

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Vinícius Zunino

**APLICAÇÃO DE PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO
PARA OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DE UMA INSTITUIÇÃO DO
TERCEIRO SETOR**

Florianópolis

2019

Vinícius Zunino

**APLICAÇÃO DE PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO PARA
OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DE UMA INSTITUIÇÃO DE TERCEIRO SETOR**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção Elétrica.
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Fernando Mayerle

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Zunino, Vinicius

Aplicação de problemas de localização-alocação para
otimização da operação de uma instituição do terceiro setor /
Vinicius Zunino ; orientador, Sérgio Fernando Mayerle, 2019.
105 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Produção Elétrica, Florianópolis,
2019.

Inclui referências.

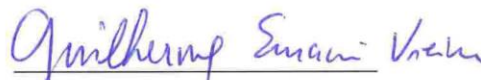
1. Engenharia de Produção Elétrica. 2. Problemas de
localização-alocação. 3. Problema de p-medianas. 4. Tomada
de decisão. 5. Terceiro setor. I. Mayerle, Sérgio
Fernando. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia de Produção Elétrica. III. Título.

Vinícius Zunino

**APLICAÇÃO DE PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO PARA
OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DE UMA INSTITUIÇÃO DE TERCEIRO SETOR**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Produção Elétrica.

Florianópolis, 14 de novembro de 2019.


Prof. Guilherme E. Veira, Dr.
Coordenador do Curso


Banca Examinadora:


Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Carlos Ernani Fries, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Ricardo Villarroel Dávalos, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos meus pais, Almir e Valéria e aos meus avós Tereza
(*in memorian*), Vendelino (*in memorian*), Águida e Osni.
Às organizações que estão tornando nosso país um lugar
mais democrático e plural.

AGRADECIMENTOS

Um trabalho de conclusão de curso não é fruto de apenas um estudante, mas de várias pessoas, organizações e movimentos que fizeram parte da vida desta pessoa. Primeiramente, agradeço aos meus pais, Almir Zunino e Valéria Petry, por terem dado todas as condições necessárias para que eu fizesse parte da pequena parcela da população brasileira a qual tem o privilégio de cursar o ensino superior – e em uma instituição pública. Agradeço ao meu irmão, Hércules Aristóteles Zunino, por todos os momentos de reflexão e descontração. Agradeço aos meus avós, Tereza Junckes Petry (*in memoriam*), Vendelino Petry (*in memoriam*), Águida Olivia Zunino e Osni Lucas Zunino, por todo o carinho e compartilhamento de histórias. Agradeço aos meus tios, Alzira Petry Peixoto e Virgílio Vieira Peixoto, bem como ao primo Mathias Petry Peixoto, por todo apoio dado neste período de construção da minha jornada universitária. Agradeço à Camila Luzia Rufino, por todo amor, carinho e apoio proporcionado nesta jornada. Agradeço à Denise Silvestrin, amiga e psicóloga nas horas vagas, por todas as reflexões e questionamentos dos meus modelos mentais. Agradeço aos meus amigos Rodolfo Ryan Beuting e Tiago Koshnick por todos os momentos de apoio e parceria desde o ensino médio. Agradeço ao professor Sérgio Fernando Mayerle, por compartilhar suas visões de mundo, aprendizados e gosto musical em todos os momentos de construção deste trabalho.

Organizações e movimentos são de suma importância para construção de valores e descobertas pessoais. Por isso, agradeço imensamente ao Movimento Empresa Júnior por me proporcionar experiências de autoconhecimento e de construção de um país mais empreendedor e justo. Agradeço a todas as pessoas que, juntas comigo, colocaram mais um tijolo na história deste movimento. Agradeço ao Politize! – Instituto de Educação Política – por me proporcionar um local onde se possa exercer meu propósito de vida e, assim, transformar a forma de fazer política no Brasil. Agradeço ao Diego Calegari Feldhaus por atuar como mentor, amigo e líder frente ao Politize!. Agradeço ao Gabriel Marmentini por estar junto na construção do maior movimento de educação política do Brasil. Agradeço à toda equipe do núcleo offline – Lucas Costa e Matheus Rosa – por aceitarem o desafio de formar cidadãos comprometidos com a democracia brasileira.

Por fim, agradeço a todos que, todos os dias, constroem a Universidade Federal de Santa Catarina e a tornam um lugar ímpar na construção de cidadãos comprometidos pela transformação do nosso país.

“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo.” (Paulo Freire, 1979)

RESUMO

As organizações do terceiro setor possuem, diferentemente de organizações do segundo setor, objetivos diferentes, na medida em que, ao invés de objetivarem o lucro, buscam impactar positivamente na sociedade atuando na solução de problemas públicos, apesar de que os custos de implementação de suas ações ainda sejam um empecilho para o alcance do seu objetivo. Com o aumento de programas de organizações da sociedade civil que visam formar redes de voluntários e aumentar a escala do seu impacto social, é comum que estas organizações se deparem com o aumento dos seus custos atrelados à operação destes programas. Para isso, analisou-se o caso do programa Embaixadores Politize!, cuja análise consistiu na elaboração de um modelo de otimização, baseado em problemas de localização-alocação e, especificamente, o problema de p-medianas, que visa minimizar o custo total do programa em alguns cenários, sendo eles: obtenção da solução ótima, comparação com decisões tomadas anteriormente, análise do aumento do custo de abertura de turmas e análise da variação do número de turmas a serem abertas. Propõe-se ainda um processo de tomada de decisão que auxilie nas principais ações a serem tomadas em programas desta natureza. Conclui-se, ao fim, que as análises dos cenários propostos podem dar suporte à estratégias de atuação diferentes daquelas imaginadas pelo planejamento inicial do programa, prover relevante economia de recursos financeiros à organização e, inclusive, podem fornecer informações importantes para repensar o processo de implementação destes programas de voluntariado.

Palavras-chave: Problemas de localização-alocação. Problema de p-medianas. Tomada de decisão. Terceiro setor.

ABSTRACT

Third sector organizations, unlike second sector organizations, have different objectives in that, rather than aiming for profit, they seek to positively impact society by solving public problems, although the costs of implementing their actions are still a hindrance to achieving your goal. With the rise of programs by civil society organizations aimed at forming volunteer networks and increasing the scale of their social impact, it is common for these organizations to face increasing costs linked to the operation of these programs. For this, we analyzed the case of the Politize! Ambassadors program, whose analysis consisted of the elaboration of an optimization model, based on location-allocation problems and, specifically, the p-medians problem, which aims to minimize the total cost of the program in some scenarios, such as: obtaining the optimal solution, comparing with previous decisions, analyzing the increase in the cost of opening classes and analyzing the variation in the number of classes to be opened. It is also proposed a decision-making process that assists in the main actions to be taken in programs of this nature. Finally, it is concluded that the analysis of the proposed scenarios may support strategies different from those imagined by the initial planning of the program, provide relevant financial savings resources to the organization, and may even provide important information to rethink the implementation process of these volunteer programs.

Keywords: Location-allocation problems. P-median problems. Decision-making. Third sector.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cidades aptas a receberem formações de voluntários.....	46
Figura 2 Cidades com voluntários aptos a participarem das formações.	47
Figura 3 Ilustração das cidades dentro de um círculo de raio de 350 km, tendo a cidade de Catanduva/SP ao centro.	48
Figura 4 Ilustração da solução ótima com capacidade mínima de 15 e máxima 45 voluntários.	53
Figura 5 Ilustração da alocação de voluntários nas formações realizadas entre março e abril de 2019.	54
Figura 6 Distribuição da solução ótima obtida com capacidade mínima de 15 pessoas e máxima de 60.	55
Figura 7 Distribuição da solução com 6 turmas e custo de abertura de turma de R\$ 2370,00.	58
Figura 8 Distribuição da solução com 4 turmas, com custo de abertura de turma de R\$ 8170,00.	58
Figura 9 Distribuição de 4 turmas, sem limite de capacidades mínima e máxima. ...	60
Figura 10 Distribuição de 4 turmas, considerando as capacidades mínima e máxima.	60
Figura 11 Distribuição das 5 turmas alocadas, considerando o cenário sem restrição de capacidade.	62
Figura 12 Distribuição de 5 turmas de voluntários, considerando as restrições de capacidade.	62
Figura 13 Distribuição de 6 turmas de voluntários, sem restrições de capacidade. ...	63
Figura 14 Distribuição de 6 turmas de voluntários, considerando capacidades mínima e máxima de 15 e 45 voluntários por turma.	64
Figura 15 Distribuição de 7 turmas, sem restrições de capacidade.	65
Figura 16 Distribuição de 7 turmas, considerando as restrições de capacidade.....	65
Figura 17 Distribuição de 8 turmas, sem restrições de capacidade.	66
Figura 18 Distribuição de 8 turmas, considerando-se as restrições de capacidade. ...	67
Figura 19 Distribuição de 9 turmas, sem considerar restrições de capacidade.	68
Figura 20 Distribuição de 9 turmas, considerando as restrições de capacidade.....	68
Figura 21 Distribuição de 10 turmas, sem restrições de capacidade.	69

Figura 22 Processo de decisão de abertura ou fechamento de formações de voluntários.

.....73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Evolução dos custos de acordo com o custo de abertura de turma adotado.	57
Gráfico 2 Evolução dos custos obtidos nas resoluções referentes ao primeiro cenário.	70
Gráfico 3 Evolução dos custos obtidos nas resoluções referentes ao segundo cenário.	71
Gráfico 4 Comparação dos custos logísticos do primeiro e segundo cenário.	71
Gráfico 5 Comparação do custo total do programa de acordo com os cenários estabelecidos.	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Apresentação dos custos de abertura de turma e seus valores	49
Quadro 2 Configuração de custo mínimo de abertura de turmas.....	50
Quadro 3 Descrição dos cenários de resolução do modelo de localização-alocação do programa Embaixadores Politize!	51
Quadro 4 Variação dos custos do programa de acordo com o custo de abertura de turma.....	56
Quadro 5 Custos de abertura de turmas, logísticos e totais de todas as configurações de turmas obtidas.....	70
Quadro 6 Relação de cidades aptas a sediarem uma turma do programa Embaixadores Politize!.....	85
Quadro 7 Relação e número de voluntários por cidade.....	86
Quadro 8 Custos de deslocamento entre cidades com voluntários e cidades aptas a receberem formações.....	87
Quadro 9 Cidades de voluntários alocados por turma na solução ótima.....	90
Quadro 10 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração adotada pela organização.....	91
Quadro 11 Cidades de voluntários alocados por turma na solução com capacidade entre 0 e 60 voluntários.....	92
Quadro 12 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 4 turmas.....	93
Quadro 13 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 6 turmas.....	94
Quadro 14 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 4 turmas, sem restrição de capacidade.....	95
Quadro 15 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 6 turmas, sem restrição de capacidade.....	96
Quadro 16 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 7 turmas, sem restrição de capacidade.....	97
Quadro 17 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 7 turmas, com restrição de capacidade.....	98

Quadro 18 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 8 turmas, sem restrição de capacidade.	99
Quadro 19 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 8 turmas, com restrição de capacidade.	100
Quadro 20 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 9 turmas, sem restrição de capacidade.	101
Quadro 21 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 9 turmas, com restrição de capacidade.	102
Quadro 22 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 10 turmas, sem restrição de capacidade.	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OSC	Organização da Sociedade Civil
ONG	Organização Não-Governamental
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	TEMA DE PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	21
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	23
1.3	OBJETIVOS.....	24
1.3.1	OBJETIVO GERAL	24
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.4	JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA.....	25
1.5	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	26
1.6	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	27
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	28
2	REVISÃO DA LITERATURA	29
2.1	HISTÓRICO DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO	29
2.2	PROBLEMAS DE P-MEDIANAS NÃO-CAPACITADOS	31
2.3	PROBLEMAS DE P-MEDIANAS CAPACITADOS	32
2.4	PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO HIERÁRQUICOS.....	33
2.5	PROBLEMAS DE P-CENTROS	35
2.6	PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO DE COBERTURA	37
2.6.1	Problemas de cobertura completa	37
2.6.2	Problemas de cobertura máxima	38
2.7	OUTROS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO.....	39
2.8	UTILIZAÇÃO DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO	40
2.9	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	41
3	ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO.....	43
3.1	MODELO PROPOSTO	43

3.2	DETERMINAÇÃO DAS CIDADES APTAS A RECEBEREM FORMAÇÕES DE VOLUNTÁRIOS.....	45
3.3	DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS.....	47
3.3.1	Custos de deslocamento	47
3.3.2	Custos de abertura de turma.....	49
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	50
4	RESOLUÇÃO DO MODELO E RESULTADOS NUMÉRICOS.....	51
4.1	DETERMINAÇÃO DOS CASOS DE ANÁLISE.....	51
4.2	AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO ÓTIMA OBTIDA PELO PROBLEMA ORIGINAL 52	
4.3	AVALIAÇÃO DA DECISÃO DE ABERTURA DE TURMAS PELA ORGANIZAÇÃO EM 2019.....	53
4.4	AVALIAÇÃO DO AUMENTO DO CUSTO DE ABERTURA DE TURMAS.....	55
4.5	AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE TURMAS	59
4.5.1	Resolução considerando a abertura de 4 turmas	59
4.5.2	Resolução considerando a abertura de 5 turmas	61
4.5.3	Resolução considerando a abertura de 6 turmas	63
4.5.4	Resolução considerando a abertura de 7 turmas	64
4.5.5	Resolução considerando a abertura de 8 turmas	66
4.5.6	Resolução considerando a abertura de 9 turmas	67
4.5.7	Resolução considerando a abertura de 10 turmas	69
4.6	PROPOSTA DE PROCESSO DE ABERTURA OU FECHAMENTO DE TURMAS 72	
4.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	74
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	77
5.1	CONCLUSÕES.....	77
5.2	RECOMENDAÇÕES	78
	REFERÊNCIAS	79

APÊNDICE A – RELAÇÃO DE CIDADES APTAS A RECEBEREM TURMAS.....	85
APÊNDICE B – RELAÇÃO DE CIDADES COM VOLUNTÁRIOS	86
APÊNDICE C – QUADRO DE CUSTOS DE DESLOCAMENTO.....	87
APÊNDICE C – QUADRO DE CUSTOS DE DESLOCAMENTO.....	88
APÊNDICE C – QUADRO DE CUSTOS DE DESLOCAMENTO.....	89
APÊNDICE D – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO ÓTIMA	90
APÊNDICE E – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA CONFIGURAÇÃO ADOTADA PELA ORGANIZAÇÃO.....	91
APÊNDICE F – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA NA SEÇÃO 4.3	92
APÊNDICE G – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA COM 4 TURMAS	93
APÊNDICE H – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA COM 6 TURMAS	94
APÊNDICE I – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (4 TURMAS).....	95
APÊNDICE J – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (6 TURMAS).....	96
APÊNDICE K – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (7 TURMAS).....	97
APÊNDICE L – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (7 TURMAS).....	98
APÊNDICE M – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (8 TURMAS).....	99
APÊNDICE N – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (8 TURMAS).....	100
APÊNDICE O – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (9 TURMAS).....	101
APÊNDICE P – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (9 TURMAS).....	102
APÊNDICE Q – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (10 TURMAS).....	103

APÊNDICE R – CÓDIGO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO EM GAMS.....	104
--	------------

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA DE PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Uma das características mais desafiadoras de instituições do terceiro setor é a falta de recursos financeiros e, com isso, possibilitar que futuros investimentos venham a ser priorizados por elas (HUDSON, 1995). Conforme o autor, organizações do terceiro setor são aquelas que possuem objetivos sociais ao invés de financeiros, são independentes do Estado e reinvestem todas as suas receitas em seus serviços ou na organização. Já o IBGE (2012), define como Organizações da Sociedade Civil (OSCs)¹, as organizações que se enquadrem nos seguintes critérios:

- a) Privadas, não integrantes, portanto, do aparelho de Estado;
- b) Sem fins lucrativos, isto é, organizações que não distribuem eventuais excedentes entre os proprietários ou diretores e que não possuem como razão primeira de existência a geração de lucros – podendo até gerais, desde que aplicados nas atividades fins;
- c) Institucionalizadas, isto é, legalmente constituídas;
- d) Auto administradas ou capazes de gerenciar suas próprias atividades;
- e
- e) Voluntárias, na medida em que podem ser constituídas livremente por qualquer grupo de pessoas, isto é, a atividade de associação ou de fundação da entidade é livremente decidida pelos sócios fundadores.

Pelo fato de possuírem objetivos relacionados às questões sociais, estas instituições possuem desafios que não são comumente encontrados em organizações públicas ou privadas, principalmente quando se trata sob o ponto de vista econômico. Assim, para buscar sua sustentabilidade financeira, Tachizawa (2007) lista algumas fontes de captação de recursos às OSCs, como doações individuais, de empresas e de fundações nacionais. Em todo caso, é necessário um bom relacionamento com todos os provedores de recursos e uma boa governança financeira dos fundos obtidos.

¹ Entende-se o termo Organizações da Sociedade Civil (OSCs) como sinônimo para o termo Organizações Não Governamentais (ONGs). Marmentini e Sell (2018) explicitam que o termo ONG, apesar de ser amplamente utilizado pela linguagem cotidiana, não é válido juridicamente, sendo o termo OSC utilizado tanto em leis e documentos jurídicos como em estudos de institutos de pesquisa, como o IBGE.

De acordo com dados de 2016 do IPEA (2018) existem no Brasil cerca de 820 mil OSCs, sendo estas responsáveis pelo emprego de quase 3 milhões de pessoas em 2015, com remuneração média de 3,2 salários mínimos. Apesar disso, apenas 17% das OSCs possuíam algum vínculo formal de emprego com seus colaboradores e 83% não o possuía (IPEA, 2018). As OSCs de maior porte são aquelas que atuam nos setores de Saúde e Educação. As instituições destes setores empregam quase 40% da mão de obra no setor, embora representem menos de 10% do universo das OSCs (IPEA, 2018).

Há uma tendência de aumento no investimento privado no setor social. Em 2016, o montante foi de R\$ 2,9 bilhões, sendo que 84% dos entrevistados no Censo GIFE 2016 afirmaram investir no setor de educação (GIFE, 2017). Com o aumento do investimento de setores privados em setores sociais, têm-se uma janela de oportunidade de desenvolvimento das OSCs e, com isso, aumentar o seu impacto social. Cabe ressaltar também a possibilidade de investimento do setor público em OSCs. Por conta da atual crise econômica, o valor real repassado às OSCs tem diminuído. Em 2001, o percentual do orçamento geral da União repassado foi de 0,71%, enquanto que em 2017 foi repassado 0,35% (IPEA, 2018). Apesar da queda de repasse, os gestores federais, em 2014, relataram que os principais motivos para o setor público atuar em parceria com OSCs é o seu conhecimento especializado, sua capilaridade de atuação e aumento de legitimidade da política pública frente a grupos ou causas específicas (IPEA, 2014).

Vê-se, com o exposto, grande relevância na atuação das organizações do terceiro setor em questões sociais. Ademais, o crescente aumento de investimento privado em setores sociais faz com que estas instituições tenham que adotar políticas que tornem seus trabalhos mais transparentes (TONDOLO et al., 2015). Junto à preocupação, inerente ao setor, de otimizar o uso de seus recursos, traz-se à tona a necessidade de se adotar processos de apoio à tomada de decisão mais estruturados.

De acordo com a ABEPRO (2019) (Associação Brasileira de Engenharia de Produção), compete à Engenharia de Produção “o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos de bens e serviços [...] e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática [...] e ciências humanas e sociais”. Dentro das áreas de atuação da ABEPRO, a Pesquisa Operacional utiliza modelos matemáticos para resolução de problemas reais que envolvam tomada de decisão (ABEPRO, 2019). Assim, aplicam-se restrições

inerentes aos problemas, sejam quantitativas e, possivelmente, subjetivas, para resolução de problemas os quais necessita-se maximizar determinado resultado com tais restrições.

Desta forma, o presente trabalho propõe a aplicação de métodos de Pesquisa Operacional, especificamente a utilização dos conhecimentos de análise espacial e modelos de localização-alocação, para estudar o caso de um programa de voluntariado de uma organização sem fins lucrativos de Florianópolis/SC. Tal programa propõe a realização de turmas de formação de voluntários, acarretando em custos operacionais de abertura desta, bem como custos de transporte de participantes até o local das formações. Este programa pode ser caracterizado como um problema de localização-alocação capacitado e, com ele, propor-se-á uma nova distribuição de turmas do programa ótima ou possivelmente melhor à estabelecida pela organização. Desta forma, analisar-se-á a economia potencial à organização e será elaborado um processo de tomada de decisão de abertura ou fechamento de turmas.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O Politize! é uma organização sem fins lucrativos, lançada em 2015 e localizada em Florianópolis/SC, que atua no setor de educação, especificamente com educação política. Sem vinculações político partidárias, a organização já alcançou, por meio do seu portal na internet, mais de 26 milhões de usuários e cerca de 3 milhões de acessos por mês. Com as eleições nacionais que ocorreram no Brasil em 2018, a organização lançou o programa Embaixadores Politize!, uma iniciativa que, anualmente, atua na formação de voluntários presencialmente para que estes, ao retornarem às suas cidades, desenvolvam atividades e ações de conscientização política.

O programa possui 3 etapas: inscrição e seleção, formação e atuação. Na etapa de inscrição e seleção é realizada a determinação, pela própria organização, das cidades as quais receberão turmas de formação de novos voluntários. Com isso, há a inscrição de pessoas de todo o país e, ao término das inscrições, faz-se a seleção dos candidatos mais qualificados a desenvolverem atividades de educação política. No ato da inscrição os candidatos já escolhem em qual cidade pretendem realizar a formação. Com isso, deslocam-se até as respectivas cidades e participam da turma de formação de Embaixadores, concluindo-se a segunda etapa.

Por fim, estes voluntários retornam à sua cidade de origem e desenvolvem atividades e ações de educação política e cidadã em escolas, igrejas e quaisquer outras organizações.

Em sua primeira edição, em 2018, o programa formou 164 jovens, por meio de 7 turmas, as quais ocorreram nas cidades de Florianópolis/SC (2 vezes), São Paulo/SP, Recife/PE, Belo Horizonte/BH, Vitória/ES e Brasília/DF. Estes voluntários alcançaram presencialmente, por meio de suas ações, 21.164 pessoas, tendo realizado 494 atividades. Os voluntários eram originários de 64 cidades diferentes, havendo, portanto, a necessidade de se deslocarem até as cidades as quais sediariam as turmas para serem formados. Esta edição foi realizada com o menor custo logístico possível, não provendo ajuda de custo de deslocamento aos participantes.

Na sua segunda edição, realizada em 2019, a instituição conquistou aporte financeiro para realizar 5 turmas de Embaixadores, tendo a própria instituição escolhido realizá-las nas cidades de São Paulo/SP, Salvador/BA, Manaus/AM, Curitiba/PR e Brasília/DF. 158 jovens participaram das formações, sendo eles originários de 89 municípios diferentes. Todos os voluntários, formados entre janeiro de 2018 e setembro de 2019, alcançaram 37.030 pessoas, em 114 cidades, por meio de 868 atividades. Nesta edição, o programa proveu, pela primeira vez, ajuda de custo de deslocamento a 64 participantes, aumentando em 800% o custo de execução do programa em relação à edição anterior.

Desta forma, analisando o caso apresentado pela organização sem fins lucrativos Politize! e todo o contexto acerca do terceiro setor, busca-se responder à pergunta: Como é possível formar o todos os voluntários aptos a participarem da turmas do programa, com o menor custo possível e, assim, estabelecer um processo de tomada de decisão de abertura de turmas mais transparente?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar, utilizando modelos de localização-alocação, um método de suporte à tomada de decisão à abertura ou fechamento de turmas de formações de voluntários do programa em questão.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos para alcance o objetivo geral:

- a) Apresentar os problemas de análise espacial e modelos de localização-alocação;
- b) Resolver o problema de localização-alocação capacitado proposto para o problema em questão;
- c) Avaliar a economia de recursos financeiros obtida com a nova distribuição de turmas de voluntários em relação à inicialmente proposta pela organização;
- d) Propor um método de tomada de decisão para abertura e/ou fechamento de turmas do programa proposto.

1.4 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA

Analisando-se as áreas da Engenharia de Produção definidas pela ABEPRO (2019), este trabalho se enquadra na área de “Pesquisa Operacional”, sendo ela dividida em sete subáreas:

- I) Modelagem, Simulação e Otimização;
- II) Programação Matemática;
- III) Processos Decisórios;
- IV) Processos Estocásticos;
- V) Teoria dos Jogos;
- VI) Análise de Demanda;
- VII) Inteligência Computacional.

Desta forma, este trabalho utilizará conceitos das três primeiras áreas listadas.

Pode-se justificar sua relevância em três quesitos:

- 1) O terceiro setor brasileiro tem-se profissionalizado nos últimos anos, em comparação com outros países em desenvolvimento (SALAMON; ANHEIER, 1997). Tendo relevante atuação no tocante à promoção de políticas públicas de grande cobertura territorial, a aplicação de métodos de análise espacial pode ser uma ferramenta estratégica às organizações do terceiro setor. Pode-se trazer como

exemplo a atuação da igreja católica na construção de escolas e hospitais, bem como na atenção à população mais carente (SALAMON; ANHEIER, 1997);

- 2) Há pouca ou nenhuma mensuração do trabalho voluntário em alguns países. Desta forma, é comum que boa parte das instituições sem fins lucrativos não tenham em mãos os resultados providos por seus voluntários, bem como suas regiões de atuação (SALAMON, 2010). Além disso, vê-se alguns programas de voluntariado surgindo no país, como o programa *Embaixadores Choice 2.0*, *Fellows Social Good Brasil* e *Embaixadores Politize!*. Pretende-se, por meio deste trabalho, mostrar uma aplicação de métodos de análise espacial em um programa de formação de voluntários e, com isso, inspirar outras aplicações dos métodos aqui utilizados no terceiro setor;
- 3) Marmentini e Sell (2018), ao analisarem a gestão de conhecimento em organizações do terceiro setor, trazem à tona o fato de muitas instituições de terceiro setor não verem aplicabilidade de ferramentas usuais no segundo setor em suas realidades. Desta forma, cabe a este trabalho aplicar um método matemático típico da Engenharia de Produção com ampla aplicação no primeiro e no segundo setor, em um estudo de caso do terceiro setor.

1.5 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

“O que leva uma pessoa a pesquisar é a existência de um problema” (SALOMON, 2004, p. 154). Dado o problema exposto, faz-se necessário caracterizar o presente trabalho de pesquisa metodologicamente. Portanto, este trabalho consiste em pesquisa aplicada, ou seja, aquela à qual se destina a aplicar teorias, leis ou modelos em um dado contexto ou realidade (SALOMON, 2004). Neste caso, conforme descrito, aplicar-se-á a teoria de localização-alocação, juntamente com técnicas de otimização e programação linear, para resolver e discutir o problema relacionado ao programa de formação de voluntários em questão, dentro do contexto do terceiro setor.

Quanto ao tipo da pesquisa, pode-se enquadrá-la como pesquisa descritiva, a qual, de acordo com Salomon (2004, p. 160), é “aplicada à solução de problemas, começa pelo processo de informação sobre: as condições atuais; as necessidades; como alcançá-las”. Dentro da modalidade de pesquisa descritiva, também se enquadra como um estudo de caso, o qual, conforme traz Triviños (1987, p133; *apud* LAKATOS; MARCONI 2007, p.274), analisa

profundamente o problema ou objeto de estudo. Lakatos e Marconi (2007) trazem como motivos para aplicar-se o estudo de caso a possibilidade de representação de questões, características e fenômenos intrínsecos ao objeto de estudo, apesar de este ser limitado, já que se concentra em apenas um caso específico.

Por fim, esta pesquisa terá um caráter quantitativo, tendo em vista a utilização de modelos quantitativos sob a abordagem da pesquisa operacional e a resolução de um problema de gestão real (NETO; PUREZA, 2012, p. 169). Neto e Pureza (2012) também classificam as metodologias quantitativas em seis grupos: pesquisa axiomática quantitativa, pesquisa axiomática normativa, pesquisa axiomática descritiva, pesquisa empírica quantitativa, pesquisa empírica descritiva e pesquisa empírica normativa. Não cabe aqui descrever cada um dos tipos, porém, vale ressaltar que, dentro desta classificação, este trabalho enquadra-se como pesquisa empírica normativa, a qual consiste em elaborar modelos de otimização ou programação matemática para que, de acordo com o seu resultado, deem suporte à tomada de decisão (NETO; PUREZA, 2012, p.183).

1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho se propõe à resolução de um problema de localização-alocação capacitado e, com isso, propor um método de tomada de decisão de abertura ou fechamento de turmas de formação de voluntários. Sendo assim, serão apresentados os tipos de problemas de análise espacial, como os de p-medianas, p-centros e suas derivações. Ater-se-á, porém, à resolução de problemas do tipo capacitados e não-capacitados, comparando os resultados obtidos. O objetivo será restrito à redução do custo total do programa, tendo em vista a clara demanda de otimização de fundos inerente ao terceiro setor.

Além disso, o trabalho ater-se-á a propor um processo de tomada de decisão baseado em problemas de localização-alocação. Não será elaborado, no entanto, um sistema de apoio à decisão.

Para resolução do problema relacionado ao programa de formação de voluntários, serão utilizados dados do próprio programa, como localização dos participantes, localização das turmas e localização potencial de novas turmas. Para mensuração dos custos de

deslocamento, buscar-se-á um valor médio de acordo com pesquisas em buscadores de passagens, não sendo utilizados outros modelos de custo de deslocamento.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Estruturou-se este trabalho em 5 capítulos, sendo eles introdução, revisão da literatura, estruturação do problema de localização-alocação, resolução do modelo e resultados numéricos e conclusões e recomendações.

No segundo capítulo buscou-se apresentar o histórico dos problemas de localização-alocação, suas classificações e exemplos de cada um dos tipos listados. Para cada um dos exemplos de problemas de localização-alocação apresentados, buscou-se contextualizar suas aplicações e objetivos, bem como sua formulação matemática. Ao fim, discute-se a utilização destes modelos no auxílio à tomada de decisão de gestores.

No terceiro capítulo elabora-se o modelo a ser resolvido para o problema de pesquisa apresentado. Este capítulo é composto pela apresentação da formulação matemática do modelo, o método utilizado para determinação dos conjuntos de cidades aptas a receber formações bem como as cidades as quais abrigam voluntários. Por fim, explana-se o método de determinação dos valores da matriz de custos de deslocamento, bem como a determinação dos custos de abertura de turma.

No quarto capítulo explana-se os cenários de resolução do modelo, bem como apresenta-se os resultados obtidos em cada um deles. Os resultados obtidos relacionam-se à solução ótima obtida pelo problema original, avaliação da configuração de turmas proposta pela organização no ano de 2019, avaliação do aumento do custo de abertura de turmas e avaliação da variação do número de turmas a serem abertas. Finda-se o capítulo com a construção do método de tomada de decisão baseado nos modelos de localização-alocação. Por fim, o quinto capítulo destaca as principais conclusões obtidas com este trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HISTÓRICO DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO

Um dos pioneiros a elaborar um problema de localização-alocação foi Alfred Weber, ao tentar estabelecer o melhor local para produção entre fornecedores de matéria-prima e o mercado consumidor. Seu trabalho foi encontrar a localização que minimizasse o custo total de transporte de produto acabados, desenvolvendo o sistema o qual chamou de “*isodapanes*”. Porém, o próprio reconheceu o quão limitado era seu método para resolver o problema inicialmente proposto (GHOSH; RUSHTON, 1987, p. 1). Assim, por quase 50 anos o desenvolvimento dos problemas de localização-alocação ficou estagnado, até que nos anos 1960, diversos pesquisadores trouxeram novas abordagens para solucionar o problema proposto por Weber. Desde então, as abordagens do problema de localização-alocação se desenvolveram drasticamente (GHOSH; RUSHTON, 1987).

Com o aumento dos pontos de suprimento, Cooper (1963) elaborou o problema de p -medianas, o qual prevê a implantação de p instalações de suprimento tal que se diminua a distância agregada total até estes destinos conhecidos. De acordo com Cooper (1963), o número de alocações possíveis é dado por:

$$S(n,m) = \frac{1}{m!} \sum_{k=0}^m \binom{m}{k} (-1)^k (m-k)^n \quad (2.1)$$

Onde:

n – Número de destinos conhecidos;

m – Número de centros de suprimento;

Com a expressão acima, é observável que quanto maior o “ n ”, maior o número de soluções possíveis. Por sua natureza combinatória, conseguir a solução ótima do problema de p -medianas é relativamente difícil. Vale lembrar que o problema inicialmente proposto por Cooper (1963) não possui restrições de capacidade para os centros de suprimento e os custos unitários de envio são independentes dos custos do centro de suprimentos.

Em seu artigo, Cooper (1963) deduz um algoritmo para solução do problema de p -medianas proposto. Com o decorrer dos anos, outras técnicas foram desenvolvidas, como heurísticas e novos algoritmos. Pode-se exemplificar o algoritmo *Greedy* (Kuehn; Hamburger, 1963 *apud* GHOSH; RUSHTON 1987, p.3) e o *Interchange*, proposto por Teitz e Bart (1968, *apud* GHOSH; RUSHTON 1987, p.3). Na época, pouco se utilizava a programação linear devido ao grande número de variáveis de decisão e ao número de restrições necessárias para que se pudesse estabelecer o problema proposto (GHOSH; RUSHTON, 1987).

Hoje, os problemas de localização-alocação são usados para variados fins, tendo, assim, surgido várias ramificações do problema. Primeiramente, Galvão (1981, *apud* HÖRNER, 2009, p.19) classifica os problemas de localização em contínuos, ou seja, a instalação pode-se ocorrer em qualquer ponto do plano de acordo com um sistema métrico específico, ou em redes, cujas soluções encontram-se em pontos das redes e as distâncias são medidas ao longo de arcos que une. Os problemas de localização-alocação em redes ainda podem ser classificados em três categorias: p -medianas, p -centros e de cobertura de conjunto (LARSON; ODONI; 1981 *apud* HÖRNER, 2009, p. 19).

O problema de p -medianas visa minimizar as distâncias totais até n pontos de demanda, podendo trazer como exemplo o clássico caso proposto por Weber (BEAUMONT, 1987). Também surgiram problemas visando escolher a melhor disposição de instalações com objetivo de aumentar a demanda total, de forma que os clientes não precisem se deslocar mais do que uma distância determinada (BEAUMONT, 1987). Além disso, foram desenvolvidos os problemas de p -medianas hierárquicos, os quais visam diminuir os custos totais do sistema, sendo utilizados em situações a quais existem hierarquia de instituições e estas prestam serviços complementares entre si, com demandas distintas (é o caso do dimensionamento de serviços públicos, como instituições de educação e saúde) (BEAUMONT, 1987). Outra vertente dos problemas de localização-alocação são os problemas de p -centros, os quais visam diminuir, com a abertura p -instalações, a distância a cada cliente. Apesar da sutil diferença frente aos problemas de p -medianas, os problemas de p -centros possuem notória aplicação a serviços de saúde e segurança pública (HAKIMI, 1964).

O último tipo de problema de localização-alocação é o de cobertura de conjunto. Problemas deste tipo visam determinar a melhor localização de instalações e, ao mesmo tempo, cobrir todos os pontos de demanda a determinada distância.

Ressalta-se, por fim, a complexidade de solução dos problemas de localização-alocação. Garey & Johnson (1990, *apud* (DANTRAKUL; LIKASIRI; PONGVUTHITHUM,

2014, p.3597) classificam o problema como *NP-difícil*, com tempo de solução não-polinomial. Ou seja, suas soluções são de ordem exponencial ou fatorial, acarretando em grande complexidade de resolução e, conseqüentemente, grande tempo para solucioná-lo. Assim, dependendo do problema a ser formulado, faz-se necessário o uso de heurísticas para sua solução.

2.2 PROBLEMAS DE P-MEDIANAS NÃO-CAPACITADOS

Os problemas do tipo p-medianas não-capacitados têm como objetivo minimizar o deslocamento total, considerando que as instalações a serem alocadas não possuem restrição de capacidade. De qualquer forma, pode-se trazer como exemplo de problema de p-medianas não-capacitado ilustrado por Weber, em 1929. Beaumont (1987) traz a formulação deste problema como segue, em espaço contínuo:

$$\text{Min } C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p O_i \lambda_{ij} c_{ij} \quad (2.2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^p \lambda_{ij} = 1 \quad (2.3)$$

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} 1 & i=1, \dots, n \\ 0 & j=1, \dots, p \end{cases} \quad (2.4)$$

Onde O_i é a quantidade demandada no local i com coordenadas (x_i, y_i) ; λ_{ij} é uma variável binária que vale 1 se o ponto de demanda i foi atribuído à instalação j ; e c_{ij} é a distância euclidiana do ponto de demanda i ao ponto de instalação j , sendo c_{ij} determinado como:

$$c_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2.5)$$

Outras variações do modelo podem ser encontradas na literatura. Por exemplo, Harris e Tanner (1974, apud BEAUMONT, 1987, p. 35) propuseram um modelo de interação da demanda em relação à distância ao centro locado. Desta forma, a função objetivo visa maximizar a demanda de acordo com o modelo por eles proposto. Pizzolato, Raupp e Alzamora (2012) trazem ainda a aplicação do problema de p-medianas não capacitado com os custos fixos atrelados à função objetivo, minimizando, assim, as distâncias totais e o custo fixo correspondente à abertura de novas instalações.

2.3 PROBLEMAS DE P-MEDIANAS CAPACITADOS

Assim como os problemas do tipo p-medianas não-capacitados, estes problemas visam minimizar a soma total das distâncias de p instalações até n pontos de demanda, considerando, porém, que as instalações possuem uma capacidade máxima.

Como forma de ilustrar o problema de p-mediana capacitado, traz-se o modelo formulado por Moghadam et al. (2014). No caso em estudo, havia o objetivo de encontrar p locações para um mini-shop dentro de 100 possíveis locações, com objetivo de a distância total entre pontos de demanda e as alocações ser mínima. Junto com a minimização da distância aos pontos de demanda, o modelo prevê a minimização da distância total às instalações de 20 fornecedores. O modelo formulado, o qual se baseou em redes, foi o seguinte:

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^K c_k d_{jk} + \sum_{j=1}^J f_j y_j + C \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J D_i d_{ij} x_{ij} \quad (2.6)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} = 1; \forall i \quad (2.7)$$

$$\sum_{i=1}^I D_i x_{ij} \leq Q_j y_j \forall i, \forall j \quad (2.8)$$

$$\sum_{j=1}^J y_j = p \quad (2.9)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \forall i, \forall j \quad (2.10)$$

$$y_j = \{0,1\}, \forall j \quad (2.11)$$

$$x_{ij} = \{0,1\}, \forall i, \forall j \quad (2.12)$$

Sendo:

- i o i -ésimo ponto de demanda;
- j o j -ésima instalação se for atribuída na mediana ou não;
- k o k -ésimo fornecedor a ser atribuído à mediana j , com $k = 1 \dots k$;
- d_{ij} é a distância do ponto de demanda i à instalação na mediana j ;
- d_{jk} é a distância do fornecedor k à instalação na mediana j ;
- f_j é o custo fixo da instalação j ;
- c_k é o custo de deslocamento por metro do fornecedor k ;
- D_i é a demanda no ponto i ;
- C é o custo de traslado de uma unidade de demanda por unidade de distância;
- Q_j é a capacidade de cada j -ésima instalação aberta;
- y_j é variável de decisão sendo 1 se a instalação for locada ou 0 caso contrário;
- x_{ij} é variável de decisão sendo 1 caso a demanda i seja alocada na instalação j ou 0 caso contrário.

Sendo assim, a restrição 2.7 garante que toda demanda será alocada em uma e somente uma mediana; a restrição 2.8 garante que a demanda a ser atendida não ultrapassará a capacidade da instalação; a restrição 2.9 garante que serão atribuídas p instalações às medianas candidatas; a restrição 2.10 garante que apenas haverá alocação de demanda caso haja uma instalação aberta e as restrições 2.11 e 2.12 atribuem o caráter binário às variáveis de decisão. Para solucionar este problema, os autores utilizaram a meta-heurística do algoritmo genético.

2.4 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO HIERÁRQUICOS

Teixeira e Antunes (2008), ao aplicarem o modelo discreto de p -medianas hierárquico para definir a localização de escolas primárias em Coimbra, explicam que os problemas de localização-alocação são modelados considerando s -níveis de instalações $s=(1, 2, \dots, ns)$ os quais visam atender a determinados níveis de demanda $1, \dots, s$, sendo muito utilizados no

planejamento de serviços públicos. Em seu trabalho, combinaram restrições de capacidades mínimas e máximas com restrições de alocação, sendo preferidas alocações mais próximas ou de caminho. Assim, classificaram seu trabalho como modelos de Medianas Hierárquicos Capacitados e o formularam como:

Seja:

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} d_{ij} u_{is} x_{ijs} \quad (2.13)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} x_{ijs} = 1, \forall i \in I, s \in S \quad (2.14)$$

$$x_{ijs} \leq \sum_{t \in S | t \geq s} y_{jt}, \forall i \in I, s \in S \quad (2.15)$$

$$\sum_{t \in S | t \geq s} z_{jst} = \sum_{i \in I} u_{is} x_{ijs}, \forall j \in J, t \in S \quad (2.16)$$

$$\sum_{s \in S | s \leq t} z_{jst} \geq b_{jt} y_{jt}, \forall j \in J, t \in S \quad (2.17)$$

$$\sum_{s \in S | s \leq t} z_{jst} \leq B_{jt} y_{jt}, \forall j \in J, t \in S \quad (2.18)$$

$$\sum_{k \in J | d_{ik} \leq d_{ij}} x_{iks} \geq y_{jt}, \forall i \in I, j \in J, s \in S, \forall t \in S | t \geq S \quad (2.19)$$

$$\sum_{j \in J \setminus J_s^0} y_{js} \leq p_s, \forall s \in S \quad (2.20)$$

$$\sum_{j \in J_s^0} y_{js} \geq |J_s^0| - q_s, \forall s \in S \quad (2.21)$$

$$x_{ijs} = 0, \forall i \in I, j \in J, s \in S | d_{ij} > D_s \quad (2.22)$$

$$x_{ijs} \in \{0,1\}, y_{js} \in \{0,1\}, z_{jst} \geq 0, \forall i \in I, j \in J, s \in S, t \in S \quad (2.23)$$

Sendo:

- $S = \{1, \dots, ns\}$ são os níveis de demanda e os tipos correspondentes de instalações;
- u_{is} é a demanda de nível s no centro i ;
- d_{ij} é a menor distância do centro i à instalação j ;

- B_{js} e b_{js} são as capacidades máximas e mínimas da instalação de tipo s no espaço j ;
- J_s^0 é o conjunto de locais os quais existem instalações tipo s ;
- p_s é o número máximo de instalações tipo s a serem abertas;
- q_s é o número máximo de instalações tipo s a serem fechadas;
- D_s é a máxima distância dos usuários à instalação para a demanda de tipo s ;

As variáveis de decisão são:

- x_{ijs} é a fração de demanda do nível s do centro i suprida pela instalação locada no local j ;
- y_{js} vale 1 se a instalação de tipo s for locada no local j , caso contrário, valerá zero;
- z_{jst} é a capacidade ocupada pela demanda de nível s na instalação de nível t localizada em j .

A restrição 2.14 garante que as demandas de todos os níveis, de todos os centros, serão satisfeitas; a restrição 2.15 garante que um dado nível de demanda só será atendido por uma instalação de nível igual ou maior; a restrição 2.16 define a variável de capacidade z_{jst} , fazendo com que a demanda de cada nível atribuído ao local será servido por uma instalação de nível igual ou maior; as restrições 2.17 e 2.18 impõem as capacidades mínimas e máximas, respectivamente, de acordo com o tipo de instalação; a restrição 2.19 garante que cada nível de demanda seja suprido por uma instalação de nível igual ou superior; restrições 2.20 e 2.21 limitam o número de instalações a serem abertas e fechadas; a restrição 2.22 limita a distância máxima entre centros de demanda e instalações e a restrição 2.23 define as variáveis de decisão.

Cabe ressaltar o número de restrições em relação ao problema de p -medianas capacitado. Com o problema formulado da forma listada acima, os autores relataram que tiveram problemas para solucioná-lo devido à restrição 2.19, não encontrando soluções viáveis ao problema. Em artigo, portanto, descrevem a reformulação desta restrição para, assim, encontrar uma solução plausível. Também vale ressaltar a versatilidade dos problemas de localização-alocação, tendo em vista que foram adicionadas restrições que melhor adequavam a situação real às necessidades do sistema escolar de Coimbra.

2.5 PROBLEMAS DE P-CENTROS

Os problemas de p-centros foram inicialmente caracterizados por Hakimi (1964). Hakimi (1964) propôs o problema de p-centros trazendo à tona a questão das redes telefônicas, com o objetivo de encontrar a localização dos centros de comutação onde o maior comprimento de fio seja o mínimo possível. Neste caso, fica claro que o objetivo não é diminuir os custos, ou a distância total a ser percorrida pelos, mas sim diminuir a distância máxima das instalações até os locais onde se encontra a demanda. Pizzolato, Raupp e Alzamora (2012) ainda atribuem uma característica aos problemas de p-centros o fato de o número de instalações ser fixo, enquanto isso não se observa, necessariamente, nos problemas de p-medianas.

Junior e Santos (2010) aplicaram o problema de p-centros para estabelecer a localização ótima de instalações para combate ao caso de epidemia de dengue que ocorreu em Salvador (BA). A resolução deste problema se deu utilizando programação inteira, por meio do algoritmo de *branch-and-bound* e, com isso, obtendo a solução ótima. O modelo proposto foi o seguinte:

$$\text{Min } z = d_{\text{máx}} \quad (2.24)$$

Sujeito a:

$$d_{\text{máx}} \geq x_{ij}d_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2.25)$$

$$\sum_j^n x_{jj} = p \quad (2.26)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2.27)$$

$$x_{ij} \in \{1,0\}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2.28)$$

Sendo:

- d_{ij} é a distância entre os nós i e j ;
- x_{ij} é a variável de decisão binária, sendo 1 se a instalação i for localizada no nó j ou 0, caso contrário;
- p é um número inteiro e positivo de instalações as quais se desejam localizar;
- m e n são os números de nós do problema considerado.

Desta forma, a função objetivo minimiza a distância máxima até o ponto de demanda; a restrição 2.25 impõe que a distância máxima seja maior ou igual a todas as outras distâncias do problema; a restrição 2.26 garante que sejam localizadas um número fixo de instalações; a

restrição 2.27 garante que seja localizada uma instalação apenas se o nó for uma mediana e a restrição 2.28 atribui caráter binário às variáveis de decisão.

2.6 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO DE COBERTURA

Pizzolato, Raupp e Alzamora (2012) classificam os problemas de localização-alocação do tipo cobertura em duas categorias: os de cobertura completa e os de cobertura máxima.

2.6.1 Problemas de cobertura completa

Para os problemas de cobertura completa, o objetivo é determinar o menor número de instalações possível para cobrir uma determinada área por completo. Ye, Ye e Chuang (2011) aplicaram este problema para reorganizar o sistema de coleta de lixo em Taiwan. Para isto, propuseram dois objetivos. O primeiro, por meio do problema de cobertura completa, consiste em determinar o menor número de centros de reciclagem responsáveis por processar o resíduo dos centros de coleta. O segundo propõe minimizar a distância entre os centros de reciclagem e os depósitos de coleta fazendo uso do problema de p-medianas.

A resolução se deu por duas etapas, sendo a primeira determinar o número de centros de coleta (usando a abordagem de p-medianas) e a segunda em determinar para quais centros de reciclagem os centros de depósito levariam seu material (pela abordagem de cobertura completa). Para ilustrar o problema de cobertura completa, será descrita aqui a segunda etapa do modelo proposto. O modelo proposto é:

$$\text{Min } P = \sum_{i \in I} \sum_{j \in N_i} Y_j \quad (2.29)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} Y_j \geq 1, \forall i \in I \quad (2.30)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in N_i} Y_j \leq n \quad (2.31)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in N_i} Y_j \geq 1 \quad (2.32)$$

$$Y_j \in \{0,1\} \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.33)$$

Sendo:

- $N_i = \{j | d_{ij} \leq L_{up}, \forall j \in J\}$
- d_{ij} a distância entre o i -ésimo depósito de coleta e o j -ésimo centro de reciclagem;
- L_{up} o limite superior de distância de cobertura de cada centro de reciclagem;
- n o número de nós candidatos a centros de reciclagem;
- m o número de depósitos de coleta;
- Y_j a variável de decisão;

A restrição 2.30 garante que cada centro depósito i tenha apenas um centro de reciclagem dentro da área de cobertura N_i ; as restrições 2.31 e 2.32 especificam os limites superiores e inferiores de centros de reciclagem disponíveis e a restrição 2.33 atribui o caráter binário à variável de decisão.

2.6.2 Problemas de cobertura máxima

Ao contrário do problema anterior, os problemas de cobertura máxima visam, a partir de um número pré-fixado de instalações, maximizar a sua cobertura.

Shariff, Moin e Omar (2012) adaptaram o problema de cobertura máxima adicionando as restrições de capacidade das instalações ao realizarem a análise da máxima cobertura do sistema pública de saúde em um dos distritos da Malásia. Desta forma, puderam comparar a máxima cobertura provida pelo sistema com a cobertura divulgada por outras fontes. O modelo desenvolvido é o seguinte:

$$Max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} a_i x_{ij} \quad (2.34)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_j \leq p \quad (2.35)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (2.36)$$

$$\sum_{i \in I} a_i x_{ij} \leq y_j K_j, \forall j \in J \quad (2.37)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\} \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.38)$$

Sendo:

- I o conjunto de todos os nós de demanda;
- J o conjunto de todos os locais de instalações;
- a_i é o volume de demanda no nó i ;
- K_j é a capacidade de trabalho para a instalação no local j ;
- p é o número de instalações a serem localizadas;
- S é a distância máxima servida;
- d_{ij} é a distância de viagem do nó de demanda i à instalação j .

E as variáveis de decisão:

- c_{ij} assume valor 1 se $d_{ij} \leq S$, ou 0 caso contrário;
- x_{ij} assume valor 1 se a demanda no nó i for servida pela instalação j ou 0, caso contrário;
- y_j assume valor 1 se a instalação está situada em j ou 0 caso contrário.

Desta forma, a função objetivo maximiza a demanda a ser atendida pelo sistema dentro da área de cobertura S ; a restrição 2.35 restringe o número de instalações para não mais que p instalações; a restrição 2.36 garante que toda a demanda será atribuída a uma instalação aberta; a restrição 2.37 trata da capacidade de atendimento das instalações e a restrição 2.38 atribui o caráter binário às variáveis de decisão.

2.7 OUTROS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO

Pizzolato, Raupp e Alzamora (2012) ainda discutem o problema de localização-alocação de *hubs*. Com aplicação em sistemas aéreos, computacionais, logísticos, entre outros, os sistemas de *hubs* são construídos sob a arquitetura *hub-and-spoke* (eixo-raio), a qual consiste em haver um centro de concentração com posterior redirecionamento do conteúdo a ser trabalhado (GESTEIRA NETO, 2017). Desta forma, os problemas de localização de hubs possuem um papel importante dentro dos inúmeros tipos de problemas de localização-alocação.

Desta forma, encontra-se na literatura problemas de *p-hubs* não capacitados, como o trabalho desenvolvido por Nematian e Musavi (2016). Gesteira Neto (2017) também traz outras derivações dos problemas de *p-hubs*, podendo-se exemplificar o problema de cobertura de *hubs*, o problema de centros *p-hubs* e o problema de alocação de *hubs* com custos fixos.

Um grande número de variações dos problemas de localização-alocação é encontrado na literatura, haja visto que a cada nova restrição cuja inserção seja necessária no problema de *p*-medianas, surgem novas classificações e possíveis novas abordagens ao problema proposto. Por exemplo, o problema de Shariff, Moin e Omar (2012), aqui discutido, inseriu a restrição de capacidade ao problema de cobertura máxima. Desta forma, os autores o classificam como Problema de Localização de Máxima Cobertura Capacitado (CMCLP). Da mesma forma, Teixeira e Antunes (2008) formularam o modelo de mediana hierárquico capacitado (HCM), adicionando-se a restrição de capacidade das instalações ao problema de *p*-medianas hierárquico.

Por fim, cabe citar que, apesar da difícil solução dos problemas de localização-alocação por serem considerados NP-difícil, verificou-se certa versatilidade em formulá-los. Destaca-se a possibilidade de os problemas terem múltiplos objetivos, como é o caso apresentado por Goodchild e Noronha (1987) ao analisarem a localização ótima de postos de combustíveis, o qual visava maximizar a demanda residente e a demanda de tráfego. Também cabe registrar o caso de Bischoff e Dächert (2009), que implementaram um modelo de localização-alocação para múltiplos tipos de instalações e objetivos genéricos.

2.8 UTILIZAÇÃO DOS PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO

Determinar a localização de uma instalação envolve, em muitos casos, realizar investimentos esperando-se, assim, retorno de alguma grandeza. Conforme discutido nas últimas seções, os problemas de localização-alocação possuem notória aplicação na minimização de custos ou maximização de retorno financeiro ou qualquer outra grandeza relevante à organização. Desta forma, encontrar os resultados ótimos (ou próximos à otimalidade) pode fornecer informações importantes na tomada de decisão de localização de algum tipo de instalação.

Armstrong et al. (1991) utilizaram os modelos de localização-alocação para propor um sistema de apoio à decisão para um sistema de entregas. Desta forma, propuseram uma

abordagem a qual o tomador de decisão possa analisar os critérios relevantes às localizações de instalações bem como atribuir restrições importantes ao modelo. Ghosh e Rushton (1987) abordam também a aplicação dos modelos de localização-alocação para avaliar decisões tomadas anteriormente, e também para modelar problemas conforme os objetivos dos tomadores de decisão. Tewari e Jena (1987) utilizaram os modelos, inclusive, para influenciar os tomadores de decisão do Departamento de Educação da Índia, visando demonstrar a necessidade de abertura de novas escolas na zona rural indiana.

Os problemas de localização-alocação ainda possuem notória aplicação na compreensão da má alocação de serviços públicos e, com isso, ser uma boa ferramenta de tomada de decisão para os responsáveis pelo planejamento de políticas públicas do governo (FREDRIKSSON, 2017). Fredriksson (2017) utilizou os sistemas de localização e alocação para propor uma métrica para “medir” a efetividade do acesso aos serviços públicos, de acordo com a sua localização. Desta forma, discute-se que a métrica aumente a transparência do serviço provido pelo setor público, uma vez que ela traduz um valor que pode ser reproduzível e quantificável, além de ser de fácil compreensão ao público.

Em resumo, destacam-se, na literatura, as abordagens de apoio à tomada de decisão utilizando os problemas de localização-alocação com os seguintes objetivos: modelar problemas para analisar possibilidades futuras alocações futuras, avaliar a efetividade de decisões tomadas anteriormente e influenciar tomadores de decisão. Desta forma, estes problemas podem ser úteis analisar possíveis cenários de localização de instalações e, com isso, adotar estratégias diferentes na solução de problemas.

2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou as possibilidades de variação dos modelos de localização-alocação, bem como ilustrou os diversos cenários de solução para estes problemas. Vê-se, por fim, que a aplicação destes modelos podem ser úteis na tomada de decisão das organizações, tornando visível futuras configurações de instalações ou comparando decisões tomadas anteriormente com a solução obtida pelos modelos matemáticos.

O próximo capítulo destinar-se-á a apresentar a formulação matemática do modelo de solução para o problema de pesquisa, bem como o método de determinação dos custos relacionados ao modelo.

3 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO

Este capítulo destinar-se-á discutir o desenvolvimento do modelo de otimização proposto ao programa Embaixadores Politize! Para isso, seguiu-se os seguintes passos:

- 1) Elaboração da função objetivo;
- 2) Determinação das cidades aptas a receber uma turma de formação de voluntários;
- 3) Análise das cidades as quais possuíam voluntários;
- 4) Busca dos valores de deslocamento entre o conjunto de cidades do item 1 e o conjunto de cidades do item 2;
- 5) Determinação do custo fixo de abertura de turma;
- 6) Implementação computacional do modelo de otimização.

Para a resolução do problema utilizou-se os dados da edição de 2019 do programa Embaixadores Politize! disponibilizados pela própria organização. Todas as imagens aqui expostas foram desenvolvidas pelo próprio autor, por meio do programa Google Earth Pro®.

3.1 MODELO PROPOSTO

Visando o desenvolvimento da função objetivo do custo de realização das turmas, fez-se o levantamento dos custos de deslocamento dos voluntários das suas cidades de residência até as cidades aptas a receber turmas, análise de todos os custos envolvidos na abertura e realização da turma bem como custos inerentes ao suporte aos facilitadores da turma (membros remunerados do Politize! que são responsáveis por guiar as atividades da formação de Embaixadores bem como repassar todo o conteúdo proposto pela organização).

Para que sejam abertas, as turmas devem possuir, no mínimo, 15 participantes, sendo este número determinado pela própria organização. O número máximo de participantes por turma, apesar de variar do local de realização de cada formação, foi estipulado em 45 participantes. Cabe ressaltar que, dependendo das circunstâncias de realização de cada turma, a organização pode tomar a liberdade de alterar estes limites, seja para mais ou para menos participantes. Por fim, é imprescindível que todos os voluntários sejam alocados em alguma turma de formação. Com isso, o modelo de otimização proposto é o seguinte:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^J CF_j y_j + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J D_i c_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^J N_f c_{kj} y_j \quad (3.1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} = D_i \quad \forall i, \forall j \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^I D_i x_{ij} \leq Q_{max} y_j \quad \forall i, \forall j \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^I D_i x_{ij} \geq Q_{min} y_j \quad \forall i, \forall j \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1}^J y_j = p \quad (3.5)$$

Sendo:

- J o conjunto de todas as cidades aptas a receberem uma turma de Embaixadores Politize!;
- I o conjunto de todas as cidades as quais possuem voluntários aptos a participarem das turmas do programa;
- c_{ij} o custo de deslocamento de uma cidade do conjunto I à cidade do conjunto J ;
- k corresponde à cidade de Florianópolis/SC, pertencente ao conjunto I ;
- D_i a demanda de participantes nas cidades pertencentes ao conjunto I ;
- N_f o número de facilitadores responsáveis por se deslocarem de Florianópolis/SC às cidades pertencentes ao conjunto J ;
- CF_j o custo de abertura de turma na cidade pertencente ao conjunto J ;
- p o número inteiro de turmas a serem abertas;
- x_{ij} a variável inteira que indica o número de voluntários presentes nas cidades do conjunto I alocados na turma a ser realizada nas cidades do conjunto J ;
- y_j a variável inteira que indica quantas turmas serão abertas nas cidades pertencentes ao conjunto J ;

- $Q_{máx}$ e $Q_{mín}$ os números máximos e mínimos, respectivamente, de voluntários a serem alocados nas turmas.

Desta forma, a restrição 3.2 garante que toda a demanda será alocada em alguma turma, as restrições 3.2 e 3.3 garantem o cumprimento das capacidades máximas e mínimas em cada turma e a restrição 3.5 garante que serão abertas, exatamente, p turmas. A primeira parcela da função objetivo destina-se a compor o custo fixo de abertura de turma, a segunda parcela relaciona a demanda nas cidades e seu custo de deslocamento e a terceira está relacionada com o custo de deslocamento dos formadores das turmas de Florianópolis/SC a qualquer outra cidade que tenha formações.

Observando as restrições do problema, pode-se classificá-lo como um problema de localização-alocação do tipo p -medianas capacitado. Para sua implementação computacional, houve a necessidade da construção do custo fixo de abertura de turma, da determinação das cidades aptas a receberem turmas e das cidades com residência de voluntários e construção da matriz de custos de deslocamento.

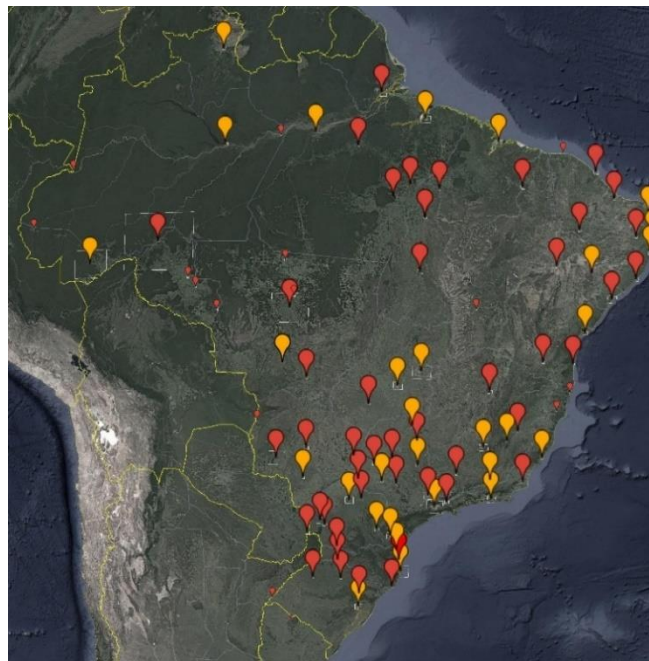
3.2 DETERMINAÇÃO DAS CIDADES APTAS A RECEBEREM FORMAÇÕES DE VOLUNTÁRIOS

Considera-se cidade apta a receber uma formação do programa Embaixadores Politize! qualquer cidade a qual possua uma estrutura aeroportuária que receba voos comerciais recorrentes. Para isso, buscou-se as cidades atendidas pelas companhias Azul Linhas Aéreas Brasileiras® e LATAM Airlines Brasil®. Destas, selecionou-se todas as quais se encontravam em um raio de 350 quilômetros de qualquer cidade a qual possuía algum voluntário apto a participar das formações. Além disso, como todas as formações devem ocorrer aos finais de semana, cidades as quais não recebiam voos comerciais às sextas-feiras e às segundas-feiras também foram excluídas do conjunto de possíveis locais a sediarem uma formação de voluntários do programa. Desta forma, o conjunto totaliza 76 cidades aptas a sediarem uma turma, em todas as unidades federativas do Brasil. A relação de cidades aptas a receberem formações está no apêndice A e indicadas com os marcadores maiores na Figura 1. As cidades com a cor laranja representam as cidades que estão aptas a receberem turmas e possuem

voluntários. Já as cidades na cor vermelha representam apenas as cidades com condições de receberem formações de voluntários e não possuem voluntários já residentes.

As cidades as quais possuem voluntários aptos a participarem das formações foram obtidas pelo próprio banco de dados do Politize! Os voluntários aptos a participar das formações estão presentes em 89 cidades, de 24 estados brasileiros e no Distrito Federal. A lista do número de voluntários aptos a participar da formação, por cidade, está presente no apêndice B e estão ilustradas na Figura 2. No caso da edição de 2019, o programa não selecionou voluntários dos estados do Piauí e Sergipe.

Figura 1 Cidades aptas a receberem formações de voluntários.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 2 Cidades com voluntários aptos a participarem das formações.



Fonte: o Autor (2019).

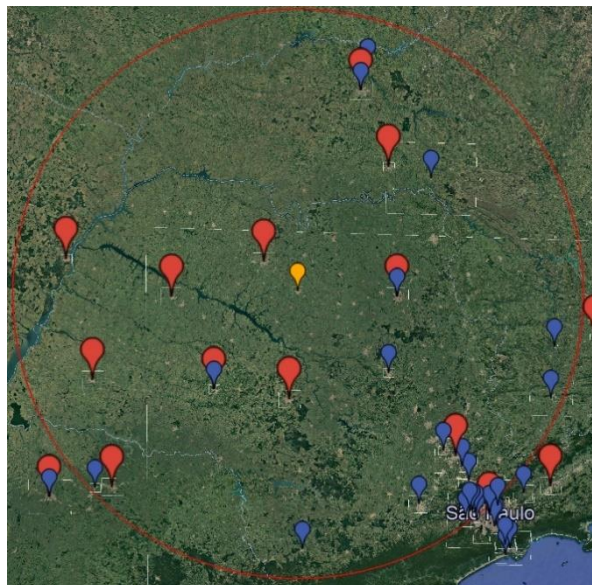
3.3 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS

3.3.1 Custos de deslocamento

A matriz de custos de deslocamento é composta por 89 colunas, as quais representam as 89 cidades que possuem voluntários aptos a participarem das formações e 76 linhas, as quais representam as cidades aptas a receberem as formações. O custo foi determinado com base em pesquisa na Internet em sites de venda de passagens aéreas e de passagens de ônibus. Para realizar a viagem de ônibus, adotou-se que o voluntário não deveria se deslocar além de um círculo de raio de 350 quilômetros. Desta forma, cidades aptas a receberem turmas que se encontrassem dentro deste círculo seriam contempladas pelo custeio de passagem de ônibus. Cidades fora deste círculo seriam contempladas com passagens aéreas. Para voluntários residentes em cidades sem infraestrutura aeroportuária realizou-se o orçamento da passagem de ônibus até a cidade mais próxima que possuísse aeroporto e, posteriormente, somou-se com o custo da passagem aérea.

A Figura 3 ilustra, para o caso da cidade de Catanduva/SP, o procedimento adotado para determinar quais trajetos seriam contemplados com passagem de ônibus e quais teriam passagem aérea. Neste caso, vê-se a cidade de Catanduva/SP ao centro (em ícone laranja) e, dentro do círculo e com ícone vermelho, as cidades as quais o voluntário da cidade deve se deslocar de ônibus. Para o deslocamento de Catanduva/SP às outras cidades externas ao círculo vermelho, orçou-se o custo de deslocamento de ônibus até o aeroporto de São José do Rio Preto/SP e, assim, adicionou-se o custo de passagem aérea saindo deste aeroporto aos demais.

Figura 3 Ilustração das cidades dentro de um círculo de raio de 350 km, tendo a cidade de Catanduva/SP ao centro.



Fonte: o Autor (2019).

Para orçamento do valor das passagens aéreas utilizou-se, entre os dias 15 de agosto de 2019 e 15 de setembro de 2019, o buscador KAYAK®. A fim de diminuir o efeito da volatilidade do preço das passagens aéreas, adotou-se as seguintes medidas:

- 1) Foi adotado como custo de deslocamento o valor da passagem aérea mais barata dentre todas as encontradas pelo buscador;
- 2) Para todas as passagens, buscou-se o valor de ida e volta nas datas de 10 e 13 de janeiro de 2020, 7 e 10 de fevereiro de 2020, 13 e 16 de março de 2020, 10 e 13 de abril de 2020 e 8 e 11 de maio de 2020.

O custo final do deslocamento aérea adotado foi, portanto, a média entre as passagens mais baratas nas datas citadas. Parte do Quadro de custos utilizado no modelo encontra-se no apêndice C.

3.3.2 Custos de abertura de turma

Para possibilitar a realização de uma formação de voluntários, a organização estabelece como gastos padrões de todas as turmas os seguintes itens:

- a) Custo de aluguel de espaço para realização das atividades durante um final de semana;
- b) Custo de compra de material para realização das atividades;
- c) Custo de alimentação dos formadores das turmas;
- d) Custo de hospedagem de duas pernoites dos formadores;
- e) Custo de deslocamento interno dos formadores na cidade da formação.

O Quadro 1 expõe os custos que são considerados e seu valor de orçamento, determinando, assim, o custo fixo de abertura de turma. Todos os custos consideram a ida de 3 formadores às cidades de realização de turmas.

Quadro 1 Apresentação dos custos de abertura de turma e seus valores

Item de custo	Valor unitário (R\$)	Unidades	Total (R\$)
Materiais para atividades	400,00	1,00	400,00
Aluguel do espaço	1.500,00	1,00	1.500,00
Alimentação dos formadores	90,00	9,00	810,00
Deslocamento na cidade	260,00	1,00	260,00
Hospedagem dos formadores	150,00	6,00	900,00
		TOTAL	3.870,00

Fonte: o Autor (2019).

É comum que a organização firme parcerias para realização das turmas de forma que alguns destes custos sejam abatidos em troca de divulgação. Por exemplo, para a realização das formações de voluntários em 2019, conseguiu-se local gratuito em 3 dos 5 locais de realização de turmas. Neste caso, pode-se diminuir o custo de abertura de turma e promover maior economia de recursos financeiros. O menor custo possível de abertura de turma ocorre,

portanto, quando se consegue zerar o custo de alocação de espaço físico. Com isso, a configuração deste custo é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 Configuração de custo mínimo de abertura de turmas.

Item de custo	Valor unitário (R\$)	Unidades	Total (R\$)
Materiais para atividades	400,00	1,00	400,00
Aluguel do espaço	-	-	-
Alimentação dos formadores	90,00	9,00	810,00
Deslocamento na cidade	260,00	1,00	260,00
Hospedagem dos formadores	150,00	6,00	900,00
		TOTAL	2.370,00

Fonte: o Autor (2019).

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo buscou explicar a forma de construção do modelo matemático, bem como as etapas de determinação dos custos de deslocamento e abertura de turma. Os custos de deslocamento foram obtidos com base em pesquisas em sites especializados em passagens aéreas e de ônibus. Já no caso dos custos relacionados à abertura de turmas, foram utilizados os custos já mapeados pela organização

A resolução do modelo apresentado nas seções anteriores foi possibilitada mediante implementação computacional utilizando-se da linguagem GAMS®. O problema foi submetido ao servidor NEOS, desenvolvido pela Universidade de Wiscosin, utilizando-se do solucionador Gurobi®. Os resultados obtidos pela resolução do modelo, por meio do solucionador, foram ótimos em todas as resoluções. Seus resultados serão apresentados no próximo capítulo.

4 RESOLUÇÃO DO MODELO E RESULTADOS NUMÉRICOS

4.1 DETERMINAÇÃO DOS CASOS DE ANÁLISE

Apesar de a organização do programa possuir clareza das restrições de capacidade de turmas e dos custos de implementação de novas formações, o fato de o programa Embaixadores Politize! ser relativamente novo incentiva os gestores e os tomadores de decisão a testarem novos processos no programa e novas formas de realização das turmas.

Por exemplo, a capacidade máxima em 2018, por turma, foi de 45 pessoas, enquanto em 2019 foram realizadas turmas com 60 pessoas e com 15. Ou ainda, na edição de 2019, mudanças na agenda da formação implicaram na aquisição de novos materiais e parcerias institucionais abateram o custo de alocação de local para as formações. Desta forma, pode-se dizer que existem vários cenários de custos para realização de formações de voluntários.

Para isso, propôs-se a resolução do modelo descrito no capítulo 3 visando diferentes análises, sendo estas obtidas pela alteração dos parâmetros relacionados às restrições 3.3, 3.4 e 3.5. As análises, as restrições e os parâmetros alterados e o objetivo da resolução em cada análise estão descritos no Quadro 3.

Quadro 3 Descrição dos cenários de resolução do modelo de localização-alocação do programa Embaixadores Politize!

(continua)

Análise	Restrições envolvidas	Objetivo
Avaliação da solução ótima pelo problema original	Utilização das restrições 3.3 e 3.4; Retirada da restrição 3.5.	Obter a solução ótima obtida pelo problema proposto inicialmente
Avaliação da decisão de abertura de turmas em 2019	Utilização de todas as restrições, sendo alterada a capacidade máxima.	Comparar o custo da solução realizada em 2019 com o custo da solução ótima encontrada.
Avaliação do aumento do custo de abertura de turmas	Utilização das restrições 3.3 e 3.4; Retirada da restrição 3.5; Variação no custo de abertura de turma.	Avaliar o impacto no número de turmas a serem realizadas de acordo com o aumento do custo fixo de abertura de turmas no programa.

(conclusão)

Análise	Restrições envolvidas	Objetivo
Avaliação da variação do número de turmas.	Utilização de todas as restrições, sendo alterado o número de turmas a serem abertas.	Priorizar a abertura de novas turmas de acordo com as soluções ótimas obtidas, bem como analisando seu impacto nos custos do programa.

Fonte: o Autor (2019).

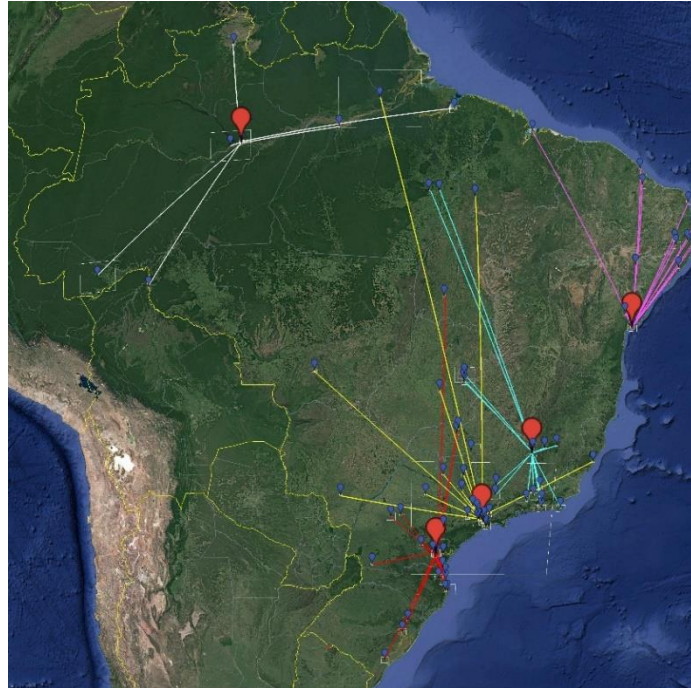
4.2 AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO ÓTIMA OBTIDA PELO PROBLEMA ORIGINAL

O problema inicialmente proposto para solução é aquele cujo modelo apresenta as restrições de capacidade mínima (Q_{min}) e máxima (Q_{max}) de 15 e 45 participantes, respectivamente. No entanto, o modelo a ser resolvido não apresenta número fixo de turmas a serem abertas e, portanto, a restrição 3.5 não foi utilizada. Em sua resolução, considerou-se o custo de abertura de turma de R\$ 3.870,00.

A solução previu a abertura de 5 turmas, sendo elas nas cidades de Curitiba/PR, Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP, Salvador/BA e Manaus/AM. O custo de total de abertura de turmas foi de R\$ 19.350,00 e o custo logístico (soma de todos os custos de deslocamento de voluntários até as turmas e dos facilitadores) foi de R\$ 45.361,64. Logo, a solução apresentou um custo total de R\$ 64.711,64. Cabe destacar a alocação do voluntário de Laranjal do Jari/AP na turma de São Paulo/SP. De fato, ao se pesquisar as passagens aéreas, averiguou-se a ausência de voos diretos do estado do Amapá ao Amazonas e, com isso, obrigando a realização de escalas em Belém/PA e Brasília/DF. Desta forma, torna-se vantajoso alocar a demanda na turma de São Paulo/SP em relação à Manaus/AM. Comportamentos semelhantes podem ser observados nas demandas de Parauapebas/PA, Eldorado dos Carajás/PA e Tocantinópolis/TO, bem como em resoluções subsequentes.

No apêndice D constam as cidades de voluntários alocadas em cada turma e a Figura 4 ilustra a alocação dos voluntários e suas respectivas cidades.

Figura 4 Ilustração da solução ótima com capacidade mínima de 15 e máxima 45 voluntários.



Fonte: o Autor (2019).

4.3 AVALIAÇÃO DA DECISÃO DE ABERTURA DE TURMAS PELA ORGANIZAÇÃO EM 2019

Durante os meses de março e abril de 2019, a organização realizou 5 turmas de formações de voluntários nas cidades de Brasília/DF, São Paulo/SP, Salvador/BA, Curitiba/PR e Manaus/AM. Não houve um critério bem definido de escolha destas cidades e, inclusive, qualquer voluntário de qualquer cidade poderia escolher deslocar-se a qualquer turma. Por exemplo, um voluntário que estava em Guajará-Mirim/RO decidiu comparecer na formação de Salvador/BA, embora sua cidade original seja Belo Horizonte/MG.

Embora a organização não tenha provido ajuda de custo a todos os voluntários inscritos no programa, calculou-se o custo total do programa utilizando a base de dados desenvolvida na seção 3.3, obtendo, assim, o custo logístico total e o custo de abertura de turmas. Além disso, para as turmas de 2019, como já mencionado, foram alocados 60 voluntários na turma de São Paulo/SP, diferentemente da capacidade utilizada no problema da seção 4.2. Desta forma, com a alocação de voluntários e as turmas implementadas pelo Politize!

em 2019, obteve-se um custo logístico total de R\$ 52.333,80 e um custo de abertura de turmas de R\$ 19.350,00, totalizando um custo total de R\$ 71.683,80. A alocação de voluntários nas turmas está especificada no apêndice E e ilustrada na Figura 5.

Figura 5 Ilustração da alocação de voluntários nas formações realizadas entre março e abril de 2019.

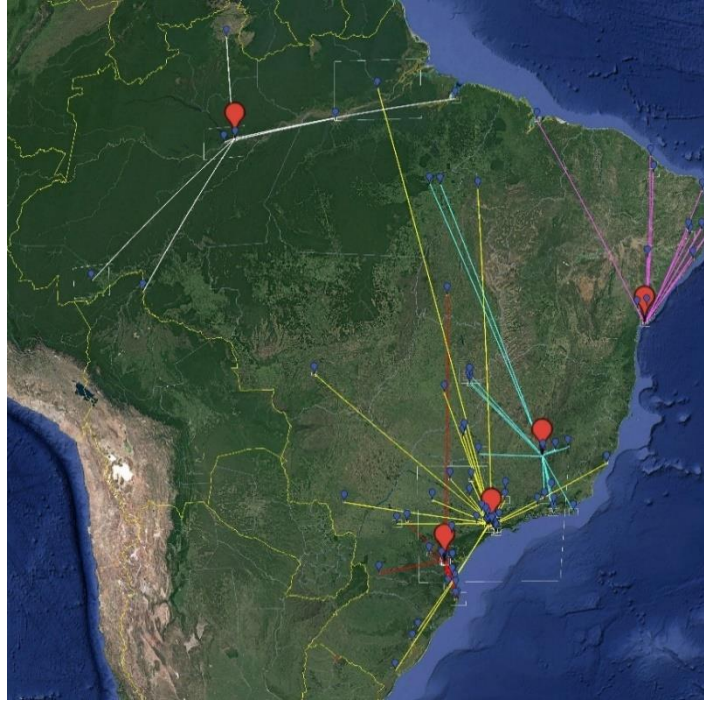


Fonte: o Autor (2019).

Buscando construir as mesmas condições estabelecidas nas turmas elaboradas pelo Politize!, buscou-se, aqui, encontrar a solução ótima para realização de 5 turmas, com capacidade mínima de 15 pessoas e máxima de 60. Desta forma, o modelo determinou a realização de turmas em Curitiba/PR, São Paulo/SP, Belo Horizonte/MG, Salvador/BA e Manaus/AM. Neste caso, foram alocados 56 voluntários na turma de São Paulo/SP, 4 a menos em relação à configuração de turmas realizada pela organização.

Esta configuração de turmas obteve um custo logístico de R\$ 44.707,44 e um custo de abertura de turmas de R\$ 19.350,00, totalizando R\$ 64.057,44. Esta configuração representaria uma economia de R\$ 7.626,36, advinda da realização da turma de Belo Horizonte/MG ao invés de Brasília/DF e da mudança de alocação de alguns voluntários em relação à configuração realizada pelo programa. Além disso, o fato de a restrição 3.3 possuir um valor maior em relação à solução do item 4.2 possibilitou uma solução com um custo R\$ 654,20 a menos. A relação de alocação de voluntários e suas cidades está no apêndice F e a solução obtida está ilustrada na Figura 6.

Figura 6 Distribuição da solução ótima obtida com capacidade mínima de 15 pessoas e máxima de 60.



Fonte: o Autor (2019).

4.4 AVALIAÇÃO DO AUMENTO DO CUSTO DE ABERTURA DE TURMAS

Com a necessidade de otimizar cada vez mais a utilização dos recursos financeiros e potencializar os resultados de seus programas, é comum que as organizações sociais firmem parcerias tanto institucionais como financeiras. No caso da realização do programa Embaixadores Politize! é costumeira a realização de parcerias para abater custos do próprio programa. Um deles é o espaço físico necessário para realização da formação. Contudo, é importante salientar que o programa se encontra em fase de desenvolvimento e a tendência é que novas experiências e ações sejam desenvolvidas nas formações, aumentando seu custo de realização.

Desta forma, esta sessão se destina a analisar o impacto do aumento do custo fixo de formação no número de turmas viáveis a serem realizadas. Para isso, iniciou-se as resoluções considerando o custo fixo de realização de turma de R\$ 2.370,00. Após esta solução, foi-se

acrescentando R\$ 100,00 ao custo de abertura de turma e verificando a quantidade de formações realizadas e mudanças no custo logístico. Todas as resoluções foram realizadas considerando as capacidades mínima e máxima de 15 e 45 pessoas, respectivamente. Com isso, já que o número total de participantes é 158, pode-se dizer que o número mínimo de turmas a serem realizadas é 4 e o número máximo é de 10. Sendo assim, o acréscimo no custo fixo de realização da turma ocorreu até que se alcançasse 4 turmas a serem realizadas.

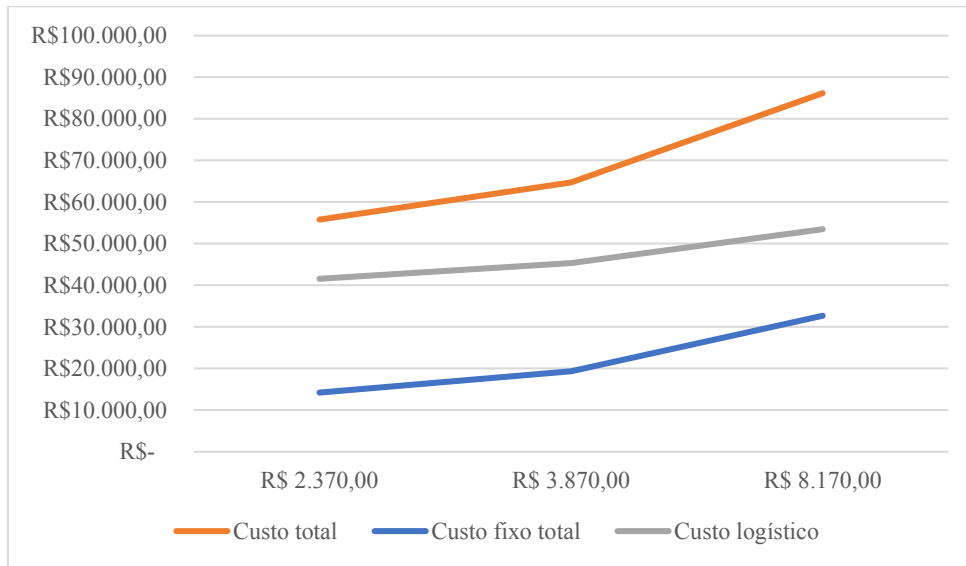
O modelo, ao calcular o problema considerando o custo de abertura de turma de R\$ 2.370,00, resultou em um custo logístico de R\$ 41.567,75 e na abertura de 6 turmas, totalizando um custo de abertura de turma de R\$ 14.220,00. Já ao se considerar o custo de abertura de turma de R\$ 8170,00, chegou-se a um custo logístico de R\$ 53.482,37, abrindo-se 4 turmas e possuindo um custo total de abertura de turma de R\$ 32.680,00. Ao se chegar no custo de abertura de turma de R\$ 3.870,00, obteve-se o mesmo resultado obtido no cálculo da solução ótima na sessão 4.2. O Quadro 4 resume os resultados obtidos com a variação dos custos de abertura de turma, cujos resultados podem ser comparados no Gráfico 1, onde o eixo horizontal traz o custo de abertura de turma utilizado e o vertical os totais em cada categoria de custo.

Quadro 4 Variação dos custos do programa de acordo com o custo de abertura de turma.

Custo de abertura de turma	Número de turmas a serem abertas	Custo fixo total	Custo logístico	Custo total
R\$ 2.370,00	6	R\$ 14.220,00	R\$ 41.567,75	R\$ 55.787,75
R\$ 3.870,00	5	R\$ 19.350,00	R\$ 45.361,64	R\$ 64.711,64
R\$ 8.170,00	4	R\$ 32.680,00	R\$ 53.482,37	R\$ 86.162,37

Fonte: o Autor (2019).

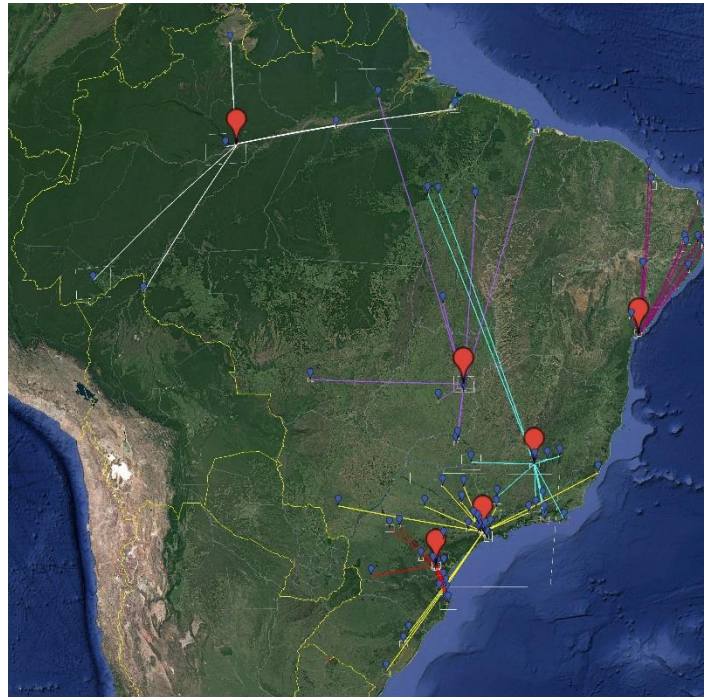
Gráfico 1 Evolução dos custos de acordo com o custo de abertura de turma adotado.



Fonte: o Autor (2019).

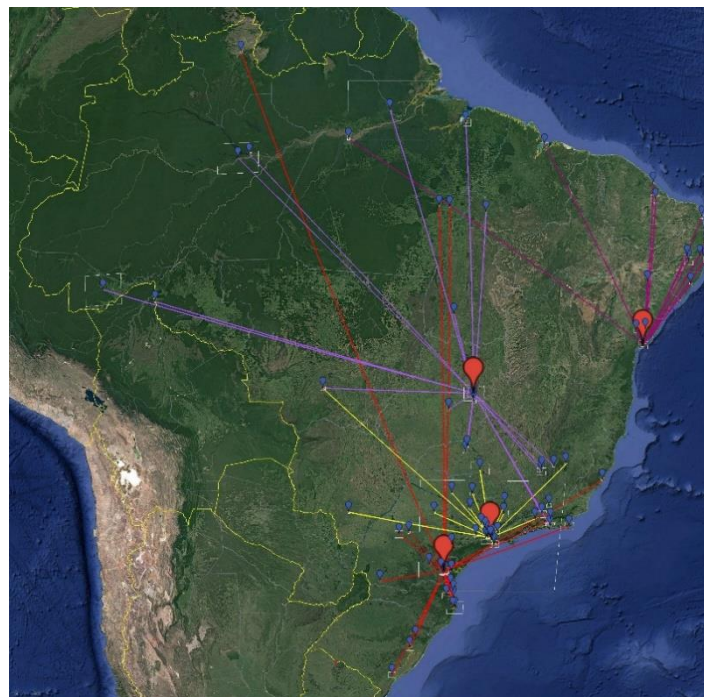
Nas soluções obtidas, observou-se as configurações de 6, 5 e 4 turmas a serem criadas, com custo de abertura de turma de R\$ 2.370,00, R\$ 3.870,00 e R\$ 8.170,00, respectivamente. Na primeira configuração, foram abertas as turmas de Curitiba/PR, São Paulo/SP, Belo Horizonte/MG, Brasília/DF, Salvador/BA e Manaus/AM. Na configuração com 5 turmas, obteve-se a mesma configuração da solução ótima calculada na sessão 4.2, sendo ela composta pelas turmas de Curitiba/PR, São Paulo/SP, Belo Horizonte/MG, Salvador/BA e Manaus/AM, estando sua solução ilustrada na Figura 4 e detalhada no apêndice D. Já na configuração com 4 turmas, visualizou-se as turmas de Curitiba/PR, São Paulo/SP, Salvador/BA e Brasília/DF. A Figura 7 e a Figura 8, a seguir, ilustram as soluções obtidas para as configurações com 4 e 6 turmas. A alocação obtida para a configuração com 4 turmas encontra-se detalhada no apêndice G e para a configuração com 6 turmas no apêndice H.

Figura 7 Distribuição da solução com 6 turmas e custo de abertura de turma de R\$ 2370,00.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 8 Distribuição da solução com 4 turmas, com custo de abertura de turma de R\$ 8170,00.



Fonte: o Autor (2019).

4.5 AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE TURMAS

A decisão de abertura ou fechamento de turmas, realizada pela organização em estudo, nunca foi baseada em critérios claros. Na maioria das vezes, ocorreram por apoio financeiro de parceiros ou, em outras vezes, julgava-se haver uma certa demanda de realização de turmas em determinadas cidades. Nesta sessão, buscar-se-á, de acordo com o Quadro de 158 voluntários e sua distribuição geográfica, apresentar as distribuições de turmas resultantes do modelo proposto e, com isso, priorizar locais onde possam contar com eventuais aberturas de formações de voluntários.

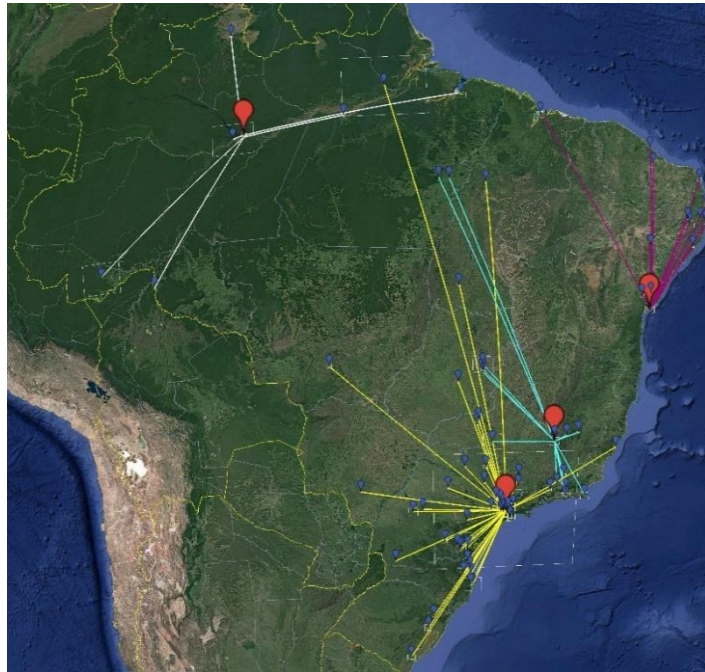
Assim, foram tomados mais dois cenários de resolução: o primeiro sem restrições de capacidade (ou seja, capacidade mínima de 0 e máxima de 160 pessoas) e o segundo com as restrições de capacidades mínimas e máximas de 15 e 45 pessoas. Em ambos cenários, aplicou-se o modelo considerando a realização de quatro a dez turmas, valores os quais foram obtidos considerando a restrição de capacidade do segundo cenário e, conseqüentemente, o número mínimo e máximo possível de turmas a serem realizadas. Para todas as resoluções, considerou-se o custo de abertura de turmas de R\$ 3.870,00.

4.5.1 Resolução considerando a abertura de 4 turmas

Primeiramente, resolveu-se o modelo considerando a abertura de 4 turmas. Para o primeiro cenário, obteve-se a configuração com a realização das turmas de Manaus/AM, Salvador/BA, Belo Horizonte/MG e São Paulo/SP, com um custo logístico de R\$ 50.781,69. Nesta análise, é possível verificar que a maioria dos voluntários foram alocados na turma de São Paulo/SP, inclusive voluntários de cidades distantes.

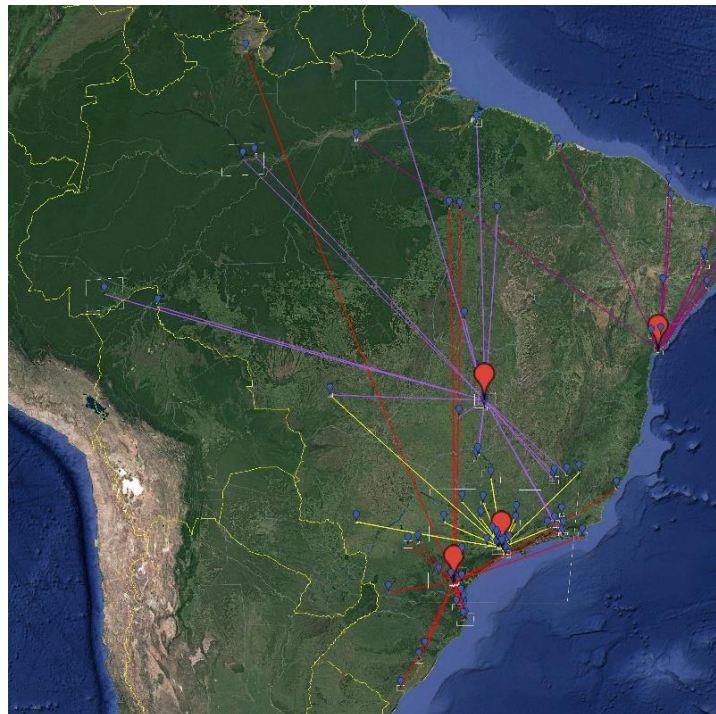
Considerando as capacidades mínima e máxima de 15 e 45 pessoas, obteve-se um custo logístico de R\$ 53.482,37 para as turmas de Brasília/DF, Salvador/BA, Curitiba/PR e São Paulo/SP (mesma configuração e custo obtido na resolução da sessão 4.4, ilustrados na Figura 4.5). Neste caso, destaca-se que a turma de Manaus/AM torna-se inviável e prioriza-se a realização da turma de Brasília/DF. A distribuição obtida no primeiro cenário encontra-se no apêndice I e está ilustrada na Figura 9. Já a distribuição obtida no segundo cenário encontra-se na Figura 10, aqui repetindo a Figura 8, e no apêndice G.

Figura 9 Distribuição de 4 turmas, sem limite de capacidades mínima e máxima.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 10 Distribuição de 4 turmas, considerando as capacidades mínima e máxima.



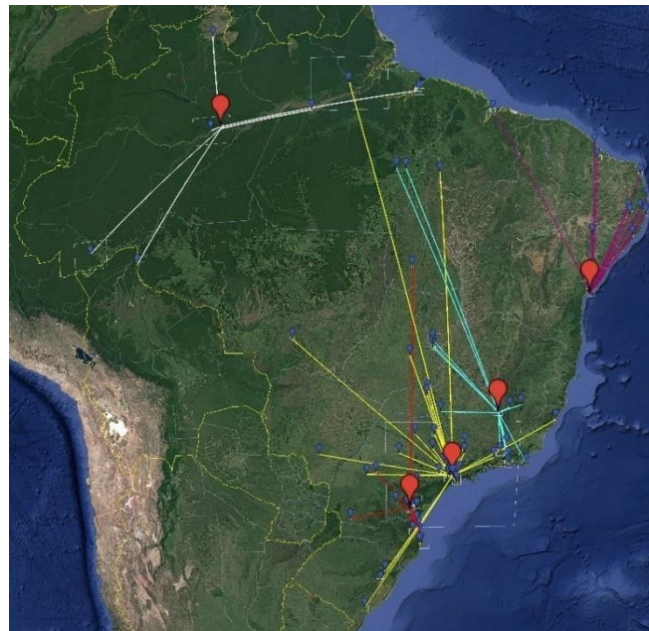
Fonte: o Autor (2019).

4.5.2 Resolução considerando a abertura de 5 turmas

Ao resolver o modelo com 5 turmas obteve-se, em ambos cenários, a mesma configuração de turma, sendo elas as turmas de Manaus/AM, Belo Horizonte/MG, Salvador/BA, São Paulo/SP e Curitiba/PR, destacando-se, portanto, o fechamento da turma de Brasília/DF, a qual foi alocada na resolução anterior. Apesar da mesma configuração de turmas, a distinção entre os cenários ficou caracterizada na distribuição dos voluntários, possuindo, no cenário sem restrições de capacidade, um maior número de alocações (59 voluntários alocados) na turma de São Paulo/SP. Inclusive, a solução obtida para este cenário é a mesma observada na Figura 6, calculada na seção 4.3, com um custo logístico de R\$ 44.707,44. A solução obtida está ilustrada na Figura 11, aqui repetindo a Figura 6, e descrita no apêndice F.

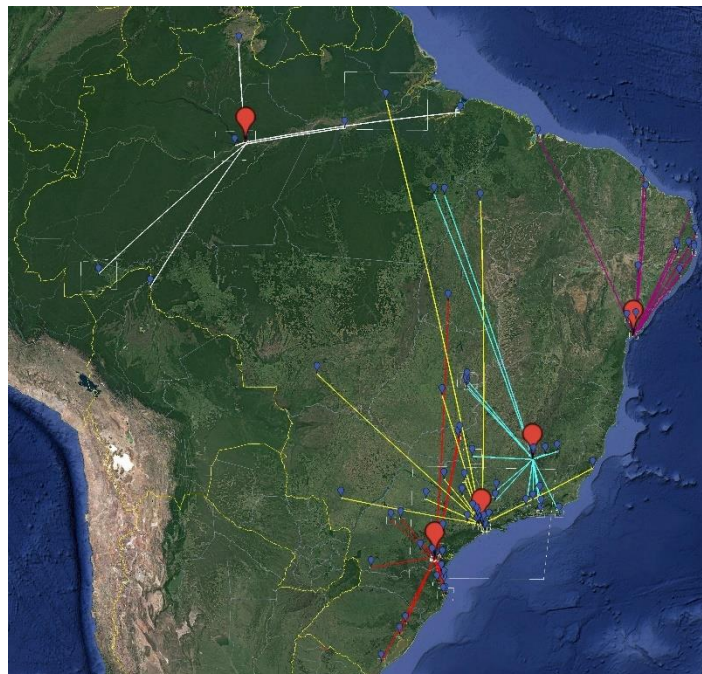
Ao calcular-se o modelo de acordo com as restrições do segundo cenário (restrições mínima e máxima de 15 e 45 pessoas), chegou-se ao mesmo resultado da solução ótima obtido na seção 4.2, cujo custo logístico obtido foi de R\$ 45.361,64. Nestas resoluções, vê-se o impacto das restrições de capacidade na solução obtida, dado que, no primeiro cenário, todos os voluntários do estado do Rio Grande do Sul foram alocados em São Paulo/SP e, no segundo cenário, foram alocados em Curitiba/PR. A solução deste cenário está ilustrada na Figura 12, aqui repetindo a Figura 4.1, e detalhada no apêndice D.

Figura 11 Distribuição das 5 turmas alocadas, considerando o cenário sem restrição de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 12 Distribuição de 5 turmas de voluntários, considerando as restrições de capacidade.

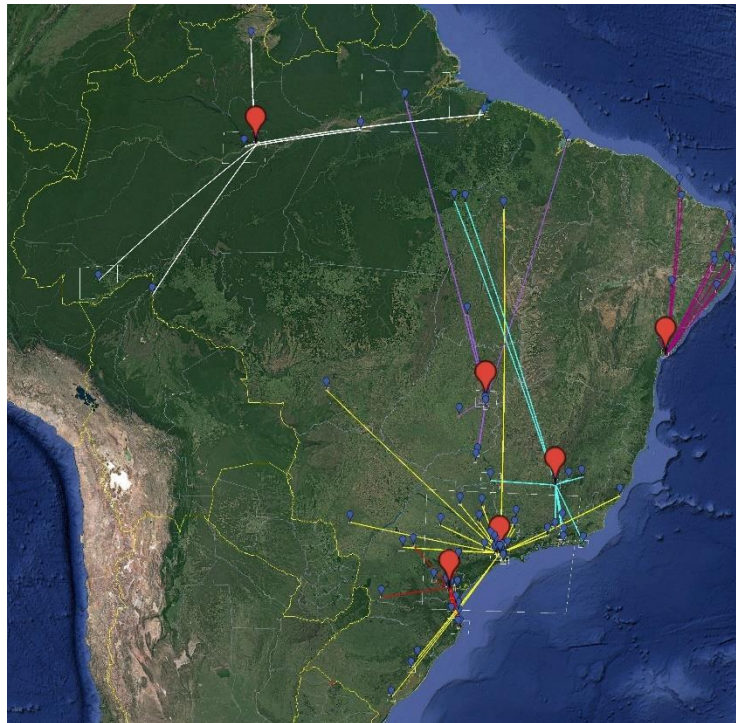


Fonte: o Autor (2019).

4.5.3 Resolução considerando a abertura de 6 turmas

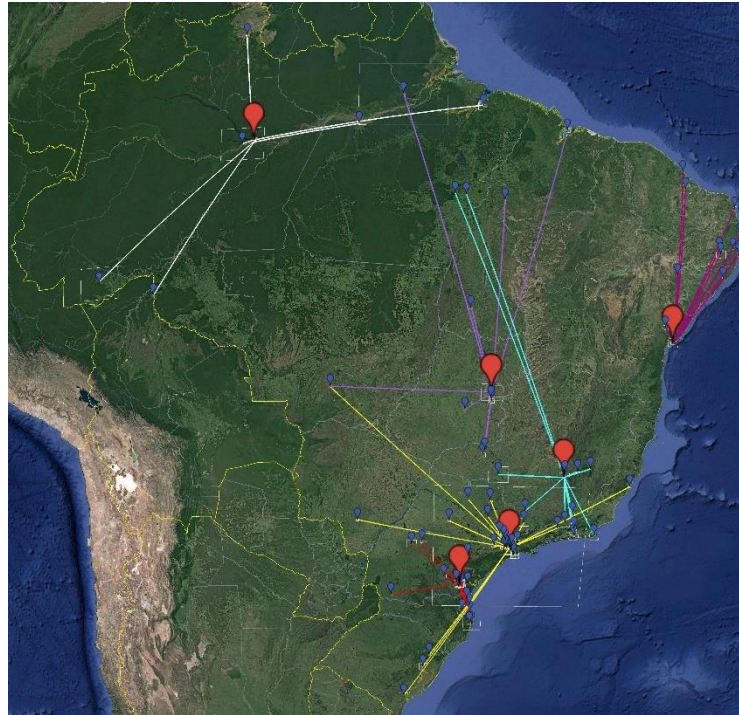
Ao resolver o modelo propondo a abertura de 6 turmas, ainda se observou a mesma configuração de turmas em ambos cenários, sendo elas nas cidades de Manaus/AM, Brasília/DF, Belo Horizonte/MG, Salvador/BA, São Paulo/SP e Curitiba/PR. Embora se tenha observado diferenças na alocação de voluntários, o custo logístico dos dois cenários ficou relativamente próximo, sendo R\$ 41.478,64 para o cenário sem restrições de capacidade e R\$ 41.567,75 para o cenário com restrições (mesma configuração de voluntários obtida na análise de custo de abertura de turmas, com 6 turmas abertas). As diferenças observadas na alocação de voluntários, em ambas resoluções, podem ser visualizadas nas Figuras 13 e 14, destacando-se, no segundo cenário, a alocação de um voluntário de Cuiabá/MT na turma de Brasília/DF e outro na turma de São Paulo/SP. As soluções estão descritas, no primeiro cenário, no apêndice J e, no segundo cenário, no apêndice H. Cabe ressaltar que a distribuição obtida para o segundo cenário é a mesma observada na solução descrita na seção 4.3 e ilustrada na Figura 7.

Figura 13 Distribuição de 6 turmas de voluntários, sem restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 14 Distribuição de 6 turmas de voluntários, considerando capacidades mínima e máxima de 15 e 45 voluntários por turma.



Fonte: o Autor (2019).

4.5.4 Resolução considerando a abertura de 7 turmas

Mesmo com a abertura de 7 turmas, ambos cenários apresentaram a mesma configuração de cidades com viabilidade de sediar uma formação de voluntários. Neste caso, as cidades foram Manaus/AM, Brasília/DF, São Paulo/SP, Recife/PE, Curitiba/PR, Belo Horizonte/MG e Salvador/BA. Entretanto, fica clara a influência da restrição de capacidade no segundo cenário, o qual considerou a alocação de voluntários em regiões muito distantes das cidades com formações, como se observa na turma de Recife/PE e Salvador/BA, para que a restrição de capacidade mínima fosse respeitada. Neste cenário, o custo logístico obtido foi de R\$ 40.440,03. Para o cenário sem restrições de capacidades mínima e máxima, obteve-se um custo logístico de R\$ 39.204,89. Observou-se neste cenário, diferentemente do cenário anterior, menor ocorrência de alocação de voluntários distantes das turmas de formação. A solução obtida para a configuração de turmas sem restrições de capacidade está ilustrada na Figura 15 e, para configuração com restrições de capacidade, na Figura 16. As soluções dos cenários estão descritas nos apêndices K e L, respectivamente.

Figura 15 Distribuição de 7 turmas, sem restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 16 Distribuição de 7 turmas, considerando as restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

4.5.5 Resolução considerando a abertura de 8 turmas

Observa-se, ao se propor a abertura de 8 turmas, variações nas configurações de turmas entre os dois cenários propostos. Para o primeiro cenário, propôs-se a abertura de formações nas cidades de Belo Horizonte/MG, Manaus/AM, Salvador/BA, Recife/PE, Curitiba/PR, São Paulo/SP, Brasília/DF e Florianópolis/SC. Neste caso, em relação à resolução anterior, acrescentou-se a turma de Florianópolis/SC, a qual visa atender voluntários do estado do Rio Grande do Sul/RS e, além disso, não possui custo de deslocamento dos facilitadores. Para esta configuração, observou-se um custo logístico de R\$ 38.058,75.

Já no segundo cenário, propôs-se a abertura de turmas nas cidades de Manaus/AM, Recife/PE, Brasília/DF, Curitiba/PR, São Paulo/SP, Salvador/BA, Florianópolis/SC e Rio de Janeiro/RJ. Apesar de, assim como no primeiro cenário, realizar uma turma em Florianópolis/SC, neste caso fechou-se a turma de Belo Horizonte/MG e abriu-se a turma na cidade de Rio de Janeiro/RJ. Além disso, um voluntário de Belo Horizonte/MG foi alocado à turma de Salvador/BA devido às restrições de capacidade. Com estas mudanças, o custo logístico obtido neste cenário foi de R\$ 40017,31. As soluções obtidas estão ilustradas nas Figuras 17, para o primeiro cenário, e 18, para o segundo. A alocação de voluntários está descrita no apêndice M para o primeiro cenário e no apêndice N para o segundo cenário.

Figura 17 Distribuição de 8 turmas, sem restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 18 Distribuição de 8 turmas, considerando-se as restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

4.5.6 Resolução considerando a abertura de 9 turmas

Ao propor a abertura de 9 turmas, obteve-se, no primeiro cenário, um custo logístico de R\$ 37.656,86 cujas cidades a sediarem as formações foram Belo Horizonte/MG, Manaus/AM, Salvador/BA, Recife/PE, Curitiba/PR, São Paulo/SP, Brasília/DF, Florianópolis/SC e Uberlândia/MG. Neste caso, destaca-se a abertura da turma de Uberlândia/MG, no interior do estado de Minas Gerais, tendo alocado a ela 8 voluntários. Dentre os voluntários alocados, estão aqueles situados na cidade de São Luis/MA. Pode-se atribuir esta curiosa alocação pelo valor de deslocamento próximo ao de outras cidades (como Brasília/DF) e, também, por variações no preço de passagens aéreas pesquisadas no período correspondente.

Já as cidades priorizadas para abertura de turmas no segundo cenário foram Ribeirão Preto/SP, Manaus/AM, Recife/PE, Brasília/DF, Curitiba/PR, São Paulo/SP, Florianópolis/SC, Rio de Janeiro/RJ e Salvador/BA. Neste caso, abriu-se uma turma no interior do estado de São Paulo, na cidade de Ribeirão Preto/SP, a qual possuiu uma alocação de 15 voluntários (a

mínima, de acordo com a restrição de capacidade). Assim, percebeu-se também o aumento no custo logístico em relação à resolução anterior, sendo seu custo total de R\$ 40.834,85. Neste caso, houve a alocação de um voluntário de Vespasiano/MG à turma de Salvador/BA. As ilustrações das soluções obtidas estão nas Figuras 19, para o primeiro cenário, e 20, para o segundo cenário. As soluções estão detalhadas nos apêndices O e P, respectivamente.

Figura 19 Distribuição de 9 turmas, sem considerar restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

Figura 20 Distribuição de 9 turmas, considerando as restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

4.5.7 Resolução considerando a abertura de 10 turmas

A nova cidade contemplada com a realização de turmas, no primeiro cenário, foi Maringá/PR, totalizando um custo logístico de R\$ 37.392,91, tendo 7 voluntários alocados nela. Neste caso, os voluntários de São Luis/MA foram realocados para esta turma. Desta forma, a configuração de cidades a receberem turmas foi composta por Belo Horizonte/MG, Manaus/AM, Salvador/BA, Recife/PE, Curitiba/PR, São Paulo/SP, Brasília/DF, Florianópolis/SC, Uberlândia/MG e Maringá/PR.

No segundo cenário não houve modificações de cidades a receberem turmas em relação à resolução anterior, estando elas ilustradas, portanto, na Figura 4.17. Desta forma, para cumprir a restrição de 10 turmas, o modelo propôs a realização de 2 turmas em São Paulo/SP e, com isso, aumentando o custo logístico para R\$ 41.743,25. A Figura 21 ilustra a distribuição de turmas para o primeiro cenário e a alocação de voluntários está especificada no apêndice Q. Para o segundo cenário, sua distribuição de voluntários está especificada no apêndice P.

Figura 21 Distribuição de 10 turmas, sem restrições de capacidade.



Fonte: o Autor (2019).

O Quadro 5 resume todos os custos obtidos para cada resolução e cenário desta seção.

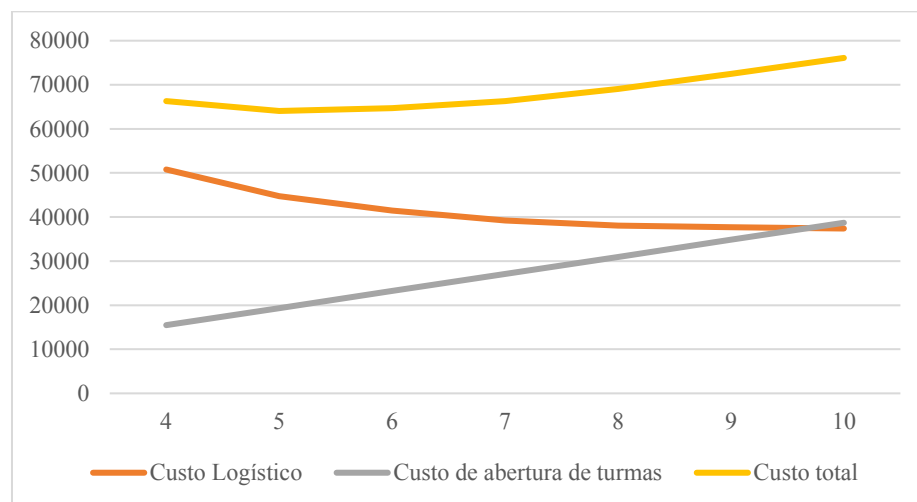
Quadro 5 Custos de abertura de turmas, logísticos e totais de todas as configurações de turmas obtidas.

Número de turmas	Cenário	Custo total de abertura de turmas	Custo logístico total	Custo total
4	1	R\$ 15.480,00	R\$ 50.780,69	R\$ 66.260,69
	2	R\$ 15.480,00	R\$ 53.482,37	R\$ 68.962,37
5	1	R\$ 19.350,00	R\$ 44.707,44	R\$ 64.057,44
	2	R\$ 19.350,00	R\$ 45.361,64	R\$ 64.711,64
6	1	R\$ 23.220,00	R\$ 41.478,64	R\$ 64.698,64
	2	R\$ 23.220,00	R\$ 41.567,75	R\$ 64.787,75
7	1	R\$ 27.090,00	R\$ 39.204,84	R\$ 66.294,84
	2	R\$ 27.090,00	R\$ 40.440,03	R\$ 67.530,03
8	1	R\$ 30.960,00	R\$ 38.058,75	R\$ 69.018,75
	2	R\$ 30.960,00	R\$ 40.017,31	R\$ 70.977,31
9	1	R\$ 34.830,00	R\$ 37.656,86	R\$ 72.486,86
	2	R\$ 34.830,00	R\$ 40.834,85	R\$ 75.664,85
10	1	R\$ 38.700,00	R\$ 37.392,91	R\$ 76.092,91
	2	R\$ 38.700,00	R\$ 41.743,25	R\$ 80.443,25

Fonte: o Autor (2019).

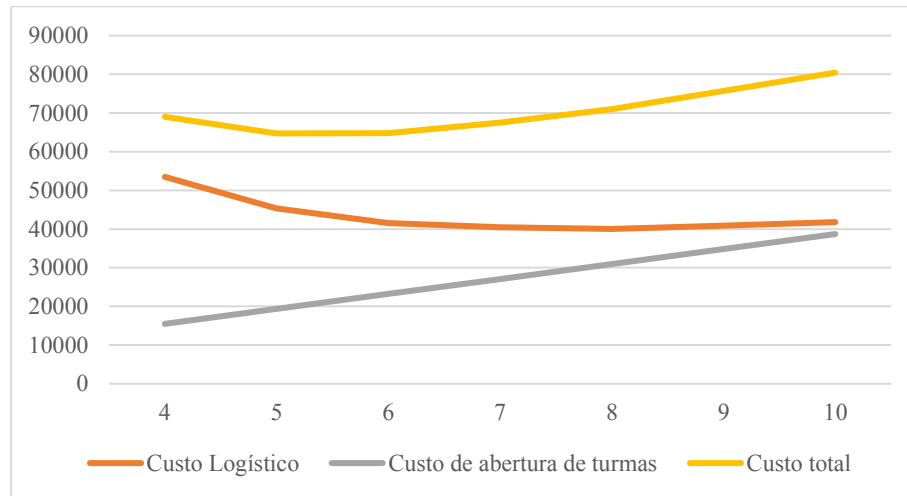
Os Gráficos 2 e 3 demonstram o comportamento dos custos de abertura de turmas, logísticos e totais para os dois cenários simulados.

Gráfico 2 Evolução dos custos obtidos nas resoluções referentes ao primeiro cenário.



Fonte: o Autor (2019).

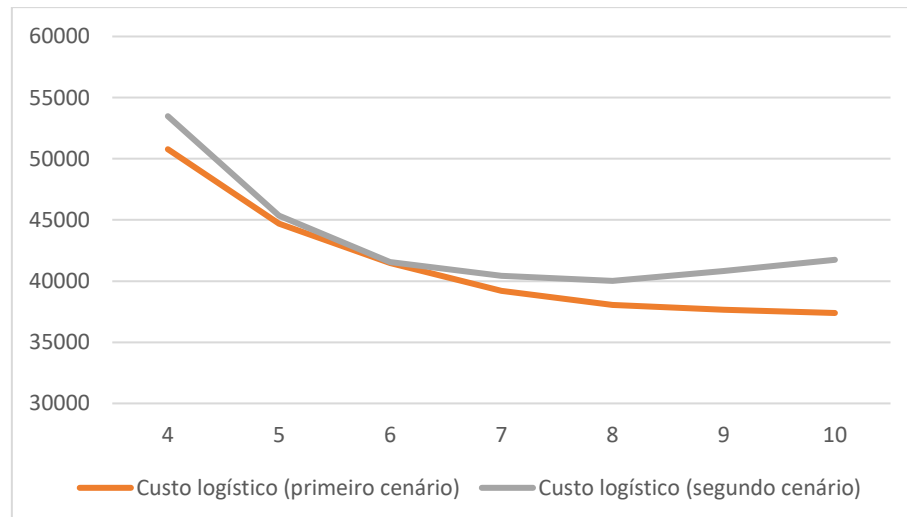
Gráfico 3 Evolução dos custos obtidos nas resoluções referentes ao segundo cenário.



Fonte: o Autor (2019).

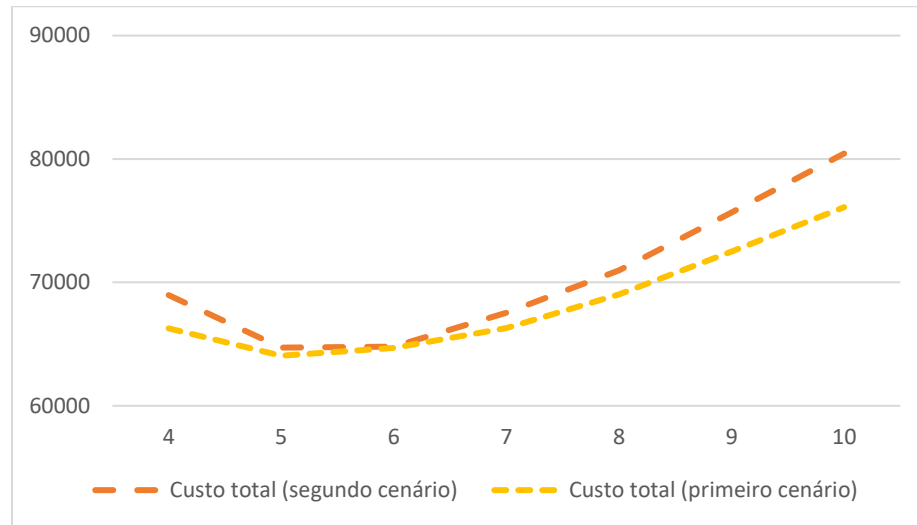
Desta forma, é possível verificar que os custos de abertura de turma crescem linearmente à medida que mais turmas são criadas. Contudo, o mesmo não acontece com os custos logísticos. O Gráfico 4 compara os custos logísticos dos dois cenários e o Gráfico 5 compara os custos totais obtidos nas resoluções.

Gráfico 4 Comparação dos custos logísticos do primeiro e segundo cenário.



Fonte: o Autor (2019).

Gráfico 5 Comparação do custo total do programa de acordo com os cenários estabelecidos.



Fonte: o Autor (2019).

A partir dos gráficos esclarece-se que, a partir de 5 turmas, o custo total tende a crescer devido ao aumento do custo de abertura de turmas. Assim, mesmo que o custo logístico do primeiro cenário tenda a diminuir, os custos fixos tendem a inviabilizar a abertura de novas turmas. Por isso, uma maneira de formar mais voluntários e atender a toda demanda já existente seria a busca de parceiros que custeiem o custo de abertura de turmas, podendo-se atuar na diminuição do custo logístico por meio da priorização de abertura de turmas elencadas nas resoluções anteriores e, ainda, abater custos fixos, viabilizando o investimento em outros setores da organização ou no próprio programa.

Também é possível observar que o segundo cenário possui o menor custo logístico na configuração com 8 turmas. Assim, ao invés de realizar a configuração com 5 turmas, pode-se realizar configuração de 8 turmas obtida no segundo cenário, desde que se consiga diminuir os custos de abertura de turma. Esta configuração pode ser útil para atender toda a demanda de voluntários disponível, garantir que não haja menos que 15 participantes nas formações e, se possível, buscar outras pessoas para que se inscrevam no programa e participem das formações.

4.6 PROPOSTA DE PROCESSO DE ABERTURA OU FECHAMENTO DE TURMAS

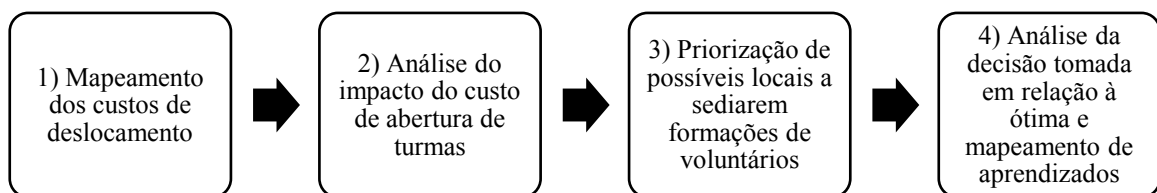
Tomar decisões envolve a análise de interesse de diversos atores, estejam eles participando diretamente ou não da decisão (ENSSLIN; NETO; NORONHA, 2001). Ensslin, Neto e Noronha (2001) abordam que a tomada de decisão é um processo que ocorre ao longo

tempo, não sendo, portanto, um processo estático, como ocorre com muitas decisões tomadas com base em resultados obtidos por meio da pesquisa operacional. O processo de tomada de decisão, muitas vezes, se encontra em um processo caótico, não havendo etapas pré-determinadas ou organizadas (ENSSLIN; NETO; NORONHA, 2001).

A resolução e análise do modelo proposto, tomando como estudo o caso do programa de voluntariado Embaixadores Politize!, possibilita a análise do mesmo problema sob diversos olhares e possibilidades de configuração do programa. Analisar as possíveis configurações do programa permite compreender novas formas de atuação junto aos seus atores envolvidos. Lista-se como atores envolvidos no programa Embaixadores Politize!: financiadores e apoiadores financeiros, rede de voluntários em situação de vulnerabilidade econômica ou não e, por fim, facilitadores e gestores do programa.

O estudo das análises aqui descritas tem como função auxiliar na tomada de decisão de formas de interação com voluntários que necessitem de ajuda de custo, voluntários que não necessitem de apoio financeiro e, também, com financiadores. Assim, avalia-se decisões tomadas anteriormente, a viabilidade de abertura de novas turmas de acordo com o incremento do custo de abertura de turmas e os locais que devem ser priorizados para serem contemplados com novas turmas. Assim, o processo de tomada de decisão proposto segue ilustrado na Figura 22.

Figura 22 Processo de decisão de abertura ou fechamento de formações de voluntários.



Fonte: o Autor (2019).

A primeira etapa corresponde ao mapeamento dos custos de deslocamento. No caso em estudo, adotou-se o deslocamento terrestre por meio de ônibus e aéreo por meio de voos comerciais. Apesar de o levantamento de custos de deslocamento ter sido realizado por meio de pesquisas em buscadores de passagens na internet, é possível que em outras versões do

programa busque-se parcerias com possíveis companhias aéreas ou de ônibus, visando minimizar o valor das passagens. Além disso, dada a variação do valor das passagens de voos comerciais de acordo com a data e horário de compra, é importante que se busque base de dados que constem valores pesquisados em um pequeno intervalo de tempo, diminuindo a influência da variação dos preços nas soluções encontradas.

A segunda etapa corresponde à análise do impacto do custo de abertura de turmas no número de formações a serem realizadas. Viu-se que, com o abatimento de custos de abertura de turma, pode-se realizar mais formações e, com isso, incentivar a inscrição de novos voluntários no programa. A diminuição destes custos pode ser obtida por meio de parcerias institucionais ou, ainda, doações de pessoas físicas à organização.

A terceira etapa consiste na priorização de locais a receberem novas turmas. Desta forma, pode-se escolher cidades que diminuam o custo logístico de acordo com o Quadro de voluntários e, com isso, incentivar a inscrição de novos participantes, aumentando o alcance do programa. Conforme descrito na seção 1.2, a organização não necessariamente precisa optar por prover ajuda de custo a todos os voluntários. Desta forma, pode-se realizar a inscrição de participantes em duas etapas. A primeira, com a inscrição de voluntários que necessitam de ajuda de custo e, com isso, aplicar o modelo para determinar possíveis cidades a receberem turmas. A segunda etapa consiste na abertura de inscrições do público que não necessite de ajuda de custo e, assim, aumentar o número de participantes por turma.

Por fim, conforme Ghosh e Rushton (1987) abordam, deve-se avaliar o que se foi realizado e se foi possível cumprir a proposta sugerida pela solução do modelo. Conforme analisado na seção 4.3, houve, na configuração de turmas e alocação de voluntários estabelecida pela organização, deslocamentos de voluntários para regiões com alto custo de traslado. Por isso, propõe-se mapear possíveis ações corretivas que evitem deslocamentos deste tipo. Além disso, deve-se documentar estratégias adotadas para implementação da solução proposta e ocorrências que podem ter impactado no custo de realização do programa.

4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Pode-se, com a implementação do modelo proposto e a análise dos resultados obtidos no caso em questão, depreender algumas conclusões:

- 1) Apesar de a organização ter definido, antes de abrir as inscrições, as cidades as quais ocorreriam turmas e, com isso, ter-se observado maior concentração de

voluntários nestas cidades, a solução ótima obtida na seção 4.2 propôs a abertura de uma turma em Belo Horizonte/MG ao invés de Brasília/DF. Com isso, a abertura da turma de Belo Horizonte/MG, aliada com a realocação de alguns voluntários obtida na solução da seção 4.3, poderia ter promovido a economia de R\$ 7.626,36, valor que possibilitaria a compra de mais materiais para as turmas, aumento do Quadro de recursos humanos, investimento em melhoria de processos do programa ou ainda na abertura de uma nova turma.

- 2) A análise do custo de abertura de turmas realizada na seção 4.4, sugere, com configuração das cidades com turmas e alocação de voluntários nas formações, uma possível economia de R\$ 15.896,05, 22% a menos do custo total obtido na configuração da organização. Assim como descrito no item anterior, este valor poderia ser reinvestido em outros setores da organização e, assim, melhorar a sua sustentabilidade financeira.
- 3) A análise de priorização de abertura de turmas, descrita na seção 4.5, estabelece, de acordo com o Quadro de voluntários, quais cidades devem ser priorizadas na abertura de turmas. Tais resultados possibilitaram diferentes conclusões. Por exemplo, a cidade de Rio de Janeiro/RJ, antes tida pelos gestores do programa como uma possível cidade a sediar uma turma, apareceu no rol de soluções apenas na configuração com 8 turmas e no cenário com capacidades mínima e máxima. Sua configuração, no entanto, possuiu o menor custo logístico de todas as soluções obtidas no cenário com restrições de capacidade. Desta forma, diminuindo-se o custo de abertura de turma, poder-se-ia implementar sua configuração e aumentar o valor a ser economizado.
- 4) Ainda sobre a análise de priorização de abertura de turmas, as soluções obtidas no cenário sem restrições de capacidade possibilitam traçar estratégias que estimulem a formação de voluntários no interior dos estados de Minas Gerais e Paraná. Já no caso do cenário com restrição de capacidade, pode-se depreender que, após a abertura da turma de Ribeirão Preto/SP, não se torna mais viável abrir novas formações, dado que na configuração com 10 turmas o modelo estabeleceu a abertura de uma segunda turma em São Paulo/SP.

- 5) O processo de abertura ou fechamento de turmas proposto na seção 4.6 visa sistematizar as análises aqui desenvolvidas e, assim, implementá-las em outras organizações e realidades. O processo, portanto, tem por objetivo analisar formas de interagir com os atores presentes no programa e aumentar seu impacto social.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

O terceiro setor, composto principalmente por organizações da sociedade civil, possui como característica fundamental a necessidade de gerar impacto social. Muitas vezes seu impacto acaba sendo restringido por conta de condições financeiras ou, ainda, por decisões tomadas que não garantam a melhor aplicação dos recursos nas atividades da organização. Desta forma, vê-se, com o crescente número de programas de voluntariado que atuam em escala, uma possível tendência de estratégia de atuação com programas de formação de voluntários. Esta estratégia acarreta, muitas vezes, no aumento dos custos logísticos relacionados à formação de voluntários, necessitando que as organizações façam uso de ferramentas que aumentem seu impacto social com o menor custo possível.

No caso de organizações que têm apostado em programas formação de redes de voluntariado, os modelos de localização-alocação podem ser utilizados para aliar o melhor uso dos recursos da organização com o maior impacto social possível. Nos modelos apresentados na revisão bibliográfica viu-se variados objetivos de otimização. Desde maximização de cobertura à minimização de distâncias ou custos, os modelos apresentados podem ser adaptados para diversas realidades dos programas de voluntariado e otimizar as mais variadas grandezas.

O modelo proposto analisa os custos de abertura de turmas e o custo logístico determinado pelo traslado dos voluntários e dos facilitadores às formações. Para sua solução, buscou-se dados em sites de busca de passagens aéreas, dada a dificuldade de se estabelecer relações diretas com a distância de deslocamento e o valor a ser cobrado. Tal configuração de custos demonstrou alocação de voluntários presentes em regiões distantes da turma a qual foi alocado, indo contra, portanto, à intuição dos tomadores de decisão. Contudo, para implementação do modelo em regiões menores (por exemplo, programas de voluntariado em cidades ou estados), pode-se implementar custo de deslocamento relacionado à distância percorrida.

Enfim, verifica-se, por meio da resolução do modelo de p-mediana no caso do programa Embaixadores Politize!, uma potencial economia de 22% em relação à configuração realizada pela organização, evidenciando a capacidade do modelo em melhorar a eficiência de

determinados programas e operações das organizações sociais. Além disso, o processo de tomada de decisão proposto visa evidenciar possíveis cenários de adaptação do programa e, desta forma, auxiliar o tomador de decisão a traçar estratégias que aliem economia de recursos financeiros com impacto positivo na sociedade.

Por fim, este trabalho contribuiu para estimular as organizações sociais a adotar ferramentas de apoio à decisão, possivelmente fundamentadas em modelos de Pesquisa Operacional. Assim, pode-se prover ao setor estratégias de melhorias da aplicação dos recursos disponíveis, maximizar os resultados objetivados e estimular a profissionalização da gestão das organizações sociais.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Finalmente, recomenda-se o refinamento da pesquisa aqui desenvolvida de algumas formas:

- 1) Coletando dados de passagens aéreas em tempo real, visando diminuir a influência da variabilidade dos seus preços nas soluções do modelo;
- 2) Analisando outros programas de voluntariado e implementando modelos de localização-alocação em outras realidades. Assim, pode-se adequar o modelo de otimização de custos e, além disso, implementar outras etapas no processo de tomada de decisão.

Como sugestão de trabalhos futuros, propõe-se a elaboração de um sistema de apoio à decisão, considerando as características inerentes ao terceiro setor e, além disso, possibilitando uma interface de análise amigável aos tomadores de decisão. Pode-se também realizar as análises adequando a função objetivo para que se maximize o alcance de pessoas por meio dos voluntários, utilizando o custo como uma restrição do modelo. Por fim, sugere-se a aplicação de outros modelos de localização-alocação em outros programas de voluntariado, visando disseminar as práticas de otimização e tomada de decisão no terceiro setor.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Associação Brasileira de Engenharia de Produção**. Disponível em: <<http://portal.abepro.org.br/a-profissao/#1521896704279-df853c48-7b94>>. Acesso em: 25 maio 2019.

ARMSTRONG, Marc P *et al.* Decision support for regionalization: A spatial decision support system for regionalizing service delivery systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, Estados Unidos, ano 1991, v. 15, p. 37-53, 1991.

BEAUMONT, John R. Location-allocation models and central place theory. *In*: GHOSH, Avijit; RUSHTON, Gerard (ed.). **Spatial analysis and location-allocation models**. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1987. cap. 1, ISBN 0442228031.

BISCHOFF, Martin; DÄCHERT, Kerstin. Allocation search methods for a generalized class of location-allocation problems. *European Journal of Operational Research*, Alemanha, v. 192, p. 793-807, 2009.

COOPER, Leon. Location-allocation problems. **Operations Research**, [S. l.], 1963.

DANTRAKUL, Sittipong; LIKASIRI, Chulin; PONGVUTHITHUM, Radom. Applied p-median and p-center algorithms for facility location problems. **Expert Systems with Applications**, Chiang Mai, 2014.

ENSSLIN, Leonardo; NETO, Gilberto Montibeller; NORONHA, Sandro MacDonald. **Apoio à decisão**: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas. 1. ed. Florianópolis: Insular, 2001. 296 p. ISBN 8574740934.

FREDRIKSSON, Anders. Location-allocation of public services – Citizen access, transparency and measurement. A method and evidence from Brazil and Sweden. **Socio-Economic Planning Sciences**, São Paulo, v. 59, p. 1-12, 2017.

GESTEIRA NETO, Claudio Joaquim Martagão. **Resolvendo Problemas de Localização de Hubs com Alocação Múltipla em Modelagens Contínua e Discreta Tipo p-Mediana através da Abordagem de Suavização Hiperbólica**. Orientador: Adilson Elias Xavier. 2017. 84 p. Tese (Doutor - Programa de Engenharia de Sistemas e Computação) - Doutorado, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/2822.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2019.

GHOSH, Avijit; RUSHTON, Gerard. Progress in location-allocation modeling. *In*: GHOSH, Avijit; RUSHTON, Gerard (ed.). **Spatial analysis and location-allocation models**. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1987. cap. Introduction, p. 1-18. ISBN 0442228031.

GIFE (São Paulo). Erika Sanches Saez (Org.). **Censo GIFE 2016**. São Paulo: Gife, 2017. 256 p. (978-85-88462-30-4). Disponível em: <https://mapaosci.ipea.gov.br/cms/arquivos/publications/6342-censo-gife2016final1u-ediacao-atualizada.pdf>. Acesso em: 25 maio 2019.

GOODCHILD, Michael F.; NORONHA, Valerian T. Location-allocation and impulsive shopping: the case of gasoline retailing. *In*: GHOSH, Avijit; RUSHTON, Gerard

(ed.). **Spatial analysis and location-allocation models**. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1987. cap. 5, p. 121-136. ISBN 0442228031.

HAKIMI, S.L. Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph. **Operations Research**, Evanston, 1964.

HÖRNER, Douglas. **RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DAS P-MEDIANAS NÃO CAPACITADO: COMPARAÇÃO DE ALGUMAS TÉCNICAS HEURÍSTICAS**. Orientador: Antônio Sérgio Coelho. 2009. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Mestrado, Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93234>. Acesso em: 1 jun. 2019.

HUDSON, Mike. **Administrando Organizações do Terceiro Setor**. São Paulo: Pearson Education, 1995. 309 p. (853461017-7). Tradução de James F. Sunderland Cook.

IPEA (Brasília). Felix Garcia Lopez (org.). **Perfil das organizações da sociedade civil no Brasil**. Brasília: Ipea, 2018. 176 p. Disponível em: <https://mapaosc.ipea.gov.br/pdf/publicacao-IPEA-perfil-osc-Brasil.pdf>. Acesso em: 24 maio 2019.

IPEA (Brasília). Felix Garcia Lopez (Org.). **Texto para discussão: A Participação das ONGS nas Políticas Públicas: o ponto de vista de gestores federais**. Brasília: Ipea, 2014. 31 p. (1415-4765). Disponível em: <https://mapaosc.ipea.gov.br/cms/arquivos/publications/1019-24179-2.pdf>. Acesso em: 25 maio 2019.

JUNIOR, Rodolfo Rank; SANTOS, Leonardo Bacelar Lima. Análise Iterativa Dos Problemas De P-Centros E P-Mediana Para Um Crescente Número De Facilidades. *In*: BRAZILIAN CONFERENCE ON DYNAMICS, CONTROL AND THEIR APPLICATIONS, 9., 2010, Serra Negra-SP. **ANÁLISE ITERATIVA DOS PROBLEMAS DE P-CENTROS E P-MEDIANAS PARA UM CRESCENTE NÚMERO DE FACILIDADES: ESTUDO DE CASO NA EPIDEMIA DE DENGUE, SALVADOR, 1995** [...]. Serra Negra: [S. N.], 2010. P. 856-862.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 312 p. ISBN 9788522447626.

MARMENTINI, Gabriel; SELL, Denilson. Gestão do conhecimento no terceiro setor: um diagnóstico de três organizações da sociedade civil. **NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia**, Florianópolis, Santa Catarina, 2018.

MOGHADAM, Ali Mokhtari *et al.* Solving a Capacitated p-Median Location Allocation Problem Using Genetic Algorithm: A Case Study. **Advanced Materials Research Vol.**, Switzerland, ano 2014, v. 845, p. 569-573, 2014.

NEMATIAN, Javad ; MUSAVI, M.Mohammad. Uncapacitated phub center problem under uncertainty. **Journal of Industrial and Systems Engineering**, Winter, ano 2016, v. 9, p. 23-39, 2016.

NETO, Reinaldo Morabito; PUREZA, Vitória. Modelagem e Simulação. *In*: MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. cap. 8, p. 169-198. ISBN 9788535248913.

PIZZOLATO, Nelio Domingues; RAUPP, Fernanda M. P.; ALZAMORA, Guina Sotomayor. Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, Rio de Janeiro/RJ, v. 4, n. 1, p. 13-42, 2012.

SALAMON, Lester M. PUTTING THE CIVIL SOCIETY SECTOR ON THE ECONOMIC MAP OF THE WORLD. **Annals of Public and Cooperative Economics**, [S. l.], 2010.

SALAMON, Lester M.; ANHEIER, Helmut K. “The Third World’s Third Sector in Comparative Perspective. **Working Papers of the Johns Hopkins Comparative Nonprofit Sector Project**, Baltimore, ed. 24, 1997.

SALOMON, Délcio Vieira. **Como fazer uma monografia**. 11. ed. rev. e atual. São Paulo: Martins Fontes, 2004. 425 p. ISBN 8533619588.

SHARIFF, S.S. Radiah ; MOIN, Noor Hasnah; OMAR, Mohd. Location allocation modeling for healthcare facility planning in Malaysia. **Computers & Industrial Engineering**, [S. l.], ano 2012, v. 62, p. 1000-1010, 2012.

TACHIZAWA, Takeshy. **Organizações não governamentais e Terceiro setor: criação de ONGs e estratégias de atuação**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 339 p. (9788522445820).

TEIXEIRA, João C.; ANTUNES, António P. A hierarchical location model for public facility planning. **European Journal of Operational Research**, Coimbra, n. 185, p. 92-104, 2008.

TEWARI, Vinod K.; JENA, Sidheswar. High school location decision making in rural India and location-allocation models. *In: Spatial analysis and location-allocation models*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1987. cap. 6, p. 137-161. ISBN 0442228031.

TONDOLO, Rosana da Rosa Portella et al. Transparência no Terceiro Setor: uma proposta de construto e mensuração. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO, 15., 2015, Caxias do Sul. **Anais...** . Caxias do Sul: Ucs, 2015. p. 1 - 17. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/mostraucsppga/xvmostrappga/paper/view/4073>>. Acesso em: 25 maio 2019.

YE, Lin; YE, Chunming; CHUANG, Yi Fei. Location set covering for waste resource recycling centers in Taiwan. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 55, p. 979-985, 2011.

APÊNDICE A – RELAÇÃO DE CIDADES APTAS A RECEBEREM TURMAS

Quadro 6 Relação de cidades aptas a sediarem uma turma do programa Embaixadores Politize!

Cidade	UF	Cidade	UF	Cidade	UF
Rio Branco	AC	Bonito	MS	Mossoró	RN
Maceió	AL	Campo Grande	MS	Natal	RN
Manaus	AM	Dourados	MS	Porto Velho	RO
Macapá	AP	Três Lagoas	MS	Boa Vista	RR
Ilhéus	BA	Rondonópolis	MT	Caxias Do Sul	RS
Paulo Afonso	BA	Sorriso	MT	Passo Fundo	RS
Salvador	BA	Cuiabá	MT	Porto Alegre	RS
Vitória Da Conquista	BA	Altamira	PA	Santo Ângelo	RS
Fortaleza	CE	Belém	PA	Chapecó	SC
Juazeiro Do Norte	CE	Carajás	PA	Florianópolis	SC
Brasília	DF	Marabá	PA	Jaguaruna	SC
Vitória	ES	Santarém	PA	Joinville	SC
Goiânia	GO	Campina Grande	PB	Navegantes	SC
Rio Verde	GO	João Pessoa	PB	Aracaju	SE
Imperatriz	MA	Petrolina	PE	Araçatuba	SP
São Luís	MA	Recife	PE	Bauru	SP
Belo Horizonte	MG	Teresina	PI	Campinas	SP
Governador Valadares	MG	Cascavel	PR	Marília	SP
Ipatinga	MG	Curitiba	PR	Presidente Prudente	SP
Juiz De Fora	MG	Foz Do Iguaçu	PR	Ribeirão Preto	SP
Montes Claros	MG	Londrina	PR	São José Do Rio Preto	SP
Uberaba	MG	Maringá	PR	São José Dos Campos	SP
Uberlândia	MG	Pato Branco	PR	São Paulo	SP
Varginha	MG	Ponta Grossa	PR	Araguaína	TO
		Toledo	PR	Palmas	TO
		Campos Dos Goytacazes	RJ		
		Rio De Janeiro	RJ		

Fonte: o Autor (2019).

APÊNDICE B – RELAÇÃO DE CIDADES COM VOLUNTÁRIOS

Quadro 7 Relação e número de voluntários por cidade.

Cidade	UF	Nº de voluntários	Cidade	UF	Nº de voluntários	Cidade	UF	Nº de voluntários
Rio Branco	AC	2	Eldorado dos Carajás	PA	1	Barra Velha	SC	1
Rio Largo	AL	1	Parauapebas	PA	1	Blumenau	SC	1
Manacapuru	AM	1	Santarém	PA	1	Florianópolis	SC	2
Manaus	AM	8	João Pessoa	PB	1	Joinville	SC	2
Laranjal do Jari	AP	1	Caruaru	PE	1	São José	SC	2
Alagoinhas	BA	1	Jaboatão dos Guararapes	PE	1	Barueri	SP	1
Feira de Santana	BA	1	Lagoa de Itaenga	PE	1	Carapicuíba	SP	1
Paulo Afonso	BA	1	Recife	PE	2	Catanduva	SP	1
Salvador	BA	9	Toritama	PE	1	Cotia	SP	1
Beberibe	CE	1	Campo Magro	PR	1	Cubatão	SP	1
Quixeré	CE	1	Curitiba	PR	5	Guarulhos	SP	1
Brasília	DF	13	Fazenda Rio Grande	PR	1	Hortolândia	SP	2
Vitória	ES	1	Francisco Beltrão	PR	1	Itapeva	SP	1
Cidade Ocidental	GO	1	Maringá	PR	1	Jundiá	SP	1
Goiânia	GO	2	Morretes	PR	1	Marília	SP	1
Luziânia	GO	1	Ponta Grossa	PR	2	Osasco	SP	1
São Luís	MA	2	Rolândia	PR	1	Praia Grande	SP	1
Araguari	MG	1	São José dos Pinhais	PR	2	Ribeirão Preto	SP	1
Belo Horizonte	MG	3	Cabo Frio	RJ	1	Santa Isabel	SP	1
Ipatinga	MG	1	Petrópolis	RJ	2	Santo André	SP	1
Itabira	MG	1	Rio de Janeiro	RJ	7	Santos	SP	2
Juiz de Fora	MG	1	Valença	RJ	1	São Bernardo do Campo	SP	2
Machado	MG	1	Volta Redonda	RJ	1	São Carlos	SP	2
Pouso Alegre	MG	1	Natal	RN	1	São Paulo	SP	12
Sacramento	MG	1	Guajará-Mirim	RO	1	Sorocaba	SP	1
Uberlândia	MG	3	Boa Vista	RR	1	Taboão da Serra	SP	1
Vespasiano	MG	1	Gramado	RS	1	Vinhedo	SP	1
Dourados	MS	2	Pelotas	RS	1	Gurupi	TO	1
Cuiabá	MT	2	Porto Alegre	RS	1	Tocantinópolis	TO	1
Belém	PA	1	Balneário Camboriú	SC	2			

Fonte: o Autor (2019)

APÊNDICE C – QUADRO DE CUSTOS DE DESLOCAMENTO

A coleta dos custos de deslocamento ficou sistematizada em um Quadro com 76 linhas e 89 colunas, totalizando 6764 valores. Dada sua dimensão, optou-se por colocar apenas as 5 primeiras colunas.

Quadro 8 Custos de deslocamento entre cidades com voluntários e cidades aptas a receberem formações.

(continua)

Cidades aptas a receberem formações	Cidades com voluntários				
	Algoíneas	Araguari	Balneário Camboriú	Barra Velha	Barueri
Rio Branco	R\$ 1.591,18	R\$ 1.349,43	R\$ 1.616,00	R\$ 1.626,00	R\$ 1.137,80
Maceió	R\$ 772,58	R\$ 1.507,63	R\$ 1.216,60	R\$ 1.226,60	R\$ 938,00
Manaus	R\$ 1.165,58	R\$ 922,03	R\$ 1.129,20	R\$ 1.139,20	R\$ 803,80
Macapá	R\$ 1.523,98	R\$ 1.087,43	R\$ 1.014,40	R\$ 1.024,40	R\$ 921,40
Ilhéus	R\$ 82,99	R\$ 1.728,83	R\$ 1.457,40	R\$ 1.467,40	R\$ 905,20
Paulo Afonso	R\$ 177,56	R\$ 2.241,83	R\$ 2.517,00	R\$ 2.547,00	R\$ 1.588,80
Salvador	R\$ 62,38	R\$ 855,63	R\$ 701,20	R\$ 731,20	R\$ 511,40
Vitória Da Conquista	R\$ 142,40	R\$ 1.488,83	R\$ 900,20	R\$ 910,20	R\$ 609,20
Fortaleza	R\$ 512,98	R\$ 984,83	R\$ 973,60	R\$ 983,60	R\$ 840,20
Juazeiro Do Norte	R\$ 1.189,58	R\$ 2.138,03	R\$ 1.262,80	R\$ 1.272,80	R\$ 945,60
Brasília	R\$ 673,78	R\$ 184,86	R\$ 544,60	R\$ 554,60	R\$ 369,40
Vitória	R\$ 514,98	R\$ 660,03	R\$ 534,60	R\$ 544,60	R\$ 288,00
Goiânia	R\$ 695,58	R\$ 195,73	R\$ 730,40	R\$ 740,40	R\$ 373,40
Rio Verde	R\$ 1.775,38	R\$ 202,43	R\$ 1.970,00	R\$ 1.980,00	R\$ 1.283,67
Imperatriz	R\$ 1.282,78	R\$ 1.428,43	R\$ 1.191,80	R\$ 1.201,80	R\$ 809,60
São Luís	R\$ 866,58	R\$ 1.012,83	R\$ 1.182,00	R\$ 1.192,00	R\$ 925,80
Belo Horizonte	R\$ 517,18	R\$ 744,83	R\$ 641,40	R\$ 651,40	R\$ 299,20
Governador Valadares	R\$ 2.252,58	R\$ 1.965,23	R\$ 2.332,40	R\$ 2.342,40	R\$ 2.155,40
Ipatinga	R\$ 1.753,58	R\$ 1.741,23	R\$ 1.938,20	R\$ 1.948,20	R\$ 1.404,40
Juiz De Fora	R\$ 1.485,58	R\$ 1.223,63	R\$ 845,00	R\$ 855,00	R\$ 628,00
Montes Claros	R\$ 1.412,18	R\$ 1.472,83	R\$ 1.481,80	R\$ 1.491,80	R\$ 811,80
Uberaba	R\$ 1.820,18	R\$ 160,07	R\$ 1.762,40	R\$ 1.772,40	R\$ 1.297,60
Uberlândia	R\$ 883,58	R\$ 34,43	R\$ 526,60	R\$ 536,60	R\$ 263,00
Varginha	R\$ 1.548,18	R\$ 1.616,83	R\$ 1.809,60	R\$ 1.819,60	R\$ 216,50
Bonito	R\$ 2.381,58	R\$ 2.013,43	R\$ 1.817,40	R\$ 1.827,40	R\$ 2.152,07
Campo Grande	R\$ 893,18	R\$ 555,83	R\$ 715,00	R\$ 725,00	R\$ 341,00
Dourados	R\$ 1.927,98	R\$ 1.941,03	R\$ 1.731,40	R\$ 1.741,40	R\$ 839,80
Três Lagoas	R\$ 2.096,78	R\$ 2.400,43	R\$ 1.868,20	R\$ 1.878,20	R\$ 1.463,47

APÊNDICE C – QUADRO DE CUSTOS DE DESLOCAMENTO

(continuação)

Cidades aptas a receberem formações	Cidades com voluntários				
	Alagoinhas	Araguari	Balneário Camboriú	Barra Velha	Barueri
Rondonópolis	R\$ 2.445,18	R\$ 2.417,23	R\$ 2.091,00	R\$ 2.101,00	R\$ 1.418,07
Sorriso	R\$ 2.242,78	R\$ 2.214,83	R\$ 2.222,80	R\$ 2.232,80	R\$ 1.680,20
Cuiabá	R\$ 869,98	R\$ 1.523,83	R\$ 891,60	R\$ 901,60	R\$ 464,00
Altamira	R\$ 2.224,78	R\$ 2.504,43	R\$ 2.248,40	R\$ 2.258,40	R\$ 2.347,80
Belém	R\$ 863,78	R\$ 653,03	R\$ 815,60	R\$ 825,60	R\$ 749,80
Carajás	R\$ 1.315,98	R\$ 2.714,23	R\$ 2.035,40	R\$ 2.045,40	R\$ 1.120,40
Marabá	R\$ 1.230,38	R\$ 925,83	R\$ 1.085,80	R\$ 1.095,80	R\$ 796,80
Santarém	R\$ 885,78	R\$ 1.076,23	R\$ 1.111,00	R\$ 1.121,00	R\$ 835,40
Campina Grande	R\$ 1.567,18	R\$ 2.003,63	R\$ 1.334,80	R\$ 1.344,80	R\$ 1.163,60
João Pessoa	R\$ 864,38	R\$ 1.267,83	R\$ 878,60	R\$ 888,60	R\$ 1.229,40
Petrolina	R\$ 574,18	R\$ 1.952,03	R\$ 1.309,80	R\$ 1.319,80	R\$ 919,20
Recife	R\$ 514,78	R\$ 1.222,23	R\$ 924,00	R\$ 934,00	R\$ 884,40
Teresina	R\$ 924,58	R\$ 1.063,23	R\$ 1.074,80	R\$ 1.084,80	R\$ 854,40
Cascavel	R\$ 871,38	R\$ 1.534,43	R\$ 1.201,60	R\$ 1.211,60	R\$ 522,60
Curitiba	R\$ 796,18	R\$ 370,43	R\$ 104,10	R\$ 95,20	R\$ 201,98
Foz Do Iguaçu	R\$ 803,58	R\$ 952,03	R\$ 919,40	R\$ 929,40	R\$ 439,60
Londrina	R\$ 749,18	R\$ 585,83	R\$ 653,00	R\$ 663,00	R\$ 371,20
Maringá	R\$ 1.057,58	R\$ 746,43	R\$ 691,40	R\$ 701,40	R\$ 317,80
Pato Branco	R\$ 2.155,38	R\$ 1.795,23	R\$ 1.893,60	R\$ 1.903,60	R\$ 1.647,00
Ponta Grossa	R\$ 1.340,18	R\$ 893,83	R\$ 170,87	R\$ 233,44	R\$ 720,27
Toledo	R\$ 2.106,98	R\$ 2.694,83	R\$ 2.217,20	R\$ 2.227,20	R\$ 1.519,00
Campos Dos Goytacazes	R\$ 2.167,18	R\$ 1.899,83	R\$ 1.958,00	R\$ 1.968,00	R\$ 2.024,00
Rio De Janeiro	R\$ 678,78	R\$ 456,03	R\$ 541,60	R\$ 551,60	R\$ 428,20
Mossoró	R\$ 1.290,78	R\$ 1.846,23	R\$ 2.008,20	R\$ 2.018,20	R\$ 1.915,40
Natal	R\$ 725,98	R\$ 1.193,03	R\$ 1.105,20	R\$ 1.115,20	R\$ 972,20
Porto Velho	R\$ 1.319,18	R\$ 1.548,03	R\$ 1.135,00	R\$ 1.145,00	R\$ 1.030,40
Boa Vista	R\$ 1.500,18	R\$ 1.370,83	R\$ 1.260,40	R\$ 1.270,40	R\$ 1.174,80
Caxias Do Sul	R\$ 1.156,58	R\$ 1.143,23	R\$ 238,56	R\$ 283,66	R\$ 695,00
Passo Fundo	R\$ 999,38	R\$ 1.424,43	R\$ 1.280,60	R\$ 1.290,60	R\$ 481,40
Porto Alegre	R\$ 878,78	R\$ 487,43	R\$ 603,80	R\$ 613,80	R\$ 381,40
Santo Ângelo	R\$ 2.150,98	R\$ 1.908,03	R\$ 1.676,00	R\$ 1.686,00	R\$ 1.697,00
Chapecó	R\$ 996,38	R\$ 1.324,83	R\$ 768,40	R\$ 778,40	R\$ 515,00
Florianópolis	R\$ 920,38	R\$ 481,63	R\$ 72,15	R\$ 101,24	R\$ 324,80
Jaguaruna	R\$ 1.352,58	R\$ 844,63	R\$ 131,20	R\$ 176,30	R\$ 446,60
Joinville	R\$ 944,58	R\$ 526,23	R\$ 87,91	R\$ 38,92	R\$ 378,40
Navegantes	R\$ 763,58	R\$ 558,43	R\$ 20,00	R\$ 30,00	R\$ 371,40
Aracaju	R\$ 141,08	R\$ 1.455,43	R\$ 1.145,00	R\$ 1.155,00	R\$ 831,00
Araçatuba	R\$ 940,58	R\$ 1.302,03	R\$ 729,80	R\$ 739,80	R\$ 481,20
Bauru	R\$ 853,38	R\$ 472,23	R\$ 557,00	R\$ 567,00	R\$ 230,25
Campinas	R\$ 687,78	R\$ 1.061,23	R\$ 607,60	R\$ 617,60	R\$ 90,47
Marília	R\$ 1.233,58	R\$ 1.550,83	R\$ 943,60	R\$ 953,60	R\$ 277,25

APÊNDICE C – QUADRO DE CUSTOS DE DESLOCAMENTO

(conclusão)

Cidades aptas a receberem formações	Cidades com voluntários				
	Alagoinhas	Araguari	Balneário Camboriú	Barra Velha	Barueri
Presidente Prudente	R\$ 937,98	R\$ 736,43	R\$ 760,80	R\$ 770,80	R\$ 373,00
Ribeirão Preto	R\$ 912,58	R\$ 165,68	R\$ 613,80	R\$ 623,80	R\$ 210,72
São José Do Rio Preto	R\$ 861,78	R\$ 175,24	R\$ 594,20	R\$ 604,20	R\$ 310,80
São José Dos Campos	R\$ 1.720,38	R\$ 1.508,03	R\$ 1.620,00	R\$ 1.630,00	R\$ 85,25
São Paulo	R\$ 551,78	R\$ 323,43	R\$ 369,40	R\$ 379,40	R\$ 22,00
Araguaína	R\$ 1.109,38	R\$ 1.155,63	R\$ 1.581,20	R\$ 1.591,20	R\$ 631,80
Palmas	R\$ 1.083,98	R\$ 1.064,23	R\$ 1.015,00	R\$ 1.025,00	R\$ 712,00

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE D – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO ÓTIMA**

Quadro 9 Cidades de voluntários alocados por turma na solução ótima.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Salvador	Salvador	Curitiba	Uberlândia
Belo Horizonte	Brasília	Salvador	São Luís	São Paulo	Barueri
Belo Horizonte	Cabo Frio	Salvador	Toritama	São Paulo	Carapicuíba
Belo Horizonte	Cidade Ocidental	Manaus	Belém	São Paulo	Catanduva
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Manaus	Boa Vista	São Paulo	Cotia
Belo Horizonte	Ipatinga	Manaus	Guajará-Mirim	São Paulo	Cubatão
Belo Horizonte	Itabira	Manaus	Manacapuru	São Paulo	Cuiabá
Belo Horizonte	Juiz De Fora	Manaus	Manaus	São Paulo	Dourados
Belo Horizonte	Luziânia	Manaus	Rio Branco	São Paulo	Goiânia
Belo Horizonte	Machado	Manaus	Santarém	São Paulo	Guarulhos
Belo Horizonte	Parauapebas	Curitiba	Araguari	São Paulo	Hortolândia
Belo Horizonte	Petrópolis	Curitiba	Balneário Camboriú	São Paulo	Jundiaí
Belo Horizonte	Pouso Alegre	Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Laranjal Do Jari
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	Curitiba	Blumenau	São Paulo	Marília
Belo Horizonte	Sacramento	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Osasco
Belo Horizonte	Valença	Curitiba	Curitiba	São Paulo	Praia Grande
Belo Horizonte	Vespasiano	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Ribeirão Preto
Belo Horizonte	Volta Redonda	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Santa Isabel
Salvador	Alagoinhas	Curitiba	Gramado	São Paulo	Santo André
Salvador	Beberibe	Curitiba	Gurupi	São Paulo	Santos
Salvador	Caruaru	Curitiba	Itapeva	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Salvador	Feira De Santana	Curitiba	Joinville	São Paulo	São Carlos
Salvador	Jaboatão Dos Guararapes	Curitiba	Maringá	São Paulo	São Paulo
Salvador	João Pessoa	Curitiba	Morretes	São Paulo	Sorocaba
Salvador	Lagoa De Itaenga	Curitiba	Pelotas	São Paulo	Taboão Da Serra
Salvador	Natal	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Tocantinópolis
Salvador	Paulo Afonso	Curitiba	Porto Alegre	São Paulo	Vinhedo
Salvador	Quixeré	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Vitória
Salvador	Recife	Curitiba	São José		
Salvador	Rio Largo	Curitiba	São José Dos Pinhais		

Fonte: o Autor (2019).

APÊNDICE E – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA CONFIGURAÇÃO ADOTADA PELA ORGANIZAÇÃO

Quadro 10 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração adotada pela organização.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Brasília	Araguari	Salvador	Recife	São Paulo	Cubatão
Brasília	Belém	Salvador	Salvador	São Paulo	Cuiabá
Brasília	Belo Horizonte	Salvador	Toritama	São Paulo	Dourados
Brasília	Brasília	Manaus	Boa Vista	São Paulo	Gramado
Brasília	Cidade Ocidental	Manaus	Eldorado Dos Carajás	São Paulo	Guarulhos
Brasília	Cuiabá	Manaus	Guajará-Mirim	São Paulo	Hortolândia
Brasília	Goiânia	Manaus	Laranjal Do Jari	São Paulo	Itapeva
Brasília	Gurupi	Manaus	Manacapuru	São Paulo	Juiz De Fora
Brasília	Ipatinga	Manaus	Manaus	São Paulo	Jundiá
Brasília	Itabira	Manaus	Rio Branco	São Paulo	Machado
Brasília	Jaboatão Dos Guararapes	Manaus	Santarém	São Paulo	Marília
Brasília	Luziânia	Curitiba	Balneário Camboriú	São Paulo	Osasco
Brasília	Parauapebas	Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Petrópolis
Brasília	Quixeré	Curitiba	Blumenau	São Paulo	Pouso Alegre
Brasília	Rio Largo	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Praia Grande
Brasília	Sacramento	Curitiba	Curitiba	São Paulo	Recife
Brasília	São José	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Ribeirão Preto
Brasília	São Luís	Curitiba	Florianópolis	São Paulo	Rio De Janeiro
Brasília	Tocantinópolis	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Rolândia
Brasília	Uberlândia	Curitiba	Joinville	São Paulo	Santa Isabel
Brasília	Vinhedo	Curitiba	Maringá	São Paulo	Santo André
Brasília	Vitória	Curitiba	Morretes	São Paulo	Santos
Salvador	Alagoinhas	Curitiba	Pelotas	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Salvador	Beberibe	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	São Carlos
Salvador	Caruaru	Curitiba	Porto Alegre	São Paulo	São Luís
Salvador	Feira De Santana	Curitiba	São José	São Paulo	São Paulo
Salvador	Guajará-Mirim	Curitiba	São José Dos Pinhais	São Paulo	Sorocaba
Salvador	João Pessoa	São Paulo	Barueri	São Paulo	Taboão Da Serra
Salvador	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Cabo Frio	São Paulo	Uberlândia
Salvador	Manaus	São Paulo	Carapicuíba	São Paulo	Valença
Salvador	Natal	São Paulo	Catanduva	São Paulo	Vespasiano
Salvador	Paulo Afonso	São Paulo	Cotia	São Paulo	Volta Redonda

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE F – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA NA SEÇÃO 4.3**

Quadro 11 Cidades de voluntários alocados por turma na solução com capacidade entre 0 e 60 voluntários.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Manaus	Belém	Curitiba	Itapeva	São Paulo	Gramado
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Joinville	São Paulo	Guarulhos
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	Morretes	São Paulo	Hortolândia
Manaus	Manacapuru	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Jundiaí
Manaus	Manaus	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Laranjal do Jari
Manaus	Rio Branco	Curitiba	São José	São Paulo	Machado
Manaus	Santarém	Curitiba	São José dos Pinhais	São Paulo	Marília
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Maringá
Belo Horizonte	Brasília	Salvador	Beberibe	São Paulo	Osasco
Belo Horizonte	Cabo Frio	Salvador	Caruaru	São Paulo	Pelotas
Belo Horizonte	Cidade Ocidental	Salvador	Feira de Santana	São Paulo	Porto Alegre
Belo Horizonte	Eldorado dos Carajás	Salvador	Jaboatão dos Guararapes	São Paulo	Pouso Alegre
Belo Horizonte	Ipatinga	Salvador	João Pessoa	São Paulo	Praia Grande
Belo Horizonte	Itabira	Salvador	Lagoa de Itaenga	São Paulo	Ribeirão Preto
Belo Horizonte	Juiz de Fora	Salvador	Natal	São Paulo	Santa Isabel
Belo Horizonte	Luziânia	Salvador	Paulo Afonso	São Paulo	Santo André
Belo Horizonte	Parauapebas	Salvador	Quixeré	São Paulo	Santos
Belo Horizonte	Petrópolis	Salvador	Recife	São Paulo	São Bernardo do Campo
Belo Horizonte	Rio de Janeiro	Salvador	Rio Largo	São Paulo	São Carlos
Belo Horizonte	Sacramento	Salvador	Salvador	São Paulo	São Paulo
Belo Horizonte	Valença	Salvador	São Luís	São Paulo	Sorocaba
Belo Horizonte	Vespasiano	Salvador	Toritama	São Paulo	Taboão da Serra
Curitiba	Balneário Camboriú	São Paulo	Araguari	São Paulo	Tocantinópolis
Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Barueri	São Paulo	Uberlândia
Curitiba	Blumenau	São Paulo	Carapicuíba	São Paulo	Vinhedo
Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Catanduva	São Paulo	Vitória
Curitiba	Curitiba	São Paulo	Cotia	São Paulo	Volta Redonda
Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Cubatão		
Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Cuiabá		
Curitiba	Florianópolis	São Paulo	Dourados		
Curitiba	Gurupi	São Paulo	Goiânia		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE G – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA COM 4 TURMAS**

Quadro 12 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 4 turmas.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Brasília	Araguari	Curitiba	Gramado	São Paulo	Barueri
Brasília	Belém	Curitiba	Gurupi	São Paulo	Carapicuíba
Brasília	Belo Horizonte	Curitiba	Itapeva	São Paulo	Catanduva
Brasília	Brasília	Curitiba	Joinville	São Paulo	Cotia
Brasília	Cidade Ocidental	Curitiba	Maringá	São Paulo	Cubatão
Brasília	Cuiabá	Curitiba	Morretes	São Paulo	Cuiabá
Brasília	Goiânia	Curitiba	Parauapebas	São Paulo	Dourados
Brasília	Guajará-Mirim	Curitiba	Pelotas	São Paulo	Guarulhos
Brasília	Itabira	Curitiba	Petrópolis	São Paulo	Hortolândia
Brasília	Laranjal Do Jari	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Ipatinga
Brasília	Luziânia	Curitiba	Porto Alegre	São Paulo	Juiz De Fora
Brasília	Manacapuru	Curitiba	Rio De Janeiro	São Paulo	Jundiaí
Brasília	Manaus	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Machado
Brasília	Rio Branco	Curitiba	São José	São Paulo	Marília
Brasília	Rio De Janeiro	Curitiba	São José Dos Pinhais	São Paulo	Osasco
Brasília	Tocantinópolis	Curitiba	Vitória	São Paulo	Pouso Alegre
Brasília	Uberlândia	Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Praia Grande
Brasília	Valença	Salvador	Beberibe	São Paulo	Ribeirão Preto
Brasília	Vespasiano	Salvador	Caruaru	São Paulo	Sacramento
Curitiba	Balneário Camboriú	Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Santa Isabel
Curitiba	Barra Velha	Salvador	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Santo André
Curitiba	Blumenau	Salvador	João Pessoa	São Paulo	Santos
Curitiba	Boa Vista	Salvador	Lagoa De Itaenga	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Curitiba	Cabo Frio	Salvador	Natal	São Paulo	São Carlos
Curitiba	Campo Magro	Salvador	Paulo Afonso	São Paulo	São Paulo
Curitiba	Curitiba	Salvador	Quixeré	São Paulo	Sorocaba
Curitiba	Eldorado Dos Carajás	Salvador	Recife	São Paulo	Taboão Da Serra
Curitiba	Fazenda Rio Grande	Salvador	Rio Largo	São Paulo	Vinhedo
Curitiba	Florianópolis	Salvador	Salvador	São Paulo	Volta Redonda
Curitiba	Francisco Beltrão	Salvador	Santarém		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE H – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA COM 6 TURMAS**

Quadro 13 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 6 turmas.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Manaus	Belém	Curitiba	Maringá	Salvador	Toritama
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Morretes	São Paulo	Barueri
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Carapicuíba
Manaus	Manacapuru	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Catanduva
Manaus	Manaus	Curitiba	São José	São Paulo	Cotia
Manaus	Rio Branco	Curitiba	São José Dos Pinhais	São Paulo	Cubatão
Manaus	Santarém	Brasília	Araguari	São Paulo	Cuiabá
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Brasília	Brasília	São Paulo	Dourados
Belo Horizonte	Cabo Frio	Brasília	Cidade Ocidental	São Paulo	Gramado
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Brasília	Cuiabá	São Paulo	Guarulhos
Belo Horizonte	Ipatinga	Brasília	Goiânia	São Paulo	Hortolândia
Belo Horizonte	Itabira	Brasília	Gurupi	São Paulo	Jundiá
Belo Horizonte	Juiz De Fora	Brasília	Laranjal Do Jari	São Paulo	Marília
Belo Horizonte	Machado	Brasília	Luziânia	São Paulo	Osasco
Belo Horizonte	Parauapebas	Brasília	São Luís	São Paulo	Pelotas
Belo Horizonte	Petrópolis	Brasília	Tocantinópolis	São Paulo	Porto Alegre
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	Brasília	Uberlândia	São Paulo	Pouso Alegre
Belo Horizonte	Sacramento	Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Praia Grande
Belo Horizonte	Valença	Salvador	Beberibe	São Paulo	Ribeirão Preto
Belo Horizonte	Vespasiano	Salvador	Caruaru	São Paulo	Santa Isabel
Curitiba	Balneário Camboriú	Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Santo André
Curitiba	Barra Velha	Salvador	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Santos
Curitiba	Blumenau	Salvador	João Pessoa	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Curitiba	Campo Magro	Salvador	Lagoa De Itaenga	São Paulo	São Carlos
Curitiba	Curitiba	Salvador	Natal	São Paulo	São Paulo
Curitiba	Fazenda Rio Grande	Salvador	Paulo Afonso	São Paulo	Sorocaba
Curitiba	Florianópolis	Salvador	Quixeré	São Paulo	Taboão Da Serra
Curitiba	Francisco Beltrão	Salvador	Recife	São Paulo	Vinhedo
Curitiba	Itapeva	Salvador	Rio Largo	São Paulo	Vitória
Curitiba	Joinville	Salvador	Salvador	São Paulo	Volta Redonda

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE I – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (4 TURMAS)**

Quadro 14 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 4 turmas, sem restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Salvador	Paulo Afonso	São Paulo	Jundiaí
Belo Horizonte	Brasília	Salvador	Quixeré	São Paulo	Laranjal Do Jari
Belo Horizonte	Cabo Frio	Salvador	Recife	São Paulo	Machado
Belo Horizonte	Cidade Ocidental	Salvador	Rio Largo	São Paulo	Marília
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Salvador	Salvador	São Paulo	Maringá
Belo Horizonte	Ipatinga	Salvador	São Luís	São Paulo	Morretes
Belo Horizonte	Itabira	Salvador	Toritama	São Paulo	Osasco
Belo Horizonte	Juiz De Fora	São Paulo	Araguari	São Paulo	Pelotas
Belo Horizonte	Luziânia	São Paulo	Balneário Camboriú	São Paulo	Ponta Grossa
Belo Horizonte	Parauapebas	São Paulo	Barra Velha	São Paulo	Porto Alegre
Belo Horizonte	Petrópolis	São Paulo	Barueri	São Paulo	Pouso Alegre
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	São Paulo	Blumenau	São Paulo	Praia Grande
Belo Horizonte	Sacramento	São Paulo	Campo Magro	São Paulo	Ribeirão Preto
Belo Horizonte	Valença	São Paulo	Carapicuíba	São Paulo	Rolândia
Belo Horizonte	Vespasiano	São Paulo	Catanduva	São Paulo	Santa Isabel
Manaus	Belém	São Paulo	Cotia	São Paulo	Santo André
Manaus	Boa Vista	São Paulo	Cubatão	São Paulo	Santos
Manaus	Guajará-Mirim	São Paulo	Cuiabá	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Manaus	Manacapuru	São Paulo	Curitiba	São Paulo	São Carlos
Manaus	Manaus	São Paulo	Dourados	São Paulo	São José
Manaus	Rio Branco	São Paulo	Fazenda Rio Grande	São Paulo	São José Dos Pinhais
Manaus	Santarém	São Paulo	Florianópolis	São Paulo	São Paulo
Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Francisco Beltrão	São Paulo	Sorocaba
Salvador	Beberibe	São Paulo	Goiânia	São Paulo	Taboão Da Serra
Salvador	Caruaru	São Paulo	Gramado	São Paulo	Tocantinópolis
Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Guarulhos	São Paulo	Uberlândia
Salvador	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Gurupi	São Paulo	Vinhedo
Salvador	João Pessoa	São Paulo	Hortolândia	São Paulo	Vitória
Salvador	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Itapeva	São Paulo	Volta Redonda
Salvador	Natal	São Paulo	Joinville		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE J – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (6 TURMAS)**

Quadro 15 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 6 turmas, sem restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Salvador	Rio Largo	São Paulo	Marília
Belo Horizonte	Cabo Frio	Salvador	Salvador	São Paulo	Maringá
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Salvador	Toritama	São Paulo	Osasco
Belo Horizonte	Ipatinga	Curitiba	Balneário Camboriú	São Paulo	Pelotas
Belo Horizonte	Itabira	Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Porto Alegre
Belo Horizonte	Juiz De Fora	Curitiba	Blumenau	São Paulo	Pouso Alegre
Belo Horizonte	Parauapebas	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Praia Grande
Belo Horizonte	Petrópolis	Curitiba	Curitiba	São Paulo	Ribeirão Preto
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Santa Isabel
Belo Horizonte	Sacramento	Curitiba	Florianópolis	São Paulo	Santo André
Belo Horizonte	Valença	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Santos
Belo Horizonte	Vespasiano	Curitiba	Itapeva	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Manaus	Belém	Curitiba	Joinville	São Paulo	São Carlos
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Morretes	São Paulo	São Paulo
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Sorocaba
Manaus	Manacapuru	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Taboão Da Serra
Manaus	Manaus	Curitiba	São José	São Paulo	Tocantinópolis
Manaus	Rio Branco	Curitiba	São José Dos Pinhais	São Paulo	Vinhedo
Manaus	Santarém	São Paulo	Barueri	São Paulo	Vitória
Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Carapicuíba	São Paulo	Volta Redonda
Salvador	Beberibe	São Paulo	Catanduva	Brasília	Araguari
Salvador	Caruaru	São Paulo	Cotia	Brasília	Brasília
Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Cubatão	Brasília	Cidade Ocidental
Salvador	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Cuiabá	Brasília	Goiânia
Salvador	João Pessoa	São Paulo	Dourados	Brasília	Gurupi
Salvador	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Gramado	Brasília	Laranjal Do Jari
Salvador	Natal	São Paulo	Guarulhos	Brasília	Luziânia
Salvador	Paulo Afonso	São Paulo	Hortolândia	Brasília	São Luís
Salvador	Quixeré	São Paulo	Jundiaí	Brasília	Uberlândia
Salvador	Recife	São Paulo	Machado		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE K – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (7 TURMAS)**

Quadro 16 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 7 turmas, sem restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Recife	Recife	São Paulo	Marília
Belo Horizonte	Cabo Frio	Recife	Rio Largo	São Paulo	Maringá
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Recife	Toritama	São Paulo	Osasco
Belo Horizonte	Ipatinga	Curitiba	Balneário Camboriú	São Paulo	Pelotas
Belo Horizonte	Itabira	Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Porto Alegre
Belo Horizonte	Juiz De Fora	Curitiba	Blumenau	São Paulo	Pouso Alegre
Belo Horizonte	Parauapebas	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Praia Grande
Belo Horizonte	Petrópolis	Curitiba	Curitiba	São Paulo	Ribeirão Preto
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Santa Isabel
Belo Horizonte	Sacramento	Curitiba	Florianópolis	São Paulo	Santo André
Belo Horizonte	Valença	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Santos
Belo Horizonte	Vespasiano	Curitiba	Itapeva	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Manaus	Belém	Curitiba	Joinville	São Paulo	São Carlos
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Morretes	São Paulo	São Paulo
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Sorocaba
Manaus	Manacapuru	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Taboão Da Serra
Manaus	Manaus	Curitiba	São José	São Paulo	Tocantinópolis
Manaus	Rio Branco	Curitiba	São José Dos Pinhais	São Paulo	Vinhedo
Manaus	Santarém	São Paulo	Barueri	São Paulo	Vitória
Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Carapicuíba	São Paulo	Volta Redonda
Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Catanduva	Brasília	Araguari
Salvador	Salvador	São Paulo	Cotia	Brasília	Brasília
Recife	Beberibe	São Paulo	Cubatão	Brasília	Cidade Ocidental
Recife	Caruaru	São Paulo	Cuiabá	Brasília	Goiânia
Recife	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Dourados	Brasília	Gurupi
Recife	João Pessoa	São Paulo	Gramado	Brasília	Laranjal Do Jari
Recife	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Guarulhos	Brasília	Luziânia
Recife	Natal	São Paulo	Hortolândia	Brasília	São Luís
Recife	Paulo Afonso	São Paulo	Jundiaí	Brasília	Uberlândia
Recife	Quixeré	São Paulo	Machado		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE L – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (7 TURMAS)**

Quadro 17 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 7 turmas, com restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Manaus	Belém	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Santo André
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Curitiba	São Paulo	Santos
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Manaus	Manacapuru	Curitiba	Florianópolis	São Paulo	São Carlos
Manaus	Manaus	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	São Paulo
Manaus	Rio Branco	Curitiba	Itapeva	São Paulo	Sorocaba
Manaus	Santarém	Curitiba	Joinville	São Paulo	Taboão Da Serra
Recife	Beberibe	Curitiba	Morretes	São Paulo	Tocantinópolis
Recife	Caruaru	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Vinhedo
Recife	Jaboatão Dos Guararapes	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Volta Redonda
Recife	João Pessoa	Curitiba	São José	Belo Horizonte	Belo Horizonte
Recife	Lagoa De Itaenga	Curitiba	São José Dos Pinhais	Belo Horizonte	Cabo Frio
Recife	Laranjal Do Jari	São Paulo	Barueri	Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás
Recife	Natal	São Paulo	Carapicuíba	Belo Horizonte	Ipatinga
Recife	Paulo Afonso	São Paulo	Catanduva	Belo Horizonte	Itabira
Recife	Quixeré	São Paulo	Cotia	Belo Horizonte	Juiz De Fora
Recife	Recife	São Paulo	Cubatão	Belo Horizonte	Parauapebas
Recife	Rio Largo	São Paulo	Cuiabá	Belo Horizonte	Petrópolis
Recife	São Luís	São Paulo	Dourados	Belo Horizonte	Rio De Janeiro
Recife	Toritama	São Paulo	Guarulhos	Belo Horizonte	Sacramento
Brasília	Araguari	São Paulo	Hortolândia	Belo Horizonte	Valença
Brasília	Brasília	São Paulo	Jundiaí	Belo Horizonte	Vespasiano
Brasília	Cidade Ocidental	São Paulo	Machado	Salvador	Alagoinhas
Brasília	Goiânia	São Paulo	Marília	Salvador	Feira De Santana
Brasília	Gurupi	São Paulo	Maringá	Salvador	Gramado
Brasília	Luziânia	São Paulo	Osasco	Salvador	Pelotas
Brasília	Uberlândia	São Paulo	Pouso Alegre	Salvador	Porto Alegre
Curitiba	Balneário Camboriú	São Paulo	Praia Grande	Salvador	Salvador
Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Ribeirão Preto	Salvador	Vitória
Curitiba	Blumenau	São Paulo	Santa Isabel		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE M – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (8 TURMAS)**

Quadro 18 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 8 turmas, sem restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Recife	Recife	São Paulo	Praia Grande
Belo Horizonte	Cabo Frio	Recife	Rio Largo	São Paulo	Ribeirão Preto
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Recife	Toritama	São Paulo	Santa Isabel
Belo Horizonte	Ipatinga	Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Santo André
Belo Horizonte	Itabira	Curitiba	Blumenau	São Paulo	Santos
Belo Horizonte	Juiz De Fora	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Belo Horizonte	Parauapebas	Curitiba	Curitiba	São Paulo	São Carlos
Belo Horizonte	Petrópolis	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	São Paulo
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Sorocaba
Belo Horizonte	Sacramento	Curitiba	Itapeva	São Paulo	Taboão Da Serra
Belo Horizonte	Valença	Curitiba	Joinville	São Paulo	Tocantinópolis
Belo Horizonte	Vespasiano	Curitiba	Morretes	São Paulo	Vinhedo
Manaus	Belém	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Vitória
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Volta Redonda
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	São José Dos Pinhais	Brasília	Araguari
Manaus	Manacapuru	São Paulo	Barueri	Brasília	Brasília
Manaus	Manaus	São Paulo	Carapicuíba	Brasília	Cidade Ocidental
Manaus	Rio Branco	São Paulo	Catanduva	Brasília	Goiânia
Manaus	Santarém	São Paulo	Cotia	Brasília	Gurupi
Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Cubatão	Brasília	Laranjal Do Jari
Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Cuiabá	Brasília	Luziânia
Salvador	Salvador	São Paulo	Dourados	Brasília	São Luís
Recife	Beberibe	São Paulo	Guarulhos	Brasília	Uberlândia
Recife	Caruaru	São Paulo	Hortolândia	Florianópolis	Balneário Camboriú
Recife	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Jundiá	Florianópolis	Florianópolis
Recife	João Pessoa	São Paulo	Machado	Florianópolis	Gramado
Recife	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Marília	Florianópolis	Pelotas
Recife	Natal	São Paulo	Maringá	Florianópolis	Porto Alegre
Recife	Paulo Afonso	São Paulo	Osasco	Florianópolis	São José
Recife	Quixeré	São Paulo	Pouso Alegre		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE N – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (8 TURMAS)**

Quadro 19 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 8 turmas, com restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Manaus	Belém	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Osasco
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Itapeva	São Paulo	Pouso Alegre
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	Maringá	São Paulo	Praia Grande
Manaus	Manacapuru	Curitiba	Morretes	São Paulo	Ribeirão Preto
Manaus	Manaus	Curitiba	Ponta Grossa	São Paulo	Santa Isabel
Manaus	Rio Branco	Curitiba	Rolândia	São Paulo	Santo André
Manaus	Santarém	Curitiba	São José Dos Pinhais	São Paulo	Santos
Recife	Beberibe	Florianópolis	Balneário Camboriú	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Recife	Caruaru	Florianópolis	Barra Velha	São Paulo	São Carlos
Recife	Eldorado Dos Carajás	Florianópolis	Blumenau	São Paulo	São Paulo
Recife	Jaboatão Dos Guararapes	Florianópolis	Florianópolis	São Paulo	Sorocaba
Recife	João Pessoa	Florianópolis	Gramado	São Paulo	Taboão Da Serra
Recife	Lagoa De Itaenga	Florianópolis	Gurupi	São Paulo	Tocantinópolis
Recife	Laranjal Do Jari	Florianópolis	Joinville	São Paulo	Vinhedo
Recife	Natal	Florianópolis	Pelotas	Rio De Janeiro	Belo Horizonte
Recife	Parauapebas	Florianópolis	Ponta Grossa	Rio De Janeiro	Cabo Frio
Recife	Paulo Afonso	Florianópolis	Porto Alegre	Rio De Janeiro	Ipatinga
Recife	Quixeré	Florianópolis	São José	Rio De Janeiro	Itabira
Recife	Recife	São Paulo	Barueri	Rio De Janeiro	Juiz De Fora
Recife	Rio Largo	São Paulo	Carapicuíba	Rio De Janeiro	Petrópolis
Recife	Toritama	São Paulo	Catanduva	Rio De Janeiro	Rio De Janeiro
Brasília	Araguari	São Paulo	Cotia	Rio De Janeiro	Sacramento
Brasília	Brasília	São Paulo	Cubatão	Rio De Janeiro	Valença
Brasília	Cidade Ocidental	São Paulo	Cuiabá	Rio De Janeiro	Vespasiano
Brasília	Goiânia	São Paulo	Dourados	Rio De Janeiro	Volta Redonda
Brasília	Luziânia	São Paulo	Guarulhos	Salvador	Alagoinhas
Brasília	Uberlândia	São Paulo	Hortolândia	Salvador	Belo Horizonte
Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Jundiaí	Salvador	Feira De Santana
Curitiba	Curitiba	São Paulo	Machado	Salvador	Salvador
Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Marília	Salvador	São Luís
				Salvador	Vitória

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE O – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (9 TURMAS)**

Quadro 20 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 9 turmas, sem restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Recife	Toritama	São Paulo	Santos
Belo Horizonte	Cabo Frio	Curitiba	Barra Velha	São Paulo	São Bernardo Do Campo
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Curitiba	Blumenau	São Paulo	São Carlos
Belo Horizonte	Ipatinga	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	São Paulo
Belo Horizonte	Itabira	Curitiba	Curitiba	São Paulo	Sorocaba
Belo Horizonte	Juiz De Fora	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Taboão Da Serra
Belo Horizonte	Parauapebas	Curitiba	Francisco Beltrão	São Paulo	Tocantinópolis
Belo Horizonte	Petrópolis	Curitiba	Itapeva	São Paulo	Vinhedo
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	Curitiba	Joinville	São Paulo	Vitória
Belo Horizonte	Valença	Curitiba	Morretes	São Paulo	Volta Redonda
Belo Horizonte	Vespasiano	Curitiba	Ponta Grossa	Brasília	Brasília
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Rolândia	Brasília	Cidade Ocidental
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	São José Dos Pinhais	Brasília	Goiânia
Manaus	Manacapuru	São Paulo	Barueri	Brasília	Gurupi
Manaus	Manaus	São Paulo	Carapicuíba	Brasília	Laranjal Do Jari
Manaus	Rio Branco	São Paulo	Cotia	Brasília	Luziânia
Manaus	Santarém	São Paulo	Cubatão	Brasília	São Luís
Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Cuiabá	Florianópolis	Balneário Camboriú
Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Dourados	Florianópolis	Florianópolis
Salvador	Salvador	São Paulo	Guarulhos	Florianópolis	Gramado
Recife	Beberibe	São Paulo	Hortolândia	Florianópolis	Pelotas
Recife	Caruaru	São Paulo	Jundiá	Florianópolis	Porto Alegre
Recife	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Machado	Florianópolis	São José
Recife	João Pessoa	São Paulo	Marília	Uberlândia	Araguari
Recife	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Maringá	Uberlândia	Belém
Recife	Natal	São Paulo	Osasco	Uberlândia	Catanduva
Recife	Paulo Afonso	São Paulo	Pouso Alegre	Uberlândia	Ribeirão Preto
Recife	Quixeré	São Paulo	Praia Grande	Uberlândia	Sacramento
Recife	Recife	São Paulo	Santa Isabel	Uberlândia	Uberlândia
Recife	Rio Largo	São Paulo	Santo André		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE P – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (9 TURMAS)**

Quadro 21 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 9 turmas, com restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Ribeirão Preto	Araguari	Recife	Rio Largo	São Paulo	São Paulo
Ribeirão Preto	Catanduva	Recife	Toritama	São Paulo	Sorocaba
Ribeirão Preto	Hortolândia	Brasília	Brasília	São Paulo	Taboão Da Serra
Ribeirão Preto	Machado	Brasília	Cidade Ocidental	São Paulo	Tocantinópolis
Ribeirão Preto	Marília	Brasília	Goiânia	Florianópolis	Balneário Camboriú
Ribeirão Preto	Pouso Alegre	Brasília	Luziânia	Florianópolis	Barra Velha
Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	Curitiba	Campo Magro	Florianópolis	Blumenau
Ribeirão Preto	Sacramento	Curitiba	Curitiba	Florianópolis	Florianópolis
Ribeirão Preto	São Carlos	Curitiba	Fazenda Rio Grande	Florianópolis	Gramado
Ribeirão Preto	Uberlândia	Curitiba	Francisco Beltrão	Florianópolis	Gurupi
Ribeirão Preto	Vinhedo	Curitiba	Itapeva	Florianópolis	Joinville
Manaus	Belém	Curitiba	Maringá	Florianópolis	Pelotas
Manaus	Boa Vista	Curitiba	Morretes	Florianópolis	Ponta Grossa
Manaus	Guajará-Mirim	Curitiba	Ponta Grossa	Florianópolis	Porto Alegre
Manaus	Manacapuru	Curitiba	Rolândia	Florianópolis	São José
Manaus	Manaus	Curitiba	São José Dos Pinhais	Rio De Janeiro	Belo Horizonte
Manaus	Rio Branco	São Paulo	Barueri	Rio De Janeiro	Cabo Frio
Manaus	Santarém	São Paulo	Carapicuíba	Rio De Janeiro	Ipatinga
Recife	Beberibe	São Paulo	Cotia	Rio De Janeiro	Itabira
Recife	Caruaru	São Paulo	Cubatão	Rio De Janeiro	Juiz De Fora
Recife	Eldorado Dos Carajás	São Paulo	Cuiabá	Rio De Janeiro	Petrópolis
Recife	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Dourados	Rio De Janeiro	Rio De Janeiro
Recife	João Pessoa	São Paulo	Guarulhos	Rio De Janeiro	Valença
Recife	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Jundiaí	Rio De Janeiro	Volta Redonda
Recife	Laranjal Do Jari	São Paulo	Osasco	Salvador	Alagoinhas
Recife	Natal	São Paulo	Praia Grande	Salvador	Feira De Santana
Recife	Parauapebas	São Paulo	Santa Isabel	Salvador	Salvador
Recife	Paulo Afonso	São Paulo	Santo André	Salvador	São Luís
Recife	Quixeré	São Paulo	Santos	Salvador	Vespasiano
Recife	Recife	São Paulo	São Bernardo Do Campo	Salvador	Vitória

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE Q – CIDADES DE VOLUNTÁRIOS ALOCADOS POR TURMA NA
SOLUÇÃO OBTIDA SEM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE (10 TURMAS)**

Quadro 22 Cidades de voluntários alocados por turma na configuração com 10 turmas, sem restrição de capacidade.

Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada	Turma	Cidade Alocada
Belo Horizonte	Belo Horizonte	Recife	Toritama	São Paulo	Sorocaba
Belo Horizonte	Cabo Frio	Curitiba	Barra Velha	São Paulo	Taboão Da Serra
Belo Horizonte	Eldorado Dos Carajás	Curitiba	Blumenau	São Paulo	Tocantinópolis
Belo Horizonte	Ipatinga	Curitiba	Campo Magro	São Paulo	Vinhedo
Belo Horizonte	Itabira	Curitiba	Curitiba	São Paulo	Vitória
Belo Horizonte	Juiz De Fora	Curitiba	Fazenda Rio Grande	São Paulo	Volta Redonda
Belo Horizonte	Parauapebas	Curitiba	Francisco Beltrão	Brasília	Brasília
Belo Horizonte	Petrópolis	Curitiba	Itapeva	Brasília	Cidade Ocidental
Belo Horizonte	Rio De Janeiro	Curitiba	Joinville	Brasília	Goiânia
Belo Horizonte	Valença	Curitiba	Morretes	Brasília	Gurupi
Belo Horizonte	Vespasiano	Curitiba	Ponta Grossa	Brasília	Laranjal Do Jari
Manaus	Boa Vista	Curitiba	São José Dos Pinhais	Brasília	Luziânia
Manaus	Guajará-Mirim	São Paulo	Barueri	Florianópolis	Balneário Camboriú
Manaus	Manacapuru	São Paulo	Carapicuíba	Florianópolis	Florianópolis
Manaus	Manaus	São Paulo	Cotia	Florianópolis	Gramado
Manaus	Rio Branco	São Paulo	Cubatão	Florianópolis	Pelotas
Manaus	Santarém	São Paulo	Cuiabá	Florianópolis	Porto Alegre
Salvador	Alagoinhas	São Paulo	Guarulhos	Florianópolis	São José
Salvador	Feira De Santana	São Paulo	Hortolândia	Uberlândia	Araguari
Salvador	Salvador	São Paulo	Jundiá	Uberlândia	Belém
Recife	Beberibe	São Paulo	Machado	Uberlândia	Catanduva
Recife	Caruaru	São Paulo	Osasco	Uberlândia	Ribeirão Preto
Recife	Jaboatão Dos Guararapes	São Paulo	Pouso Alegre	Uberlândia	Sacramento
Recife	João Pessoa	São Paulo	Praia Grande	Uberlândia	Uberlândia
Recife	Lagoa De Itaenga	São Paulo	Santa Isabel	Maringá	Dourados
Recife	Natal	São Paulo	Santo André	Maringá	Marília
Recife	Paulo Afonso	São Paulo	Santos	Maringá	Maringá
Recife	Quixeré	São Paulo	São Bernardo Do Campo	Maringá	Rolândia
Recife	Recife	São Paulo	São Carlos	Maringá	São Luís
Recife	Rio Largo	São Paulo	São Paulo		

Fonte: o Autor (2019).

**APÊNDICE R – CÓDIGO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO
EM GAMS**

```

OPTION OPTCA = 0.0;
OPTION OPTCR = 0.0;
SETS
    I Conjunto de cidades com participantes / [Declaração das variáveis de demanda de
participantes] /
    J Conjunto de cidades com possíveis turmas / [Declaração das variáveis de possíveis
turmas] /;
ALIAS (I,K);
PARAMETERS
    D(I) Demanda de participantes na cidade I
    / [Inserir matriz de demanda de participantes por cidade aqui]
    TABLE Desloc(J,I) Custo de deslocamento do local j ao i
    [Inserir matriz de custos de deslocamento aqui]
    SCALAR Cfixo Custo Fixo de abertura de turma / [Inserir custo de abertura de turma
aqui] /;
    SCALAR NF Numero de facilitadores na turma / [Inserir número de facilitadores por
turma aqui] /;
    SCALAR CapTurMax Capacidade máxima da turma / [Inserir capacidade máxima
da turma aqui] /;
    SCALAR CapTurMin Capacidade mínima da turma / [Inserir capacidade mínima da
turma aqui] /;
    SCALAR NTurmas Numero de turmas a serem criadas / [Inserir número de turmas a
serem abertas aqui] /;
VARIABLES
    Z Funcao custo total do programa
    X(J,I) Variavel inteira que indica o numero de participantes do local I na turma J
    Y(J) Variavel binaria que indica a abertura da turma no local J ou nao;
INTEGER VARIABLE X,Y;
EQUATIONS
    FO Equacao que define a penalidade total

```


R1(I) Garantia de alocação de todos participante em uma turma
 R2(J) Restrição de capacidade máxima da turma
 R3(J) Restrição de capacidade mínima da turma
 R4 Restrição que exige a realização de N turmas;
 FO .. $Z = E = \text{SUM}(J, C_{\text{fixo}} * Y(J)) +$
 $\text{SUM}((J,I), \text{Desloc}(J,I) * X(J,I)) +$
 $\text{SUM}(J, NF * \text{Desloc}(J, 'FLORIANOPOLIS') * Y(J));$
 R1(I) .. $\text{SUM}(J, X(J,I)) = E = D(I);$
 R2(J) .. $\text{SUM}(I, X(J,I)) = L = \text{CapTurMax} * Y(J);$
 R3(J) .. $\text{SUM}(I, X(J,I)) = G = \text{CapTurMin} * Y(J);$
 R4.. $\text{SUM}(J, Y(J)) = E = \text{NTurmas};$
 MODEL Linha /FO, R1, R2, R3, R4/;
 SOLVE Linha MINIMIZING Z USING MIP;
 PARAMETER Q(J) Numero de participantes alocados nos eventos da cidade J;
 $Q(J) = \text{SUM}(I, X.L(J,I));$

 DISPLAY X.L, Y.L, Q;