

GUILHERME GOMES DE OLIVEIRA BRUNETTI

Ferramenta de estimativa de custo de uma política de transporte público municipal

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

**São Paulo
2016**

GUILHERME GOMES DE OLIVEIRA BRUNETTI

Ferramenta de estimativa de custo de uma política de transporte público municipal

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

Orientador:
Prof. Dr. Álvaro Euzébio Hernandez

**São Paulo
2016**

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

Brunetti, Guilherme Gomes de Oliveira

Ferramenta de estimativa de custo de uma política de transporte público municipal / G. G. O. Brunetti -- São Paulo, 2016.
101 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Engenharia Econômica 2.Transportes Públicos 3.Gratuidades
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

DEDICATÓRIA

Para a minha família.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho marca o fim de um ciclo pessoal que começou em 2009, com o meu ingresso na universidade, estendeu-se graças aos meus anos de duplo diploma expatriado na França, e que espero findar por meio deste manuscrito.

Em quase 8 anos de universidade, tive a imensa felicidade de conhecer muitas pessoas maravilhosas e queridas. Sendo assim, a lista de amigos fica demasiada longa para que eu agradeça a cada um pessoalmente, mas eu gostaria de reafirmar a importância que os meus amigos e colegas tiveram durante a minha vida acadêmica.

Gostaria de agradecer ao professor Álvaro pelo seu enorme empenho enquanto educador. Dedicado, solícito, por vezes inortodoxo mas sempre buscando o aprendizado de seus alunos. Sou muito grato por ele ter aceitado o meu convite e ter me orientado ao longo deste ano.

Por fim, agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, que desde cedo me incentivaram a estudar bastante e sempre me estimularam em meus projetos. Eles foram sem dúvida os ombros de gigante sem os quais eu nunca poderia ter chegado aonde estou hoje.

Deus quer, o homem sonha, a obra nasce.

(Fernando Pessoa)

RESUMO

Neste trabalho, foi desenvolvida uma ferramenta para avaliar o custo de políticas de gratuidades no transporte público coletivo, com base no caso da cidade de Poá, onde havia uma proposta de programa social que ofereceria gratuidades para gestantes e lactantes. Foram estudados os detalhes de implementação de programas sociais similares no município. Um modelo econômico do problema foi construído e implementado em forma de planilha eletrônica. Com o uso da ferramenta, foram produzidas estimativa de custo para o município de Poá, para outros municípios vizinhos do Alto Tietê e para o município de São Paulo.

Palavras-chave: Engenharia econômica. Transporte Público. Gratuidades.

ABSTRACT

In this work, it was developed a tool to assess the cost of public policies offering gratuities in the public transport, based on the case of Poá, a Brazilian city where there was a proposal to offer gratuities in public urban transport for pregnant and lactating women. A similar previous social program implemented in this city was analyzed. An economic model of the problem was developed and implemented in the form of a spreadsheet tool. Using this tool, we provided cost estimates for the city of Poá as well as for neighboring cities and for the city of São Paulo.

Keywords: Engineering Economy. Public Transport. Gratuities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Brasão da cidade de Poá	23
Figura 2 - Logotipo do programa “Passe Livre para Estudar”	25
Figura 3 - Modelo Lógico Básico.....	40
Figura 4 - Logotipo do DATASUS	54
Figura 5 - Logotipo da SPTrans	56
Figura 6 - Logotipo do BACEN	58
Figura 7 - Evolução da tarifa de ônibus em São Paulo.....	71
Figura 8 - Código gráfico empregado na Planilha.....	76
Figura 9 - Campo de entrada de município	76
Figura 10 - Mensagem de erro: Município Inválido.....	77
Figura 11 - Estimativas automáticas fornecidas pela ferramenta	77
Figura 12 - Série temporal de Gestantes e Lactantes.....	78
Figura 13 - Campo de Entrada: Estimativas Personalizadas	79
Figura 14 - Indicação gráfica do uso das estimativas personalizadas	79
Figura 15 - Campos de entrada dos parâmetros do programa social.....	81
Figura 16 - Campos de entrada dos dados econômicos.....	82
Figura 17 - Tela de Saída: Tabela de Resultados	83
Figura 18 - Tela de Saída: Gráfico de Resultados	83
Figura 19 - Detecção de valor inválido	85
Figura 20 - Anuidade em Poá em função da taxa de crescimento.....	88
Figura 21 - Anuidade em Poá em função da taxa de reajuste tarifário.....	88
Figura 22 - Anuidade em Poá em função da taxa mínima de atratividade.....	89
Figura 23 - Anuidade em Poá em função do horizonte de planejamento.....	90
Figura 24 - Parte superior da tela de entradas	99
Figura 25 - Tela de resultados	100
Figura 26 - Tela de dados detalhados	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reajuste das tarifas de ônibus de São Paulo.....	70
Tabela 2 - Histórico da taxa SELIC e da meta SELIC	73
Tabela 3 - Parâmetros do modelo	86
Tabela 4 - Resultados para o caso-base	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BACEN	Banco Central do Brasil
COPOM	Comitê de Política Monetária
DAB	Departamento de Atenção Básica
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbanos
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SIAB	Sistema de Informação da Atenção Básica
SPTRANS	São Paulo Transportes S.A.
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	23
1.2	ORGANIZAÇÃO	24
1.3	TEMA DO PROJETO	24
1.4	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	26
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	29
2.1	TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO.....	29
2.2	ENGENHARIA ECONÔMICA	32
2.3	AVALIAÇÃO DE PROJETOS E PROGRAMAS SOCIAIS	38
2.4	MÉTODOS ESTATÍSTICOS.....	45
2.5	DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS	48
3	MATERIAIS E MÉTODOS	53
3.1	ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA.....	53
3.2	DESENVOLVIMENTO DO MODELO ECONÔMICO.....	53
3.3	DADOS DE NASCIDOS VIVOS E GESTANTES.....	54
3.4	ESTIMATIVA DO NÚMERO DE LACTANTES	55
3.5	PROJEÇÃO DA TARIFA.....	56
3.6	DETERMINAÇÃO DA TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE.....	57
3.7	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1	DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA.....	61
4.2	MODELO LÓGICO BÁSICO.....	64
4.3	MODELO ECONÔMICO	66
4.4	PROJEÇÃO DA TARIFA.....	70
4.5	TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE	72
4.6	REQUISITOS FUNCIONAIS DE USUÁRIO.....	73
4.7	PROTÓTIPO DA FERRAMENTA DE CUSTEIO	75
4.8	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROTÓTIPO	85
5	CONCLUSÕES.....	91
	REFERÊNCIAS.....	95
	APÊNDICE A - ILUSTRAÇÕES DA FERRAMENTA	99

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O autor encontra-se atualmente estagiando na Mesa de Operações de Renda Fixa do banco de investimentos norte-americano Morgan Stanley. Por questões de sigilo e pela dificuldade em encontrar um tema relevante e pertinente à Engenharia de Produção que pudesse ser realizado dentro do banco, não foi possível realizar o Trabalho de Formatura junto à organização. Deste modo, este Trabalho de Formatura não está vinculado a uma atividade de estágio.

Ao procurar junto com o orientador por outras possibilidades de tema para o Trabalho de Formatura, surgiu a possibilidade de desenvolvê-lo junto à Secretaria de Transportes e Mobilidade Urbana da Estância Hidromineral de Poá (Figura 1), colaborando com o estudo de uma proposta de programa social que o município desejaria implementar.

Figura 1 - Brasão da cidade de Poá



Fonte: POÁ, 2016

A proposta em questão era para oferecer gratuidades no transporte público coletivo para gestantes e lactantes e o problema da organização era estimar o custo deste projeto para o erário.

O problema de estimar os benefícios que este programa traria para a sociedade é bem mais complexo que estimar os seus custos, contudo os custos acabam sendo o aspecto mais relevante para a tomada de decisão no município. De fato, é preciso garantir que haja recursos suficientes para arcar com as despesas incorridas sem por em risco a saúde financeira da cidade, e uma vez esta condição satisfeita a tomada de decisão depende muito mais de motivações políticas do que de critérios técnicos.

Ao elaborar este estudo para a cidade de Poá, percebeu-se a possibilidade de generalizá-lo para outras cidades, uma vez que foi desenvolvido um modelo econômico que poderia ser aplicado para outros municípios. A partir deste momento, o objetivo do trabalho passou a ser o desenvolvimento de uma ferramenta que pudesse ser usada por outras municipalidades para estimar o custo que elas teriam para implementar propostas similares.

1.2 ORGANIZAÇÃO

A organização na qual o trabalho foi realizado é a Secretaria de Transportes e Mobilidade Urbana da Estância Hidromineral de Poá, município paulista da região do Alto Tietê fundado em 1948 com população de cerca de 112.000 habitantes e área aproximada de 17.000 km².

As principais atribuições desta secretaria são o planejamento, coordenação, execução e fiscalização das atividades referentes ao transporte urbano em geral e à regulamentação do trânsito. Cabe a ela assim administrar o sistema de transporte público e fiscalizar os serviços prestados em regime de concessão.

Além disso, ela é responsável pela engenharia viária das ruas e avenidas municipais, pela assistência aos acidentes de trânsito e pelas campanhas locais de educação de trânsito. Por fim, a secretaria também promove políticas de mobilidade urbana na cidade.

1.3 TEMA DO PROJETO

No município de Poá, tem sido estudada a possibilidade de conceder gratuidades no transporte coletivo urbano para mulheres gestantes e lactantes, isto é, aquelas que já pariram e estão na fase de amamentação. O objetivo deste benefício seria melhorar a mobilidade urbana dessas mulheres, facilitando especialmente o seu acesso ao acompanhamento médico durante o pré-natal e o puerpério.

A cidade já havia instaurado um projeto similar em 2014, o programa “Passe Livre para Estudar” (Figura 2), que dispõe de gratuidades no transporte público municipal aos estudantes poaenses com a finalidade de melhorar o acesso à educação. O seu relativo sucesso na cidade é a razão para procurar estender este modelo para solucionar outros problemas de acessibilidade.

A administração da cidade gostaria de ter uma estimativa de quanto seria gasto para implementar este novo programa social. Assim, a meta original do presente trabalho era calcular os custos deste projeto social para o município em questão.

Contudo, as técnicas e métodos que foram empregados no caso particular de Poá são suficientemente gerais e genéricos para poder ser aplicados em outros contextos, para outros municípios. Assim, procurou-se desenvolver uma ferramenta em forma de planilha eletrônica que permita que cada municipalidade possa analisar o custo de implementação de uma proposta similar em sua região.

Figura 2 - Logotipo do programa “Passe Livre para Estudar”



Fonte: POÁ, 2016

Por meio deste trabalho, o autor espera que ela possa estar prestando um serviço à sociedade, na medida em que ele poderá ajudar a administração pública a fazer uma importante decisão de modo mais racional graças às técnicas e métodos estudados ao longo do curso de Engenharia de Produção.

É até mesmo possível que este estudo sirva de lastro à implementação deste programa em Poá, o que seria motivo de grande orgulho por causa dos potenciais benefícios que esta

medida poderia trazer à população e por saber que os recursos realocados para este projeto não teriam sido gastos inconsequentemente, sem arriscar a saúde financeira da cidade.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Recapitulando brevemente, as metas do presente trabalho são o desenvolvimento de uma ferramenta de análise de custo para propostas de gratuidades no transporte público e a sua aplicação para o município de Poá, com a finalidade de auxiliar a gestão municipal a melhor decidir se a proposta deve ser realizada ou não.

Dentro do planejamento feito, foram identificados certos problemas importantes para cada etapa do trabalho. O avanço do trabalho e a realização do objetivo estão intimamente atrelados à resolução destes problemas, que serão apresentados a seguir.

1.4.1 Compreensão dos detalhes de implementação

Este primeiro problema tange a compreensão de como um programa de gratuidades no transporte público coletivo seria efetivamente implementada num município. É uma parte capital do problema, pois trata-se do entendimento do objeto que se deseja modelar.

Evidentemente, a realidade de todos os município brasileiros não é a mesma, e a maneira como eles lidaram com a concessão de benefícios tarifários possivelmente difere entre si.

Procurou-se compreender o caso particular da cidade de Poá, por ter sido o lugar onde foi realizada o trabalho.

1.4.2 Modelagem econômica

Uma vez obtida uma melhor compreensão do objeto que se procura estudar, é possível então modelá-lo. No caso em questão, o estudo do custo necessita de modelos provenientes da engenharia econômica.

Nesta etapa, buscou-se explicitar as hipóteses do projeto e definir de modo abstrato e algébrico as variáveis relevantes para formulação dos custos. Esta parte do trabalho é a mais analítica, pois busca representar matematicamente o problema analisado.

Além de fornecer um quadro teórico que auxilia a compreensão geral dos custos de um projeto, o modelo construído é fundamental na medida em que ele indica quais seriam os dados relevantes para a resolução do problema.

1.4.3 Obtenção dos dados e estimação

O modelo desenvolvido anteriormente é abstrato e genérico. Para poder aplicá-lo em casos reais, é necessário substituir as variáveis algébricas pelos valores particulares de interesse.

A obtenção dos valores dos parâmetros do modelo constitui muitas vezes um novo problema por si só. Certos valores podem ser obtidos diretamente dos dados disponíveis. Outros, contudo, precisam ser estimados indiretamente.

De todo modo, trata-se de um problema duplo de obtenção dos dados e tratamento destes dados. Muitos dados podem ser obtidos publicamente nas bases eletrônicas disponibilizadas pelo governo brasileiro, enquanto o tratamento dos dados envolve por vezes técnicas estatísticas.

É preciso estimar o número de beneficiadas ao longo do ano assim como a quantidade média de viagens que uma beneficiada faria diariamente. Também deve-se levar em consideração o valor da tarifa e a sua tendência de reajuste.

1.4.4 Desenvolvimento da Ferramenta

O desenvolvimento de uma ferramenta eletrônica é uma das áreas de aplicação da engenharia de sistemas, em particular da engenharia de computação. As técnicas desta disciplina fornecem orientação para a concepção, modelagem e desenvolvimento de sistemas robustos capazes de efetuar operações complexas.

Deste problema maior, pode-se apontar dois subproblemas importantes: a especificação dos requisitos do sistema e a prototipagem. A especificação de requisitos faz

É preciso manter o foco no usuário final e no problema que ele deseja resolver desde as etapas iniciais de concepção e durante o desenvolvimento para garantir a entrega de uma solução adequada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção, são apresentadas as referências bibliográficas investigadas sobre as quais este trabalho está fundamentado. Procurou-se elucidar o arcabouço jurídico acerca do tema de gratuidades no transporte público e rever as bases teóricas da engenharia econômica.

Foi feita a análise de referências básicas e de leituras recomendadas com o objetivo de construir alicerces teóricos sólidos e estabelecer uma terminologia a ser adotada na construção do texto.

2.1 TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO

2.1.1 Conceitos e Definições

Segundo Araújo et al. (2011), não é possível dissociar meio urbano de trânsito. O trânsito é formalmente definido no Código de Trânsito Brasileiro como sendo como a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupo, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operações de carga e descarga.

Nas palavras de Araújo et al. (2011), o trânsito é “uma disputa pelo espaço físico que reflete uma disputa pelo tempo e pelo acesso aos equipamentos urbanos”. Os conflitos existentes podem ser classificados segundo os autores em três tipos: *físicos*, decorrentes da impossibilidade vários corpos em um mesmo espaço; *políticos*, resultantes de diferenças sociais e dos interesses múltiplos e incompatíveis de seus participantes; e de *movimento*, pois os próprios deslocamentos provocam degradação do ambiente e geram poluição sonora e ambiental.

Em razão da complexidade inerente deste cenário conflituoso, Araújo et al. (2011) sugerem que se analise o trânsito enquanto um sistema, cujos subsistemas seriam as vias, veículos, pessoas e normas e cuja função seria o deslocamento das pessoas. De todos os subsistemas, Rozestraten (1988) comenta que homem é o elemento mais complexo e a mais provável elemento desestabilizador.

Os autores atentam ao fato de que os deslocamentos no trânsito estão associados às características socioeconômicas da população (idade, trabalho, renda, local de moradia). Assim, para que o trânsito cumpra sua função social, é preciso que ele atenda às demandas de

seus participantes. Essas demandas por sua vez estão associadas aos conceitos de *mobilidade* e de *acessibilidade*.

De acordo com Cardoso (2008), a mobilidade é um conceito associado à capacidade de uma pessoa de se deslocar de um lugar a outro, abrangendo tanto os deslocamentos efetivamente realizados pela população no espaço urbano quanto a possibilidade ou facilidade de ocorrência dessas viagens.

Por sua vez, a acessibilidade é definida segundo Cardoso (2008) como a “efetividade do sistema de transporte em conectar localidades separadas”. Mais especificamente, Cardoso (2008) define dois tipos de acessibilidade: a *acessibilidade ao sistema de transporte*, referente à facilidade do usuário acessar o sistema de transporte coletivo, e a *acessibilidade a destinos*, que se refere à facilidade de se chegar ao destino preterido após ter acessado o sistema de transporte.

Deste modo, Araújo et al. (2011) comentam que não basta ter condições de fazer uso do sistema (que garante a mobilidade), se não existe como acessar o local de chegada (acessibilidade a destinos) e vice-versa.

2.1.2 Transporte Público Coletivo

As pessoas precisam se locomover no espaço público para realizar suas atividades cotidianas de trabalho, de estudo ou de lazer. Segundo Borges e Barouche (2014), o atendimento das necessidades sociais e econômicas da população necessita de um sistema de mobilidade onde os deslocamentos de curta e longa distância possam ser feitos de modo coletivo e eficiente para todos os cidadãos.

Segundo o argumento dos autores, a relevância de um sistema de mobilidade adequado torna-se aparente quando os problemas de mobilidade afetam diretamente a qualidade de vida da população. Pode-se citar a má qualidade de ar e os congestionamentos resultantes do grande número de veículos em circulação.

Além disso, sistemas frágeis de mobilidade pioram as desigualdades sociais na medida em que os usuários que mais necessitam de transporte público são a população de baixa renda.

2.1.3 Benefícios Tarifários no Transporte Público Coletivo

Segundo Lorenzetti (2004), são recorrentes os projetos de lei que buscam conceder gratuidades ou descontos no sistema de transporte público coletivo para certas categorias de usuários. Contudo, poucas iniciativas acabam sendo aprovadas.

Segundo a autora, o problema fundamental em relação a concessão de benefícios é a questão do seu financiamento. A lei brasileira (Lei nº 9.074 de 7 de julho de 1995) afirma que o estabelecimento de novos benefícios tarifários está sujeito à previsão da origem dos recursos ou da revisão da estrutura tarifária do contrato.

Assim, Lorenzetti explica que existem duas alternativas para o financiamento de gratuidades. A primeira é o subsídio direto, ou seja, pelo aporte de recursos públicos, e a segunda é o subsídio cruzado, onde os custos dos usuários não pagantes é incluído na composição da tarifa.

Cada uma dessas duas alternativas apresenta problemas. A escassez de recursos públicos e as restrições orçamentárias dificultam ou até mesmo impossibilitam a implementação de subsídio direto. O subsídio cruzado, por sua vez, divide o ônus entre os usuários pagantes, que podem ser tão carentes quando a categoria beneficiada.

No Brasil, a Constituição Federal (1988) estatui a gratuidade para os idosos acima de 65 anos nos transportes coletivos urbanos. Ademais, o Estatuto do Idoso (Lei nº 10.741 de 1 outubro de 2003) lhes concede mais alguns benefícios no transporte coletivo interestadual. Segundo Lorenzetti, esses benefícios são válidos em todo o território nacional e o seu custeio se dá por meio de subsídio cruzado.

Segundo Borges e Barouche (2014), na maioria dos casos há justificativas plausíveis para a concessão dos referidos benefícios. Contudo, quando o Poder Público atribui apenas ao usuário pagante o ônus dos benefícios, eximindo a si mesmo destes custos dos quais ele foi gerador, as consequências são ruins tanto para os operados quanto para os usuários.

Segundo a NTU (Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbanos, 2009), aproximadamente 25% dos passageiros dos sistemas regulares de transporte não pagam a tarifa. Cerca de 18,7% dos usuários dos transportes públicos recebem passe escolar com desconto de 50% a 100%. Os idosos maiores de 65 anos tem gratuidade no transporte público e representam cerca de 6% do total de usuários do sistema.

Neste mesmo estudo, a NTU (2009) estima que o custo anual dos benefícios é de aproximadamente 4 bilhões de reais. Como na maioria dos casos não há formação de fundos extra-tarifários para arcar com os custos dos benefícios, esses custos são repassados aos

usuários pagantes através do aumento do preço da tarifa. A NTU estima os benefícios tarifários tenham um impacto de 20,8% sobre o preço das tarifas de ônibus.

Dentre os usuários que pagam integralmente a tarifa, identificam-se dois segmentos, os dos funcionários que recebem o vale-transporte de seus empregadores e os usuários não beneficiários por este (trabalhadores informais, autônomos ou até mesmo pessoas desempregadas). Como o vale-transporte representa cerca de 40% da receita dos sistemas, os usuários que não recebem benefício algum acabam por pagar 60% dos benefícios concedidos.

2.2 ENGENHARIA ECONÔMICA

Em *The Economic Theory of the Location of Railways* (1887), Arthur M. Wellington descreve espirituosamente que certas áreas da engenharia não deveriam ser compreendidas como a arte de construir, mas sim como a arte de realizar com um dólar aquilo que um tolo somente seria capaz de fazer com dois dólares.

Wellington critica que a negligência de considerações econômicas acerca dos projetos ferroviários fez com que ferrovias improfícuas fossem construídas nos Estados Unidos. Segundo o autor, a questão de como construir uma ferrovia havia sido amplamente estudada, mas as questões fundamentais de onde construí-la, quando construí-la e principalmente se ela deve ser construída vinham sendo desprezadas.

Na engenharia, é preciso estudar tanto a viabilidade técnica quanto econômica dos projetos. Os recursos financeiros são escassos, portanto eles não podem ser gastos de maneira ingênua, devendo assim ser alocados criteriosamente.

A Engenharia Econômica é uma área de conhecimento interessada na avaliação econômica de investimentos. Ela fornece um arsenal analítico para que engenheiros e gestores possam comparar diferentes propostas entre si e decidir qual é a melhor alternativa do ponto de vista do desempenho econômico e financeiro.

Sendo assim, a Engenharia Econômica é uma ferramenta teórica para tomada ótima de decisão com um amplo campo de aplicação, abrangendo desde escolhas de investimento pessoal até importantes decisões governamentais sobre a construção de novas obras públicas. Em todos esses casos, o fato de que os recursos são limitados exige que eles sejam alocados da melhor maneira possível.

Nas subseções seguintes são revistos certos tópicos importantes desta área.

2.2.1 Princípios da Engenharia Econômica

Em *The Principles of Engineering Economy* (1990), Grant e Ireson propõem o seguinte conjunto de onze princípios que formam os fundamentos para o desenvolvimento, estudo e aplicação da engenharia econômica:

1. **Reconhecimento e definição das alternativas:** As decisões devem ser feitas entre alternativas. Assim, é recomendado que as alternativas sejam definidas nitidamente e que as qualidades de todas as opções apropriadas sejam analisados.
2. **Consideração geral das consequências:** As decisões precisam se basear nas consequências esperadas das várias alternativas, que em princípio ocorrerão no futuro.
3. **Estabelecimento do ponto de vista:** É essencial decidir qual o ponto de vista a ser adotado antes de estabelecer procedimentos para formulação e avaliação de projetos. Essa é questão crítica das consequências para quem.
4. **Comensurabilidade:** Para comparar alternativas, é interessante que as consequências sejam comensuráveis entre si na medida do possível. Neste sentido, deve-se procurar expressar as consequências de um investimento de maneira quantitativa, aplicando as mesmas unidades devem aplicar-se a todos os números. Em decisões econômicas, as unidades monetárias satisfazem naturalmente as especificações deste princípio.
5. **Irrelevância dos aspectos comuns:** Como as decisões são feitas entre alternativas, somente as diferenças entre elas são relevantes na sua comparação, não os seus pontos em comum.
6. **Separação das decisões:** Quando possível, decisões independentes devem ser feitas separadamente.
7. **Necessidade de critérios de decisão:** É importante estabelecer um critério objetivo para reger a tomada de decisões, ou, possivelmente vários critérios.
8. **Escolha do critério principal:** Em complemento ao princípio anterior, quando houver vários critérios, é preciso determinar o critério principal, que por sua vez deve ser selecionado com o objetivo de fazer o melhor uso de recursos limitados.
9. **Importância dos critérios secundários:** A incerteza inerente associada às estimativas do futuro implicam que mesmo estimativas produzidas cuidadosamente podem revelar-se incorretas. Assim, por vezes é interessante que

um decisor faça uso de critérios secundários que refletem, de alguma forma, essa imprevisibilidade.

10. Consideração dos dados irredutíveis: As decisões entre alternativas de investimento devem ponderar quaisquer diferenças esperadas nas consequências que não tenham sido reduzidas a termos monetários (os chamados dados irredutíveis).

11. A necessidade de uma abordagem sistêmica: Em diversas situações os efeitos secundários costumam ser menosprezados na tomada de decisões individuais. Para considerar esses efeitos secundários adequadamente, é preciso avaliar as relações entre decisões, antes de poder ser tomada qualquer das decisões individuais.

2.2.2 Valor Temporal do Dinheiro

De acordo com Hirshleifer (1968), um conceito chave desta disciplina é o valor temporal do dinheiro, que diz respeito à diferença de valoração subjetiva de uma mesma quantia nominal de dinheiro em função do tempo. Em termos concretos, esta noção afirma que receber mil reais hoje não é economicamente equivalente a receber mil reais daqui um ano,

A justificativa desta tese não se baseia em um argumento de inflação, e sim na ideia de que em posse de mil reais hoje, é possível reinvestir essa quantia de modo a ter estritamente mais do que mil reais daqui um ano.

Em função deste princípio, valores nominais de dinheiro recebidos ou pagos em datas distintas não são diretamente comparáveis. Seria o equivalente em Física a comparar duas massas, uma expressa em quilogramas e outra expressa em Libras: as unidades não são as mesmas, portanto é preciso primeiro convertê-las a uma unidade comum para depois compará-las entre si.

Em engenharia econômica, existem formulas matemáticas que permitem converter quantidades monetárias entre datas diferentes, através de uma taxa de juros ou taxa de desconto. Uma das formulações mais simples da matemática financeira é a seguinte :

Seja i a taxa de juros anual (usualmente, i é um número positivo). Uma quantia P de dinheiro recebido hoje seria equivalente a um valor F a ser recebido daqui n anos, onde F é calculado segundo a equação:

$$F = P (1 + i)^n \quad (1)$$

Esta operação é denominada “levar a valor futuro”. A equação acima pode ser invertida de modo a encontrar o valor presente de uma quantidade F de dinheiro a ser recebido daqui n anos:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} \quad (2)$$

Esta operação é chamada de “trazer a valor presente”.

O uso das fórmulas acima necessita que seja determinada uma taxa de juros de referência para ser usada nos cálculos. A escolha dessa taxa constitui contudo um problema difícil da engenharia econômica, que é brevemente discutido a seguir.

2.2.3 Taxa Mínima de Atratividade

O uso das fórmulas de matemática financeira exige a determinação de uma taxa de desconto nos cálculos de conversão. Define-se a *taxa mínima de atratividade* como sendo a taxa de juros mínima que um decisor está disposto a aceitar como retorno esperado de um investimento, levando em consideração o risco do projeto, o seu limite de capital disponível, a estrutura tarifária à qual ele está sujeito e o seu custo de oportunidade, que é o retorno que ele poderia obter ao investir esses recursos em outros projetos.

Em particular, a taxa mínima de atratividade é subjetiva, variando entre as pessoas pois cada investidor teria seu próprio nível de aversão ao risco e seu próprio custo de oportunidade. Além disso, a avaliação de risco de um projeto é subjetiva também.

Segundo Hirshleifer (1968), sob a hipótese de mercados perfeitos e ausência de incerteza e de risco sobre os investimentos, a taxa mínima de atratividade é aquela para a qual há equivalência entre preferência temporal marginal (a diferença de valoração subjetiva um mesmo diferencial de riqueza entre duas datas distintas) e produtividade temporal marginal (o diferencial de valor dos ativos no futuro gerado por um diferencial de investimento no instante presente).

Ademais, Hirshleifer (1968) argumenta que sob essas hipóteses simplificadoras, a taxa mínima de atratividade seria a mesma para todos os indivíduos, pois não haveria risco e todos eles teriam acesso às mesmas oportunidades de investimento. Além disso, não haveria diferença de rendimento entre a dívida e as ações emitidas por uma mesma empresa.

A determinação da taxa mínima de atratividade envolve a avaliação do rendimento das oportunidades existentes de investimento, além de outros fatores que forem considerados relevantes pelo analista. Por exemplo, a taxa de retorno de investimentos conservadores,

como títulos de dívida emitidos pelo Estado, considerados “sem risco” ou de risco baixíssimo, acabam provendo uma importante referência: um investimento com risco que oferece uma taxa de retorno inferior àquela oferecida pelas obrigações estatais nunca seria aceito por um investidor racional.

Considerações acerca da tolerância ao risco de um investidor podem fazer com que ele exija uma taxa mínima de atratividade superior à taxa de juros sem risco. Entretanto, não existe uma técnica universalmente aceita para calculá-la.

Por fim, um problema particular da Engenharia Econômica é a determinação da taxa mínima de atratividade para projetos públicos, ou seja, quando o investidor seria o Estado.

Hirshleifer (1968) argumenta que existem ao mesmo tempo motivos sustentando o emprego da taxa de juros sem risco, dado que esta seria a taxa que o Estado usaria para se financiar através da emissão de dívida, e motivos defendendo o uso de taxa superiores, por causa do viés inerente das avaliações governamentais.

Mais especificamente, as avaliações prospectivas feitas pelo governo são mais enviesadas que as realizadas pela iniciativa privada, pois as expectativas dos investidores privados seriam confrontadas com a realidade do mercado, que agiria neste caso como um juiz independente. Este argumento, contudo, não justifica nenhum valor em particular.

2.2.4 Valor Presente Líquido

A técnica do Valor Presente Líquido (VPL) consiste em converter todos os fluxos de caixa do projeto para valores monetários equivalentes de uma mesma data, que normalmente é a data presente, e em seguida computar o total líquido das saídas e entradas de fundos (os custos e benefícios financeiros, respectivamente). Usualmente, traz-se os fluxos de caixa a valor presente, donde o nome da técnica.

Em termos matemáticos, o Valor Presente Líquido é representado pela fórmula abaixo:

$$VPL = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1 + i_{min})^t} \quad (3)$$

Onde t é uma variável temporal que percorre os períodos considerados no projeto, indo da data presente ($t = 0$) até o último período considerado ($t = N$); CF_t é o fluxo de caixa associado ao período t ; e i_{min} é a taxa mínima de atratividade.

Quando se analisa um único projeto, a regra de decisão a ser adotada é a seguinte: caso o resultado líquido seja positivo, o projeto pode ser implementado pois ele traria lucro econômico; caso contrário, a proposta não deve ser implementada pois traria prejuízo.

A regra decisão induzida é sempre a mesma, independentemente da data de referência escolhida. Hirshleifer (1968) considera esta técnica fundamentalmente correta e alinhada com o princípio de que o investidor racional deve maximizar sua riqueza, sendo que a riqueza deste seria igual ao valor presente líquido

2.2.5 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como a taxa de desconto hipotética a ser utilizada no cálculo do valor presente líquido de um projeto para que este tenha valor presente nulo. Matematicamente, o procedimento equivale a encontrar a raiz do seguinte polinômio:

$$Pol(i) = \sum_{t=0}^N CF_t(1+i)^{N-t} \quad (4)$$

Ou seja, a taxa de interna de retorno é o valor i^* tal que:

$$Pol(i^*) = 0 \quad (5)$$

De maneira geral, a solução da equação não pode ser obtida de forma analítica, mas pode ser encontrada através de procedimentos numéricos.

Quando se analisa um único projeto, a regra de decisão produzida pela técnica é a seguinte: calcula-se a taxa interna de retorno i^* , e em seguida compara-se i^* contra i_{min} , a taxa mínima de atratividade; caso $i^* > i_{min}$, o projeto pode ser implementado pois ele traria retorno superior ao que seria obtido se os recursos fossem investidos no mercado à taxa de juros de referência; caso contrário, se $i^* \leq i_{min}$, o projeto não deve ser implementado pois sua taxa de retorno é inferior ao seu custo de oportunidade.

Essa técnica sofre contudo de graves problemas, o primeiro sendo de natureza puramente matemática. Um polinômio de grau N possui até N raízes complexas distintas. Dentre as possíveis raízes reais, elas não são necessariamente únicas e podem até mesmo ser negativas. Isso significa que a taxa de interna de retorno não seria um objeto matematicamente bem definido, em razão desta ambiguidade.

Uma crítica ainda mais grave decorre não somente da pluralidade de soluções para o polinômio, mas do fato que é possível que nenhuma destas soluções matemáticas seja economicamente correta. Considere o seguinte exemplo, retirado de Hirshleifer (1968):

$$CF_0 = -1, \quad CF_1 = 5, \quad CF_2 = -6, \quad i_{min} = 10\% \quad (6)$$

Os possíveis valores de i^* são 100% e 200%, ambos maiores do que a taxa mínima de atratividade. Logo, o critério da taxa interna de retorno recomendaria em ambos os casos que se adotasse o projeto. Todavia, o valor presente líquido de um tal projeto seria de aproximadamente -1,413, e pelo critério do valor presente líquido, este projeto não deve ser implementado.

Kelleher e MacCormack (2004) ainda atentam ao fato de que por se tratar de um critério associado a uma taxa, ele pode fazer com que pequenos projetos pareçam mais vantajosos do que grandes projetos por apresentarem taxas interna de retorno superiores, mesmo que o valor presente líquido do projeto maior seja superior ao do projeto menor. Ademais, é preciso ter em mente que este método considera que todos os retornos que o investimento trará serão reinvestidos a uma taxa igual a taxa de atratividade informada, o que pode resultar em grandes distorções na análise do investimento

Em razão dessas falhas conceituais, Hirshleifer (1968) recomenda que esta técnica não seja usada, uma vez que ela não é consistentemente correta, produz resultados ambíguos e não se pode saber de antemão se ela produzirá os resultados corretos ou não. O autor recomenda que se adote a técnica do valor presente líquido, cujos fundamentos são mais sólidos e que sempre produz a decisão de investimento correta em situações onde a técnica da taxa interna de retorno falha.

2.3 AVALIAÇÃO DE PROJETOS E PROGRAMAS SOCIAIS

Segundo Harrell et al. (1996), num esforço contínuo de melhoria dos serviços prestados, tem se dado importância crescente às técnicas rigorosas de avaliação de programas e projetos sociais por parte daqueles que financiam, dirigem e operam essas iniciativas. É preciso conclusões baseadas em evidências mensuráveis, e não somente testemunhos e depoimentos passionais.

Segundo Sept et al. (2011), o problema de mensurar o impacto de programas sociais é extremamente difícil de ser gerido. Múltiplas facetas surgem ao se analisar rigorosamente a questão: Quem seria beneficiado? (indivíduos, comunidades, um país, todo o globo) Quão mensurável é o benefício? Quão eficiente é a entrega deste benefício? Seria possível obter melhores resultados alocando os recursos em outros projetos?

Tem-se buscado adaptar as técnicas e métodos da administração de empresas e análise de investimentos utilizados no setor privado para os projetos e programas sociais sem fins lucrativos.

Ademais, a avaliação de um programa social pode variar em rigor, indo desde a simples coleta de alguns dados até estudos acadêmicos que duram décadas. O nível correto de rigor a ser aplicado dependerá invariavelmente do objetivo a ser alcançado.

Segundo os autores, o primeiro passo para a escolha de um método de avaliação é explicitar as questões que precisam ser respondidas. Além disso, é importante definir os objetivos da avaliação, a audiência que vai se utilizar dos resultados obtidos e os recursos disponíveis para a execução.

De modo simplificado, existem quatro classes de técnicas utilizadas na avaliação de programas sociais: *Avaliação de Impacto*, *Monitoramento de Desempenho* e *Análise Custo-Resultado*. Segue-se uma breve explicação de cada uma dessas técnicas:

2.3.1 Modelo Lógico Básico

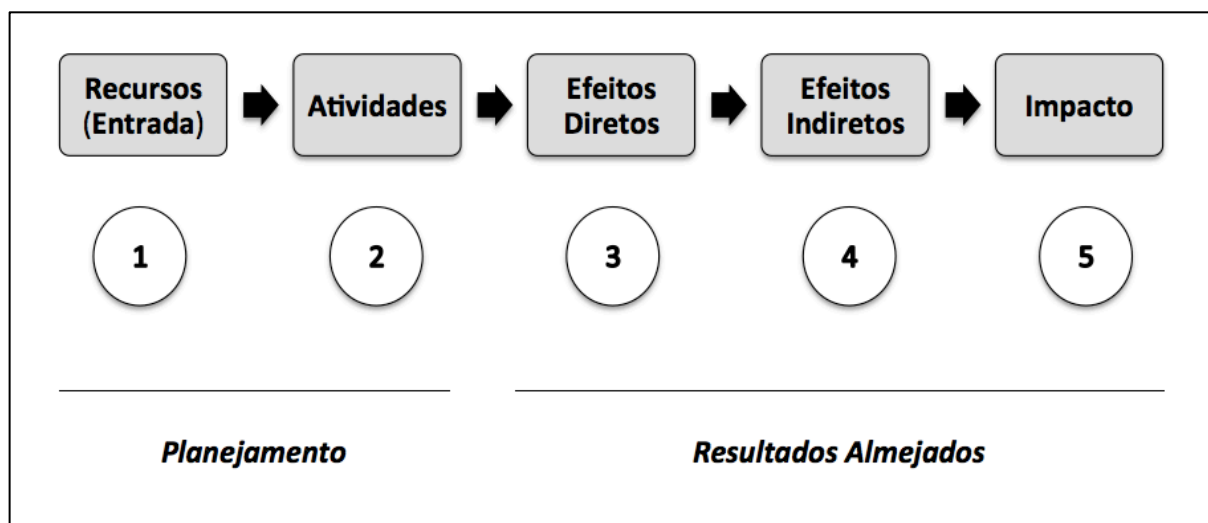
A primeira etapa para compreender o funcionamento de um programa social e o seu impacto social esperado é através da modelagem conceitual do seu funcionamento. A fundação W. K. Kellogg (2004) propõe o uso do Modelo Lógico Básico como ferramenta de modelagem.

O modelo lógico básico é uma representação gráfica e sistemática do processo pelo qual os recursos da organização seriam alocados para a realização de atividades sociais que produziriam resultados de curto e longo prazo, possivelmente alterando a comunidade beneficiada de modo significativo.

O modelo lógico deve esclarecer o elo que existiria entre os resultados almejados (tanto de curto e de longo prazo) e as atividades propostas, buscando explicitar as premissas e hipóteses adotadas pela organização. (W. K. KELLOGG FOUNDATION, 2004).

A Figura 3 apresenta uma ilustração de um modelo lógico básico. Nela, os Recursos referem-se à totalidade de recursos humanos, financeiros, organizacionais e comunitários que seriam alocados para a realização das Atividades, que por sua vez incluem todos os processos, eventos, ferramentas, tecnologias e ações que seriam intencionalmente alocados na implementação do programa.

Figura 3 - Modelo Lógico Básico



Fonte: Traduzido de W. K. KELLOGG FOUNDATION, 2004.

Recursos e Atividades combinados produzem resultados. Os Efeitos Diretos são os resultados de curto prazo, produzidos imediatamente pelos serviços prestados. Os Efeitos Indiretos são resultados de longo prazo caracterizados por melhorias específicas na vida de seus participantes, seja em termos de conhecimento, comportamento, aptidão, classe social ou estado físico. Finalmente, os Impactos seriam mudanças profundas e fundamentais, intencionais ou não, que podem ocorrer nas organizações, comunidades e sistemas afetadas pelo programa.

A respeito da escala temporal empregada nas descrições anteriores, é considerado como curto prazo um intervalo de 1 a 3 anos; média prazo um período de 4 a 6 anos e longo prazo durações superiores a 7 anos.

Por fim, o modelo apresentado aqui é bastante simplificado. O objetivo deste método contudo é fornecer uma visão panorâmica do processo através do qual o programa planeja alcançar seus objetivos de maneira inteligível e acessível que sirva de base para análises subsequentes.

2.3.2 Avaliação de Impacto

Segundo Harrell et al. (1996), a Avaliação de Impacto busca solucionar as questões de causalidade. Os métodos empregados de modo geral procuram comparar os resultados do programa com alguma medida do resultado que seria esperado caso o programa não existisse. Esta abordagem é particularmente importante nas primeiras etapas da implementação do

programa, quando ainda não é claro se as estratégias adotadas foram efetivas em produzir o efeito social desejado.

Há três classes de métodos de avaliação de impacto: os métodos experimentais, quase-experimentais e não-experimentais. Ainda que a aplicação prática de qualquer dos métodos acima precise ser cuidadosamente adaptada ao caso em estudo, é possível descrever de maneira genérica o funcionamento de cada um dos três.

Os métodos experimentais são os mais poderosos no sentido de produzir a evidência mais consistente e rigorosa do impacto produzido pelo programa pois se lastreiam na aplicação de metodologia científica. De modo geral, formam-se grupos de tratamento e de controle por amostragem aleatória que serão acompanhados ao longo do estudo: o grupo de tratamento receberá a prestação do serviço e o grupo de controle não receberá nada e será apenas monitorado.

Certas medidas de resultado são confrontadas entre si e diferenças significativas entre essas medidas podem ser atribuídas com confiança aos resultados das iniciativas sociais, na medida em que a amostragem aleatória reduz significativamente a probabilidade de que essa diferença seja mero produto do acaso.

Contudo, os métodos experimentais são onerosos, longos, necessitam de especialistas e podem ser difíceis ou até mesmo impossíveis de ser implementados, especialmente no que tange à amostragem aleatória. Sept et al. (2009) citam por exemplo que seria impossível testar uma nova lei que se aplicasse apenas para alguns membros de uma população, ou que um programa social poderia ter um benefício esperado tão alto que seria considerado antiético excluir parte de um grupo de recebê-lo puramente para realizar um experimento científico.

Uma alternativa para sanar o problema da amostragem aleatória são os métodos quase-experimentais. Neles, também são comparados os resultados de um grupo que recebeu o tratamento contra aqueles que não o receberam, mas a atribuição dos grupos não é aleatória.

Isso facilita a utilização do método quase-experimental na medida em que se torna possível usar grupos populacionais já existentes para realizar as comparações. Por exemplo, seria possível comparar duas classes distintas de uma mesma escola, ou duas classes de anos diferentes que tiveram o mesmo professor. Contudo, a avaliação torna-se mais sujeita à efeitos aleatórios não controláveis e as suas conclusões são menos sustentáveis do ponto de vista metodológico.

Por fim, os métodos não-experimentais acompanham os resultados entre os membros que receberam o tratamento sem compará-los a um grupo de controle que não foi exposto ao programa. Geralmente, esses métodos se baseiam na comparação entre medidas efetuadas

antes, durante e depois da prestação do serviço; na análise de séries temporais e na análise setorial cruzada para obter estimar a correlação entre os efeitos e a duração, tipo, e intensidade dos serviços recebidos e identificar possíveis padrões de mudança aos quais os indivíduos foram expostos.

Os métodos não-experimentais apresentam certas vantagens operacionais em relação às outras alternativas. Eles são relativamente mais fáceis e baratos de ser conduzidos, e os dados utilizados nas análises são usualmente coletados rotineiramente pelos prestadores de serviço. Todavia, eles são incapazes de demonstrar de modo conclusivo o efeito causal do programa nos resultados obtidos.

Sept et al. (2006) recomendam que a Avaliação de Impacto seja utilizada toda vez que se procura demonstrar o impacto de um programa social. Segundo os autores, análises rigorosas produzidas através desta técnica possuem credibilidade elevada e geram bastante visibilidade quando uma organização deseja publicar os resultados de seus esforços.

Contudo, os autores ressaltam que esse método tem um ponto negativo de ser usualmente demorado e oneroso. Além disso, a Avaliação de Impacto não pode ser usada diretamente para comparar programas sociais diferentes.

2.3.3 Monitoramento de Desempenho

Na opinião de Sept et al. (2006), o Monitoramento de Desempenho é uma abordagem útil quando é preciso obter estimativas rápidas e baratas da atuação do programa. A técnica se baseia no uso de Indicadores-chave de Desempenho (KPI, do inglês *Key Performance Indicators*), que podem ser definidos, coletados e controlados regularmente a fim de avaliar as operações do programa e estimar seu impacto social.

Um conjunto de indicadores de desempenho pode ser desenvolvido para um programa específico ou para um grupo de programas mediante padronização. Sept et al. (2006) recomendam que a escolha dos Indicadores de Desempenho seja baseada em um Modelo Lógico Básico previamente construído do programa. Assim, é possível identificar métricas relevantes para cada estágio do Modelo.

Uma vez determinado o conjunto de indicadores que serão monitorados, uma possibilidade é o emprego de técnicas de *benchmarking* para comparar programas similares e agregar impactos sociais provenientes de diferentes programas. O uso de referências comuns auxiliaria as instituições a avaliar melhor o seu desempenho geral assim como o desempenho de cada um de seus projetos individuais.

Em relação aos indicadores, o relatório do Urban Institute (2006) fornece algumas orientações. Segundo o texto, indicadores de alta qualidade devem ser *relevantes* (se referir às dimensões críticas de desempenho), *específicos* (únicos, não ambíguos); *observáveis* (mensuráveis e de fácil mensuração), *compreensíveis* (inteligíveis, claros) e *válidos* (confiáveis, precisos, imparciais e verificáveis).

Além disso, recomenda-se que eles sejam operacionalmente definidos de maneira clara e direta para que os dados possam ser coletados consistentemente ao longo do tempo e em diferentes localidades geográficas. Por fim, é sugerido que o emprego de 3 a 7 indicadores é geralmente suficiente para o monitoramento.

Em resumo, o Monitoramento de Desempenho envolve a definição de indicadores-chave do sucesso e o acompanhamento de sua evolução temporal. Segundo Sept et al. (2006), este método não envolve um esforço rigoroso para determinar se as mudanças observadas foram causadas pelo programa ou por algum outro fator externo. Assim, qualquer mudança observada é considerada por hipótese consequência das ações do programa.

2.3.4 Análise Custo-Resultado

A Análise Custo-Resultado é uma abordagem derivada da análise de investimentos financeiros e da engenharia econômica. Não é uma técnica em particular, mas sim uma família de técnicas que procuram incorporar medidas de custo e princípios de análise de investimentos à avaliação de programas sociais.

Segundo Karoly (2008), existem alguns princípios gerais que servem de base teórica à Análise Custo-Eficácia. Em primeiro lugar, o programa social em estudo precisa ser comparado com uma ou mais alternativas, sendo que o caso-base pode ser o *status quo* (ou seja, não fazer nada) ou algum programa de referência.

Em segundo lugar, a mensuração dos custos incrementais associados à implementação do programa, comparado com os do caso-base, deve ser completa e exaustiva, contabilizando todos os recursos consumidos por todas as partes envolvidas.

Em terceiro lugar, para toda técnica que requiere a mensuração dos impactos produzidos por um programa, é preciso se assegurar que os impactos contabilizados são de fato consequências causais do programa, sejam eles tangíveis ou intangíveis, positivos ou negativos.

Em quarto lugar, é preciso considerar o valor temporal tanto dos custos quanto dos benefício logo que eles ocorrem em datas diferentes. Contudo, não existe consenso a respeito da taxa de desconto a ser utilizada.

Em quinto e último lugar, a análise precisa reconhecer as incertezas associadas às estimativas de custo e de benefício. As incertezas provem da variabilidade estatística dos dados usados nas estimativas e da necessidade de estimar quantidades inobserváveis.

De acordo com Karoly (2008), as três técnicas mais conhecidas são a *Análise de Custo*, a *Análise Custo-Eficácia* e a *Análise Custo-Benefício*. Segundo a autora, estes métodos tem sido muito difundidos nos últimos anos por causa do interesse que entidades governamentais e privadas tem em aplicar princípios oriundos das ciências da Administração na avaliação de programas sociais.

A Análise de Custo é o método menos abrangente, porém de mais fácil aplicação. Ele produz medidas do custo do programa com base na mensuração detalhada do valor econômico dos recursos requeridos para implementar o programa. Nenhuma medida associada aos resultados que o programa produziria são levados em consideração.

A Análise Custo-Eficácia enriquece a Análise de Custo com medidas dos impactos produzidos pelo programa, sejam eles positivos ou negativos. A análise se baseia na razão do custo do programa pelo seu resultado produzido, medido em unidades naturais, sem conversão para valores monetários (por exemplo, custo por aluno que conseguiu ingressar na universidade, custo pelo número de pessoas que receberam tratamento de malária, etc.).

Por fim, a Análise Custo-Benefício atribui um valor monetário aos benefícios gerados pelo programa e computa a razão destes benefícios pelo custo do programa. É o método mais difícil de ser empregado justamente por necessitar de uma contabilidade detalhada dos impactos do programa social e da capacidade de converter esses resultados para unidades monetárias.

A Análise Custo-Eficácia permite avaliar programas sociais diferentes desde que os resultados de cada um possam ser expressos na mesma medida, pois como os impactos são medidos em unidades naturais, é preciso que esta unidade seja a mesma para as comparações sejam pertinentes e válidas.

A Análise Custo-Benefício soluciona este problema ao mensurar todos os resultados numa unidade monetária comum, o que permite a comparação entre programas sociais que atuam em setores diferentes com propósitos distintos. Contudo, a atribuição de um valor monetário aos resultados irredutíveis é uma questão muito complexa.

Se acordo com Karoly (2008), vários benefícios gerados pro programas sociais não são quantificados monetariamente. Os preços-sombra usados nas Análises Custo-Benefício não abrangem consistentemente todo o escopo de custos e benefícios. Além disso, mesmo quando existe um consenso a respeito de como medir os resultados de um programa, não existe um consenso em como convertê-los em unidades monetárias.

2.4 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Esta seção procura elucidar alguns métodos estatísticos empregados no trabalho. Para facilitar a exposição dos argumentos, será admitido que condições de integrabilidade e regularidade adequadas para que as expressões definidas adiante sejam bem definidas são implicitamente satisfeitas.

2.4.1 Regressão Linear e Problema de Estimação

Esta subseção é inspirada no capítulo 14 do livro *An Elementary Introduction to Statistical Learning Theory* (KULKARNI, HARMAN, 2011).

Suponha que exista um par de variáveis (X, Y) , onde X seja a variável de entrada (ou independente) e Y a variável de saída (ou dependente ou de resposta). Por conveniência e simplicidade de exposição, considere que ambas são a valores reais, mesmo que os argumentos possam ser estendidos a espaços vetoriais de dimensão superior.

Acredita-se que exista alguma relação funcional entre as variáveis, mesmo que imperfeita pois pode existir incerteza nas medidas ou outras variáveis que foram ignoradas na análise. O Problema de Estimação consiste em encontrar uma função f tal que $f(X)$ seja uma boa aproximação de Y , segundo algum critério de qualidade a ser adotado.

A abordagem probabilística para este problema considera que (X, Y) seja um par de variáveis aleatórias. Um critério comumente utilizado é o Erro Quadrático Médio, segundo o qual a qualidade da aproximação é mensurada pela seguinte fórmula:

$$\mathcal{E}(f) = \mathbb{E}[|Y - f(X)|^2] \quad (7)$$

Na expressão acima, o símbolo \mathbb{E} denota a esperança matemática e $|x|$ o valor absoluto de x . Note que o valor do critério é sempre positivo. Em adição, ele pode ser considerado uma medida de erro de aproximação no sentido que $\mathcal{E}(f) = 0$ implica $f(X) = Y$

em probabilidade (o evento $\{f(X) \neq Y\}$ teria probabilidade igual a 0). Em particular, tal função f seria um argumento minimizador do critério.

Situações nas quais o erro quadrático médio é nulo são assaz restritivas uma vez que corresponderiam à existência de uma relação funcional perfeita, o que seria um caso degenerado dentro de um modelo probabilístico. Contudo, a ideia de procurar um argumento minimizador mantém-se fundamentalmente válida e uma solução para o problema de estimação seria fornecida por uma função f^* que minimize o erro quadrático médio:

$$f^* = \arg \min \mathcal{E}(f) \quad (8)$$

Esta abordagem sofre contudo de duas falhas graves quando se busca implementá-la na prática: em primeiro lugar, a lei de probabilidade que rege o par (X, Y) em situações reais é desconhecida; em segundo lugar, o espaço de todas as funções é demasiadamente vasto para poder explorar todas as candidatas possíveis.

O primeiro problema é parcialmente sanado na medida em que se dispõe de uma amostra $\mathcal{D}_n = \{(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)\}$ composta por dados independentes e identicamente distribuídos (i.i.d.) segundo a lei de probabilidade de (X, Y) . Esse é quadro teórico canônico de aplicação dos métodos estatísticos. O operador de esperança matemática é deste modo estimado através de sua média empírica:

$$\hat{\mathcal{E}}_n(f) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - f(X_i)|^2 \quad (9)$$

O segundo problema é parcialmente remediado pela restrição da busca do argumento ótimo a um subespaço do conjunto de todas as funções. Um subespaço muito conveniente é o das funções afins cujos elementos são da forma:

$$f(X) = a + bX \quad (10)$$

Onde a e b são constantes reais. Em síntese, as funções afins são aquelas cujo gráfico é uma reta. O problema de otimização do erro quadrático médio empírico sobre o espaço das funções afins é analiticamente tratável e é possível expressar algebricamente os valores ótimos de a_n^* e b_n^* :

$$a_n^* = \frac{(\sum_{i=1}^n X_i^2)(\sum_{i=1}^n Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_i Y_i)(\sum_{i=1}^n X_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (11)$$

$$b_n^* = \frac{n \sum_{i=1}^n Y_i X_i - (\sum_{i=1}^n Y_i)(\sum_{i=1}^n X_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (12)$$

Este método é denominado conhecido como Regressão Linear ou Método dos Mínimos Quadrados Ordinários e constitui uma das técnicas mais clássicas de estimação estatística.

A derivação das equações acima é um resultado clássico e pode ser encontrada em diversos textos de Estatística, dentre os quais (RIGOLLET, 2015) e (HOFFMANN, 2013).

2.4.2 Qualidade da Estimação feita pela Regressão Linear

Um ponto importante omitido na seção anterior é a questão da qualidade da estimação feita pelo método dos mínimos quadrados. Serão fornecidos alguns elementos de análise baseados no texto de (HOFFMANN, 2013).

Seja (X, Y) um par de variáveis aleatórias. A covariância entre X e Y , σ_{XY}^2 , é definida da seguinte forma:

$$\sigma_{XY}^2 = \mathbb{E}[(X - \mathbb{E}[X])(Y - \mathbb{E}[Y])] \quad (13)$$

A variância de uma variável aleatória é a covariância dela consigo mesma. Assim, as variâncias de X e de Y , σ_{XX} e σ_{YY} respectivamente, são definidas segundo as equações:

$$\sigma_{XX}^2 = \mathbb{E}[(X - \mathbb{E}[X])^2], \quad \sigma_{YY}^2 = \mathbb{E}[(Y - \mathbb{E}[Y])^2] \quad (14)$$

Finalmente, o coeficiente de correlação linear entre X e Y , ou simplesmente correlação, ρ_{XY} , é definido pela seguinte equação:

$$\rho_{XY} = \frac{\sigma_{XY}^2}{\sqrt{\sigma_{XX}^2 \sigma_{YY}^2}} \quad (15)$$

A desigualdade de Cauchy-Schwartz implica $-1 \leq \rho_{XY} \leq 1$. Os dois casos extremos ($\rho_{XY} = \pm 1$ ou $\rho_{XY}^2 = 1$) são os que possuem as consequências mais importantes pois implicam a existência de constantes reais $\alpha, \beta \neq 0$ tais que $Y = \alpha + \beta X$ em probabilidade. Assim, valores elevados de ρ_{XY}^2 significam que a relação entre X e Y é relativamente bem aproximada por uma função afim.

Como já foi mencionado, nos problemas de estatística, a lei de probabilidade entre X e Y é desconhecida e só se tem acesso a ela por meio de uma amostra \mathcal{D}_n i.i.d. Assim, a solução estatística é estimar os operadores de esperança matemática pelo uso de médias empíricas sobre os dados.

$$\hat{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad \hat{Y}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (16)$$

$$\hat{s}_{XY}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_n)(Y_i - \hat{Y}_n), \quad (17)$$

$$\hat{R}_{XY} = \frac{\hat{s}_{XY}^2}{\sqrt{\hat{s}_{XY}^2 \hat{s}_{YY}^2}} \quad (18)$$

Em particular, o mesmo argumento matemático se aplica à correlação empírica, isto é, $-1 \leq \hat{R}_{XY} \leq 1$ e $\hat{R}_{XY}^2 = 1$ implica que a função afim resultante da regressão linear interpola perfeitamente todos os pontos, ou seja, $Y_i = a_n^* + b_n^* X_i$ para todo i .

A estatística \hat{R}_{XY}^2 é denominado coeficiente de determinação. Quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da aproximação produzida. Em outros termos, quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de determinação, melhor será a adequação do modelo linear à amostra.

2.5 DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

O desenvolvimento de uma ferramenta necessita da especificação dos requisitos do sistema. Este tipo de problema é estudado pela engenharia de sistemas de informação, em especial pela engenharia de requisitos.

A elaboração de protótipos tem sido bastante estudada nos últimos anos em função do crescimento e popularização das empresas nascentes de base tecnológica. Dentre as técnicas de prototipagem desenvolvidas nos últimos anos, uma teoria bastante difundida é a do Produto Mínimo Viável (RIES, 2011).

Nas próximas subseções, esses tópicos serão revisitados.

2.5.1 Engenharia de Requisitos

De acordo com Sommerville (2007), a engenharia de requisitos é a área de engenharia voltada à elaboração de sistemas. Ela agrupa técnicas e métodos específicos de descobrimento, detalhamento, documentação e validação dos requisitos de um sistema.

Os requisitos são as funções e características centrais e desejáveis de um sistema, englobando tanto a descrição dos serviços oferecidos pelo sistema e as restrições às quais este mesmo sistema está sujeito.

De acordo com Paula Filho (2003), a modelagem do processo de negócio em si não faz parte da engenharia de requisitos, mas compete à engenharia de produção. Além disso, os

requisitos devem definir o que o sistema faz, mas não especificam como ele faz, dado que a especificação dos detalhes de implementação faria parte do projeto.

Para Sommerville (2007), requisitos de alta qualidade são claros, consistentes, abrangentes, passíveis de ser implementados e examinados. Para elaborá-los e defini-los, é preciso consultar e dialogar com os clientes e usuários finais. Em seu livro, Sommerville (2007) expõe duas classificações importantes dos tipos de requisitos: *requisitos de usuário e de sistema*; e *requisitos funcionais e não funcionais*.

Com relação à primeira dicotomia, os requisitos de usuário descrevem as funções e limitações do sistema de forma abstrata de alto nível, normalmente em linguagem natural e de forma inteligível para os usuários e clientes. Por sua vez, os requisitos de sistema são descrições formais e minuciosas do comportamento externo do sistema e suas restrições de operação, que englobam e expandem os requisitos de usuário adicionando-lhes detalhes que especifiquem o sistema de forma integral e consistente.

A respeito da segunda classificação, os requisitos funcionais especificam pormenorizadamente as funções e serviços prestados pelo sistema, estabelecendo as fronteiras entre aquilo que o sistema realiza ou não. Em outros termos, os requisitos funcionais referem-se às ações que o sistema deverá executar. Para Paula Filho (2003), eles descrevem o comportamento esperado em respostas às ações do usuário.

Por sua vez, os requisitos não funcionais são restrições impostas sobre determinados aspectos do sistema como confiabilidade, desempenho, ergonomia, robustez, etc. que decorrem das exigências técnicas, orçamentárias, operacionais e organizacionais, não envolvendo nenhuma ação em particular esperada do sistema. Na visão de Sommerville (2007), os requisitos não funcionais são mais importantes que os funcionais pois falhas decorrentes da não satisfação do primeiro tipo de critério são mais críticas que as decorrentes do segundo.

Entre os requisitos não funcionais, Sommerville (2007) apresenta uma subclassificação entre *requisitos de produto*, que dizem respeito unicamente ao comportamento do produto; *requisitos organizacionais*, resultantes de normas e políticas internas da organização e que se aplicam a todo o processo produtivo, e *requisitos externos*, impostos por agente externos à organização, como por exemplo legislações e regulações, cuja aplicação também não se limita ao produto, abrangendo a organização e seus processos.

Finalmente, Paula Filho (2003) expõe uma terceira classificação dos tipos de requisitos em *explícitos*, *normativos* e *implícitos*: os requisitos explícitos estão formalmente documentados e expostos; os requisitos normativos são exigências legais externas; e

requisitos implícitos não se encontram explicitamente registrados mas são tacitamente desejados.

2.5.2 Processo de engenharia de requisitos

De acordo com Sommerville (2007), a finalidade da engenharia de requisitos é documentar os requisitos do sistema e o processo empregado pode ser decomposto em quatro partes: *estudo de viabilidade*, *análise de requisitos*, *especificação de requisitos* e *validação de requisitos*.

O estudo de viabilidade é o ponto inicial do processo de engenharia de requisitos. Para elaborá-lo é preciso descrever sucintamente o sistema e como ele apoiaria os processos de negócios da organização. Através do estudo de viabilidade a utilidade do processo para a empresa é aferida.

Em seguida, a análise de requisitos ou elicitación consiste em obter os requisitos com o propósito de definir os serviços e funções fornecidos e as restrições impostas, através da observação da organização, das normas legais aplicadas e da interação com as partes interessadas (em inglês, *stakeholders*), o que em muitos casos é um trabalho árduo dada a dificuldade das pessoas em expressar suas necessidades e vontades com relação ao sistema, necessidades estas que precisam ser traduzidas em termos técnicos, classificadas e hierarquizadas em caso de conflito de interesse.

A etapa seguinte é a especificação de requisitos, cujo fim é a transcrição dos os requisitos resultantes da análise prévia em um documento definidor, contendo descrições detalhadas das funcionalidades requeridas do sistema.

Por último, a validação de requisitos consiste em avaliar a adequação dos requisitos propostos com as vontades do usuário em termos consistência, abrangência. Além disso, verifica-se também o realismo e viabilidade dos requisitos propostos. Em linhas gerais, durante a validação procura-se identificar erros e propor melhorias.

A validação é um processo difícil por necessitar da concepção operacional do sistema. Para implementá-la, um método usualmente empregado é o desenvolvimento dos protótipos, que seriam testados pelos usuários e interessados para averiguar a correspondência entre os serviços propostos e as expectativas do usuário.

2.5.3 Métodos de obtenção de requisitos

O levantamento de requisitos busca exprimir as necessidades dos usuários com relação ao sistema na linguagem própria destes. Os requisitos tem que ser detalhados até um nível suficiente para que haja consentimento entre usuários e desenvolvedores.

Idealmente, todos os interessados precisam atuar efetivamente na determinação dos requisitos. Para o levantamento de requisitos, o guia BABOK (2009) propõe as seguintes técnicas:

A primeira delas é a *Entrevista*, onde os requisitos são levantados através de diálogos, formais ou informais, com o uso de perguntas relevantes e a documentação das respostas.

A segunda delas é a *Análise Comparativa* (*Benchmarking*, em inglês), que consiste em confrontar os pontos fortes e fracos de uma organização com os de seus concorrentes. Os requisitos são especificados com o fito de reproduzir as melhores práticas de seus concorrentes.

A terceira técnica é a *Prototipação*, detalha requisitos de interface e os integra a outros como casos de uso. A prototipação horizontal fornece uma visão ampla da funcionalidade do sistema, sem muitos detalhes, e a vertical se aprofunda em uma parte específica do sistema.

A última é a *Observação*, que consiste em levantar requisitos por meio da avaliação do ambiente de trabalho das partes interessadas. Ao observar a rotina de trabalho de alguém, é possível compreender ainda mais os processos que ocorrem na organização na medida em que se aprende detalhes que não costumam ser expressos verbalmente.

2.5.4 Produto Mínimo Viável

Um livro muito influente na gestão de empresas nascentes de base tecnológica (as *start-ups*) é *The Lean Start-up*, de Eric Ries (2011). Nele, o autor propõe seu modelo de administração e desenvolvimento de empresas nascentes.

Uma das partes centrais do texto é a noção de Produto Mínimo Viável (em inglês, *Minimum Viable Product*, ou MVP) desenvolvido por Ries (2011). Trata-se ao mesmo tempo de uma método de prototipagem e desenvolvimento de projetos inovadores aliado à aplicação do método científico que busca lançar novos produtos e serviços no mercado de forma veloz e barata para que eles possam ser testados em pouco tempo, permitindo que os empreendedores aprendam rapidamente sobre suas falhas e qualidades a fim de reestruturar dinamicamente a sua estratégia de negócio e recomeçar o ciclo de aprendizagem

O Produto Mínimo Viável, como seu nome sugere, é um protótipo que deve possuir o mínimo atributos necessários para avaliar se modelo de negócio proposto seria aceito pelo mercado consumidor ou não.

Contudo, não se trata apenas de um produto, mas sim de um experimento. Ries (2011) diz que todo Produto Mínimo Viável deve sempre estar atrelado a uma hipótese importante do negócio que deseja se verificar no mercado, como por exemplo se existiria pessoas interessadas em trabalhar como motoristas para outras pessoas e se haveria clientes para este serviço

Segundo Ries (2011), a razão para preferir esta abordagem de desenvolvimento de produtos aos métodos tradicionais é que dado o enorme nível de incerteza ao qual as empresas nascentes de base tecnológica estão sujeitas, não é proveitoso despender tempo e recursos desenvolvendo detalhadamente uma ideia de negócio considerando-se as elevadas taxas de fracasso deste tipo empreendimento.

Assim, é preferível lançar produtos e serviços simples e frugais, dispondo essencialmente dos atributos mínimos necessários para poder avaliar as hipóteses e mitigar as incertezas.

Caso a resposta ao lançamento do Produto Mínimo Viável seja positiva, a empresa pode prosseguir com o seu desenvolvimento. Estabelece-se uma nova hipótese a ser testada pelo próximo protótipo, que será uma versão melhorada e enriquecida do anterior.

Caso contrário, se a resposta for negativa, é preciso repensar de maneira drástica o produto ou serviço que se deseja lançar no mercado, por vezes sendo necessário recomeçar todo o projeto. Em seu livro, Ries (2011) chama esta ação de *pivotar* (no original em inglês, *pivot*).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, são apresentados os dados coletados assim como os métodos e modelos empregados para estimar o custo das gratuidades.

3.1 ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA

Como discutido na formulação do problema, a primeira etapa envolve aprender como políticas de benefícios tarifários são implementadas, ou seja, compreender melhor o objeto que se busca modelar.

Espera-se que haja algumas discrepâncias entre a maneira como diferentes municípios concedem benefícios tarifários, mas procurou-se analisar em particular o caso do município de Poá na implementação do programa “Passe Livre para Estudar”.

Para isso, foi realizada pesquisa de campo, com entrevistas informais com funcionários da Secretaria de Transportes e Mobilidade Urbana de Poá, buscando saber como o programa anterior havia sido realizado e como eles imaginariam que o possível programa para gestantes e lactantes seria executado. Além disso, foi feita a leitura do material de divulgação do programa.

3.2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO ECONÔMICO

Durante a revisão da literatura, foi visto que o método do Valor Presente Líquido é mais recomendado que o da Taxa Interna de Retorno, por razões tanto matemáticas quanto econômicas.

Ambos métodos necessitam da modelagem dos fluxos de caixa futuros. Não existe uma técnica formal que indique a maneira correta de se modelar os fluxos financeiros. Esta é portanto uma etapa que depende da experiência e do juízo do engenheiro para formular equações com o problema em estudo.

Ambos métodos também precisam que se estime uma Taxa Mínima de Atratividade para o investimento. Esta é uma questão difícil para a qual não existe método unanimemente recomendado, especialmente para gastos públicos.

Nas subseções seguintes é discutido métodos para estimar os parâmetros propostos no modelo.

3.3 DADOS DE NASCIDOS VIVOS E GESTANTES

O Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) fornece através de Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) as séries temporais do número de nascidos vivos e gestantes residentes por município. Estes dados podem ser obtidos eletronicamente no sítio do DATASUS (Figura 4).

Figura 4 - Logotipo do DATASUS



Fonte: DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE, 2016

Os dados disponíveis abrangem o período de julho de 1998 até dezembro de 2015, valor mais recente disponível no momento que este trabalho foi realizado.

A respeito dos dados, pode-se notar dois problemas. Primeiramente, várias séries possuem muitas lacunas, ou seja, muitos dados faltantes. Em segundo lugar, certos movimentos observados nas séries aparentam ter sido provocados por problemas de falha de notificação ou registro, produzindo valores aberrantes ou quedas de nível muito bruscas.

Apesar destes problemas acerca da qualidade dos dados armazenados, trata-se da melhor base de dados disponíveis publicamente para realizar o estudo. Portanto, ela será a referência utilizada neste trabalho.

Para mitigar os efeitos de subnotificação e a possibilidade de dados aberrantes, o número médio de gestantes de uma cidade é estimado pelo quantil de ordem 75% da amostra formada pela série temporal de gestantes fornecida pelo DATASUS. Essa é uma estatística ao mesmo tempo robusta e conservadora, por isso foi considerada mais interessante do que uma simples média aritmética.

Por fim, é preciso estimar a taxa de crescimento do total de gestantes. Para tal, o método proposto é utilizar a série temporal de gestantes do estado de São Paulo, todos os municípios combinados, construir uma série temporal da mediana rolante usando uma janela

temporal de um ano e então estimar a taxa de crescimento exponencial por meio de regressão linear aplicada ao logaritmo natural das medianas rolantes.

A estimação da taxa de crescimento exponencial de uma série de números positivos pode ser realizada da seguinte maneira: sejam $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n$ instantes temporais ordenados positivamente, e $x(t_i)$ o valor da função $x(t)$ quando $t = t_i$. Postula-se que $x(t)$ é uma função estritamente positiva que pode ser expressa aproximadamente por uma função exponencial em t :

$$x(t) = A(1 + c)^t \quad (19)$$

Ou de maneira equivalente:

$$\log x(t) = \log A + \log(1 + c) t \quad (20)$$

Onde \log denota o logaritmo natural de um número positivo. Neste formato, a relação entre $\log x(t)$ e t é do tipo afim, o que significa que o coeficiente $\log(1 + a)$ pode ser estimado através de regressão linear.

Seja b_n^* o coeficiente linear resultante da regressão linear. Para estimar o valor de c_n^* da taxa de crescimento exponencial, basta aplicar a função exponencial à b_n^* e subtrair 1, isto é:

$$c_n^* = \exp(b_n^*) - 1 \quad (21)$$

3.4 ESTIMATIVA DO NÚMERO DE LACTANTES

O número de lactantes não faz parte da base de dados do DATASUS. Contudo, é possível estima-lo a partir do número de nascidos vivos, que por sua vez está disponível.

Por lei, a mulher é considerada lactante durante seis meses após o parto. A estratégia de estimação adotada é a seguinte: o número de lactantes no mês T é igual à soma do número de Nascidos Vivos entre o mês $T - 5$ e mês T (observe que isso corresponde a um intervalo de 6 meses). Em termos matemáticos:

$$N^{\circ} \text{ Lactantes}(T) = \sum_{t=T-5}^T N^{\circ} \text{ Nasc. Vivos}(t) \quad (22)$$

Este método superestima notoriamente os casos de gestação múltipla (por exemplo, o caso do nascimento de gêmeos). Contudo, considera-se que o viés ocorrido seja pequeno e o que a principal finalidade deste estimador é auxiliar no dimensionamento do benefício, o que justifica o seu uso dada a escassez de dados para estimar o número de lactantes por outra maneira.

Uma vez construída a série temporal de lactantes, o número médio de lactantes de um município é estimado através do quantil de ordem 75%, de modo análogo ao que foi aplicado para estimar o número de gestantes.

Quanto a taxa de crescimento do total de lactantes, por motivos de consistência, é utilizado o mesmo valor inferido para o total de gestantes, na medida que a maioria das gestantes se tornará lactante num momento posterior.

3.5 PROJEÇÃO DA TARIFA

O valor atual da tarifa do transporte público coletivo em Poá é de 3,80 reais. O valor tarifário é reajustado de tempos em tempos com base no princípio de manutenção do equilíbrio econômico-financeiro do contrato com a empresa prestadora.

Quase sempre, o reajuste é positivo, ou seja, o valor da tarifa é aumentado para compensar o aumento dos custos da prestação do serviço (salários, insumos, equipamentos) e os efeitos da inflação acumulada no intervalo de tempo entre os reajustes.

Portanto, é interessante levar em consideração a tendência de crescimento tarifária na análise do custeio. Para fins de referência, pode-se usar a série temporal da tarifa de transporte público coletivo no município de São Paulo, que acaba servindo de base para o estabelecimento da tarifa em municípios menores.

Estes dados estão disponíveis ao público eletronicamente e são fornecidos pela São Paulo Transportes S.A. (SPTrans, ver Figura 5), autarquia municipal paulistana responsável pela gestão das linhas de ônibus da cidade.

Figura 5 - Logotipo da SPTrans



Fonte: SÃO PAULO TRANSPORTES S.A., 2016

Para fazer a projeção do valor da tarifa no futuro, pode-se usar a técnica da Regressão Linear. Os dados históricos são utilizados para construir a função afim que melhor se adeque aos dados segundo o critério do erro quadrático médio. Em seguida, a reta construída é utilizada para projetar os valores futuros.

Em termos práticos, a regressão linear é um modelo simples e útil, e por isso é amplamente utilizada para resolver muitos problemas de estimação estatística. Mesmo métodos estatísticos mais avançados, até mesmo não lineares, utilizam-na como ponto de partida.

Enquanto método de interpolação, a regressão linear é justificável desde que a convexidade dos dados não seja exacerbada. Contudo, enquanto técnica de extrapolação, ela é mais criticável. De todo modo, toda técnica de previsão está sujeita a erros e arbitrariedade e pode se provar que não existe um método que seja sistematicamente melhor do que os outros em todas as situações (os chamados teoremas de inexistência do “almoço grátis”).

Levando em consideração que a necessidade de previsões muito precisas e que a gravidade resultante dos erros de estimação são ambas baixas neste trabalho, a regressão linear fornece resultados suficientemente satisfatórios pelo seu nível de simplicidade.

3.6 DETERMINAÇÃO DA TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, não existe um método unanimemente aceito e recomendado para determinação da Taxa Mínima de Atratividade para descontar fluxos de caixa projetados, em particular no que diz respeito aos investimentos públicos.

Uma abordagem pragmática consiste em utilizar a taxa de retorno sem risco, que é usualmente inferida a partir das taxas de juros dos títulos de dívida soberana emitida pelo Estado para se financiar.

Sendo assim, no caso brasileiro, a taxa de retorno sem risco seria a taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia), considerada a “taxa básica de juros”. Segundo o Banco Central do Brasil (BACEN, ver Figura 6), a taxa Selic é definida como a “taxa média ajustada dos financiamentos diários apurados no Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) para títulos federais”. Em outros termos, a taxa Selic representa a taxa de juros interbancária para operações de curtíssimo prazo lastreados em títulos públicos.

Figura 6 - Logotipo do BACEN



Fonte: BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2016

A taxa Selic é uma importante ferramenta de política monetária através da qual o Banco Central brasileiro procura atingir as metas de juros estipuladas pelo Comitê de Política Monetária (COPOM). Assim, ela acaba sendo a referência para todas as demais taxas de juro brasileiras.

Ademais, a taxa Selic é expressa em valores anualizados. Apesar de ela não ser fixa e flutuar diariamente, seus valores costuma ficar próximos ao da meta da Selic. Assim, para o nível de precisão requerido, o valor da taxa pode ser simplesmente aproximado pela meta da Selic sem grandes distorções.

3.7 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Foram analisadas duas importantes teorias utilizadas no desenvolvimento de sistemas: a engenharia de requisitos e o produto mínimo viável. De certo modo, estas abordagens se contrapõem na medida que o detalhismo e o rigor do processo da engenharia de requisitos contrasta com o dinamismo e flexibilidade do Produto Mínimo Viável.

Como pode ser visto na literatura, atribui-se grande importância ao levantamento de requisitos enquanto método para desenvolvimento de sistemas. Contudo, a aplicação integral e rigorosa do processo de engenharia de requisitos é muito complexo e oneroso. Dado que a complexidade da ferramenta proposta não é tão elevada e que existe muita incerteza a respeito da aceitação e utilidade desta para os seus possíveis clientes, pode-se concluir que não é interessante aplicar o processo de levantamento de requisitos em sua totalidade.

Considerando o texto de Ries (2011), o mais interessante seria a construção de protótipos com o mínimo de atributos necessários para testar a hipótese de valor no mercado.

O autor acredita contudo que é possível e até mesmo desejável combinar aspectos de cada uma destas técnicas com o fito de implementar protótipos de maneira ágil sem abrir mão da especificação de requisitos.

Neste sentido, é importante refletir sobre os principais requisitos funcionais de usuário do sistema, ou seja sobre as funções e restrições do sistema em linguagem natural e inteligível abstrata de alto nível, normalmente em linguagem natural e de forma inteligível para os usuários. Os requisitos funcionais de usuário forneceria diretrizes para o projeto do produto mínimo viável.

Dado o estágio precoce do desenvolvimento e o nível moderado de complexidade da ferramenta, o autor considera que não é necessário neste primeiro momento dar muito enfoque aos requisitos não-funcionais, que normalmente decorrem de imposições de interoperabilidade, velocidade e confiabilidade para projetos de sistemas mais complexos. Da mesma forma, não seria importante não dar muito enfoque à especificação de requisitos de sistema, uma vez que se trata de um pequeno projeto no qual o único desenvolvedor é o próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados alcançados no trabalho.

4.1 DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA

Nesta seção são fornecidos detalhes de como o programa de gratuidades para gestantes e lactantes seria implementado na cidade de Poá, usando como referência o programa de “Passe Livre para Estudar”, já instaurado na cidade que oferece gratuidades para estudantes. Será descrito a seguir o que se espera ser o caso de uso padrão.

4.1.1 Cadastramento

A ideia é que a partir da primeira consulta de pré-natal e da confirmação médica da gravidez, a gestante que desejar o benefício poderia se cadastrar no sistema municipal para recebê-lo. O cadastramento poderia ser feito nas próprias instituições de saúde pública e na Secretaria de Transportes.

Existe a possibilidade de que o benefício estaria condicionado a um nível de renda, e neste caso ela precisaria comprovar que sua renda é inferior a um limite proposto. Contudo, em Poá o programa “Passe Livre” não se baseia em um critério socioeconômico particular, de tal modo que este novo programa também não utilizaria um, ao menos em princípio.

Após o cadastramento, ela receberia um cartão eletrônico utilizável no sistema de transporte público coletivo de uso pessoal e intrasferível. Este cartão teria validade prevista par ao fim do período de lactação, data a partir da qual o cartão cessaria de funcionar.

4.1.2 Modelo de Benefício Fixo ou Ilimitado

Como foi descrito, o benefício seria subsidiado diretamente pelo município, ou seja, o ônus gerado pelas gratuidades seria arcado com recursos extra-tarifários vindos dos cofres públicos, ao invés de ser repassado indiretamente aos demais usuários pagantes, como é o caso do modelo de subsídio direto.

Para o programa “Passe Livre”, o município de Poá adquire antecipadamente os créditos tarifários da empresa prestadora de serviço e os repassa aos beneficiados pelo cartão. Cada estudante beneficiado tem direito a duas viagens gratuitas por dia útil e o benefício é

suspensão durante os períodos de férias. Neste modelo, a quantidade de benefício que cada usuário tem direito é fixada previamente.

Um outro modelo possível seria oferecer gratuidades ilimitadas, como ocorre para os idosos. Neste caso, cada mulher poderia usar quantas viagens desejasse, e caberia à empresa prestadora registrar a quantidade de viagens utilizadas para cobrar posteriormente a prefeitura pelo serviço prestado.

Para o caso de Poá, o mais provável é que seria adotado o modelo de benefício pré-fixado. Além de ter sido o modelo já adotado no programa anterior, ele também seria preferível do ponto de vista da empresa prestadora pois ela seria paga antecipadamente. No outro modelo, ela receberia apenas após a prestação do serviço, o que acarretaria em risco financeiro de crédito na sua operação. Esse risco poderia até mesmo vir a ser embutido indiretamente na tarifa.

4.1.3 Divulgação e Promoção

Em relação a divulgação e promoção do programa, o procedimento padrão consiste em matérias em jornais impressos e eletrônicos, assim como divulgação em pontos de ônibus e instituições de saúde pública. De modo geral, trata-se de uma campanha pequena e barata.

No caso do programa “Passe Livre”, por causa das repercussões geradas nos protestos de 2013, houve um interesse da emissora de televisão local de fazer uma reportagem sobre o assunto, o que acabou gerando uma importante divulgação complementar.

É possível que o mesmo venha a acontecer com o novo programa, isto é, que ao atrair o interesse da região ele acabe por fazer com que a emissora queira realizar uma matéria sobre ele.

4.1.4 Deveres atrelados ao Benefício

Um ponto importante discutido com os funcionários da Secretaria de Transportes diz respeito às obrigações vinculadas à fruição do benefício tarifário.

A tese que sustenta a proposta é que as gratuidades seriam uma solução ao problema de acesso ao acompanhamento médico pré-natal. Logo, é cabível cogitar que a manutenção do benefício deveria estar condicionada à efetiva realização das consultas médicas, ou seja, ao comparecimento de fato às instituições de saúde.

Dado que o Ministério da Saúde recomenda a realização de no mínimo seis consultas pré-natais, e supondo que tenha sido necessária ter efetuado a primeira consulta para dar entrada no pedido do benefício, restariam então pelo menos mais cinco consultas para serem realizadas num período médio de seis a sete meses (dado que a primeira consulta ocorra entre o primeiro e o segundo mês de gestação).

Seria preciso realizar o controle e acompanhamento das consultas médicas das beneficiadas. Caso elas usem a própria rede pública municipal, pode-se imaginar que seja possível fazer o monitoramento no próprio local. Contudo, é também preciso flexibilidade para lidar com o caso em que a gestante deseje usar as instituições de saúde fora da jurisdição municipal, sejam estas de outros municípios, do estado ou até mesmo privadas.

Por fim, um importante contraponto levantado pela direção da Secretaria é que este controle deve ser feito de tal modo a não prejudicar as beneficiada em função de ineficiências do próprio Estado. Mais precisamente, ela não poderia ser prejudicada caso fosse exigido dela a realização, por exemplo, de um exame de ultrassom cuja prestação por vezes não é assegurada pelo o próprio Estado.

Ou seja, o programa tenta mitigar as deficiências do ponto de vista do acesso aos serviços de saúde pública, o que constitui apenas um dos elementos do sistema público de saúde. Contudo, este projeto não resolveria outras ineficiências do sistema, que podem acabar sendo o gargalo no processo do serviço de saúde.

Uma outra responsabilidade das beneficiadas seria notificar o quanto antes às autoridades municipais os casos de perda, roubo ou furto do bilhete eletrônico. Este dever tem relação com a estratégia de mitigação de fraude, que será mais detalhada a seguir.

4.1.5 Sobre as Fraudes

Um ponto delicado que precisa ser avaliado tange a questão das fraudes. Infelizmente, ao se conceder certos benefícios tarifários, é provável que haja casos de fraude, tanto de pessoas que falsificam documentos para poderem se candidatar ao benefício quanto de uso indevido do benefício, por exemplo na situação onde um beneficiado venderia ou cederia seu benefício a outro.

A primeira medida para evitar casos de fraude está no cadastramento. A exigência que seja feita a primeira consulta de pré-natal e que haja a confirmação médica mitiga mas não exclui possíveis casos fraudulentos. O monitoramento da realização das consultas também seria importante neste aspecto para reduzir possíveis fraudes.

Contudo, isso não exclui o exemplo de fraude citado anteriormente. Como foi dito, o benefício seria entregue através de um cartão eletrônico no qual seriam creditados as passagens. Em tese, este bilhete seria de uso pessoal e intransferível e uma fraude possível ocorreria se este cartão fosse usado por outra pessoa que não a beneficiada.

Este uso indevido poderia se dar com ou sem o consentimento da beneficiada. Se a usuária tiver consentido, seja porque ela vendeu, cedeu ou emprestou, e a fraude for descoberta, imagine-se no mínimo que a punição legal englobe a perda do benefício.

As situações onde ela não teria consentido provavelmente constituiriam casos de perda, roubo ou assalto do bilhete. Espera-se então que ela notifique as autoridades o quanto antes para que este cartão seja inutilizado e ela possa receber um novo.

Um problema técnico envolve descobrir se o cartão estaria sendo usado incorretamente, especialmente porque a fiscalização teria que ser feita pela empresa prestadora do serviço através do cobrador. Este processo possui sérias falhas, é ineficiente e ineficaz e depende muito do esforço e vontade dos operadores da frota.

Em cidades como São Paulo, foram instaladas em vários ônibus da cidade câmeras nas catracas para efetuar reconhecimento automático de faces com o propósito de identificar se o usuário do cartão corresponde à pessoa cadastrada no sistema.

A frota de ônibus poaense ainda não dispõe destes dispositivos e difícil prever quando ela passaria a tê-los. De um lado, existe uma tendência de que essa tecnologia se torne cada dia mais acessível e barata. De outro lado, a modernização dos veículos é onerosa para empresa e por isso envolve uma disputa política entre as exigências do município e a oferta das prestadoras.

4.2 MODELO LÓGICO BÁSICO

É proposto abaixo um modelo lógico básico construído para ilustrar os princípios de funcionamento de um programa social de gratuidades no transporte público. Espera-se que ele auxilie a esclarecer os propósitos que levam a propor esse espécie de projeto social e como esse projeto beneficiaria a sociedade.

Recursos: Referem-se à totalidade de recursos humanos, financeiros, organizacionais e comunitários que seriam alocados para a realização do programa. Adotando-se o ponto de vista da Prefeitura da cidade, que teria ao seu dispor parte do orçamento municipal, funcionários, sistemas de saúde pública e de transporte público que seriam utilizados neste projeto.

Atividades: Referem-se aos processos, eventos, ferramentas, tecnologias e ações que seriam implementados. Neste caso, do ponto de vista da Secretaria de Transportes, as Atividades incluiriam o cadastramento das beneficiadas, a fiscalização do uso do cartão e dos casos de fraude, perda e roubo. Do lado do sistema de saúde pública, tem-se o acolhimento e a prestação do serviço de acompanhamento pré-natal, parto e pós-natal.

Por fim, do ponto de vista da cidade, deve haver um esforço de conscientização a fim de enfatizar a importância do acompanhamento médico durante a gestação e para o uso ético e correto do benefício.

Efeitos Diretos: Os Efeitos Diretos são os resultados produzidos diretamente e imediatamente pelos serviços prestados. A primeira hipótese básica desta espécie de programa é que ao fornecer as gratuidades às gestantes, mais mulheres passem a buscar o acompanhamento pré-natal adequado. Evidentemente, esta medida não melhora diretamente o serviço de saúde pública, apenas mitigaria o problema de acessibilidade à saúde pública.

Naturalmente, espera-se que o oferecimento de gratuidades aumente o número de gestantes e lactantes que utilizem o transporte público num primeiro momento. Este seria o primeiro efeito imediato.

Os efeitos diretos esperados mais importantes seriam o aumento do número total de consultas de pré-natal prestadas e do número médio de consultas por gestante, de modo que este número fique mais próximo ao valor recomendado pelo Ministério da Saúde de seis consultas pré-natais. Por fim, espera-se também a redução dos casos de gravidez subnotificadas.

Estes efeitos esperados seriam fundamentais na demonstração da eficiência do programa. Na medida em que eles são mensuráveis, seria importante que esses indicadores fossem monitorados caso o programa seja implementado.

Efeitos Indiretos: A segunda hipótese básica do programa é de que o acesso ao acompanhamento pré-natal melhoraria a qualidade de vida tanto da mulher quanto da criança. Além disso, supõe-se também que o programa incentivaria a amamentação materna, que traria muitos benefícios à saúde do bebê.

Os efeitos mensuráveis no nível do aumento de qualidade de vida seriam as reduções nos casos de morte materna, de óbito em gravidez normal e em gravidez de risco. Em conjunto com a amamentação materna durante o período de lactação, espera-se uma diminuição nas taxas de mortalidade infantil do município, além da melhor saúde da criança que pode ser medido pelo ganho de peso e redução dos casos de doenças e infecções nos primeiros meses de vida.

Impactos: Sob a hipótese de manutenção prolongada e o sucesso do programa, pode-se imaginar que ele aumente a conscientização social sobre a importância do acompanhamento pré-natal e da amamentação materna.

Sabe-se que o desenvolvimento saudável nos primeiros meses de vida tem uma enorme influência no períodos posteriores de desenvolvimento de um ser humano adulto, tanto em termos físicos quanto intelectuais. Nesta situação, poderia se imaginar que o programa impactaria positivamente na formação de uma geração de crianças mais saudáveis.

4.3 MODELO ECONÔMICO

Nesta seção, é descrito pormenorizadamente o modelo econômico empregado para estimar o custo dos benefícios tarifários para o erário. Esta parte restringe-se à descrição formal, abstrata e algébrica do modelo. A aplicação do modelo dependerá dos valores adotados, cuja determinação é específica de cada município e que será mais discutida em seções posteriores.

4.3.1 Equação Base

O ponto inicial do processo de modelagem é o seguinte raciocínio: o custo da concessão de benefícios tarifários é diretamente proporcional ao *número de beneficiadas*, ao *valor unitário da tarifa* e à *quantidade de viagens por beneficiada* (que por sua vez pode ser tanto a quantidade de viagens concedidas por usuária num modelo de benefício fixo ou o número médio de viagens realizadas por usuária no modelo de benefício ilimitado).

A demonstração deste raciocínio, pináculo central do modelo construído, é simples e de certa forma quase auto-evidente: maior o número de beneficiadas, maior o custo pois há mais pessoas para atender; maior o valor unitário da tarifa, maior o custo de adquiri-las; e por fim quanto mais viagens forem cedidas, maior será o custo também.

Em termos matemáticos, pode-se representar esta relação funcional através da equação abaixo. Considerando que a unidade temporal relevante é o ano, o custo anual C em reais d benefício é igual a:

$$C = NPV \quad (23)$$

Onde N é o número médio de beneficiadas no município, P é o preço unitário da tarifa de transporte público e V é o número médio de viagens concedidas em um ano por beneficiada. Evidentemente, caso fosse cedido apenas redução tarifária ao invés de gratuidade

plena, o valor P deve ser substituído pelo quantia que seria arcada pelo Estado, que possivelmente seria $0.5 \times P$, em vista das práticas adotadas no Brasil.

4.3.2 Equação de Estimação

O modelo proposto decompõe o custo da concessão de benefício tarifários em três componentes: número de beneficiadas, valor da tarifa e quantidade de viagens por usuária.

Destas três variáveis, o valor da tarifa é o dado mais fácil de se obter e encontra-se instantaneamente disponível aos gestores. O único problema relevante a respeito desta variável diz respeito à projeção de seus valores futuros dentro do horizonte temporal de análise.

A quantidade de viagens por pessoa apresenta uma natureza dual. Caso seja implementado o modelo de benefício fixo, a quantidade de viagens que cada beneficiada tem direito seria um estabelecida pela municipalidade, sendo neste caso uma decisão de projeto e portanto um dado imediatamente disponível também.

Contudo, no modelo de benefício ilimitado, onde cada beneficiada poderia realizar quantas viagens desejasse como é o caso das gratuidades para idosos no Brasil, é preciso empregar alguma estatística ou estimativa que resuma a distribuição de uso do benefício por usuária. Pode-se neste caso pensar em valores médios ou até mesmo em limites superiores de uso.

A variável de mais difícil acesso é o número de beneficiadas, que precisaria de uma estratégia de estimação adequada a partir de dados mais acessíveis. A estratégia adotada neste trabalho será detalhada agora.

Para muitos municípios brasileiros, o DATASUS fornece dados do sistema de saúde para esta cidade, entre os quais o número de gestantes e o número de nascidos vivos. A partir destes séries temporais, é possível construir estatísticas e projeções para ser utilizadas posteriormente no modelo.

Um ponto que merece destaque é que os dados fornecidos não fazem discriminação socioeconômica. Como estes programas sociais direcionam-se às normalmente populações mais carentes apesar do direito ser oferecido sem distinção de classe social, é preciso estimar a porcentagem de gestantes que estaria de fato interessada em se cadastrar e obter as gratuidades.

O número de lactantes, caso elas venham a ser beneficiadas também como seria o caso do projeto inicial de Poá, demanda uma etapa extra de estimação. O método proposto estipula

que a série temporal de lactantes pode ser obtida via integração da série temporal de nascidos vivos, esta última sendo fornecida pelo DATASUS. Ainda é preciso extrair a porcentagem destas lactantes que utilizariam de fato o benefício.

Por simplicidade, é aplicado o mesmo coeficiente percentual tanto para o total de gestantes para o total de lactantes. O motivo para tal é que considera-se que a determinação da parcela de usuárias efetivas entre as usuárias potenciais possui certa arbitrariedade e subjetividade inerentes da construção do critério adotado, e que não se encontra argumento capaz de distinguir em princípio entre os dois casos, além de que toda lactante fora uma gestantes durante um período anterior, logo por homogeneidade e consistência os mesmos fatores multiplicativos se aplicam às duas classes.

Resumindo, a equação que descreve o número de beneficiadas seria a seguinte:

$$N = \alpha(G + L^*) \quad (24)$$

Onde G é o número projetado de gestantes, L é o número projetado de lactantes e asterisco serve apenas para indicar que este valor pode ou não estar presente, dependendo do programa que se deseja implantar, e finalmente α é um coeficiente, a valores entre 0 e 1 que indica o percentual das pessoas com direito ao benefício que iriam realmente utilizá-lo.

4.3.3 Equação do Custo

Seja $T > 0$ o horizonte de planejamento financeiro em anos. Supondo que a política de benefício tarifário seja implementada no instante presente ($t = 0$) e que ela dure pelo menos até o ano $t = T$, seria gasto em cada ano t entre 0 e T um custo $C(t) = N(t) \times P(t) \times V(t)$, onde é suposto que os parâmetros do modelo agora são funções do índice temporal.

O valor presente dos custos incorridos até o ano T é igual a:

$$VPL = \sum_{t=0}^T \frac{N(t)P(t)V(t)}{(1 + i_{min})^t} \quad (25)$$

Onde i_{min} é a taxa mínima de atratividade.

O Valor Presente Líquido dos custos é a quantidade final de interesse. Contudo, ele depende naturalmente do horizonte de planejamento escolhido, aumentando conforme o valor de T aumenta. Para obter uma métrica menos dependente do horizonte temporal e mais interessante para as municipalidades, que estão mais acostumadas a trabalhar com orçamentos anuais, pode-se utilizar a Anuidade Equivalente, ou simplesmente Anuidade.

$$A = VPL \frac{1 - (1 + i_{min})^{-1}}{1 - (1 + i_{min})^{-T-1}} \quad (26)$$

Para finalizar o modelo, falta apenas determinar a dependência temporal dos parâmetros.

4.3.4 Dependência temporal dos parâmetros

Em princípio, o número de viagens por beneficiada será constante:

$$V(t) = V = constante \quad (27)$$

Isto se deve não somente por razões de simplicidade, mas também porque no modelo de benefício fixo, esse valor só seria alterado caso no decorrer do programa fosse verificado a necessidade de aumentar ou diminuir essa quantidade. Do contrário, ele estaria pré-estabelecido durante toda a duração do programa.

Em particular, no modelo a benefício ilimitado, seria possível que o valor médio de viagens realizadas por beneficiada evoluísse ao longo dos anos, o que precisaria ser cuidadosamente modelado, pois o perfil de consumo de serviços de viagem pelas beneficiadas não necessariamente acompanharia as tendências dos demais usuários pagantes devido aos efeitos de elasticidade econômica gerados pelo próprio benefício.

O preço da tarifa pode ser projetado com uma reta construída por regressão linear, cujos maiores detalhes serão fornecidos adiante. De todo modo, a sua forma funcional será a seguinte:

$$P(t) = a + bt \quad (28)$$

A taxa de atratividade i_{min} poderia variar com o tempo, mas será suposta constante por simplicidade. Sua projeção é complexa pois envolve a modelagem da evolução conjunta uma série de fatores econômicos, além de considerações de caráter subjetivo acerca do futuro econômico do país, de sua política econômica e monetária.

Por fim, o número de beneficiadas é uma porcentagem do total de gestantes e possivelmente lactantes. Por hipótese, o crescimento de cada um desses fatores será aproximado por uma função de crescimento exponencial:

$$G(t) = G_0 \times (1 + c)^t \quad (29)$$

$$L^*(t) = L_0 \times (1 + c)^t \quad (30)$$

O coeficiente $\alpha(t)$ será determinado como o produto de dois fatores: um fator socioeconômico S , constante positiva entre 0 e 1 que modelaria a hipótese que as principais beneficiadas seriam provavelmente uma porcentagem do total de gestantes e lactantes provenientes das classes sociais mais baixas, e uma taxa de adesão $\eta(t)$, que modelaria a hipótese que nos primeiros anos.

4.4 PROJEÇÃO DA TARIFA

Foi usada a série temporal da tarifa de transporte público coletivo no município de São Paulo. Estes dados estão disponíveis ao público eletronicamente e são fornecidos pela SPTrans.

Os dados estão sumarizados na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Reajuste das tarifas de ônibus de São Paulo

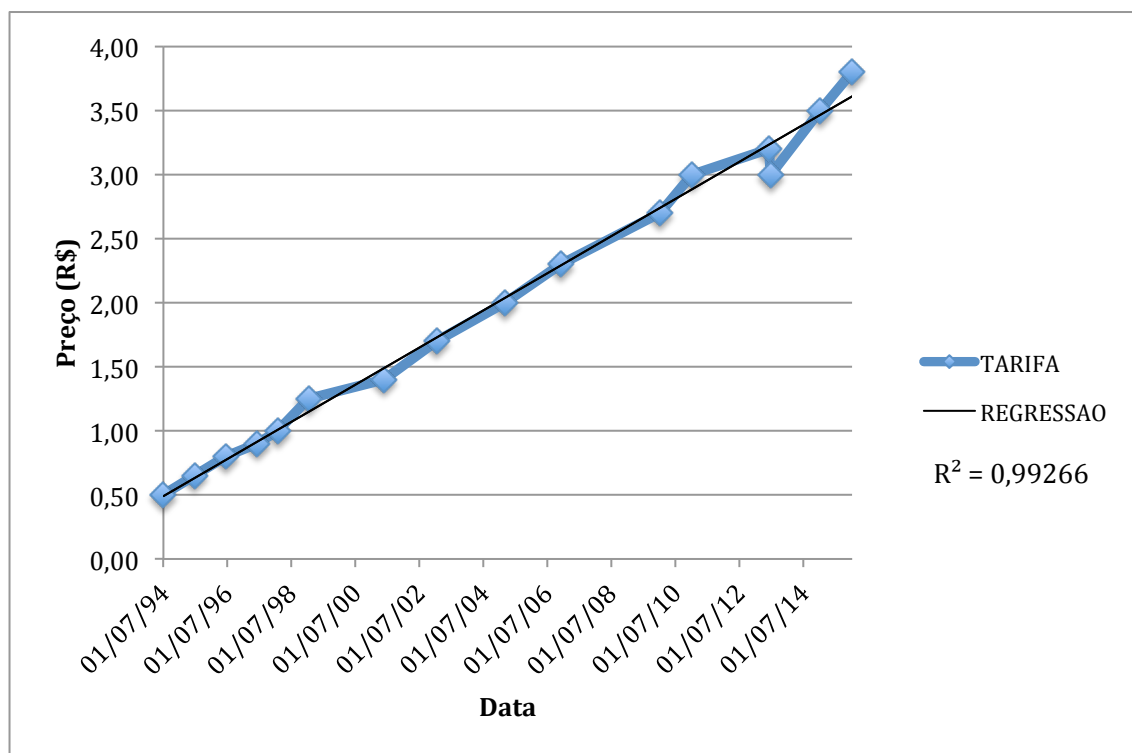
Nº DA PORTARIA	DATA DO REAJUSTE	TARIFA
121/15 - SMT	09/01/16	R\$ 3,80
106/14 - SMT.GAB	06/01/15	R\$ 3,50

Nº DO DECRETO	DATA DO REAJUSTE	TARIFA
54.016	24/06/13	R\$ 3,00
53.935	02/06/13	R\$ 3,20
52.041	05/01/11	R\$ 3,00
51.134	04/01/10	R\$ 2,70
47.919	30/11/06	R\$ 2,30
45.749	05/03/05	R\$ 2,00
42.782	12/01/03	R\$ 1,70
40.655	24/05/01	R\$ 1,40
37.788	13/01/99	R\$ 1,25
37.288	24/01/98	R\$ 1,00
36.895	07/06/97	R\$ 0,90
36.136	13/06/96	R\$ 0,80
35.200	19/06/95	R\$ 0,65
34.311	01/07/94	R\$ 0,50

Fonte: SÃO PAULO TRANSPORTES S.A., 2016

A partir dos dados acima, foi aplicado a técnica da regressão linear, sendo a variável independente o tempo e variável dependente a tarifa. Os resultados estão expressos na Figura 7.

Figura 7 - Evolução da tarifa de ônibus em São Paulo



Fonte: Elaboração própria com base em SÃO PAULO TRANSPORTES S.A., 2016

Na imagem acima, os pontos em formato de losango tem como abscissa o momento em que foi feito o reajuste tarifário, e como ordenada o valor da nova tarifa. A curva TARIFA foi construída por interpolação linear entre os pontos, enquanto que a curva REGRESSAO foi construída pelo método da Regressão Linear, e R^2 é o coeficiente de determinação obtido pelo método.

É possível notar visualmente a tendência de crescimento das tarifas. A única exceção ocorreu em junho de 2013, mas há uma razão política importante para isso. Em 2 de junho de 2013, quando foi anunciado o reajuste que elevaria a tarifa em vinte centavos, houve alguns protestos em São Paulo especificamente contra o aumento da tarifa.

Estes protestos acabaram culminando em uma torrente manifestações em todo o território nacional, cujas motivações extrapolavam o reajuste tarifário paulistano. Em 24 de junho de 2013, em razão da pressão popular e da repercussão política, a tarifa foi reajustada ao seu valor anterior de 3,00 reais. Os preços só foram elevados novamente no começo do ano de 2015 para o valor R\$ 3,50.

Por fim, é interessante notar que os pontos do gráfico podem ser satisfatoriamente representados pela reta de regressão (o valor do coeficiente de regressão é muito próximo de 1, que seria o caso da existência de uma relação linear perfeita).

Mais especificamente, seja t uma data, t_0 a data de referência de 1 de julho de 1994, $\Delta t = t - t_0$ o intervalo temporal entre as duas data medido em anos comerciais (unidade temporal usada para simplificar os cálculos em que se considera que o ano possui 360 dias e cada um dos meses 30 dias, indistintamente). O modelo de regressão linear ordinária pode ser descrito pela seguinte equação:

$$Tarifa(t) = P(t) = 0,49066 + 0,14294 \times \Delta t \quad (31)$$

Em palavras, o modelo descreve que tarifa aumentaria aproximadamente 15 centavos por ano em média, em relação a tarifa inicial na data de referência.

4.5 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE

Como argumentado, o método de determinação da taxa mínima de atratividade adotado consiste em empregar a taxa SELIC. O histórico da SELIC e da meta SELIC dos dois últimos anos estão apresentados na .

Pode-se observar pelos dados na Tabela 2 que há um ano, o valor da taxa SELIC é de 14,15% ao ano. A evolução da taxa SELIC não apresenta uma tendência bem definida que permita projetá-la com um bom grau de confiança para os próximos anos.

Sua dinâmica tem um componente humano muito grande, determinado pela meta SELIC que é estipulada pelo COPOM. Prever os valores futuros da SELIC é um problema equivalente a prever o futuro da política monetária brasileira, o que é um problema enorme, possivelmente insolúvel, que envolve muitas considerações subjetivas.

Desta forma, será adotado o valor de 14,15% ao ano como a taxa mínima de atratividade, que por sua vez será considerada constante no futuro. Este será o valor sugerido ao usuário, que por sua vez poderá modificá-lo, caso queira.

Tabela 2 - Histórico da taxa SELIC e da meta SELIC

Reunião nº	data	Período de vigência	Meta SELIC % a.a.	Taxa SELIC % a.a.
201ª	31/08/16	01/09/2016 -	14,25	
200ª	20/07/16	21/07/2016 - 31/08/2016	14,25	14,15
199ª	08/06/16	09/06/2016 - 20/07/2016	14,25	14,15
198ª	27/04/16	28/04/2016 - 08/06/2016	14,25	14,15
197ª	02/03/16	03/03/2016 - 27/04/2016	14,25	14,15
196ª	20/01/16	21/01/2016 - 02/03/2016	14,25	14,15
195ª	25/11/15	26/11/2015 - 20/01/2016	14,25	14,15
194ª	21/10/15	22/10/2015 - 25/11/2015	14,25	14,15
193ª	02/09/15	03/09/2015 - 21/10/2015	14,25	14,15
192ª	29/07/15	30/07/2015 - 02/09/2015	14,25	14,15
191ª	03/06/15	04/06/2015 - 29/07/2015	13,75	13,65
190ª	29/04/15	30/04/2015 - 03/06/2015	13,25	13,15
189ª	04/03/15	05/03/2015 - 29/04/2015	12,75	12,65
188ª	21/01/15	22/01/2015 - 04/03/2015	12,25	12,15
187ª	03/12/14	04/12/2014 - 21/01/2015	11,75	11,65
186ª	29/10/14	30/10/2014 - 03/12/2014	11,25	11,15

Fonte: BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2016

4.6 REQUISITOS FUNCIONAIS DE USUÁRIO

O usuário da ferramenta que se procura desenvolver seria o funcionário de alguma municipalidade que gostaria de estudar o custo de uma política de concessão de benefícios tarifários para gestantes e possivelmente lactantes.

Com o auxílio da ferramenta, o usuário seria capaz de aplicar o modelo econômico proposto para a sua cidade. Assim, a primeira função que o sistema deve realizar é o cálculo do modelo proposto em função dos parâmetros especificados pelo usuário.

Como a estimação dos parâmetros por si só é uma tarefa difícil, a ferramenta poderia ajudar o usuário sugerindo os valores dos parâmetros. Note que ela deve sugerir e não impor, pois o usuário deve ter liberdade para alterar os parâmetros do sistema de acordo com as análises que ele deseja realizar. Assim, a segunda função é estimar os parâmetros necessários para utilizar a ferramenta.

Por fim, a ferramenta deve ser suficiente flexível para que o usuário possa modelar diferentes modalidades de benefício. Como foi comentado, o usuário deve ser capaz de alterar os parâmetros propostos para efetuar suas próprias análises de sensibilidade.

Como foi visto na implementação do programa “Passe Livre”, o custo de divulgação do projeto foi desprezível. Supõe-se então que o custo de promoção seria desprezível para o

caso de muitas cidades, e portanto abre-se mão de integrá-lo às funcionalidades da ferramenta.

Por fim, a ferramenta será implementada na forma de planilha eletrônica. Dentre os padrões possíveis, foi escolhido o formato *.xlsx*, que é o padrão do Excel 2007, programa desenvolvido pela empresa Microsoft. O Excel sendo o formato mais popular de planilha eletrônica existente, esta escolha torna a ferramenta mais acessível na medida em que aumenta as chances do computador do usuário estar habilitado a reconhecer e operar a ferramenta.

Mais detalhes são fornecidos a seguir, na descrição do caso de uso.

4.6.1 Descrição de caso de uso

Primeiramente, haverá uma tela para que o usuário possa escolher os valores dos parâmetros do modelo. Haverá um campo onde o usuário poderá digitar o nome da cidade que ele deseja estudar e a ferramenta vai fornecer as estimativas demográficas de gestantes e lactantes a partir dos dados disponíveis pelo DATASUS.

Como as estimativas são produzidas de modo automático através da aplicação de uma estatística às séries temporais, será apresentado nesta mesma tela as séries temporais utilizadas, para que o usuário possa julgar visualmente a adequação das estimativas propostas com os dados fornecidos.

Em seguida, o usuário poderá escolher os parâmetros do programa social, isto é a quantidade de viagens concedidas por beneficiada no modelo de benefício fixo ou o número projetado de viagens realizadas por beneficiada no modelo de benefício ilimitado.

Ele também poderá especificar a porcentagem da tarifa que seria subsidiada pelo Estado (por exemplo, 100% no caso de gratuidade integral ou 50% caso fosse concedida apenas meia passagem). Haverá um campo para especificar o horizonte temporal de análise, ou seja, a quantidade de anos no futuro para a qual a projeção dos custos será feita.

Ademais, o usuário poderia especificar se as lactantes seriam beneficiadas ou não pela proposta em estudo. De fato, a concessão de gratuidades para lactantes é um tópico bem menos discutido que a concessão de benefícios para gestantes e neste caso o projeto poaense é inovador. Contudo, para garantir generalidade e flexibilidade à ferramenta, a consideração das lactantes precisa ser opcional e não imposta.

Além disso, será possível especificar a hipótese de projeto referente à taxa de adesão do programa em seus primeiros anos. Imagina-se que o programa não tenha o alcance

máximo possível nos seus primeiros anos porque demora um tempo até que as pessoas tomem conhecimento de sua existência.

Assim, a taxa de adesão é um modo de modelar a hipótese de que o total de beneficiadas nos primeiros anos pode ser bem inferior ao número projetado pela efeito de propagação da informação. A hipótese do modelo é que em três anos a taxa de adesão será de 100%, ou seja em três anos todas as usuárias potenciais terão conhecimento do programa e usufruirão do benefício.

Por fim, o usuário poderá especificar os dados econômicos do modelo, que neste caso seriam o valor unitário da tarifa de transporte público, a taxa esperada de crescimento anual da tarifa e a taxa mínima de atratividade.

Em todos os casos, a ferramenta proporá valores de referência e caberá ao usuário decidir se os utiliza ou não. Telas de anexo explicarão o motivo dos valores adotados, explicitando dados e cálculos feitos.

Uma vez determinado todos os parâmetros, haverá uma tela de resultados, onde os resultados do modelos estarão expostos de maneira tabular e gráfica para o usuário. O resultado em forma de tabela será bastante detalhado, explicando a contribuição de cada termo aos valores finais, enquanto que o resultado em forma de gráfico se limitará aos valores finais de custos projetados para cada ano e custos trazidos a valor presente.

4.7 PROTÓTIPO DA FERRAMENTA DE CUSTEIO

O modelo de custo proposto foi implementado em planilha eletrônica, buscando fornecer uma interface gráfica ergonômica, útil e flexível. O objetivo é oferecer uma ferramenta que auxilie qualquer gestor que queira estudar a viabilidade econômica de uma proposta similar.

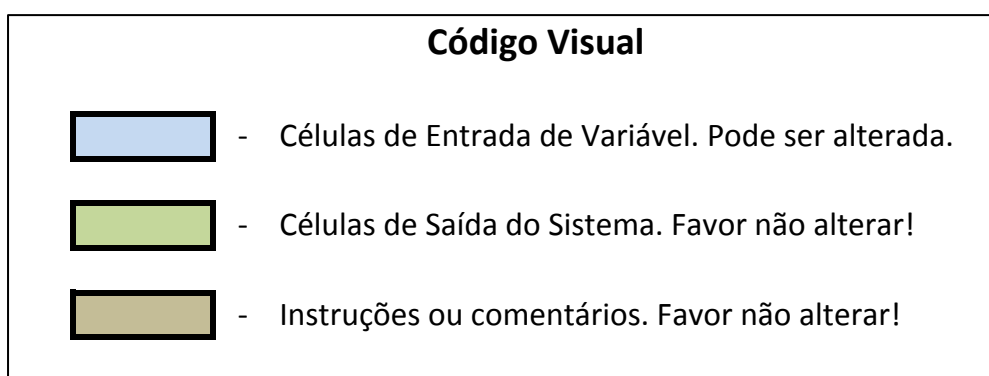
A versão desenvolvida neste trabalho é um protótipo, que procura agregar os principais atributos considerados essenciais para avaliar a funcionalidade e a utilidade da ferramenta, de acordo com o método do Produto Mínimo Viável de Ries (2011).

Procurou-se implementar o sistema de modo a satisfazer os requisitos funcionais de usuário descritos previamente. A seguir, são apresentados os elementos de interface com o usuário da ferramenta.

4.7.1 Campos de entrada de parâmetros

A ferramenta consta com uma tela de entradas, onde o usuário pode especificar os parâmetros do modelo. Foi empregado um código visual (Figura 8) onde os campos em azul claro referem-se às células de variável que o usuário pode modificar, os campos em verde claro são resultados do sistema que o usuário não deve alterar, e os textos em fundo marrom claro são instruções ou mensagens direcionadas ao usuário.

Figura 8 - Código gráfico empregado na Planilha



Fonte: Elaboração própria

Na tela de entradas do sistema, há um campo MUNICÍPIO (Figura 9), onde o usuário pode digitar o nome do município que ele deseja analisar e a ferramenta devolve as estimativas demográficas obtidos a partir dos dados do DATASUS. Ele também pode selecionar a célula em azul e o sistema exibirá a lista das cidades disponíveis.

A partir deste campo, a ferramenta é capaz de acessar os dados do DATASUS para o conjunto de cidades disponíveis e produzir automaticamente as estimativas a respeito do total de gestantes e lactantes, que são parâmetros-chave do modelo.

Figura 9 - Campo de entrada de município

Município

Digite o Município no campo abaixo:

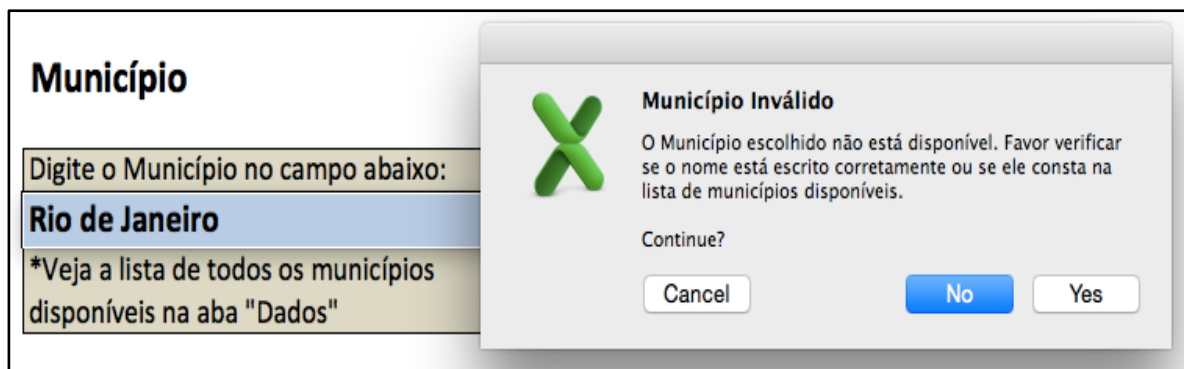
Poá

**Veja a lista de todos os municípios disponíveis na aba "Dados"*

Fonte: Elaboração própria

Caso o município digitado não esteja disponível, o sistema enviará um aviso ao usuário indicando que ou a grafia está incorreta ou a cidade em questão está indisponível (Figura 10). Contudo, mesmo que nesta situação o sistema não consiga carregar automaticamente os dados do município, a ferramenta ainda poderia ser utilizada sob a condição de que o próprio usuário estime os valores dos parâmetros.

Figura 10 - Mensagem de erro: Município Inválido



Fonte: Elaboração própria

Na sua versão atual, o protótipo disponibiliza os dados de 591 dos 645 município do estado de São Paulo. Dados referentes a outros estados brasileiros ainda não foram integrados com o sistema. De todo modo, a base de dados atuais é mais do que suficiente para testar a hipótese de valor da ferramenta e solucionar o problema da Organização.

Caso o município escolhido esteja disponível, o sistema exibirá logo abaixo do campo MUNICÍPIO os resultados das estimativas (Figura 11):

Figura 11 - Estimativas automáticas fornecidas pela ferramenta

Dados das Gestantes	
Estimativas Automáticas	
<i>Para o município, temos as seguintes estimativas:</i>	
Nº médio de Gestantes	205
Nº médio de Lactantes*	147
Taxa Média de Crescimento (%/ano)	2,79%
<i>Fonte: Ministério da Saúde (veja aba "Dados")</i>	
<i>* Valor estimado pela série de Nascidos Vivos</i>	

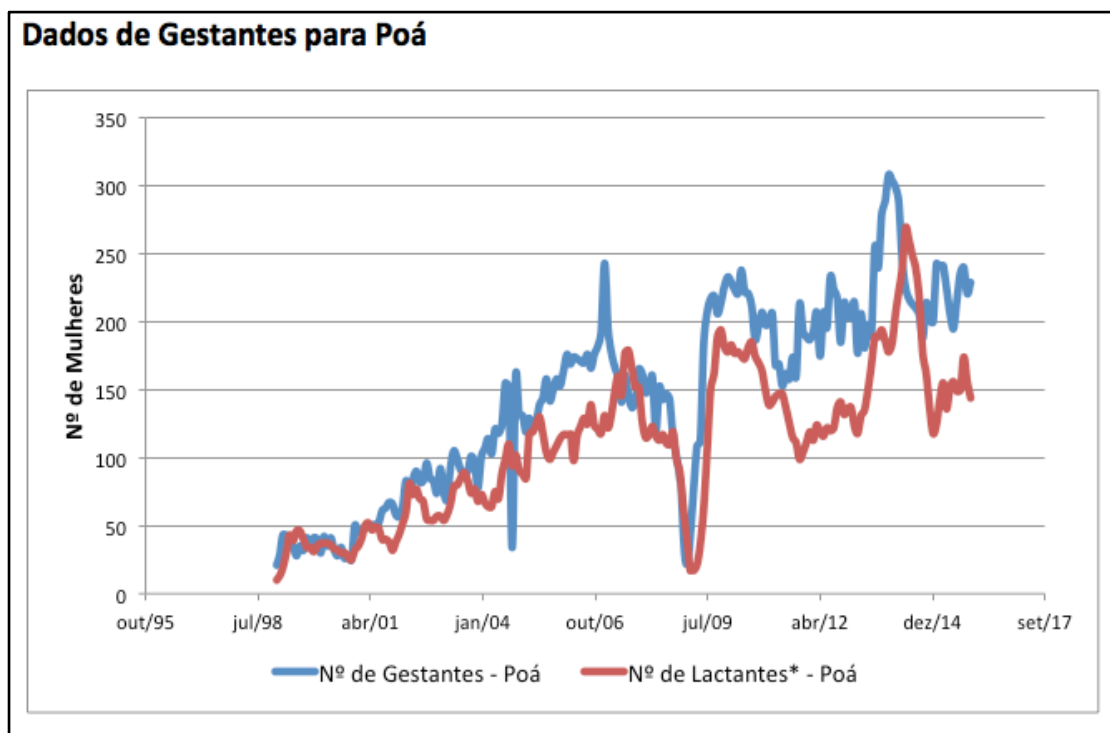
Fonte: Elaboração própria

Como foi especificado, ferramenta deve sugerir os valores dos parâmetros sem impô-los categoricamente. A palavra final deve ser do usuário. Para garantir que o usuário possa avaliar se os valores propostos são bons ou não, ao lado das estimativas sugeridas o sistema apresenta o gráfico da série temporal das gestantes e lactantes (Figura 12).

As estimativas fornecidas correspondem ao quantil de ordem 75% das séries temporais de gestantes e lactantes, ou seja, elas foram geradas através da aplicação de uma estatística aos dados disponíveis. Esta técnica foi escolhida para mitigar os efeitos causados pela subnotificação e por dados aberrantes, e para os municípios para os quais ela foi testada, os resultados obtidos se mostraram adequados na opinião do autor.

Contudo, caso o usuário tenha motivos para discordar dos valores sugeridos com base na análise visual e subjetiva dos dados apresentados, ele pode alterar os valores na tela apresentada na Figura 13.

Figura 12 - Série temporal de Gestantes e Lactantes



Fonte: Elaboração própria

Figura 13 - Campo de Entrada: Estimativas Personalizadas

Estimativas Personalizadas	
<i>Caso deseje, insira suas próprias estimativas abaixo:</i>	
Nº médio de Gestantes	
Nº médio de Lactantes	
Taxa Média de Crescimento (%/ano)	
<i>Caso contrário, deixe os campos que não deseja modificar em branco.</i>	

Fonte: Elaboração própria

Caso o usuário insira uma estimativa personalizada, a ferramenta altera a apresentação gráfica do campo de saída das estimativas automáticas para indicar que elas não serão utilizadas. O mecanismo pode é ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Indicação gráfica do uso das estimativas personalizadas

Estimativas Automáticas	Estimativas Personalizadas												
<i>Para o município, temos as seguintes estimativas:</i> <table border="1"> <tr> <td>Nº médio de Gestantes</td><td>205</td></tr> <tr> <td>Nº médio de Lactantes*</td><td>147</td></tr> <tr> <td>Taxa Média de Crescimento (%/ano)</td><td>2,79%</td></tr> </table> <p><i>Fonte: Ministério da Saúde (veja aba "Dados")</i> <i>* Valor estimado pela série de Nascidos Vivos</i></p>	Nº médio de Gestantes	205	Nº médio de Lactantes*	147	Taxa Média de Crescimento (%/ano)	2,79%	<i>Caso deseje, insira suas próprias estimativas abaixo:</i> <table border="1"> <tr> <td>Nº médio de Gestantes</td><td>230</td></tr> <tr> <td>Nº médio de Lactantes</td><td></td></tr> <tr> <td>Taxa Média de Crescimento (%/ano)</td><td>1,00%</td></tr> </table> <p><i>Caso contrário, deixe os campos que não deseja modificar em branco.</i></p>	Nº médio de Gestantes	230	Nº médio de Lactantes		Taxa Média de Crescimento (%/ano)	1,00%
Nº médio de Gestantes	205												
Nº médio de Lactantes*	147												
Taxa Média de Crescimento (%/ano)	2,79%												
Nº médio de Gestantes	230												
Nº médio de Lactantes													
Taxa Média de Crescimento (%/ano)	1,00%												

Fonte: Elaboração própria

Provavelmente esta não é a melhor forma de sugerir valores que possam eventualmente ser modificados pelo usuário, seja em termos de conforto, ergonomia e simplicidade de uso. O melhor seria provavelmente que o usuário pudesse sobrescrever diretamente os valores que ele deseja, sem precisar de uma tela adicional.

Contudo, se o usuário modificasse as células que fornecem as estimativas automáticas, ele modificaria a programação das planilha e todo o mecanismo que busca os dados do município deixaria de funcionar corretamente. Essa é uma fragilidade da versão atual do protótipo e seria interessante que esse problema fosse solucionado em versões posteriores.

Para a finalidade do protótipo, entretanto, acredita-se que essa falha não seja suficientemente grave. O mais importante seria verificar se a possibilidade de alterar os valores sugeridos é um atributo apreciado pelo possível usuário. No desenvolvimento do protótipo, esta funcionalidade foi considerada importante, mas é possível que o usuário final não faça uso dela.

Na Figura 15 estão apresentados os demais campos de entrada de parâmetros do programa social que o usuário precisa especificar.

Por fim, existe um último grupo de campos de entrada dos dados econômicos, isto é, o preço da tarifa de transporte público coletivo, a taxa de crescimento projetada para esta tarifa e a taxa de juros de referência. Estes campos estão ilustrados na Figura 16.

Uma vez especificados todos os parâmetros do modelo, o sistema está em condições de fornecer os resultados finais ao usuário.

Figura 15 - Campos de entrada dos parâmetros do programa social

Parâmetros do Programa Social	
<i>Insira o número de passagens concedidas por pessoa ou uma estimativa de viagens por usuária:</i>	
Passagens por dia por usuária	2
<i>Insira a quantidade de anos no futuro para o qual a projeção de custos será feita:</i>	
Horizonte de Planejamento (em anos)	7
<i>Forneça uma estimativa da porcentagem do total de mulheres que usarão o benefício:</i>	
Porcentagem de uso*	70%
<i>* (Nº de Usuárias/ Total de Gestantes, Lactantes)</i>	
<i>Insira a porcentagem de benefício tarifário que seria concedida:</i>	
Porcentagem de Benefício Tarifário*	100%
<i>* Exemplo: 100% = Gratuidade; 50% = Meia Tarifa.</i>	
<i>Indique se as Lactantes seriam beneficiadas também. Resposta esperada: Sim ou Não</i>	
Incluir Lactantes no Benefício?	Sim
<i>Adesão é a porcentagem das usuárias potenciais que utilizam de fato o benefício. É suposto que existe um tempo até que o programa tenha 100% de adesão.</i>	
Taxa de Adesão no Primeiro Ano	80%
Taxa de Adesão no Segundo Ano	90%
Taxa de Adesão no Terceiro Ano	100%
<i>A hipótese adotada é que a adesão máxima é obtida em até 4 anos.</i>	

Fonte: Elaboração própria

Figura 16 - Campos de entrada dos dados econômicos

Dados Econômicos

<i>Forneça o valor da tarifa e uma estimativa do reajuste anual da tarifa:</i>	
Valor da Tarifa Unitária (em Reais)	3,80
Taxa de Crescimento Anual da Tarifa (R\$/Ano)	0,14
<i>Na aba "Evolução da Tarifa", são apresentados dados de referência do município de São Paulo.</i>	

<i>Insira abaixo a taxa de juros base para o cálculo de Valor Presente</i>	
Taxa Base de Juros Anual	14,15%
<i>A taxa base de juros serve para converter fluxos monetários de datas a uma mesma referência. Referência: Taxa SELIC</i>	

Fonte: Elaboração própria

4.7.2 Tela de saídas (apresentação dos resultados)

Por escolha de projeto, o sistema apresenta os resultados em uma tela separada, a tela de saídas do sistema. Foi uma decisão de projeto cuja motivação era separar claramente as entradas e saídas da ferramenta para o usuário.

Como foi especificado, os resultados serão expressos de duas formas: na forma de uma tabela, bastante detalhada e completa, e na forma de um gráfico contendo apenas as projeções de custo anual e valor presente dos custos.

Um exemplo de apresentação dos resultados finais pode ser visto na Figura 17 e na Figura 18.

A tabela de resultados (Figura 17) fornece todos os detalhes necessários para compreender o valor do custo obtido: o custo de um ano específico é igual ao produto do número de usuárias pelas passagens por beneficiada pelo valor da tarifa pela taxa de adesão. Por sua vez, o valor presente é igual ao custo vezes o fator de desconto.

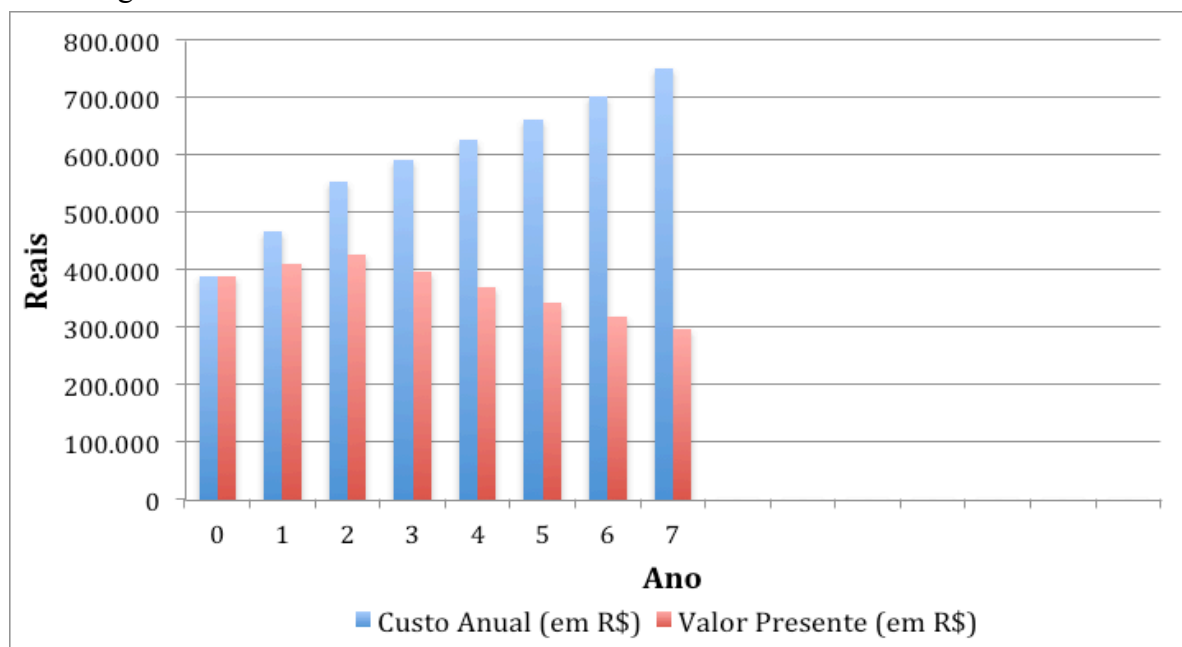
Figura 17 - Tela de Saída: Tabela de Resultados

Resultados								
Ano	Elegíveis	Usuárias	Passagens por		Adesão	Fator de Desconto	Custo Anual (em R\$)	Valor Presente (em R\$)
			Beneficiada	Tarifa				
0	352	246	520	3,80	80%	1,00	389.509	389.509
1	362	253	522	3,94	90%	0,88	469.175	411.016
2	372	260	522	4,09	100%	0,77	555.288	426.154
3	382	268	524	4,23	100%	0,67	593.025	398.699
4	393	275	522	4,37	100%	0,59	627.784	369.749
5	404	283	520	4,51	100%	0,52	663.860	342.529
6	415	291	520	4,66	100%	0,45	704.003	318.214
7	427	299	524	4,80	100%	0,40	751.607	297.618

Fonte: Elaboração própria

O gráfico de resultados exibe a projeção do custo anual e do valor presente dentro do horizonte de planejamento estabelecido. Para o exemplo exposto acima, os resultados obtidos estão expostos na Figura 18.

Figura 18 - Tela de Saída: Gráfico de Resultados



Fonte: Elaboração própria

4.7.3 Mecanismo de detecção automática de erros

As variáveis do modelo são em sua maioria do tipo numérico, ou seja, espera-se que os valores atribuído a elas sejam números. Mais especificamente, a maioria delas são à valores positivos. Em adição, as variáveis de porcentagem devem ser maiores que 0 e menores que 1, e algumas variáveis precisam ser números naturais (inteiros e positivos).

Dois tipos de erro podem ocorrer com sistema caso as variáveis do modelo receberem valores não compatíveis com o seu tipo. O primeiro tipo de erro refere-se às situações onde o programa não conseguiria calcular o modelo, o que ocorreria por exemplo se uma variável numérica recebesse um símbolo gráfico (letra ou símbolo de pontuação, por exemplo).

O segundo tipo de erro corresponde às situações onde o programa seria capaz de realizar os cálculos, mas o resultado final estaria fundamentalmente errado pois alguma das variáveis recebeu um valor fora do domínio de definição da variável. Isso poderia acontecer por exemplo caso fosse atribuído um valor negativo ao número médio de gestantes do município.

Apesar de diferentes, ambos os erros causariam problemas ao usuário. Por isso, foi integrado aos campos de entrada de variável um mecanismo capaz de reconhecer se o tipo de variável inserido pelo usuário é válido ou não. Em outras palavras, a ferramenta possui uma forma de mecanismo de detecção automática de erro.

Por exemplo, a quantidade de passagens por dia por beneficiada precisa ser um número positivo, pois não faria sentido algum conceder um número negativo de passagens. Em particular, esta variável precisa ser pelo menos igual a 1 para que se possa falar em concessão de benefício tarifário.

Enfim, caso o usuário digite um número negativo ou um símbolo gráfico qualquer ao invés de um número maior ou igual a 1, uma mensagem de alerta surgirá na tela, como pode ser visto na Figura 19.

As demais variáveis possuem mecanismos similares. A condição a ser verificada e a mensagem de alerta publicada variam são específicas de cada variável.

Figura 19 - Detecção de valor inválido

Insira o número de passagens concedidas por pessoa ou uma estimativa de viagens por usuário:

Passagens por dia por usuário	-1
-------------------------------	----

Insira a quantidade de anos no futuro para o qual a projeção de custos será feita:

Horizonte de Planejamento (em anos)	7
-------------------------------------	---

Erro: Tipo Inválido

A variável precisa ser um número maior ou igual a 1.

Continue?

Cancel No Yes

Fonte: Elaboração própria

4.8 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Nesta seção, são apresentados os resultados fornecidos pela ferramenta construída e descrita anteriormente. Em primeiro lugar, são apresentados os parâmetros utilizados na simulação. Em seguida, são apresentados os resultados detalhados para o município de Poá. Por fim, são apresentados os resultados obtidos para outras cidades da região do Alto Tietê, além da estimativa para São Paulo.

4.8.1 Parâmetros de modelo utilizados

Na Tabela 3 encontram-se os valores dos parâmetros do modelo utilizados nos resultados desta subseção.

Sobre os valores escolhidos, há alguns comentários a ser feitos. O número de passagens concedidas por dia foi fixado em 2 ser igual ao do programa “Passe Livre para Estudar”, para que a municipalidade de Poá possa comparar o custo deste novo programa com o existente.

O horizonte de planejamento é de 7 anos pois este período corresponde a dois mandatos de prefeito. Os valores de taxa de adesão foram subjetivamente escolhidos para representar a ideia de que a adesão ao programa vai aumentar no futuro, sem contudo estar baseada em nenhuma mensuração objetiva.

Tabela 3 - Parâmetros do modelo

Parâmetros do Programa Social	
Passagens concedidas por dia	2
Horizonte de Planejamento (em anos)	7
Porcentagem de uso do benefício	70%
Porcentagem de gratuidade	100%
Incluir Lactantes?	Sim
Dados Econômicos	
Valor da Tarifa Unitária (em Reais)	3,80
Taxa de Crescimento Anual da Tarifa (Real/Ano)	0,14
Taxa Base de Juros Anual	14,15%
Adesão ao Programa	
Taxa de Adesão no Primeiro Ano	80%
Taxa de Adesão no Segundo Ano	90%
Taxa de Adesão no Terceiro Ano	100%

Fonte: Elaboração própria

4.8.2 Resultados para o caso-base

A partir destes parâmetros, foram calculados as estimativas de custo para vários municípios. Os valores podem ser vistos na Tabela 4:

Tabela 4 - Resultados para o caso-base

Município	Média de Beneficiadas	Anuidade (em R\$)
Poá	263	560.570
Arujá	298	621.851
Ferraz de Vasconcelos	381	815.345
Itaquaquecetuba	470	996.837
Mogi das Cruzes	631	1.325.591
Suzano	764	1.615.107
Guarulhos	4.050	8.663.499
São Paulo	34.852	74.600.068

Fonte: Elaboração própria

Como esperado, nas cidades com populações maiores haveria um número maior de mulheres que seriam beneficiadas, portanto o custo de implementação do programa seria mais elevado.

4.8.3 Análise de Sensibilidade

As estimativas produzidas anteriormente dependem de parâmetros cuja determinação é difícil e cuja variabilidade não desprezível. Sendo assim, é importante ter uma noção quantitativa de quanto os resultados do modelo podem variar em função dos parâmetros.

Para a maioria dos parâmetros propostos, a relação entre o resultado final e uma variável específica é do tipo homogênea de grau 1, isto é, se a variável de entrada for multiplicada por um número positivo, então a variável dependente será multiplicada pelo mesmo fator. Em linguagem matemática, esta propriedade é expressa da seguinte forma:

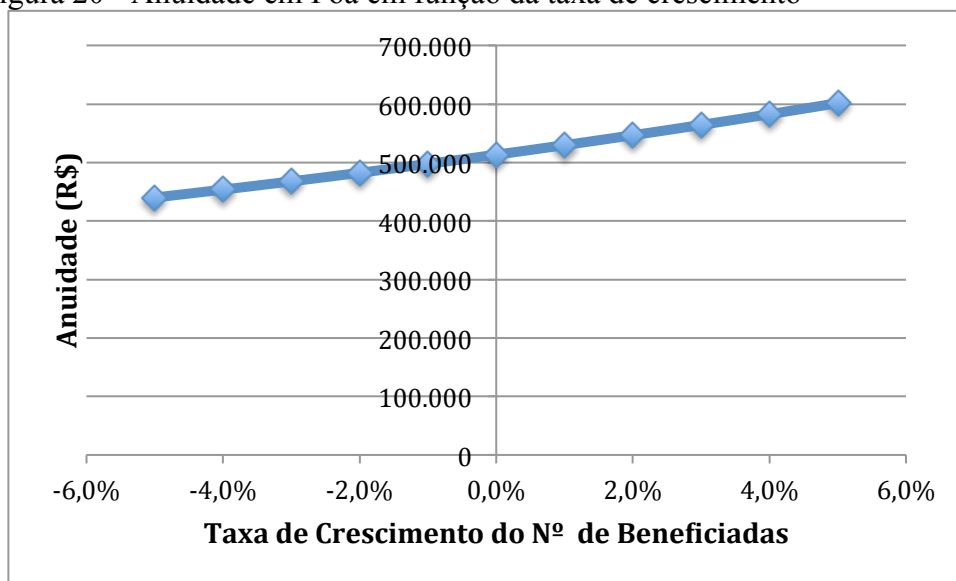
$$\forall x, \forall \alpha > 0, \quad f(\alpha x) = \alpha f(x) \quad (32)$$

A propriedade de homogeneidade facilita a análise no sentido em que o efeito das perturbações nas variáveis de entrada é evidente e imediato. Contudo, três parâmetros atuam de modo não linear nas equações do modelo: a taxa de crescimento do número de beneficiadas, a taxa de reajuste da passagem, a taxa mínima de atratividade e o horizonte de planejamento.

A Figura 20 mostra o efeito da taxa de crescimento sobre a anuidade para o município de Poá. apresentados estimativas de custo para os mesmo municípios anteriores, mas fixando a taxa de crescimento a um valor predeterminado.

A relação entre as variáveis é monótona, com crescimento médio em torno de 16.148,00 reais por ponto percentual, e convexa, com convexidade média de 597 em torno da origem. O aumento de 5% na taxa de crescimento provoca um aumento de 17,2% na anuidade, o que exemplifica a influência deste parâmetro no resultado final.

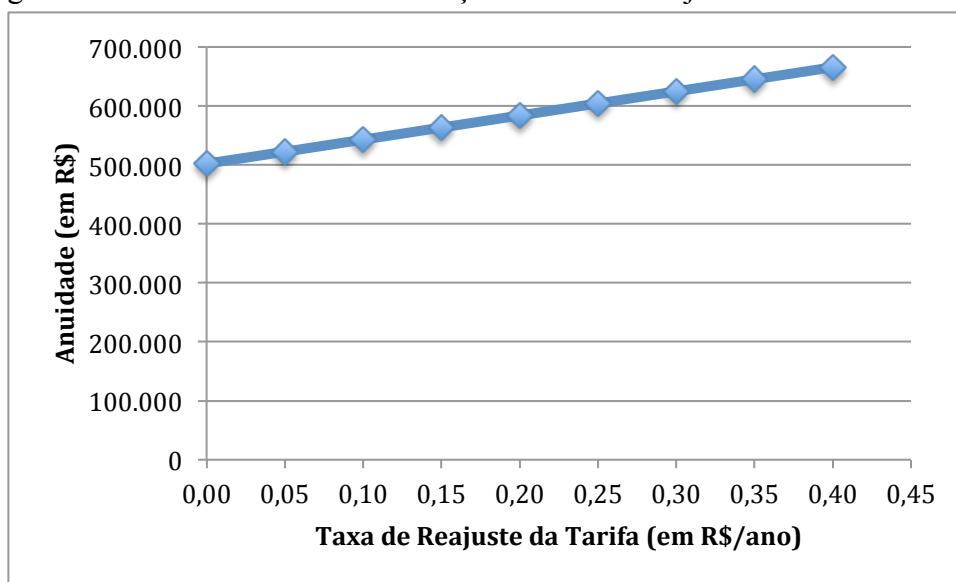
Figura 20 - Anuidade em Poá em função da taxa de crescimento



Fonte: Elaboração própria

A Figura 21 apresenta a relação entre a anuidade e a taxa de reajuste da tarifa.

Figura 21 - Anuidade em Poá em função da taxa de reajuste tarifário

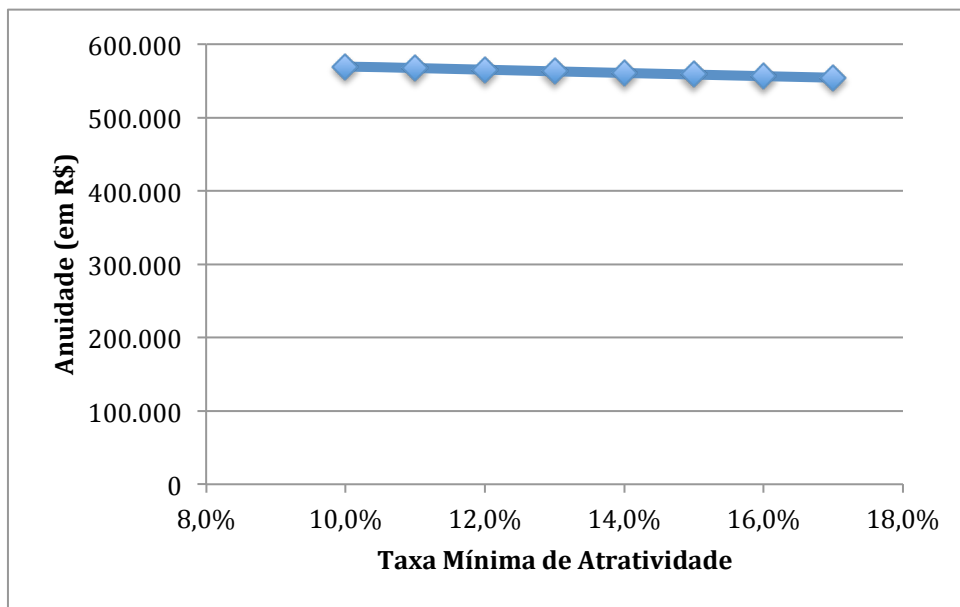


Fonte: Elaboração própria

A relação funcional entre a anuidade e a taxa de reajuste tarifário é praticamente afim, aumentado cerca de 20.470,00 reais quando se aumenta a taxa de reajuste em 0,05 R\$/ano.

A Figura 22 apresenta a relação entre a anuidade e a taxa mínima de atratividade. Apesar da taxa de desconto influenciar de maneira não linear no resultado final, a sensibilidade do resultado com relação à taxa é muito pequena, praticamente nula.

Figura 22 - Anuidade em Poá em função da taxa mínima de atratividade



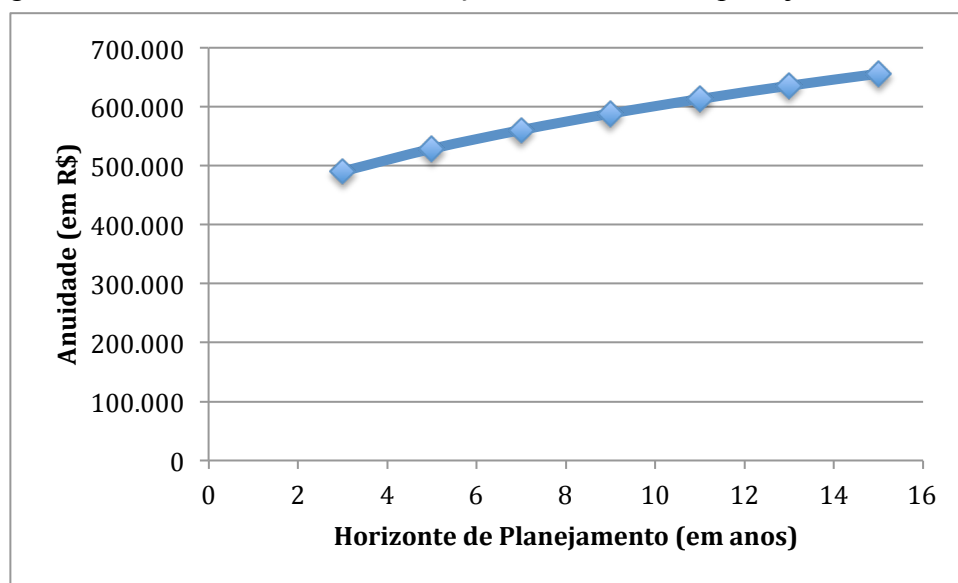
Fonte: Elaboração própria

Finalmente, a Figura 23 mostra a relação entre a anuidade e o horizonte de projeção, que é monótona e côncava. A escolha dos parâmetros realizada implica numa projeções crescentes do custo de manutenção do programa social porque o modelo estruturalmente pressupõe que tanto o número de beneficiadas quanto o custo da tarifa vão aumentar indefinidamente ao longo dos anos, aumentando assim o valor da anuidade.

Contudo, o peso do custo projetado para as datas mais distantes tem um rápido decaimento em função do valor elevado da taxa mínima de atratividade. Assim, a taxa de crescimento marginal vai diminuindo, o que explica a concavidade da função.

Vale ressaltar que a qualidade das projeções deteriora-se fortemente com o horizonte de projeção. A confiabilidade que pode ser atribuída às previsões de longo prazo é relativamente pequena, devido a toda imprevisibilidade, incerteza e complexidade inerentes dos fenômenos analisados.

Figura 23 - Anuidade em Poá em função do horizonte de planejamento



Fonte: Elaboração própria

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou apresentar métodos e técnicas estudados e abordados ao longo da formação em Engenharia de Produção para estimar o custo de um programa social que beneficiaria gestantes e lactantes com gratuidade no transporte público coletivo.

A grande questão a respeito dos benefícios tarifários no transporte público é exatamente o seu modo de financiamento. O subsídio cruzado, forma mais corrente, pode ser considerado leviano na medida em que o ônus recai sobre pessoas por vezes tão carentes quanto a categoria beneficiada. Por outro lado, o subsídio direto exige que o governo local tenha recursos suficientes conceder o benefício sem por em risco a estabilidade financeira do município.

Em ambos os modelos, é importante ter uma noção dos custos incorridos pelas gratuidades. Na literatura analisada, não foi encontrado trabalhos similares que procuraram atacar o problema estudado da perspectiva da engenharia econômica. De modo geral, o problema das gratuidades no transporte público é mais abordado do ponto de vista jurídico do que do ponto de vista da engenharia econômica.

Usando dados públicos disponíveis abertamente na rede, juntamente com técnicas de estimação estatística e modelagem em engenharia econômica, foi possível construir um modelo de custeio suficientemente flexível para levar em conta o reajuste tarifário assim como uma previsão de crescimento do número de beneficiadas. Neste sentido, o autor espera ter contribuído de alguma maneira com uma lacuna observada na área.

O modelo foi construído a pedido da Secretaria de Transportes e Mobilidade Urbana de Poá. Foram apresentados resultados referentes a cidade de Poá, mas os métodos empregados são suficientemente gerais para poder ser aplicados em outras situações.

Com este propósito, foi elaborada uma ferramenta em forma de planilha eletrônica que pode ser adotada por outros municípios que desejem realizar o estudos similares de viabilidade econômica. A planilha está disponível gratuitamente e abertamente através do DropBox, tecnologia de compartilhamento digital no sítio abaixo:

<https://www.dropbox.com/s/awbstsz9o5jd6kj/planilha-gratuidades.xlsx?dl=0>

Em especial, graças à ferramenta é possível automatizar parte do processo de coleta de dados através da integração com o sistema do DATASUS. Foram implementados métodos de estimação automática para os parâmetros de uso do modelo baseados nas experiências de uso

efetuados pelo autor. Contudo, o usuário teria flexibilidade de propor seus próprios valores e testar seus próprios cenários e hipóteses.

Por fim, procurou-se atacar a difícil questão de mensurar os benefícios sociais que seriam gerados pelo programa. Do ponto de vista de modelagem, depara-se com uma situação de incerteza, isto é, de variabilidade não quantificável, que dificulta ou até mesmo impossibilita o uso das ferramentas quantitativas usuais para uma avaliação prospectiva da proposta.

Na literatura estudada, encontrou-se métodos e técnicas para apreciação de programas sociais já existentes. Diferentes abordagens foram estudadas e testadas ao longo dos anos, variando em rigor metodológico, custo e duração.

O método de avaliação de impacto, em sua forma mais rigorosa, seria capaz de produzir evidências cientificamente sólidas para sustentar a eficiência e eficácia do programa, mas o seu custo e duração são proibitivos até mesmo em países desenvolvidos de tal forma que seria inviável aplicá-lo no contexto da maioria dos municípios brasileiro.

Contudo, as técnicas de mensuração de desempenho se mostram mais viáveis diante do nosso contexto. Neste direção, espera-se que o Modelo Lógico Básico desenvolvido ajude a explicar o modelo do funcionamento do programa e como ele traria benefício social. Através do Modelo Lógico, foram elencados alguns indicadores-chave que podem ser acompanhados pela administração pública a fim de aferir a efetividade e a eficácia do programa, caso ela venha a ser implementado.

De todo modo, não foi encontrado material relevante que permitisse mensurar prospectivamente os benefícios de um programa de gratuidades no transporte público para a sociedade. Essa difícil questão permanece em aberto, e avanços na sua resolução poderiam prover valiosas reflexões em diversas áreas, em particular na engenharia econômica no que tange a avaliação de dados irredutíveis.

Apesar destas dificuldades encontradas ao longo do caminho, o autor considera que a sua experiência foi bastante satisfatória na medida em que ele pode aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso num problema prático e de interesse público.

Por um lado, o Trabalho de Formatura fez que ele tivesse contato com áreas do conhecimento ele nunca estudara até então, como o direito administrativo, a discussão jurídica acerca das gratuidades, as técnicas de avaliação de projetos sociais, etc. Sempre é tempo para aprender, e neste sentido este trabalho foi enriquecedor.

Por outro lado, o confrontar entre a teoria acadêmica com a realidade da administração pública é chocante. Por exemplo, descobrir que a noção de valor presente, praticamente

onipresente ao longo do curso de Engenharia de Produção, era completamente desconhecida pela totalidade dos funcionários da organização onde foi realizado o trabalho, foi espantoso.

Ao mesmo tempo, este contato permitiu o amadurecimento da visão do autor a respeito da administração pública, das suas deficiências e dos problemas que ela enfrenta. Para alguém habituado somente a avaliações de cunho puramente técnico-econômico, foi enriquecedor compreender melhor a importância das considerações políticas no processo de tomada de decisão e ter tido contato mesmo que superficial com textos jurídicos.

Em tempos onde a responsabilidade fiscal tem estado bastante em voga na mídia em função dos acontecimentos políticos recentes, é importante que seja dada cada vez mais importância aos estudos de custeio e de viabilidade econômica de projetos públicos. Nesta área, os alunos politécnicos tem muito a contribuir para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. R. M.; OLIVEIRA, J. M.; JESUS, M. S.; SÁ, N. R.; SANTOS, P. A. C.; LIMA, T. C. **Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida**. *Psicologia & Sociedade*, 23(2), 574-582, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Desoneração dos custos das tarifas do transporte público urbano e de característica urbana**. Brasília, abril de 2009. Disponível em: <http://tarifazero.org/wp-content/uploads/2010/08/DesoneracaoCustosTarifasAbr_2009.pdf>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

BABOK Guide. **A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge**. International Institute of Business Analysis. Versão 2.0, 2009.

BANCO CENTRAL DO BRASIL, Série de estatísticas consolidadas. **Website Banco Central do Brasil**. Disponível em <http://www.bcb.gov.br/htms/selic/conceito_taxaselic.asp>. Acesso em 18 de outubro de 2016.

BAROUCHE, T. D. O.; BORGES, A. W. **A Mobilidade Urbana: uma análise do atual regime de financiamento do transporte público municipal**. *Juris Plenum Direito Administrativo*, n. 03, setembro 2014.

BORGES, R. C. N. **Definição de Transporte Coletivo Urbano**. Câmara dos Deputados. Brasília. 2006.

CARDOSO, C. E. P. **Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Serviço Social, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP, 2008.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE. **Website do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde**. Disponível em <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinasc/cnv/nvuf.def>>. Acesso em 8 de agosto de 2016.

GRANT, E. L.; IRESON, W. G.; LEAVENWORTH, R. S. **Principles of Engineering Economy**. 9ª ed. Nova Iorque: Wiley, 1990.

HARREL, A.; BURT, M.; HATRY, H.; ROSSMAN, S.; ROTH, J.; SABOL, W. **Evaluation Strategies for Human Services Programs: A Guide for Policymakers and Providers**. The Urban Institute. Washington, D.C. 1996. Disponível em <<http://webarchive.urban.org/publications/306619.html>>. Acesso em 29 de agosto de 2016.

HIRSHLEIFER, J. **Minimum Attractive Rate of Return for Public Investment**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 1968. Disponível em <<http://www.rand.org/pubs/papers/P3912.html>>. Acesso em 21 de agosto de 2016.

HOFFMANN, M. **Introduction aux méthodes statistiques**. França, 2013. 161 p. Livro-texto para disciplina de graduação em Estatística da École Polytechnique.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E APLICADAS. **Infraestrutura social e urbana no Brasil, subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas**. Comunicado nº 94. Brasília, 25 de maio de 2011. Disponível em: <http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/42543_Livro_InfraestruturaSocial_vol2.pdf>. Acesso em 28 de agosto de 2016.

LORENZETTI, M. S. B. **Gratuidade no Sistema de Transporte Público Coletivo de Passageiros**. Câmara dos Deputados. Brasília. 2004.

KAROLY, L. A. **Valuing Benefits in Benefit-Cost Studies of Social Programs**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2008. Disponível em <http://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR643.html>. Acesso em 21 de agosto de 2016.

KELLEHER, J.; MACCORMACK, J. **Internal Rate of Return: A Cautionary Tale**. The McKinsey Quartely. 20 de outubro de 2004. Disponível em: <<http://www.cfo.com/article.cfm/3304945>>. Acesso em 28 de agosto de 2016.

PAULA FILHO, W. P. **Engenharia de Software: fundamentos, métodos e padrões**. Segunda edição. Editora LTC. Rio de Janeiro. 2003.

POÁ. **Website da prefeitura de Poá**. Disponível em <<http://prefeituradepoa.sp.gov.br/novo/index.html>>. Acesso em 21 de agosto de 2016.

RIGOLLET, P. **High Dimensional Statistics**. Boston: MIT Editions, 2015. 181 p. Livro-texto para disciplina de pós-graduação em Estatística do MIT.

RIES, E. **The Lean Startup**. New York : Pearson, 2011.

ROZESTRATEN, R. J. A. **Psicologia do trânsito: conceitos e processos básicos**. São Paulo: EPU, 1988.

SÃO PAULO TRANSPORTES S.A. **Website da São Paulo Transportes S. A.** Disponível em <http://www.sptrans.com.br/a_sptrans/tarifas.aspx>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

SEPT, L.; NAYLOR, S.; WESTON, R. **Measuring the Impact of Social Programs: A Review of Best Practices**. Stanford Global Supply Chain Management Forum. 9 de fevereiro de 2011.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 8ª edição. São Paulo. Pearson Addison-Wesley, 2007.

URBAN INSTITUTE, CENTER FOR WHAT WORKS. **Building a Common Outcome Framework to Measure Nonprofit Performance**. Dezembro de 2006. Disponível em <<http://www.urban.org/policy-centers/cross-center-initiatives/performance-management-measurement/projects/nonprofit-organizations/projects-focused-nonprofitorganizations/outcome-indicators-project>>. Acesso em 12 de setembro de 2016.

W. K. KELLOGG FOUNDATION. **Logic Model Development Guide**. 2004. Disponível em <<https://www.wkkf.org/resource-directory/resource/2006/02/wk-kellogg-foundation-logic-model-development-guide>>. Acesso em 2 de setembro de 2016.

WELLINGTON, A. M. **The Economic Theory of the Location of Railways**. 2^a ed. New York: J. Wiley & sons, 1887.

APÊNDICE A - ILUSTRAÇÕES DA FERRAMENTA

A fim de lembrar, a ferramenta encontra-se disponível no sítio abaixo:

<<https://www.dropbox.com/s/awbstsz9o5jd6kj/planilha-gratuidades.xlsx?dl=0>>

Figura 24 - Parte superior da tela de entradas

Código Visual

- Células de Entrada de Variável. Pode ser alterada.

- Células de Saída do Sistema. Favor não alterar!

- Instruções ou comentários. Favor não alterar!

Município

Digite o Município no campo abaixo:

Poá

 *Veja a lista de todos os municípios disponíveis na aba "Dados"

Dados das Gestantes

Estimativas Automáticas

Para o município, temos as seguintes estimativas:

Nº médio de Gestantes	205
Nº médio de Lactantes*	147
Taxa Média de Crescimento (%/ano)	2,79%

Fonte: Ministério da Saúde (veja aba "Dados")
* Valor estimado pela série de Nascidos Vivos

Estimativas Personalizadas

Caso deseje, insira suas próprias estimativas abaixo:

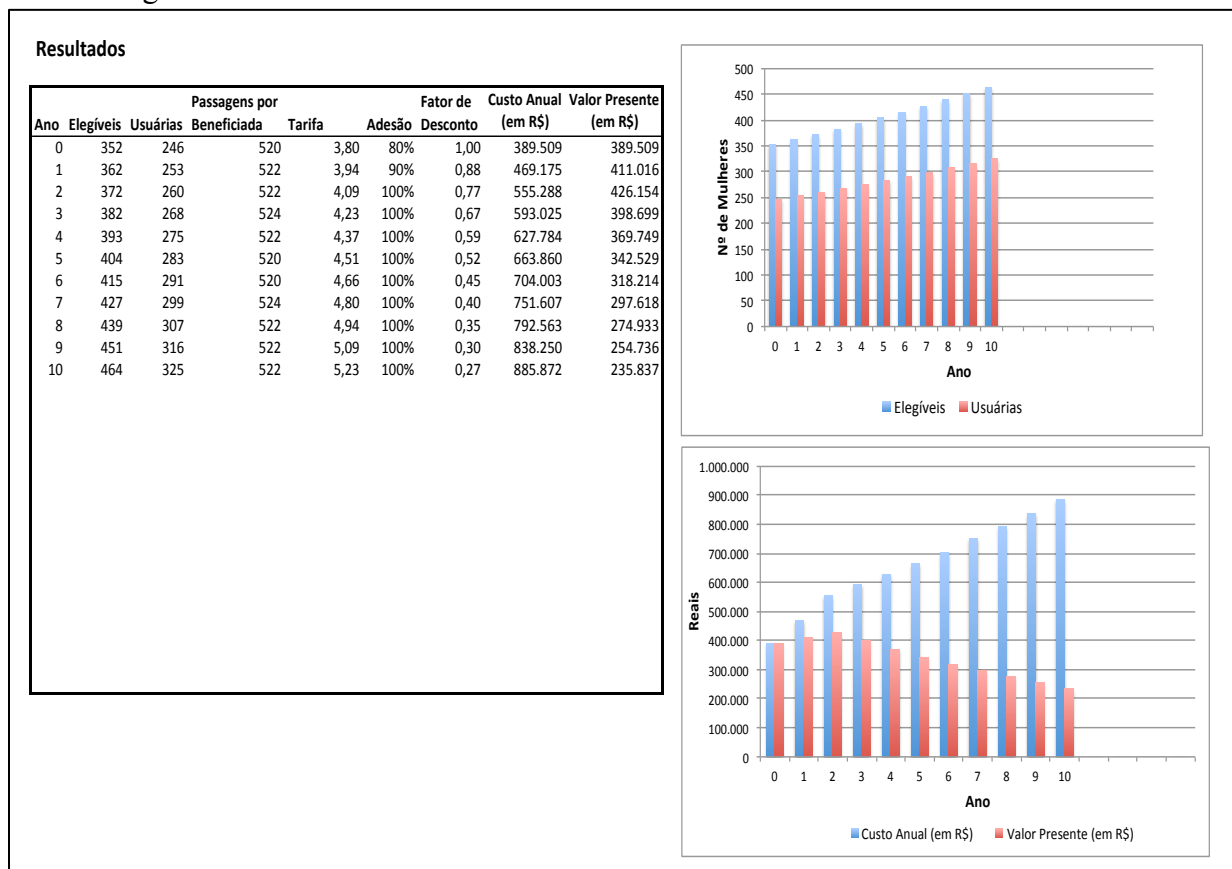
Nº médio de Gestantes	
Nº médio de Lactantes	
Taxa Média de Crescimento (%/ano)	

Caso contrário, deixe os campos que não deseja modificar em branco.

Dados de Gestantes para Poá

Fonte: Elaboração Própria

Figura 25 - Tela de resultados



Fonte: Elaboração própria

Figura 26 - Tela de dados detalhados

Município		Estimativas				
Poá		Nascidos Vivos	Gestantes	Lactantes	Total	Taxa de Crescimento
		30	205	147	352	2,79%
Lista de Municípios	Período	Nº de Nascidos Vivos	Nº de Gestantes	Nº de Lactantes*		
Adamantina	1998/Jul	0	0			
Adolfo	1998/Ago	0	0			
Aguaí	1998/Set	0	0			
Águas de Lindóia	1998/Out	0	0			
Agudos	1998/Nov	0	0	0		
Alambari	1998/Dez	0	0	0		
Alfredo Marcondes	1999/Jan	10	21	10		
Altair	1999/Fev	3	28	13		
Altinópolis	1999/Mar	6	43	19		
Alto Alegre	1999/Abr	11	43	30		
Álvares Florence	1999/Mai	13	40	43		
Álvares Machado	1999/Jun	6	35	39		
Álvaro de Carvalho	1999/Jul	10	28	46		
Alvinlândia	1999/Ago	6	35	46		
Americana	1999/Set	5	32	40		
Américo Brasiliense	1999/Out	7	41	34		
Américo de Campos	1999/Nov	6	35	34		
Amparo	1999/Dez	7	41	31		
Analândia	2000/Jan	10	40	35		
Andradina	2000/Fev	7	30	37		
Angatuba	2000/Mar	7	42	37		
Anhembi	2000/Abr	6	35	37		
Anhumas	2000/Mai	6	41	36		
Aparecida	2000/Jun	7	32	33		
Aparecida d'Oeste	2000/Jul	6	28	32		
Apiáí	2000/Ago	5	34	30		
Araçatuba	2000/Set	6	26	30		
Araçoiaba da Serra	2000/Out	3	28	27		
Aramina	2000/Nov	5	25	25		
Arandu	2000/Dez	13	50	32		
Arapeí	2001/Jan	8	45	35		
Araraquara	2001/Fev	12	47	41		
Araras	2001/Mar	12	49	50		
Arco-Íris	2001/Abr	7	49	52		
Arealva	2001/Mai	8	50	47		
Areias	2001/Jun	10	51	49		
Areiópolis	2001/Jul	11	52	48		
Ariranha	2001/Ago	4	61	40		
Artur Nogueira	2001/Set	7	63	40		
Arujá	2001/Out	6	67	38		
Aspásia	2001/Nov	4	66	32		
Assis	2001/Dez	17	58	38		
Atibaia	2002/Jan	10	57	44		
Auriflama	2002/Fev	15	65	52		
Avai	2002/Mar	14	83	60		
Avanhandava	2002/Abr	25	75	81		
Avaré	2002/Mai	9	84	73		

Fonte: Elaboração própria