

Universidade do Estado do Pará

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia

Curso de Graduação em Engenharia de Produção

Orientadora: Profa. Dra. Yvelyne Bianca Lunes Santos



Ana Beatriz Zschornak Sardinha Corrêa

**LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE (UBS)
NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB)
UTILIZANDO O MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA**

Belém

2017

Ana Beatriz Zschornak Sardinha Corrêa

**LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE (UBS) NA
REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB) UTILIZANDO O
MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito para obtenção de grau em Engenharia de
Produção, Universidade do Estado do Pará.
Orientadora: Profa. Dra. Yvelyne Bianca Lunes Santos
Co-orientador: Prof. Me. Isaias de Oliveira Barbosa
Júnior.

Belém

2017



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA,
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



“LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE (UBS) NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB) UTILIZANDO O MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pela aluna **Ana Beatriz Zschornak Sardinha Correa**, em 05 de dezembro de 2017, no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará - CCNT/UEPA, e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

Dra. Yvelyne Bianca Iunes Santos – UEPA
Orientadora

Dr. José Alberto Silva de Sá - UEPA
Avaliador 1

M.Sc. Vitor William Batista Martins - UEPA
Avaliador 2

Belém/PA, 05 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a meus pais, Augusto e Juce, por todos os sacrifícios que fizeram desde que nasci para me proporcionar uma boa educação. A minha irmã, Natália, agradeço por ser a luz na minha vida que me faz mais humana, traz alegrias e dá forças para que continue buscando meus objetivos. Agradeço por todo o apoio e incentivo que me deram para que hoje pudesse estar finalizando a graduação.

A minha orientadora, Prof. Dr. Yveline Bianca lunes Santos, agradeço por todo o auxílio, dedicação e paciência para o desenvolvimento desse trabalho. Ao meu coorientador, Prof. Me. Isaias de Oliveira Barbosa Júnior, pelo suporte e atenção que permitiram a elaboração desse projeto.

Agradeço a equipe docente e administrativa da Universidade do Estado do Pará pelo suporte durante os últimos cinco anos. Agradeço especialmente aos professores Antônio Batista, Alberto Sá, André Melo, Cláudio Serra, Ducival Pereira, Norma Beltrão e, novamente, Yveline Santos por todos os ensinamentos, incentivos e conversas durante o curso que de alguma forma contribuíram para minha formação profissional.

A todos que fizeram parte da Holística Júnior, empresa em que pude crescer e aprender imensamente, além de conhecer pessoas maravilhosas. Por fim, agradeço aos meus colegas que me acompanharam durante os últimos cinco anos, especialmente Larissa Mendes, Juliana Ranieri, Breno Pina, Gabriela Martins, Rayssa Souza, Leoni Mendes e Reinaldo Júnior. E também aos muitos que ainda vão continuar nessa jornada por mais um ano ou que resolveram seguir outros caminhos.

RESUMO

A Unidade Básica de Saúde (UBS) é a entrada principal para a rede de atenção básica a saúde do Sistema Único de Saúde (SUS). O objetivo dessas instalações é desenvolver uma atenção integralizada, por meio da promoção, proteção, manutenção e prevenção da saúde. Diante disso, este trabalho objetiva estudar a localização de Unidades Básicas de Saúde, na Região Metropolitana de Belém (RMB), utilizando o método de Máxima Cobertura a fim de propor uma base norteadora para tomadas de decisão sobre o investimento das iniciativas governamentais em instalações do SUS voltadas para a atenção básica. Para isso, foi desenvolvido um estudo de caso de caráter quantitativo em que foram coletados dados a respeito da população residente na região a fim de definir a demanda de serviços dessas instalações. Em seguida, esses dados foram tratados para a formulação e solução do modelo de Máxima Cobertura adaptado, utilizando o *software AIMMS*. Diversos cenários foram simulados, por meio da variação de parâmetros. O cenário mais otimizado mostra que, 175 UBS localizadas nos 6 municípios avaliados, podem cobrir toda a demanda (100%) a um raio máximo de 1 Km, com a distância média entre todos os pontos de demanda e as instalações de 15,79 Km. Tais resultados foram analisados e comparados com a localização real das UBS. Assim, foi constatado que ainda é necessário investir na expansão das instalações atualmente existentes para que o serviço a população seja mais acessível e otimizado.

Palavras-Chave: Problema de localização de máxima cobertura; Teoria da Localização; Unidades Básicas de Saúde.

ABSTRACT

Basic Health Unit (UBS) is the main entrance to the basic health care network of the Health Unic System (SUS). The objective of these units is to develop an integral attention, by means of health promotion, protection, maintenance and prevention. On this basis, this work aims to study Basic Health Units locations in the Belém Metropolitan Region (RMB) using the Maximal covering location method to propose a guiding base to decision making about public investments in SUS units focused on basic health care. For that, it was developed a quantitative study case in which was collected data about habitants in such region to define the demand for those units services. Following that, the data was treated for the Maximal covering location model formulation and solution, using the software AIMMS. Several scenarios were simulated by means of parameters variation. The optimized scenario shows that 175 UBS located in the 6 cities evaluated can cover the overall demand (100%) within a distance of 1 Km, in which the average distance between all the demand points and the units equals 15,79 Km. Such results were analyzed and compared with the real UBS locations. This way, it was concluded that still it is necessary to invest in the units expansion to optimize and make the services offered for the population more accessible.

Keywords: Maximal covering location problem; Location Theory; Basic Health Unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Diagrama de fases de implementação da metodologia da pesquisa	26
Figura 02 - Conversão de longitude para coordenada X do eixo cartesiano	28
Figura 03 - Conversão de latitude para coordenada Y do eixo cartesiano	29
Figura 04 - Declaração de conjuntos no <i>software AIMMS</i>	32
Figura 05 - Declaração de parâmetros no <i>software AIMMS</i>	33
Figura 06 - Declaração de variáveis no <i>software AIMMS</i>	34
Figura 07 - Declaração de restrições no <i>software AIMMS</i>	34
Figura 08 - Declaração da programação matemática no <i>software AIMMS</i>	35
Figura 09 - Procedimento para importação de dados para o <i>software AIMMS</i>	35
Figura 10 - Amostra de dados do parâmetro $d(i,j)$	36
Figura 11 - Setores Censitários da Região Metropolitana de Belém.....	38
Figura 12 - Pontos de demanda da população na região metropolitana de Belém.....	39
Figura 13 - Bolsões de demanda da população na região metropolitana de Belém.....	39
Figura 14 - . Alternativa de localizações de UBS para $P = 175$ e $S = 1$	41
Figura 15 - Localização real de Unidades Básicas de Saúde.....	42
Figura 16 - Alternativa de localizações de UBS para $P = 139$ e $S = 2$	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Variação da quantidade de instalações para atender a população	36
Tabela 02 - Variação de parâmetro S para simulação de cenários.....	36
Tabela 03 - Variação de parâmetro P para simulação de cenários.....	37
Tabela 04 - Distância média (DM) em Km entre pontos de demanda e localizações candidatas do modelo.....	40
Tabela 05 - Porcentagem da população coberta em cada cenário simulado.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA	14
1.4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	15
1.4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	15
1.4.3 ETAPAS DO ESTUDO	16
1.4.3.1 COLETA DE DADOS	16
1.4.3.2 MODELAGEM DO PROBLEMA.....	16
1.4.3.3 SOLUÇÃO DO MODELO	16
1.4.3.4 ANÁLISE DE RESULTADOS	16
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2 REFERÊNCIAS.....	18
2.1 UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE	18
2.2 PESQUISA OPERACIONAL	19
2.3 TEORIA DA LOCALIZAÇÃO	20
2.3.1 MODELOS BASEADOS EM MEDIANA (MÉTODO P-MEDIANAS).....	21
2.3.2 MODELOS BASEADOS EM COBERTURA	22
2.3.2.1 MÉTODO DE RECOBRIMENTO	22
2.3.2.2 MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA	23
2.3.2.3 MÉTODO DE P-CENTROS.....	24

2.4 APLICAÇÕES DO MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA	25
3 ESTUDO DE CASO	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	27
3.2 IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA.....	28
3.2.1 COLETA DE DADOS	28
3.2.2 TRATAMENTO DE DADOS	29
3.2.3 MODELAGEM MATEMÁTICA.....	31
3.2.4 SOLUÇÃO DO MODELO.....	33
3.2.5 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS.....	37
3.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	38
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS.....	46
4.2 PROPOSTAS DE ESTUDOS FUTUROS.....	47
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo deste trabalho aborda as considerações iniciais referentes ao tema estudado. Além disso, são apresentados os objetivos geral e específicos da pesquisa, bem como justificativas sobre a relevância do tema. Por fim, é introduzida a metodologia utilizada e as delimitações do estudo.

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A saúde é considerada um direito social e universal pela Constituição Federal. Baseado nisso, o Sistema Único de Saúde (SUS) começou a ser implantado na década de 1990 segundo as diretrizes de descentralização, atendimento integral e participação da sociedade (MENICUCCI, 2014). Entretanto, a acessibilidade a unidades de atendimento, tanto de atenção básica a saúde como emergenciais, não é garantido a todos. É apresentado regularmente na mídia denúncias sobre grandes filas nos hospitais e postos de saúde, falta de leitos e outras carências, confrontando as políticas universais, sendo assim necessário uma melhor racionalidade na gestão dos recursos (BOING et al., 2008).

De acordo com o Art.198 da Constituição Federal, o SUS possui dentre seus objetivos a priorização de atividades preventivas com atendimento integral, sem prejuízo dos serviços assistenciais. Infelizmente, ao tratar dos objetivos desse sistema, em geral é analisado o tratamento de pacientes, preterindo-se o propósito maior de evitar que as pessoas adoçam (CARVALHO, 2013). Teixeira et al (2013) afirma que mesmo que nos últimos anos a Atenção Primária à Saúde tenha avançado consideravelmente em relação a expansão da cobertura, acessibilidade e modelos de gestão e atenção, ainda é necessário ajustes entre a oferta de serviços e a complexa demanda da população, pois o contexto é caracterizado por desigualdades sociais, econômicas e institucionais, além de variedades entre municípios e regiões do país.

Segundo o Ministério do Planejamento, a principal porta de entrada dos usuários do SUS e centro de comunicação com a rede de Atenção à Saúde são as Unidades Básicas de Saúde (UBS). O objetivo dessas unidades é desenvolver uma atenção

integral para a saúde das pessoas e das coletividades por meio de diagnóstico, tratamento, reabilitação, manutenção e prevenção de agravos. Essas unidades constituem juntamente com as Equipes de Atenção Básica a atenção primária do Sistema Único de Saúde. Enquanto que o SAMU 192 e Unidades de Pronto Atendimento (UPA) compõem o nível intermediário de atenção, hospitais realizam atendimento de média a alta complexidade.

A tomada de decisão em relação a localização de instalações é parte do planejamento a nível estratégico de um sistema ou organização. Isso significa que essas decisões terão efeitos a longo prazo, mas devem atender a necessidade da demanda populacional atrelada aos recursos públicos disponíveis (GOUDARD et al., 2015). No caso de facilidades de saúde, a localização incorreta das mesmas afeta não apenas custos e indicadores de serviço, mas também pode estar associada a aumento de taxas de mortalidade e morbidade (AHMADI-JAVID et al., 2017). Entretanto, a maior parte das decisões de implantações de instalações de saúde é definida por pensamento dos prefeitos ou secretários municipais, ao invés de considerar métodos científicos para a decisão, como Moraes (2013) constatou em um estudo junto a prefeituras municipais de Santa Catarina.

Assim como em qualquer organização, a racionalidade de recursos no Sistema Único de Saúde (SUS) deve ser planejada em cada nível estratégico. Analisando a situação a nível global, a alocação de instalações para atendimento em pontos ideais é uma das formas de maximizar a acessibilidade aos usuários. Conforme Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014, p.270), o problema de localização do setor privado objetiva minimizar custos ou maximizar ganhos, enquanto que o setor público em geral busca atender as necessidades da sociedade como um todo. A definição de métricas em serviços de saúde da rede pública é subjetiva, pois não é possível definir os benefícios econômicos de investimento de recursos. Assim, esses problemas são comumente mensurados por meio de metas indiretas, como a maximização da cobertura ou a média mínima de distâncias que as pessoas devem percorrer até chegar nas unidades de saúde.

Diante disso, a problemática central desse estudo é: onde deveriam estar localizadas instalações de Unidades Básicas de Saúde na Região Metropolitana de

Belém (RMB) para que o serviço de atenção básica a saúde da população fosse otimizado? Um estudo de caso foi aplicado para testar e analisar os resultados da metodologia proposta. Considerou-se que a RMB é composta pelos municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, conforme classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

1.2. JUSTIFICATIVA

Considerando a Portaria nº 204/GM/MS, de 29 de janeiro de 2007, que determina a transferência de recursos federais para serviços de saúde por meio de blocos de financiamento, a Portaria Nº 2.226 de 18 de setembro de 2009, publicada no Diário Oficial da União, institui o Plano Nacional de Implantação de Unidades Básicas de Saúde para Equipes de Saúde da Família. Este plano tem como objetivo possibilitar o financiamento de UBS para fornecer infraestrutura capaz de aprimorar os serviços oferecidos e ampliar a capacidade de atendimento. Considerando-se a aprovação do Projeto de Emenda Constitucional 241, a qual prevê o congelamento de gastos públicos federais a partir de 2018, ainda que haja iniciativas municipais de implantação de novas instalações, a expectativa é de cada vez mais limitações de recursos. Dessa forma, é evidenciado que a região ainda precisa investir na expansão da Atenção Primária a Saúde, mas o planejamento deve ser mais assertivo para a otimização dos serviços.

Um estudo realizado por Silva (2015) sobre a qualidade de atendimento de UPAs aponta como um dos principais motivos de superlotação de unidades de emergência a distorção do fluxo de pacientes do SUS. Devido a deficiências na atenção básica, grande parte dessa demanda é suprida pelas unidades emergenciais. Nas duas unidades estudadas por Silva, mais de 80% dos atendimentos realizados foram classificados como não urgente ou pouco urgente, devendo estar sendo atendidos em UBS. Além disso, as UPAs não oferecem acompanhamento até o fim do tratamento. Assim, é necessário que UBS estejam mais acessíveis a população para procurarem atendimento adequado e preventivo, reduzindo também a lotação de unidades emergenciais.

Segundo o regimento da Universidade do Estado do Pará, faz parte da missão da instituição produzir conhecimentos com responsabilidade social. A produção de um estudo que permita melhorar o atendimento a população de serviços de prevenção de

doenças, assistência e acompanhamento de tratamentos é uma forma de contribuir para a qualidade de vida das pessoas. Assim, destaca-se a motivação do estudo para cumprir com o papel social da universidade com a comunidade.

1.3. OBJETIVOS

No presente trabalho foram utilizadas técnicas de Pesquisa Operacional para propor localizações de Unidades de Básicas de Saúde (UBS) na RMB e realizar uma análise comparativa com os atuais locais de postos de atendimento existentes. Dessa forma, os objetivos a seguir basearam o desenvolvimento do estudo.

1.3.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é estudar a localização de Unidades Básicas de Saúde (UBS) na Região Metropolitana de Belém (RMB) utilizando o método de Máxima Cobertura a fim de propor uma base norteadora para tomadas de decisão sobre o investimento das iniciativas governamentais em instalações do SUS voltadas para a atenção básica.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir método de localização para desenvolvimento do modelo otimizado;
- Coletar dados sobre a concentração populacional residente na RMB, quantidade e localização de atuais UBS, capacidade de UBS;
- Desenvolver e solucionar modelo de Máxima Cobertura para localização de UBS;
- Analisar resultados obtidos e realizar comparação com localização atual de instalações.

1.4. METODOLOGIA DA PESQUISA

Este item aborda primeiramente a caracterização do estudo, apresentando a classificação da pesquisa quanto à natureza, à abordagem do problema, aos objetivos e aos procedimentos técnicos. Além disso, um tópico é dedicado à delimitação do estudo, em que são expostas as principais restrições do desenvolvimento da pesquisa. Por fim, são introduzidos brevemente os procedimentos metodológicos do estudo.

1.4.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com as classificações apresentadas por Severino (2017, p.51), o estudo é caracterizado como uma pesquisa aplicada em relação a sua natureza, uma vez que se trata da busca por solução de um problema específico. Do ponto de vista da abordagem do problema, o estudo apresenta caráter quantitativo, pois traduz em números as informações referentes às localizações e a demanda dos serviços pela população. Sobre os procedimentos técnicos, o estudo é classificado como um estudo de caso, pois informações foram coletadas e analisadas para compreender uma questão social. Além disso, a pesquisa também é enquadrada como exploratória em relação ao seu objetivo, visto que se direciona à descoberta de intuições onde teorias foram aplicadas a estudo de caso (GIL, 2002, p.41).

1.4.2. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este estudo compõe um trabalho de conclusão do curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade do estado do Pará. Assim, métodos estudados na disciplina de Arranjo Físico Industrial são aplicados para analisar a questão social de investimentos públicos na área da saúde. Diante disso, o foco do estudo foram os modelos matemáticos e não foram considerados fatores qualitativos determinantes no local das instalações das UBS, como aspectos políticos, ambientais ou limitações do terreno.

Algumas das restrições da pesquisa foram os dados coletados, pois o último censo divulgado pelo IBGE é referente a 2010 e a última lista atualizada de UBS no Brasil foi publicada em 2013 no Portal Brasileiro de Dados Abertos. Também não foi divulgado o porte de cada instalação e o *software* utilizado para a solução do modelo não suportava os dados totais para importação e processamento dos mesmos. Além disso, a localização dos setores censitários foi adotada pelo primeiro ponto gerado da planilha eletrônica a partir do arquivo KML (cartograma) divulgado pelo IBGE.

1.4.3. ETAPAS DO ESTUDO

Este tópico apresenta brevemente as fases dos procedimentos metodológicos realizados para o desenvolvimento da pesquisa.

1.4.3.1. COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio do levantamento de dados sociodemográficos da região em estudo, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) para a caracterização dos pontos de demanda. Enquanto que a caracterização da situação atual de localização das facilidades foi realizada a partir dos dados disponíveis no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde.

1.4.3.2. MODELAGEM DO PROBLEMA

Primeiramente foram identificadas as áreas com suas respectivas demandas na região estudada, de acordo com o levantamento citado anteriormente. Essas informações representaram um dos principais dados de entrada para solução do modelo. A partir disso, os dados foram tratados e foi calculado o número ideal de instalações a serem localizadas, baseado nas recomendações do Ministério da Saúde. Esse resultado foi necessário para a formulação do modelo de Máxima cobertura. O modelo gerou como resultado as localizações ótimas das instalações e indicou quais instalações foram cobertas dentro do raio de cobertura estipulado.

1.4.3.3. SOLUÇÃO DO MODELO

Para a solução do modelo, primeiramente foi necessário o tratamento dos dados para conversão de unidades e agrupamento dos pontos para permitir o processamento computacional dos mesmos. O tratamento e armazenamento de dados foi realizado com o apoio do *software Microsoft Excel* e o modelo foi solucionado com o apoio do *software AIMMS*. Após a compilação do programa, o modelo foi testado por meio da variação de parâmetros para que vários cenários fossem simulados.

1.4.3.4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A primeira análise realizada foi em relação a todos os resultados gerados pelo modelo, diante da simulação de parâmetros. Assim, foi identificado o cenário ideal considerando a cobertura da população e um indicador calculado para permitir a análise objetiva das alternativas. Além disso, foram comparados os resultados do modelo com a localização de UBS existentes. Assim, baseado nos resultados analisados, foram

realizadas algumas recomendações para a expansão do atendimento desses serviços a população.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em quatro capítulos, sendo o primeiro o de introdução contendo as informações gerais sobre a pesquisa, referentes ao contexto estudado. O segundo capítulo é dedicado ao levantamento bibliográfico realizado para a exploração e compreensão dos principais conceitos que baseiam a metodologia utilizada. O terceiro capítulo apresenta detalhadamente todos os passos realizados para o desenvolvimento da metodologia, bem como a análise dos resultados obtidos. O último capítulo apresenta as considerações sobre os resultados obtidos e as propostas de estudos futuros. Ao final do trabalho são expostas as referências bibliográficas consultadas.

2. REFERENCIAS

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais fundamentos e conceitos estudados para o desenvolvimento do trabalho. Primeiramente são apresentadas as características e fatores que envolvem o tipo de instalação estudada: Unidade Básica de Saúde. Então, é introduzida a grande área, Pesquisa Operacional, na qual está inserida a temática do estudo. A seguir, são conceituados os principais modelos de localização, pois a partir desse levantamento escolheu-se o método a ser utilizado na pesquisa. Por fim, são expostos estudos de casos que também fazem uso do método de Máxima Cobertura para o desenvolvimento da pesquisa.

2.1. UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE

A Atenção Básica à Saúde é a principal porta de entrada da população para o Sistema Único de Saúde (SUS), pois segue os princípios de universalidade, acessibilidade, continuidade do tratamento, integralidade da atenção, responsabilização, humanização e participação social. As equipes de Atenção Básica, compostas dentre outras modalidades pelas Equipes de Saúde da Família (ESF), são responsáveis por desenvolver a atenção aos usuários em determinado território. Nesse contexto, as Unidades Básicas de Saúde são o local preferencial para o trabalho das equipes. Assim, esse atendimento é descentralizado e difundido pelo território nacional (DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA, 2017).

O Ministério do Planejamento (2017) afirma que o objetivo das UBS é de desenvolver uma atenção integralizada, por meio da promoção, proteção e manutenção da saúde, prevenção de agravos, diagnóstico, tratamento, redução de danos. Essas unidades oferecem atendimentos de básicos nas especialidades de Pediatria, Ginecologia, Clínica Geral, Enfermagem e Odontologia, através de serviços como consultas médicas, inalações, injeções, curativos, vacinas, coleta de exames laboratoriais, tratamento odontológico, encaminhamentos para especialidades e fornecimento de medicação básica.

Ainda segundo o Ministério do Planejamento (2017), as Unidades Básicas de Saúde possuem quatro diferentes portes: UBS I, UBS II, UBS III e UBS IV . Essas

instalações variam de acordo com a capacidade de atendimento, tendo em vista que, a UBS pode ter, no mínimo, de uma a quatro Equipes de Saúde da Família. De acordo com o Ministério da Saúde (2008), por meio do Manual de Estrutura Física das Unidades Básicas de Saúde, recomenda-se que a população coberta por cada equipe trabalhando na UBS seja de 4.000 habitantes. Além disso, é aconselhado que as UBS tenham no máximo cinco equipes, para evitar dificuldades na gestão do fluxo de atendimento de acordo com a proposta modelo de atenção recomendada pela estratégia Saúde da Família.

2.2. PESQUISA OPERACIONAL

A SOBRAPO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (2017) define Pesquisa Operacional (PO) como sendo ciência que aplica métodos analíticos avançados para apoiar decisões em diferentes áreas de atuação humana. Para Winston & Goldberg (2004, p.17), Pesquisa Operacional é uma abordagem científica sobre tomada de decisão que busca planejar e operacionalizar um sistema, geralmente sob condições de recursos escassos.

Pesquisa Operacional (PO) é um processo que começa a partir da observação e formulação minuciosa do problema, incluindo coleta de dados relevantes. Então é construído um modelo científico para encontrar a natureza real do problema. Considerando as hipóteses de que tal modelo representa suficientemente as principais características da situação e que as soluções encontradas são válidas para o problema real (HILLIER E LIEBERMAN, 2010). Segundo Formigoni et al. (2016), variáveis de decisão são entradas para formulação do modelo, uma vez que elas determinam as quantidades a serem utilizadas de cada recurso. Além disso, é um fator determinante se o objetivo é minimizar ou maximizar o recurso.

Belfiore e Fávero (2013, p.12) afirmam que a velocidade de processamento e a quantidade de memória do computador permitiram o avanço da Pesquisa Operacional, sendo assim possível a resolução de modelos cada vez mais complexos. Essa ciência vem sendo aplicada para a otimização de recursos em diferentes áreas, como segmentos industriais, comerciais, estratégias de negócios, marketing, entre outras. A aplicação de PO é utilizada em diversos campos como de engenharia de produção, matemática

aplicada, ciência da computação e gestão de negócio, tornando-se assim gradativamente um ramo multidisciplinar.

Esse trabalho segue os princípios da Pesquisa Operacional ao representar matematicamente a necessidade do atendimento à população pela rede pública de atenção básica a saúde, maximizando a utilização do recurso em questão: as Unidades Básicas de Saúde. Para tanto, foram estudados modelos clássicos da Teoria da Localização, uma das áreas estudadas em PO conforme é apresentado no próximo tópico.

2.3. TEORIA DA LOCALIZAÇÃO

A localização de instalações tem um papel crítico no delineamento estratégico de sistemas, pois podem impactar diretamente em custos e nível de serviço. Assim, técnicas de Pesquisa Operacional são importantes ferramentas de apoio a decisões desse nível de planejamento, como é o caso da Teoria da Localização. Essa área de estudo é referente a métodos de modelagem, formulação e solução de um conjunto de problemas que buscam localizar instalações em um determinado espaço.

Em geral, os problemas de localização focam em um fator fundamental. Isso vai determinar o tipo de modelo ou técnica a ser empregado para a solução do problema em questão. No caso de serviços, como facilidades de saúde que serão estudadas nesse trabalho, o ponto crítico é a acessibilidade ao local. Por isso, muitos dos modelos buscam minimizar distâncias entre a demanda até a instalação ou garantir máxima cobertura. Assim, existem várias classificações quanto ao tipo de problema estudado. Laporte et al. (2015, p.10) classifica as técnicas entre modelos básicos como de p-medianas, p-centros, problemas de recobrimentos e entre modelos avançados como de problemas de localização multicritério, problemas de hubs, modelos estocásticos, entre outros.

A seguir serão introduzidos duas categorias de modelos mais utilizados na literatura para problemas discretos de localização de facilidades. É válido ressaltar que muitos estudos utilizam mais de uma técnica de solução, sendo por combinação para atender especificidades dos problemas ou para comparar resultados e analisar alternativas.

2.3.1. MODELOS BASEADOS EM MEDIANA (MÉTODO P-MEDIANAS)

Modelos baseados em Mediana são utilizados para minimizar a média ponderada dos custos de distâncias entre pontos de demanda e facilidades em que estão atribuídos. Esses modelos também são chamados de problemas localização-alocação, pois envolvem decisões de alocação (AHMADI-JAVID et al., 2017).

A seguir é apresentado o modelo de p-Mediana de acordo com Laporte et al. (2015).

$$\text{Minimizar } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} \cdot x_{ij}$$

Sujeito a:

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

Toda a demanda em j deve ser satisfeita.

$$\sum_{i \in I} y_i = p$$

Exige que p facilidades sejam alocadas.

$$x_{ij} - y_i \leq 0 \quad \forall i \in I; j \in J$$

Demandas só podem ser alocadas em facilidades abertas.

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I$$

Variáveis de localização devem ser inteiras e binárias.

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I; j \in J$$

Variáveis atribuídas devem ser não negativas.

Onde:

p: Número de facilidades a serem alocadas.

Variáveis de decisão:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{se a facilidade é localizada no ponto candidato } i \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

x_{ij} : a fração da demanda j que é suprida pela facilidade i.

Jaccoud e Souza Filho (2011) realizaram um estudo sobre localização de Unidades de Pronto Atendimento (UPA) no município do Rio de Janeiro para apoiar decisões dos setores governamentais. A metodologia utilizada foi o modelo de

recobrimento para encontrar o número mínimo de UPAs para atender as demandas de cada bairro, seguido pela implementação do modelo das p-Medianas para diminuir as distâncias médias da população para o local de atendimento. Esse modelo avaliou diferentes cenários, considerando ou não a localização de UPAs já existentes e se a população de comunidades carentes teriam prioridade no atendimento. Os resultados constataram que algumas UPAs estão instaladas em localidades que desfavorecem certas localidades, sendo assim necessário basear as decisões de políticas públicas em estudos científicos.

2.3.2. MODELOS BASEADOS EM COBERTURA

Segundo Ahmadi-Javid et al. (2017), esses modelos consideram que a demanda precisa estar até no máximo uma distância (ou tempo) determinada das instalações de serviço. Os três tipos principais de problemas dessa categoria são problemas de recobrimento, problemas de máxima cobertura e problemas de p-centros. Essa categoria de modelos é comumente usada em casos de instalações emergenciais.

2.3.2.1. MÉTODO DE RECOBRIMENTO

Esse método é utilizado para encontrar o número mínimo de facilidades necessários para suprir a demanda ou minimizar o custo total de localização, dado um determinado nível de demanda a ser coberto. O modelo é mostrado a seguir (AHMADI-JAVID et al., 2017).

Minimizar $\sum_{j \in J} f_j \cdot x_j$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I$$

Toda a demanda deve ser satisfeita.

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J$$

Garante que as restrições são inteiras binárias.

Onde:

I: conjunto de pontos de demanda;

J: conjunto de alternativas de locais;

N_i : conjunto de todas alternativas de locais que podem cobrir ponto de demanda $i \in I$, $N_i = \{j \in J \mid d_{ij} \leq D_i\}$;

d_{ij} : o distância entre ponto de demanda $i \in I$ para a alternativa de local $j \in J$;

f_j : o custo fixo de alocar a localização $j \in J$;

D_i : distância máxima aceitável do ponto de de demanda $i \in I$;

$x_j = \begin{cases} 1 & \text{se a facilidade é localizada no ponto candidato } j \in J \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

2.3.2.2. MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA

Esse modelo consiste em propor locais para facilidades para maximizar a demanda atendida e determinar para onde cada cliente será alocado. Então o usuário será considerado coberto se estiver dentro do raio de cobertura. O método de Máximas Cobertura não faz restrições quanto a capacidade de atendimento de cada instalação e não exige que todas as áreas sejam cobertas. A formulação desse método é apresentado a seguir (Arakaki, 2002).

Maximizar $\sum_{i \in N} D_i \cdot y_i$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \quad \forall i \in N$$

Toda a demanda será atendida por uma instalação dentro do raio S .

$$\sum_{j \in M} x_j = p$$

Exige que p facilidades sejam alocadas.

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in M$$

Variáveis devem ser inteiras e binárias.

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in N$$

Variáveis devem ser inteiras e binárias.

Onde:

$N = \{1,2,\dots,n\}$: conjunto de pontos de demanda;

$M = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de possíveis facilidades;

D_i : a demanda de população da área i ;

p : número de facilidades a serem localizadas;

d_{ij} = a menor distância do nó i o nó j ;

$N_i = \{j \in J \mid d_{ij} \leq S\}$;

S : distância de serviço – a área de demanda é coberta se está dentro desta distância;

$y_i = \begin{cases} 1 & \text{se a área da demanda } i \text{ é coberta} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

$x_j = \begin{cases} 1 & \text{se a facilidade é localizada no ponto candidato } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

2.3.2.3. MÉTODO DE P-CENTROS

Esse método objetiva minimizar as maiores distâncias entre todos os pontos de demanda e as facilidades alocadas, considerando que todo ponto da demanda é coberto. Os pontos de demanda são atribuídos para a instalação mais próxima quando não há capacidades máximas de atendimento estabelecidas. O modelo é formulado a seguir (AHMADI-JAVID et al., 2017).

Minimizar L

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I$$

Garante que cada ponto de demanda é coberto por uma facilidade;

$$\sum_{j \in J} x_j = p$$

Determina o número total de facilidades;

$$\sum_{j \in N_i} d_{ij} \cdot y_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I$$

Determina a distância máxima da demanda ponderada;

$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I, j \in N_i$	Mostra que a demanda são apenas cobertos por facilidades abertas;
$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in N_i$	Variáveis devem ser inteiras e binárias;
$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J$	Variáveis devem ser inteiras e binárias.
$L \geq 0$	

Onde:

I: conjunto de pontos de demanda;

J: conjunto de alternativas de locais;

N_i : conjunto de todas alternativas de locais que podem cobrir ponto de demanda $i \in I$, $N_i = \{j \in J \mid d_{ij} \leq D_i\}$;

d_{ij} : distância entre a demanda no ponto $i \in I$ para a alternativa de local $j \in J$;

w_i : a demanda no ponto $i \in I$;

D_i : distância máxima aceitável do ponto de de demanda $i \in I$;

p : número de alternativas de locais a serem instalados;

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{se a facilidade é localizada no ponto candidato } j \in J \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

2.4. APLICAÇÕES DO MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA

O modelo de Máxima Cobertura é amplamente usado pelos autores para auxiliar a tomada de decisão em diversos tipos de problemas de localização. Esses problemas podem considerar a localização de uma ou mais instalações, tanto para objetivos financeiros quanto para objetivos voltados ao desempenho operacional. A seguir serão apresentados alguns trabalhos que utilizaram esse método para o desenvolvimento de estudo de caso.

Modelos tradicionais de cobertura de demanda favorecem áreas com densidade populacional maior, resultando em desfavorecimento de regiões como áreas rurais. Por

isso, Chanta et al. (2014) propõe um modelo multiobjetivo em que é utilizado uma adaptação do modelo de máxima cobertura, combinado com outras três alternativas de objetivos secundários, para balancear o nível de atendimento ambulatorial emergencial de pacientes em áreas rurais e urbanas por meio da alocação apropriada de estações de ambulâncias. Os três modelos foram testados com dados de Hanover County – Virgínia (EUA) e apresentaram soluções que reduzem as disparidades entre as zonas. Assim, os resultados desse trabalho foram relevantes para a melhor compreensão de gestores públicos sobre políticas públicas ligadas à saúde na região estudada.

Silva e Lima (2013) utilizaram os métodos de localização P-mediana (PPM), Máxima Cobertura (PLMC) e Método dos Momentos para identificar qual a alternativa ideal para a localização de um centro de distribuição de uma empresa distribuidora de alimentos secos. Os resultados obtidos pelos modelos foram comparados pelo método AHP para eleger a cidade que mais se adequava às necessidades da empresa estudada. Essa comparação entre os métodos permitiu também uma análise qualitativa em relação aos fatores que influenciam a tomada de decisão.

Um estudo realizado por Menezes et al. (2011) aplica os métodos de Máxima Cobertura e de P-Mediana-Capacitado para propor a localização de novas instalações de ensino na região de Guaratiba, no Rio de Janeiro. A vantagem de analisar os modelos em paralelo é da possibilidade de encontrar soluções em comum, como no caso de um dos locais estudados na região: o centróide pop84 e pop46 é satisfatório tanto para minimizar as distâncias percorridas pelos alunos, quanto para cobrir o atendimento do maior número de pessoas em um raio de 1.500 metros.

Outro estudo de caso que utiliza o modelo de Máxima Cobertura é o de Sarac et al. (2016), o qual aplica dois tipos de abordagens para propor localizações de agências do serviço público dos Correios, baseado nos dados coletados de municípios sérvios. A pesquisa foi baseada em um estudo prévio dos mesmo autores de 2012, em que foi determinado a quantidade ideal de agências para atender satisfatoriamente a população. Os resultados obtidos pelos dois modelos foram comparados para a proposição de alternativas. Os autores afirmam que o tipo de abordagem pode ser aplicado em redes de serviço dos Correios de qualquer lugar no mundo.

3. ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da metodologia estudada para a aplicação do estudo de caso sobre localização de instalações de Unidades Básicas de Saúde na Região Metropolitana de Belém. O primeiro tópico apresenta a caracterização do sistema estudado e do problema da pesquisa, para evidenciar as particularidades para a formulação do modelo. O segundo tópico expõe em detalhes a aplicação da metodologia, bem como ferramentas utilizadas e fontes de informações. Por fim, são apresentados os resultados obtidos e a análise sobre os mesmos.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O sistema objeto de estudo desse trabalho é a rede de Atenção Básica do Sistema Único de Saúde (SUS), o qual começou a ser implantado na década de 1990. Conforme citado anteriormente, o SUS segue a diretriz de atendimento integral, oferecendo dessa forma atendimento à saúde desde a prevenção até o tratamento de enfermidades. Dentro desse contexto, o estudo é focado na operacionalização de serviços com caráter preventivo oferecidos à população.

Fazendo-se uma analogia do ponto de vista de Engenharia de Produção sobre o problema estudado, é possível classificar a rede de Atenção Básica como o departamento analisado de uma instituição maior: o SUS. Seguindo esse pensamento, a demanda a ser atendida seria toda a população residente na região estudada. Assim, a decisão em questão seria sobre onde localizar instalações de serviço, no caso as Unidades Básicas de Saúde, para otimizar a cobertura da demanda por tais serviços.

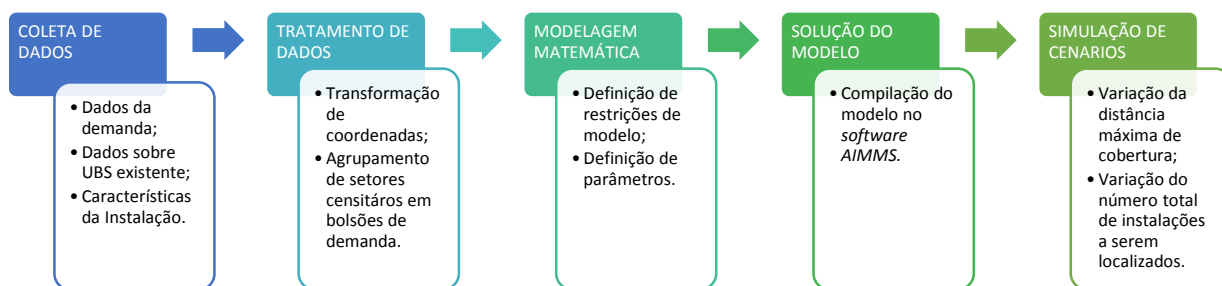
Em relação a capacidade, o modelo de Máxima Cobertura não possui nenhuma restrição sobre o atendimento da demanda por cada instalação, podendo atender teoricamente uma demanda infinita. Entretanto, o Ministério da Saúde recomenda o atendimento de no máximo 4.000 pessoas por cada Equipe de Saúde da Família presente na UBS. Dessa forma, pode-se dizer que a capacidade de cada instalação varia entre 4.000 (UBS porte I) e 16.000 (UBS porte IV), dependendo do número de Equipes presentes. Para não desconsiderar a capacidade das instalações no estudo, o número de instalações necessárias foi calculado pela quantidade mínima de UBS suficientes para

atender a demanda total com base nos diferentes portes que podem existir, então essa quantidade foi variada de acordo com os cenários simulados. Diante disso, o problema da pesquisa é: onde deveriam estar localizadas instalações de Unidades Básicas de Saúde na Região Metropolitana de Belém (RMB) para que o serviço de atenção básica a saúde da população fosse acessível e otimizado?

3.2. IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA

O desenvolvimento da metodologia do estudo foi realizado por meio de cinco principais fases, conforme ilustrado pelo diagrama da figura 1. A primeira fase foi a coleta de dados, em que foram reunidas todas as informações necessárias para a formulação do modelo, bem como as utilizadas como dados de entrada para a solução do mesmo. Em seguida, os dados numéricos foram tratados a fim de permitir sua implementação no *software AIMMS* e adequar as informações para comparação dos resultados obtidos. A partir disso, o modelo foi formulado com base nos conceitos estudados durante o levantamento bibliográfico. Em seguida, esse modelo foi implementado e compilado no *software AIMMS* para a resolução do mesmo. Por fim, foram simulados diferentes cenários por meio da variação de parâmetros para a solução do modelo no *software*.

Figura 1. Diagrama de fases de implementação da metodologia da pesquisa.



Fonte: Autora (2017).

3.2.1. COLETA DE DADOS

O levantamento de dados foi realizado a partir de fontes abertas ao público, por meio de sites oficiais de instituições públicas, como o Ministério da Saúde e o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). Esta pesquisa ocorreu em duas vertentes distintas: a coleta de informações para formulação do modelo e a coleta de informações

sobre as localizações reais das UBS atualmente. Além de dados numéricos, como a localização da demanda, também foi levantado informações sobre as características desse tipo de instalação, como capacidade e tipos de serviços oferecidos.

A subdivisão geográfica de setores censitários, utilizada pelo IBGE, foi considerada para a definição de pontos de demanda da população. O site oficial do instituto fornece uma planilha eletrônica com dados gerais de cada setor, contendo o número absoluto de pessoas residentes por setor do último censo realizado (em 2010). Dessa forma, foram coletados 2053 pontos de demanda, representando os setores censitários dos municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará. Além disso, o IBGE também fornece um cartograma no formato KMZ contendo códigos das subdivisões geográficas utilizadas. As coordenadas que representam a área de cada setor foram exportadas também para uma planilha eletrônica a partir do cartograma. Considerou-se assim que o primeiro ponto gerado representa tal setor. Diante disso, foram obtidas as demandas absolutas de cada setor e as suas coordenadas em graus decimais.

Em relação a vertente sobre a situação real das instalações, as localizações de UBS foram coletadas no Portal Brasileiro de Dados Abertos (dados.gov.br). O portal fornece uma planilha eletrônica com dados gerais das UBS em todo o Brasil. Foram filtrados os dados dos municípios estudados e, assim, coletados as localizações de cada UBS em coordenadas do formato graus, minuto, segundos (GMS).

3.2.2. TRATAMENTO DE DADOS

Após o levantamento dos dados necessários para a solução do modelo, devido a limitações do *software AIMMS* para o processamento da quantidade total de dados, primeiramente os pontos foram reunidos em bolsões de demanda. Para a formulação dos bolsões, foi calculada a média ponderada entre as coordenadas de latitude e longitude a cada três pontos próximos. Além disso, a demanda desses pontos foi somada para formar a demanda de cada bolsão. Dessa forma, foram gerados 688 bolsões de demanda que representam os 2053 pontos iniciais. Ao agrupar esses pontos, foi considerado a proximidade entre os mesmos e os limites de cada cidade que compõem a região estudada. Os cálculos foram realizados com o auxílio do *software Microsoft Excel*.

Após a formulação dos bolsões, as coordenadas em graus decimais foram transformadas em coordenadas cartesianas em quilômetros, de acordo com os cálculos propostos por Wanke, Montebeller Júnior e Tardelli (2009). As figuras 2 e 3 apresentam uma amostra das fórmulas utilizadas para conversão dos dados para unidade em quilômetros de longitude e latitude, respectivamente. Tais cálculos também foram realizados com o auxílio do *software Microsoft Excel*.

Figura 2. Conversão de longitude para coordenada X do eixo cartesiano.

	A	B	C	D	E	F
1	Cod_setor	Nome_do_municipio	Longitude (Graus)	Latitude (Graus)	Eixo x (KM)	Eixo Y (KM)
2	150080005000001	ANANINDEUA	-48,37277811696520	-1,36656242123062	-5377,98942225462	-151,931696551682
3	150080005000004	ANANINDEUA	-48,36974947221060	-1,36033410362272	-5377,65270354448	-151,239244566965
4	150080005000007	ANANINDEUA	-48,36689082542690	-1,35916425330782	-5377,33488487118	-151,109182931812
5	150080005000010	ANANINDEUA	-48,37448987230290	-1,37651425803884	-5378,17973181422	-153,038122007708
6	150080005000013	ANANINDEUA	-48,38743759145740	-1,38708821713718	-5379,61923352088	-154,213713784642
7	150080005000016	ANANINDEUA	-48,38188690443920	-1,37596529502893	-5379,00211915962	-152,977089390279
8	150080005000019	ANANINDEUA	-48,37770873427800	-1,38512595821263	-5378,53759849725	-153,995553733675
9	150080005000022	ANANINDEUA	-48,36711930625040	-1,39183587673745	-5377,36028691547	-154,741549152080

Fonte: Autora (2017).

Figura 3. Conversão de latitude para coordenada Y do eixo cartesiano.

	A	B	C	D	E	F
1	Cod_setor	Nome_do_municipio	Longitude (Graus)	Latitude (Graus)	Eixo x (KM)	Eixo Y (KM)
2	150080005000001	ANANINDEUA	-48,37277811696520	-1,36656242123062	-5377,98942225462	-151,931696551682
3	150080005000004	ANANINDEUA	-48,36974947221060	-1,36033410362272	-5377,65270354448	-151,239244566965
4	150080005000007	ANANINDEUA	-48,36689082542690	-1,35916425330782	-5377,33488487118	-151,109182931812
5	150080005000010	ANANINDEUA	-48,37448987230290	-1,37651425803884	-5378,17973181422	-153,038122007708
6	150080005000013	ANANINDEUA	-48,38743759145740	-1,38708821713718	-5379,61923352088	-154,213713784642
7	150080005000016	ANANINDEUA	-48,38188690443920	-1,37596529502893	-5379,00211915962	-152,977089390279
8	150080005000019	ANANINDEUA	-48,37770873427800	-1,38512595821263	-5378,53759849725	-153,995553733675
9	150080005000022	ANANINDEUA	-48,36711930625040	-1,39183587673745	-5377,36028691547	-154,741549152080

Fonte: Autora (2017).

Os dados da localização das UBS existentes também foram obtidos em coordenadas geográficas na unidade de graus decimais. Dessa forma, foi realizado o mesmo tratamento para conversão das localizações para coordenadas cartesianas em quilômetros, utilizando-se as fórmulas apresentadas anteriormente. Essa conversão foi

necessária para a análise coerente sobre as distâncias percorridas entre os pontos de demanda e as localizações reais e ideais das Unidades Básicas de Saúde.

3.2.3. MODELAGEM MATEMÁTICA

A metodologia escolhida para a realização desse estudo é a aplicação do modelo adaptado do método de Máxima Cobertura. Esse modelo foi aplicado primeiramente por Church e Reville em 1974, mas já foi utilizada em diversas aplicações, conforme apresentado nos item 2.3.2.2. e 2.4 do capítulo 2. A seguir, é apresentada a notação empregada para a execução do modelo, bem como as adaptações realizadas e os parâmetros definidos.

Buscou-se maximizar a equação:

$$OBJ = \sum_{i \in N} W_i \cdot x_i$$

Considerando-se:

- W_i representa a demanda (ou população absoluta) no bolsão i ;
- x_i é a variável binária que representa se o bolsão i é coberto ou não por uma das instalações;

$$x_i \in \{0,1\}, \quad \forall i \in N$$

- N representa o conjunto de pontos de demanda;

$$N = \{1,2, \dots, 688\}$$

Sujeito a duas restrições:

1)

$$\sum_{j \in N_i} y_j \geq x_i, \quad \forall i \in N$$

Essa restrição exige que toda a demanda seja atendida por uma instalação dentro do raio S , pois:

$$N_i = \{j \in M \mid d_{ij} \leq S\}$$

$$M = \{1,2, \dots, 688\}$$

- d_{ij} é a menor distância entre o ponto i de demanda e o ponto j de localização candidata. Para a aplicação no modelo, foi gerada uma matriz 688x688, em que foi calculada a menor distância entre todos os pontos de demanda e todos os possíveis locais para localização de instalações. Segue uma amostra da matriz gerada, contendo a fórmula utilizada para cálculo das distâncias, em quilômetros, no *software Microsoft Excel*:

C14 :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Cod_setor	150080005000001	150080005000004	150080005000007	150080005000010	150080005000013	150080005000016	150080005000019	150080005000022	150080005000025
2	150080005000001	0	0,769980026	1,051164992	1,122673157	2,804262366	1,455472847	2,135416508	2,879424059	3,098681489
3	150080005000004	0,769980026	0	0,343401715	1,874491623	3,56576882	2,200233427	2,894871206	3,514490702	3,771801551
4	150080005000007	1,051164992	0,343401715	0	2,105842424	3,854394968	2,503746135	3,126924443	3,632455041	3,914057008
5	150080005000010	1,122673157	1,874491623	2,105842424	0	1,85854276	0,824648972	1,022127229	1,89027881	2,04442628
6	150080005000013	2,804262366	3,56576882	3,854394968	1,85854276	0	1,382052831	1,103416572	2,319795237	2,130331343
7	150080005000016	1,455472847	2,200233427	2,503746135	0,824648972	1,382052831	0	1,119396741	2,410172477	2,445841563
8	150080005000019	2,135416508	2,894871206	3,126924443	1,022127229	1,103416572	1,119396741	0	1,393761717	1,352846256
9	150080005000022	2,879424059	3,514490702	3,632455041	1,89027881	2,319795237	2,410172477	1,393761717	0	0,391109127
10	150080005000025	3,098681489	3,771801551	3,914057008	2,04442628	2,130331343	2,445841563	1,352846256	0,391109127	0

Fonte: Autora (2017).

- S é a distância máxima que o ponto de demanda deve estar localizado da instalação mais próxima para que seja considerado coberto. Esse parâmetro foi variado para a simulação de cenários, que será abordada no tópico 3.2.5;
- y_j é a variável binária que representa se no ponto candidato j está localizada uma das instalações ou não;

$$y_j \in \{0,1\}, \quad \forall j \in M$$

2)

$$\sum_{j \in M} y_j = P$$

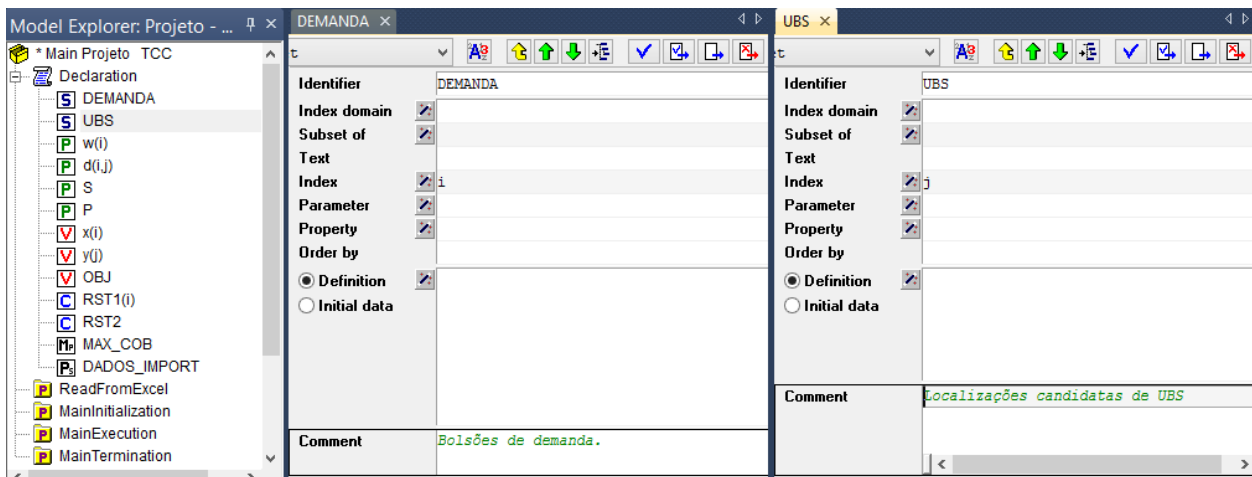
- P é o número de instalações a serem localizados pelo modelo. Esse parâmetro também foi variado para a simulação de cenários e será detalhado no item 3.2.5;
- Essa restrição foi adaptada do modelo original de Máxima Cobertura para adequação ao contexto. No modelo clássico, o número de instalações resultantes alocadas pode ser menor ou igual ao número total de instalações que podem ser alocadas, pois não é considerado que as instalações tenham uma capacidade finita de atendimento de demanda, ainda que estejam dentro do raio S . Nesse caso, foi fixado que o número de

instalações deve ser necessariamente igual a P , pois uma quantidade menor a essa não seria suficiente para atender a demanda total da população.

3.2.4. SOLUÇÃO DO MODELO

Conforme citado anteriormente, foi utilizado o *software AIMMS* para a resolução do modelo. Primeiro, foram declarados os conjuntos que representam o total de bolsões de demandas, nomeado “DEMANDA”, e os locais candidatos para a instalação das UBS, nomeado “UBS”. Esses pontos foram identificados pelo código do primeiro setor incluído em cada bolsão. A figura 4 apresenta tais conjuntos no *AIMMS*. Os índices de cada conjunto são respectivamente i e j , conforme apresentado na notação do modelo.

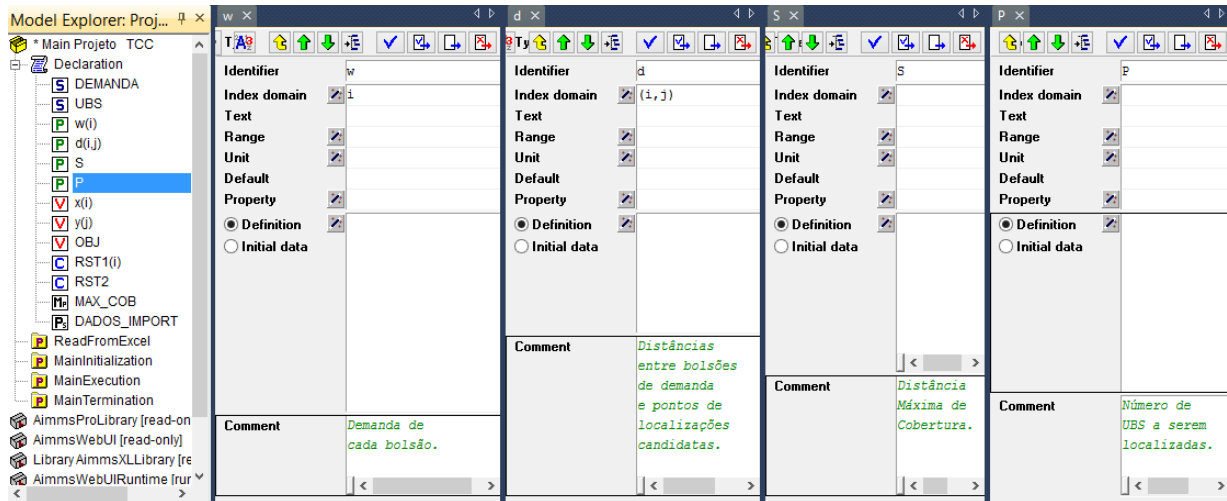
Figura 4. Declaração de conjuntos no *software AIMMS*.



Fonte: Autora (2017).

Após isso, foram declarados os parâmetros necessários para a solução do modelo: $w(i)$, representando a demanda de cada bolsão; $d(i,j)$, indicando a matriz da distância entre a demanda i até o ponto j ; S , o raio máximo de cobertura que cada instalação pode cobrir; e P , o número total de facilidades a serem alocados. A figura 5 apresenta os parâmetros declarados no *software AIMMS*.

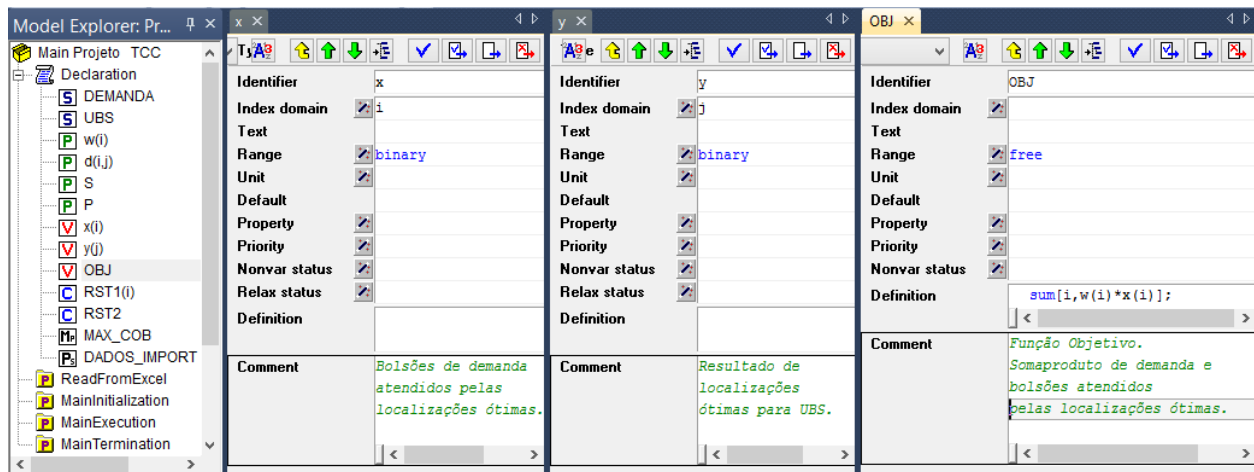
Figura 5. Declaração de parâmetros no *software AIMMS*.



Fonte: Autora (2017).

Em seguida, foram declaradas as variáveis necessárias para a solução do modelo. A variável binária $x(i)$ armazena o resultado se a demanda i foi coberta por uma das instalações (1) ou não (0). A variável binária $y(j)$ armazena o resultado se no local j foi sugerido a instalação de uma UBS (1) ou não (0). A variável OBJ é a função objetivo que foi maximizada, então essa guarda o total de demanda que é coberto. A figura 6 apresenta as variáveis declaradas.

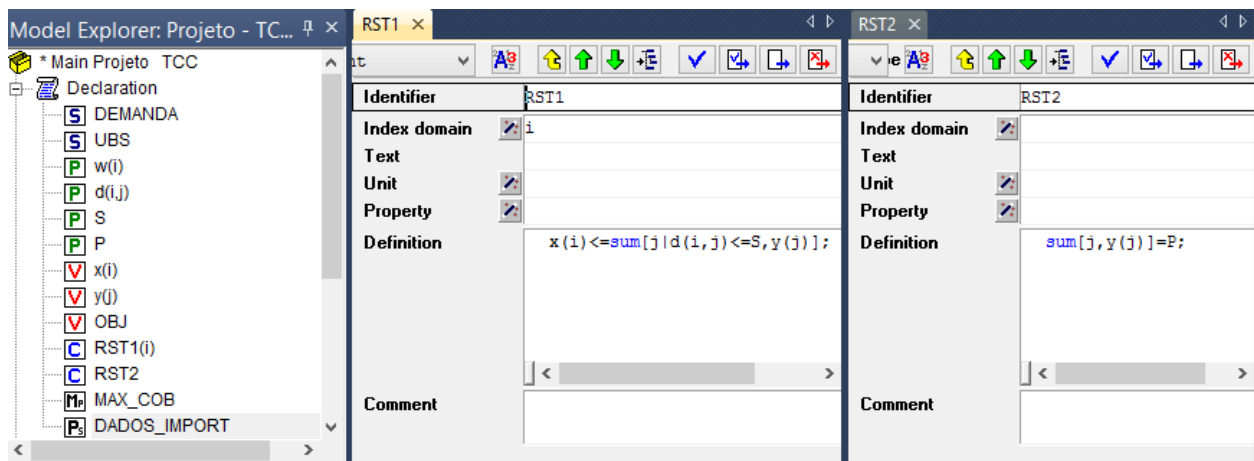
Figura 6. Declaração de variáveis no software AIMMS.



Fonte: Autora (2017).

Em seguida, foram declaradas as duas restrições do modelo. A primeira garante que toda a demanda coberta por uma instalação localizada em j seja atendida por uma distância dentro do raio S . A segunda garante que o número total de instalações alocadas seja igual a P . A figura 7 apresenta as restrições no programa.

Figura 7. Declaração de restrições no software AIMMS.

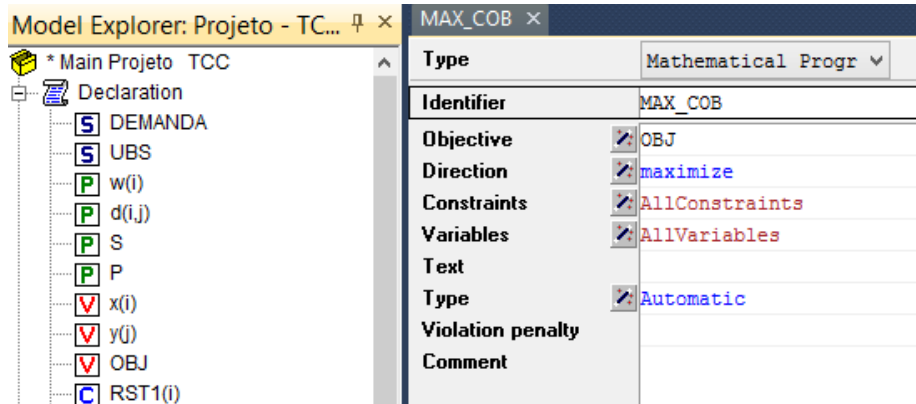


Fonte: Autora (2017).

Para a execução do projeto, foi declarada a programação matemática para maximizar a função objetivo citada anteriormente. É apresentada tal programação na figura 8. Em virtude da quantidade de dados, não seria viável declarar manualmente todas as informações. Dessa forma, foi necessário a importação de todos os dados para

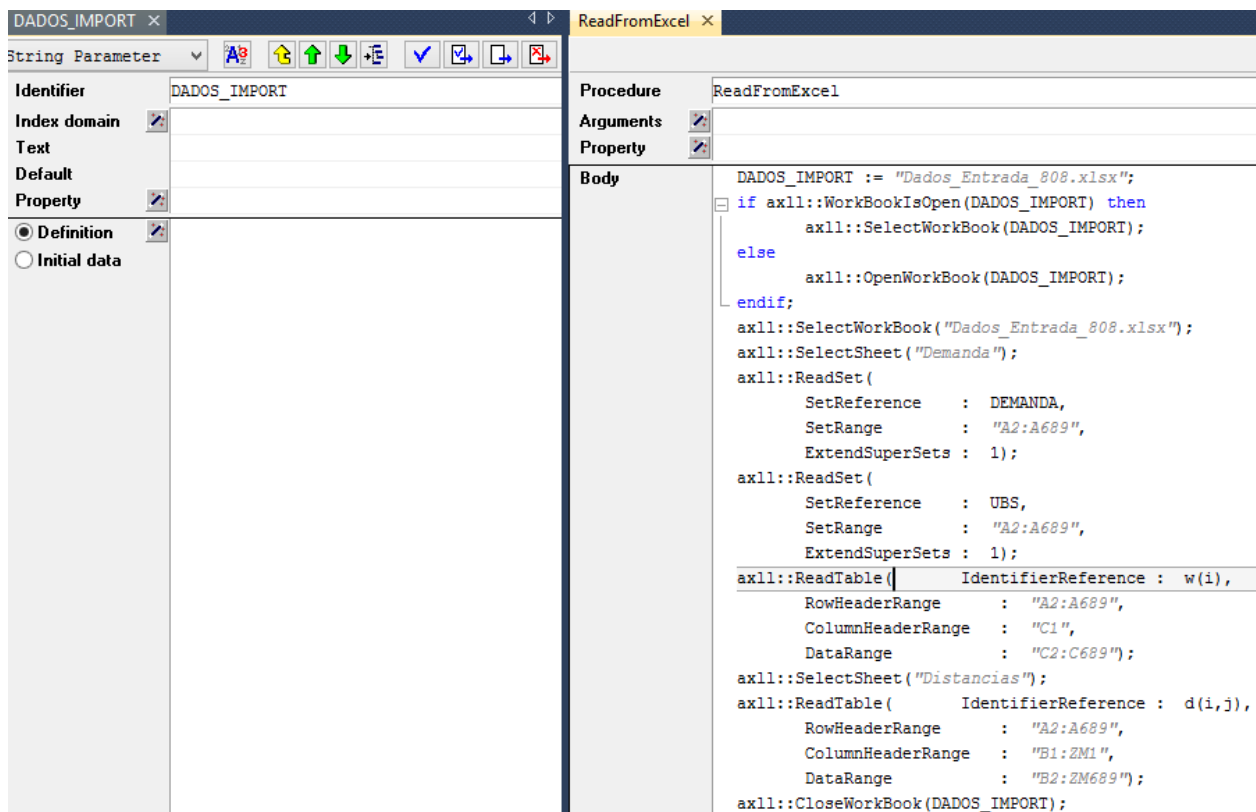
os conjuntos e parâmetros por meio de um procedimento que no projeto foi chamado de “ReadFromExcel”, conforme apresentado na figura 9.

Figura 8. Declaração da programação matemática no *software AIMMS*.



Fonte: Autora (2017).

Figura 9. Procedimento para importação de dados para o *software AIMMS*.



Fonte: Autora (2017).

Ao executar o procedimento “ReadFromExcel”, automaticamente todos os dados foram importados ao programa, uma amostra dos mesmos é apresentada na figura 10. Assim, o projeto foi compilado e solucionado pelo procedimento “MainExecution”. O programa foi executado diferentes vezes para realizar a simulação de cenários, conforme é exposto no próximo tópico.

Figura 10. Amostra de dados do parâmetro $d(i,j)$.

	150080005000001	150080005000004	150080005000007	150080005000010
150080005000001		0.769980026	1.051164992	1.122673157
150080005000004	0.769980026		0.343401715	1.874491623
150080005000007	1.051164992	0.343401715		2.105842424
150080005000010	1.122673157	1.874491623	2.105842424	
150080005000013	2.804262366	3.565768820	3.854394968	1.858542760

Fonte: Autora (2017).

3.2.5. SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Após a compilação e execução do programa, o modelo foi testado diversas vezes pela variação dos parâmetros P (número instalações a serem alocados) e S (raio máximo de cobertura). Assim, foram simulados alguns cenários para que pudessem ser comparados e avaliados os resultados obtidos com os dados de localizações de UBS existentes.

Conforme exposto anteriormente, a capacidade de cada UBS varia de acordo com seu porte. Considerando a recomendação do Ministério da Saúde, por meio do Manual de Estrutura Física das Unidades Básicas de Saúde, foi calculado que a quantidade ideal de instalações para atender toda a população varia de acordo com a tabela 1, sendo uma Equipe de Saúde da Família (ESF) para cada 4000 habitantes.

Porte UBS	Qtd. ESF	Nº ideal de UBS
I	>= 1	526
II	>= 2	263
III	>= 3	175
IV	>= 4	132

Tabela 1. Variação da quantidade de instalações para atender a população. Fonte: Autora (2017).

Considerando que o número real de UBS no contexto estudado corresponde a 139 instalações, o modelo foi testado variando entre os valores 132, 139 e 175 para P. Foram considerados apenas tais valores porque não representam cenários realistas a implantação de todas as unidades como do porte I e II. Essas últimas quantidades são muito divergentes do número real de UBS e representariam um alto custo de instalação, operação e manutenção.

As tabelas 2 e 3 apresentam um resumo dos diversos cenários avaliados. Para cada valor de P testado, o programa foi executado quatro vezes, variando o raio máximo de cobertura da demanda por instalação entre 0,5 e 2,0 km. Os resultados obtidos pela simulação de tais cenários serão apresentados no próximo tópico.

Tabela 2. Variação de parâmetro S para simulação de cenários.

S1	S2	S3	S4
0,5	0,75	1	2

Fonte: Autora (2017).

Tabela 3. Variação de parâmetro P para simulação de cenários.

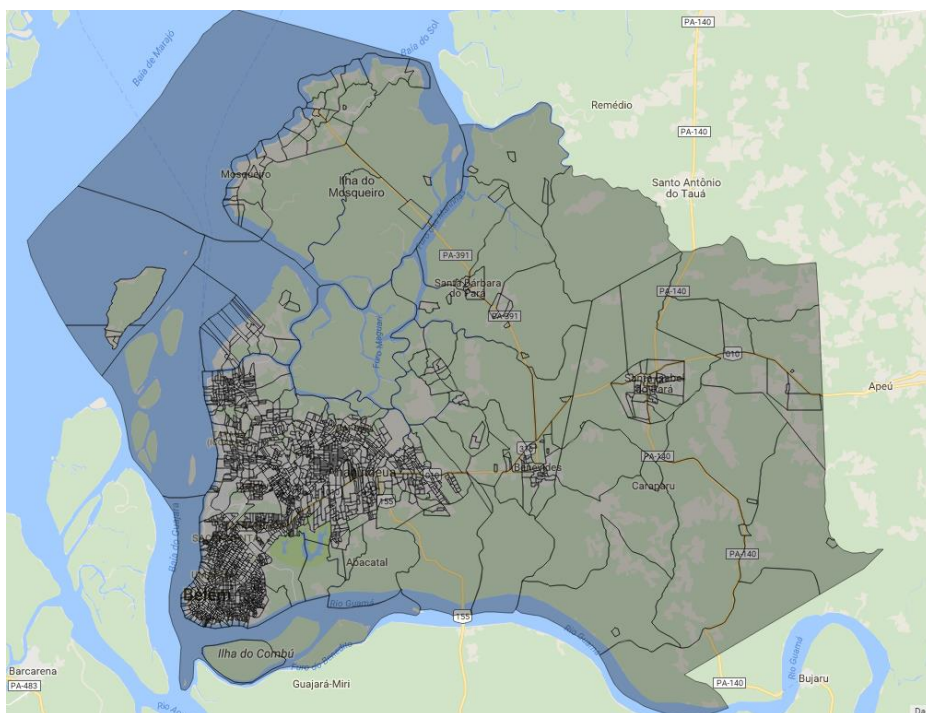
P1	P2	P3
132	139	175

Fonte: Autora (2017).

3.3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Os setores censitários que compõem a Região Metropolitana de Belém, a qual contém os municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará, podem ser visualizados na figura 11. Conforme apresentado anteriormente, a população residente de cada setor foi utilizada para compor os dados de pontos de demanda.

Figura 11. Setores Censitários da Região Metropolitana de Belém.



Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/> (2017).

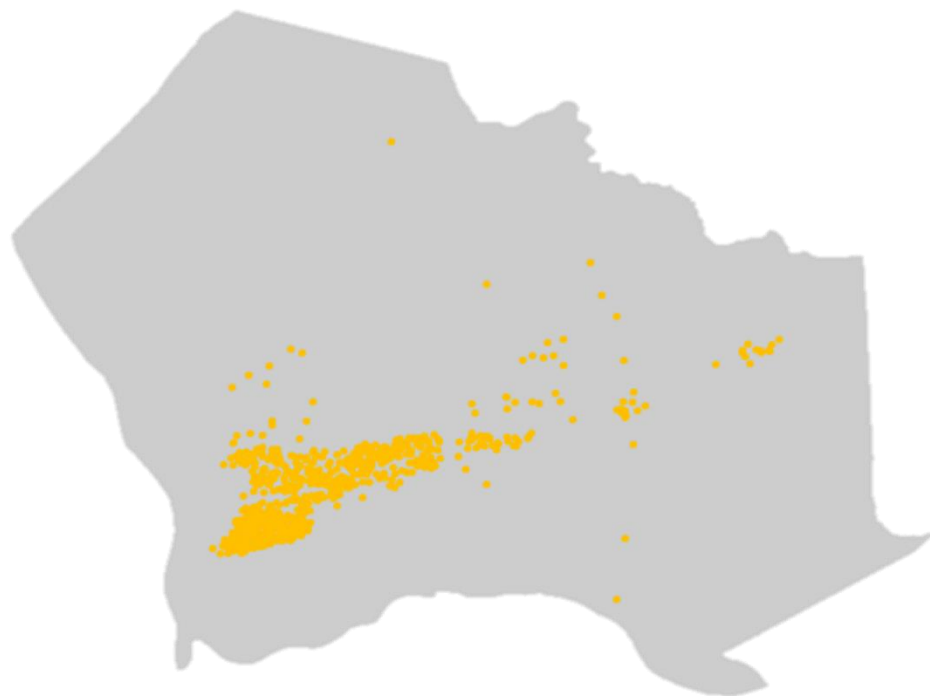
A primeira análise sobre a qualidade dos dados coletados, pode ser verificada visualmente na figura 12. Após o agrupamento dos pontos em bolsões de demanda, foi reduzido o número de alternativas para a localização. Ao utilizar uma média ponderada pela demanda, os bolsões tiveram a tendência a se concentrar nas áreas mais populosas da região, conforme ilustrado na figura 12.

Figura 12. Pontos de demanda da população na região metropolitana de Belém.



Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Adaptado. (2017).

Figura 13. Bolsões de demanda da população na região metropolitana de Belém.



Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Adaptado. (2017).

Após a simulação de cenários, conforme descrito no tópico anterior, foram calculadas as distâncias médias em quilômetros entre todos os pontos de demanda e todas as alternativas escolhidas, chamadas de DM. O mesmo cálculo foi realizado entre a localização das Unidades Básicas de Saúde existentes e os pontos de demanda. O resultado encontrado foi de DM = 15,45 Km. Esse indicador foi utilizado para permitir uma análise objetiva entre os cenários do modelo e a localização real das instalações. Assim, foi gerada a tabela 4, em que são apresentados os valores de DM para cada situação simulada.

Tabela 4. Distância média (DM) em Km entre pontos de demanda e localizações candidatas do modelo.

P	S (Km)			
	0,5	0,75	1	2
132	11,55	13,34	16,77	15,71
139	11,75	13,61	16,43	15,50
175	11,86	15,04	15,79	14,89

Fonte: Autora (2017).

Além disso, o modelo gerou resultados sobre quais bolsões de demanda haviam sido cobertos ou não por, pelo menos, uma das instalações candidatas escolhidas. Assim, foi calculada a porcentagem de cobertura da demanda para cada cenário simulado. Os dados gerados foram expostos na tabela 4.

Tabela 5. Porcentagem da população coberta em cada cenário simulado.

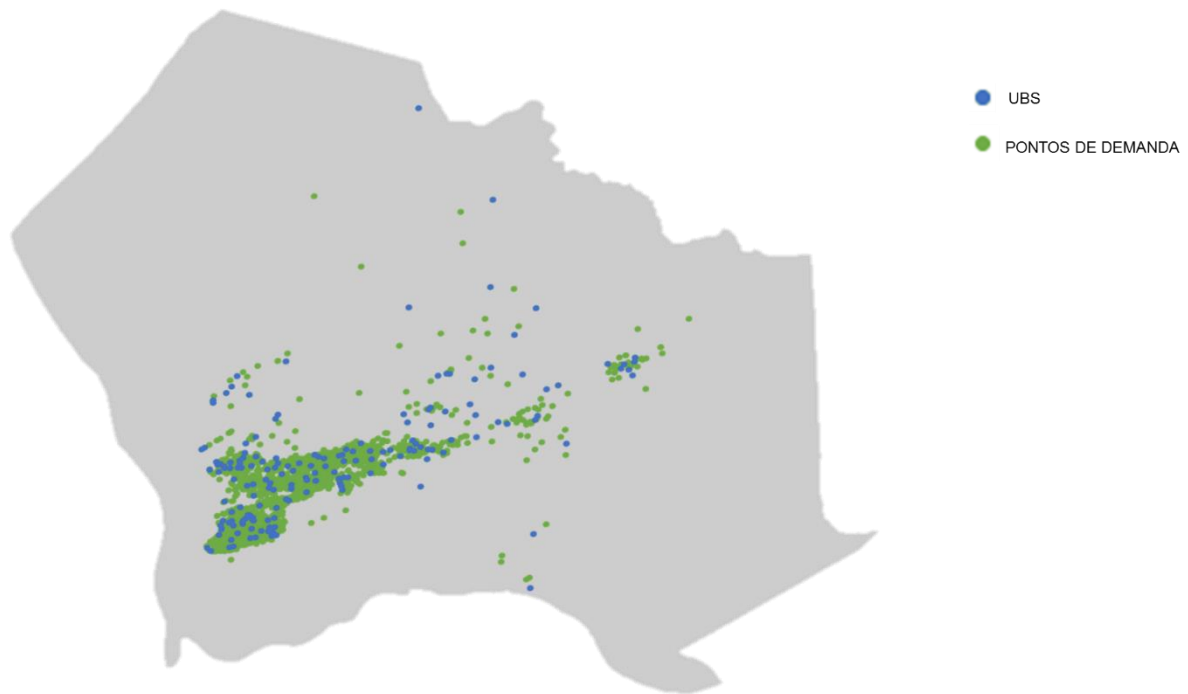
P	S1	S2	S3	S4
132	71,80%	92,30%	100%	100%
139	73,98%	93,46%	100%	100%
175	80,52%	98,69%	100%	100%

Fonte: Autora (2017).

Diante dos dados obtidos, pode-se afirmar que dentre os cenários simulados, a alternativa ótima é o caso em que 175 UBS cobrem 100% da população a um raio de cobertura de 1 Km. Essa alternativa foi escolhida como a ideal porque, dentre os cenários que cobrem 100% da demanda, esse é o caso em que são minimizadas a distância entre

cada ponto de demanda e a instalação mais próxima apenas (1Km) e o indicador calculado (DM = 15,79). A figura 14 apresenta os resultados dessa alternativa.

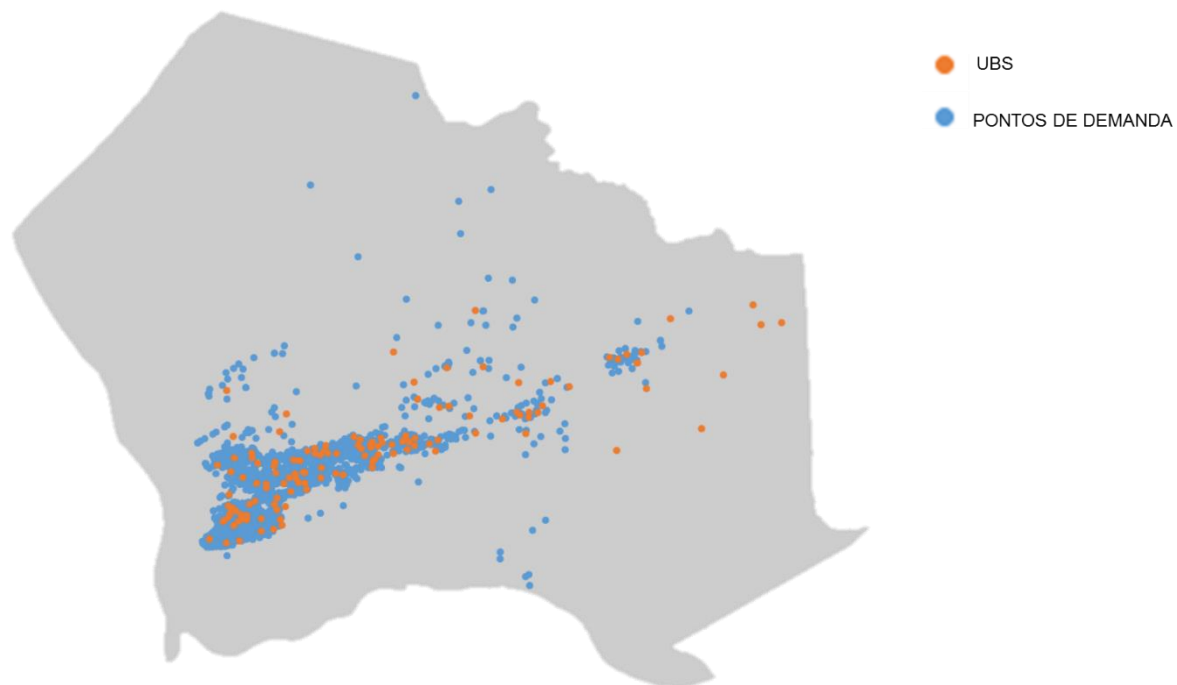
Figura 14. Alternativa de localizações de UBS para P = 175 e S = 1.



Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Adaptado. (2017).

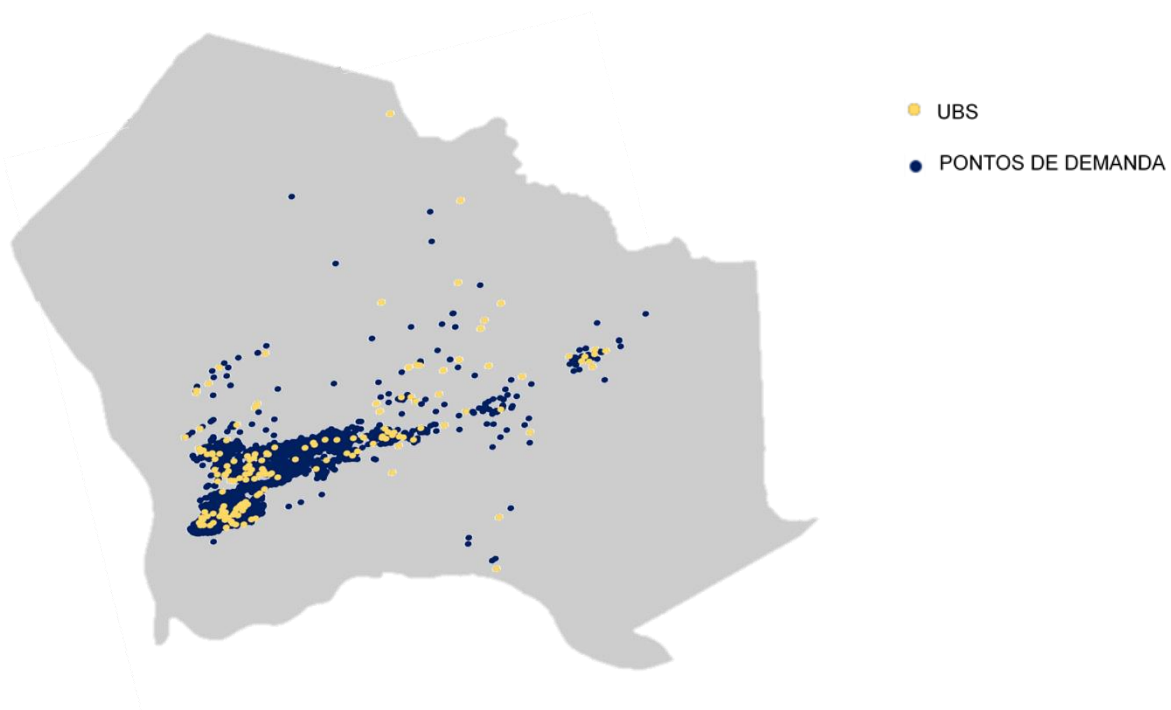
Ao comparar a localização atual e os resultados do modelo gerado para a mesma quantidade de instalações (P = 139), é possível perceber que a alternativa mais próxima gerada, considerando o indicador DM, é o cenário com raio máximo de cobertura de 2 Km. Em outras palavras, o resultado do modelo mais próximo da realidade estudada (DM = 15,45 Km) é de que 139 instalações cobrem toda a população a uma distância máxima de 2 Km (DM =15,50). As figuras 15 e 16 apresentam, respectivamente, a localização atual das UBS e a localização proposta do modelo para 139.

Figura 15. Localização real de Unidades Básicas de Saúde



Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Adaptado. (2017).

Figura 16. Alternativa de localizações de UBS para $P = 139$ e $S = 2$.



Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Adaptado. (2017).

Analisando a figura 15, é possível perceber que pontos de demanda mais afastados das regiões altamente concentradas, tanto ao norte quanto ao sul do mapa, não estão cobertos por uma instalação próxima. Além disso, há algumas instalações cobrindo regiões pouco habitadas. Essa última observação pode ser causada por limitações da coleta de dados para a geração do modelo, as quais serão abordadas no próximo capítulo. Entretanto, ao analisar a figura 16, pode-se concluir que de modo geral o cenário proposto ($P = 139$ e $S = 2$) é suficientemente similar às localizações reais das Unidades Básicas de Saúde.

Considerando tais resultados, pode-se concluir que as localizações atuais não estão superdimensionadas, mas ainda há várias possibilidades de melhorias a serem investidas para otimização do atendimento a população. Partindo dos resultados ótimos do modelo, há duas principais oportunidades a serem consideradas como nortes de planejamento para expansão dos serviços de Atenção Básica da rede pública: a ampliação dos serviços por meio da descentralização do atendimento ou a manutenção e ampliação de UBS existentes.

A primeira alternativa é baseada no cenário ótimo apresentado, em que foi constatado que 175 UBS seriam suficientes para atender toda a população a um raio de cobertura de 1,0 Km. Para suprir a demanda, conforme exposto no tópico 3.2.5, essas unidades precisariam ser no mínimo do porte III (composta por 3 ESF). A implantação de 36 novas unidades, implicariam em alto custo fixo de investimento, mas acarretariam em menores custos operacionais e a descentralização dos serviços, estando assim mais próximos da população. Essa opção levaria um tempo elevado para aplicação, então os resultados positivos seriam observados a longo prazo.

A segunda alternativa é baseada no fato que as localizações atuais são suficientemente próximas de um dos cenários propostos do modelo, em que 139 UBS (assim como a quantidade real) seriam suficientes para atender toda a população a um raio de cobertura de 2,0 Km. Entretanto, ao observar de forma mais minuciosa, é possível perceber que algumas regiões precisam de atenção especial, pois ainda estão carentes em cobertura desse tipo de serviço. É válido ressaltar também que, considerando que cada ESF deva cobrir a população de até 4000 habitantes, nesse caso seria necessário

que, das 139 instalações, no mínimo 109 fossem do porte IV (composta por 4 ESF) e 30 do porte III para garantir a capacidade integral de atendimento. Assim, recomenda-se que, ao planejar a otimização do atendimento considerando essa alternativa, seja analisado a possibilidade de implantação de uma ou mais instalações nas regiões necessitadas e estudado a ampliação do porte de UBS em locais de maior concentração da demanda. Esse planejamento acarretaria em um menor custo de investimento e maiores custos operacionais por instalação, trazendo assim resultados a um prazo relativamente mais curto que a opção anterior. Porém, o alcance do atendimento em relação à distância da demanda continuaria um pouco mais limitado (2,0 Km). Dessa forma, faz-se necessário também o investimento em campanhas de incentivos para população sobre a utilização de serviços de saúde voltado a prevenção de enfermidades.

A governança de cada município deve pensar na otimização dos serviços de saúde de forma integrada, por isso deve ser considerado a conscientização da população e outros fatores, político e socioeconômicos, que influenciam na demanda por tais serviços. Ainda assim, o planejamento dos recursos, como a localização das instalações de UBS, é extremamente importante para maximizar o atendimento e fornecer as condições necessárias para o acesso à rede de Atenção Básica a Saúde.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo visa apresentar as últimas reflexões a respeito dos resultados obtidos, bem como a confluência dos mesmos com os objetivos propostos. Além disso, são comentadas as limitações da pesquisa e generalizações realizadas para o desenvolvimento da metodologia. Por fim, são apresentadas oportunidades de estudos futuros que possam complementar os resultados desse trabalho.

4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

O objetivo geral deste trabalho foi estudar a localização de UBS na RMB utilizando o método de Máxima Cobertura a fim de propor uma base norteadora para tomadas de decisão sobre o investimento em instalações do SUS voltadas para a atenção básica. Diante dos resultados obtidos, é possível afirmar que tal meta foi alcançada, pois os objetivos específicos sobre execução do levantamento bibliográfico, coleta de dados, desenvolvimento e solução do modelo e análise dos resultados foram realizados conforme proposto.

O principal resultado obtido foi o cenário ideal das localizações para otimizar o atendimento a população, em que 175 UBS localizadas nos 6 municípios avaliados, podem cobrir toda a demanda (100%) a um raio máximo de 1,0 Km, sendo assim a distância média entre todos os pontos de demanda e as instalações seria $DM = 15,79$. Além disso, foi constatado que o cenário real das UBS apresenta o indicador $DM = 15,45$, próximo ao cenário gerado pelo modelo em que 139 instalações cobririam 100% da demanda a um raio máximo de 2,0 Km, com $DM = 15,50$. Entretanto, as áreas da região do norte de Santa Bárbara do Pará e ao sul de Marituba ainda não estão de fato cobertas por essas instalações a um raio de 2,0 Km. Assim, tais informações podem basear futuramente decisões sobre investimentos no setor estudado e responder a questão principal da pesquisa sobre onde deveriam estar localizadas UBS na Região Metropolitana de Belém para que o serviço de atenção básica a saúde da população fosse mais acessível e otimizado.

Durante a execução da pesquisa, foram encontradas algumas restrições que limitaram a desenvolvimento do modelo. Os dados coletados sobre a população são

referentes ao censo de 2010 do IBGE, o último realizado pelo instituto. Além disso, os dados sobre as Unidades Básicas de Saúde foram divulgadas em 2013 pelo Portal Brasileiro de Dados Abertos. Dessa forma, o contexto atual pode apresentar algumas diferenças nos dados em relação àqueles utilizados no modelo estudado. Outra limitação relevante foi o fato que as vias públicas da região não foram consideradas para o cálculo das distâncias entre os setores e as instalações, pois foram adotados as distâncias lineares entre os mesmos.

A adoção de algumas generalizações também foi necessária para a formulação e solução do modelo. Para a coleta de dados sobre a localização de cada setor censitário, não foi possível o cálculo do centro de cada setor, em virtude da grande diversidade de formas e tamanho de cada área. Dessa forma, foi adotado o primeiro ponto gerado ao exportar o arquivo no formato de cartograma divulgado pelo IBGE para o formato de planilha eletrônica como ponto de localização de cada setor. Além disso, não foram encontradas informações sobre o porte de cada UBS existente, assim não foi possível realizar um estudo mais detalhado envolvendo a capacidade das instalações. Por fim, a última generalização, conforme exposto no capítulo 3, foi a convergência de setores em bolsões de demanda devido a limitação da capacidade de processamento do *software Aimms*.

4.2. PROPOSTAS DE ESTUDOS FUTUROS

Existem várias oportunidades de estudos que podem complementar ou superar os resultados já obtidos nesse trabalho. Diante das limitações da coleta de dados sobre a população residente da região, uma proposta seria a variação dos dados de entrada do modelo considerando a projeção de crescimento dos próximos anos. Assim, o estudo seria ainda mais completo para basear a tomada de decisão sobre investimentos futuros. Além disso, seria interessante a análise detalhada sobre saneamento básico de cada setor. Dessa forma, poderia ser considerado a maior necessidade de atenção ou acessibilidade aos serviços em cada região, incluindo assim pesos para os setores durante formulação do modelo. Por fim, uma última proposta seria incluir diferentes tipos de instalações baseado em seus portes e analisar a capacidade de cada UBS existente

ao realizar a comparação dos resultados. Portanto, ainda existem diversas oportunidades de estudos que podem auxiliar na expansão da discussão do tema no estado do Pará.

REFERÊNCIAS

AHMADI-JAVID, A; SEYEDI, P; SYAM, S.S. A survey of healthcare facility location. *Computers & Operations Research* 79, 223-263. 2017.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L.P. Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia. Vol. 1. Elsevier Brasil, 2013.

BOING, A. C.; BLOEMER, N.M.S.; ROESLER, C. As Políticas de Saúde do Brasil e o Sistema Único de Saúde. **Revista Direito e Política** 3.2, 2015.

BRASIL – Legislação: CF; Leis 8.080, LC 141. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em: 22 de Setembro de 2017.

BRASIL. Portaria Nº 2.226, de 18 de setembro 2009. Institui, no âmbito da Política Nacional de Atenção Básica, o Plano Nacional de Implantação de Unidades Básicas de Saúde para Equipes de Saúde da Família. **Diário Oficial da república Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 20 nov. 2009. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=20/11/2009&jornal=1&pagina=118&totalArquivos=296>>. Acesso em: 10 outubro de 2017.

BRASIL. Portaria Nº 340, de 4 de março de 2013. Redefine o Componente Construção do Programa de Requalificação de Unidades Básicas de Saúde (UBS). Disponível em: <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt0340_04_03_2013.html> Acesso em: 15 de abril de 2017.

CARVALHO, G. A saúde pública no Brasil. **Estudos avançados**, 7-26. 2013.

CHANTA S.; MAYORGA M.E.; MCLAY, L.A. Improving emergency service in rural areas: a bi-objective covering location model for EMS systems. *Annals of Operations Research* 221, 133-159. 2014.

CHURCH, R. L.; REVELLE, C. S. The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*, v. 32, p. 101–118, 1974.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da Informação. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 560p.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

GOUDARD, B; OLIVEIRA, F.H.D.; GERENTE, J. Avaliação de Modelos de Localização para Análise da Distribuição Espacial de Unidades Básicas de Saúde. *Revista Brasileira de Cartografia*. 1.67/1. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 de Setembro de 2017.

JACCOUD, B.D.R.; SOUZA FILHO, E.N.D. Localização de Unidades de Pronto Atendimento: uma Abordagem pelo Método das P- Medianas. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Belo Horizonte, MG. 2011.

MEIRELLES, H.C.; OLIVEIRA, D.H. Proposta de Emenda à Constituição. Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal. Disponível em: http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1468431&filename=PEC+241/2016. Acesso em: 10 de setembro de 2017.

MENEZES, R.; DIALLO, M.; PIZZOLATO N.D.; ESCOLAS PÚBLICAS EM GUARATIBA, RIO DE JANEIRO: APLICAÇÃO DE MODELO DA P-MEDIANA CAPACITADO E DE MÁXIMA COBERTURA. *XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Ubatuba, SP. 2011.

MENICUCCI, T.M.G. História da reforma sanitária brasileira e do Sistema Único de Saúde: mudanças, continuidades e a agenda atual. **Hist Cienc Saude Manguinhos**, 77-92. 2014.

MINISTÉRIO DA SAUDE. Manual de Estrutura Física das Unidades Básicas de Saúde. Disponível em: http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/geral/manual_estrutura_ubs.pdf Acesso em: 18 de setembro de 2017.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. UBS - Unidade Básica De Saúde. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/ubs-unidade-basica-de-saude>. Acesso em: 25 de Maio de 2017.

MORAES, A. F. *Análise dos processos de definição utilizados pelas prefeituras, para o local de implantação de equipamentos urbanos comunitários (EUCs), em municípios do estado de Santa Catarina*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 169 f.

ŠARAC, D.; KOPIĆ, M.; MOSTARAC, K.; KUJAČIĆ, M.; JOVANOVIĆ, B. Application of Set Covering Location Problem for Organizing the Public Postal Network. **PROMET-Traffic&Transportation**. 28: 403-13, 2016.

SILVA, J.S.; LIMA, R.N.P. *Estudo de Localização para um novo Centro de Distribuição através de Múltiplos Métodos com Auxílio de Modelagens Matemáticas e do Método AHP*. 139f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção). Centro de Ciências Exatas, Universidade da Amazônia – UNAMA, Belém. 2013.

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. Cortez editora, 2017. P 51.

SOBRAPO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. Disponível em: http://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional_. Acesso em: 18 de março de 2017.

TEIXEIRA, M.B.; CASANOVA A.; DE OLIVEIRA, C.C.M.; ENSGTROM, E.M.; BODSTEIN, R.C.A. Avaliação das práticas de promoção da saúde: um olhar das equipes participantes do Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica. *Saúde em Debate*, 38:52-68. 2014.

WANKE P. M. J; TARDELLI, EJ. Introdução ao planejamento de redes logísticas: aplicações em AIMMS. São Paulo: Atlas. 2009.

WINSTON, W.L.; GOLDBERG, J.B. Operations research: applications and algorithms. 4th edition. 2004.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção

Tv. Enéas Pinheiro, nº 2626 - Marco

CEP: 66095-100 Belém - PA

www.uepa.br