estacionamentos podem influenciar negativamente a mobilidade urbana. Além disso, a disponibilidade de vagas de estacionamento pode afetar o comportamento dos motoristas, incentivando o uso do automóvel em detrimento do transporte público ou de modos de transporte. Esses fatores podem influenciar a eficiência do trânsito e a qualidade da experiência dos usuários, destacando a importância de uma gestão eficiente dos estacionamentos.

4.1.2. Definição das Variáveis Analisadas para a Caracterização do Impacto no Ambiente Estudado.

A caracterização dos impactos do estacionamento no ambiente do Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia requer a definição clara das variáveis a serem analisadas. Entre as variáveis mais relevantes, incluem-se:

- Capacidade do estacionamento: número total de vagas disponíveis.
- Taxa de chegada de veículos: número de veículos que chegam ao estacionamento por unidade de tempo.
- Taxa de serviço: tempo médio que cada veículo permanece estacionado.
- Taxa de ocupação: proporção de vagas ocupadas em relação ao total disponível.

- Tempo de espera: tempo médio que os motoristas esperam por uma vaga.
- Tamanho médio da fila: número médio de veículos esperando por uma vaga.

Os congestionamentos no sistema de estacionamento podem ser entendidos como uma consequência direta da demanda excedente de vagas em relação à oferta disponível. A análise dos congestionamentos envolve o estudo dos períodos de pico, onde a demanda por estacionamento é mais intensa, e a identificação dos padrões de uso ao longo do dia. Os atrasos enfrentados pelos usuários são mensurados pelo tempo que os motoristas gastam procurando uma vaga e pelo tempo de espera em filas. Compreender esses atrasos é essencial para avaliar a eficiência do estacionamento e propor melhorias que possam minimizar os tempos de espera e aumentar a satisfação de quem utiliza o estacionamento.

4.1.3. Determinação da Teoria de filas Identificando a Necessidade de Analisar a Capacidade do Estacionamento

A Teoria de Filas é uma ferramenta matemática usada para analisar sistemas nos quais há filas de espera, sendo particularmente útil para estudar a capacidade e eficiência de estacionamentos. Aplicando essa teoria, é possível modelar o sistema de estacionamento do Campus Goiânia e avaliar seu desempenho em termos de tempo de espera, tamanho das filas e utilização das vagas. A aplicação da Teoria de Filas permite identificar gargalos e prever o comportamento do sistema sob diferentes condições de demanda, auxiliando na tomada de decisões para melhorar a capacidade do estacionamento.

4.1.4. Determinação dos Objetivos Específicos da Análise

Os objetivos específicos da análise com base na Teoria de Filas são:

- Avaliar a capacidade atual do estacionamento e verificar se atende à demanda dos professores e servidores.
- Identificar os períodos de maior congestionamento e os fatores que contribuem para que isso ocorra.

- Medir o tempo médio de espera e o tamanho médio das filas durante diferentes horários do dia.
- Propor melhorias na gestão do estacionamento, como a redistribuição das vagas, implementação de sistemas de controle de acesso e a promoção de alternativas de transporte.
- Estimar os impactos potenciais das melhorias propostas sobre a eficiência do sistema de estacionamento e a satisfação dos usuários.

4.2. COLETA DE DADOS

Para a realização deste estudo, foi adotado os seguintes procedimentos metodológicos:

4.2.1. Levantamento do número de vagas disponíveis

Inicialmente foi realizado um levantamento detalhado do número de vagas disponíveis no estacionamento da instituição. Este levantamento incluiu uma inspeção física de todo o estacionamento para contabilizar todas as vagas destinadas a automóveis e motocicletas. Além disso, foram identificadas e contadas as vagas reservadas para portadores de necessidades especiais e outras categorias específicas. A contagem foi registrada em uma planilha detalhada do estacionamento para garantir a precisão dos dados coletados.

4.2.2. Registro dos horários de entrada e saída dos veículos

Foram implementados mecanismos automáticos para monitorar os horários de entrada e saída dos veículos no estacionamento. Esse monitoramento foi realizado por meio de câmeras de vigilância instaladas nas entradas e saídas do estacionamento, com imagens fornecidas pelo Concampus (Conselho de Câmpus). As câmeras permitiram a avaliação do tempo de espera, entrada e saída dos veículos, registrando as placas dos automóveis, durante uma semana típica de aula. Os dados foram organizados em planilhas detalhadas, incluindo o horário exato de entrada e saída de cada veículo, possibilitando uma análise precisa do fluxo de veículos ao longo do dia.

4.2.3. Contagem do número de professores e servidores que utilizam o estacionamento

Foi realizada uma contagem periódica do número de professores e servidores que utilizam o estacionamento. Este levantamento foi conduzido por meio da análise dos registros de entrada e saída dos veículos. Foram coletadas informações detalhadas sobre a frequência de uso, os horários preferenciais e quaisquer dificuldades enfrentadas pelos usuários. Esses dados foram compilados e analisados para identificar o perfil dos usuários e suas necessidades específicas, proporcionando uma compreensão mais profunda dos padrões de utilização e dos requisitos dos diferentes grupos de usuários.

4.2.4. Identificação dos horários de pico e padrões de uso

A partir dos dados coletados sobre os horários de entrada e saída dos veículos, foi possível identificar os horários de pico e os padrões de uso do estacionamento. Para isso, foi utilizada a análise de estatística descritiva, incluindo a criação de gráficos detalhados do fluxo de veículos ao longo do dia. Foram identificados os períodos de maior e menor demanda, bem como quaisquer padrões de uso recorrentes. Essa análise permitiu uma compreensão aprofundada da dinâmica de ocupação do estacionamento, auxiliando no planejamento de melhorias para a gestão eficiente do espaço.

4.2.5. Área de Influência

A área de influência foi determinada considerando-se a área ocupada do Instituto, e tendo como base a LEI Nº 10.977, DE 28 DE JUNHO DE 2023 para a definição de tal raio da área de influência, representado pela tabela 4.2.5.1. Foram utilizados mapas geográficos e ferramentas de georreferenciamento para delinear a área abrangida pelo estacionamento. Também foram consideradas as vias de acesso e possíveis barreiras físicas que influenciam o uso do estacionamento, a figura 4.2.5.1 representa tal pontuação. Essa análise ajudou a entender como a localização impacta a utilização do espaço.

Tabela 4.1: Critérios para definição do raio para delimitação da área de influência

MODALIDADE	OBJETO	RAIO
EIT/RIT Simplificado	Empreendimento, atividade ou intervenção urbanística que se enquadre nesta modalidade, conforme art. 6º, inciso I e II desta Lei	200 m
EIT/RIT Completo	Empreendimento com área ocupada pela atividade com até 5.000m ²	500 m
	Empreendimento com área ocupada pela atividade de 5.001m ² a 10.000m ²	1.000 m
	Empreendimento com área ocupada pela atividade de 10.001m ² a 50.000m ²	1.500 m
	Empreendimento com área ocupada pela atividade superior a 50.000m ²	2.000 m
	Operação urbana consorciada	Ser definido pela Comissão de Avaliação de Polos Geradores de Viagens

Fonte: Prefeitura de Goiânia (2023)

O Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia, figura 4.2, conta com uma área de 32.780,43m² de construção. Essa vasta área inclui uma variedade de instalações que atendem às diversas necessidades educacionais e administrativas da instituição.

Figura 4.2: Vista aérea do Campus Goiânia do IFG



Fonte: Instituto Federal de Goiás-Campus Goiânia

A partir da análise da tabela 4.1 apresentada anteriormente, pode-se concluir que o raio de influência do empreendimento abrange uma distância de 1500 metros, conforme representado na figura 4.3 abaixo.

Figura 4.3: Mapa da Área de Influência do IFG



Fonte: Autores (2024)

A área de influência do estacionamento tem um impacto significativo no Instituto, pois afeta diretamente a acessibilidade e a conveniência dos professores, funcionários e alunos que utilizam as instalações da instituição. Ao compreender a extensão dessa área, pode-se entender melhor como a localização do estacionamento influencia o fluxo de pessoas e veículos em torno do Instituto.

Todos esses procedimentos foram essenciais para a elaboração de um plano de otimização do uso do estacionamento, visando atender de maneira eficiente às necessidades dos usuários e melhorar a gestão dos espaços disponíveis.

4.3. MODELAGEM DO SISTEMA

4.3.1. Análise das Imagens do Estacionamento do IFG

Para determinar qual modelo de fila é mais adequado para o estacionamento do IFG, foi necessário inicialmente fazer a coleta dos dados. Tal coleta foi realizada através do monitoramento visual do estacionamento. Este processo envolveu as etapas:

1. Coleta de Dados Visuais:

- Captura de imagens em intervalos regulares ao longo do dia para garantir uma amostragem representativa dos diferentes períodos, incluindo horários de pico e períodos de menor movimentação.
- Observar o horário de entrada e saídas dos veículos, anotando suas respectivas placas.

2. Processamento das Imagens:

- Utilização das câmeras para a análise de imagem e contagem do número de carros entrando e saindo do estacionamento em cada intervalo de tempo.
- Cálculo do tempo médio que cada carro leva desde a chegada até a saída, considerando possíveis variações ao longo do dia. Este processamento ajudará a identificar padrões de uso e a quantificar a demanda e a capacidade de atendimento.

3. Determinação dos Padrões de Chegada e Serviço:

- Identificação dos padrões de chegada dos carros, incluindo horários de pico e períodos de baixa movimentação.
- Avaliação do tempo médio de atendimento dos carros nas guaritas ou portões de entrada e saída, considerando a variabilidade nos tempos de serviço.

4.3.2. Estimação dos parâmetros do modelo: Taxa de chegada (λ); taxa de serviço (μ).

Para analisar e otimizar o funcionamento do estacionamento do Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia, foi necessário entender os diferentes modelos de fila que podem ser aplicados. Esses modelos ajudam a prever o comportamento do sistema e a tomar decisões eficientes a fim de melhorar o atendimento.

Os dois principais parâmetros, número esperado de chegadas por unidade de tempo (λ) e número esperado de atendimentos por unidade de tempo (μ), são geralmente estimados usando as médias amostrais.

As formulas utilizadas para as taxas de chegada e taxa de serviço é exemplificada respectivamente abaixo, onde:

- O estimador da Taxa de chegada (λ) é dado pela seguinte formula:

$$\lambda = \frac{n}{t}$$

Equação 6

Sendo: t o tempo total de observação e n é o número de usuários que chegam ao sistema durante o período observado.

- Para estimar a Taxa média de atendimento (μ), utiliza-se a fórmula:

$$\mu = \frac{n}{t_b}$$

Equação 7

Sendo: n o número de usuários atendidos durante o período total t de observação, e t_b é o período total de uso efetivo do sistema (excluindo o tempo de inatividade).

As formulas citadas acima são utilizadas em um cenário onde exista apenas um posto de atendimento, como é o caso do objeto desse estudo.

4.3.3. Distribuição de Frequências e seus Gráficos

A distribuição de frequência é uma tabela que mostra as classes ou intervalos das entradas dos dados com uma contagem de números de entradas em cada classe. A frequência f de uma classe é o número de entradas em uma classe. Cada classe tem um limite inferior, que é o menor número que pode pertencer a classe, e um limite superior, que é o maior número que pode pertencer a classe. A largura de classe é a distancia entre os limites inferiores ou superiores das suas consecutivas classes. A diferença entre as entradas de dados máximos e mínimos é chamada de amplitude.

Para se contruir os graficos, é necessario saber o que significa e como obter tais frequências:

- Frequência relativa: é a porção ou porcentagem de dados que está em determinada classe. Para encontrá-la basta dividir a frequência f pelo tamanho n da amostra.

$$Frequência\ relativa = \frac{Frequência\ de\ classe}{Tamanho\ da\ amostra} = \frac{f}{n}$$

Equação 8

- Frequência acumulada: é a soma da frequência para aquela classe e todas as anteriores. A frequência acumulada da última classe é igual ao tamanho n da amostra.

Para construir uma distribuição de frequência com base nos conjuntos de dados é necessário:

1. O número de classes a serem incluídas na distribuição de frequência, para detectar padrões.
2. Encontrar a largura da classe. Determinar a amplitude dos dados, dividir a amplitude pelo número de classes e arredondamentos para o próximo número conveniente.
3. Encontrar os limites de classe. Para encontrar os limites inferiores restantes, adicionar a largura da classe ao limite inferior da classe precedente. Então encontrar o limite superior da primeira classe, observando que as classes não se sobrepõem. Encontrar o limite das classes restantes.
4. Marca de contagem para cada entrada de dados (chegada do cliente) em ordem da classe apropriada.
5. Contar as marcas para encontrar a frequência total f para cada classe.

Para determinar a melhor distribuição dos tempos de chegada e atendimento, deve-se verificar se a amostra é aleatória e homogênea através da representação gráfica dos dados levantados. Essa representação revela a melhor distribuição de probabilidade a ser utilizada. Após a verificação da melhor distribuição a ser utilizada,

deve-se aplicar algum teste estatístico. Nesse trabalho se utilizará o teste Qui-quadrado (X^2).

A distribuição dos tempos entre chegadas sucessivas ou dos tempos de atendimento, é importante para verificar se a amostra é aleatória e homogênea, representando de forma correta o fenômeno durante todo o período estudado, sendo recomendada uma apresentação gráfica dos dados, o que auxilia no ajuste de uma distribuição de probabilidade adequada.

4.3.4. Determinação dos Padrões de Chegada e Serviço

1. Cálculo da Taxa de Chegada:

- Analisar os dados registrados para determinar a média do número de veículos que chegam ao estacionamento por unidade de tempo. Será registrado o tempo entre chegadas dos veículos. Para cálculo da taxa de chegada será utilizado a fórmula abaixo:

$$\lambda = \frac{1}{TC}$$

Equação 9

Onde:

λ é a taxa de chegada

TC é o tempo entre chegadas

2. Cálculo da Taxa de Serviço:

- Analisar os dados registrados para determinar o tempo médio de atendimento de cada veículo na entrada (tempo para verificação de identidade, emissão de ticket, etc.). Será registrado o tempo entre atendimentos dos veículos. Para cálculo da taxa de atendimento será utilizado a fórmula abaixo:

$$\mu = \frac{1}{TA}$$

Equação 10

Onde:

μ é a taxa de atendimento

TA é o tempo entre atendimentos

3. Identificação de Padrões:

- Identificar padrões de chegada dos veículos, como picos de demanda em determinados horários do dia.

Analisar a variabilidade nos tempos de serviço para determinar se são constantes ou variáveis.

4.3.5. Determinação do Melhor Modelo para o Estacionamento do IFG

Com os dados coletados e processados, o próximo passo é determinar o modelo de fila que melhor se encaixa nas características do estacionamento do IFG. Este processo envolve:

1. Comparação com os Modelos:

- Comparar os padrões de chegada dos transportes motorizados com as características de cada modelo de fila, descritos no capítulo 3 deste TCC.
- Comparar os tempos de serviço observados com os requisitos de cada modelo, como distribuições exponenciais, gerais ou constantes.

2. Seleção do Modelo Adequado:

- Se o estacionamento possui um único ponto de entrada/saída com tempos de serviço relativamente constantes, o modelo M/M/1 pode ser adequado.
- Se o estacionamento possui múltiplos pontos de atendimento, o modelo M/M/c pode ser mais apropriado.
- Se os tempos de serviço variam significativamente, o modelo M/G/1 pode ser considerado.

- Se tanto as chegadas quanto os tempos de serviço são altamente variáveis, o modelo G/G/1 pode ser mais aplicável.
- Se os tempos de serviço são fixos e previsíveis, o modelo M/D/1 pode ser o mais indicado.

Ao final deste processo, o modelo de fila escolhido permitirá ao IFG otimizar a gestão do estacionamento, reduzir os tempos de espera e melhorar a experiência dos usuários. A análise contínua e a adaptação dos modelos podem garantir que o estacionamento funcione de maneira eficiente, mesmo com mudanças na demanda ou na infraestrutura.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

4.4.1. Modelagem do Sistema de Filas

1. Seleção do Modelo de Fila:

- Comparar os padrões de chegada e serviço observados com os diferentes modelos de fila (M/M/1, M/M/c, M/G/1, etc.).
- Selecionar o modelo de fila que melhor representa as características observadas no estacionamento do IFG.

2. Aplicação do Modelo: Utilizar o modelo de fila selecionado para calcular métricas chave, como:

- Utilização do sistema
- Número médio de veículos no sistema
- Tempo médio de espera na fila
- Tempo médio de permanência no sistema

4.4.2. Análise dos Resultados

1. Interpretação das Métricas:

- Analisar os resultados das métricas calculadas para avaliar o desempenho do sistema de estacionamento.
- Identificar possíveis gargalos e períodos de sobrecarga com base nos resultados obtidos.

2. Avaliação de Alternativas:

- Considerar diferentes cenários de melhoria, como aumentar o número de pontos de atendimento ou automatizar processos.
- Utilizar o modelo de fila para simular o impacto dessas mudanças no desempenho do estacionamento.

4.4.3. Recomendações e Implementação

1. Formulação de Recomendações:

- Basear-se na análise dos dados e nas simulações para formular recomendações específicas para otimizar a operação do estacionamento.
- Incluir sugestões como aumentar o número de guaritas, automatizar processos, ou escalonar horários de entrada.

2. Implementação e Monitoramento:

- Implementar as recomendações aprovadas e monitorar continuamente o desempenho do estacionamento.
- Recoletar dados e realizar análises periódicas para garantir que as melhorias sejam efetivas e ajustadas conforme necessário.

A análise sistemática dos dados fornecidos pelo IFG, utilizando modelos de filas e avaliando alternativas de melhoria, permitirá uma gestão mais eficiente do estacionamento, reduzindo os tempos de espera e melhorando a experiência dos usuários.

4.5. ANÁLISE DOS DADOS

4.5.1. Análise de Cenários

A simulação dos dados para o estudo da capacidade do estacionamento no Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia foi realizada por meio da análise de diferentes cenários. Este processo permitiu avaliar a eficiência do sistema atual e prever o desempenho sob diversas condições futuras. A análise foi dividida na simulação em dois principais cenários: simulação do cenário atual e a simulação do cenário futuro.

4.5.2. Simulação do cenário Atual

No cenário atual, foi feita uma modelagem detalhada do sistema de estacionamento existente. Este modelo incluiu a coleta de dados sobre a taxa de chegada de veículos, a taxa de serviço (tempo que cada veículo permanece estacionado), a taxa de ocupação, o tempo de espera e o tamanho médio das filas. A simulação do cenário atual permitiu:

- Avaliar a capacidade real do estacionamento em relação à demanda existente.
- Identificar os horários de pico e os períodos de maior congestionamento.
- Medir os tempos médios de espera e os tamanhos médios das filas, proporcionando uma visão clara do desempenho atual do sistema.
- Detectar possíveis gargalos e ineficiências que contribuem para os atrasos enfrentados pelos usuários.

4.5.3. Simulação do cenário Futuro

Nos cenários futuros, foram simuladas diferentes condições baseadas em possíveis mudanças no ambiente de estacionamento. Essas simulações ajudaram a prever como o sistema responderia a várias intervenções ou mudanças nas condições externas. Os cenários futuros incluirão:

- Crescimento da demanda: Simulações que consideram um aumento no número de veículos devido a um crescimento do corpo docente e dos

servidores. Este cenário ajudará a prever a necessidade futura de vagas e a eficiência do sistema sob maior pressão.

- Implementação de melhorias: Avaliação de diferentes estratégias para melhorar a eficiência do estacionamento, como a introdução de sistemas de controle de acesso, redistribuição das vagas, ou incentivos para o uso de transporte alternativo.
- Impacto de novas infraestruturas: Avaliação dos efeitos da construção de novas instalações ou expansões do campus, que podem alterar a demanda e a distribuição de veículos no estacionamento.

Cada um desses cenários foi simulado usando modelos baseados na Teoria de Filas, permitindo uma análise quantitativa dos resultados. As simulações forneceram dados detalhados sobre os tempos de espera, tamanhos de fila, taxas de ocupação e outros indicadores de desempenho para cada cenário, facilitando a comparação entre eles. Para cada um desses cenários futuros, foram definidos parâmetros específicos e as simulações foram executadas para elaborar recomendações baseadas nos resultados da simulação, propondo as melhores estratégias para aperfeiçoar a capacidade e o funcionamento do estacionamento no Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia.

4.6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

4.6.1. Comparação dos Resultados Teóricos e da Simulação

A avaliação dos resultados foi iniciada com a comparação entre os resultados obtidos teoricamente e aqueles gerados pela simulação. Este processo envolveu:

- Análise detalhada dos dados teóricos: utilizando a Teoria de Filas para calcular tempos de espera, tamanho de filas e taxa de ocupação baseados nas fórmulas matemáticas e nos parâmetros coletados.
- Comparação com os resultados da simulação: confrontando os resultados teóricos com os dados simulados para verificar a consistência entre as duas abordagens.

- Identificação de discrepâncias: analisando quaisquer diferenças significativas entre os resultados teóricos e os da simulação, para entender as possíveis causas e ajustar o modelo se necessário.

4.6.2. Identificação de Gargalos

Após a comparação dos resultados, foram identificados os gargalos presentes no sistema de estacionamento. Este passo incluirá:

- Análise dos períodos de pico: verificando os momentos em que a demanda por vagas excede a oferta, resultando em tempos de espera elevados e filas longas.
- Localização dos pontos críticos: identificando áreas específicas do estacionamento onde os congestionamentos são mais frequentes.
- Avaliação das causas dos gargalos: investigando fatores como a distribuição das vagas, a taxa de chegada de veículos e o tempo de permanência dos veículos para identificar as principais causas dos congestionamentos.

4.6.3. Verificação da Adequação do Modelo

A adequação do modelo utilizado na simulação foi verificada para garantir que ele representa com precisão o comportamento do sistema real. Esse processo envolveu:

- Validação dos dados de entrada: assegurando que todos os parâmetros utilizados na simulação refletem corretamente a realidade do estacionamento.
- Análise da robustez do modelo: testando o modelo sob diferentes condições e verificando sua capacidade de prever com precisão os tempos de espera e o tamanho das filas.
- Revisão das suposições: confirmando que todas as suposições feitas durante a modelagem são válidas e ajustando-as se necessário.

4.6.4. Propor Remanejamento e Expansão das Vagas de Estacionamento

Com base nos resultados da comparação e na identificação dos gargalos, foram propostas estratégias de remanejamento e expansão das vagas de estacionamento. Estas propostas incluirão:

- Redistribuição das vagas existentes: sugerindo a realocação das vagas para otimizar a utilização do espaço e reduzir os tempos de espera em áreas críticas.
- Propostas de expansão: recomendando o aumento do número de vagas em locais estratégicos para acomodar melhor a demanda.
- Sugestões de melhorias na gestão: como a implementação de sistemas de controle de acesso, reserva de vagas, e incentivo ao uso de transportes alternativos para diminuir a pressão sobre o estacionamento.
- Avaliação do impacto das propostas: simulando os cenários com as mudanças sugeridas para verificar sua eficácia na redução dos gargalos e na melhoria geral do sistema de estacionamento.

CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO

Com o propósito de validar o método apresentado no Capítulo 4, este estudo de caso, apresenta sua aplicação no estacionamento do Instituto Federal de Goiás Campus Goiânia. Para esse fim, foi realizada uma pesquisa de campo baseada em contagem volumétrica com registros minuto a minuto das chegadas e saídas de veículos. Os dados obtidos foram utilizados para determinar a capacidade do estacionamento e avaliar os parâmetros característicos do sistema de filas.

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO IFG

A trajetória do Instituto Federal de Goiás (IFG) remonta a 1909, quando o então presidente da República, Nilo Peçanha, instituiu, por meio do Decreto nº 7.566, as Escolas de Aprendizes Artífices, destinadas à formação profissional de jovens em todo o país. Em Goiás, a escola foi instalada na antiga capital, Vila Boa, com o propósito de capacitar estudantes em ofícios como marcenaria, sapataria e forjas. Com a fundação da nova capital, Goiânia, em 1942, a instituição foi transferida e passou a ser denominada Escola Técnica de Goiânia, ampliando seu escopo para a oferta de cursos técnicos industriais integrados ao ensino médio, conforme o Decreto-lei nº 4.127, de 25 de fevereiro de 1942 (IFG,2025).

O processo de expansão e consolidação institucional prosseguiu nas décadas seguintes. Em 1959, a escola adquiriu autonomia administrativa, financeira, patrimonial e pedagógica, e, em 1965, foi transformada em Escola Técnica Federal de Goiás (ETFG) por meio da Lei nº 4.759, de 20 de agosto de 1965. A expansão física e acadêmica se intensificou na década de 1980, com a criação da Unidade de Ensino Descentralizada (Uned) de Jataí. Posteriormente, em 1999, a ETFG foi elevada à categoria de Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (Cefet-GO), conforme decreto de 22 de março daquele ano, passando a oferecer cursos superiores e consolidando sua atuação no ensino tecnológico (IFG,2025).

A transformação definitiva ocorreu em 29 de dezembro de 2008, com a promulgação da Lei Federal nº 11.892, que reorganizou a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica. O Cefet-GO foi então convertido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), adquirindo o status de autarquia federal de regime especial, com autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar, equiparada às universidades federais. Atualmente, o IFG

oferece cursos técnicos integrados e subsequentes ao ensino médio, cursos superiores tecnológicos, bacharelados, licenciaturas e programas de pós-graduação e mestrados, atendendo a mais de 13 mil estudantes em 14 câmpus espalhados pelo estado de Goiás (IFG,2025).

O Câmpus Goiânia, unidade matriz da instituição, destaca-se por sua longa trajetória de mais de um século dedicada à educação pública, gratuita e de excelência. Ocupa uma área construída de 32.780,43 m², dotada de ampla infraestrutura, incluindo salas de aula, laboratórios especializados, salas de informática, ginásio poliesportivo, biblioteca, teatro, cinemateca, miniauditórios, miniginásio, sala de ginástica, laboratório gastronômico, além de unidades de atendimento médico, odontológico e psicológico. No Câmpus Goiânia, são ofertados cursos técnicos integrados ao ensino médio e à Educação de Jovens e Adultos (EJA), técnicos subsequentes, superiores tecnológicos, bacharelados, licenciaturas, especializações e mestrado (IFG,2025).

Em consonância com as novas diretrizes institucionais estabelecidas pela Lei nº 11.892/2008 e fundamentado em estudos realizados pelo Observatório do Mundo do Trabalho, bem como nas orientações do Projeto Pedagógico Institucional (PPI) e do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) – vigência 2012–2016 – foi elaborado o Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Transportes (IFG,2017).

Em 2014, o IFG – Campus Goiânia deu início à primeira turma do referido curso, posicionando-se como uma das instituições precursoras na formação de bacharéis na área de Transportes no Brasil (IFG,2017).

5.2. CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DO ESTACIONAMENTO DO IFG

Como já relatado no capítulo 1, o estacionamento do IFG é utilizado por professores e servidores administrativos do campus Goiânia. A fim de calcular a capacidade do mesmo, é essencial caracterizar a demanda que o utiliza. A princípio, o objetivo foi analisar os acessos das portarias, de segunda-feira a sábado no período de 06:00 horas às 23:00 horas, entretanto, por conta de fatores externos, não foi possível alcançar tal objetivo. A Tabela 5.1 mostra o quantitativo de professores por turno, nos dias segunda-feira e terça-feira, referente ao segundo semestre de 2024 - dias que foram realizadas as pesquisas de rotatividade no estacionamento da Instituição,

através de imagens cedidas pelo Comitê Deliberativo composto a partir da Circular 68/2023 – CP-GOIÂNIA/IFG, conforme anexo 1.

Tabela 5.1: Quantidade de Professores as Segundas e Terças-feiras

HORÁRIO	SEGUNDA	TERÇA
M-07:00~07:45	42	50
M-07:46~08:30	42	50
M-08:45~09:30	78	59
M-09:31~10:15	78	59
M-10:30~11:15	56	59
M-11:16~12:00	56	59
V-13:00~13:45	32	36
V-13:46~14:30	32	36
V-14:45~15:30	38	44
V-15:31~16:15	38	44
V-16:30~17:15	41	42
V-17:16~18:00	41	42
N-19:00~19:45	59	55
N-19:46~20:30	59	55
N-20:45~21:30	58	53
N-21:31~22:15	58	53

Fonte: IFG (2024)

Pode-se perceber na tabela 5.1 que dentre todos os horários semanais, há uma concentração expressiva de professores na segunda-feira, das 08:45 às 10:15, representando a maior demanda nos dias analisados, o que impacta significativamente o estacionamento da instituição. Nesse dia e horários foram identificados 78 professores no total. O segundo maior pico acontece no turno noturno, com 59 professores na segunda-feira e 55 na terça-feira.

Segundo análise dos dados, pode-se perceber que os professores permanecem no Instituto de 3 a 5 horas consecutivas, lecionando suas disciplinas em dois ou três horários consecutivos em um mesmo dia. No turno vespertino a concentração é mais moderada e estável, variando entre 38-44 professores, com discreto aumento para 41-42 professores nos horários finais.

Em relação aos técnicos administrativos, segundo dados fornecidos pelo Departamento de Recursos Humanos (DRH) da Instituição, o campus possui um quadro de aproximadamente 166 funcionários. A Portaria 540/2012, estabelece que a distribuição máxima desses servidores deve ser de 40% por turno específico de trabalho, não podendo exceder essa proporção. Considerando essa regulamentação

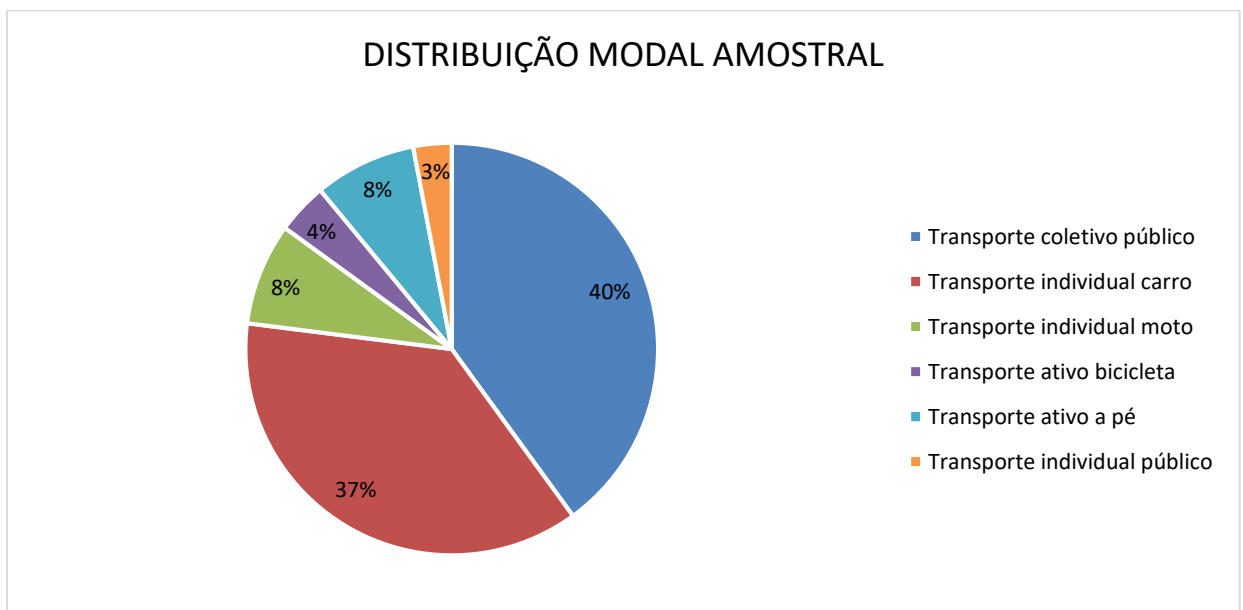
e observando-se que a maior concentração de funcionários ocorre no período matutino, pode-se estabelecer a seguinte distribuição para análise do cenário mais crítico:

- Período matutino: 40% – 66 funcionários
- Período vespertino: 30% – 50 funcionários
- Período noturno: 30% – 50 funcionários

Essa distribuição representa o cenário de maior demanda operacional, concentrando o maior número de servidores administrativos no turno da manhã, o que impacta diretamente no dimensionamento do estacionamento do Campus.

Ressalta-se que nas imagens que serviram de base para cálculo da capacidade do estacionamento, não foi possível separar ou identificar os veículos entre professores e funcionários. Dessa forma, foi necessário realizar a distribuição modal entre esses funcionários segundo PlanMobGyn (Plano de Mobilidade de Goiânia de 2022). Pode-se observar na figura 5.1 que em Goiânia essa distribuição modal se apresenta da seguinte maneira: 40% da população utiliza o transporte público coletivo, 45% utiliza o transporte individual motorizado, e 12% usa o transporte ativo (a pé e bicicleta).

Figura 5.1:Distribuição modal amostral 2022 – viagens a trabalho e estudo – Pesquisa ODWeb 2022.



Fonte: PlanMobGyn/ LDT/UFG, dez. 2022

A partir dos dados apresentados na figura 5.1, foi possível realizar uma projeção da distribuição dos meios de transporte utilizados pelos 166 funcionários administrativos do Instituto Federal – Campus Goiânia. A aplicação dos percentuais identificados na referida pesquisa pode ser observado na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Projeção da distribuição modal dos funcionários administrativos

MODAL	PERCENTUAL	FUNCIONÁRIOS
TRANSPORTE COLETIVO PÚBLICO	40%	66
TRANSPORTE INDIVIDUAL CARRO	37%	61
TRANSPORTE INDIVIDUAL MOTO	8%	14
TRANSPORTE ATIVO BICICLETA	4%	7
TRANSPORTE ATIVO A PÉ	8%	13
TRANSPORTE INDIVIDUAL PÚBLICO	3%	5
TOTAL	100%	166

Fonte: Autores (2025)

Pode-se observar a partir da tabela 5.2, que:

- a) O Transporte Individual Motorizado: Representa 45% dos deslocamentos (75 funcionários), sendo dividido entre usuários de automóveis particulares (61 servidores) e motocicletas (14 servidores). Esta categoria concentra a maior demanda por infraestrutura de estacionamento no campus.
- b) O Transporte Coletivo Público: Utilizado por 40% dos funcionários (66 servidores), demonstrando a relevância do sistema público de transporte para o acesso ao campus e a necessidade de adequada integração com as linhas de ônibus urbanas.
- c) O Transporte Ativo: Corresponde a 12% dos deslocamentos (20 funcionários), distribuídos entre pedestres (13 servidores) e ciclistas (7 servidores). Embora represente uma parcela menor, indica potencial para implementação de políticas de incentivo à mobilidade sustentável.
- d) O Transporte Individual Público: Utilizado por apenas 3% dos funcionários (5 servidores), categoria que inclui táxis e aplicativos de transporte.

A partir do levantamento da quantidade de funcionários por modo de transporte, pode-se realizar a divisão dos mesmos por turno de trabalho estabelecido pela Portaria 540/2012, citado anteriormente e apresentado na tabela 5.2:

Tabela 5.3: Distribuição modal por turno de trabalho

MODAL	PERCENTUAL	MANHÃ (n=66)	TARDE (n=20)	NOITE (n=50)
TRANSPORTE COLETIVO PÚBLICO	40%	26	20	20
TRANSPORTE INDIVIDUAL CARRO	37%	24	18	18
TRANSPORTE INDIVIDUAL MOTO	8%	6	4	4
TRANSPORTE ATIVO BICICLETA	4%	3	2	2
TRANSPORTE ATIVO A PÉ	8%	5	4	4
TRANSPORTE INDIVIDUAL PÚBLICO	3%	2	2	2
TOTAL	100%	66	50	50

Fonte: Autores (2025)

Pode-se observar na tabela 5.3 que o período matutino se configura como o cenário de maior demanda por vagas de estacionamento considerando apenas os técnicos administrativos do campus Goiânia, totalizando 30 veículos (24 automóveis e 6 motocicletas). O sistema de transporte público concentra 26 usuários. Os deslocamentos não motorizados no período matutino somam 8 funcionários, sendo 5 pedestres e 3 ciclistas, complementados por 2 usuários de transporte individual público.

Os períodos vespertino e noturno apresentam distribuição equivalente de demanda (50 funcionários cada, representando 30% do total), evidenciando padrão de ocupação equilibrado. Em ambos períodos, observa-se demanda 22 vagas de estacionamento necessárias (18 automóveis e 4 motocicletas), 20 usuários do transporte coletivo, 6 deslocamentos não motorizados (4 pedestres e 2 ciclistas) e 2 usuários de transporte individual público.

5.3. CARACTERIZAÇÃO DO ESTACIONAMENTO DO IFG CAMPUS GOIÂNIA

O estacionamento do IFG Campus Goiânia, objeto de estudo desse TCC é caracterizado por possuir 216 vagas de estacionamento, 53 vagas para bicicletas, 80 motocicletas e 83 para veículos automotores, sendo 6 vagas para deficientes e idosos. As Figuras 5.2 e 5.3 mostram a planta baixa do Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia nos dias atuais, destacado de amarelo e cinza as áreas que são destinadas

ao estacionamento de professores e servidores e uma fotografia feita com o auxílio de um drone.

Figura 5.2: Planta do IFG (2025)



Fonte: IFG (2025)

Figura 5.3: IFG Campus Goiânia com vista Superior



Fonte: IFG (2025)

As ofertas atuais em número de vagas estão apresentadas em duas tabelas complementares: a tabela 5.4, detalha a distribuição de vagas por ângulo de estacionamento, e a tabela 5.5, apresenta o número total e oficial de vagas disponíveis no campus.

Tabela 5.4: Vagas por ângulo

NÚMERO DE VAGAS	
VAGAS NO ÂNGULO DE 90°	50
VAGAS NO ÂNGULO DE 70°	25
PNE	6

Fonte: Autores (2025)

As vagas em ângulo de 90° estão localizadas nas proximidades da entrada principal do Instituto, com dimensões de 3,13 metros de largura e 5,04 metros de comprimento, além de um espaço de manobra de 3,40 metros. As vagas em ângulo de 70°, como demonstra as figuras 5.4 e 5.5, por sua vez, situam-se na área lateral do Instituto, com uma largura de 2,41 metros e comprimento de 4,80 metros, oferecendo um espaço de manobra de 5,55 metros.

Figura 5.4 e 5.5: Ângulos da vaga do estacionamento lateral



Fonte: Autores (2025)

Tabela 5.5: Contagem de vagas do estacionamento atual de servidores e professores

NÚMERO DE VAGAS		(ρO / ρT)
VAGAS OFICIAIS (ρO)	81	98%
VAGAS TOTAIS (ρT)	83	
PNE	6	

Fonte: Autores (2025)

As vagas oficiais (ρO) são as indicadas no piso do estacionamento, ou seja, marcadas com as devidas dimensões. Além dessas vagas oficiais (ρO), existem os locais que não estão marcadas, mas eventualmente são utilizados como vagas pelos servidores. Assim as vagas totais (ρT) serão a soma dessas vagas com as vagas oficiais (ρO). Por último, as vagas reservadas para pessoas com necessidades especiais (PNE) estão localizadas próximas à entrada destinada a servidores e professores, e possuem as mesmas dimensões das vagas próximas à entrada principal.

5.4. APLICAÇÃO DO MODELO DE TEORIA DE FILAS

5.4.1 Coleta De Dados

A coleta dos dados foi realizada através das imagens das câmeras localizadas na entrada e duas saídas do estacionamento da Instituição. Há apenas uma entrada de acesso ao estacionamento dos veículos e localiza-se na Rua 62. As saídas são três – uma localizada na Rua 62 (lado contrário à entrada) e as outras na Rua 75, como pode ser observado nas figuras 5.6 à 5.9.

Figura 5.6: Entrada do Estacionamento localizada próximo aos Blocos 200



Fonte: Autores (2025)

Figura 5.7: Saída Lateral Principal localizada próxima aos Blocos 200



Fonte: Autores (2025)

Figura 5.8: Saída Principal localizada próxima aos Blocos 100



Fonte: Autores (2025)

Figura 5.9: Saída Lateral Secundaria localizada próxima aos Blocos 200



Fonte: Autores (2025)

Os dados coletados, referentes aos horários de entrada e saída dos veículos, foram processados para determinação dos tempos individuais de permanência. Toda a informação foi organizada e tabulada em planilha eletrônica no Microsoft Excel, permitindo tratamento estatístico e cálculo dos parâmetros necessários à análise. A tabulação completa dos dados brutos, incluindo os horários de entrada, horários de saída e tempos de permanência por veículo e por turno (matutino, vespertino e noturno), encontra-se apresentada integralmente no Anexo 2 deste documento.

As datas de coleta das imagens foram 18 de novembro de 2024 (segunda-feira) e 28 de janeiro de 2025 (terça-feira). Tais datas foram utilizadas devido a disponibilidade de registros fornecidos pela instituição, constituindo os únicos dias para os quais as imagens das câmeras foram cedidas para fins desta pesquisa. Ressalta-se que ambas as datas pertencem ao mesmo período letivo (semestre 2024/2), garantindo confiabilidade dos dados coletados em termos de fluxo acadêmico e padrões de ocupação do estacionamento.

A limitação no número de dias de obtenção das imagens decorreu de diversos imprevistos, como falhas no fornecimento de energia elétrica, condições meteorológicas adversas, interferências humanas e outros fatores externos. Esses fatores dificultaram a captura contínua das imagens ao longo de uma semana, conforme previsto inicialmente neste estudo. A figuras 5.10 apresenta a imagem da portaria destinada à entrada de veículos localizada próximo aos blocos 200 do IFG, já

as figuras 5.11 e 5.12 apresentam as imagens localizadas nos Blocos 100 e 200, respectivamente, destinadas a saídas dos veículos.

Figura 5.10: Portaria destinada para entrada de veículos localizada na Rua 62



Fonte: Autores (2025)

Figura 5.11: Saída principal localizada na Rua 75



Fonte: Autores (2025)

Figura 5.12: Saída secundária localizada na Rua 62



Fonte: Autores (2025)

Durante esses dois dias, os períodos de filmagem analisados foi das 6h às 23h, totalizando 17 horas de gravação em cada um deles. Essa amostra temporal foi determinada pela disponibilidade das imagens fornecidas e pelas limitações impostas pelos problemas mencionados. Embora inicialmente o objetivo desse TCC fosse realizar a coleta de imagens ao longo de uma semana, a amostra acabou sendo satisfatória para analisar a capacidade do estacionamento do IFG, e não comprometeu a pesquisa.

5.4.2 Determinação e ajuste da distribuição dos tempos entre chegadas sucessivas e do tempo de atendimento

Para a determinação da melhor distribuição dos tempos entre chegadas sucessivas e dos tempos de atendimento, faz-se necessário verificar se a amostra é aleatória e homogênea, representando adequadamente o fenômeno durante todo o período estudado. Para isso, deve-se inicialmente realizar a representação gráfica dos dados, que serve como base para o ajuste de alguma distribuição de probabilidade. Após a escolha da distribuição e a estimativa de seus parâmetros, deve-se aplicar um teste estatístico não paramétrico de aderência, como o Qui-quadrado (χ^2) ou o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S), ou outros, para avaliar a qualidade do ajuste.

Ressalta-se que, sempre que possível, deve-se optar pela distribuição exponencial, mesmo que não proporcione o melhor ajuste, pois sua utilização simplifica significativamente a obtenção das medidas de desempenho do sistema. Nesse

trabalho de TCC escolheu-se aplicar o teste Qui-quadrado (χ^2), devido ter se ajustado de forma mais satisfatória aos dados coletados.

A coleta de dados, dos tempos de chegada, foi realizada de tal maneira que foram observados os tempos consecutivos de chegadas de clientes à fila. Para a determinação do tipo de distribuição que se enquadram as chegadas dos clientes consideraram-se intervalos de 1 minuto, obtendo-se a frequência observada para cada minuto considerado no estudo.

- **Graus de liberdade (gl):** correspondem ao número de valores que podem variar livremente em um conjunto de dados. Na prática, ocorre a perda de um grau de liberdade quando o desvio padrão da amostra é utilizado como estimativa do desvio padrão populacional desconhecido, representado na formula:

$$gl = k - p - 1$$

Equação 11

Sendo,

k = número de intervalos

p = parâmetros estimados

- **Nível de significância (α):** representa a probabilidade máxima de ocorrência do erro tipo I, ou seja, a chance de rejeitar a hipótese nula (H_0) quando ela é verdadeira.

Erros estatísticos:

- **Erro tipo I:** rejeitar H_0 quando ela é verdadeira (um “alarme falso” – situação relativamente comum).
- **Erro tipo II:** não rejeitar H_0 quando ela é falsa (falha de detecção – situação mais rara).

Hipóteses:

- **Hipótese nula (H_0):** afirma que as variáveis analisadas (linha e coluna) são independentes.
- **Hipótese alternativa (H_1):** afirma que as variáveis analisadas são dependentes.
- **Valor (p):** corresponde à probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que a observada, assumindo que a hipótese nula seja verdadeira. Esse valor é chamado de nível observado de significância, pois indica o menor nível de significância no qual a hipótese nula pode ser rejeitada. A regra de decisão é:
 - Se $p > \alpha \rightarrow$ não se rejeita H_0 .
 - Se $p \leq \alpha \rightarrow$ rejeita-se H_0 em favor de H_1 .

Com base nas informações apresentadas nas Tabelas 5.6 e 5.7, foi realizado o cálculo das frequências esperadas para realização dos testes de Aderência Gráfica e Qui-quadrado, com o objetivo de testar se a variável em questão — número de chegadas por unidade de tempo — segue distribuição de Poisson com taxas de 0,31 clientes/minuto (primeiro dia) e 0,34 clientes/minuto (segundo dia), referentes ao turno matutino, período de maior demanda observada, ao nível de significância de 5%.

As taxas de chegada foram calculadas mediante divisão do número total de veículos observados pelo tempo total de observação no turno matutino, conforme a equação $\lambda = N / T$, onde N representa o número de veículos e T o tempo de observação em minutos. Para o primeiro dia, com 111 veículos em 360 minutos, obteve-se $\lambda = 0,31$ clientes/minuto; para o segundo dia, com 121 veículos no mesmo período, $\lambda = 0,34$ clientes/minuto.

Ressalta-se que a aplicação do teste qui-quadrado deve ser utilizada quando os dados estão organizados em categorias discretas e quando as frequências esperadas em cada célula são suficientemente elevadas. Quando as frequências esperadas são muito reduzidas, o teste pode não ser apropriadamente utilizado, podendo gerar conclusões estatisticamente inadequadas, conforme alertado por Siegel (2006).

Tabela 5.6: Frequências Calculadas no processo de chegadas da Segunda-Feira no período matutino

Nº de chegadas por minuto	Frequência Observada	Frequência Relativa Calculada	Frequência Calculada Acumulada	Função Poisson	Frequência Calculada (Ei)	(O _i -E _i) ² /E _i
0	266	0,74	0,74	0,73	264,04	0,01
1	60	0,17	0,91	0,23	81,85	5,83
2	15	0,04	0,95	0,04	12,69	0,42
3	7	0,02	0,97	0,00	1,31	X
4	6	0,02	0,98	0,00	0,10	X
5	5	0,01	1,00	0,00	0,01	X
6	1	0,00	1,00	0,00	0,00	X
Total	360	1			360	6,27

Fonte: Autores (2025)

A tabela 5.6 demonstra que, adotando-se um nível de significância de 5%, obteve-se o valor do qui-quadrado igual a 6,27, com 5 graus de liberdade ($gl = 7 - 1 - 1 = 5$). Considerando a distribuição qui-quadrado, o valor crítico para esse nível de significância é 11,070. Como o valor calculado (6,27) é menor que o valor crítico (11,070), não se rejeita a hipótese nula (H_0). Assim, não há evidências estatísticas suficientes para se rejeitar H_0 ao 5%(α) de significância.

Tabela 5.7: Frequências Calculadas no processo de chegadas da Terça-Feira no período matutino

Nº de chegadas em por minuto	Frequência Observada	Frequência Relativa Calculada	Frequência Calculada Acumulada	Função Poisson	Frequência Calculada (Ei)	(O _i -E _i) ² /E _i
0	265	0,74	0,74	0,71	256,24	0,30
1	62	0,17	0,91	0,24	87,12	7,24
2	18	0,05	0,96	0,04	14,81	0,69
3	4	0,01	0,97	0,00	1,68	X
4	4	0,01	0,98	0,00	0,14	X
5	2	0,01	0,99	0,00	0,01	X
6	5	0,01	1,00	0,00	0,00	X
Total	360	1			360	8,23

Fonte: Autores (2025)

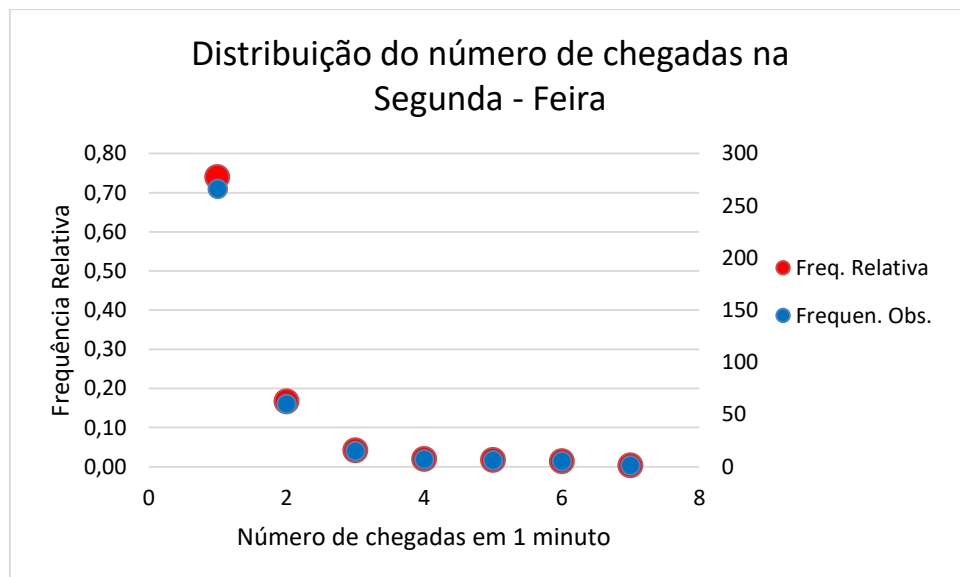
A tabela 5.7 apresentada demonstra que, adotando-se um nível de significância de 5%, obteve-se o valor do qui-quadrado igual a 8,23, com 5 graus de liberdade ($gl = 7 - 1 - 1 = 5$). Considerando a distribuição qui-quadrado, o valor crítico para esse nível de significância é 11,070. Como o valor calculado (8,23) é menor que o valor crítico (11,070), não se rejeita a hipótese nula (H_0). Assim, não há evidências estatísticas

suficientes para afirmar que exista relação significativa entre a classificação do número de chegadas e os minutos analisados.

5.4.3 Teste de Aderência Gráfica.

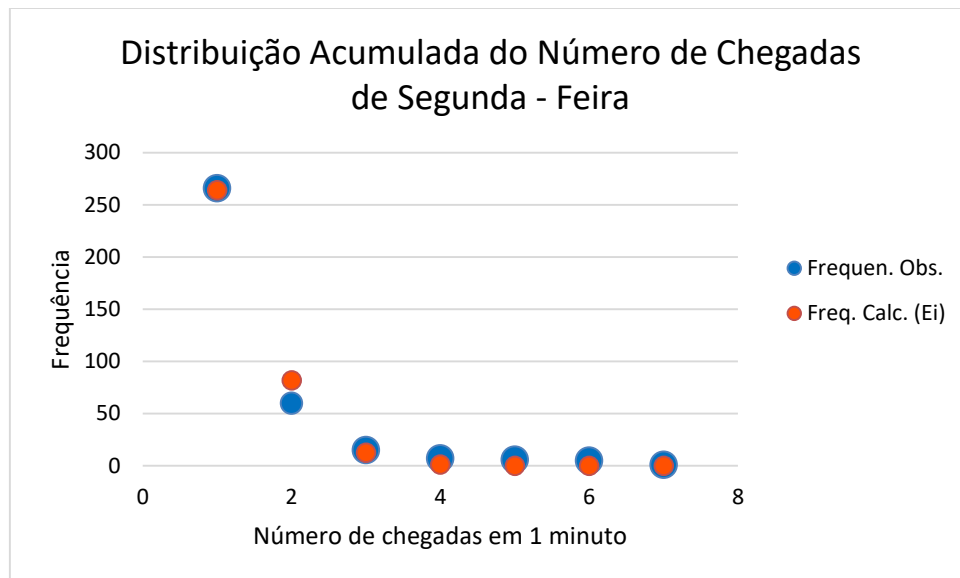
Com o objetivo de verificar graficamente a aderência dos dados à distribuição de Poisson, os valores constantes nas tabelas 5.6 e 5.7 foram representados nos gráficos das figuras 5.13 a 5.16. A análise visual permite comparar as frequências observadas com as frequências esperadas para uma distribuição de Poisson com taxa de chegada (λ) clientes por minuto, complementando o teste qui-quadrado apresentado anteriormente.

Figura 5.13: Gráfico de Aderência na Segunda-feira



Fonte: Autores (2025)

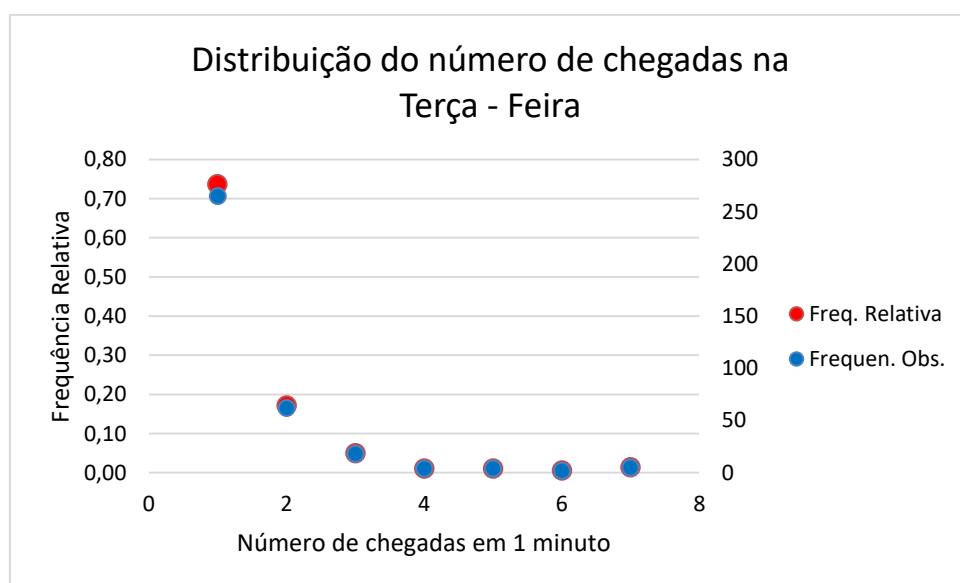
Figura 5.14: Gráfico de Frequência acumulada na Segunda-feira



Fonte: Autores (2025)

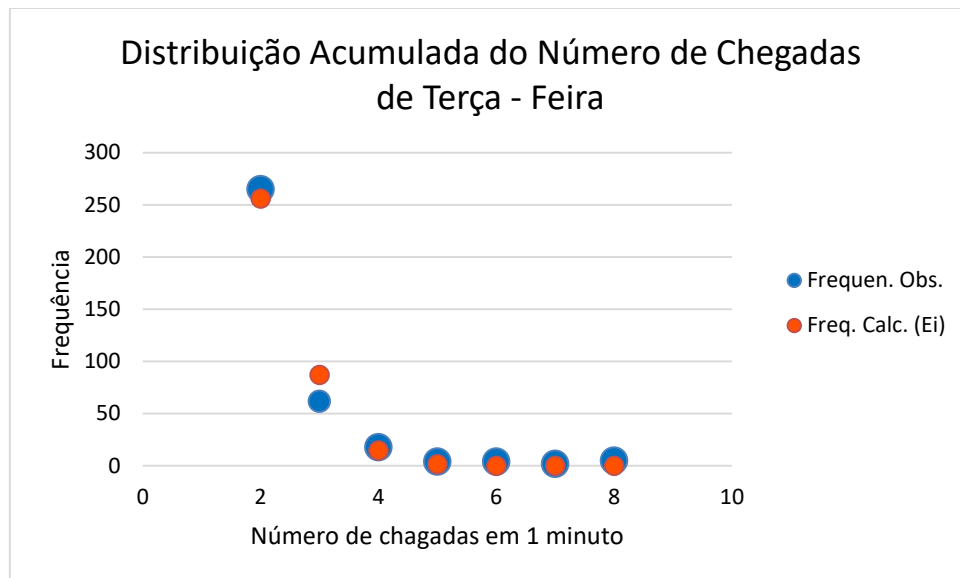
Os gráficos das figuras 5.13 e 5.14 mostram a distribuição de chegadas comparada ao modelo de Poisson com $\lambda = 0,31$ clientes/minuto. Observa-se maior concentração de chegadas entre 0 e 2 clientes, com redução progressiva em valores superiores. A distribuição acumulada evidencia proximidade entre os valores observados e os teóricos. Aplicando o teste qui-quadrado, obteve-se o valor de 6,27 com $gl = 5$, inferior ao valor crítico de 11,070 ($\alpha = 5\%$). Portanto, não se rejeita a hipótese nula, indicando que os dados apresentam aderência satisfatória à distribuição de Poisson.

Figura 5.15: Gráfico de Aderência na Terça-feira



Fonte: Autores (2025)

Figura 5.16: Gráfico de Frequência Acumulada na Terça-feira



Fonte: Autores (2025)

Os Gráficos das figuras 5.15 e 5.16 apresentam a distribuição de chegadas comparada ao modelo de Poisson com parâmetro $\lambda = 0,34$ clientes/minuto. Nota-se que a maior concentração ocorre entre 0 e 2 chegadas por minuto, com diminuição gradual para valores mais elevados. A distribuição acumulada mostra coerência entre os valores observados e os esperados, reforçando a adequação inicial ao modelo. O teste qui-quadrado resultou em 8,23, com 5 graus de liberdade, sendo inferior ao valor crítico de 11,070 para $\alpha = 5\%$. Dessa forma, não se rejeita a hipótese nula, concluindo-se que os dados apresentam aderência estatisticamente aceitável à distribuição de Poisson.

5.4.4 Atendimento dos Clientes e Testes Não Paramétricos para Distribuição Exponencial

A coleta de dados, dos tempos de atendimento, foi realizada de tal maneira que foram anotados os tempos gastos por cada veículo para realizar o seu atendimento (estacionado). Para a determinação do tipo de distribuição que se enquadram os tempos de atendimento foi considerado um intervalo de 2 horas, obtendo-se a frequência observada para cada intervalo considerado. Tais dados referentes ao número de clientes que foram atendidos, por intervalo de tempo considerado são representados nas tabelas 5.8 e 5.9.

Serão testadas as hipóteses de que os tempos de atendimentos no estacionamento estão idênticas e exponencialmente distribuídos em torno a uma média de 3,75 e 3,69, para o primeiro e segundo dia, respectivamente, $(1/\mu)$ minuto, onde :

$$\sum_{i=1}^{83} \mu_i * PO_i$$

Equação 12

H_0 = a variável que representa o tempo de atendimento segue uma distribuição Exponencial com média igual a 3,75 e 3,69 minutos, para o primeiro e segundo dia, respectivamente, ao 5% de significância. H_1 = a variável que representa o tempo de atendimento não segue uma distribuição Exponencial com média igual a 3,75 e 3,69 minutos, para o primeiro e segundo dia, respectivamente, ao 5% de significância. Se

$$\left(\sum_{i=1}^N \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \right) > \chi^2 > \alpha$$

Equação 13

então rejeita H_0 ao 5 % de significância.

Da mesma forma que o processo de chegadas, para ambos os dias, no horários de pico, com os dados da tabela 5.8 e tabela 5.9, partiu-se para o cálculo da frequência calculada e os testes não paramétricos.

5.4.5 Primeiro dia de pesquisa

5.4.5.1 Pico da manhã

Em primeira análise, pode-se perceber, de forma geral, uma tendência da curva da frequência relativa observada a se conformar seguindo uma distribuição Exponencial com taxa média de $\mu = 0,2214$ atendimentos por hora (ou 0,003690 atendimentos por minuto), equivalente a um tempo médio de atendimento de aproximadamente 4,52 horas (271 minutos). A partir dessa observação inicial, partiu-se para o cálculo das frequências esperadas (Tabela 5.8) e a realização do teste qui-quadrado, com o objetivo de testar se a variável em questão, o tempo de atendimento dos veículos, segue uma distribuição Exponencial com a taxa média calculada, ao nível de 5% de significância.

Os dados apresentados referem-se à distribuição dos tempos de permanência de 87 veículos que utilizaram o estacionamento do IFG durante o turno matutino, no período de observação das 06:00 às 08:44. Os tempos de atendimento foram agrupados em seis classes de duas horas cada. A maior concentração de veículos (27,6%) permaneceu no estacionamento entre 2 e 4 horas, à média observada de 4,52 horas. Para verificar a aderência dos dados à distribuição Exponencial, foi aplicado o teste Qui-quadrado (χ^2) em relação ao valor crítico já estabelecido.

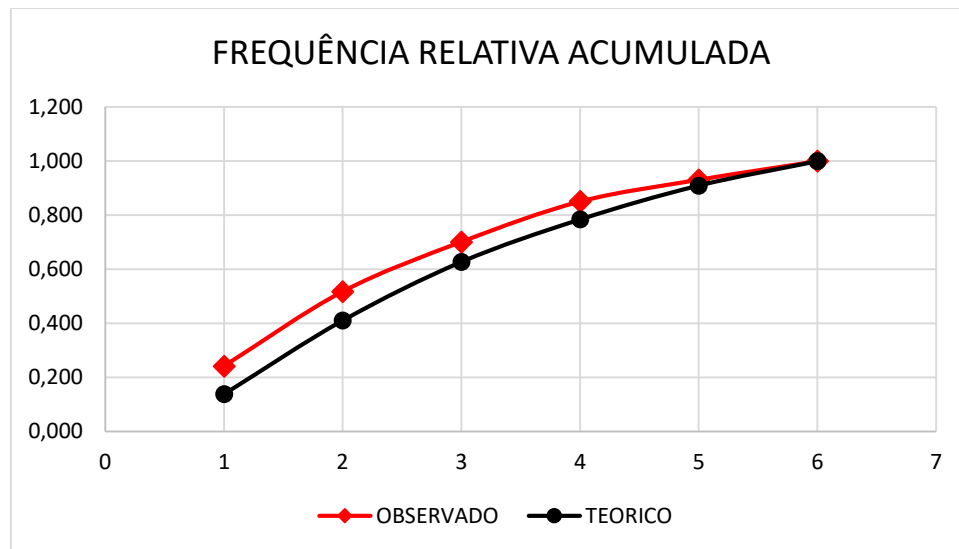
Tabela 5.8: Tempo de Atendimento dos veículos que entraram no pico da manhã

TURNO MATUTINO (06:00 ÀS 08:44)								
TEMPO (HORA)	FREQ. OBSERVADA	FREQ. RELATIVA	FREQ.REL. ACUMULADA	FUNÇÃO POISSON	($O_i - E_i$) ² / E_i	χ^2 Crítico ($\alpha=0,05$)	DECISÃO	CONCLUSÃO
0 - 2	21	0,241	0,241	31,12	3,29	11,070	$X^2 < X^2_{\text{crítico}}$	✓ Aceita H_0
2 - 4	24	0,276	0,517	19,99	0,80			
4 - 6	16	0,184	0,701	12,84	0,78			
6 - 8	13	0,149	0,851	8,25	2,74			
8 - 10	7	0,080	0,931	5,30	0,55			
10 - 12	6	0,069	1,000	3,40	1,99			
TOTAL	87	1			10,15			

Fonte: Autores (2025)

A análise estatística demonstrou que os dados observados no turno matutino se adequam à distribuição de Poisson, com o somatório de todos os intervalos apresentando χ^2 inferior ao valor crítico de 11,070. Este resultado valida o uso do modelo de Poisson ($\lambda = 0,53$ veículos/minuto) para caracterizar o padrão de chegadas no período analisado. A aceitação da hipótese nula, confirma que as variações observadas estão dentro da variabilidade esperada para processos estocásticos desta natureza, permitindo a aplicação segura da Teoria de Filas no dimensionamento do estacionamento do IFG.

Figura 5.17: Gráfico de Frequência do Processo de Atendimento do Pico da Manhã da Segunda-feira



Fonte: Autores (2025)

A análise conjunta do teste qui-quadrado e da representação gráfica da figura 5.17 das distribuições acumuladas confirma, por métodos complementares, a aderência dos dados à distribuição de Poisson. Enquanto o teste estatístico demonstrou que todos os intervalos aceitaram H_0 ($\chi^2 < 11,070$), a visualização gráfica evidencia a proximidade consistente entre valores observados e teóricos ao longo de todo o período analisado. A convergência das curvas valida o modelo proposto ($\lambda = 0,53$ veículos/minuto) tanto quantitativa quanto qualitativamente, permitindo sua aplicação confiável na análise operacional e no planejamento da capacidade do estacionamento do IFG.

5.4.6 Segundo dia de pesquisa

5.4.6.1 Pico da manhã

Em primeira análise, pode-se perceber, de forma geral, uma tendência da curva da frequência relativa observada a se conformar seguindo uma distribuição Exponencial com taxa média de $\mu = 0,2266$ atendimentos por hora (ou 0,003777 atendimentos por minuto), equivalente a um tempo médio de atendimento de aproximadamente 4,41 horas (265 minutos). A partir dessa observação inicial, partiu-se para o cálculo das frequências esperadas (Tabela 5.9) e a realização do teste qui-quadrado, com o objetivo de testar se a variável em questão, o tempo de atendimento dos veículos, segue uma distribuição Exponencial com a taxa média calculada, ao nível de 5% de significância.

Os dados apresentados referem-se à distribuição dos tempos de permanência de 92 veículos que utilizaram o estacionamento do IFG durante o turno matutino, no período de observação das 06:00 às 08:44. Os tempos de atendimento foram agrupados em seis classes de duas horas cada. A maior concentração de veículos (27,2%) permaneceu no estacionamento entre 2 e 4 horas, valor próximo à média observada de 4,41 horas. Para verificar a aderência dos dados à distribuição Exponencial, foi aplicado o teste Qui-quadrado (χ^2) em relação ao valor crítico já estabelecido.

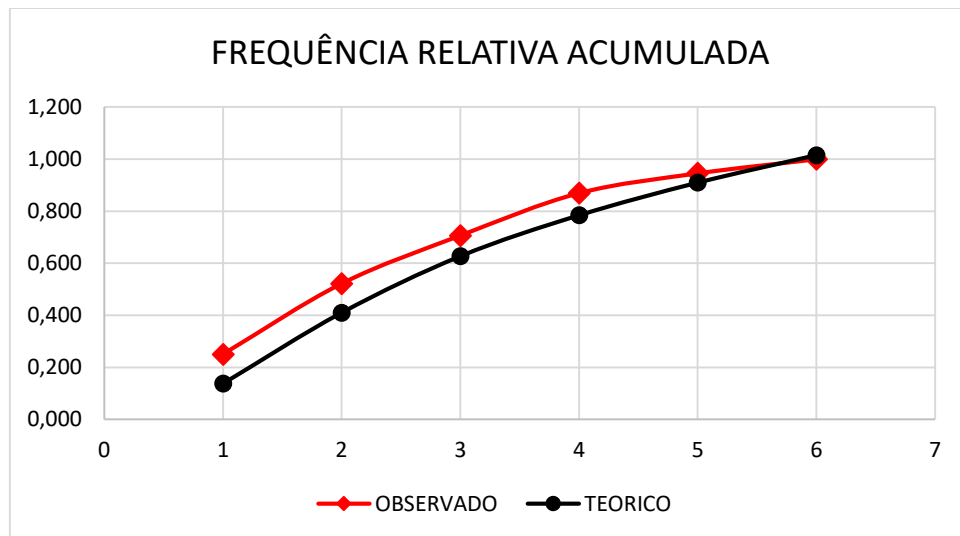
Tabela 5.9: Tempo de Atendimento dos veículos que entraram no pico da manhã

TURNO MATUTINO (06:00 ÀS 08:44)								
TEMPO (HORA)	FREQ. OBSERVADA	FRENQ. RELATIVA	FRENQ.REL. ACUMULADA	FUNÇÃO POISSON	$(O_i - E_i)^2/E_i$	χ^2 Crítico ($\alpha=0,05$)	DECISÃO	CONCLUSÃO
0 - 2	23	0,250	0,250	33,53	3,30	11,070	$X^2 < X^2_{\text{crítico}}$	✓ Aceita H_0
2 - 4	25	0,272	0,522	21,31	0,64			
4 - 6	17	0,185	0,707	13,54	0,88			
6 - 8	15	0,163	0,870	8,61	4,75			
8 - 10	7	0,076	0,946	5,47	0,43			
10 - 12	5	0,054	1,000	3,48	0,67			
TOTAL	92	1			10,67			

Fonte: Autores (2025)

A análise estatística demonstrou que os dados observados no turno matutino se adequam à distribuição de Poisson, com todos os intervalos apresentando χ^2 individual inferior ao valor crítico de 11,070. Este resultado valida o uso do modelo de Poisson ($\lambda = 0,34$ veículos/minuto) para caracterizar o padrão de chegadas no período analisado. A aceitação da hipótese nula em todos os intervalos, mesmo no horário de pico (2-4h), confirma que as variações observadas estão dentro da variabilidade esperada para processos estocásticos desta natureza, permitindo a aplicação segura da Teoria de Filas no dimensionamento do estacionamento do IFG.

Figura 5.18:Frequência do Processo de Atendimento do Pico da Manhã da Terça-feira



Fonte: Autores (2025)

A análise conjunta do teste Qui-quadrado e da representação gráfica da figura 5.18 das distribuições acumuladas confirma, por métodos complementares, a aderência dos dados à distribuição de Poisson. Enquanto o teste estatístico demonstrou que todos os intervalos aceitaram H_0 ($\chi^2 < 11,070$), a visualização gráfica evidencia a proximidade consistente entre valores observados e teóricos ao longo de todo o período analisado. A convergência das curvas valida o modelo proposto ($\lambda = 0,56$ veículos/minuto) tanto quantitativa quanto qualitativamente, permitindo sua aplicação confiável na análise operacional e no planejamento da capacidade do estacionamento do IFG.

5.5. CÁLCULO DO NÚMERO DE VAGAS E TAXA DE UTILIZAÇÃO

A partir dos dados obtidos na pesquisa de campo, foi possível, por meio do modelo M/M/c — escolhido para este estudo — realizar o dimensionamento do estacionamento destinado a professores e servidores do Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia. O modelo M/M/c foi adotado por ser adequado à análise de sistemas de filas com múltiplos servidores (neste caso, vagas), chegadas e atendimentos aleatórios, ajustando-se às características observadas no local.

O período de pico foi identificado com base na análise das imagens fornecidas, sendo definido como o primeiro horário do turno matutino de segunda-feira. Essa escolha se justifica pelo fato de coincidir com a chegada dos servidores administrativos e

docentes para o início da jornada de trabalho, predominantemente concentrada em horários comerciais. A partir dessa análise, buscou-se compreender o comportamento da ocupação do estacionamento durante o momento de maior demanda, o que é essencial para garantir a eficiência e o dimensionamento adequado do espaço disponível.

Como relatado anteriormente, a contagem do número de veículos que entravam e saíam da instituição ao longo do dia foi realizada minuto a minuto. Seguindo a metodologia da Teoria de Filas, esse levantamento permitiu determinar, com base em observações diretas, as taxas médias de chegada (λ) e taxa de atendimento (μ), ou seja, a média do tempo de permanência no local dos veículos.

Para a definição dos parâmetros do modelo, foram inicialmente estabelecidos os intervalos de permanência dos docentes e servidores no Instituto, correspondentes ao tempo de atendimento no sistema. Com base nas informações obtidas, os usuários foram classificados conforme a ocupação das vagas no estacionamento, resultando na seguinte categorização:

- Usuários que ocupam apenas na 1ª aula, apenas na 2ª e apenas na 3ª aula da manhã;
- Usuários que ocupam apenas as duas primeiras e as duas últimas aulas da manhã;
- E por fim os usuários que ocuparam vagas nas três aulas do período matutino.

Para estimar o número e a ocupação das vagas por período de aula, adotaram-se critérios baseados nos horários acadêmicos do turno matutino. Como a primeira aula ocorre das 07h00 às 08h30, e considerando a abertura da portaria às 06h00 e um intervalo de 15 minutos após o término da aula, classificaram-se como pertencentes à primeira aula os veículos estacionados entre 06h00 e 08h44.

A segunda aula do período matutino ocorre das 08:45 às 10:15. Aplicando-se o mesmo critério metodológico anterior, foram classificados como ocupação exclusiva da segunda aula os veículos que permaneceram no estacionamento entre 08:45 e 10:29. A terceira aula acontece das 10:30 às 12:00 e, considerando que o período vespertino inicia às 13:00, foram contabilizados como ocupação exclusiva desta aula os veículos que permaneceram estacionados entre 10:30 e 12:59. É importante

destacar que este último período concentra o maior volume de saída de veículos do estacionamento.

Para os veículos com permanência em duas aulas consecutivas, adotaram-se critérios específicos: aqueles que ocuparam vagas durante a primeira e segunda aulas foram contabilizados no intervalo de 06:00 às 10:29, enquanto os veículos que permaneceram na segunda e terceira aulas foram registrados entre 08:45 e 12:59. Os veículos que estacionaram durante as três aulas do período matutino corresponderam àqueles com permanência entre 06:00 e 12:59. Cabe ressaltar que alguns veículos que ingressaram no período matutino mantiveram-se no estacionamento para atividades acadêmicas dos períodos subsequentes, não sendo contabilizados exclusivamente no turno da manhã.

Em seguida é determinado o ritmo médio de chegada dos professores e servidores (λ), que é calculada pela fórmula da equação 6:

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}}$$

Equação 6

O número total de servidores e docentes corresponde ao somatório de todos os usuários que ocuparam vagas no estacionamento durante o período de coleta de dados da pesquisa. Para a modelagem, estabeleceu-se como intervalo máximo de atendimento o período de 420 minutos, correspondente à permanência de um usuário durante três aulas consecutivas.

Uma vez definidos os parâmetros temporais, procedeu-se ao cálculo da taxa média de atendimento (μ) de cada servidor do sistema. Por definição, este parâmetro é obtido através da equação 7:

$$\mu = \frac{1}{TA}$$

Equação 7

Com os parâmetros λ e μ devidamente calculados, determinou-se o número de atendentes (NA), que nessa pesquisa corresponde ao número de vagas necessárias no estacionamento. Este parâmetro é obtido através da seguinte equação 8:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu}$$

Equação 8

Posteriormente, procedeu-se ao cálculo da taxa de utilização (ρ) do sistema, considerando duas configurações distintas: a taxa de utilização para as vagas oficiais (ρ_O) e a taxa de utilização considerando o total de vagas disponíveis (ρ_T), como mostra as equações 9 e 10:

$$\rho_O = \frac{\lambda}{CO * \mu}$$

Equação 9

$$\rho_T = \frac{\lambda}{CT * \mu}$$

Equação 10

5.5.1. Primeiro dia de pesquisa de campo

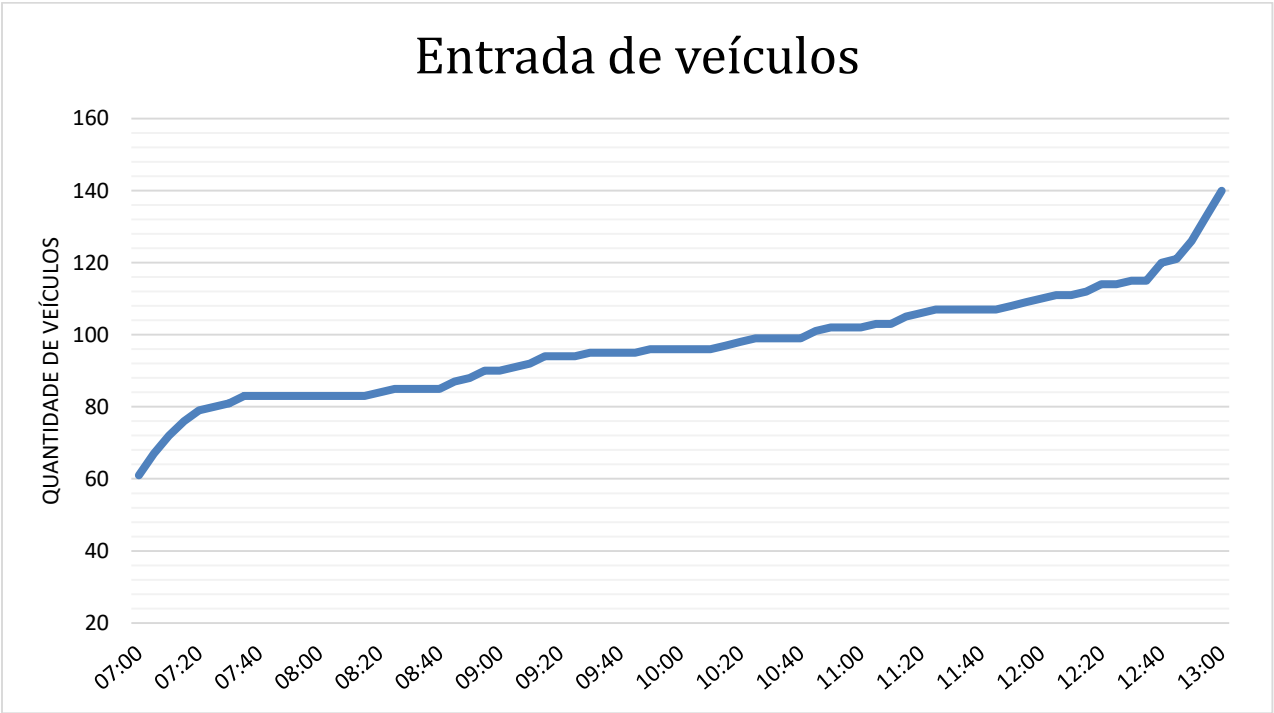
Durante o primeiro dia de pesquisa, realizado em uma segunda-feira, foi executado o levantamento completo das chegadas de veículos ao estacionamento do Instituto Federal – Campus Goiânia. A coleta de dados abrangeu todos os turnos de funcionamento do campus, permitindo identificar que a maior concentração de demanda por vagas ocorre no período matutino, especificamente durante a primeira aula.

Com base nessa identificação do horário de pico, os dados apresentados para análise referem-se exclusivamente às três aulas do período matutino, período que configura o cenário mais crítico para a disponibilidade de vagas. As tabelas 5.10 e 5.11 demonstram o ritmo médio de chegada e saída, respectivamente, já a figura 5.19 demonstra a representação gráfica da distribuição temporal das chegadas de veículos neste intervalo, revelando os padrões de ocupação do estacionamento e os momentos de maior pressão sobre a infraestrutura disponível.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0														

Fonte: Autores (2025)

Figura 5.19:Gráfico da Quantidade de veículos na Segunda-feira



Fonte: Autores (2025)

À partir desses dados observou-se que:

- 10 Veículos ocuparam vagas somente na primeira aula da manhã (165 minutos);
- 03 Veículos ocuparam vagas somente na segunda aula da manhã (105 minutos);
- 05 Veículos ocuparam vagas somente na terceira aula da manhã (150 minutos);
- 73 Veículos ocuparam vagas nas duas primeiras aulas da manhã (270 minutos);
- 05 Veículos ocuparam vagas nas duas últimas aulas da manhã (270 minutos);
- 57 Veículos ocuparam vagas durante as três aulas da manhã (420 minutos);

A média ponderada para encontrarmos o tempo médio de atendimento (TA) é 311,35 minutos/servidor.

Calcula-se agora o ritmo médio de chegadas (λ) dos servidores:

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} = \frac{(10+73+57)}{420} \approx 0,3334$$

Em seguida foi calculado o ritmo médio de atendimento:

$$\mu = \frac{1}{TA} = \frac{1}{311,35} \approx 0,0032$$

Com esses valores, calcula-se o número de vagas necessárias para atender a demanda:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,3334}{0,0032} = 104$$

Para o dia analisado, seriam necessárias 104 vagas para atender à demanda do Instituto. A partir desse dado, calcula-se a taxa de utilização (ρ), definida como a razão entre a taxa de chegadas (λ) e a capacidade do sistema ($c \cdot \mu$). Em sistemas estáveis, a taxa de utilização deve ser inferior a 1, indicando que a quantidade de vagas disponível é suficiente para atender à demanda, evitando a formação de filas. Quando $\rho \geq 1$, o sistema apresenta insuficiência de vagas, o que resulta no crescimento contínuo das filas (PRADO, 2014). Com base nesse conceito, serão calculadas a taxa de utilização das vagas oficiais (ρO) e a taxa de utilização do total de vagas disponíveis (ρT), permitindo avaliar a eficiência do sistema de estacionamento e identificar possíveis necessidades de expansão.

$$\rho O = \frac{\lambda}{CO \cdot \mu} = \frac{0,3334}{81 \cdot 0,0032} \approx 1,28 \text{ NÃO OK}$$

$$\rho T = \frac{\lambda}{CT \cdot \mu} = \frac{0,3334}{83 \cdot 0,0032} \approx 1,25 \text{ NÃO OK}$$

Os resultados evidenciam que tanto a taxa de utilização das vagas oficiais ($\rho O \approx 1,28$) quanto a do total de vagas disponíveis ($\rho T \approx 1,25$) ultrapassam o limite de estabilidade

0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0
0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0	2	0
1														

Fonte: Autores (2025)

Tabela 5.13: Ritmo médio de saída

3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
1	2	2	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3	0	0
2	1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
1	1	0	4	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
1														

Fonte: Autores (2025)

Figura 5.2: Gráfico da Quantidade de veículos na Terça-feira



À partir desses dados descobre-se que:

15 Veículos ocuparam vagas somente na primeira aula da manhã (165 minutos);

02 Veículos ocuparam vagas somente na segunda aula da manhã (105 minutos);

07 Veículos ocuparam vagas somente na terceira aula da manhã (150 minutos);

68 Veículos ocuparam vagas nas duas primeiras aulas da manhã (270 minutos);

06 Veículos ocuparam vagas nas duas últimas aulas da manhã (270 minutos);

56 Veículos ocuparam vagas durante as três aulas da manhã (420 minutos);

A média ponderada para encontrarmos o tempo médio de atendimento (TA) é 306,11 minutos/servidor.

Calcula-se agora o ritmo médio de chegadas (λ) dos servidores:

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} = \frac{(15+68+56)}{420} \approx 0,3310$$

Em seguida foi calculado o ritmo médio de atendimento:

$$\mu = \frac{1}{TA} = \frac{1}{306,11} \approx 0,0033$$

Com esses valores, calcula-se o número de vagas necessárias para atender a demanda:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,3310}{0,0033} = 101$$

Para o dia analisado, serão necessárias 101 vagas para atender à demanda da Instituição. A partir desse dado, calcula-se a taxa de utilização (ρ), definida como a razão entre a taxa de chegadas (λ) e a capacidade do sistema ($c \cdot \mu$). Em sistemas estáveis, a taxa de utilização deve ser inferior a 1, indicando que a quantidade de vagas disponível é suficiente para atender à demanda, evitando a formação de filas. Quando $\rho \geq 1$, o sistema apresenta insuficiência de vagas, o que resulta no crescimento contínuo das filas (PRADO, 2014). Com base nesse conceito, serão calculadas a taxa de utilização das vagas oficiais (ρO) e a taxa de utilização do total de vagas disponíveis (ρT), permitindo avaliar a eficiência do sistema de estacionamento e identificar possíveis necessidades de expansão.

$$\rho O = \frac{\lambda}{CO \cdot \mu} = \frac{0,3310}{81 \cdot 0,0033} \approx 1,25 \text{ NÃO OK}$$

$$\rho T = \frac{\lambda}{CT \cdot \mu} = \frac{0,3310}{83 \cdot 0,0033} \approx 1,22 \text{ NÃO OK}$$

Os resultados demonstram que a taxa de utilização das vagas oficiais ($\rho O \approx 1,25$) e a do total de vagas disponíveis ($\rho T \approx 1,22$) permanecem acima do limite de estabilidade ($\rho < 1$), evidenciando que a capacidade instalada não é suficiente para absorver a demanda de forma contínua. Apesar de em alguns momentos a ocupação se aproximar do equilíbrio, nos períodos de maior fluxo ocorre saturação, comprometendo a regularidade do atendimento. Diante desse cenário, faz-se necessária a adoção de estratégias de gestão da demanda, bem como o redimensionamento da oferta de vagas ou o incentivo à rotatividade, de modo a assegurar maior eficiência operacional.

Em resumo o sistema atual opera com filas de espera crescentes ao longo do turno, tempos de espera elevados, aproximadamente de 21 a 23 veículos não são atendidos no turno da manhã, alguns veículos estacionam irregularmente em áreas não destinadas para tal e os congestionamentos são frequentes nas vias de acesso.

A partir da não conformidade dos resultados obtidos, partiu-se para o cálculo do número de vagas que seriam necessárias e consideradas pela literatura aceitáveis para atender a demanda e possíveis imprevistos. Foram considerados três cenários diferentes: Cenário 1 - capacidade mínima ($\rho = 1,00$), Cenário 2 - Capacidade Recomendada ($\rho = 0,85$) e Cenários 3 - Capacidade Confortável ($\rho = 0,75$).

- **Cenário 1 – Capacidade Mínima ($\rho = 1,00$)**

Admitindo os parâmetros abaixo e utilizando a fórmula para cálculo da taxa de utilização, pode-se determinar o número de vagas do estacionamento a fim de garantir um nível de serviço adequado.

- Taxa de chegada $\lambda = 0,3334$ veículos/minuto ou 20 veículos/hora
- Taxa de atendimento $\mu = 0,0032$ atendimentos/minuto/vaga ou 0,192 atendimentos/hora/vaga

A partir da fórmula da taxa de utilização ($\rho = \lambda / (c \times \mu)$), calculou-se o número de vagas necessárias para o $\rho = 1$

$$1 = \frac{0,344}{C \times 0,0032}$$

$$C = 104 \text{ vagas}$$

Neste cenário, o sistema opera no limite crítico de estabilidade. Embora matematicamente estável, esta configuração representa uma condição operacional extremamente precária. O estacionamento funcionaria permanentemente saturado, sem qualquer margem de segurança para absorver flutuações naturais da demanda. Esta configuração representa apenas solução emergencial mínima, inadequada para operação permanente de uma instituição educacional.

- **Cenário 2 – Capacidade Recomendada ($\rho = 0,85$)**

Assim como no cenário 1, o número de vagas foi calculado considerando uma taxa de utilização de 0,85. Os parâmetros utilizados também foram os mesmos:

- Taxa de chegada $\lambda = 0,3334$ veículos/minuto ou 20 veículos/hora
- Taxa de atendimento $\mu = 0,0032$ atendimentos/minuto/vaga ou 0,192 atendimentos/hora/vaga

$$0,85 = \frac{0,344}{C \times 0,0032}$$

$$C = 123 \text{ vagas}$$

O sistema com 123 vagas operaria com taxa de ocupação de 85%, proporcionando margem de segurança de 18% sobre a demanda média. Essa configuração representa o padrão técnico internacional recomendado, garantindo:

- Tempos de espera reduzidos
- Capacidade para absorver variações de até 18% na demanda;
- Cerca de 42 veículos a mais que serão atendidos no turno da manhã;
- Eliminação completa do estacionamento irregular em condições normais.

Com taxa de utilização de 85%, o sistema passa a operar com margem de segurança de aproximadamente 18% sobre a demanda média. Esta configuração representa o padrão mínimo recomendado para estacionamentos institucionais, equilibrando eficiência de uso do espaço com qualidade de serviço, proporcionando condições operacionais sustentáveis e satisfatórias.

- **Cenário 3 – Capacidade Confortável ($\rho = 0,75$)**

Para o cenário 3, o número de vagas foi calculado considerando uma taxa de utilização de 0,75. Com esse valor da taxa o sistema funciona com excelente qualidade de serviço e oferece ampla margem para eventos especiais e crescimento futuro da demanda. Os parâmetros utilizados foram:

- Taxa de chegada $\lambda = 0,3334$ veículos/minuto ou 20 veículos/hora

- Taxa de atendimento $\mu = 0,0032$ atendimentos/minuto/vaga ou 0,192 atendimentos/hora/vaga

$$0,75 = \frac{0,344}{C \times 0,0032}$$

$$C = 139 \text{ vagas}$$

O sistema com 139 vagas operaria com taxa de ocupação de 75%, oferecendo margem de segurança de 33% sobre a demanda média. Essa configuração proporciona nível ótimo de serviço, assegurando:

- Tempos de espera quase nulos;
- Capacidade robusta para absorver picos de até 33% na demanda;
- Cerca de 58 veículos a mais que serão atendidos no turno da manhã;
- Planejamento estruturado para atender ao crescimento futuro da demanda institucional.

Nesse cenário o sistema funciona com ampla margem de segurança operacional, proporcionando nível ótimo de serviço à comunidade acadêmica. A expansão para 139 vagas representa acréscimo de 58 vagas sobre a capacidade oficial atual, estabelecendo reserva operacional de 33% sobre a demanda média observada. O sistema permaneceria operacional e eficiente com taxa de utilização de 75%, o estacionamento manteria aproximadamente 35 vagas permanentemente disponíveis, garantindo fluidez excepcional mesmo durante os períodos críticos.

5.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir serão relatados os resultados obtidos com a aplicação da Teoria de Filas no estacionamento do IFG – campus Goiânia.

- A coleta dos dados revelou que o turno matutino opera com tempo médio de permanência de 4,52 horas (primeiro dia) e 4,41 horas (segundo dia), com taxas de rotatividade de 0,53 atendimentos/hora (primeiro dia) e 0,56 atendimentos/hora (segundo dia), configurando a menor rotatividade entre todos os períodos analisados. Em contraste, o turno noturno apresenta tempo médio de 2,45 horas (primeiro dia) e 2,61 horas (segundo dia), com rotatividade

de 0,41 atendimentos/hora (primeiro dia) e 0,38 atendimentos/hora (segundo dia), operando com folga operacional significativa. Essa variação é de 184,49% no tempo de permanência (primeiro dia) e de 168,97% (segundo dia) e de 129,27% (primeiro dia) e de 147,37% (segundo dia) na rotatividade. Estas permanências prolongadas resultam em ocupação contínua das vagas, eliminando a rotatividade natural e impedindo o atendimento a novos usuários, ou seja, o sistema opera em condições de saturação permanente.

- O turno vespertino apresentou tempo médio de 5,36 horas (primeiro dia) e 5,00 horas (segundo dia), com rotatividade de 0,19 atendimentos/hora (primeiro dia) e 0,20 atendimentos/hora (segundo dia), mantendo nível elevado de ocupação, porém menor que o matutino.
- O turno noturno registrou tempo médio de permanência de 2,45 horas (primeiro dia) e 2,61 horas (segundo dia), com rotatividade de 0,41 atendimentos/hora (primeiro dia) e 0,38 atendimentos/hora (segundo dia), logo, contendo a maior rotatividade em comparação com os demais picos.

A tabela 5.14 apresenta resumidamente os resultados obtidos na pesquisa.

Tabela 5.14: Comparação entre os picos de ambos os dias de pesquisa

DESCRIÇÃO	Matutino 1º DIA (06:00- 08:44)	Matutino 2º DIA (06:00- 08:44)	Vespertino 1º DIA (13:00- 14:44)	Vespertino 2º DIA (13:00- 14:44)	Noturno 1º DIA (18:00- 20:44)	Noturno 2º DIA (18:00- 20:44)
Total de observações	87	92	33	60	47	31
χ^2 crítico ($\alpha=0,05$)	11,07	11,07	11,07	11,07	11,07	11,07
λ (taxa de chegada)	0,53	0,56	0,32	0,58	0,29	0,19
μ (taxa de atendimento)	0,2214	0,2266	0,1864	0,2000	0,4087	0,3827
$1/\mu$ (tempo médio de atendimento)	4,52	4,41	5,36	5,00	2,45	2,61
Comparação com período noturno (Tempo de permanência)	184,49%	168,97%	218,17%	191,57%	-	-
Comparação com período noturno	129,27%	147,37%	46,34%	52,63%	-	-

(Taxa de atendimento)						
Capacidade (vagas necessárias)	104	101	43	40	57	53

Fonte: Autores (2025)

Segundo a metodologia aplicada nos tempos de permanência e rotatividade do estacionamento, observou-se que na segunda-feira seriam necessárias 104 vagas para atender a demanda da Instituição, enquanto na terça-feira seriam necessárias 101 vagas. Considerando o objetivo deste trabalho — que é determinar o número de vagas necessárias para atender adequadamente a demanda — adotou-se como referência o cenário crítico (pior caso), correspondente à necessidade de 104 vagas, a fim de garantir o atendimento adequado da demanda matutina observada, além de considerar uma margem de segurança operacional devido a eventos específicos.

O estacionamento do Instituto, apresenta na situação atual, um sistema, segundo metodologia da Teoria de Filas ($\rho > 1$), incapaz de absorver a demanda existente. Sem a vaga no estacionamento, o servidor precisa procurar por outros locais, em uma região já saturada por intenso uso do solo comercial. Esse cenário inadequado impacta negativamente a rotina acadêmica, pois gera atrasos e insatisfação da comunidade. Segundo o modelo aplicado, o resultado obtido gera filas crescentes, tempos de espera excessivos e impossibilidade de atendimento adequado à comunidade acadêmica.

Por fim, o dimensionamento adequado da capacidade de um sistema de estacionamento deve considerar não apenas a eliminação da instabilidade operacional, mas também a garantia de níveis de serviço apropriados aos usuários. Para tanto, foram estabelecidos três cenários de capacidade baseados em diferentes valores-alvo para a taxa de ocupação (ρ), cada qual representando um nível distinto de qualidade de serviço. O Service Level Agreement (SLA), ou Nível de Serviço, estabelece os padrões de desempenho e qualidade das operações, avaliados por meio dos Indicadores de Desempenho (KPIs). No SLA, o nível ideal de desempenho é de 85%, indicando eficiência operacional satisfatória. Conforme Gunasekaran et al.

(2001), o tempo de atendimento é um dos principais critérios para medir o nível de serviço e a satisfação do cliente.

A tabela 5.15 apresenta resumidamente os resultados obtidos na pesquisa.

Tabela 5.15: Capacidade necessária para garantir o atendimento

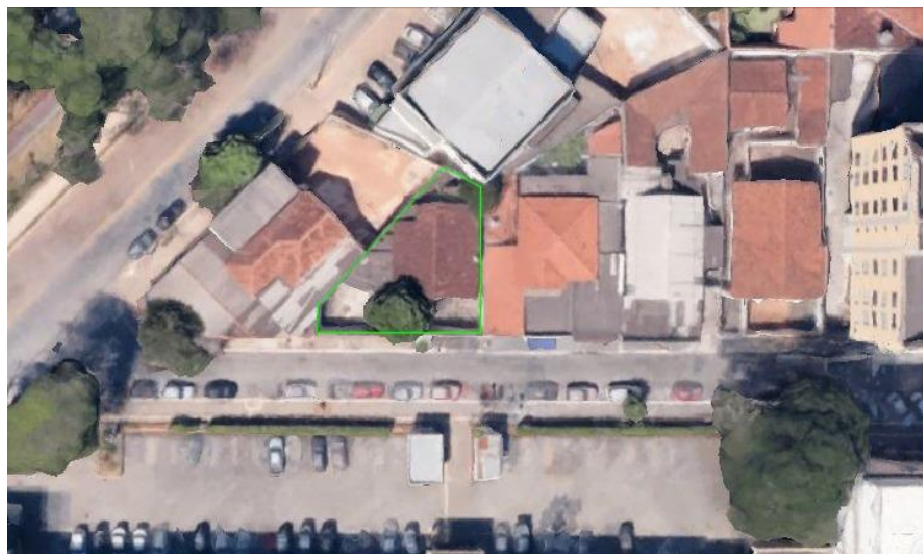
Cenário	Taxa de ocupação (p)	Capacidade total necessária	Ampliação Requerida	Nível de Serviço	Observações
Situação Atual (Oficial)	1,28	81	-	✗ Crítico	Sistema instável, déficit de 23 vagas (28,14%)
Situação Atual (Total)	1,25	83	-	✗ Crítico	Sistema instável mesmo com irregulares, déficit de 21 vagas (25,05%)
Cenário 1 - Mínimo	1,00	104	+23 vagas	⚠ Limítrofe	Evita colapso, mas opera no limite. Tempos de espera ainda elevados
Cenário 2 - Adequado	0,85	123	+42 vagas	✓ Bom	RECOMENDADO
Cenário 3 - Ideal	0,75	139	+58 vagas	✓ Excelente	Contempla crescimento institucional e eventos atípicos

Fonte: Autores (2025)

5.7 POPOSTA DE AMPLIAÇÃO DO ESTACIONAMENTO

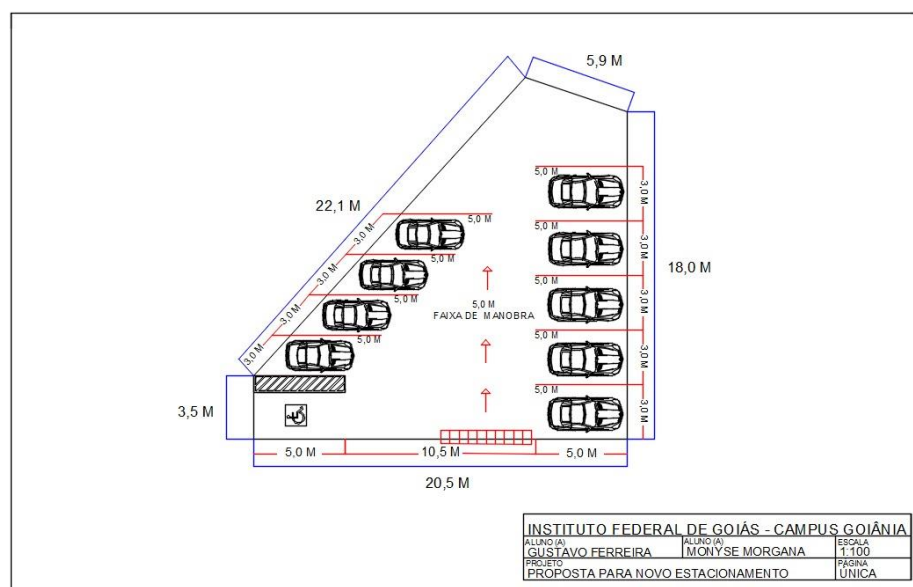
Recentemente a Instituição adquiriu um terreno no endereço Rua 75, Setor Central, Goiânia - Goiás, a fim de ampliar as vagas do estacionamento. Dessa forma foi desenvolvido um projeto para o novo terreno adquirido pelo Instituto, com o objetivo de quantificar as vagas. Através de imagens de satélite (Google Earth), observou-se que o terreno possui formato trapezoidal com dimensões de 5,9 metros (lado superior), 20,5 metros (lado inferior), 18,0 metros (lado direito), 22,10 metros (lado esquerdo superior) e 3,5 metros (lado esquerdo inferior) com área de aproximada de 257 m². A figura 5.21 mostra o detalhe do terreno.:

Figura 5.21: Vista superior do Terreno Adquirido.



Fonte: Google Earth (2025)

Figura 5.22: Proposta para o novo estacionamento



Fonte: Autores (2025)

O projeto proposto, na figura 5.22, maximiza o aproveitamento do espaço disponível, contemplando a disposição ortogonal das vagas (ângulo de 90°), dimensionadas em 5 metros de comprimento por 3 metros de largura, seguindo o padrão já utilizado no estacionamento atual do IFG. O acesso foi estrategicamente posicionado com faixa de manobra de 5,0 metros, permitindo circulação adequada e estacionamento em ambos os lados. Esta configuração resultou em capacidade para 9 vagas regulares, além de uma vaga exclusiva para PNE com dimensões ampliadas de 5x3,5 metros, garantindo plena acessibilidade.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou a relevância da Teoria de Filas como ferramenta de análise para a compreensão e otimização de sistemas de estacionamento, demonstrando sua eficácia na identificação de gargalos operacionais e na fundamentação de proposições técnicas de intervenção infraestrutural.

Dos objetivos propostos, a pesquisa bibliográfica sobre Teoria de Filas foi realizada com sucesso, fornecendo o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do estudo. A análise da entrada e saída de veículos, embora não tenha abrangido o período completo de segunda a sábado devido aos fatores limitantes já expostos, não comprometeu a qualidade dos cálculos nem a confiabilidade dos resultados. Os dados coletados mostraram-se suficientes para avaliar e caracterizar o modelo de filas do sistema, permitindo identificar os padrões de comportamento e os horários de maior demanda, especialmente no período matutino.

A caracterização do sistema através dos parâmetros da Teoria de Filas revelou que o modelo $M/M/1/\infty/FIFO$ é o que melhor representa a dinâmica operacional do estacionamento, indicando chegadas e atendimentos com distribuição exponencial, servidor único, capacidade ilimitada de fila e disciplina FIFO. Quando aplicado o modelo, foi possível identificar um desequilíbrio significativo entre oferta e demanda de vagas, confirmando empiricamente as percepções dos usuários sobre a insuficiência da infraestrutura atual.

A análise técnica demonstrou a necessidade de aproximadamente 104 vagas para atendimento adequado da demanda atual. Nesse sentido, foi possível realizar a elaboração de três cenários distintos de dimensionamento, cada qual representando diferentes níveis de serviço para o sistema de estacionamento. Para o cenário crítico, com taxa de utilização ($\rho=1,00$), identificou-se a necessidade mínima de 104 vagas para eliminação do déficit operacional atual. O cenário intermediário, dimensionado para ($\rho=0,85$), estabelece a necessidade de 123 vagas, proporcionando margem de segurança adequada aos padrões institucionais. Por fim, o cenário ótimo, projetado para ($\rho=0,75$), determina a implementação de 139 vagas, garantindo nível ótimo de serviço com capacidade plena de absorção de flutuações de demanda.

Em relação à ampliação proposta pela Instituição, ressalta-se que o acréscimo de 10 vagas, sendo uma PNE, representa uma expansão modesta diante do déficit de no mínimo 104 vagas identificadas. Contudo, constitui a melhoria imediata viável dentro das restrições espaciais existentes, visto que a localização do Instituto no centro de Goiânia impõe desafios significativos para expansão física, considerando o alto valor imobiliário e a indisponibilidade de terrenos adjacentes, tornando essencial a otimização máxima de cada metro quadrado disponível.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se: (i) análise comparativa com outras instituições de ensino localizadas em regiões centrais urbanas, identificando estratégias e boas práticas aplicáveis ao contexto do IFG; (ii) investigação quantitativa do potencial de redução de demanda através de políticas de incentivo ao uso de modais alternativos; e (iii) análise prospectiva da demanda futura, considerando diferentes cenários de expansão institucional e crescimento do corpo discente e docente, fundamentando o planejamento de infraestrutura de maior porte capaz de atender adequadamente as necessidades de médio e longo prazo.

Este estudo contribuiu significativamente para a aplicação prática de métodos quantitativos da Pesquisa Operacional na resolução de problemas reais de Engenharia de Transportes e Infraestrutura Urbana. Demonstrou-se que, mesmo diante de limitações de dados e restrições físico-espaciais, a aplicação sistemática de ferramentas analíticas permite o desenvolvimento de soluções tecnicamente fundamentadas, proporcionando melhorias tangíveis na qualidade dos serviços prestados à comunidade acadêmica do Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia e estabelecendo metodologia replicável para diagnóstico e otimização de sistemas similares em outras Instituições e Universidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. L. de. **Introdução a Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a Análise de Decisão**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

Apresentação do Câmpus Goiânia. Instituto Federal de Goiás. Disponível em: <https://www.ifg.edu.br/goiania/apresentacao?showall=&limitstart=>. Acesso em: 05 ago. 2024.

BARBOSA, Bernadete Rossi Barbosa. **PLANO VIÁRIO E DE TRÂNSITO PARA A CIDADE DE JAÚ**. 2005. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BID, Banco Interamericano de Desenvolvimento. Guia prático: **Estacionamento e políticas de gerenciamento de mobilidade na América Latina** / Ramiro Alberto Ríos, coordenador ; elaborado por Despacio, Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP). 2013. Bookman. 8. ed.

Brasil. Lei nº 11.892, de 29 de Dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm>. Acesso em 15 de jan. 2012.

BRINCO, Ricardo. **Políticas de estacionamento e efeitos na mobilidade urbana**. Indic. Econ. FEE, Porto Alegre, v. 44, n. 2, p. 109-124, 2016.

BRONSON, R. **Pesquisa operacional**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

BRUNS, R. SONCIM, S. P; SINAY, M. F. D; **Pesquisa Operacional: Uma Aplicação Da Teoria Das Filas A Um Sistema De Atendimento**. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), Salvador – BA, 2001.

CAIXETA-FILHO, J. V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2004.

Cajado, Luciano. **Teoria das filas**. 61 páginas. 2004. Graduação, Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Informática.

CAMELO, G. R. et al. **Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira**. XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção, São Carlos, out. 2010.

CAMPUS GOIÂNIA, Instituto Federal De Goiás. Disponível em: <https://ifg.edu.br/ifg-em-dados>. Acesso em: 12 mar. 2024.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção para a Vantagem Competitiva**. 10. ed. Porto Alegre, RS.: Bookman, 2004.

CISCAR, L. F. C.; BARBOSA, P. H. C.; CAMPOS, R. S. T. S. **Análise da capacidade de vagas no estacionamento para alunos da escola de engenharia civil da universidade federal de Goiás**. 2015. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://eeca.ufg.br/p/16290-trabalho-de-conclusao-de-curso-engenharia-civil-2015>. Acesso em: 28 nov. 2023.

Confederação Nacional de Municípios (CNM). **Análise do impacto da frota de veículos nos Municípios brasileiros. Estudo Técnico**. 2023. Disponível em: <<https://www.cnm.org.br/biblioteca/exibe/5128>>. Acesso em: 28 de nov. 2023.

Curso de bacharelado engenharia de transportes câmpus goiânia. Instituto Federeal de Goiás, 2017. Disponível em: [file:///D:/Windows/Downloads/Campus%20Goiania%20%20Bacharelado%20em%20Engenharia%20de%20Transportes%20-%20PPC%20\(1\).pdf](file:///D:/Windows/Downloads/Campus%20Goiania%20%20Bacharelado%20em%20Engenharia%20de%20Transportes%20-%20PPC%20(1).pdf). Acesso em: 05 ago. 2024.

DAL SASSO MEIRA, R. **Políticas de estacionamento y movilidad sostenible**. Estudio en España y Brasil. Propuesta de actuación para Porto Alegre. 2009. 233 f. Tesis (Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo) - Universitat Politècnica de València, Valencia, 2009. Disponível em: <<https://riunet.upv.es/handle/10251/11959?show=full>> . Acesso em: 20 abr. 2024.

DENATRAN. **Departamento Nacional de Trânsito. Manual de Procedimentos para o Tratamento de Polos Geradores de Tráfego**. 2001.

Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN-GO). **Estatística da Frota de Veículos no Estado. Detran Inside**. 2023. Disponível em: <<https://inside.detran.go.gov.br/index.htm>>. Acesso em: 28 de nov. 2023.

DUVANOVA, Irina.; SIMANKINA, Tatyana.; SHEVCHENKO, Anastasia.; MUSORINA, Tatiana.; YUFEREVA, Anna. **Optimize the Use of a Parking Space in a Residential Area**. Procedia Engineering, [s.l.], v. 165, p.1784-1793, 2016.

ELIAS, Antonio Carlos Cardoso. **Estacionamento rotativo pago em via pública: racionalização do uso da via x disposição do usuário em pagar pelo serviço**. 2001. 121f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2001.

FERRAZ, A. C. P.; PIERRE, M.A.; FORTES, F.Q. (1997) **Innovaciones en lá Señalización Viária en São Carlos-Brasil**. IN:VIII CONGRESO CHILENO DE INGENIERIA DE TRANSPORTE. Santiago, Chile.

FERREIRA, Marcela Alonso; FRANCO, Hannah Arcushin Machado; FRANCO, Fernando de Mello. **Parking: An International Perspective**, Chapter 3 – São Paulo, Brazil. Elsevier. p. 35-60. Austrália. 2020.

FOGLIATTI, C, M. MATTOS, C, M, N. (2007). **Teoria das filas**. Rio de Janeiro: Interciência. 290 p.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (2009). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da

GIL, A. C. (2008). **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas.

Goiânia, Lei Complementar nº 349, de 4 de março de 2022, Institui o Plano de Mobilidade Urbana de Goiânia - PlanmobGyn, o Conselho de Mobilidade Urbana de Goiânia - ComuGyn e o Observatório da Mobilidade Urbana de Goiânia - OmuGyn.

GOIÂNIA, LEI Nº 10.845, de 04 de novembro de 2022. **Institui normas de controle das atividades econômicas na Macrozona Construída do Município de Goiânia**. Disponível

em:<https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2022/lo_20221104_000010845.html>. Acesso em: 22 abr. 2024.

GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; TIRTIROGLU, E. **Performance measures and metrics in a supply chain environment**. International Journal of Operations & Production Management. V. 21 Nº 1/2, pp. 71-87, 2001.

HILLIER, F.; LIEBERMAN, G. (2010). **Introdução à pesquisa operacional**. São Paulo.

INEP, Censo Da Educação Superior. 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMGJiMmNiNTAtOTY1OC00ZjUzLTg2OGUtMjAzYzNiYTA5YjJlIiwidCI6IjI2ZjczODk3LWM4YWMTNGIxZS05NzhmLWVhNGMwNzc0MzRiZiJ9&pageName=ReportSection4036c90b8a27b5f58f54>. Acesso em: 18 nov. 2023.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2017). Relatório do levantamento, ocupação e análise do espaço físico do IFG - Câmpus Goiânia.

MATTAR, F. N. (1996). **Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento**. São Paulo:Atlas.

MONKS, J. **Administração da produção**. (Tradução: Lauro Santos Blandy; revisão técnica: Petrônio Garcia Martins). São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2ª Ed. Editora Thomson Learning. São Paulo, 2002.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 2ª Ed. São Paulo: Thomson Learning. São Paulo, 2007

NUNES J. L. **Estudo da demanda por estacionamento em Instituições de Ensino Superior**. 2005. 167p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2005.

PACHECO, F. W. **Gestão da Qualidade na Prestação de Serviços: Um Estudo de Caso da Empresa Brasil Telecom S.A. – Filial SC**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2004.

PALMER, D.; FERRIS, C. Parking Measures and Policies Research Review. Wokingham: **Transport Research Laboratory**, 2010. Disponível em:<<https://www.britishparking.co.uk>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

Prado, Darci Santos do: **Teoria das filas e da simulação**. 5ª edição. Editora FALCONI, 2014.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **PRÁTICAS DE ESTACIONAMENTO EM BELO HORIZONTE**. Belo Horizonte: BHTRANS-Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte, 2010. 160 p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3466627-Praticas-de-estacionamento-em-belo-horizonte.html>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SCHUCK, S. O. P. (2014). **Implicações biológicas e psicossociais de velhice para a mulher: uma revisão integrativa**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Enfermagem) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/112145/000953691.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 nov.2023

SECO, Álvaro Jorge da Maia *et al.* **MANUAL DO PLANEJAMENTO DE ACESSIBILIDADES E TRANSPORTES: ESTACIONAMENTO**. PORTO: CCDR Norte, 2008. 67 p. v. 9.

SIEGEL, Sidney; CASTELLAN JR, N. John. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. Artmed Editora, 2006.

Thiollent, M. (2009). **Metodologia de Pesquisa-ação**. São Paulo: Saraiva.

Torres, H. M. (2013) **Uma nova política de estacionamento para o Rio de Janeiro. 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito**. UFRGS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>.

ANEXO 1

**INSTITUTO FEDERAL**
GoiásMINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

CIRCULAR 68/2023 - CP-GOIANIA/IFG, DE 31 DE AGOSTO DE 2023

Goiânia, 31 de agosto de 2023.

A DIRETORA-GERAL DO CÂMPUS GOIÂNIA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS, nomeada pela Portaria 1678 de 8 de outubro de 2021, publicada no Diário Oficial de União em 13 de outubro de 2021, resolve:

Considerando o encaminhamento da Reunião do Concâmpus Goiânia do IFG, realizada no dia 30/08/2023, designar os servidores e estudante, relacionados a seguir, para comporem o Comitê Deliberativo responsável por analisar os pedidos de acesso às imagens e gravações das câmeras do Sistema de Videomonitoramento do Câmpus Goiânia do IFG, para o Biênio 2023-2025.

NOME	Matrícula	Cargo
Fernando Augusto Messias (presidente)	1838647	Assistente em Administração
Marcos de Luca Rothen	1699291	Professor EBTT
Silas Batista de Urzeda	20211010940143	Discente

(assinado eletronicamente)
ADRIANA DOS REIS FERREIRA
Diretora-Geral do Câmpus Goiânia - IFG
Portaria nº 1678 de 8/10/2021

Documento assinado eletronicamente por:

■ Adriana dos Reis Ferreira, DIRETOR(A) GERAL - CD2 - CP-GOIANIA, em 31/08/2023 15:14:09.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 31/08/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 448787
Código de Autenticação: 0fe4385890



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2767 (ramal: 2767)

ANEXO 2

MANHÃ (06:00 ÀS 12:00)											
HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS
06:00:00		07:00:00		08:00:00		09:00:00		10:00:00		11:00:00	
06:01:00		07:01:00		08:01:00		09:01:00		10:01:00		11:01:00	
06:02:00		07:02:00		08:02:00		09:02:00		10:02:00		11:02:00	
06:03:00		07:03:00		08:03:00		09:03:00		10:03:00		11:03:00	
06:04:00		07:04:00		08:04:00		09:04:00		10:04:00		11:04:00	
06:05:00		07:05:00		08:05:00		09:05:00		10:05:00		11:05:00	
06:06:00		07:06:00		08:06:00		09:06:00		10:06:00		11:06:00	
06:07:00		07:07:00		08:07:00		09:07:00		10:07:00		11:07:00	
06:08:00		07:08:00		08:08:00		09:08:00		10:08:00		11:08:00	
06:09:00		07:09:00		08:09:00		09:09:00		10:09:00		11:09:00	
06:10:00		07:10:00		08:10:00		09:10:00		10:10:00		11:10:00	
06:11:00		07:11:00		08:11:00		09:11:00		10:11:00		11:11:00	
06:12:00		07:12:00		08:12:00		09:12:00		10:12:00		11:12:00	
06:13:00		07:13:00		08:13:00		09:13:00		10:13:00		11:13:00	
06:14:00		07:14:00		08:14:00		09:14:00		10:14:00		11:14:00	
06:15:00		07:15:00		08:15:00		09:15:00		10:15:00		11:15:00	
06:16:00		07:16:00		08:16:00		09:16:00		10:16:00		11:16:00	
06:17:00		07:17:00		08:17:00		09:17:00		10:17:00		11:17:00	
06:18:00		07:18:00		08:18:00		09:18:00		10:18:00		11:18:00	
06:19:00		07:19:00		08:19:00		09:19:00		10:19:00		11:19:00	
06:20:00		07:20:00		08:20:00		09:20:00		10:20:00		11:20:00	
06:21:00		07:21:00		08:21:00		09:21:00		10:21:00		11:21:00	
06:22:00		07:22:00		08:22:00		09:22:00		10:22:00		11:22:00	
06:23:00		07:23:00		08:23:00		09:23:00		10:23:00		11:23:00	
06:24:00		07:24:00		08:24:00		09:24:00		10:24:00		11:24:00	
06:25:00		07:25:00		08:25:00		09:25:00		10:25:00		11:25:00	
06:26:00		07:26:00		08:26:00		09:26:00		10:26:00		11:26:00	
06:27:00		07:27:00		08:27:00		09:27:00		10:27:00		11:27:00	
06:28:00		07:28:00		08:28:00		09:28:00		10:28:00		11:28:00	
06:29:00		07:29:00		08:29:00		09:29:00		10:29:00		11:29:00	
06:30:00		07:30:00		08:30:00		09:30:00		10:30:00		11:30:00	
06:31:00		07:31:00		08:31:00		09:31:00		10:31:00		11:31:00	
06:32:00		07:32:00		08:32:00		09:32:00		10:32:00		11:32:00	
06:33:00		07:33:00		08:33:00		09:33:00		10:33:00		11:33:00	
06:34:00		07:34:00		08:34:00		09:34:00		10:34:00		11:34:00	
06:35:00		07:35:00		08:35:00		09:35:00		10:35:00		11:35:00	
06:36:00		07:36:00		08:36:00		09:36:00		10:36:00		11:36:00	
06:37:00		07:37:00		08:37:00		09:37:00		10:37:00		11:37:00	
06:38:00		07:38:00		08:38:00		09:38:00		10:38:00		11:38:00	
06:39:00		07:39:00		08:39:00		09:39:00		10:39:00		11:39:00	
06:40:00		07:40:00		08:40:00		09:40:00		10:40:00		11:40:00	
06:41:00		07:41:00		08:41:00		09:41:00		10:41:00		11:41:00	
06:42:00		07:42:00		08:42:00		09:42:00		10:42:00		11:42:00	
06:43:00		07:43:00		08:43:00		09:43:00		10:43:00		11:43:00	
06:44:00		07:44:00		08:44:00		09:44:00		10:44:00		11:44:00	
06:45:00		07:45:00		08:45:00		09:45:00		10:45:00		11:45:00	
06:46:00		07:46:00		08:46:00		09:46:00		10:46:00		11:46:00	
06:47:00		07:47:00		08:47:00		09:47:00		10:47:00		11:47:00	
06:48:00		07:48:00		08:48:00		09:48:00		10:48:00		11:48:00	
06:49:00		07:49:00		08:49:00		09:49:00		10:49:00		11:49:00	
06:50:00		07:50:00		08:50:00		09:50:00		10:50:00		11:50:00	
06:51:00		07:51:00		08:51:00		09:51:00		10:51:00		11:51:00	
06:52:00		07:52:00		08:52:00		09:52:00		10:52:00		11:52:00	
06:53:00		07:53:00		08:53:00		09:53:00		10:53:00		11:53:00	
06:54:00		07:54:00		08:54:00		09:54:00		10:54:00		11:54:00	
06:55:00		07:55:00		08:55:00		09:55:00		10:55:00		11:55:00	
06:56:00		07:56:00		08:56:00		09:56:00		10:56:00		11:56:00	
06:57:00		07:57:00		08:57:00		09:57:00		10:57:00		11:57:00	
06:58:00		07:58:00		08:58:00		09:58:00		10:58:00		11:58:00	
06:59:00		07:59:00		08:59:00		09:59:00		10:59:00		11:59:00	

TARDE (12:00 ÀS 18:00)											
HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS
12:00:00		13:00:00		14:00:00		15:00:00		16:00:00		17:00:00	
12:01:00		13:01:00		14:01:00		15:01:00		16:01:00		17:01:00	
12:02:00		13:02:00		14:02:00		15:02:00		16:02:00		17:02:00	
12:03:00		13:03:00		14:03:00		15:03:00		16:03:00		17:03:00	
12:04:00		13:04:00		14:04:00		15:04:00		16:04:00		17:04:00	
12:05:00		13:05:00		14:05:00		15:05:00		16:05:00		17:05:00	
12:06:00		13:06:00		14:06:00		15:06:00		16:06:00		17:06:00	
12:07:00		13:07:00		14:07:00		15:07:00		16:07:00		17:07:00	
12:08:00		13:08:00		14:08:00		15:08:00		16:08:00		17:08:00	
12:09:00		13:09:00		14:09:00		15:09:00		16:09:00		17:09:00	
12:10:00		13:10:00		14:10:00		15:10:00		16:10:00		17:10:00	
12:11:00		13:11:00		14:11:00		15:11:00		16:11:00		17:11:00	
12:12:00		13:12:00		14:12:00		15:12:00		16:12:00		17:12:00	
12:13:00		13:13:00		14:13:00		15:13:00		16:13:00		17:13:00	
12:14:00		13:14:00		14:14:00		15:14:00		16:14:00		17:14:00	
12:15:00		13:15:00		14:15:00		15:15:00		16:15:00		17:15:00	
12:16:00		13:16:00		14:16:00		15:16:00		16:16:00		17:16:00	
12:17:00		13:17:00		14:17:00		15:17:00		16:17:00		17:17:00	
12:18:00		13:18:00		14:18:00		15:18:00		16:18:00		17:18:00	
12:19:00		13:19:00		14:19:00		15:19:00		16:19:00		17:19:00	
12:20:00		13:20:00		14:20:00		15:20:00		16:20:00		17:20:00	
12:21:00		13:21:00		14:21:00		15:21:00		16:21:00		17:21:00	
12:22:00		13:22:00		14:22:00		15:22:00		16:22:00		17:22:00	
12:23:00		13:23:00		14:23:00		15:23:00		16:23:00		17:23:00	
12:24:00		13:24:00		14:24:00		15:24:00		16:24:00		17:24:00	
12:25:00		13:25:00		14:25:00		15:25:00		16:25:00		17:25:00	
12:26:00		13:26:00		14:26:00		15:26:00		16:26:00		17:26:00	
12:27:00		13:27:00		14:27:00		15:27:00		16:27:00		17:27:00	
12:28:00		13:28:00		14:28:00		15:28:00		16:28:00		17:28:00	
12:29:00		13:29:00		14:29:00		15:29:00		16:29:00		17:29:00	
12:30:00		13:30:00		14:30:00		15:30:00		16:30:00		17:30:00	
12:31:00		13:31:00		14:31:00		15:31:00		16:31:00		17:31:00	
12:32:00		13:32:00		14:32:00		15:32:00		16:32:00		17:32:00	
12:33:00		13:33:00		14:33:00		15:33:00		16:33:00		17:33:00	
12:34:00		13:34:00		14:34:00		15:34:00		16:34:00		17:34:00	
12:35:00		13:35:00		14:35:00		15:35:00		16:35:00		17:35:00	
12:36:00		13:36:00		14:36:00		15:36:00		16:36:00		17:36:00	
12:37:00		13:37:00		14:37:00		15:37:00		16:37:00		17:37:00	
12:38:00		13:38:00		14:38:00		15:38:00		16:38:00		17:38:00	
12:39:00		13:39:00		14:39:00		15:39:00		16:39:00		17:39:00	
12:40:00		13:40:00		14:40:00		15:40:00		16:40:00		17:40:00	
12:41:00		13:41:00		14:41:00		15:41:00		16:41:00		17:41:00	
12:42:00		13:42:00		14:42:00		15:42:00		16:42:00		17:42:00	
12:43:00		13:43:00		14:43:00		15:43:00		16:43:00		17:43:00	
12:44:00		13:44:00		14:44:00		15:44:00		16:44:00		17:44:00	
12:45:00		13:45:00		14:45:00		15:45:00		16:45:00		17:45:00	
12:46:00		13:46:00		14:46:00		15:46:00		16:46:00		17:46:00	
12:47:00		13:47:00		14:47:00		15:47:00		16:47:00		17:47:00	
12:48:00		13:48:00		14:48:00		15:48:00		16:48:00		17:48:00	
12:49:00		13:49:00		14:49:00		15:49:00		16:49:00		17:49:00	
12:50:00		13:50:00		14:50:00		15:50:00		16:50:00		17:50:00	
12:51:00		13:51:00		14:51:00		15:51:00		16:51:00		17:51:00	
12:52:00		13:52:00		14:52:00		15:52:00		16:52:00		17:52:00	
12:53:00		13:53:00		14:53:00		15:53:00		16:53:00		17:53:00	
12:54:00		13:54:00		14:54:00		15:54:00		16:54:00		17:54:00	
12:55:00		13:55:00		14:55:00		15:55:00		16:55:00		17:55:00	
12:56:00		13:56:00		14:56:00		15:56:00		16:56:00		17:56:00	
12:57:00		13:57:00		14:57:00		15:57:00		16:57:00		17:57:00	
12:58:00		13:58:00		14:58:00		15:58:00		16:58:00		17:58:00	
12:59:00		13:59:00		14:59:00		15:59:00		16:59:00		17:59:00	

NOITE (18:00 ÀS 23:59)											
HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS	HORAS	VEÍCULOS
18:00:00		19:00:00		20:00:00		21:00:00		22:00:00		23:00:00	
18:01:00		19:01:00		20:01:00		21:01:00		22:01:00		23:01:00	
18:02:00		19:02:00		20:02:00		21:02:00		22:02:00		23:02:00	
18:03:00		19:03:00		20:03:00		21:03:00		22:03:00		23:03:00	
18:04:00		19:04:00		20:04:00		21:04:00		22:04:00		23:04:00	
18:05:00		19:05:00		20:05:00		21:05:00		22:05:00		23:05:00	
18:06:00		19:06:00		20:06:00		21:06:00		22:06:00		23:06:00	
18:07:00		19:07:00		20:07:00		21:07:00		22:07:00		23:07:00	
18:08:00		19:08:00		20:08:00		21:08:00		22:08:00		23:08:00	
18:09:00		19:09:00		20:09:00		21:09:00		22:09:00		23:09:00	
18:10:00		19:10:00		20:10:00		21:10:00		22:10:00		23:10:00	
18:11:00		19:11:00		20:11:00		21:11:00		22:11:00		23:11:00	
18:12:00		19:12:00		20:12:00		21:12:00		22:12:00		23:12:00	
18:13:00		19:13:00		20:13:00		21:13:00		22:13:00		23:13:00	
18:14:00		19:14:00		20:14:00		21:14:00		22:14:00		23:14:00	
18:15:00		19:15:00		20:15:00		21:15:00		22:15:00		23:15:00	
18:16:00		19:16:00		20:16:00		21:16:00		22:16:00		23:16:00	
18:17:00		19:17:00		20:17:00		21:17:00		22:17:00		23:17:00	
18:18:00		19:18:00		20:18:00		21:18:00		22:18:00		23:18:00	
18:19:00		19:19:00		20:19:00		21:19:00		22:19:00		23:19:00	
18:20:00		19:20:00		20:20:00		21:20:00		22:20:00		23:20:00	
18:21:00		19:21:00		20:21:00		21:21:00		22:21:00		23:21:00	
18:22:00		19:22:00		20:22:00		21:22:00		22:22:00		23:22:00	
18:23:00		19:23:00		20:23:00		21:23:00		22:23:00		23:23:00	
18:24:00		19:24:00		20:24:00		21:24:00		22:24:00		23:24:00	
18:25:00		19:25:00		20:25:00		21:25:00		22:25:00		23:25:00	
18:26:00		19:26:00		20:26:00		21:26:00		22:26:00		23:26:00	
18:27:00		19:27:00		20:27:00		21:27:00		22:27:00		23:27:00	
18:28:00		19:28:00		20:28:00		21:28:00		22:28:00		23:28:00	
18:29:00		19:29:00		20:29:00		21:29:00		22:29:00		23:29:00	
18:30:00		19:30:00		20:30:00		21:30:00		22:30:00		23:30:00	
18:31:00		19:31:00		20:31:00		21:31:00		22:31:00		23:31:00	
18:32:00		19:32:00		20:32:00		21:32:00		22:32:00		23:32:00	
18:33:00		19:33:00		20:33:00		21:33:00		22:33:00		23:33:00	
18:34:00		19:34:00		20:34:00		21:34:00		22:34:00		23:34:00	
18:35:00		19:35:00		20:35:00		21:35:00		22:35:00		23:35:00	
18:36:00		19:36:00		20:36:00		21:36:00		22:36:00		23:36:00	
18:37:00		19:37:00		20:37:00		21:37:00		22:37:00		23:37:00	
18:38:00		19:38:00		20:38:00		21:38:00		22:38:00		23:38:00	
18:39:00		19:39:00		20:39:00		21:39:00		22:39:00		23:39:00	
18:40:00		19:40:00		20:40:00		21:40:00		22:40:00		23:40:00	
18:41:00		19:41:00		20:41:00		21:41:00		22:41:00		23:41:00	
18:42:00		19:42:00		20:42:00		21:42:00		22:42:00		23:42:00	
18:43:00		19:43:00		20:43:00		21:43:00		22:43:00		23:43:00	
18:44:00		19:44:00		20:44:00		21:44:00		22:44:00		23:44:00	
18:45:00		19:45:00		20:45:00		21:45:00		22:45:00		23:45:00	
18:46:00		19:46:00		20:46:00		21:46:00		22:46:00		23:46:00	
18:47:00		19:47:00		20:47:00		21:47:00		22:47:00		23:47:00	
18:48:00		19:48:00		20:48:00		21:48:00		22:48:00		23:48:00	
18:49:00		19:49:00		20:49:00		21:49:00		22:49:00		23:49:00	
18:50:00		19:50:00		20:50:00		21:50:00		22:50:00		23:50:00	
18:51:00		19:51:00		20:51:00		21:51:00		22:51:00		23:51:00	
18:52:00		19:52:00		20:52:00		21:52:00		22:52:00		23:52:00	
18:53:00		19:53:00		20:53:00		21:53:00		22:53:00		23:53:00	
18:54:00		19:54:00		20:54:00		21:54:00		22:54:00		23:54:00	
18:55:00		19:55:00		20:55:00		21:55:00		22:55:00		23:55:00	
18:56:00		19:56:00		20:56:00		21:56:00		22:56:00		23:56:00	
18:57:00		19:57:00		20:57:00		21:57:00		22:57:00		23:57:00	
18:58:00		19:58:00		20:58:00		21:58:00		22:58:00		23:58:00	
18:59:00		19:59:00		20:59:00		21:59:00		22:59:00		23:59:00	