

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

LUCA JOSÉ DOS SANTOS

ESTIMATIVA DA PROPENSÃO AO ALUGUEL DE BICICLETAS
PEDELECS EM JOINVILLE

Joinville
2017

LUCA JOSÉ DOS SANTOS

ESTIMATIVA DA PROPENSÃO AO ALUGUEL DE BICICLETAS
PEDELECS EM JOINVILLE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Transportes e Logística pela Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Augusto Isler

Joinville
2017

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo estimar a proporção de usuários propensos a usufruir de um serviço de aluguel de bicicletas elétricas do tipo *pedelec* no Parque Morro da Boa Vista, em Joinville. Uma pesquisa de preferência declarada foi executada pela aplicação do questionário aos visitantes do local. Com os dados obtidos, um modelo logit binomial foi estimado para o cálculo das probabilidades de escolha das alternativas disponíveis aos indivíduos. Diferentes cenários foram estabelecidos para projeção das probabilidades de escolha e para estimativa de potencial receita monetária para a estação de aluguel das bicicletas. Os resultados obtidos sugerem que os cenários de condições mais favoráveis ao aluguel não coincidem com aqueles que maximizam as receitas advindas do serviço oferecido. Ainda, foi possível concluir que os visitantes do parque são menos sensíveis ao preço do aluguel quando as condições climáticas favorecem o lazer ao ar livre.

Palavras-chave: Transporte ciclovitário. Pesquisa de preferência declarada. Modelos de escolha discreta.

ABSTRACT

This monograph aims to estimate the proportion of users who are likely to benefit from an of *pedelec* electric bicycle rental service in the Parque Morro da Boa Vista, in Joinville. A stated preference study was performed by applying the questionnaire to site visitors. With the data obtained, a binomial logit model was estimated for the calculation of choice probabilities between the alternatives available to the individuals. Different scenarios were established to forecast probabilities of choice and to estimate potential monetary income for the bicycle rental station. The results suggest that the scenarios of conditions more favorable to rent do not coincide with those that maximize the revenues from the offered service. Also, it was possible to conclude that park visitors are less sensitive to the rental price when climatic conditions favor outdoor leisure.

Keywords: Bicycle transport. Stated preference. Discrete choice models.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma das variáveis que influenciam o uso da bicicleta.	11
Figura 2 – Etapas do planejamento do experimento de preferência declarada .	21
Figura 3 – Exemplo da apresentação dos cenários durante as entrevistas no parque	26
Figura 4 – Exemplo da apresentação <i>online</i> dos cenários	26
Figura 5 – Indicadores de qualidade dos modelos estimados	36
Figura 6 – Probabilidades estimadas para o clima com <i>probabilidade de chuva</i>	38
Figura 7 – Probabilidades estimadas para o clima <i>frio</i>	39
Figura 8 – Probabilidades estimadas para o clima <i>agradável</i>	39
Figura 9 – Probabilidades estimadas para o clima <i>calor</i>	40
Figura 10 – Probabilidades estimadas para 1h de aluguel	41
Figura 11 – Probabilidades estimadas para 2h de aluguel	41
Figura 12 – Probabilidades estimadas para 8h de aluguel	42
Figura 13 – Receitas estimadas para a estação em clima com <i>probabilidade de chuva</i>	43
Figura 14 – Receitas estimadas para a estação em clima <i>frio</i>	44
Figura 15 – Receitas estimadas para a estação em clima <i>agradável</i>	44
Figura 16 – Receitas estimadas para a estação em situações de <i>calor</i>	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Abordagens matemáticas utilizadas para previsão da demanda cicloviária.	16
Tabela 2 – Atributos considerados para a pesquisa de preferência declarada .	21
Tabela 3 – Atributos relevantes à escolha e seus níveis	22
Tabela 4 – Atributos socioeconômicos incluídos no questionário	23
Tabela 5 – Exemplo de bloco de preferência declarada	24
Tabela 6 – Valores estimados para o Modelo 1	30
Tabela 7 – <i>P-value</i> correspondente a correlação entre coeficientes	30
Tabela 8 – Valores estimados para o Modelo 2	31
Tabela 9 – Valores estimados para o Modelo 3	32
Tabela 10 – Valores estimados para o Modelo 4	33
Tabela 11 – Valores estimados para o Modelo 5	34
Tabela 12 – Valores estimados para o Modelo 6	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivos	9
1.2	Estrutura do trabalho	9
2	REVISÃO TEÓRICA	10
2.1	Fatores para escolha do modo cicloviário	11
2.2	Estimativa de escolha do modo cicloviário	13
2.2.1	Pesquisas de Escolha Modal	13
2.2.2	Planejamento de experimentos	15
2.2.3	Modelagem de Divisão Modal	15
2.2.4	Modelos de Escolha Discreta	16
2.2.5	Comparação de modelos	18
3	MÉTODO	20
3.1	Pesquisa de Preferência Declarada	20
3.1.1	Caracterização do público-alvo	20
3.1.2	Definição dos atributos e níveis	21
3.1.3	Planejamento do experimento	23
3.2	Aplicação da pesquisa	24
3.2.1	Questionário piloto	25
3.2.2	Questionário final	25
3.3	Modelagem da escolha discreta	27
3.4	Projeções de demanda	28
4	RESULTADOS	29
4.1	Modelo 1	29
4.2	Modelo 2	31
4.3	Modelo 3	32
4.4	Modelo 4	33
4.5	Modelo 5	34
4.6	Modelo 6	35
4.7	Escolha do modelo	36
4.8	Propensão ao aluguel mediante o clima	38
4.9	Propensão ao aluguel mediante a duração	40
4.10	Estimativas de receita para a estação	42
5	CONCLUSÕES	46

Referências	48
------------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O Parque Morro da Boa Vista, situado na cidade de Joinville, é um dos principais atrativos para atividades recreacionais dos joinvilenses desde sua reinauguração em 2016, tornando-se um polo gerador de viagens sobretudo nos fins de semana.

Observa-se também, nos últimos anos, que a consciência ambiental associada a um estilo de vida mais saudável contribuiu para aumento do uso do modo ciclovitário (CADENA; ANDRADE; DOURADO, 2014), e até países com cultura de uso do carro aumentaram seus índices de ciclismo (PUCHER; BUEHLER, 2012).

Os estudos de demanda têm papel importante no processo de planejamento de transportes, uma vez que o setor exige, com frequência, estimativas e previsões, para o investimento adequado de recursos (BARNES; KRIZEK, 2006). O Federal Highway Administration (FHWA, 1999) apresenta algumas perguntas que podem ser respondidas por meio da modelagem da demanda ciclovitária: se um incentivo a ciclistas for construído, quantas pessoas utilizarão o sistema? Se uma infraestrutura existente for melhorada, quantas pessoas a mais optarão por bicicletas? Como os incentivos ao modo ciclovitário impactarão no uso de veículos motorizados?

Recentemente, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012) foi estabelecida atribuindo-se prioridade aos transportes não-motorizados em detrimento dos motorizados, incentivando a redução dos impactos ambientais e custos para os deslocamentos urbanos.

Mais especificamente, a cidade de Joinville tem aptidão para o uso do modo ciclovitário, sendo inclusive conhecida como *Cidade das Bicicletas*. Entretanto, observa-se pouca infraestrutura pública disponível para esse fim, como espaços reservados para estacionamento de bicicletas, oficinas para consertos ou serviços de compartilhamento (bike sharing) adequados, que incentivem e apoiem a utilização pelos habitantes.

Por outro lado, esse cenário contrapõe-se aos exemplos mostrados por Cadena, Andrade e Dourado (2014) sobre outras cidades brasileiras que conseguiram implementar este serviço com sucesso.

As considerações apresentadas neste trabalho buscam contribuir para identificação do potencial de utilização de bicicletas elétricas do tipo pedelec para lazer no Parque Morro da Boa Vista, em Joinville, sob diferentes cenários de oferta do serviço de aluguel desses veículos em uma estação hipotética instalada no local.

As principais variáveis que influenciam a escolha do modo ciclovitário foram estabelecidas com base em estudos anteriores sobre o tema e uma modelagem de

escolha discreta (BEN-AKIVA; LERMAN, 1985; ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011) foi aplicada aos resultados de uma pesquisa realizada com os usuários do parque.

1.1 Objetivos

Objetivo Geral

Estimar a proporção de usuários propensos a usufruir de um serviço de aluguel de bicicletas elétricas do tipo *pedelec* no Parque Morro da Boa Vista, em Joinville.

Objetivos Específicos

Os objetivos específicos para atingir o objetivo geral indicado são:

- a. Planejar e executar uma pesquisa de preferência declarada;
- b. Modelar os dados coletados por meio de técnicas existentes na literatura;
- c. Estimar a proporção de usuários de uma estação de aluguel de bicicletas no Parque Morro da Boa Vista mediante diferentes níveis dos atributos envolvidos na pesquisa de preferência declarada;
- d. Realizar projeções das probabilidades de escolha da bicicleta e de potenciais receitas advindas do aluguel mediante diferentes cenários.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em 5 capítulos além desta introdução. O Capítulo 2 contém uma revisão da bibliografia existente sobre o tema. O terceiro capítulo trata da descrição da pesquisa de preferência declarada, desde a definição dos atributos até a aplicação do questionário resultante, bem como da técnica de modelagem considerada. No Capítulo 4 estão apresentados os resultados obtidos nas entrevistas, os modelos de escolha discreta propostos para representar a proporção de usuários da estação proposta no Parque Morro da Boa Vista, indicação daquele que melhor representa as escolhas da pesquisa de preferência declarada e as projeções resultantes desse modelo. Finalmente, no capítulo 5, são apresentadas as considerações sobre os resultados do trabalho realizado.

2 REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda os conceitos sobre a utilização de bicicletas no ambiente urbano, os fatores que influenciam o uso de bicicletas, planejamento de experimentos e modelagem de escolha modal.

A cidade de Joinville possui características favoráveis ao uso da bicicleta, como baixa variação da topografia e presença de muitos operários devido ao desenvolvimento industrial da cidade. Por exemplo, na Rua Iririú, em bairro residencial de muitos trabalhadores da indústria à época de 1972, o percentual de ciclistas superava o de motoristas e passageiros de automóveis, chegando a 31,3% (GEIPOT, 2001).

Dill e Carr (2003) afirmam que o número de usuários de bicicleta aumenta com a implementação de ciclovias/ciclofaixas após análise em 35 cidades americanas. Entretanto, os autores afirmam que a oferta isolada dessas infraestruturas não são suficientes, uma vez que devem conectar origens e destinos populares. Além disso, os usuários devem estar cientes dos benefícios do uso da bicicleta como modo de viagem e devem existir locais adequados e seguros para estacionamento.

Nesse contexto, apesar de o poder público ter implementado ciclofaixas nos últimos anos em Joinville, é possível afirmar que município ainda carece de outras infraestruturas que incentivem o uso do modo ciclovário.

Recentemente, Cadurin (2016) propôs um sistema de compartilhamento de pedelecs em uma universidade de São Carlos-SP e avaliou a demanda potencial do sistema por meio de uma pesquisa de preferência declarada. Os resultados indicam que ciclovias e ciclofaixas são fundamentais para elevar a probabilidade de escolha do modo e evidenciam a demanda potencial para o sistema proposto.

Na cidade de Montes Claros-MG, Magalhães e Palhares (2013) realizaram uma pesquisa de preferência declarada para estimar a demanda de usuários de bicicleta como proposta para soluções alternativas de projeto de um sistema ciclovário, inclusive uma infraestrutura de bicicletário pago. O método se mostrou útil e adequado para avaliar o comportamento dos usuários potenciais, mesmo observando-se que atributos tipicamente importantes tenham apresentado baixa relevância para os entrevistados.

A identificação dos atributos que exercem influência sobre os potenciais usuários de bicicletas como modo de viagem é um fator importante para o desenvolvimento das pesquisas. O modo de transporte possui atributos que o classificam como rápido e eficiente para pequenos deslocamentos urbanos ou de lazer, além de ser ambientalmente viável por não emitir gases poluentes à atmosfera,

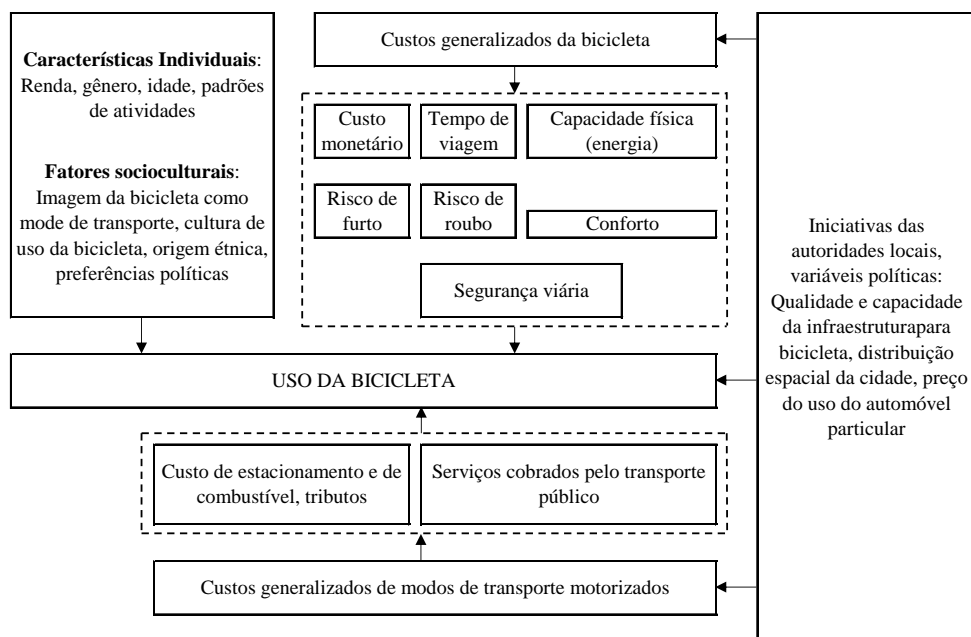
ser silencioso, discreto, econômico e, em geral, acessível coletivamente aos membros de um núcleo familiar (AQUINO, 2007 apud SOUSA, 2012).

Diversos estudos buscaram identificar as variáveis que influenciam a escolha dos usuários pelo modo ciclovitário (RIETVELD; DANIEL, 2004; SOUSA, 2012; PEZZUTO, 2002; BANDEIRA; CAMPOS; MAGALHÃES, 2015; ALBINO; PORTUGAL, 2015; FHWA, 1999) para melhor compreensão da decisão dos cidadãos no momento de optarem pelo modo em detrimento dos outros disponíveis. Os fatores determinantes para a escolha do modo ciclovitário são apresentados na próxima seção.

2.1 Fatores para escolha do modo ciclovitário

Rietveld e Daniel (2004) afirmam que diversos fatores induzem ao aumento da demanda ciclovitária em áreas urbanas. A Figura 1 apresenta a adaptação feita por Sousa (2012) do fluxograma sugerido pelos autores sobre tais fatores.

Figura 1 – Fluxograma das variáveis que influenciam o uso da bicicleta.



Fonte: Sousa (2012, p. 25) adaptado de Rietveld e Daniel (2004).

O gênero influencia na escolha do modal pois as mulheres estão mais suscetíveis à violência urbana e, "[...] geralmente, têm menor capacidade física para pedalar [...] em comparação com os homens" (SOUSA, 2012, p. 19). O mesmo autor aponta que a renda pode determinar a posse de carros, motos, bicicletas, e isso resulta em mais opções a serem escolhidas para as viagens.

A idade pode limitar o uso em razão de características próprias de cada faixa etária, como coordenação motora e preparo físico. O uso da bicicleta sofre influências do padrão de atividades pois, para cada situação do cotidiano, os indivíduos têm

necessidades específicas e escolhem o modo de transporte mais adequado à situação em que se encontram (SOUSA, 2012).

Tanto os custos generalizados da bicicleta quanto os dos modos motorizados de transporte podem ser afetados por medidas políticas. Por exemplo, as autoridades podem incentivar o uso da bicicleta ao elevar tributos relacionados aos combustíveis dos modos motorizados e ao oferecer infraestruturas que aumentem o conforto e segurança dos usuários de bicicleta (SOUSA, 2012).

Pezzuto (2002) identificou que os fatores mais importantes para um grupo classificado como ciclista (pessoas que utilizam a bicicleta para viagens utilitárias) são segurança e conforto para pedalar, por meio de questionário aplicado em escolas, comércio local e em uma instituição de preparação para o mercado de trabalho.

Bandeira, Campos e Magalhães (2015) identificaram 87 variáveis associadas à utilização da bicicleta como modo de transporte em estudos relacionados à estimativa de demanda cicloviária. Os fatores foram agrupados de acordo com a classificação proposta por Fernández-Heredia, Monzón e Jara-Díaz (2014).

Os 18 estudos consultados são, na maioria, europeus e americanos. Além disso, todos foram realizados a partir do ano 2000, demonstrando recente interesse em pesquisas sobre o modo. Os autores julgaram relevantes para a escolha do uso da bicicleta variáveis que apareceram em mais de um estudo entre as 87 analisadas, que resultaram na lista apresentada a seguir segmentadas por categoria.

- **Socioeconômicas:** Idade; Renda Familiar; Gênero; Posse de automóvel; Escolaridade; Etnia; Localização Residencial.
- **Características da Viagem:** Tempo de Viagem; Custo do Transporte Individual; Motivo da Viagem; Distância de Viagem.
- **Uso do Solo/Ambiente Construído:** População; Vias Cicláveis; Áreas Comerciais; Existência de polos atratores/geradores de viagens recreacionais; Polos geradores de viagens não-recreacionais; Empregos; Proximidade a polos geradores de viagens; Proximidade à área central; Proximidade a ciclovias/vias orientadas para a circulação de bicicletas.
- **Infraestrutura Viária:** Facilidades para bicicletas no destino; Localização da rota ciclável em relação à via; Sinalização específica para bicicletas.
- **Ambiente Físico:** Precipitação; Topografia; Temperatura.
- **Fatores Subjetivos Mensuráveis:** Segurança no tráfego e quanto ao crime.
- **Fatores Latentes:** Imagem do transporte cicloviário.

É possível afirmar que variáveis socioeconômicas e de uso do solo/ambiente construído foram amplamente consideradas, seguidas pelas relacionadas às características da viagem, infraestrutura viária e ambiente físico. Percebe-se menor número de variáveis relacionadas aos fatores subjetivos mensuráveis e latentes.

2.2 Estimativa de escolha do modo ciclovário

As estimativas de demanda por modos de transporte em geral seguem uma abordagem tradicional conhecida como “Modelo quatro etapas” por possuir quatro etapas distintas e inter-relacionadas (geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego) (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Considerando uma região dividida por zonas de tráfego, a primeira etapa da abordagem (geração de viagens) objetiva estimar o número de viagens produzidas e atraídas por cada zona de tráfego, por meio de características socioeconômicas da população da respectiva zona de tráfego.

A etapa seguinte (distribuição de viagens) busca definir a quantidade de viagens realizadas entre cada origem e destino. Assim, obtém-se uma matriz origem-destino (OD) que apresenta a distribuição das viagens realizadas entre as zonas de tráfego.

Na terceira etapa (divisão modal), a quantidade de viagens definidas na etapa anterior é distribuída entre os modos de transporte disponíveis aos usuários ou que são objeto de implantação futura. Essa última condição é avaliada através de pesquisas de escolha modal e técnicas de modelagem das respostas obtidas.

Por fim, na quarta etapa (alocação de tráfego), o número de deslocamentos entre as zonas de tráfego divididos por modo de transporte são alocados nas rotas disponíveis entre cada par OD, as quais são definidas por arcos que constituem a rede de transporte existente.

Este trabalho tem enfoque na terceira etapa, com o intuito de identificar quantitativamente o potencial da escolha do modo ciclovário para fins de lazer em um parque na cidade de Joinville. Por esse motivo, as próximas subseções deste capítulo tratam de temas que envolvem a elaboração e aplicação de pesquisas, bem como a modelagem de suas respostas para fins de planejamento.

2.2.1 Pesquisas de Escolha Modal

No âmbito da abordagem quatro etapas, a escolha modal envolve técnicas para estimativa da proporção de usuários que utilizam os modos de transportes existentes, ou utilizariam um novo modo a ser implantado, atendendo diferentes condições de oferta de infraestrutura e serviços (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011)

Essas técnicas envolvem a preparação de uma pesquisa e aplicação aos possíveis usuários, a modelagem das respostas obtidas e, por fim, a projeção das estimativas de divisão modal mediante diferentes cenários.

A pesquisa pode ser de dois tipos: Preferência Revelada (PR) ou Preferência Declarada (PD). A pesquisa de preferência revelada visa identificar as escolhas futuras por informações obtidas a partir de ações já realizadas ou observadas pelo respondente, de acordo com a oferta atual de modos de transporte (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Pesquisas de preferência revelada possuem algumas limitações que restringem o entendimento dos hábitos de locomoção dos usuários. A resposta por observação pode não ser um bom parâmetro para elaborar um modelo matemático de previsão, conforme explicam Ortúzar e Willumsen (2011). Além disso, as escolhas realizadas podem evidenciar alguns fatores e, ao mesmo tempo, excluir outros que possam ser importantes. Também existe dificuldade na obtenção de respostas sobre novas infraestruturas e serviços, pois os usuários não possuem qualquer experiência anterior para retratar a ocasião.

Diferentemente da PR, a pesquisa de preferência declarada visa a obtenção de informações sobre viagens a partir de situações hipotéticas e, portanto, o entendimento sobre as potenciais escolhas dos usuários em uma realidade diferente da atual.

Segundo Ortúzar e Willumsen (2011), os três métodos mais comuns de PD são:

- *Contingent Valuation*: o usuário quantifica, em termos monetários, sua disposição a pagar por certo produto ou serviço;
- *Conjoint Analysis*: o usuário enumera as alternativas segundo suas preferências;
- *Stated Choice*: o usuário escolhe a alternativa que mais lhe agrada.

A principal diferença entre as pesquisas PR e PD é que nessa os entrevistados são questionados sobre o que fariam em situações hipotéticas, e naquela os entrevistados devem responder sobre uma escolha com base em cenários existentes.

Ortúzar e Willumsen (2011) comentam que o problema crucial da PD consiste no nível de confiança em relação à resposta do usuário, que em muitos casos não faria na prática aquilo que respondeu no questionário. Entretanto, a evolução dos métodos de pesquisa tem possibilitado o aumento dessa confiança.

A construção dos cenários hipotéticos é realizada de modo que o efeito individual de cada atributo envolvido possa ser estimado. Isso é alcançado com técnicas de planejamento de experimentos, as quais conferem a estimativa do parâmetro de cada atributo envolvido na pesquisa, minimizando uma medida de erro provável.

Pelo fato de Joinville não possuir nenhuma estação de aluguel de bicicletas implantada, tem-se um cenário de incertezas sobre a aceitação da infraestrutura proposta neste trabalho pelos habitantes da cidade em seus momentos de lazer. Assim, propõe-se uma pesquisa de preferência declarada a ser aplicada Parque Morro da Boa Vista considerando uma estação de aluguel de bicicletas elétricas do tipo pedelec para os momentos de lazer dos joinvilenses.

Dado o tipo de pesquisa a ser realizada, a etapa de construção e aplicação do questionário está associada às técnicas de planejamento de experimentos. Após a aplicação do questionário resultante desse planejamento, as respostas obtidas podem ser modeladas matematicamente, para então serem realizadas projeções para cenários distintos dos pesquisados.

2.2.2 Planejamento de experimentos

Os resultados realistas de uma pesquisa, ou experimento, associam-se à maneira utilizada para a sua construção e às análises decorrentes das respostas.

Quanto à construção do experimento, há diversas técnicas que orientam o planejador a criar um questionário que viabiliza a obtenção de respostas significativas sobre o fenômeno estudado. Este processo não é simples e consome recursos de tempo significativos se realizado de forma adequada (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Ao se planejar uma pesquisa de preferência declarada, deve-se, inicialmente, definir os objetivos da pesquisa. Em seguida, é necessário limitar as alternativas de resposta, identificar os atributos mais relevantes que influenciam a escolha dos entrevistados entre as alternativas disponíveis e definir os níveis (valores numéricos) que cada atributo pode assumir. Nesta etapa, os atributos escolhidos e seus níveis devem retratar cenários que representem, suficientemente, a realidade e as alternativas não devem omitir opções de escolha que os usuários poderiam realizar na prática.

Cinco abordagens podem ser consideradas no planejamento de experimentos para pesquisas de preferência declarada: experimento fatorial completo; fatorial fracionado; fatorial fracionado ortogonal; fatorial fracionado D-Ótimo; e fatorial fracionado D-Eficiente (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Estabelecer um experimento *fatorial* consiste em apresentar os níveis dos atributos envolvidos na pesquisa a mesma quantidade de vezes em todo o questionário.

Um experimento *completo* significa que todas as combinações de níveis de atributos estão presentes no questionário. Por outro lado, experimento *fracionado* ocorre quando apenas um subconjunto dos cenários possíveis resulta no questionário. O termo *ortogonal* se relaciona ao experimento que, mesmo fracionado, garante que não há interação (ou há ortogonalidade) entre os níveis dos atributos.

De acordo com a necessidade e os objetivos definidos, é necessário dividir as perguntas dos questionários em subconjuntos denominados *blocos*, tal que cada participante responde somente um bloco, evitando uma pesquisa extensa e viés na resposta das últimas questões devido à eventual perda de interesse do participante.

2.2.3 Modelagem de Divisão Modal

As pesquisas que tratam sobre a modelagem da demanda por viagens de bicicleta têm utilizado diferentes métodos (SOUSA, 2012; MAGALHÃES; PALHARES, 2013; BANDEIRA; CAMPOS; MAGALHÃES, 2015), evidenciando que a divisão modal pode ser estimada a partir de abordagens distintas.

Entre os estudos relacionados aos transportes, destacam-se os modelos de escolha discreta que "[...] são largamente utilizados tanto para resolver problemas relacionados à escolha do modo quanto para a escolha da rota" (SOUSA, 2012, p. 45).

Bandeira, Campos e Magalhães (2015) classificam em três categorias as pesquisas sobre o tema desde o ano 2000 conforme caracterizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Abordagens matemáticas utilizadas para previsão da demanda ciclovitária.

	Modelo	Autores
Modelos de Regressão	Regressão linear simples	Barnes e Krizek (2005)
	Estudos transversais (<i>cross-section</i>)	Dill e Carr (2003)
	Regressão semi-linear	Rietveld e Daniel (2004)
	Regressão logística	Parkin <i>et al.</i> (2008)
	Regressão log-linear	Griswold <i>et al.</i> (2011)
	Regressão log-log	Buehler e Pucher (2012)
	Regressão binomial negativa (BN)	Hankey <i>et al.</i> (2012)
	Regressão BN inflacionada de zeros	Khan <i>et al.</i> (2013)
	Regressão de Poisson	Khan <i>et al.</i> (2013), Tabeshian e Kattan (2014)
Modelos Logit	Logit binário	Ortúzar <i>et al.</i> (2000), Godefroy e Morency (2012), Khan <i>et al.</i> (2013)
	Logit hierárquico	Wardman <i>et al.</i> (2007)
	Logit multinomial	Khan <i>et al.</i> (2013)
	Logit multinomial híbrido	Maldonado-Hinarejos <i>et al.</i> (2014)
Outras abordagens	Sintaxe Espacial	Raford <i>et al.</i> (2007), McCahill e Garrick (2008)
	Análise Multicritério	Rybarczyk e Wu (2010)
	Modelo Econométrico	Habib <i>et al.</i> (2014)
	Análise espacial (SIG)	Krykewycz <i>et al.</i> (2010)

Fonte: Bandeira, Campos e Magalhães (2015, p. 1692).

As abordagens matemáticas de regressão e Logit (modelos de escolha discreta) têm sido amplamente utilizadas em estudos de demanda ciclovitária.

2.2.4 Modelos de Escolha Discreta

A modelagem de escolha discreta é amplamente utilizada para o planejamento de sistemas de transportes. Sousa (2012) argumenta que a utilização desta técnica se dá pelo fato de permitir a construção de funções utilidade que representam adequadamente a escolha do modo por meio de variáveis numéricas.

De modo geral, os modelos de escolha discreta permitem estimar a probabilidade de um indivíduo escolher uma alternativa, entre todas possíveis, com base em dados socioeconômicos do indivíduo e dos atributos envolvidos em cada estudo.

Com base na Teoria da Utilidade, estima-se uma função utilidade para cada alternativa, que, em geral, trata-se de uma combinação dos atributos do modo de transporte e do indivíduo, multiplicados por parâmetros que quantificam a importância do atributo para a utilidade da alternativa.

Supondo que os indivíduos pertencem a uma população homogênea Q e o conjunto de alternativas é dado por A , a alternativa escolhida por um indivíduo q ($A(q) \in A$) é aquela que apresenta maior utilidade (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Assim, a função utilidade pode ser descrita de acordo com a Equação 2.1.

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (2.1)$$

A utilidade da alternativa escolhida U_{jq} corresponde a uma parcela mensurável V_{jq} , que é função dos atributos que caracterizam a alternativa e o indivíduo, e a uma parcela aleatória ε_{jq} que compreende às particularidades não mensuráveis das alternativas e do indivíduo ao realizar sua escolha modal, além de erros no processo de calibração do modelo (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

De modo geral, V_{jq} é caracterizado por um modelo linear aditivo dos atributos das alternativas e do indivíduo (x_{jkq}), multiplicados por parâmetros que quantificam a importância de cada atributo para a probabilidade de escolha da alternativa (θ_{kj}), como mostrado na Equação 2.2.

$$V_{jq} = \sum_k \theta_{kj} \cdot x_{jkq} \quad (2.2)$$

Dado que a parcela ε_{jq} da função utilidade é desconhecida, esta pode ser caracterizada como uma variável aleatória representada matematicamente por uma função de distribuição de probabilidade. Nesse caso, uma escolha só pode ser estabelecida em termos probabilísticos, tal que uma alternativa escolhida corresponde àquela que apresenta maior valor de probabilidade de sua utilidade ser maior do que a utilidade de todas as outras alternativas.

Considerando que esses erros são independentes entre indivíduos, identicamente distribuídos e caracterizados por uma função de distribuição de probabilidade Gumbel (ou Weibull) tem-se um “Modelo Logit”, cujas probabilidades de escolha da alternativa j pelo indivíduo q pode ser calculada analiticamente pela Equação 2.3 (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

$$P_{iq} = \frac{e^{V_{iq}}}{\sum_{j=1}^A e^{V_{jq}}} \quad (2.3)$$

Por outro lado, assumindo que os resíduos ε_{jq} podem ser representados por uma função de distribuição de probabilidade Normal, tem-se um “Modelo Probit”. Entretanto, sob essas circunstâncias, o cálculo das probabilidades de escolha das alternativas se torna muito mais complexo pois envolve a estimativa de integrais daquela função matemática (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

De acordo com a quantidade de alternativas, os modelos Logit e Probit podem ser classificados como *Binomial*, quando há apenas duas alternativas disponíveis aos usuários, ou *Multinomial*, quando há mais de duas alternativas disponíveis. Existem extensões dos modelos de escolha discreta baseados na Teoria da Utilidade que visam uma modelagem mais acurada das respostas das pesquisas, como *Nested Logit* e o

Mixed Logit (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011), entretanto o enfoque deste trabalho é na modelagem Logit Binomial.

2.2.5 Comparação de modelos

Diferentes formatos de função utilidade podem ser propostos para aumentar a robustez do modelo em relação às respostas da pesquisa de preferência declarada, que pode ser estimada através de testes estatísticos apresentados por Ortúzar e Willumsen (2011). A definição de um modelo adequado é um processo iterativo decorrente do aprimoramento de um modelo inicial, cujas modificações devem ser feitas de acordo com os resultados derivados dos testes estatísticos.

Ortúzar e Willumsen (2011) indicam os seguintes testes estatísticos para avaliação de modelos de escolha discreta:

- Teste t-Student para significância dos parâmetros da função utilidade
O teste afere se o valor dos parâmetros associados aos atributos diferem estatisticamente de zero. Assumindo nível de confiança de 95%, o valor absoluto da estatística t-Student deve ser superior a 1,96 ou o respectivo *p-value* deve ser inferior a 5%. Assim, rejeita-se a hipótese nula de que o parâmetro é estatisticamente igual a zero e se conclui que o atributo tem efeito significativo sobre a escolha da alternativa.
- Índice ρ^2
É um índice que sinaliza se o modelo ajusta-se adequadamente aos dados, permitindo a comparação entre modelos distintos. O valor do índice ocorre no intervalo entre 0 (total inadequação) e 1 (total adequação). O valor $\rho^2 = 0,4$ é considerado um ajuste razoável.
- Teste de razão de verossimilhança (*Likelihood Ratio Test*)
É a comparação entre um modelo com parâmetros genéricos e outro com parâmetros específicos para os atributos, cuja hipótese nula indica que o modelo específico é mais adequado estatisticamente. O teste é definido pela estatística:

$$LR = -2 \cdot \{l(\theta_r) - l(\theta)\} \quad (2.4)$$

em que $l(\theta_r)$ corresponde ao valor da função de verossimilhança do modelo genérico, e $l(\theta)$ ao do modelo específico. A rejeição da hipótese nula (modelo genérico é mais adequado) é confirmada caso o valor LR seja menor que o valor crítico de uma distribuição χ^2 com $n_\theta - n_{\theta_r}$ graus de liberdade, em que n corresponde ao número de atributos, e para determinado nível de confiança.

Neste capítulo foram mencionadas as pesquisas realizadas na área de demanda ciclovária, além de métodos comumente utilizados e resultados obtidos em estudos prévios. O próximo capítulo trata especificamente do método considerado

neste estudo para estimar a proporção de usuários propensos a usufruir de um serviço de aluguel de bicicletas elétricas do tipo *pedelec* em um parque de Joinville.

3 MÉTODO

Este capítulo trata do método utilizado para serem atingidos os objetivos propostos. Os atributos tratados como relevantes à escolha dos usuários, o planejamento do experimento, o método de coleta de dados e a modelagem de escolha modal utilizada se encontram descritos nos próximos parágrafos.

Essa monografia caracteriza-se como uma pesquisa exploratória. Gil (2008) estabelece que este método tem por finalidade desenvolver e modificar ideias, objetivando a construção de problemas realistas ou hipóteses posteriormente.

O trabalho tem abordagem quantitativa pela estimativa da proporção de usuários propensos a alugar uma bicicleta *pedelec* no Parque Morro da Boa Vista, em Joinville, tal que métodos estatísticos servirão de apoio para a tomada de decisão com relação à infraestrutura de transporte hipoteticamente oferecida neste estudo.

3.1 Pesquisa de Preferência Declarada

Uma pesquisa de preferência declarada foi criada com base em cinco etapas propostas por Ortúzar e Willumsen (2011) apresentadas na Figura 2, considerando o objetivo geral deste trabalho.

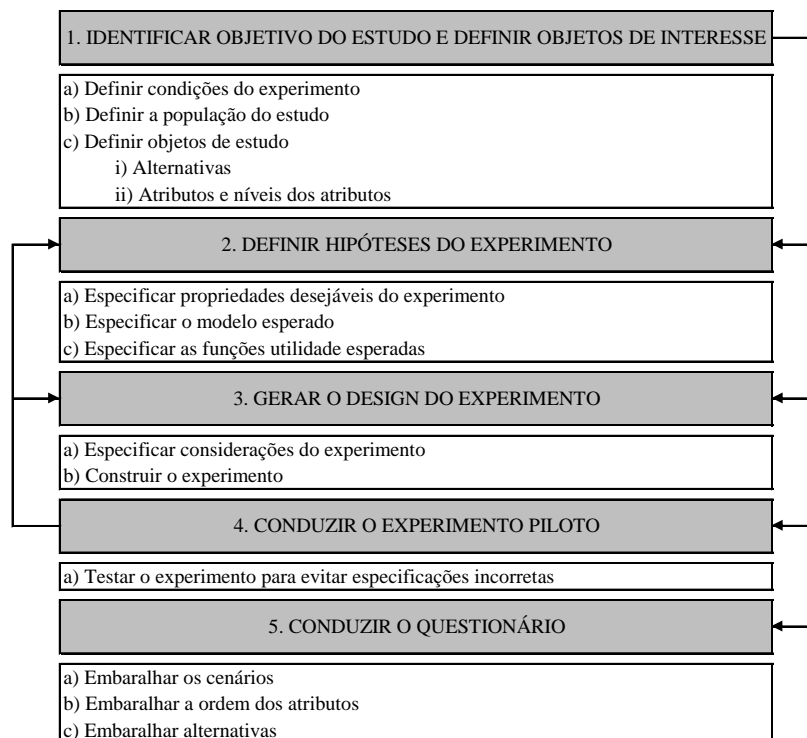
Dado o objetivo do experimento, buscou-se a formatação de um questionário de preferência declarada para ser aplicado com qualquer cidadão, desde que já tivesse visitado o parque. Um questionário com duas alternativas de resposta se mostrou adequado ao caso, em que o entrevistado escolheria entre alugar (alternativa “SIM”) ou não alugar (alternativa “NÃO”) uma bicicleta *pedelec*.

3.1.1 Caracterização do público-alvo

Para este estudo, o público de interesse se mostra restrito por apenas uma condição: deseja-se que o entrevistado já possua a experiência de ter visitado o Parque Morro da Boa Vista pelo menos uma vez. Assim, julga-se que o respondente é capaz de avaliar as condições de cada cenário e decidir entre as alternativas, pois conhece as condições de lazer e de acesso às instalações do parque.

Atendida a restrição, buscou-se a amostra mais heterogênea possível sob o aspecto de características observáveis antes da abordagem, composta por homens e mulheres, jovens e idosos, e ciclistas e não ciclistas. Para isso, entrevistas *in loco* e questionários *online* foram realizados.

Figura 2 – Etapas do planejamento do experimento de preferência declarada



Fonte: Adaptado de Ortúzar e Willumsen (2011, p. 99).

3.1.2 Definição dos atributos e níveis

Os atributos envolvidos no questionário foram escolhidos com base na literatura sobre pesquisas de demanda ciclovária e em características da população e do município de Joinville. Sendo assim, foram definidos os atributos *clima*, *preço* do aluguel e *duração* do aluguel, além das características socioeconômicas *idade*, *renda*, *disponibilidade de bicicleta* e *modo de transporte* utilizado para chegar ao parque. A Tabela 2 apresenta esses atributos, separados entre aqueles relevantes à escolha do usuário e os socioeconômicos.

Tabela 2 – Atributos considerados para a pesquisa de preferência declarada

Relevantes à escolha	Clima (<i>WEATHER</i>)	Preço (<i>COST</i>)	Duração (<i>TIME</i>)	
Socioeconômicos	Idade (<i>AGE</i>)	Renda (<i>INCOME</i>)	Disponibilidade de bicicleta (<i>BIKE</i>)	Modo de acesso ao parque (<i>MODE</i>)

Fonte: Autor (2017).

A determinação dos níveis dos atributos da pesquisa de preferência declarada foi realizada com o intuito de representar adequadamente a realidade e possibilitar a comparação, pelos usuários, entre os atributos envolvidos para que uma alternativa pudesse ser escolhida.

Assim, para o atributo *clima* foram definidos os níveis: *probabilidade de chuva*, *frio*, *agradável* e *calor*, conforme proposto por Cadurin (2016) na oferta de um sistema de compartilhamento de bicicletas *pedelecs*, em São Carlos-SP. Não foi proposto neste estudo um nível para clima chuvoso, pois se entende que, nesta condição, não há demanda ciclovária para lazer. O atributo *clima* tem sido utilizado com frequência em pesquisas de demanda ciclovária e se mostra um fator pertinente ao local de estudo, cujas condições geográficas contribuem para dias chuvosos.

Para o atributo *duração* do aluguel foram estabelecidos três níveis: *livre*, *uma* e *duas* horas. O critério para definição dos níveis deste atributo foi o tempo de permanência permitido, de forma gratuita, em sistemas de compartilhamento de bicicletas já existentes que, em geral, é de uma hora.

Os níveis para o fator *preço* do aluguel foram definidos no intervalo de R\$0,00 a R\$10,00 para viabilizar a comparação com o serviço de ônibus oferecido no local, cujo custo atual é de R\$4,50. Os ônibus e as bicicletas são os únicos veículos permitidos para acesso ao Mirante de Joinville, localizado dentro do parque, tornando os ônibus concorrentes do serviço de aluguel proposto. Deste modo, os níveis estabelecidos foram: *gratuito*, *R\$3,00*, *R\$6,00* e *R\$9,00*. A Tabela 3 mostra os atributos relevantes à escolha com seus respectivos níveis.

Tabela 3 – Atributos relevantes à escolha e seus níveis

	Clima	Preço [R\$]	Duração [horas]
Níveis	Probabilidade de chuva	Gratuito	Livre
	Frio	3	1
	Agradável	6	2
	Calor	9	

Fonte: Autor (2017).

As características socioeconômicas dos entrevistados têm papel importante para a elaboração do modelo de escolha discreta e, portanto, devem ser abordadas na etapa da pesquisa de divisão modal. Por isso, foram incluídas no questionário perguntas referentes à idade, renda, se o entrevistado possui acesso a uma bicicleta e qual o modo de transporte preferencial para chegar ao Parque Morro da Boa Vista.

A idade exerce influência na demanda ciclovária pois pessoas com diferentes faixas etárias não têm a mesma aptidão física para pedalar, por exemplo.

De forma similar, a renda influencia a decisão do usuário sobre alugar uma

bicicleta pedelec. Para identificação da renda foram apresentadas seis opções que variavam de “até um salário mínimo” a “acima de cinco salários mínimos”, aumentando em um salário a cada opção. Em seguida, o número de moradores na residência era questionado para que fosse possível estimar a renda média do entrevistado.

A disponibilidade de alguma bicicleta para pedalar pode desmotivar o usuário ao aluguel, por exemplo, se este já possui um veículo similar. Por outro lado, o usuário que já tem experiência como ciclista pode se julgar atraído a fazer uso das bicicletas por se sentir seguro e confiante quanto ao modo ciclovitário. O entrevistado, nesta questão, poderia escolher entre “SIM” ou “NÃO”.

O modo de transporte preferencial de acesso ao parque foi incluído no questionário devido às diferentes opções disponíveis utilizadas e o interesse em investigar como este fator pode influenciar na decisão dos usuários. Atualmente, há quatro opções de acesso disponíveis aos visitantes do Parque Morro da Boa Vista: automóvel, ônibus, bicicleta e a pé. Foi considerado como resposta o modo realmente utilizado pelo usuário nas entrevistas realizadas no local, e o modo preferencial de acesso nas entrevistas online.

A Tabela 4 apresenta os atributos socioeconômicos e as possibilidades de respostas apresentadas aos entrevistados.

Tabela 4 – Atributos socioeconômicos incluídos no questionário

	Idade	Renda [salário mínimo]	Disponibilidade de bicicleta	Modo de acesso
Níveis	Questão aberta	Até 1	SIM NÃO	Automóvel
		De 1 a 2		Ônibus
		De 2 a 3		Bicicleta
		De 3 a 4		A pé
		De 4 a 5		
		Acima de 5		

Fonte: Autor (2017).

3.1.3 Planejamento do experimento

Os cenários de preferência declarada se caracterizam pelos atributos relevantes à escolha, visto que os demais fatores são referentes à natureza socioeconômica do entrevistado. Considerando-se os fatores *clima*, *preço* e *duração*, e seus respectivos níveis, optou-se pelo software *Statistica*® (STATSOFT, 2001) para a geração de um experimento fatorial completo com 48 cenários. Utilizou-se este software devido à presença de ferramentas específicas para o planejamento de experimentos e disponibilidade de acesso pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Visto que resultados unilaterais podem ser obtidos se todos os cenários forem

respondidos por um único entrevistado, decidiu-se pela divisão do questionário em oito blocos, com seis cenários cada, definidos aleatoriamente pelo *Statistica*®. Um bloco é exemplificado na Tabela 5, em que cada linha corresponde a um cenário hipotético.

Tabela 5 – Exemplo de bloco de preferência declarada

Bloco	Cenário	Clima	Preço	Duração
5	25	Prob. de chuva	R\$ 3,00	1h
5	26	Frio	R\$ 9,00	2h
5	27	Agradável	R\$ 9,00	Livre
5	28	Calor	R\$ 6,00	2h
5	29	Prob. de chuva	Gratuito	Livre
5	30	Agradável	R\$ 3,00	2h

Fonte: Autor (2017).

3.2 Aplicação da pesquisa

O planejamento do experimento viabiliza que o questionário seja devidamente estruturado. Para a execução da pesquisa foram utilizadas dois métodos de pesquisa. A plataforma *online* para elaboração de pesquisas *Qualtrics* (QUALTRICS, 2017) foi utilizada para diagramação dos oito blocos de perguntas para uma interface amigável aos respondentes, permitindo que fosse definido o encaminhamento da pesquisa com base em respostas prévias do participante.

O primeiro método de pesquisa empregado foi de entrevistas realizadas dentro do espaço físico do Parque Morro da Boa Vista, com a devida autorização da Secretaria Municipal de Esporte e Lazer. Para isso, foram impressas uma folha com a apresentação da pesquisa, uma folha com as perguntas socioeconômicas e oito folhas com cenários de preferência declarada (cada uma referente a um bloco).

O entrevistador abordava os visitantes do parque, tratando da apresentação da pesquisa. Em seguida, a folha de questões socioeconômicas era entregue ao participante e as respostas eram registradas pelo entrevistador na plataforma *Qualtrics*, por meio de um *smartphone* com acesso à internet. Por fim, uma das folhas com cenários era entregue ao participante, seguindo a ordem numérica dos blocos, e as respostas registradas da mesma forma.

O segundo método aplicado consistiu em um questionário *online* respondido diretamente pelo participante. Neste método, após apontar suas informações socioeconômicas, era solicitado ao usuário escolher um bloco para ser respondido.

Salienta-se que, no segundo método, à medida que a amostra desejada para cada bloco era alcançada, o bloco era fechado para novas respostas, forçando que novos participantes respondessem os blocos que ainda necessitavam de réplicas.

Todas as questões foram elaboradas da mesma maneira, independente da

forma de pesquisa empregada. Além disso, atentou-se para uma pergunta prévia sobre a concordância do respondente em participar da pesquisa de forma voluntária, gratuita e cujos dados seriam utilizados de forma exclusiva para este estudo.

3.2.1 Questionário piloto

Um experimento primário, chamado de piloto, foi executado para identificar possíveis erros na formatação do questionário. Foram obtidas três respostas completas do questionário, totalizando 24 entrevistas realizadas pessoalmente no Parque Morro da Boa Vista de acordo com o primeiro método apresentado.

O experimento piloto possibilitou uma correção na forma de escrita da questão sobre a renda. Observou-se que os usuários optavam pela alternativa que representava a renda individual, enquanto que o esperado como resposta era a renda domiciliar do participante. A questão foi reescrita para eliminar a ambiguidade na escolha da alternativa referente à renda domiciliar.

Também foi possível aprimorar a abordagem ao visitantes do parque. A aceitação por parte das pessoas abordadas foi maior quando inicialmente apresentava-se o nome da instituição a que a pesquisa estava vinculada antes do convite para participação na pesquisa.

Considerando a amostra piloto, a idade média foi de, aproximadamente, 33 anos, um terço dos participantes possuíam renda domiciliar igual ou superior a três salários mínimos, em média três moradores residiam em cada domicílio, a metade dos entrevistados afirmou ter bicicleta e o modo de transporte mais utilizado para acesso ao parque foi o automóvel, representando 58,3% das entrevistas.

3.2.2 Questionário final

A última etapa para uma pesquisa de preferência declarada consiste em conduzir definitivamente o experimento planejado nos estágios anteriores.

Para isso, o tamanho mínimo da amostra se trata de um fator importante tanto para a aplicação do questionário, quanto para a posterior modelagem dos dados. Nesse contexto, Orme (1998) introduz a Equação 3.1 como uma norma geral para a definição do tamanho amostral mínimo em pesquisas de preferência declarada.


$$n \geq 500 \cdot \frac{c}{a \cdot t} \quad (3.1)$$

onde n = tamanho mínimo da amostra; a = número de níveis máximo de um atributo; c = número de alternativas apresentadas ao participante; t = número de cenários resultantes do planejamento do experimento. Assim, o questionário proposto exigiu 21 respostas, totalizando 168 entrevistas devido a uma resposta derivar de oito blocos respondidos.


Um exemplo parcial do questionário resultante do planejamento e ajustado, conforme o ensaio piloto, é indicado na Figura 3. Inicialmente, o método de pesquisa no local foi tratado como preferencial por não oferecer risco à única restrição da amostra.

Figura 3 – Exemplo da apresentação dos cenários durante as entrevistas no parque


1) Considerando o cenário abaixo, você alugaria uma bicicleta?

	Agradável	Custo	Duração	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
		R\$ 6,00	Livre	

2) Considerando o cenário abaixo, você alugaria uma bicicleta?

	Probabilidade de chuva	Custo	Duração	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
		R\$ 9,00	2 h	

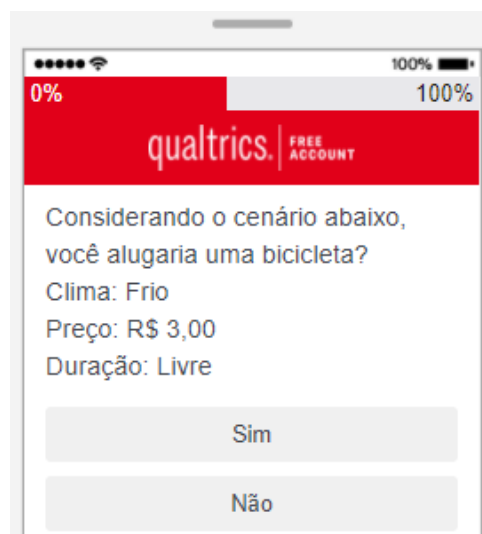
3) Considerando o cenário abaixo, você alugaria uma bicicleta?

	Agradável	Custo	Duração	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
		Gratuito	2 h	

Fonte: Autor (2017).

A coleta de respostas ocorreu entre os meses de maio e agosto de 2017. As entrevistas no ambiente físico do Parque Morro da Boa Vista foram realizadas nos fins de semana não chuvosos e, na impossibilidade de realizar a pesquisa em todos os fins de semana desejados, foi utilizada a pesquisa na forma *online* (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo da apresentação *online* dos cenários



Fonte: Autor (2017).

3.3 Modelagem da escolha discreta

As técnicas envolvidas no processo de modelagem de escolha discreta foram utilizadas para a estimativa da proporção de usuários de uma estação de aluguel de bicicletas *pedelec* situada no Parque Morro da Boa Vista, em Joinville.

A estimativa dos parâmetros associados aos atributos envolvidos na pesquisa (θ_{kj}) se dá, majoritariamente, por meio do método de maximização da verossimilhança (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011). Esse processo de calibração das funções utilidade de cada alternativa pode ser efetuado pelo software *Biogeme* (BIERLAIRE; FETIARISON, 2009), um pacote computacional robusto e de fácil utilização.

Além da estimativa dos parâmetros, esta ferramenta computacional permite a verificação de testes estatísticos referente aos valores estimados, ao modelo criado e à covariância entre os atributos. Para a execução deste processo, o *Biogeme* requer dois arquivos de entrada: o primeiro possui extensão *.mod* e contém as definições do modelo, enquanto o segundo refere-se aos dados oriundos da pesquisa de preferência declarada com extensão *.dat*.

O *solver* (ferramenta computacional para resolver problemas de otimização matemática) utilizado para a maximização da função de verossimilhança foi alterado do método padrão BIO para o método SOLVOPT, por este atingir o critério de parada do algoritmo em menos iterações, resultando em menor tempo de processamento.

Conforme mencionado anteriormente, modelos de escolha discreta em geral se caracterizam por funções utilidade lineares (Equação 2.2). Além disso, pelo fato dos atributos escolhidos neste estudo estarem relacionados à cada cenário e ao usuário, ao invés de relacionados às alternativas, os parâmetros a serem estimados não devem se repetir nas funções utilidade (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011). Portanto, a alternativa equivalente à resposta “SIM” dos participantes da pesquisa teve definida uma função utilidade linear para o cálculo da probabilidade de escolha desta alternativa, e a alternativa “NÃO” teve seu valor de utilidade igual a zero.

Logo, por se tratar de um experimento binomial, a probabilidade de escolha da alternativa “NÃO” pelo indivíduo q se dá pela diferença entre a unidade (100% de probabilidade) subtraída da probabilidade de escolha “SIM”. A Equação 3.2 e Equação 3.3 caracteriza o cálculo descrito para cada alternativa.

$$P_{SIM,q} = \frac{1}{1 + \exp(V_{NAO} - V_{SIM})} \quad (3.2)$$

$$P_{NAO,q} = 1 - P_{SIM,q} \quad (3.3)$$

Diferentes formatos de função utilidade foram propostos para modelagem da escolha da alternativa “SIM”, cuja comparação deu-se pelo teste t-Student para significância dos parâmetros da função utilidade, pela razão de verossimilhança

(*Likelihood Ratio Test*) e análise do índice ρ^2 . A definição do modelo mais adequado deu-se por um processo iterativo decorrente do aprimoramento de um modelo inicial.

Para cada modelo proposto para estimativa da proporção de usuários de uma estação de aluguel de bicicletas *pedelec* no Parque Morro da Boa Vista, foram realizadas simulações com o *software Biosim* para avaliar a porcentagem de acerto dos modelos comparada com as respostas da pesquisa de preferência declarada.

3.4 Projeções de demanda

Dado o conjunto de modelos caracterizados e a escolha daquele que melhor representa as escolhas dos participantes da pesquisa de preferência declarada, é possível realizar projeções para cenários diferentes do questionário.

Desta forma, é possível obter estimativas da proporção de aluguéis para níveis diferentes dos envolvidos no questionário. As projeções tiveram como foco a otimização da receita esperada da estação oferecida tomando como base as probabilidades estimadas, para cada condição climática admitida.

No capítulo atual foi caracterizada a estruturação da pesquisa de preferência declarada, as informações relevantes à obtenção dos dados e a estratégia de modelagem das observações. No próximo capítulo são descritos os modelos estimados para representar as escolhas dos respondentes, os respectivos resultados obtidos, o modelo escolhido como mais apropriado para cálculo das probabilidade de escolha e as projeções de escolha pela bicicleta no Parque Morro da Boa Vista.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, apresenta-se os resultados da modelagem dos dados da pesquisa de preferência declarada. Inicialmente, para todos os modelos foram propostas duas variações, com e sem a constante *ASC* (*Alternative Specific Constant*), a qual se refere a utilidade inerente estimada da alternativa *SIM*.

Entretanto, todos os modelos estimados apresentaram resultados melhores para a versão com a constante *ASC*, de acordo com os testes estatísticos de Ortúzar e Willumsen (2011) e a porcentagem de acerto da amostra de validação. Portanto, nas próximas seções são apresentadas somente as respectivas versões dos modelos com a constante *ASC*.

Foram estimados seis modelos diferentes com o objetivo de identificar aquele que melhor representa as escolhas pela bicicleta. O índice ρ^2 , a covariância entre pares de atributos, o teste t-Student e a porcentagem de acerto de cada modelo foram utilizados como os indicadores mais relevantes para comparação dos modelos.

O teste de razão de verossimilhança apontou, a priori, que todos os 6 modelos estimados são, estatisticamente, melhores do que aquele com apenas um parâmetro genérico a todos os atributos. Por isso, este modelo com um único parâmetro estimado não está detalhado neste trabalho.

Finalmente, para todos os modelos estimados, a partir de uma base de dados referente a 171 entrevistas completas (blocos), equivalente a 1026 cenários (linhas do experimento), considerou-se uma amostra de calibração dos parâmetros correspondente a 75% deste total, resultando em 770 cenários respondidos. Por outro lado, para avaliar a porcentagem de acertos do modelo em relação às respostas da pesquisa, executou-se o software *Biosim* para amostra complementar de 25% dos dados, equivalente a 256 cenários (linhas do experimento).

4.1 Modelo 1

Primeiramente, optou-se por um modelo com parâmetros específicos para cada atributo por permitir avaliar a relevância de cada atributo individualmente quanto à escolha dos indivíduos pelas alternativas. A Equação 4.1 representa a função utilidade para a alternativa *SIM*, enquanto que para a alternativa “NÃO” essa utilidade é nula.

$$V_{SIM} = ASC + \beta_{WEATHER} \cdot WEATHER + \beta_{COST} \cdot COST + \beta_{TIME} \cdot TIME + \beta_{AGE} \cdot AGE + \beta_{INCOME} \cdot INCOME + \beta_{BIKE} \cdot BIKE + \beta_{MODE} \cdot MODE \quad (4.1)$$

Os valores estimados para os parâmetros, o *p-value* referente ao teste t-Student e a conclusão deste teste se encontram na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores estimados para o Modelo 1

Modelo 1			
Parâmetro	Valor	p-value	Situação
ASC	-7,66E-1	0,05	Incluir
$\beta_{WEATHER}$	7,99E-1	0,00	Incluir
β_{COST}	-2,83E-1	0,00	Incluir
β_{TIME}	8,33E-2	0,00	Incluir
β_{AGE}	-3,94E-3	0,62	Excluir
β_{INCOME}	1,70E-4	0,06	Excluir
β_{BIKE}	9,17E-3	0,96	Excluir
β_{MODE}	-5,22E-2	0,45	Excluir

Fonte: Autor (2017).

Observa-se que, de acordo com esta estimativa, apenas os atributos *clima*, *custo* e *duração do aluguel* devem ser incluídos na função utilidade da alternativa *SIM*, já que apresentam o *p-value* inferior a 5%.

A Tabela 7 traz os valores do *p-value* para cada par de coeficientes estimados que devem ser generalizados (acima de 5%), de acordo com o teste t-Student.

Tabela 7 – *P-value* correspondente a correlação entre coeficientes

Correlação dos coeficientes estimados [p-value]							
	ASC	β_{COST}	β_{TIME}	β_{AGE}	β_{INCOME}	β_{BIKE}	β_{MODE}
ASC	-	0,22		0,05	0,05	0,09	0,09
β_{COST}		-				0,09	
β_{TIME}			-			0,67	0,06
β_{AGE}				-	0,61	0,94	0,48
β_{INCOME}					-	0,96	0,45
β_{BIKE}						-	0,75
β_{MODE}							-

Fonte: Autor (2017).

A correlação entre atributos apontou para uma generalização dos parâmetros referentes às características socioeconômicas dos entrevistados. O coeficiente $\beta_{WEATHER}$, que corresponde ao atributo *clima*, não apresentou correlação com nenhum outro parâmetro e, por este motivo, está ausente. Além disso, o índice ρ^2 ajustado do

Modelo 1 foi igual a 0,222 e a simulação com o Biosim obteve êxito em 68,36% dos cenários da amostra de validação em relação às observações da pesquisa.

4.2 Modelo 2

A partir dos resultados expostos anteriormente, desenvolveu-se o segundo modelo com parâmetros específicos para os atributos tratados como relevantes à escolha e um parâmetro genérico para as características socioeconômicas. Assim, procura-se avaliar um modelo combinado entre coeficientes específicos e genérico para estimar a probabilidade de escolha entre as alternativas.

A Equação 4.2 representa o modelo de função utilidade estimada para a alternativa *SIM*, enquanto que a outra alternativa possui utilidade nula.

$$V_{SIM} = ASC + \beta_{WEATHER} \cdot WEATHER + \beta_{COST} \cdot COST + \beta_{TIME} \cdot TIME + \beta_{SE} \cdot AGE + \beta_{SE} \cdot INCOME + \beta_{SE} \cdot BIKE + \beta_{SE} \cdot MODE \quad (4.2)$$

Ao todo, foram estimados cinco parâmetros com a mesma base de dados, cujos valores numéricos, o *p-value* referente ao teste t-Student, e a conclusão deste teste são indicados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores estimados para o Modelo 2

Modelo 2			
Parâmetro	Valor	p-value	Situação
<i>ASC</i>	-9,64E-1	0,00	Incluir
$\beta_{WEATHER}$	8,01E-1	0,00	Incluir
β_{COST}	-2,83E-1	0,00	Incluir
β_{TIME}	8,28E-2	0,00	Incluir
β_{SE}	1,50E-4	0,09	Excluir

Fonte: Autor (2017).

De acordo com esta estimativa, apenas os atributos *clima*, *custo* e *duração do aluguel* devem ser incluídos na função utilidade da alternativa *SIM*, já que apresentam o *p-value* inferior a 5%. Porém, os testes estatísticos auxiliam o planejador para a tomada de decisão entre inserir, ou excluir, um atributo no cálculo das probabilidades de escolha e não devem ser tratados como lei.

Por isso, apesar de o parâmetro associado aos aspectos socioeconômicos β_{SE} apresentar *p-value* superior ao limite do teste t-Student, optou-se por inseri-lo na função utilidade, pois entende-se que as características socioeconômicas, na prática, influenciam a opção dos indivíduos para alugar uma bicicleta da estação oferecida.

Quanto à correlação entre pares de coeficientes estimados, apenas o par de parâmetros *ASC* e β_{COST} apresentou valor diferente de nulo, com *p-value* igual a 2%.

Todos os demais pares de correlação entre coeficientes resultaram em *p-value* inferior ao limite de 5%, ou seja, não há pares de parâmetros que possam ser simplificados.

A conclusão anterior também foi importante para a decisão de não excluir da estimativa o coeficiente referente aos aspectos socioeconômicos. Neste segundo modelo, o índice ρ^2 obtido foi igual a 0,227 e a comparação com as respostas da pesquisa resultou em 68,36% de acertos para a amostra de validação.

4.3 Modelo 3

O terceiro modelo estimado decorre de maior especificidade dos parâmetros estimados no Modelo 2, por meio de uma combinação dos aspectos socioeconômicos ao se estimar dois coeficientes, ao invés de apenas um, para diferentes conjuntos desses atributos. Nesse caso, os atributos *clima*, *custo* e *duração do aluguel* permaneceram com coeficientes específicos e os atributos idade e renda foram agrupados sob o parâmetro *SE1* e os atributos posse de bicicleta e modo de acesso ao parque foram agrupados sob o parâmetro *SE2*.

A Equação 4.3 representa o modelo de função utilidade estimada para a alternativa “SIM”, enquanto que a outra alternativa possui utilidade nula.

$$V_{SIM} = ASC + \beta_{WEATHER} \cdot WEATHER + \beta_{COST} \cdot COST + \beta_{TIME} \cdot TIME + \beta_{SE1} \cdot AGE + \beta_{SE1} \cdot INCOME + \beta_{SE2} \cdot BIKE + \beta_{SE2} \cdot MODE \quad (4.3)$$

Ao todo, foram estimados seis parâmetros cujos valores, o *p-value* referente ao teste t-Student e a conclusão deste teste são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores estimados para o Modelo 3

Modelo 3			
Parâmetro	Valor	p-value	Situação
ASC	-8,72E-1	0,01	Incluir
$\beta_{WEATHER}$	8,01E-1	0,00	Incluir
β_{COST}	-2,83E-1	0,00	Incluir
β_{TIME}	8,34E-2	0,00	Incluir
β_{SE1}	1,57E-4	0,08	Excluir
β_{SE2}	-4,25E-2	0,49	Excluir

Fonte: Autor (2017).

Os atributos que, estatisticamente, devem fazer parte da utilidade referente a alternativa “SIM” continuam sendo *clima*, *custo* e *duração do aluguel*, além da *ASC*, como ocorre nos modelos anteriores. Por outro lado, os quatro atributos socioeconômicos não se mostraram significantes para o cálculo das probabilidades quando agrupados sob os parâmetros β_{SE1} e β_{SE2} para se realizar as estimativas.

A correlação entre pares de parâmetros estimados se mostrou baixa. Em apenas 3 pares houve indicativo para a generalização de parâmetros, sendo o par β_{SE1} e β_{SE2} aquele com o maior *p-value*, igual a 0,49. Os pares *ASC* e β_{COST} , e β_{SE2} e β_{TIME} apresentaram *p-value* acima do limite de 5% (0,07 e 0,05, respectivamente), indicando generalização dos parâmetros destes atributos. O índice ρ^2 ajustado para o terceiro modelo resultou em 0,225 e a porcentagem de acertos das respostas da amostra de validação foi igual a 68,36%.

4.4 Modelo 4

Similarmente ao Modelo 3, este modelo procurou combinar os atributos socioeconômicos pelos parâmetros associados a eles. Nesse caso, os atributos *clima*, *custo* e *duração do aluguel* mantiveram-se com coeficientes específicos e os atributos idade e posse de bicicleta foram agrupados sob o parâmetro *SE1*, e os atributos renda e modo de acesso ao parque foram associados ao parâmetro *SE2*.

A Equação 4.4 representa o modelo de função utilidade estimada para a alternativa “SIM” e o valor nulo foi atribuído à utilidade da alternativa “NÃO”.

$$V_{SIM} = ASC + \beta_{WEATHER} \cdot WEATHER + \beta_{COST} \cdot COST + \beta_{TIME} \cdot TIME + \beta_{SE1} \cdot AGE + \beta_{SE2} \cdot INCOME + \beta_{SE1} \cdot BIKE + \beta_{SE2} \cdot MODE \quad (4.4)$$

A Tabela 10 apresenta os valores estimados para os parâmetros, *p-value* referente ao teste t-Student e a conclusão deste teste.

Tabela 10 – Valores estimados para o Modelo 4

Modelo 4			
Parâmetro	Valor	p-value	Situação
<i>ASC</i>	-8,51E-1	0,02	Incluir
$\beta_{WEATHER}$	7,99E-1	0,00	Incluir
β_{COST}	-2,83E-1	0,00	Incluir
β_{TIME}	8,28E-2	0,00	Incluir
β_{SE1}	-3,71E-3	0,64	Excluir
β_{SE2}	1,59E-4	0,08	Excluir

Fonte: Autor (2017).

Os atributos estatisticamente significativos continuam sendo *clima*, *custo* e *duração do aluguel*, além da *ASC*, com *p-value* inferior ao limite de 5% do teste t-Student. Os parâmetros estimados para as características socioeconômicas permanecem acima desse limite e, portanto, podem ser desconsiderados. Os valores dos parâmetros β_{SE1} e β_{SE2} se mostraram muito pequenos, indicando também baixa contribuição sobre as probabilidades de escolha.

Ao se comparar os valores dos coeficientes socioeconômicos desta estimativa com os do Modelo 3, observa-se que o parâmetro β_{SE1} possui *p-value* mais alto na combinação atual e o contrário ocorre quanto ao β_{SE2} . Entretanto, é interessante salientar que em ambas estimativas, o atributo *posse de bicicleta* era multiplicado pelo parâmetro de menor significância estatística.

Similar ao modelo anterior, a correlação entre a maioria de pares parâmetros estimados foi baixa. Apenas dois pares de coeficientes apresentaram correlação estatisticamente alta, indicando que poderiam ser generalizados como um só, os pares β_{SE1} e β_{SE2} e ASC e β_{COST} com *p-value* igual a 0,62 e 0,13, respectivamente, superiores ao limite de 5%. O índice ρ^2 ajustado do modelo foi igual a 0,225 e a porcentagem de acertos das respostas da amostra de validação foi de 67,19%.

4.5 Modelo 5

O quinto modelo, similar Modelo 3 e Modelo 4, foi estabelecido para melhorar os resultados do Modelo 2, por meio de uma combinação dos atributos socioeconômicos. Este modelo contém os atributos *clima, custo e duração do aluguel* sob parâmetros específicos, os atributos idade e modo de transporte de acesso ao Parque Morro da Boa Vista sob o parâmetro $SE1$ e os atributos renda e posse de bicicleta sob o parâmetro $SE2$.

A Equação 4.5 representa o modelo de função utilidade estimada para a alternativa “SIM” considerando valor nulo para a outra alternativa.

$$V_{SIM} = ASC + \beta_{WEATHER} \cdot WEATHER + \beta_{COST} \cdot COST + \beta_{TIME} \cdot TIME + \beta_{SE1} \cdot AGE + \beta_{SE2} \cdot INCOME + \beta_{SE2} \cdot BIKE + \beta_{SE1} \cdot MODE \quad (4.5)$$

Foram estimados seis parâmetros indicados na Tabela 11, com respectivos valores numéricos, o *p-value* referente ao teste t-Student, e a conclusão deste teste.

Tabela 11 – Valores estimados para o Modelo 5

Modelo 5			
Parâmetro	Valor	p-value	Situação
ASC	-8,27E-1	0,03	Incluir
$\beta_{WEATHER}$	7,99E-1	0,00	Incluir
β_{COST}	-2,83E-1	0,00	Incluir
β_{TIME}	8,28E-2	0,00	Incluir
β_{SE1}	-4,38E-3	0,58	Excluir
β_{SE2}	1,62E-4	0,07	Excluir

Fonte: Autor (2017).

A quinta estimativa apresentou resultados semelhantes aos anteriores, com os atributos *clima*, *custo* e *duração do aluguel* incluídos no cálculo das probabilidades de escolha, enquanto que os parâmetros referentes aos aspectos socioeconômicos permaneceram excluídos por apresentarem *p-value* acima do limite especificado pelo teste t-Student. Ainda, os parâmetros β_{SE1} e β_{SE2} apresentam baixo valor, o que acarretaria em pouca participação no valor final da função utilidade.

A estimativa atual apresentou menor significância estatística para os atributos *idade* e *modo de acesso ao parque*, diferente das duas anteriores, em que o atributo *posse de bicicleta* estava envolvido com o menor *p-value*.

A correlação entre pares de parâmetros foi baixa, indicando generalização para apenas dois pares. Um deles foi o par β_{SE1} e β_{SE2} , que apresentou *p-value* igual a 0,57 e o outro par com indicativo de generalização foi *ASC* e β_{COST} , com *p-value* igual a 0,15. O Modelo 5 apresentou índice ρ^2 ajustado igual a 0,225 e a simulação com o *Biosim* acertou 67,19% das respostas na amostra de validação.

4.6 Modelo 6

A sexta proposta de modelo resultou da hipótese de que o atributo *idade* têm maior influência sobre os resultados de insignificância estatística dos modelos anteriores. Assim, esse atributo foi excluído da função utilidade da alternativa “SIM” conforme representado na Equação 4.6, tal que a utilidade da alternativa “NÃO” permanece nula.

$$V_{SIM} = ASC + \beta_{WEATHER} \cdot WEATHER + \beta_{COST} \cdot COST + \beta_{TIME} \cdot TIME + \beta_{SE1} \cdot INCOME + \beta_{SE1} \cdot BIKE + \beta_{SE1} \cdot MODE \quad (4.6)$$

Nessas condições, foram estimados cinco parâmetros utilizando a mesma base de dados para a estimativa dos modelos anteriores, tal que os valores estimados para os parâmetros, o *p-value* referente ao teste t-Student e a conclusão deste teste estão indicados na Tabela 12.

Os parâmetros referentes aos atributos *clima*, *custo* e *duração do aluguel* se mostraram estatisticamente significativos, como ocorreu nos outros modelos. O parâmetro β_{SE1} não apresentou valor alto, nem foi estatisticamente significativo, com *p-value* igual a 0,09. Porém, este valor se mostrou mais adequado do que os resultados elevados de *p-value* obtidos nos modelos 3, 4 e 5 para um dos parâmetros referentes aos aspectos socioeconômicos.

Além disso, a correlação entre todos os pares de parâmetros estimados foi nula, ou seja, nenhum par de coeficientes apresentou *p-value* superior ao limite de 5% e, portanto, não podem ser generalizados como um só. O Modelo 6 apresentou índice

Tabela 12 – Valores estimados para o Modelo 6

Modelo 6			
Parâmetro	Valor	p-value	Situação
ASC	-9,60E-1	0,00	Incluir
$\beta_{WEATHER}$	8,01E-1	0,00	Incluir
β_{COST}	-2,83E-1	0,00	Incluir
β_{TIME}	8,28E-2	0,00	Incluir
β_{SE1}	1,51E-4	0,09	Excluir

Fonte: Autor (2017).

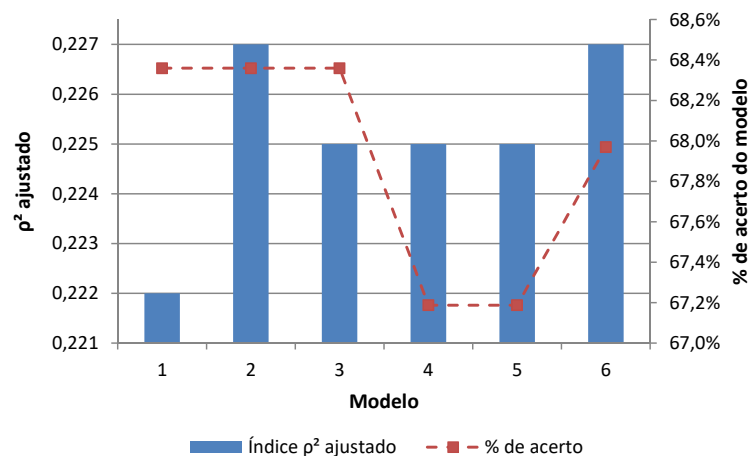
ρ^2 ajustado igual a 0,227 e acertou 67,97% das respostas presentes na amostra de validação de acordo com a simulação realizada no Biosim.

4.7 Escolha do modelo

As seis estimativas de modelos realizadas resultaram em valores de parâmetros e medidas de desempenho discrepantes. À medida que modificações da função utilidade para a alternativa “SIM” foram propostas, o índice ρ^2 e a porcentagem de acertos da amostra de validação alteraram-se permitindo utilizá-los como indicadores da qualidade dos modelos estimados.

A Figura 5 representa graficamente os valores obtidos para esses indicadores em cada um dos seis modelos propostos.

Figura 5 – Indicadores de qualidade dos modelos estimados



Fonte: Autor (2017).

É possível notar que há variação nos níveis de ambos os indicadores e que não há correlação dessas variações entre eles. Apesar do Modelo 1 apresentar o menor valor de índice ρ^2 ajustado, a porcentagem de acertos em comparação com as respostas da pesquisa de preferência declarada foi igual à do Modelo 2, que inclusive é

o maior valor observado para este indicador, e Modelo 3.

Por outro lado, apesar da porcentagem de acertos do Modelo 6 ter sido alta como a do Modelo 2, o índice ρ^2 para aquele modelo foi menor que o dos três primeiros.

O Modelo 4 e Modelo 5 foram os que apresentaram o pior desempenho, com valores ρ^2 pequenos em comparação com os demais modelos e porcentagem de acertos menor que o Modelo 2 e Modelo 6.

Mediante essas observações é possível afirmar que o modelo mais representativo da propensão ao aluguel de bicicletas pedelecs no Parque Morro da Boa Vista em Joinville é o Modelo 2 (página 31). Além de resultar no valor máximo do índice ρ^2 , a segunda estimativa de modelagem também resultou na máxima porcentagem de acerto das respostas contidas na amostra de validação.

Devido à liberdade de ação que a modelagem de escolha discreta confere ao planejador quanto à inclusão ou exclusão dos parâmetros estimados, optou-se por manter o coeficiente referente aos aspectos socioeconômicos (β_{SE}), mesmo este tendo apresentado resultado estatístico que indica sua exclusão do modelo (p-value = 0,09).

A decisão de manter o parâmetro não se baseia somente nos resultados estatísticos, mas também na sensibilidade do planejador em considerar os atributos relacionados ao parâmetro relevantes à probabilidade de escolha dos usuários e, também, no sinal do valor estimado do parâmetro (positivo ou negativo). O sinal de todos os parâmetros estimados devem estar adequados à realidade da pesquisa proposta, com exceção da constante ASC que possui seu sinal relativo à outra alternativa.

Por exemplo, para o Modelo 2, o sinal positivo do valor estimado para os parâmetros referentes ao clima ($WEATHER$) e tempo de aluguel ($TIME$) são pertinentes uma vez que quanto mais positivos os valores desses atributos (melhor clima e maior tempo de aluguel), maior a propensão à escolha do “SIM”. Por outro lado, o sinal negativo para atributo custo ($COST$) indica que, como se espera na realidade, quanto maior o valor do aluguel menor se torna o interesse na utilização das bicicletas.

Finalmente, o valor positivo referente às variáveis socioeconômicas (SE) sugere que, quanto maior a idade, a renda, a posse de bicicleta e o modo de transporte mais associado aos automóveis, maior a propensão à escolha pelas bicicletas.

Portanto, as funções utilidade das alternativas disponibilizadas aos usuários para estimativa da propensão ao aluguel de bicicletas no Parque Morro da Boa Vista, em Joinville, pode ser observado na Equação 4.7 e Equação 4.8 a seguir.

$$V_{SIM} = -0,964 + 0,801 \cdot WEATHER - 0,283 \cdot COST + 0,0828 \cdot TIME + 0,00015 \cdot (AGE + INCOME + BIKE + MODE) \quad (4.7)$$

$$V_{NAO} = 0 \quad (4.8)$$

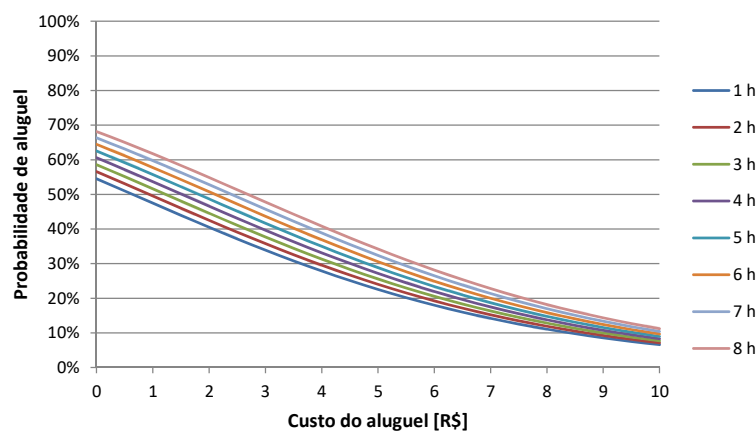
4.8 Propensão ao aluguel mediante o clima

Pela escolha do modelo mais adequado à aplicação proposta, é possível estimar as probabilidades de escolha pelo aluguel das bicicletas mediante os níveis dos atributos dos cenários pesquisados e para situações diferentes do questionário.

A probabilidade da alternativa “SIM” ser escolhida foi estimada para cada situação climática pesquisada, em cenários com o custo do aluguel variando de gratuito a dez reais e a duração do aluguel variando de uma a oito horas, que equivale ao período livre. Para os aspectos socioeconômicos, foram utilizados os valores médios de *idade* (32 anos) e *renda* (R\$1.712,18), além dos valores mais comuns para *posse de bicicleta* (sem bicicleta) e *modo de acesso* ao parque (automóvel).

Assim, as probabilidades estimadas puderam ser representadas de forma gráfica para facilitar a visualização e interpretação dos resultados. A Figura 6, a Figura 7, a Figura 8 e a Figura 9 apresentam as probabilidades estimadas para cada nível climático pesquisado, onde se pode observar que as máximas probabilidades de escolha se dão nos cenários em que o custo de aluguel é gratuito.

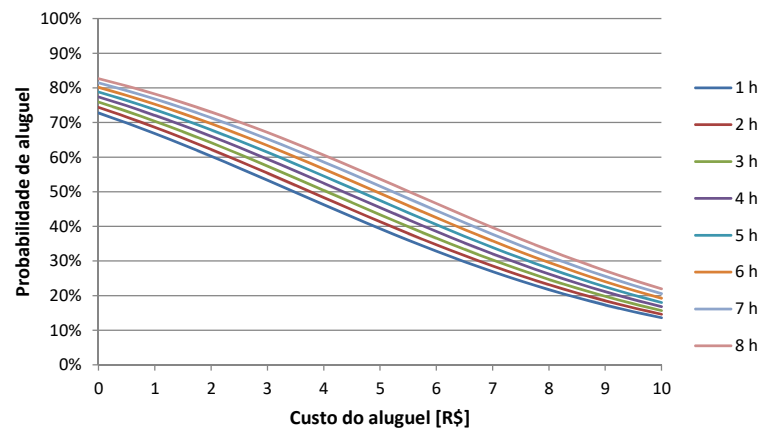
Figura 6 – Probabilidades estimadas para o clima com *probabilidade de chuva*



Fonte: Autor (2017).

A Figura 6 mostra os níveis de probabilidade estimados para um clima com chances de chuva. É possível notar que o efeito na decisão do usuário provocado ao aumentar a duração do aluguel é o mesmo que ao diminuir o custo: ambos aumentam as chances de um aluguel ser realizado pelo visitante do parque. Portanto, a máxima probabilidade ocorre em um cenário de aluguel gratuito, com duração de oito horas.

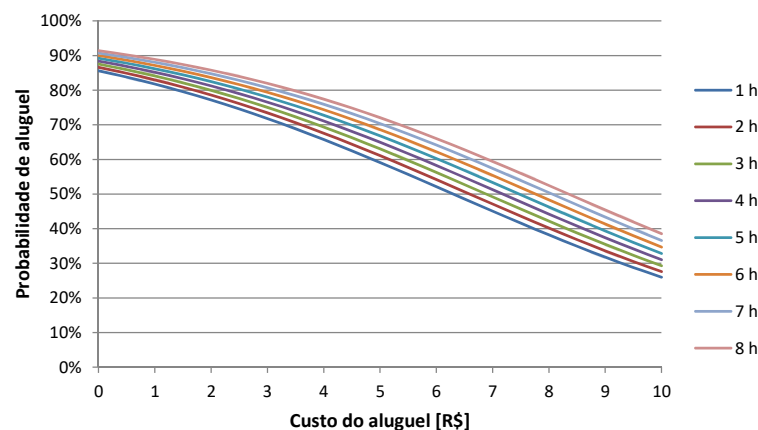
Figura 7 – Probabilidades estimadas para o clima *frio*



Fonte: Autor (2017).

As probabilidades estimadas para uma situação de clima frio (Figura 7) apresentam a mesma tendência observada na Figura 6 para probabilidade de chuva, em que a combinação de menor custo e maior duração corresponde à máxima probabilidade de um aluguel ser realizado. Ademais, nessa projeção, a probabilidade máxima chega a superar 80% nos melhores cenários, enquanto que não superou os 70% na situação com chances de chuva. Do mesmo modo, as probabilidades mínimas também aumentaram em torno de 10% na extremidade oposta.

Figura 8 – Probabilidades estimadas para o clima *agradável*

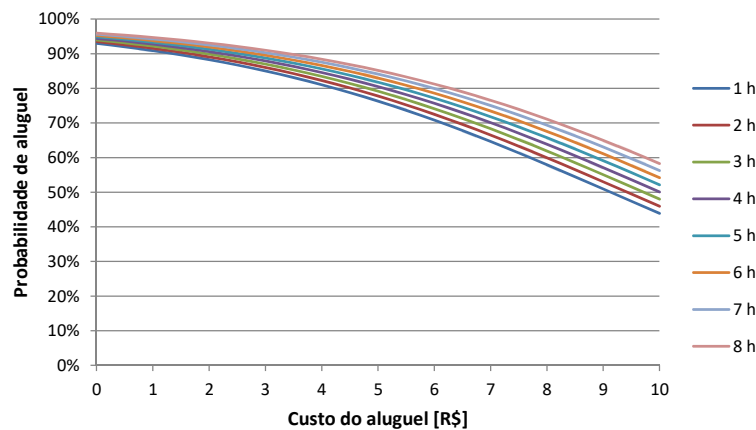


Fonte: Autor (2017).

A combinação de menor custo e maior tempo de aluguel permanece como cenário de maior chances de um aluguel ser realizado para um clima agradável (Figura 8). É possível constatar a tendência das curvas de probabilidade tornarem-se constantes no intervalo sem custo até três reais. Ou seja, as chances de um aluguel ser realizado é máxima quando não há custo, porém permanece alta mesmo com o valor de três reais ao limite de 70%. Ainda, os extremos das curvas de probabilidade

novamente aumentam cerca de 10% com o aumento de um nível do clima.

Figura 9 – Probabilidades estimadas para o clima *calor*



Fonte: Autor (2017).

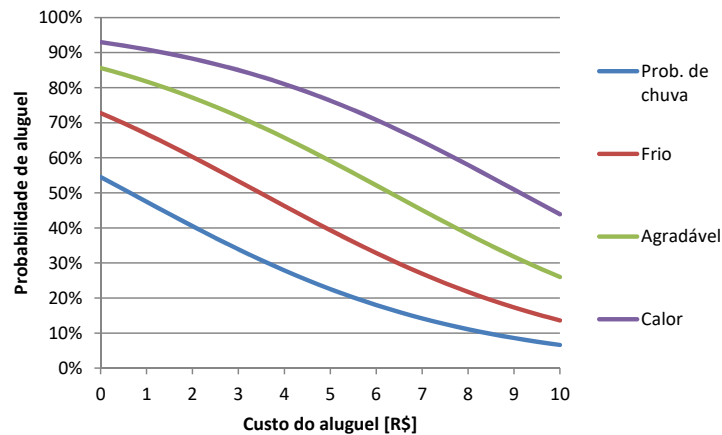
As máximas probabilidades de aluguel continuam nas situações de menor custo e maior duração, como constatado nas outras projeções, para o clima calor. À medida que a condição climática melhora é possível aumentar o custo do aluguel sem que as probabilidades sofram grande alteração. Na projeção da Figura 9 para o clima calor, percebe-se que, no intervalo sem custo a cinco reais, a probabilidade de um visitante alugar uma bicicleta é pouco menor que 80%, independente da duração do aluguel. Além disso, as chances de uma bicicleta ser alugada fica próxima de 50% mesmo com o custo de dez reais para todos os níveis de duração.

As estimativas sobre a propensão de um visitante do Parque Morro da Boa Vista realizar o aluguel de uma bicicleta satisfazem, portanto, o objetivo proposto deste trabalho. Entretanto, os resultados quanto à modelagem obtida permitem que sejam realizadas análises acerca da receita da estação proposta em função da probabilidade de aluguel conforme caracterizado na próxima seção.

4.9 Propensão ao aluguel mediante a duração

A partir da função utilidade do Modelo 2 é possível, ainda, estimar as probabilidades de aluguel considerando a duração com valores iguais aos pesquisados e diferentes curvas em função de cada clima. Assim, para cada duração e clima pesquisados, é possível compreender o comportamento dos indivíduos. A Figura 10 apresenta as probabilidades obtidas quando a oferta de aluguel tiver duração de uma hora para as diferentes condições do clima.

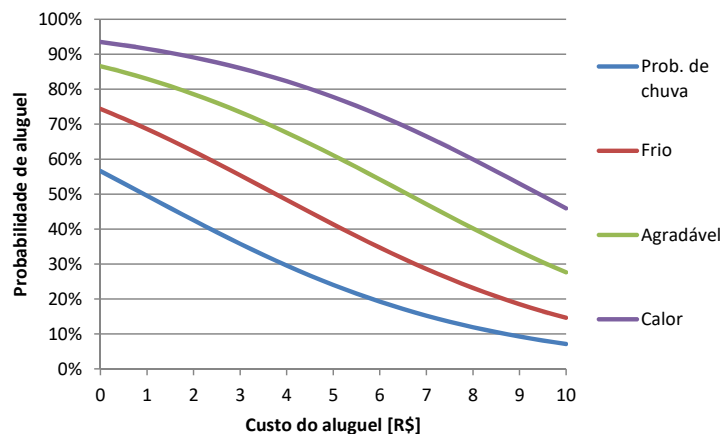
Figura 10 – Probabilidades estimadas para 1h de aluguel



Fonte: Autor (2017).

A reta tangente à essas curvas pode ser interpretada como a sensibilidade dos usuários perante o preço, quando há oferta de uma hora de aluguel nos diferentes climas. Portanto, é possível afirmar que os visitantes são menos sensíveis ao preço quando o clima apresenta condições favoráveis ao lazer em local aberto.

Figura 11 – Probabilidades estimadas para 2h de aluguel



Fonte: Autor (2017).

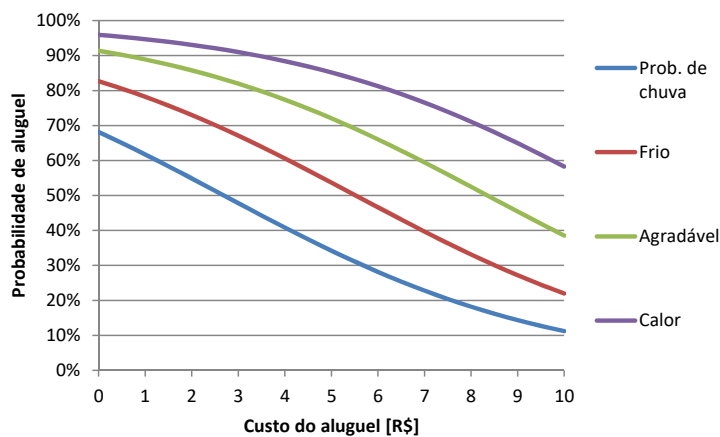
A mesma análise pode ser realizada quando a oferta de aluguel corresponde a duas horas (Figura 11). As curvas de probabilidades apresentam resultados parecidos com aqueles do nível de *duração* anterior. A média das probabilidades aumentou 2% com o aumento de uma hora na oferta, com o mesmo padrão anterior de sensibilidade ao preço por parte dos indivíduos.

Entretanto, a Figura 12 mostra que, se o aluguel for oferecido com duração livre (período de oito horas para o cálculo das probabilidades) na melhor condição climática,

a sensibilidade dos usuários frente ao preço é menor do que nas outras condições simuladas.

A reta tangente à curva de probabilidades na condição de calor tem inclinação menos acentuada, indicando a menor sensibilidade ao custo. Portanto, nessa condição, é possível que o aluguel seja mais caro sem que haja grande impacto na quantidade de aluguéis. A estimativa de receitas na condição de calor (Figura 16) mostra que a máxima receita é obtida com preço maior do que em qualquer outra situação climática, chegando a R\$9,50.

Figura 12 – Probabilidades estimadas para 8h de aluguel



Fonte: Autor (2017).

Sob as considerações anteriores, ressalta-se que o usuário tem maior propensão de alugar a bicicleta em situações climáticas melhores, pois sua escolha tem menor impacto quanto ao preço do aluguel. Além disso, salienta-se que as probabilidades de uma bicicleta ser alugada quando a oferta for de uma hora de duração diferem pouco das estimativas para duas horas de aluguel. Porém, as probabilidades aumentam quando a duração é livre.

4.10 Estimativas de receita para a estação

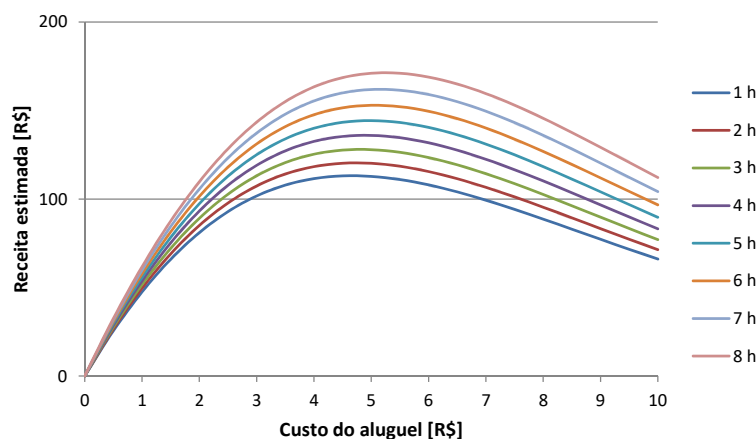
Com base nas probabilidades calculadas para diferentes cenários, é possível estimar a potencial receita econômica da estação de aluguel de bicicletas ao se inferir o número de visitantes do Parque Morro da Boa Vista. Entretanto, visto que essa estimativa do número de visitantes não faz parte do escopo deste trabalho e que não há contagem oficial do número de visitantes que o parque recebe, as considerações apresentadas nesta seção suportam-se na receita calculada para cada 100 visitantes.

Ao multiplicar o número de visitantes do parque pelo custo do aluguel e a probabilidade de uma bicicleta ser alugada em determinado cenário foi possível obter uma receita estimada para a estação, para diferentes níveis de duração dos aluguéis e

clima. As informações socioeconômicas foram inferidas para valores médios observados da amostra da pesquisa de preferência declarada, considerando, assim, que existe um indivíduo médio que visita o parque que possui as características referentes à média dos indivíduos entrevistados.

A Figura 13 apresenta a receita da estação à medida que o custo varia de gratuito a dez reais, em clima com chances de chuva. A estimativa da receita neste cenário tem tendência diferente das probabilidades calculadas. Observa-se que o preço que oferece máxima probabilidade do aluguel não equivale àquele que maximiza a receita da estação. Além disso, em uma situação operacional, cobrar R\$10,00 por uma bicicleta também não oferece os maiores ganhos econômicos.

Figura 13 – Receitas estimadas para a estação em clima com *probabilidade de chuva*



Fonte: Autor (2017).

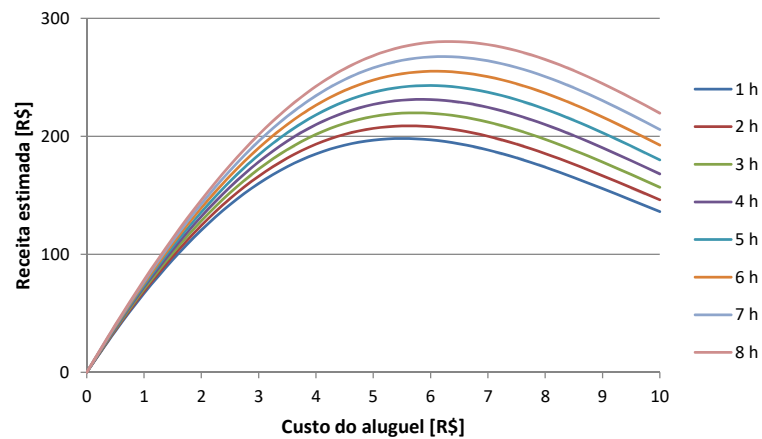
De acordo com a estimativa realizada para clima com probabilidade de chuva, cobrar entre R\$4,50 e R\$5,50 pelo empréstimo de uma bicicleta oferece a máxima receita para a estação, dependendo da duração do aluguel.

Para condições climáticas de frio, pode-se apontar um pequeno deslocamento das curvas de receita para a direita, como mostra a Figura 14. Isso demonstra que a melhora da condição climática, além de incrementar as chances de um aluguel ser realizado, permite que o preço das bicicletas seja aumentado para se obter a máxima receita. Assim, o valor do aluguel que maximiza a receita da estação em clima frio está situado entre R\$5,50 e R\$6,50.

Com a melhora do clima para *agradável*, observa-se novo aumento de preço do aluguel para alcançar a máxima receita estimada para a estação. Tal fato está apresentado na Figura 15, cujo valor do aluguel se situa entre R\$6,50 e R\$7,50 para que os ganhos econômicos sejam maximizados.

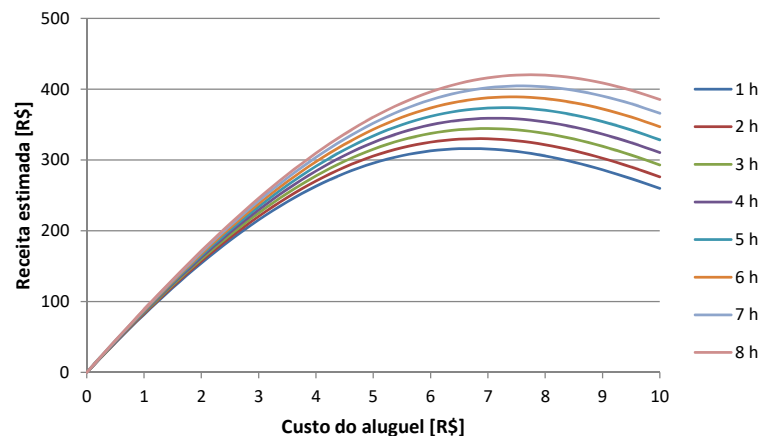
Por fim, as condições climáticas de calor oferecem as maiores receitas. O aumento das probabilidades de aluguel neste clima viabiliza o aumento do preço ofertado pelo serviço, pois como apresentado nas outras projeções, condições

Figura 14 – Receitas estimadas para a estação em clima *frio*



Fonte: Autor (2017).

Figura 15 – Receitas estimadas para a estação em clima *agradável*



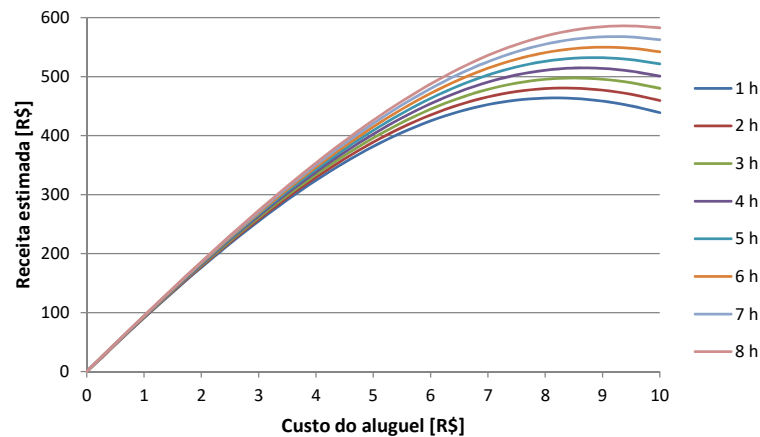
Fonte: Autor (2017).

climáticas mais favoráveis incentivam os visitantes a realizarem um aluguel, deixando-os menos sensíveis ao atributo *custo*.

A projeção realizada para situações de calor pode ser observada na Figura 16, em que as receitas máximas se encontram entre R\$8,00 e R\$9,50. Entende-se que o intervalo indicado, por ter maior amplitude em tarifas elevadas para diferentes intervalos de aluguel, também é um indicativo da menor sensibilidade dos indivíduos com relação ao custo do serviço a ser oferecido no parque.

A condição climática e a duração do aluguel se mostraram atributos significativos para as receitas estimadas da estação proposta neste estudo. Para um mesmo clima, há diferença de até R\$140,00 aproximadamente, por cada 100 visitantes do parque, apenas pela mudança da duração do aluguel.

Figura 16 – Receitas estimadas para a estação em situações de *calor*



Fonte: Autor (2017).

Para todas as condições climáticas, as maiores receitas foram estimadas nos cenários que ofereciam maior duração do aluguel. Entretanto, a viabilidade econômica-financeira da operação da estação pode ser questionada caso um visitante possa permanecer por um longo período de tempo sob posse de uma bicicleta alugada. Nesse caso, seriam necessárias muitas bicicletas disponíveis na estação para atender a demanda estimada.

O maior valor estimado para as receitas foi obtido sob condições de calor e duração de oito horas de aluguel, com estimativa de receita total de R\$585,89 a cada 100 visitantes que acessam o parque, sob preço do aluguel igual a R\$9,50.

Por outro lado, o menor valor se deu sob clima com probabilidade de chuva e aluguel de uma hora. Nessas condições, a estação obteria receita total de R\$113,07 a cada 100 visitantes, oferecendo as bicicletas a R\$4,50 por aluguel.

O capítulo atual apresentou os resultados da estimativa dos parâmetros de diferentes modelos de utilidade para a escolha do aluguel de bicicletas pedelecs no Parque Morro da Boa Vista, o modelo escolhido como adequado à aplicação proposta, além de projeções sobre as probabilidades de aluguéis serem realizados e estimativas de receita para a estação proposta. O capítulo a seguir trata das conclusões que se pode aferir com os resultados obtidos neste estudo.

5 CONCLUSÕES

O conhecimento adquirido pela execução da pesquisa descrita neste texto é indicado neste capítulo. Além disso, recomendações para futuras pesquisas são sugeridas para que seja possível replicar o método considerado, para que os modelos possam ser aprimorados ou que os resultados apresentados possam ser utilizados por outros pesquisadores.

O método utilizado se mostrou adequado ao estudo de caso realizado no Parque Morro da Boa Vista em Joinville. A estimativa de um modelo de escolha discreta após a realização de uma pesquisa de preferência declarada possibilitou atingir o objetivo proposto, com porcentagens representando a propensão de um visitante do parque alugar uma bicicleta pedelec de uma estação hipotética.

A escolha do modelo ideal se deu por meio de seis estimativas, pois se trata de um processo iterativo. Sendo assim, entende-se que estimativa atual serve como base para se obter uma próxima, com os testes estatísticos apontando as mudanças que podem ser efetuadas para se estimar melhores modelos.

Deste modo, o segundo modelo estimado se mostrou mais adequado à proposta por apresentar a melhor combinação de resultados dos dois indicadores de qualidade utilizados para medir a eficiência dos modelos – o índice ρ^2 ajustado e a porcentagem de acerto das respostas da amostra de validação. Ainda, salienta-se que os valores dos parâmetros estimados coincidem com o efeito observado na prática por seus respectivos atributos e que os aspectos socioeconômicos foram inseridos na função utilidade da alternativa “SIM”, devido ao entendimento do planejador de que tais aspectos exercem influência na decisão dos visitantes do parque sobre o aluguel de uma bicicleta.

As estimativas de probabilidades realizadas após a etapa de modelagem permitiram a obtenção de valores para representar a tendência de um indivíduo para o aluguel de uma bicicleta da estação oferecida em diversos cenários. Esses valores puderam ser obtidos ao se variar os atributos custo e duração do aluguel considerando os demais valores como constantes. Para os fatores socioeconômicos, o nível médio de idade e renda, e o nível da maioria para posse de bicicleta e modo de acesso ao parque foram utilizados para definição dos valores inseridos na função utilidade da escolha “SIM”. Logo, as estimativas podem representar uma boa aproximação para o comportamento dos visitantes do parque em relação à estação oferecida neste estudo.

Assim, para cada situação climática proposta na pesquisa de preferência

declarada, curvas de probabilidades de aluguel apresentaram as chances de uma bicicleta ser alugada tal que, com a melhora da condição climática, o visitante aumenta sua probabilidade de alugar uma bicicleta da estação. Além disso, curvas de probabilidade indicaram que as máximas chances de aluguel sempre ocorrem em cenários com custo mínimo e máxima duração do aluguel.

Após estimativas sobre a propensão ao aluguel mediante diferentes níveis dos atributo envolvidos na pesquisa de preferência declarada, foi possível extrapolar as conclusões para além dos objetivos deste trabalho, calculando-se a receita que a estação pode obter com o serviço de aluguel de bicicletas pedelec.

As estimativas sobre a receita da estação indicaram que os cenários mais propícios ao aluguel não oferecem a maior receita. Ou seja, em uma situação operacional que vise maximizar o ganho financeiro com a estação, aumentar o preço e reduzir a probabilidade de um aluguel ser realizado se mostrou como uma ação adequada até certo limite.

A condição climática se mostrou atributo preponderante tanto para aumentar as chances de uma bicicleta ser alugada, quanto para aumentar a receita obtida com os aluguéis. À medida que o clima incorre em condições mais favoráveis à atividade física e ao passeio ao ar livre, por exemplo, maiores se tornam as chances de aluguel e a receita obtida segundo as estimativas realizadas.

Propõe-se para pesquisas futuras uma investigação referente à operação da estação proposta pois, apesar das estimativas realizadas apontarem que as máximas probabilidades são obtidas em cenários com duração do aluguel livre, isto refletiria em um alto número de veículos, elevando o custo de instalação da estação e, possivelmente, inviabilizando a operação devido à baixa rotatividade das bicicletas.

Salienta-se ainda a possibilidade de análise de um modelo de negócio para a estação proposta, sem enfoque isolado sobre as receitas advindas do serviço de aluguel de bicicletas pedelecs. Assim, uma análise custo-benefício do negócio pode apontar para a viabilidade de implementação do ponto de vista comercial.

Como as ferramentas para o planejamento de sistemas de transportes auxiliam no desenvolvimento de novos serviços para transporte de pessoas, ou de cargas, um modelo coerente de estimativa de demanda de usuários como proposto neste trabalho viabiliza a extensão de sua aplicação para outros pontos de lazer de Joinville ou em outras cidades com características semelhantes.

REFERÊNCIAS

ALBINO, V. H. G.; PORTUGAL, L. d. S. Fatores de influência no uso da bicicleta em viagens a universidades. In: . Rio de Janeiro: XIII Rio de Transportes, 2015.

AQUINO, A. **Análise das Potencialidades da Integração entre Trem e Bicicleta e da sua Viabilidade em um Aglomerado Urbano Brasileiro**. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

BANDEIRA, R. A. M.; CAMPOS, V. B. G.; MAGALHÃES, J. R. L. Revisão sobre modelos de previsão de demanda pelo modo cicloviário. In: **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**. Ouro Preto: ANPET, 2015.

BARNES, G.; KRIZEK, K. J. Estimating bicycling demand. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Transportation Research Board of the National Academies, n. 1939, p. 45–51, 2006.

BEN-AKIVA, M. E.; LERMAN, S. R. **Discrete choice analysis: theory and application to travel demand**. Cambridge: MIT press, 1985. v. 9.

BIERLAIRE, M.; FETIARISON, M. Estimation of discrete choice models: extending biogeme. In: **Swiss Transport Research Conference (STRC)**. [S.l.: s.n.], 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 de janeiro de 2012.

CADENA, R. P.; ANDRADE, M. O.; DOURADO, A. B. F. A necessidade da regulação do aluguel de bicicletas como serviço público complementar ao transporte urbano. In: **XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**. Curitiba: ANPET, 2014.

CADURIN, L. D. P. **Demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas pedelecs: o caso de um campus universitário**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2016.

DILL, J.; CARR, T. Bicycle commuting and facilities in major us cities: if you build them, commuters will use them. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Transportation Research Board of the National Academies, n. 1828, p. 116–123, 2003.

FERNÁNDEZ-HEREDIA, Á.; MONZÓN, A.; JARA-DÍAZ, S. Understanding cyclists' perceptions, keys for a successful bicycle promotion. **Transportation research part A: policy and practice**, Elsevier, v. 63, p. 1–11, 2014.

FHWA. **Guidebook on methods to estimate non-motorized travel**: overview of methods. Publication FHWA-RD-98-165. U.S. Department of Transportation, 1999.

GEIPOT. **Planejamento cicloviário**: diagnóstico nacional. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, 2001.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

MAGALHÃES, J. R. L.; PALHARES, D. A. G. Utilização do método de preferência declarada para caracterização da demanda pelo transporte cicloviário em montes claros/mg. In: **XXVII CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**. Belém: ANPET, 2013.

ORME, B. Sample size issues for conjoint analysis studies. **Sawthooth Software Research paper Series**. Squim, WA, USA: Sawthooth Software Inc, 1998.

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling transport**. 4. ed. New Jersey: Wiley, 2011.

PEZZUTO, C. C. **Fatores que influenciam o uso da bicicleta**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, 2002.

PUCHER, J.; BUEHLER, R. **City cycling**. Cambridge: MIT Press, 2012.

QUALTRICS. **Qualtrics Online Surveys**. 2017. <www.qualtrics.com/>. Acessado em 01/03/2017.

RIETVELD, P.; DANIEL, V. Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Elsevier, v. 38, n. 7, p. 531–550, 2004.

SOUSA, P. B. **Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012.

STATSOFT, I. Statistica (data analysis software system), version 6. **Tulsa, USA**, v. 150, 2001.