



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Informática
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

OTIMIZAÇÃO E ANÁLISE DA LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES DE SAÚDE
DA FAMÍLIA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA

Ana Nery Nascimento Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UFPB, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Modelagem Matemática e Computacional.

Orientadores: Ana Flávia Uzêda dos Santos
Macambira
Sérgio de Carvalho Bezerra

João Pessoa
Agosto de 2023

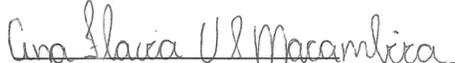
Ata da Sessão Pública de Defesa de Dissertação de Mestrado de **ANA NERY NASCIMENTO SILVA**, candidata ao título de Mestre em Modelagem Matemática e Computacional, realizada no dia 25 de agosto de 2023.

1 Aos vinte e cinco dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e três, às 14h30, via
2 videoconferência, reuniram-se os membros da Banca Examinadora constituída para julgar o
3 Trabalho Final da discente ANA NERY NASCIMENTO SILVA, vinculada a Universidade
4 Federal da Paraíba sob a matrícula nº 20211026058, candidata ao grau de Mestre em
5 “*Modelagem Matemática e Computacional*”, na linha de pesquisa “*Modelagem*
6 *Probabilística*”, do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e
7 Computacional. A comissão examinadora foi composta pelos professores Ana Flávia Uzeda
8 dos Santos Macambira, Orientadora e Presidente da Banca; Hugo Leonardo Davi de Souza
9 Cavalcante, Examinador Interno ao Programa; Sérgio de Carvalho Bezerra, Examinador
10 Interno ao Programa; e Jesus Carvalho Diniz, Examinador Externo à Instituição. Dando início
11 aos trabalhos, a Presidente da Banca cumprimentou os presentes, comunicou a finalidade da
12 reunião e passou a palavra à candidata para que fizesse, oralmente, a exposição do trabalho de
13 dissertação intitulado “*Otimização e análise da localização de unidades de saúde da família*
14 *do município de João Pessoa*”. Concluída a exposição, a candidata foi arguida pela Banca
15 Examinadora, que emitiu o seguinte parecer: “**aprovada**”. Do ocorrido, eu, Gean Paulo P. M.
16 de Barros, secretário do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e
17 Computacional (PPGMMC), lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos membros
18 da Banca Examinadora.

João Pessoa, 25 de agosto de 2023.

Gean Paulo Pereira Maurício de Barros
Secretário do PPGMMC
SIAPE 2326476

Prof^ª. Dr^ª. Ana Flávia U. dos Santos Macambira
Orientadora (PPGMMC)

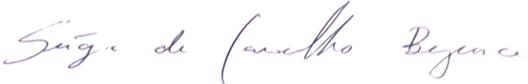


Ana Flávia Uzeda dos Santos Macambira
SIAPE: 2459248

Prof. Dr. Hugo Leonardo Davi de Souza Cavalcante
Examinador Interno ao Programa (PPGMMC)



Prof. Dr. Sérgio de Carvalho Bezerra
Examinador Interno ao Programa (PPGMMC)



Prof. Dr. Jesus Carvalho Diniz
Examinador Externo à Instituição (UFRN)



Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586o Silva, Ana Nery Nascimento.

Otimização e análise da localização de Unidades de Saúde da Família do município de João Pessoa / Ana Nery Nascimento Silva. - João Pessoa, 2023.

95 f. : il.

Orientação: Ana Flávia Uzêda dos Santos Macambira, Sérgio de Carvalho Bezerra.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI.

1. Saúde pública - João Pessoa. 2. Unidades de Saúde da Família - Cobertura. 3. Otimização - Atendimento USFs. 4. Problema de Localização de Máxima Cobertura. 5. Teoria dos grafos. I. Macambira, Ana Flávia Uzêda dos Santos. II. Bezerra, Sérgio de Carvalho. III. Título.

UFPB/BC

CDU 614(813.3)(043)

*A Deus. Dono da vida, de toda a
ciência e sabedoria.*

Agradecimentos

A Deus, pela vida, pelo conhecimento, saúde e bençãos realizadas.

Aos meus pais, Ana e Robson, e ao meu marido, José Deibsom, pelo amor, encorajamento e apoio incondicional.

Aos meus orientadores Ana Flávia Uzêda e Sérgio de Carvalho, pela oportunidade de pesquisa, pelos ensinamentos, pela paciência, dedicação e ajuda. Aos dois toda a minha gratidão, pois se tornaram exemplo de responsabilidade e profissionalismo.

Ao meu primo Alef Berg pela ajuda, apoio, suporte e por todas as contribuições nessa caminhada.

Aos colegas de mestrado, em especial Francisco Allyson, pelo apoio, pela amizade e companheirismo.

Aos amigos e familiares que estiveram sempre presente me dando o suporte necessário.

A todos os demais que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGMMC/CI/UFPB como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

OTIMIZAÇÃO E ANÁLISE DA LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES DE SAÚDE DA FAMÍLIA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA

Ana Nery Nascimento Silva

Agosto/2023

Orientadores: Ana Flávia Uzêda dos Santos Macambira
Sérgio de Carvalho Bezerra

Programa: Modelagem Matemática e Computacional

A Estratégia de Saúde da Família tem como principal objetivo a reorganização da Atenção Básica de Saúde no País, de acordo com os princípios do Sistema Único de Saúde, e é tida pelo Ministério da Saúde como estratégia de expansão, qualidade e consolidação da Atenção Básica de Saúde no Brasil. Desse modo, as Unidades de Saúde da Família, principal "porta de entrada" do Sistema Único de Saúde e base da Estratégia de Saúde da Família, devem prestar um serviço de qualidade e eficaz.

Este estudo é de natureza descritiva e de caráter quantitativo, com o intuito de otimizar/abranger o atendimento prestado aos usuários das Unidades de Saúde da Família, ou seja, da população, do município de João Pessoa - PB, tem por objetivo analisar a rede de atendimento das USFs do município de João Pessoa - PB em duas vertentes: primeiro olhando a rede de atendimento à saúde do município de João Pessoa - PB como um grafo e analisando suas medidas de centralidade. E em seguida aplicando o Problema de Localização de Máxima Cobertura de modo a verificar a quantidade mínima de USFs necessárias para que o sistema tenha uma cobertura de 100%. Em seguida, os dados da Rede de Atenção à Saúde obtidos junto à Secretaria Municipal de Saúde foram analisados de modo a avaliar a área de cobertura da Rede de Atenção à Saúde com o intuito de maximizar a área de cobertura da atual rede de saúde pública de João Pessoa - PB, visando facilitar o acesso dos usuários aos serviços, diminuindo a distância entre a residência do indivíduo e os serviços de saúde prestados pelas USFs.

Abstract of Dissertation presented to PPGMMC/CI/UFPB as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

OPTIMIZATION AND ANALYSIS OF THE LOCATION OF HEALTHCARE
UNITS FROM THE FAMILY FROM THE MUNICIPALITY OF JOÃO PESSOA

Ana Nery Nascimento Silva

August/2023

Advisors: Ana Flávia Uzêda dos Santos Macambira
Sérgio de Carvalho Bezerra

Program: Computational Mathematical Modelling

The Family Health Strategy has as its main objective the reorganization of Primary Health Care in the country, in accordance with the principles of the Unified Health System, and is considered by the Ministry of Health as a strategy for expansion, quality and consolidation of Primary Health Care in Brazil. Thus, the Family Health Units, the main "gateway" of the Unified Health System and the basis of the Family Health Strategy, must provide a quality and effective service.

This descriptive and quantitative study, with the aim of optimizing/covering the care provided to users of the Family Health Units, that is, the population, in the city of João Pessoa - PB, aims to analyze the network of service provided by the USFs in the municipality of João Pessoa - PB in two aspects: first looking at the healthcare network in the city of João Pessoa - PB as a graph and analyzing its centrality measures. And then applying the Maximum Coverage Location Problem in order to verify the minimum amount of USFs necessary for the system to have a coverage of 100%. Next, data from the Health Care Network obtained from the Municipal Health Department were analyzed in order to assess the coverage area of the Health Care Network in order to maximize the coverage area of the current public health network of João Pessoa - PB, aiming to facilitate users' access to services, reducing the distance between the individual's residence and the health services provided by the USFs.

Sumário

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xiii
1 Introdução	1
1.1 Atenção Primária à Saúde	3
1.2 Justificativa	5
1.3 Problema	6
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo Geral	6
1.4.2 Objetivos específicos	7
2 Revisão Bibliográfica	8
2.1 Problema de Localização de Facilidades	8
2.1.1 Problema das p -medianas	9
2.1.2 Problema das p -medianas com capacidade limitada	10
2.1.3 Problema das p -medianas com custo fixo	11
2.1.4 Problema das p -medianas com custo fixo capacidade limitada	13
2.2 Localização de Facilidades de Serviços de Emergência	14
2.2.1 Problema de Localização com Cobertura Simples	14
2.2.2 Problema de Localização com Cobertura Máxima - PLMC	15
2.3 Teoria dos Grafos	16
2.3.1 Conceitos Básicos	16
2.3.2 Medidas de centralidade	18
2.3.3 Análise de comunidades	20
3 Método Proposto	23
3.1 Estudo de Caso	23
3.2 Coleta de dados	24
3.2.1 Análise dos dados	25

4 Resultados e Discussões	28
4.1 Análise de Estruturas de Redes Aplicadas às USFs	28
4.1.1 Medidas de Centralidade	30
4.1.2 Análise de comunidades	42
4.2 Análise da cobertura de atendimento da RAS de João Pessoa através do PLMC	57
5 Conclusões	71
Referências Bibliográficas	73
A O SUS	76
A.1 Estrutura Hierárquica de Atendimento do SUS	78
A.2 Rede de Atenção à Saúde	80
A.3 Atenção Básica à Saúde	81
A.3.1 Atendimento no SUS	83

Lista de Figuras

2.1	Tipos de arestas	16
2.2	Tipos de grafos	17
2.3	Exemplos de grafos completos	17
2.4	Exemplos de medida de centralidade	19
3.1	Distribuição das ESF por situação de unidades	24
3.2	Mapa das localizações das USFs do município de João Pessoa (Mapa construído na linguagem Python tilizando networkx, Netgraph e mat- plotlib)	25
4.1	Grafo das menores distâncias (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	29
4.2	Grafo sistema de rede da RAS (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	30
4.3	Análise do grafo das menores distâncias quanto à centralidade de proximidade (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	32
4.4	Resultado da centralidade de proximidade para o grafo das menores distâncias no mapa do município de João Pessoa - PB (fugura cons- truída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	33
4.5	Resultado da centralidade de proximidade para o grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB (figura cons- truída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	34
4.6	Análise do grafo das menores distâncias quanto à centralidade de intermediação (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	36
4.7	Resultado da centralidade de intermediação para o grafo das menores distâncias no mapa do município de João Pessoa - PB (figura cons- truída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	37

4.8	Resultado da centralidade de intermediação para o grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	38
4.9	Análise do grafo das menores distâncias quanto à centralidade de autovetor (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	40
4.10	Resultado da centralidade de autovetor para o grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	41
4.11	Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Girvan-Newman (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	43
4.12	Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Girvan-Newman no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	44
4.13	Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Fluid Detection (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	45
4.14	Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Girvan-Newman no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	46
4.15	Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Fluid Detection (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	48
4.16	Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Fluid Detection no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	48
4.17	Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Fluid Detection (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	50
4.18	Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Fluid Detection no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	51

4.19	Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Label Propagation (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	52
4.20	Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Label Propagation no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	53
4.21	Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Louvain (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	55
4.22	Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Louvain no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)	56
4.23	Mapa dos centróides do município de João Pessoa - PB (Mapa construído a partir do ArcGIS)	58
4.24	Mapa dos centróides e a localização das USFs alugadas, cedidas e próprias do município de João Pessoa - PB (Mapa construído a partir do ArcGIS)	59
4.25	Possíveis localizações para as USFs (Mapa construído a partir do ArcGIS)	61
4.26	Distribuição das USFs após aplicação do PLMC (Mapa construído a partir do ArcGIS)	63
4.27	Resultado da cobertura dos centróides (Mapa construído a partir do ArcGIS)	66
4.28	Análise da cobertura da RAS (Mapa construído a partir do ArcGIS)	68
4.29	Análise da cobertura da RAS das USFs alugadas e cedidas (Mapa construído a partir do ArcGIS)	69
A.1		80
A.2	Fluxograma de atendimento no SUS	83
A.3	Imagem Ilustrativa do Cartão SUS	84

Lista de Tabelas

3.1 USFs do município de João Pessoa	27
4.1 Cobertura dos cetróides	62

Capítulo 1

Introdução

O artigo 196 da Constituição Federal Brasileira de 1988, garante a saúde como um direito de todos e dever do Estado. Com a finalidade de atender as demandas em relação à saúde da população brasileira foi criado o SUS, Sistema Único de Saúde. Portanto, o SUS objetiva basicamente em elaborar e organizar ações para a prestação de serviços públicos relacionados à saúde, abrangendo a prevenção, promoção, proteção e recuperação da saúde, tendo como princípios fundamentais: a universalidade de acesso (direito de todos, sem discriminação), integralidade de assistência (assistência médica completa) e equidade (igualdade da assistência à saúde).

Assim, atender a população usuária dos serviços de saúde pública no Brasil de forma eficiente e eficaz é estar de acordo com os princípios norteadores do SUS de modo que: os recursos provenientes do SUS devam ser distribuídos de forma atenta às desigualdades existentes, com o objetivo de ajustar as suas ações às necessidades de cada parcela da população, como dita a equidade; onde todos os cidadãos têm o direito à saúde, tendo em vista a universalidade; na igualdade; com a participação da comunidade, de forma que haja políticas de saúde voltadas para a sociedade, inclusive nos aspectos econômicos e financeiros; e por fim na integralidade de assistência, onde o cidadão deve ser atendido em todas as suas necessidades. [3]

Quando relacionado aos serviços de saúde, a acessibilidade pode ser entendida como “a facilidade da utilização dos serviços de saúde pelos usuários, decorrente tanto de características organizacionais dos serviços como das possibilidades dos usuários superarem as barreiras que possam existir” [4].

Para que um serviço seja considerado acessível é necessário haver equidade na acessibilidade. Unglert define equidade como a igualdade no acesso à saúde e deve ser provida como um direito de todo o cidadão. Já Gibbard, apud Unglert, considera a acessibilidade dos serviços de saúde fator fundamental para a efetivação da equidade. [23]

Por esse motivo a equidade tem sido uma finalidade comum aos diferentes pro-

gramas de políticas sociais, inclusive nos ligados ao setor de saúde. Minimizar a desigualdade na acessibilidade aos cuidados de saúde é justificada, pois auxilia na identificação e prevenção de doenças atendendo aos objetivos de prevenção, promoção e proteção da saúde, reduzindo o desenvolvimento de doenças. Dessa forma, a equidade de acesso à localização das unidades de saúde para aqueles em igual necessidade é o princípio mais adequado para os cuidados de saúde e devem ser um dos objetivos primordiais pelos órgãos de gestão do SUS, em função de que garantir o fácil acesso ao sistema de saúde se constitui um aspecto fundamental para garantir atendimento à saúde para a população.

Não existe, na literatura, um conceito único para acessibilidade. O conceito de acessibilidade é geralmente entendido como a facilidade para que um indivíduo, ou um grupo de indivíduos, possa chegar ao destino pretendido, fazendo uso do sistema público de transporte existente, que ligam seu local de origem ao seu destino final.

[3]

Existem dois tipos de acessibilidade: de lugar e de pessoas. A acessibilidade de lugar pode ser vista como a facilidade a se chegar a certos lugares e a acessibilidade de pessoas, pode ser vista como as possibilidades com que uma pessoa ou um grupo de pessoas podem chegar aos seus lugares de atividades. Portanto, a acessibilidade, de um modo geral, pode ser entendida, como sendo a dificuldade ou facilidade para que as pessoas ou grupo de pessoas, ao sair de sua origem, possuem para chegar ao seu destino final. [3].

Desse modo, o estudo sobre a localização das instalações dos serviços de saúde pode ser considerado fundamental, no aspecto operacional, do conceito de equidade, de forma a possuir fundamental importância quando se pretende melhorar a acessibilidade da população aos serviços de saúde do SUS. Com isso, modelos clássicos de análise espacial, construídos a partir do conceito de distância/tempo, podem ajudar a aprimorar o acesso e a distribuição dos serviços públicos.

O atendimento pelo SUS, direito garantido a todos os cidadãos brasileiros, se dá de forma hierarquizada na prestação de serviços de saúde por nível de complexidade, de modo que, casos com menor urgência possam ser atendidos em unidades de menor grau de complexidade sem que haja assim um alto fluxo em unidades de maior grau de complexidade médica melhorando a eficiência e eficácia do sistema de saúde pública. Nos níveis de baixa complexidade ou primário estão as Unidades Básicas de Saúde (no nosso caso Unidades de Saúde da Família - USF), que são conhecidas como a "porta de entrada" do SUS. Tendo em conta que as USFs são o primeiro contato da população com o SUS e que o acesso às USFs está diretamente relacionado ao grau de facilidade ou dificuldade aos serviços de saúde, a análise locacional dos sistemas de saúde é de suma importância para avaliar a distribuição espacial desses serviços, propiciando um melhor planejamento pelos órgãos públicos responsáveis, para que

a população tenha garantida o seu direito de acesso a esses espaços.

Desta forma o acesso apresenta-se como algo que pode aumentar como também diminuir dificuldades no acesso aos serviços. Instalações de saúde pouco utilizadas e/ou mal localizadas dificultam o acesso aos serviços de saúde pública resultando em um aumento na taxa de morbidades. Assim, o estudo de localização de instalações assume uma importância ainda maior quando se trata da localização em sistemas de saúde.

Segundo o IBGE, aproximadamente 71% da população brasileira tem no sistema público de saúde sua principal possibilidade de assistência à saúde[6]. Há evidências consideráveis de que, por causa da má acessibilidade geográfica, cuidados básicos de saúde não alcançam a maioria da população, neste sentido, esta pesquisa tem por objetivo aplicar modelos de otimização para tratar do problema de localização de instalações e propor uma possível realocação de instalações, de forma a maximizar a área de cobertura de demanda, bem como se propõe a fazer uma análise para uma estrutura em rede do serviço de saúde, das USFs, do município de João Pessoa, no Estado da Paraíba.

Este estudo será desenvolvido por meio de simulações dos dados levantados junto à Secretaria Municipal de Saúde, utilizando Programação Matemática. Propõe-se a aplicação do Problema de Localização de Máxima Cobertura - PLMC - para determinar a cobertura atual da rede de serviço de saúde das USFs e propor novas alocações para USFs alugadas de modo a aumentar a área de cobertura da rede e assim possibilitar uma maior oferta em serviços de saúde.

1.1 Atenção Primária à Saúde

Tem-se *"Atenção Primária à Saúde - APS - como uma estratégia de organização da atenção à saúde voltada para responder de forma regionalizada, contínua e sistematizada à maior parte das necessidades de saúde de uma população, integrando ações preventivas e curativas, bem como a atenção a indivíduos e comunidades"*. [12]

A idéia de atenção primária foi utilizada como forma de organização dos sistemas de saúde pela primeira vez no Relatório Dawson, em 1920. Esse documento do governo inglês procurou, constituir-se numa referência para a organização do modelo de atenção médica inglês, que começava a preocupar as autoridades daquele país, devido ao alto custo e ao alto grau de complexidade da atenção médica e à baixa resolutividade.

O Relatório Dawson trazia um modelo de organização de atenção médica dividido em centros de saúde primários e secundários, serviços domiciliares, serviços suplementares e hospitais de ensino. Os centros de saúde primários e os serviços domiciliares deveriam ser organizados de forma regionalizada, onde a maior parte dos

problemas de saúde deveriam ser resolvidos por médicos com formação em clínica geral. Os casos em que a clínica geral não tivesse condições de solucionar com os recursos disponíveis nos centros de saúde primária e/ou familiar deveriam ser encaminhados para os centros de atenção secundária, onde haveria especialistas das mais diversas áreas, ou então, para os hospitais, quando existisse indicação de internação ou cirurgia. Esse modelo de organização de atenção médica caracteriza-se pela hierarquização dos níveis de atenção à saúde. Este modelo organizacional, elaborado pelo governo inglês, influenciou os sistemas de saúde de todo o mundo, incluindo o do Brasil.

No referido modelo percebem-se duas características básicas para a APS: a regionalização dos serviços de saúde, distribuídos a partir de bases populacionais (comunidades) de modo a atender as diversas regiões nacionais, identificando as necessidades de saúde de cada região. A segunda característica é a integralidade, que fortalece a indissociabilidade entre ações curativas e preventivas.

Os cuidados primários de saúde da população são cuidados essenciais de saúde e caracteriza-se *"por um conjunto de ações de saúde, no âmbito individual e coletivo, que abrange a promoção e a proteção da saúde, a prevenção de agravos, o diagnóstico, o tratamento, a reabilitação, a redução de danos e a manutenção da saúde com o objetivo de desenvolver uma atenção integral que impacte positivamente na situação de saúde das coletividades"*. [13]

No Brasil, o sistema de saúde público é realizado pelo SUS e a APS foi adotada pelo SUS com a designação de Atenção Básica à Saúde (ABS). Nesta seção estão situadas as Unidades Básicas de Saúde - UBS (no nosso caso Unidades de Saúde da Família - USF). Trata-se da principal "porta de entrada" do SUS e do centro de comunicação com toda a Rede de Atenção dos SUS. As USFs são o primeiro contato da população com o SUS e são os responsáveis pela ABS, ou seja APS.

A ABS resolve cerca de 80% dos problemas de saúde da população brasileira. [21] No entanto, a ABS ainda apresenta deficiência quando se trata de sua cobertura, sendo esta ainda insuficiente para assistir a toda população. Em 2020 essa cobertura ocorreu em cerca de 76% [5] no geral, estando esse número abaixo da necessidade populacional, como também distante dos princípios de Equidade e Universalidade de acesso a tais serviços.

A ABS é considerada indispensável para que o sistema de saúde seja considerado eficaz. Existem muitas dificuldades para um bom desempenho das atividades da ABS, pois muitas são as limitações na ABS no Brasil. Por isso se faz de suma importância uma gestão de qualidade da ABS no processo de organização dos sistemas de redes de saúde para proporcionar a ampliação do acesso, a continuidade do cuidado, a qualidade da atenção e o contentamento do usuário, cuminam com os recursos financeiros sendo melhor empregados trazendo resultados positivos na

saúde da população brasileira.

1.2 Justificativa

O estudo de localização de facilidades de sistemas de saúde no setor público é de suma importância para a sociedade, pois a má acessibilidade aos sistemas de saúde, podem acarretar o aumento da taxa de mortalidade e morbidade para uma determinada comunidade.

No Brasil, o direito da população aos serviços de saúde pública é garantido na Constituição Federal norteado pelos princípios de universalidade, integralidade e equidade. Tais direitos, no entanto, somente serão concretizados se a população usuária desses serviços tiver concretas condições de acessibilidade, visto que, para um serviço ser acessível é necessário que haja equidade na acessibilidade.

Partindo do pressuposto que, em 2020, 76% da população brasileira tem acesso à ABS, então 24% da população ainda carece de acesso aos serviços de saúde ofertados pelo SUS, seja por falta, por insuficiência ou por dificuldade de acesso. Portanto esse fato apresenta-se como um problema, pois atrapalha as ações de prevenção de doenças, como também possibilita agravos de morbidades. Portanto faz-se necessária uma reavaliação por parte do setor organizacional em saúde que compõe o SUS.

Deste modo, fazer um estudo detalhado sobre o número de instalações e o local de cada uma delas são fatores importantes para determinar não só a eficiência da estrutura de uma rede de serviço de saúde, como também de melhorá-la, através do estudo de sua cobertura.

Em estudos recentes, CIRINO (2016) [\[1\]](#) e SILVA (2021) [\[2\]](#) mostram através de seus trabalhos utilizando modelos de p -mediana e PLMC, respectivamente, que é possível fazer uma análise sobre sistemas médicos de saúde.

Dando sequência ao ótimo trabalho realizado por SILVA [\[22\]](#) e aprofundando a análise sobre a rede de serviços de saúde da Atenção Básica à Saúde, esta pesquisa justifica-se por contribuir para a melhoria da qualidade, em relação à área de cobertura, dos serviços prestados pelo município de João Pessoa, no Estado da Paraíba, por meio da aplicação do PLMC e da análise do sistema de saúde baseado numa rede de sistemas de grafos.

Sob essa ótica, a contribuição desta pesquisa se dá em três vertentes: SOCIAL, contribuindo diretamente para a melhoria da qualidade do serviço público prestado,

¹CIRINO, S. Modelo de p -medianas hierárquico e acessibilidade: análise dos hospitais públicos de Santa Catarina. 2016. 181f. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016

²SILVA, I. N. OTIMIZAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES DE SAÚDE DA FAMÍLIA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA. 2021. 104f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021

tendo em vista a melhoria da área de cobertura e conseqüentemente a diminuição da população descoberta pelos serviços públicos de saúde, GOVERNAMENTAL, uma vez que tal pesquisa poderá auxiliar no processos decisórios futuros, contribuindo à qualidade do serviço e melhor utilização dos recursos públicos e por fim, CIENTÍFICAS, pois tem-se o anseio de contribuir e acrescentar aos estudos relacionados à localização de facilidades, e que possa orientar pesquisas futuras.

1.3 Problema

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 69,8% da população foram a estabelecimentos públicos de saúde para serem atendidos. Deste total, 46,8% apontaram as Unidades Básicas de Saúde como sua principal porta de entrada aos serviços do Sistema Único de Saúde (SUS), chegando a 55,3% no Norte e 54,1% no Nordeste. A pesquisa aponta ainda que apenas 28,5% da população brasileira possui plano de saúde. Na população com rendimento mensal de até $\frac{1}{4}$ de salário mínimo, somente 2,2% tinham plano de saúde médico. Isso significa que cerca de 71% dos brasileiros são dependentes da saúde pública, ou seja, dependem do Sistema Único de Saúde (SUS) para tratamento de saúde. [6]

O Sudeste é a região com maior número de pessoas com plano de saúde (37,5%). Seguida pelo Sul (32,8%), Centro-Oeste (28,9%), Nordeste (16,6%) e Norte (14,7%). [9]

Considerando que a ABS é de vital importância para que o sistema de saúde pública seja considerado eficaz, que a maior parte da população tem o SUS como a principal possibilidade de assistência médica e que, além disso, a ABS é a "porta de entrada" do SUS, é de extrema importância que o acesso às USFs seja uma garantia a toda a população. Sendo assim, com os recursos que o sistema de saúde do município de João Pessoa - PB possui atualmente, o problema dessa pesquisa é formulado da seguinte maneira: É possível otimizar a localização das USFs de João Pessoa- PB, de modo a maximizar a área de cobertura?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo da presente pesquisa é analisar a rede de atendimento das USFs do município de João Pessoa - PB de duas formas diferentes: a primeira forma é olhando a rede de atendimento à saúde do município de João Pessoa - PB como um grafo e analisando suas medidas de centralidades. A segunda forma de análise é aplicar o PLMC de modo a verificar se a localização das USFs é a mais adequada de forma

a maximizar a área de cobertura da atual rede de saúde pública, com o intuito de otimizar/abranger o atendimento prestado aos usuários, ou seja da população de João Pessoa - PB.

1.4.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral desta pesquisa, esta dissertação tem como objetivos específicos o seguinte:

- * Fazer uma análise da rede de USFs do município de João Pessoa - PB tendo como base as medidas de centralidade

- * Fazer uma análise da rede de USFs do município de João Pessoa - PB segundo algoritmos para detecção de comunidades da Teoria dos Grafos.

- * Aplicar o PLMC para descobrir a quantidade mínima de USFs necessárias para a cobertura do município de João Pessoa - PB;

- * Analisar a cobertura atual da rede de saúde pública do município de João Pessoa - PB;

- * Propor nova localização para as USFs alugadas que não estão contribuindo para a cobertura da rede de saúde pública do município de João Pessoa - PB;

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Este capítulo tem por objetivo apresentar os conceitos e modelos que embasam a presente pesquisa, tais como: Problema de Localização de Facilidades, Problema das p -medianas e o Problema de Máxima Cobertura, Grafos e Medidas de centralidade em redes.

Este capítulo utilizou essencialmente as definições do livro "Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia" de Arenales, Armentano, Morabito e Yanasse [1], além dos trabalhos de dissertação de mestrado "Medidas de Centralidade em Grafos, de Leandro Quintanilha de Freitas [7] e "Análise de Medidas de Centralidade utilizando Distância de Hellinger", de Fabiano dos Santos Brião [2] e dos artigos "Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p -mediana e suas variantes" de Nelio D. Pizzolato, Fernanda M. P. Raupp e Guina Sotomayor Alzamora [20] e "Location Problems in the Public Sector" de Vladimir Marianov e Daniel Serra. [11] Para a Divisão de Comunidades foi utilizado como referência a documentação presente no site do Networkx. [18]

2.1 Problema de Localização de Facilidades

O estudo dos problemas de localização de facilidades tem um papel muito importante na tomada de decisões e na elaboração de estratégias tanto no setor público quanto no setor privado.

O problema da localização de facilidades tem por objetivo a tomada de decisões sobre onde deve ser a localização ideal de facilidades, considerando a melhor forma de atender clientes de forma a otimizar certo critério. Este critério pode ser: a minimização de custos ou distâncias, entre outros.

O Problema de Localização de Facilidades pode ser dividido em dois subproblemas: o Problema dos p -centro, que tem por objetivo minimizar a maior distância a

ser percorrida, e o prolema das p -medianas, que tem por objetivo minimizar a soma das distâncias entre clientes e facilidades.

No presente trabalho trabalharemos apenas o problema das p -medianas, além disso, facilidades podem ser substituídos por USF (Unidades de Saúde da Família) e clientes se referem aos usuários das USFs.

Exemplos da aplicação do problema de localização de facilidades no setor privado são a localização de centros de distribuição ou de insumos, instalação de fábricas, lojas, armazéns, entre outros.

Já no setor público exemplos típicos envolvem a localização de unidades de saúde, hospitais, escolas, agências de correios, dentre outros.

2.1.1 Problema das p -medianas

O problema das p -medianas tem por objetivo minimizar a soma das distâncias entre clientes e facilidades. Ou seja, deseja-se determinar a melhor localização para instalar as p facilidades de modo que a soma das distâncias entre cliente e facilidade seja a menor possível, sendo p o número de facilidades a ser instaladas, por isso tem-se o problema das p -medianas, onde medianas referem-se às facilidades. Segundo Arenales, Armentano, Morabito e Yanasse [1] permite-se que as facilidades sejam instaladas em qualquer lugar dos arcos/arestas que ligam os vértices/nós dos clientes, incluindo os nós/vértices dos clientes. Assim, segue abaixo o modelo matemático para localização de p facilidades descrito no [1]

Minimize

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (2.1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J \quad (2.2)$$

$$x_{ij} \leq y_i, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (2.3)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p \quad (2.4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, \quad j \in J \quad (2.5)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I \quad (2.6)$$

Onde,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o cliente } j \text{ é atendido pela facilidade instalada em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

J – conjunto dos vértices que representam os clientes, $j = 1, \dots, n$

I – conjunto dos locais i candidatos à instalação da facilidade, $i = 1, \dots, m$

c_{ij} – custo de atender a demanda q_j a partir de uma facilidade instalada em i

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{se a facilidade é aberta em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A função objetivo (2.1) busca minimizar o custo total de designação dos clientes as facilidades. As restrições (2.2) garantem que cada cliente é atendido apenas por uma única facilidade. As restrições (2.3) asseguram que cada cliente j será atendido apenas por facilidades que foram abertas no local i . As restrições (2.4) garantem que p facilidades serão instaladas. E por fim (2.5) e (2.6) representam o tipo das variáveis.

Note que, se c_{ij} for substituído por d_{ij} , onde d_{ij} representa a distância do cliente j à facilidade localizada em i , então a função objetivo passa a buscar a minimização das distâncias entre clientes e facilidades.

2.1.2 Problema das p -medianas com capacidade limitada

A principal diferença que se apresenta no problema das p -medianas com capacidade limitada é que associa-se uma capacidade limite às facilidades que serão instaladas em cada local, ou seja, há uma restrição de demanda (quantidade de bem ou serviço oferecido pela facilidade). \square

No problema das p -medianas com capacidade limitada as restrições (2.3) expressa no problema das p -medianas citado anteriormente, são alteradas para:

$$\sum_{i \in I} q_j x_{ij} \leq Q_i y_i, \quad \forall i \in I$$

Ou seja, o modelo matemático para o problema das p -medianas com capacidade limitada pode ser expresso por meio das equações:

Minimize

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \tag{2.7}$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J \tag{2.8}$$

$$\sum_{i \in I} q_j x_{ij} \leq Q_i y_i, \quad \forall i \in I \quad (2.9)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p \quad (2.10)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J \quad (2.11)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I \quad (2.12)$$

Onde,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o cliente } j \text{ é atendido pela facilidade instalada em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

J — conjunto dos vértices que representam os clientes, $j = 1, \dots, n$

I — conjunto dos locais i candidatos à instalação da facilidade, $i = 1, \dots, m$

c_{ij} — custo de atender a demanda q_j a partir de uma facilidade instalada em i

q_j — demanda do cliente j

Q_i — capacidade da facilidade instalada no local i

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{se a facilidade é aberta em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A função objetivo (2.7) busca minimizar o custo total de designação dos clientes as facilidades. As restrições (2.8) garantem que cada cliente é atendido apenas por uma única facilidade. As restrições (2.9) asseguram que cada cliente j será atendido apenas por facilidades que foram abertas no local i respeitando a capacidade Q_i de atendimento/demanda para y_i . As restrições (2.10) garantem que p facilidades serão instaladas. E por fim (2.11) e (2.12) representam o tipo das variáveis.

2.1.3 Problema das p -medianas com custo fixo

O problema das p -medianas com custo fixo é caracterizado pela consideração dos custos fixos para operar e/ou instalar determinada facilidade. Seu objetivo é minimizar o custo fixo de implementação de facilidades (operar e/ou instalar facilidades) e o custo variável de atendimento das demandas dos clientes. Esse tipo de problema é muito utilizado no ramo empresarial, visto que os custos operacionais das facilidades podem gerar grandes perdas para uma determinada empresa. Por exemplo: deseja-se construir uma empresa com localização no centro de uma grande cidade A, porém quando comparado os custos de operação, tais como impostos sobre o imóvel com a construção da mesma empresa numa cidade B, mais afastada do centro da cidade A, nota-se a importância de se analisar um local mais viável para

a instalação da empresa. O modelo matemático para o problema das p -medianas com custo fixo é expresso por meio das equações: [1]

Minimize

$$\sum_{i \in I} f_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (2.13)$$

Sujeito a:

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

$$x_{ij} \leq y_i, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (2.15)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p \quad (2.16)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, \quad j \in J \quad (2.17)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I \quad (2.18)$$

Onde,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o cliente } j \text{ é atendido pela facilidade instalada em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

J – conjunto dos vértices que representam os clientes, $j = 1, \dots, n$

I – conjunto dos locais i candidatos à instalação da facilidade, $i = 1, \dots, m$

c_{ij} – custo de atender a demanda q_j a partir de uma facilidade instalada em i

f_i – custo fixo de instalação de uma facilidade no local i

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{se a facilidade é aberta em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A função objetivo (2.13) busca minimizar o custo fixos e variáveis de designação do clientes a facilidades. As restrições (2.14) garante que a demanda de cada cliente é atendida apenas por uma única facilidade. As restrições (2.15) asseguram que cada cliente j será atendido apenas por facilidades que foram abertas no local i . As restrições (2.16) garantem que p facilidades serão instaladas. E por fim (2.17) e (2.18) representam o tipo das variáveis.

2.1.4 Problema das p -medianas com custo fixo capacidade limitada

Analogamente ao problema das p -medianas com capacidade limitada, este problema difere do anterior ao associar-se uma capacidade limite às facilidades que serão instaladas em cada local. Deste modo, o modelo matemático para o problema das p -medianas com custo fixo capacidade limitada pode ser expresso por meio do modelo matemático a seguir: \square

Minimize

$$\sum_{i \in I} f_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (2.19)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J \quad (2.20)$$

$$\sum_{i \in I} q_j x_{ij} \leq Q_i y_i, \quad \forall i \in I \quad (2.21)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p \quad (2.22)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J \quad (2.23)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I \quad (2.24)$$

Onde,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o cliente } j \text{ é atendido pela facilidade instalada em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

J – conjunto dos vértices que representam os clientes, $j = 1, \dots, n$

I – conjunto dos locais i candidatos à instalação da facilidade, $i = 1, \dots, m$

c_{ij} – custo de atender a demanda q_j a partir de uma facilidade instalada em i

q_j – demanda do cliente j

f_i – custo fixo de instalação de uma facilidade no local i

Q_i – capacidade da facilidade instalada no local i

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{se a facilidade é aberta em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A função objetivo (2.19) busca minimizar os custos fixos e variáveis de designação do clientes a facilidades. As restrições (2.20) garante que a demanda de cada cliente é atendida apenas por uma única facilidade. As restrições (2.21) asseguram que

cada cliente j será atendido apenas por facilidades que foram abertas no local i respeitando a capacidade Q_i de atendimento/demanda para y_i . As restrições (2.22) garantem que p facilidades serão instaladas. E por fim (2.23) e (2.24) representam o tipo das variáveis.

2.2 Localização de Facilidades de Serviços de Emergência

O problema de Localização de Facilidades no setor público são divididos em localização de serviços emergenciais, tais como: hospitais, postos de corpo de bombeiros e de SAMU, dentre outros, e em serviços não emergenciais, tais como: localização de escolas, agências de correios, dentre outros.

O estudo de Localização de Facilidades para Serviços de Emergência tem por objetivo cobrir o máximo de áreas de demanda com o menor custo possível. Por cobertura entende-se que uma área de demanda está coberta se existe pelo menos uma facilidade, disponível ou não, a uma distância crítica S , a qual além dessa distância crítica a área de demanda é considerada não coberta. Desse modo uma área de demanda é considerada coberta se existe uma facilidade dentro de um raio de distância crítica S , caso contrário a área de demanda é considerada não coberta. [8] [11]

2.2.1 Problema de Localização com Cobertura Simples

O Problema de localização com cobertura simples tem por objetivo localizar a quantidade mínima de instalações que são necessárias e sua localização, de modo que tenhamos que toda a demanda possa ser atendida por uma facilidade a menos de uma distância crítica S . Ou seja, queremos minimizar o número de facilidades a ser instaladas de modo que a cobertura total do sistema seja alcançada.

O modelo matemático para o Problema de Localização com Cobertura Simples é dado por: [20] [11]

Minimize

$$\sum_{i \in I} x_i \quad (2.25)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in N_j} x_i \geq 1, \quad \forall j \in J \quad (2.26)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in I \quad (2.27)$$

Onde:

- J – conjunto dos vértices que representam os clientes, $j = 1, \dots, n$
- I – conjunto dos locais candidatos à instalação da facilidade, $i = 1, \dots, m$
- d_{ij} – distância do cliente à facilidade i
- S – distância crítica
- N_j – $d_{ij} \leq S, \forall i \in I$, ou seja, os elementos desse grupo são todos os $i \in I$ que estão dentro da distância crítica ou limite de cobertura S para cada $j \in J$
- $x_i = \begin{cases} 1, & \text{se a facilidade é instalada em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$

A função objetivo (2.25) minimiza o número total de facilidades. As restrições (2.26) garantem a cobertura $\forall j \in J$, ou seja, que $\forall j \in J$ está sendo atendido por uma quantidade mínima de instalações a menos da distância S .

2.2.2 Problema de Localização com Cobertura Máxima - PLMC

Para resolver as limitações do modelo proposto pelo Problema de localização com cobertura simples, foi desenvolvido o Problema de Localização com Cobertura Máxima que tem por objetivo maximizar a cobertura dado um determinado número de instalações p , ou seja, onde devem ser abertas as instalações de modo que a demanda seja atendida a menos de uma distância crítica S . Sejam w_j a demanda do vértice $j \in J$; p o número de instalações a serem abertas; $x_i = 1$ se a facilidade é instalada em $i \in I$ e $x_i = 0$ caso contrário; $z_j = 1$ se o vértice $j \in J$ é atendido por alguma instalação e $z_j = 0$, caso contrário. Assim, a formulação matemática do problema PLMC é dada por: [20] [11]

Maximize

$$\sum_{j \in J} w_j z_j \quad (2.28)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} x_i - z_j \geq 0, \quad \forall j \in J \quad (2.29)$$

$$\sum_{i \in I} x_i = p, \quad (2.30)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in I \quad (2.31)$$

$$z_j \in \{0, 1\}, \quad \forall j \in J \quad (2.32)$$

A função objetivo (2.28) maximiza a demanda coberta; a restrição (2.29) afirma que um cliente será coberto se existe pelo menos uma instalação dentro da distância

crítica S . A restrição (2.30) limita o número de instalações a exatamente p e as restrições (2.31) e (2.32) definem as variáveis do tipo binário.

2.3 Teoria dos Grafos

Os primeiros estudos que deram origem à Teoria dos Grafos aconteceram em meados do século XVIII quando o matemático Leonhard Paul Euler resolveu o problema conhecido como Problema Sete pontes de Königsberg. Königsberg, tornou-se famosa por ter em seu território duas grandes ilhas, que se conectam à cidade por sete pontes, seis delas interligavam as ilhas às margens do Rio e uma fazia a ligação entre as duas ilhas. Reza a lenda que os habitantes gostavam de passear e atravessar todas as pontes da cidade, foi quando surgiu o questionamento sobre ser possível de se atravessar todas as pontes apenas uma vez e retornar ao ponto de partida. Até que Euler, em 1736, mostrou que não era possível realizar essa façanha. Euler resolveu este problema através da representação de um grafo. Para solucioná-lo Euler desenhou linhas para representar os lugares por onde as pessoas passeavam e pontos para representar os cruzamentos, criando possivelmente o primeiro grafo da história.

Mas o que é um grafo? Intuitivamente, grafo é um desenho no qual tem-se alguns pontos e linhas ligando pares de pontos. Matematicamente definimos:

Definição 1 Um grafo $G(v, e)$, ou simplesmente G , é uma estrutura que representa um conjunto de objetos e suas relações, ou seja, um grafo consiste em um par (v, e) , com $v \in V(G)$ e $e \in E(G)$, onde $V(G) = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ e $E(G) = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ são conjuntos não vazios e e representa a relação entre os elementos de $V(G)$. Denominamos v de vértices ou nós e e de arestas.

2.3.1 Conceitos Básicos

Seja um vértice v , define-se o grau de v ou $deg(v_i)$, o número de arestas incidentes a v , os lacetes são contados duas vezes.

Uma aresta incidente a apenas um vértice é denominada *laço* e duas ou mais arestas incidentes ao mesmo par de vértices são chamadas de arestas múltiplas.

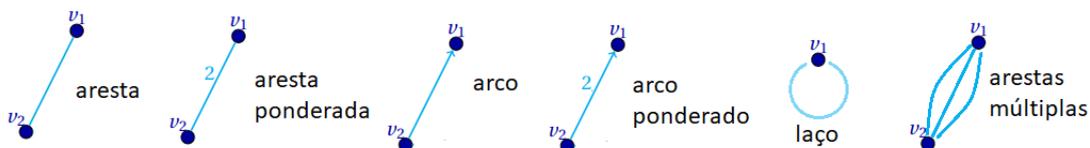


Figura 2.1: Tipos de arestas

Um grafo é chamado *grafo simples*, se este grafo não possui laços, arestas múltiplas e também não possui vértices de grau zero. Um grafo é denominado *orientado* ou *dirigido* quando um par de vértices v_i e $v_j \in V(G)$ conectados por uma aresta tem sentido definido de v_i para v_j ou vice-versa, neste caso chamaremos essa aresta, que possui sentido, de arco e é representada por uma seta. Caso contrário, ou seja, quando um par de vértices v_i e $v_j \in V(G)$ conectados por uma aresta que não possui sentido, este grafo denomina-se grafo *não orientado*. Um grafo é *ponderado* quando suas arestas possuem um peso.

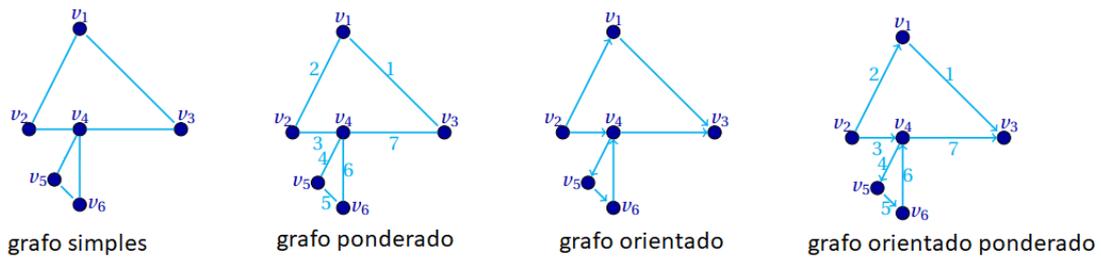


Figura 2.2: Tipos de grafos

Um grafo diz-se *grafo completo* de ordem n se for um grafo simples e entre quaisquer dois vértices v_i, v_j existir uma aresta.

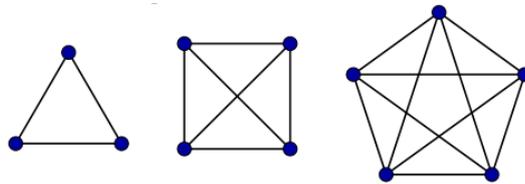


Figura 2.3: Exemplos de grafos completos

2.3.2 Medidas de centralidade

As medidas de centralidade podem ser atribuídas tanto para os vértices quanto para as arestas de uma rede. Nesse trabalho analisaremos apenas a centralidade de vértices. Um vértice pode exercer diversas funções em uma rede, logo quanto mais central for sua posição mais influente esse vértice pode vir a ser.

Alguns vértices têm uma posição privilegiada devido à sua localização. Por exemplo, os pontos de intermediação. Se pensarmos numa rede de pessoas como um grafo, pessoas em pontos de intermediação possuem mais informações e atuam como mediadores de informação, podendo obter vantagens devido a essa posição. A existência, de pontos importantes em uma rede nos motiva a tentar quantificar a importância de um vértice qualquer dentro desta estrutura de rede. As medidas de centralidade são uma forma de analisar essa importância.

A seguir serão apresentadas as medidas de centralidade de proximidade, centralidade de intermediação e centralidade de autovetor.

Centralidade de Proximidade

A medida de centralidade de proximidade é baseada no número de caminhos mínimos de um vértice em relação aos outros vértices do grafo, ou seja, na soma das distâncias de um vértice em relação aos demais vértices do grafo.

Definição 2 *Seja G um grafo conexo com n vértices e seja v_k um vértice de G . A centralidade de proximidade de v_k é dada pelo inverso da soma das distâncias de v_k a todos os demais vértices do grafo, ou seja, [7]*

$$C_P(v_k) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \text{dist}(v_k, v_j)}, \quad (2.33)$$

onde $\text{dist}(v_i, v_j)$ é a distância de v_i a v_j .

Para ilustrar a medida de centralidade de proximidade vamos considerar o grafo dado na Figura abaixo e considerar as distâncias entre v_1 e todos os demais vértices. Desta forma:

$\text{dist}(v_2, v_1) = 1$; $\text{dist}(v_3, v_1) = 2$; $\text{dist}(v_4, v_1) = 1$; $\text{dist}(v_5, v_1) = 2$ Pela equação (3.32) temos que:

$$C_P(v_1) = \frac{1}{\sum_{j=1}^5 \text{dist}(v_1, v_j)} = \frac{1}{1 + 2 + 1 + 2} = \frac{1}{6} = 0,166\dots$$

Analogamente:

$$C_P(v_2) = 0,142; C_P(v_3) = 0,166\dots; C_P(v_4) = 0,2 \text{ e } C_P(v_5) = 0,125.$$

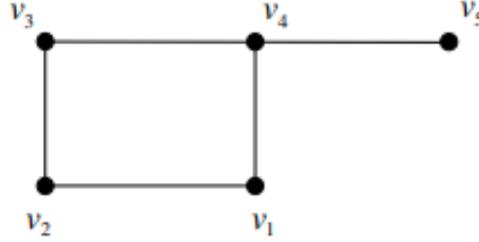


Figura 2.4: Exemplos de medida de centralidade

Isto indica que o vértice v_4 é o mais central de acordo com a medida centralidade de proximidade.

Centralidade de Intermediação

Centralidade de Intermediação consiste em indicar o quanto um vértice v_i está nos caminhos mínimos existentes entre pares de vértices (v_j, v_k) de um grafo.

Definição 3 *Seja G um grafo com n vértices e seja v_i um vértice de G . Considere um par de vértices (v_j, v_k) em G , tal que $i \neq j, k$, $j \neq k$ e $0 < j < k \leq n$. O número total de caminhos mínimos desde o vértice j ao vértice k denotado por $\delta_{j,k}$ e o número de caminhos mínimos de v_j até v_k passando por v_i com notação $\delta_{j,k}(v_i)$*

$$C_I(v_i) = \sum_{i;j < k} \frac{\delta_{j,k}(v_i)}{\delta_{j,k}}; \quad k \neq i \neq j \quad (2.34)$$

Centralidade de autovetor

A Centralidade de autovetor é uma medida da influência de um vértice em uma rede. Ele atribui pontuações relativa ao seu nível de influência a todos os vértices da rede de modo que as ligações de vértice de alta pontuação contribuem mais para a pontuação do vértice em questão do que ligações iguais a vértices de baixa pontuação, ou seja, um vértice importante tem vizinhos importantes. Desse modo, a centralidade de autovetor, é baseada no conceito de autovalores e autovetores da matriz de adjacência do grafo G . Podemos defini-la da seguinte maneira:

Definição 4 *Seja G um grafo conexo com n vértices e seja v_k um vértice de G . A centralidade de autovetor de v_k é dada por:*

$$C_A(v_k) = x_k \quad (2.35)$$

onde x_k é a k -ésima coordenada do autovetor positivo unitário x associado ao índice do grafo, isto é,

$$x_k = \frac{1}{\rho} \sum_{j=1}^n a_{kj} x_j \quad k = 1, \dots, n, \quad (2.36)$$

Onde

$$\rho = \text{ind}(G)$$

O maior autovalor de G é denominado índice de G e denotado por $\text{ind}(G)$ e $A(G)$ é a matriz de adjacência de G de ordem n cujas entradas são:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } \{v_i, v_j\} \in E \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

2.3.3 Análise de comunidades

Muitas vezes podemos modelar sistemas através do relacionamento entre seus elementos (variáveis) que podem ser representados através de redes de grafos, onde os elementos podem ser chamados de nós ou vértices e as ligações entre os elementos são chamadas de arestas. Através da representação de sistemas de redes pode-se analisar a forma como ocorrem os relacionamentos entre os elementos da rede.

Uma propriedade de suma importância no estudo de redes é a sua estrutura de comunidades, ou seja, sua divisão em grupos de vértices densamente conectados entre elementos do mesmo grupo e fracamente conectados com elementos fora do grupo, ou seja, uma comunidade de rede é caracterizada como um subconjunto de nós que apresenta uma grande densidade de conexões internas e uma baixa densidade de conexões externas.

O estudo de grupos de comunidades pode mostrar como estes afetam as decisões e o comportamento de um vértice dentro de uma comunidade, pois pela identificação de comunidades em uma rede pode-se estudá-las individualmente, o que muitas vezes torna a análise mais apropriada/direcionada do que quando feita de maneira global. A importância da detecção de comunidades pode ser destacada em diversos problemas reais, pois, frequentemente, comunidades diferentes apresentam propriedades diferentes.

Algoritmo Girvan-Newman

A ideia geral do algoritmo Girvan-Newman é remover as arestas que contém o maior número de menores caminhos que passam por ela, ou seja retirar os caminhos que ligam as diferentes partes do grafo. Retirando esses caminhos, o que sobra são as comunidades da rede.

O funcionamento desse método consiste em achar a centralidade de intermediação de cada aresta e retirar as que têm maior importância para a rede em si. como consequência as comunidades são expostas.

Algoritmo fluid detection

O algoritmo é baseado na ideia de fluidos interagindo entre si em um ambiente não homogêneo (o grafo), expandindo-se e contraindo-se uns aos outros, com base na sua interação e densidade.

A idéia geral do algoritmo é inicializar de forma aleatória de modo que cada uma das k comunidades iniciais é inicializada em um vértice aleatório no gráfico. Em seguida, o algoritmo itera sobre todos os vértices em ordem aleatória, atualizando a comunidade de cada vértice com base em sua própria comunidade e nas comunidades de seus vizinhos. Este processo é realizado diversas vezes até a convergência.

Algoritmo Label Propagation

De modo geral, o algoritmo Label Propagation é um algoritmo que atribui rótulos a pontos de dados previamente não rotulados, ou seja, quando é preciso escolher entre uma de duas ou mais categorias possíveis, levando em conta a relação desse objeto com outros vizinhos que tenham influência direta sobre ele.

Desse modo o algoritmo detecta uma comunidade pela propagação iterativa de rótulos de vértices até a sua convergência de modo que vértices com o mesmo rótulo constituem uma comunidade. Este método assume a hipótese de que se existe uma aresta conectando dois vértices, então eles possuem semelhanças.

Algoritmo Louvain Community Detection

Antes de falarmos sobre o algoritmos de detecção de comunidades Louvain Community, precisamos definir o que é a modularidade de um grafo.

Modularidade de grafos é uma métrica que define uma função para partição de grafos com base na estrutura de comunidades no grafo e em um modelo de grafo nulo. Um grafo nulo (ou o grafo vazio) é o grafo sem arestas. O modelo de grafo nulo define como seriam as arestas em um grafo aleatório. O modelo nulo deve se manter o mais coeso com o grafo original, mantendo os vértices e possivelmente os graus dos vértices, somente alterando a ordem das arestas. tendo assim um grafo com a mesma densidade de arestas mas sem uma estrutura de comunidades (pois as arestas são aleatórias). Uma vez tendo definido o modelo nulo, a modularidade é definida como: [10]

Definição 5 *Dado um modelo nulo P , a modularidade de um grafo é dada por:*

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} (B_{ij} - P_{ij}) \delta(C_i C_j)$$

Onde B_{ij} é um valor que indica a existência ou não (valor 1 ou 0) de uma aresta entre os vértices i e j do grafo; P_{ij} é um valor equivalente que indica a existência ou não (valor 0 ou 1) da aresta no modelo nulo; m é o número de arestas no grafo; e C_i é a comunidade do vértice i . A função é o delta de Kronecker, que vale 1 caso as variáveis (no caso C_i e C_j) sejam iguais, ou 0 caso contrário.

O Método Louvain para detecção de comunidades em grafos emprega uma sistemática iterativa baseada na maximização da modularidade.

Inicialmente, cada vértice é considerado uma comunidade distinta. em seguida, para cada vértice i , considera-se cada um de seus j vizinhos e avalia-se o ganho de modularidade que ocorreria se o vértice i fosse removido de sua comunidade e colocado na comunidade de j . Ao final da avaliação em todos os vizinhos, o vértice i é colocado na comunidade onde o ganho é máximo, mas apenas se o ganho é positivo. Se não for, permanece em sua comunidade. Este processo se repete até que nenhum indivíduo possa melhorar a modularidade. A segunda fase consiste em gerar um novo grafo (reduzido) onde os novos vértices são as comunidades encontradas na primeira fase. A saída do segundo passo é submetida à entrada do primeiro passo e assim por diante, enquanto houver ganho de modularidade nas comunidades encontradas.

Capítulo 3

Método Proposto

3.1 Estudo de Caso

Nas últimas décadas foi possível observar o crescimento de estudos/pesquisas no campo da modelagem de localização de facilidades aplicados em sistemas baseados em redes. Isso se deve ao fato de que o estudo de localização de facilidades tem por objetivo otimizar custos e tornar mais eficiente os sistemas e/ou alocações de recursos.

Este capítulo destina-se a desenvolver um estudo quantitativo aplicando o Problema de Localização Máxima Cobertura com o intuito de analisar a localização das instalações de USFs no município de João Pessoa, no Estado da Paraíba, de modo a melhor atender a demanda da população, visando a melhoraria do acesso para os usuários do SUS.

O presente estudo se desenvolverá em 5 etapas. Na primeira etapa os dados levantados junto à Secretaria Municipal de Saúde do município de João Pessoa serão analisados como um sistema de rede e analisaremos a importância de cada USF na rede proposta quanto à centralidade.

Na segunda etapa faremos uma análise dos sistema de rede proposto quanto à separação em comunidades.

Na terceira etapa suporemos não existirem USFs construídas e analisaremos a quantidade mínima de USFs a ser construídas para uma cobertura de 100% do sistema.

Na quarta etapa analisaremos a localização atual de cada USF e a cobertura de abrangência da rede de USFs atualmente em funcionamento. Faremos a separação das USFs próprias e alugadas ou cedidas e em seguida analisaremos quais das USFs alugadas ou cedidas em funcionamento não contribuem para a abrangência da área de cobertura.

Por fim, na quinta e última etapa serão apresentados e analisados os resultados

obtidos através desse estudo que serão apresentados no próximo capítulo.

3.2 Coleta de dados

Os dados trabalhados nesta pesquisa foram coletados Junto à Secretaria Municipal de Saúde de João Pessoa - PB, foram coletados os dados de cada USF, no que diz respeito a endereço, situação predial e número de equipes.

Atualmente existem 92 USFs em funcionamento no município de João Pessoa - PB, divididos em 5 distritos sanitários. Das 92 unidades 64, são prédios próprios do município, 25 unidades são alugadas e 3 cedidas. São 203 ESF distribuídas entre as 92 USFs. Abaixo podemos visualizar uma tabela com todos os números coletados.

Distrito Sanitário	Nº de equipes	Nº de prédios	Nº de Unidades (Prédios)							
			Próprias				Alugadas		Cedidas	
			Integradas				Individuais/ Isoladas	2 equipes	Individuais/ Isoladas	Individuais/ Isoladas
			5 equipes	4 equipes	3 equipes	2 equipes				
I	50 ESF	21 USF	-	6	4	2	3	1	4	1
II	45 ESF	17 USF	-	8	1	2	2	-	4	-
III	51 ESF	18 USF	-	8	4	1	3	-	2	-
IV	29 ESF	18 USF	-	2	-	3	1	2	9	1
V	28 ESF	18 USF	1	-	-	6	7	-	3	1
Total	203	92	1	24	9	14	16	3	22	3
			64 prédios (69,6%) 172 equipes (84,7%)				25 prédios (27,2%) 28 equipes (13,8%)		3 prédios (3,3%) 3 equipes (1,5%)	

Figura 3.1: Distribuição das ESF por situação de unidades

Abaixo podemos ver um mapa com as localizações das USFs e sua distribuição no município de João Pessoa - PB, onde os pontos azuis representam a localização das USFs alugadas ou cedidas e os pontos vermelhos representam a localização das USFs próprias.

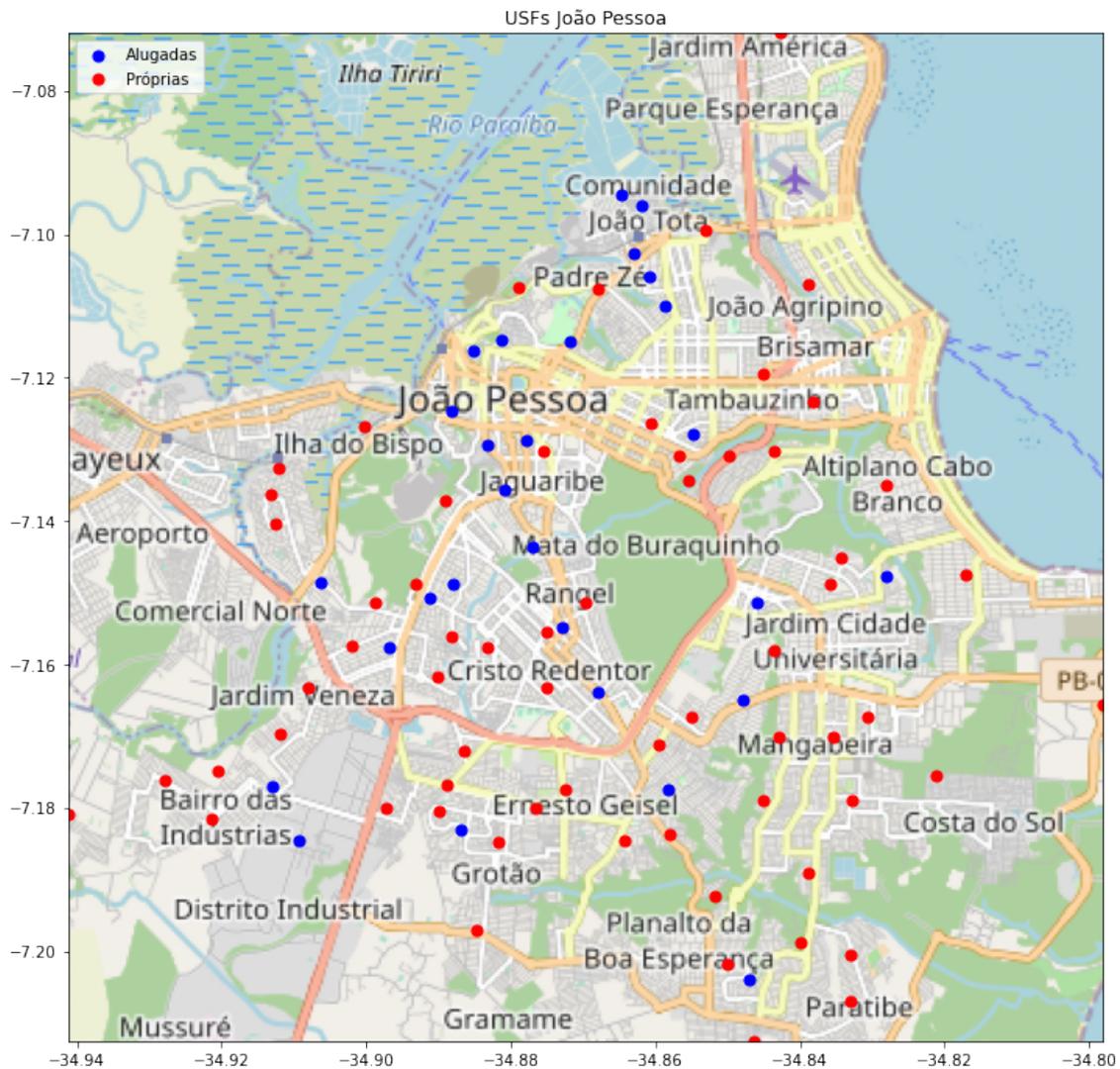


Figura 3.2: Mapa das localizações das USFs do município de João Pessoa (Mapa construído na linguagem Python utilizando networkx, Netgraph e matplotlib)

3.2.1 Análise dos dados

A análise dos dados das primeira e segunda etapa foi realizada com a utilização da linguagem Python, através do ambiente Google Colab. A partir dos endereços das USFs foram obtidas as informações de Longitude e Latitude de cada USF, que foram obtidas através do Google Maps, ou presencialmente, para os casos em que não foi possível a localização por meio do Google Maps.

Em seguida foi calculada a distância geográfica entre as USFs por meio da função geodesic, da biblioteca Geopy, para calcular a distância geodésica, que é uma distância mais próxima da distância real, se comparada à distância Euclidiana.

Se fez necessário modelar o sistema de saúde de João Pessoa - PB, através de redes de grafos, onde os nós ou vértices representam as USFs e as ligações entre os elementos, ou seja, as arestas representam as distâncias entre às USFs. Cada USF

representa um vértice que é indicado de acordo com o número correspondente na tabela 3.1

Para o cálculo das análises de centralidade e comunidades, foi utilizada a biblioteca Networkx. Já para gerar os grafos e mapas obtidos como resultados foi utilizada biblioteca Networkx para a leitura dos dados da matriz de adjacência e para plotar os grafos e mapas foi necessário o uso das bibliotecas Netgraph e matplotlib.

Para a análise seguinte, terceira e quarta etapas, foi utilizada a linguagem de programação Julia para modelar o PLMC. Foi utilizada a função Harvesine para o cálculo das distâncias aplicado no PLMC. Para a construção dos mapas foi utilizado o ArcGIS online, que é um site utilizado para trabalhar com mapas e informações geográficas.

Tabela 3.1: USFs do município de João Pessoa

Nó	USF	Nó	USF
0	USF Integrada Cruz das Armas	46	USF Caminho do Sol
1	USF Nova Conquista	47	USF Integrada José Américo
2	USF Saúde e Vida	48	USF Integrada Valentina
3	USF Jardim Saúde	49	USF Nova Aliança
4	USF Integrada Verde Vida	50	USF Parque do Sol I e II
5	USF Saúde para Todos	51	USF Colibris I
6	USF Costa e Silva Integrada	52	USF Doce Mãe de Deus
7	USF Vieira de Diniz	53	USF José Américo I
8	USF Cruz das Armas II	54	USF Colibris II
9	USF Integrada Funcionário I	55	USF Paratibe II
10	USF Jardim Planalto	56	USF Integrado Viver Bem
11	USF Integrada Bairro das Indústrias	57	USF Integrado Alto do Céu
12	USF Padre Ibiapina	58	USF Distrito Mecanico
13	USF Alto do Mateus I	59	USF Ilha do Bispo
14	USF Alto do Mateus VI	60	USF Roger I E II
15	USF Anayde Beiriz	61	USF Varadouro I E II
16	USF Mumbaba	62	USF Matinha II/USF Paulo Afonso
17	USF Novais I	63	USF Alto do Céu I
18	USF Novais VI	64	USF Alto do Céu II
19	USF Cruz das Armas III	65	USF Cordão Encarnado I
20	USF Cruz das Armas IV	66	USF Cordão Encarnado II
21	USF Vila Saúde	67	USF Ipês
22	USF Qualidade e Vida	68	USF Mandacaru VII
23	USF Mudança de Vida	69	USF Mandacaru VIII
24	USF Integrando Vidas	70	USF Mandacaru IX
25	USF Espaço Saúde	71	USF Matinha I
26	USF Unindo Vidas	72	USF Roger III
27	USF Integrada Grotão	73	USF Tambiá
28	USF Colinas do Sul II	74	USF São José
29	USF Estação Saúde	75	USF Altiplano
30	USF Funcionários III/IV e Pres. Médici	76	USF Santa Clara
31	USF Integrada Cuiá	77	USF Bancários e Aldeia SOS
32	USF Saúde em Ação (Geisel III)	78	USF Bessa II e II
33	USF Funcionários II 2 ^a etapa	79	USF Torre II e III
34	USF Riacho Doce	80	USF Cidade Recreio e QD Mares
35	USF Maria de Nazaré	81	USF Água Fria
36	USF Rangel I	82	USF Castelo Branco I
37	USF Rangel VII	83	USF Comunidade Tito Silva (Jd. Miramar)
38	USF Rosa de Fátima	84	USF Eucaliptos
39	USF Quatro Estações	85	USF Jardim Miramar I
40	USF Verdes Mares	86	USF Padre Hildon Bandeira
41	USF Cidade Verde	87	USF Penha
42	USF Nova União	88	USF São Rafael
43	USF Nova Esperança	89	USF Timbó I
44	USF Ipiranga	90	USF Timbó II
45	USF Integrada Mangabeira	91	USF Torre I

Capítulo 4

Resultados e Discussões

4.1 Análise de Estruturas de Redes Aplicadas às USFs

A análise de redes permite uma rápida visualização e interpretação de associações entre múltiplos vértices da rede.

Vamos propor duas situações de sistema de redes e analisá-las de acordo com a centralidade e fazer um estudo dos possíveis grupos de comunidades.

O primeiro sistema refere-se a uma rede, ou seja, cada USF está ligada a sua USF mais próxima, sendo assim, o grafo representa as menores distâncias entre as USFs. Esse tipo de situação pode ser utilizado em casos particulares como de envio de amostras para exames para serem coletadas, e ponto de distribuição e/coleta de materiais e insumos, distribuição de medicamentos, gerenciamento de manutenção, dentre outros.

Abaixo podemos visualizar o exemplo de um grafo representando a rede das USFs da rede de saúde do município de João Pessoa - PB, formado pelas 92 USFs em funcionamento que representa a ligação entre as menores distâncias entre duas USFs, ou seja, cada USF está conectado a sua USF mais próxima.

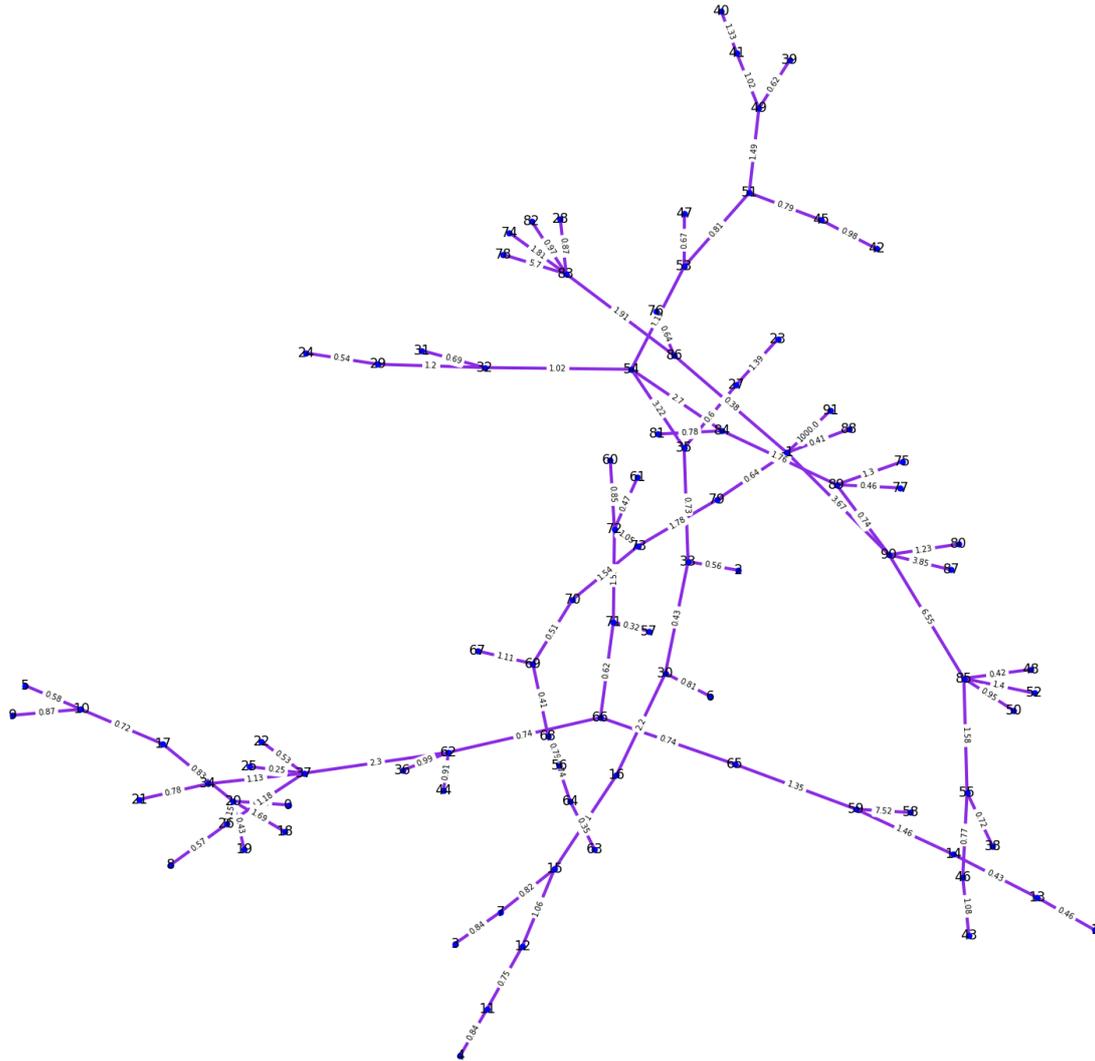


Figura 4.1: Grafo das menores distâncias (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

O grafo sistema é o que melhor representa a Rede de Atenção Saúde - RAS do município de João Pessoa - PB, onde cada vértice se comunica com todos os demais vértices, ou seja, cada USF está ligada a todas as outras USFs, independente da distância entre elas. Isso se deve ao fato de que todo e qualquer cidadão do município de João Pessoa - PB pode ser atendido em qualquer USF do município. Esse tipo de estudo pode colaborar no gerenciamento de pacientes, fluxos de informações, além dos já citados acima, dentre outros.

Abaixo podemos visualizar o exemplo de um grafo representando a RAS do município de João Pessoa, formado pelas 92 USFs em funcionamento.

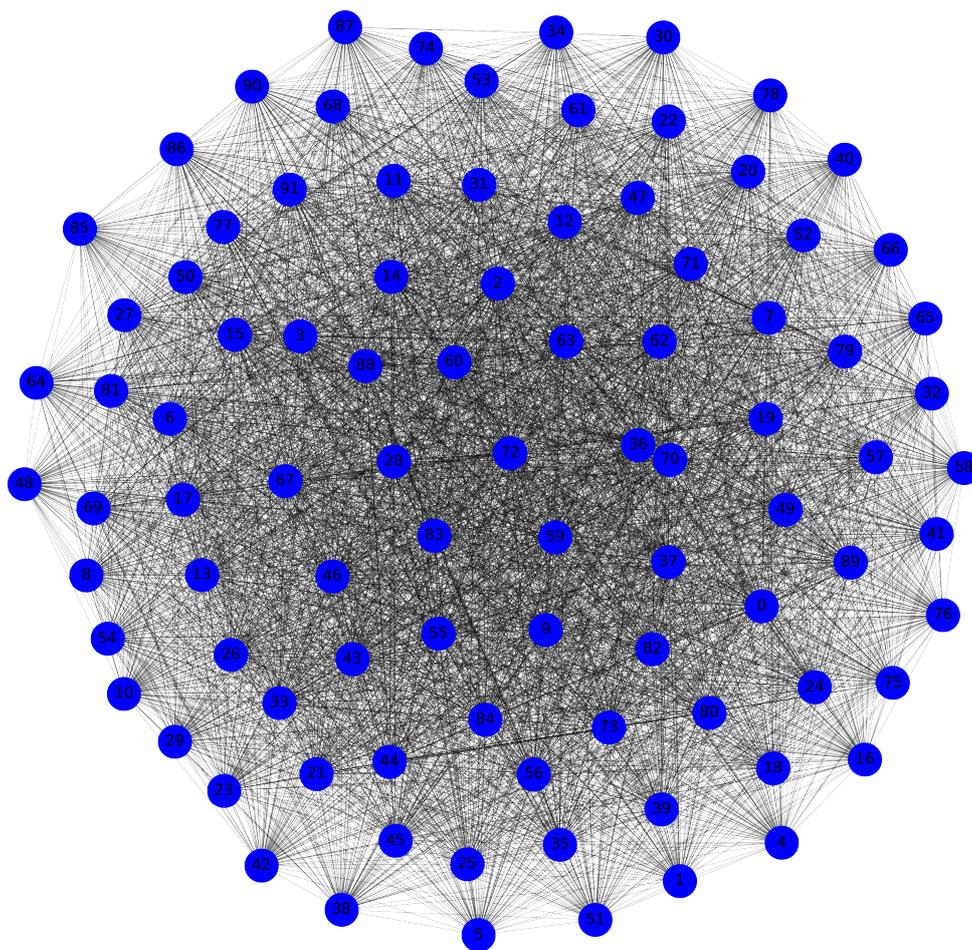


Figura 4.2: Grafo sistema de rede da RAS (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

4.1.1 Medidas de Centralidade

Intuitivamente, numa rede, os vértices mais centrais são aqueles que a partir dos quais podemos atingir qualquer outro com mais facilidade ou rapidez.

Em termos logísticos é de suma importância poder estabelecer a centralidade de determinadas USFs para elaboração de estratégias eficientes que tragam uma maior rapidez ao processo e uma melhor utilização dos recursos empregados.

Aqui nós analisaremos três diferentes medidas de centralidade que avaliam a importância do vértice de acordo com sua posição central. O uso de qual medida de centralidade melhor se adequa ao propósito deve ser considerada de acordo com a finalidade da elaboração e efetivação das estratégias da rede de sistemas considerada.

Para o uso das medidas de centralidade podemos tomar como exemplo o local mais adequado para a implementação de pontos de distribuição de vacinas, visto que,

para o acondicionamento de determinadas vacinas se faz necessário uma estrutura adequada, como por exemplo câmaras de baixa temperatura e outros maquinários que possuem alto custo. Sendo assim, estabelecer pontos de armazenamento de insumos e materiais de uso diário das USFs, em USFs centrais pode gerar uma ação mais rápida, precisa e eficaz do sistema de abastecimento das USFs.

As medidas de centralidade que serão estudadas são: centralidade de proximidade, centralidade de intermediação e centralidade de autovetor. As medidas utilizadas nesta seção foram calculadas a partir da biblioteca networkx.

Centralidade de proximidade - Closeness

A centralidade de proximidade está relacionada com a distância total de um vértice a todos os demais vértices do grafo, ou seja, o quão próximo o vértice está dos demais denota o quão central ele é.

No sistema de rede das menores distâncias obtivemos que o vértice mais central, em relação à proximidade, são os vértices 84, 85, 86, 72, 73, 89, 79, 90, 91. No sistema de rede do RAS, os vértices mais centrais, em relação à proximidade são, 26, 36, 34, 21, 25, 22 e 37. Isso significa que esses são os vértices que possuem uma maior quantidade de vértices mais próximos, ou seja, o vértice que possui maior pares de vértices com um menor caminho a ser percorrido.

Portanto concluímos que para o sistema de rede de menores distâncias as USFs: USF Torre I, USF Timbó II, USF Torre II e III, USF Timbó I, USF Tambiá, USF Roger III, USF Padre Hilton Bandeira, USF Jardim Miramar e USF Eucaliptos, e as USFs do sistema de rede do RAS, USF Rangel VII, USF Qualidade e Vida, USF Espaço Saúde, USF Vila Saúde, USF Riacho Doce, USF Rangel I, USF Unindo Vidas, USF Cruz das Armas II, são as USFs que possuem melhor localização estratégica quando o objetivo definido é o menor caminho percorrido.

No que diz respeito aos vértices que tem menor centralidade, para o sistema de rede de menores distâncias são os vértices 4, 5, 9, 3, 11, 10, 1, 7, 12, 40, 0, 18, 19, 17, 13. No sistema de rede do RAS são os vértices 78, 58, 87, 38, 50, 4, 55, 12, 63 e 64. Isso significa que esses são os vértices que possui uma quantidade de vértices menor próximo a si.

Portanto concluímos que para o sistema de rede de menores distâncias as USFs, 5, 9, 3, 11, 10, 1, 7, 12, 40, 0, 18, 19, 17, 13. e as USFs o sistema de rede do RAS, 78, 58, 87, 38, 50, 4, 55, 12, 63 e 64. Não são as USFs que possuem a melhor localização em termos de centralidade quando o objetivo definido é o menor caminho percorrido, portanto o uso dessas USFs deve ser evitado para esse propósito.

Na figura abaixo podemos analisar melhor o resultado da centralidade de proximidade no grafo de menores distâncias, visto que o mesmo possui uma melhor visualização do que o grafo para o sistema de rede RAS.

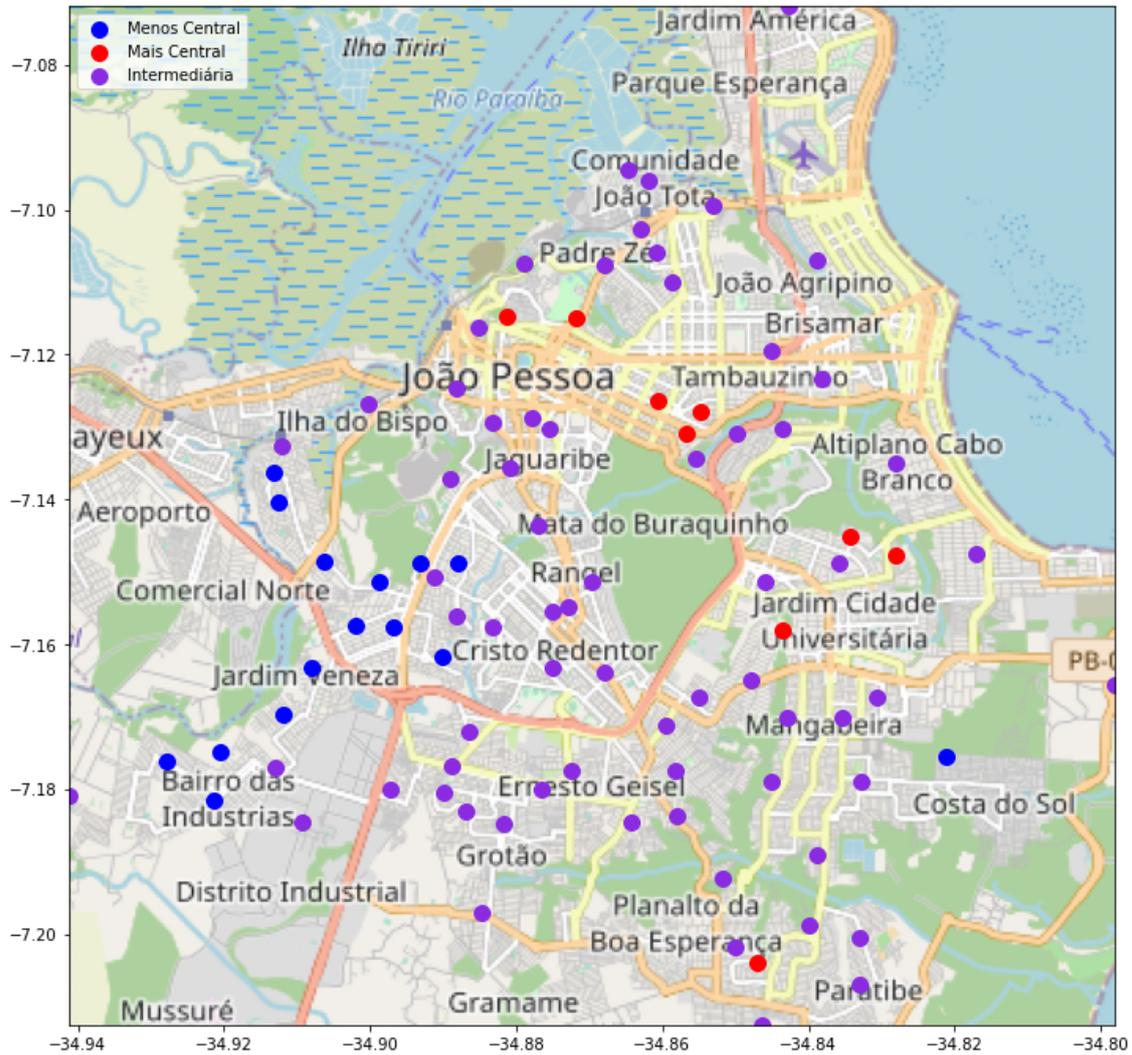


Figura 4.4: Resultado da centralidade de proximidade para o grafo das menores distâncias no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Na figura abaixo podemos visualizar o resultado da centralidade de proximidade no grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB. Os pontos em azul representam as USFs com menor centralidade, já os pontos vermelhos representam as USFs com maior centralidade.

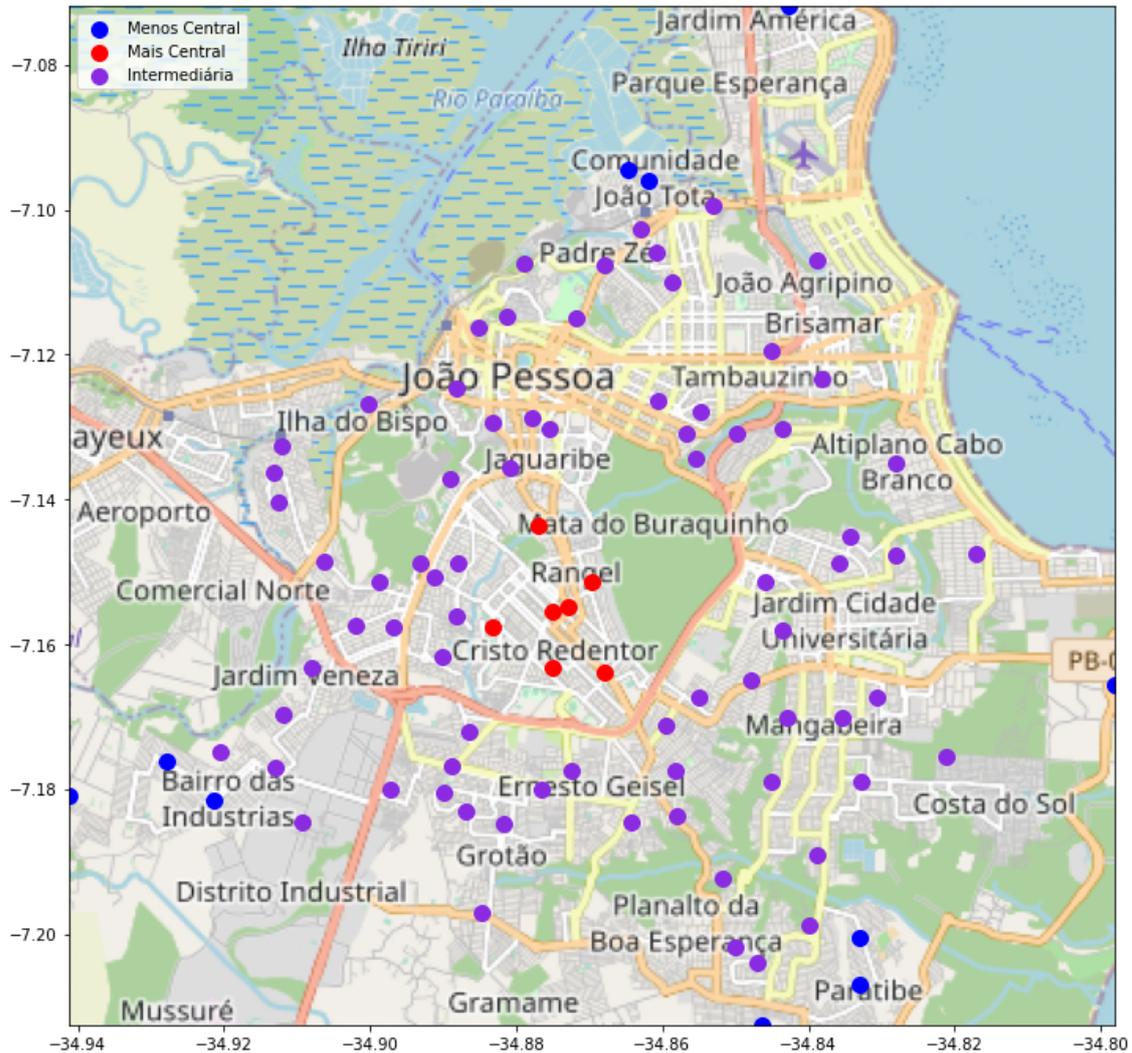


Figura 4.5: Resultado da centralidade de proximidade para o grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Centralidade de Intermediação - Betweenness

A Centralidade de intermediação quantifica o número de vezes que um vértice age como ponte ao longo do caminho mais curto entre dois outros vértices, ou seja, representa o número de vezes que um vértice faz parte do caminho mais curto entre todos os pares de vértices conectados da rede.

No sistema de rede das menores distâncias obtivemos que o vértice mais central, em relação à intermediação, são os vértices 66, 71, 84, 72, 54, 89, 79, 73, 90 e 91: No sistema de rede do RAS, os vértices mais centrais, em relação à intermediação são: 17, 66, 37, 25, 91, 34, 21, 36, 8. Isso significa que esses são os vértices que mais vezes fazem parte do caminho mais curto entre dois pares de vértices.

Portanto concluímos que para o sistema de rede de menores distâncias as USFs:

USF Timbó II, USF Tambiá, USF Torre II e III, USF Timbó I, USF Colibris II, USF Roger III, USF Eucaliptos, USF Matinha I e USF Cordão Encarnado II e USF Torre I e as USFs do sistema de rede do RAS, USF Cruz das Armas II, USF Rangel I, USF Vila Saúde, USF Riacho Doce, USF Torre I, USF Espaço Saúde, USF Rangel VII, USF Cordão Encarnado II e USF Novais I são as USFs que possuem melhor localização estratégica quando o objetivo definido é o de ponte ao longo do caminho mais curto entre dois vértices.

Em contrapartida as USFs de vértice 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 31, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 63, 67, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 87, 88, 91, 13, 7, 11, 34, 27, 29, 41, 45, 46 e 64 do grafo das menores distâncias e as USFs de vértice 14, 38, 40, 50, 58, 78, 87, 80, 23, 74, 60, 63, 41, 1, 13, 64 e 55 para o grafo do sistema de rede RAS são os que não possuem a melhor centralização em relação à intermediação.

Portanto, concluímos que, para o sistema de rede de menores distâncias as USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Nova, Conquista, USF Saúde e Vida, USF Jardim Saúde, USF Integrada Verde Vida, USF Saúde para Todos, USF Costa e Silva, Integrada, USF Cruz das Armas II, USF Integrada Funcionário I, USF Novais VI, USF Cruz das Armas III, USF Vila Saúde, USF Qualidade e Vida, USF Mudança de Vida, USF Integrando Vidas, USF Espaço Saúde, USF Colinas do Sul II, USF Integrada Cuiá, USF Rangel I, USF Rosa de Fátima, USF Quatro Estações, USF Verdes Mares, USF Nova União, USF Nova Esperança, USF Ipiranga, USF Integrada Valentina, USF Parque do Sol I e II, USF Doce Mãe de Deus, USF Integrado Viver Bem, USF Integrada Alto do Céu, USF Distrito Mecanico, USF Roger I E II, USF Varadouro I E II, USF Alto do Céu I, USF Ipês, USF São José, USF Altiplano, USF Santa Clara, USF Bancários e Aldeia SOS, USF Bessa II e II, USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Água Fria, USF Castelo Branco I, USF Penha, USF São Rafael, USF Torre I, USF Alto do Mateus I, USF Vieira de Diniz, USF Integrada Bairro das Indústrias, USF Riacho Doce, USF Integrada Grotão, USF Estação Saúde, USF Cidade Verde, USF Integrada Mangabeira, USF Caminho do Sol e USF Alto do Céu II e as USFs do sistema de rede do RAS, USF Alto do Mateus VI, USF Rosa de Fátima, USF Verdes Mares, USF Parque do Sol I e II, USF Distrito Mecanico, USF Bessa II e II, USF Penha, USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Mudança de Vida, USF São José, USF Roger I E II, USF Alto do Céu I, USF Cidade Verde, USF Nova Conquista, USF Alto do Mateus I, USF Alto do Céu II e USF Cordão Encarnado I, devem ser evitadas, pois não traria eficiência ao sistema quando a questão é centralidade.

Na figura abaixo podemos analisar melhor o resultado da centralidade de intermediação no grafo das menores distâncias, visto que o mesmo possui uma melhor visualização do que o grafo para o sistema de rede RAS.

Note que os vértices azuis são os que possui menor centralidade, em consequência também são os vértices que estão na periferia do grafo. Já os vértice em vermelho são os vértices que possui maior centralidade.

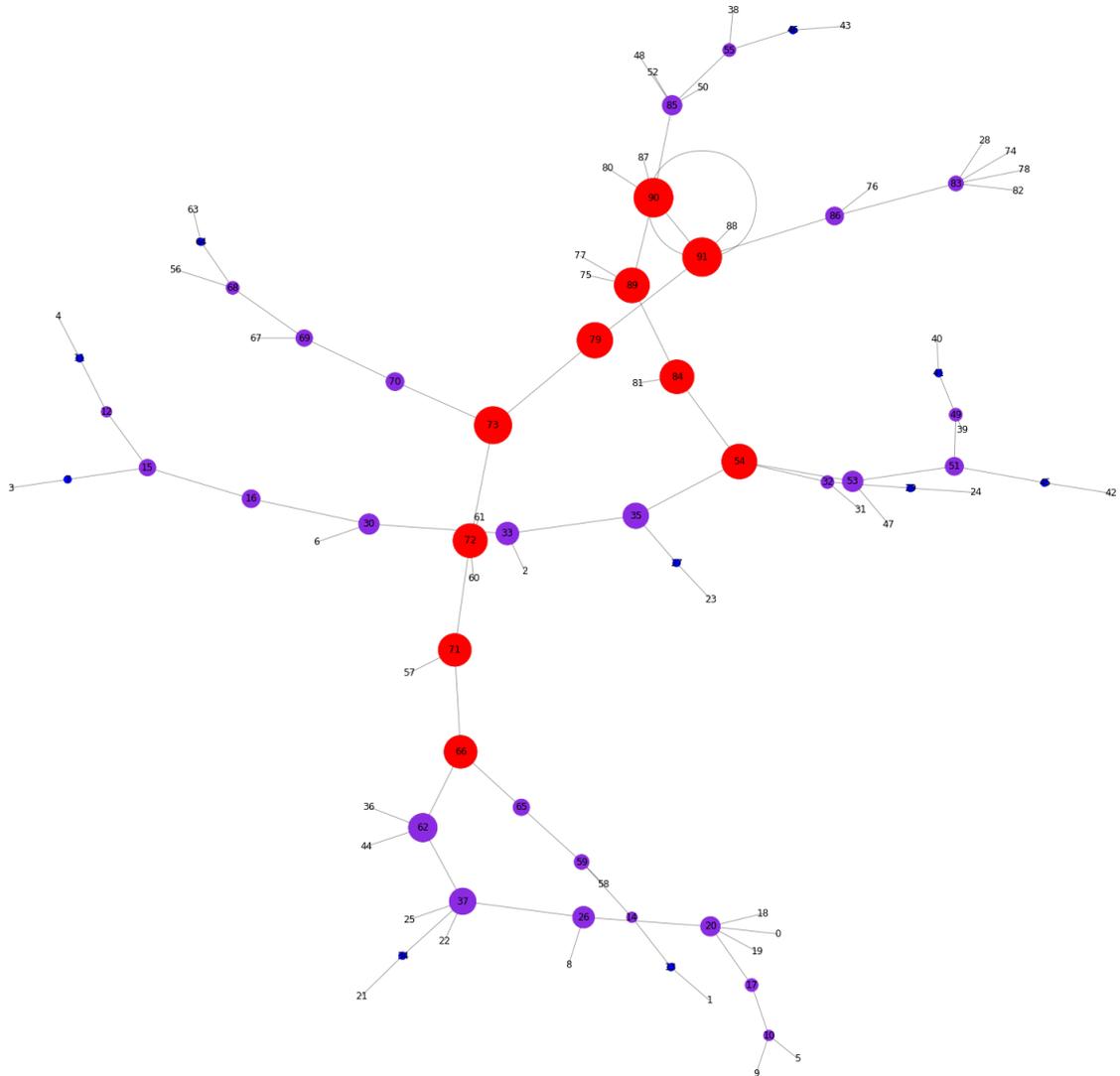


Figura 4.6: Análise do grafo das menores distâncias quanto à centralidade de intermediação (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

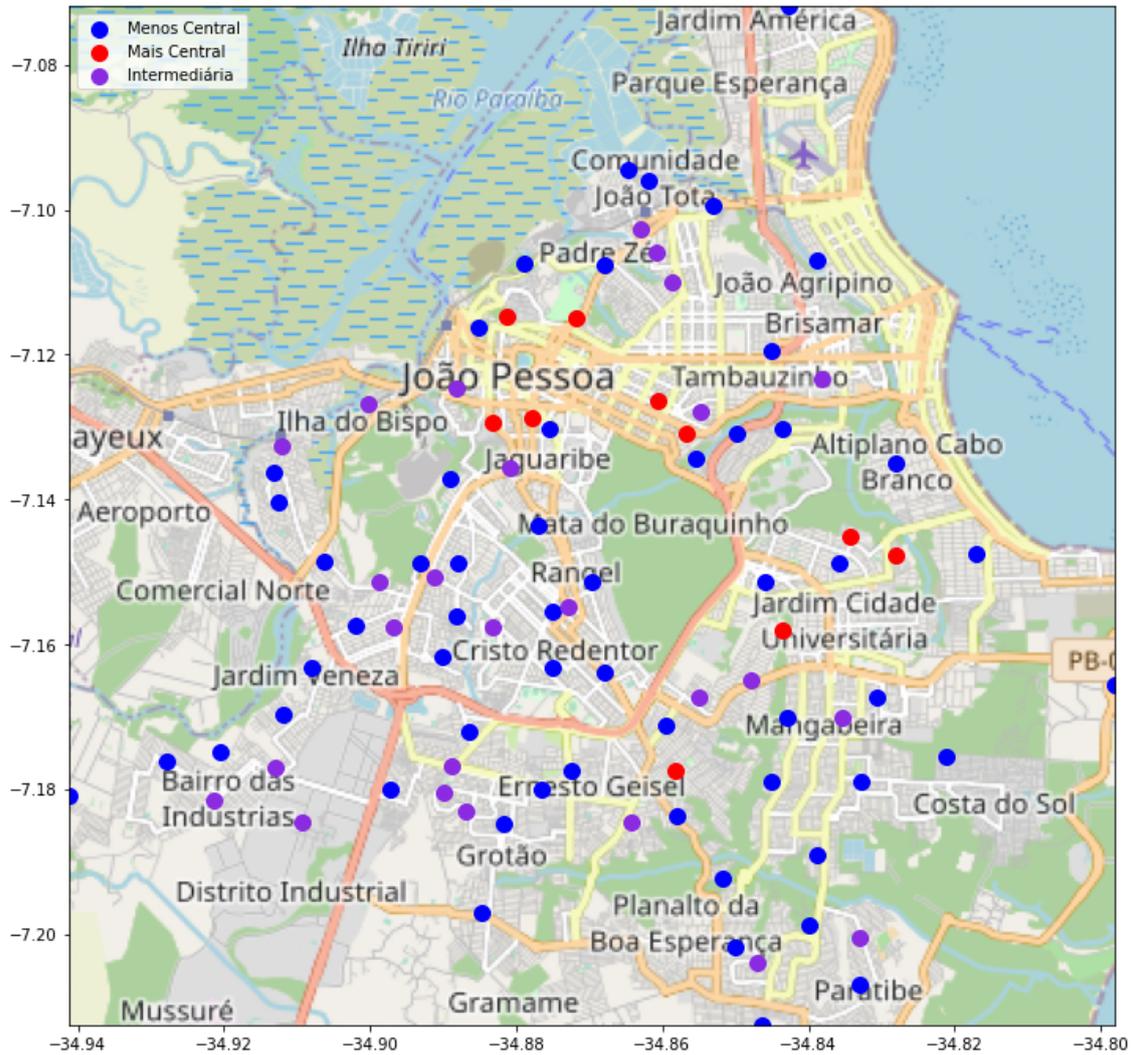


Figura 4.7: Resultado da centralidade de intermediação para o grafo das menores distâncias no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Na figura abaixo podemos visualizar o resultado da centralidade de intermediação no grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB. Os pontos em azul representam as USFs com menor centralidade, já os pontos vermelhos representam as USFs com maior centralidade.

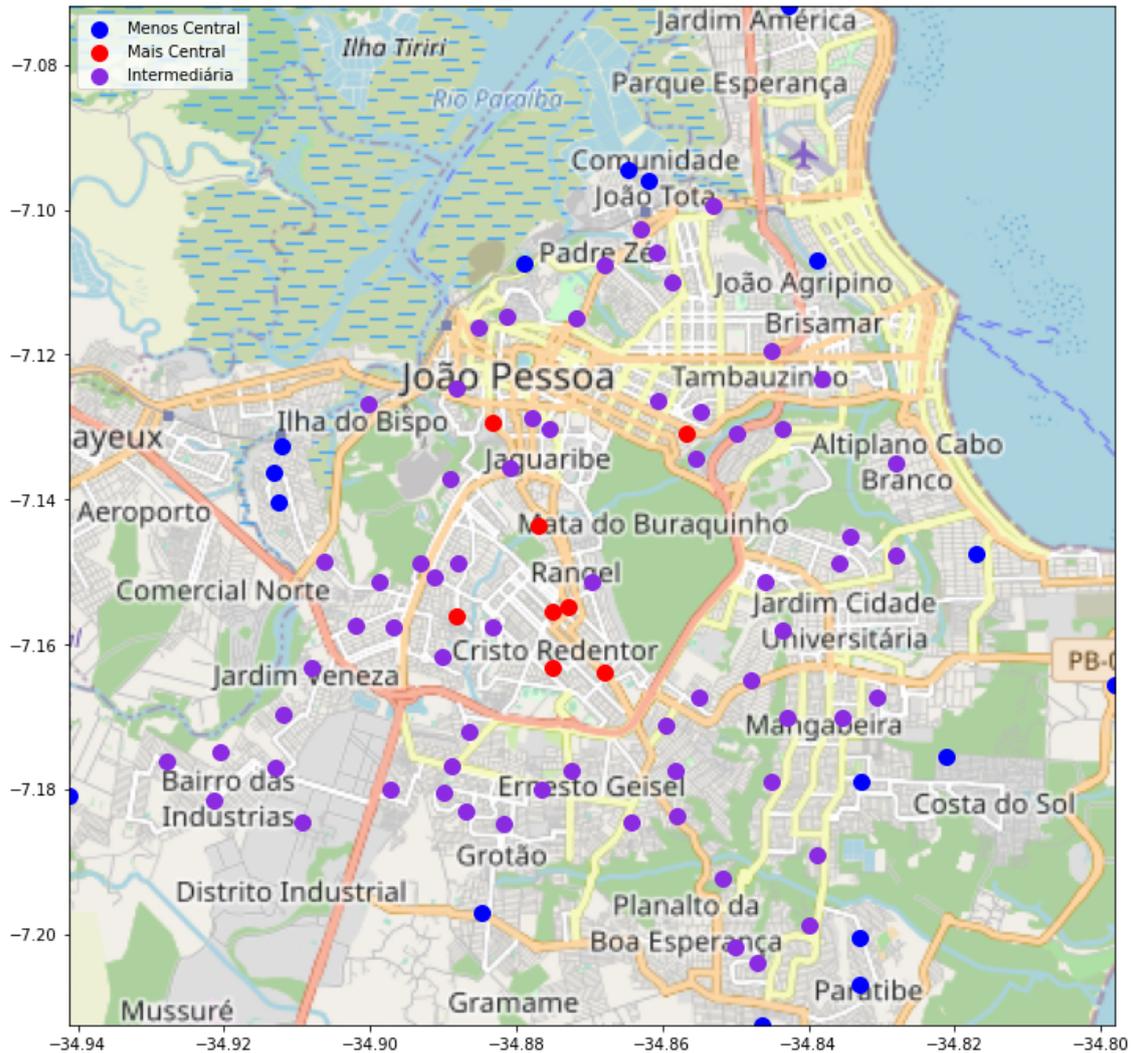


Figura 4.8: Resultado da centralidade de intermediação para o grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Centralidade de Autovetor

A Centralidade de autovetor é baseada no conceito de autovalores e autovetores da matriz de adjacência do grafo, ou seja, a centralidade de autovetor de um vértice é uma combinação linear das centralidades dos vértices com ele conectados.

A centralidade de autovetor pode ser vista como uma medida de propagação, isso significa que o autovetor define como o vértice mais central aquele que está ligado a outros que por sua vez também estabelecem relações com vértices que estão em posições centrais, e assim por diante.

No sistema de rede das menores distâncias obtivemos que o vértice mais central, são os vértices 87, 85, 86, 88, 79, 90 e 91. No sistema de rede do RAS, os vértices mais centrais, em relação à intermediação são, 50, 38, 87, 58 e 78

Em contrapartida as USFs de vértice 63, 1, 5, 4, 57, 56, 24, 64, 3, 9, 0, 2 e 42 do grafo das menores distâncias e as USFs de vértice 37, 22, 25, 34, 21 e 36 para o grafo do sistema de rede RAS são os que não possuem a melhor centralização em relação ao altovetor.

Portanto concluímos que para o sistema de rede de menores distâncias as USFs: USF Torre I, USF Timbó II, USF Torre II e III, USF São Rafael, USF Padre Hildon Bandeira, USF Jardim Miramar I e USF Penha e as USFs do sistema de rede do RAS, USF Bessa II e III, USF Distrito Mecânico, USF Penha, USF Rosa de Fátima e USF Parque do Sol I e II, são as USFs que possuem melhor localização estratégica em relação à centralidade de autovetor.

Já as USFs: USF Nova União, USF Saúde e Vida, USF Integrada Cruz das Armas, USF Integrada Funcionário I, USF Jardim Saúde, USF Alto do Céu II, USF Integrando Vidas, USF Integrada Viver Bem, USF Integrada Alto do Céu, USF Integrada Verde Vida, USF Saúde para Todos, USF Nova Conquista, USF Alto do Céu I para o grafo das menores distâncias e as USFs: USF Rangel I, USF Vila Saúde, USF Riacho Doce, USF Espaço Saúde, USF Qualidade e Vida e USF Rangel VII, para o grafo do sistema de rede RAS, devem ter sua utilização evitadas, pois não apresentam melhor posição estratégica em termos e centralidade de autovetor.

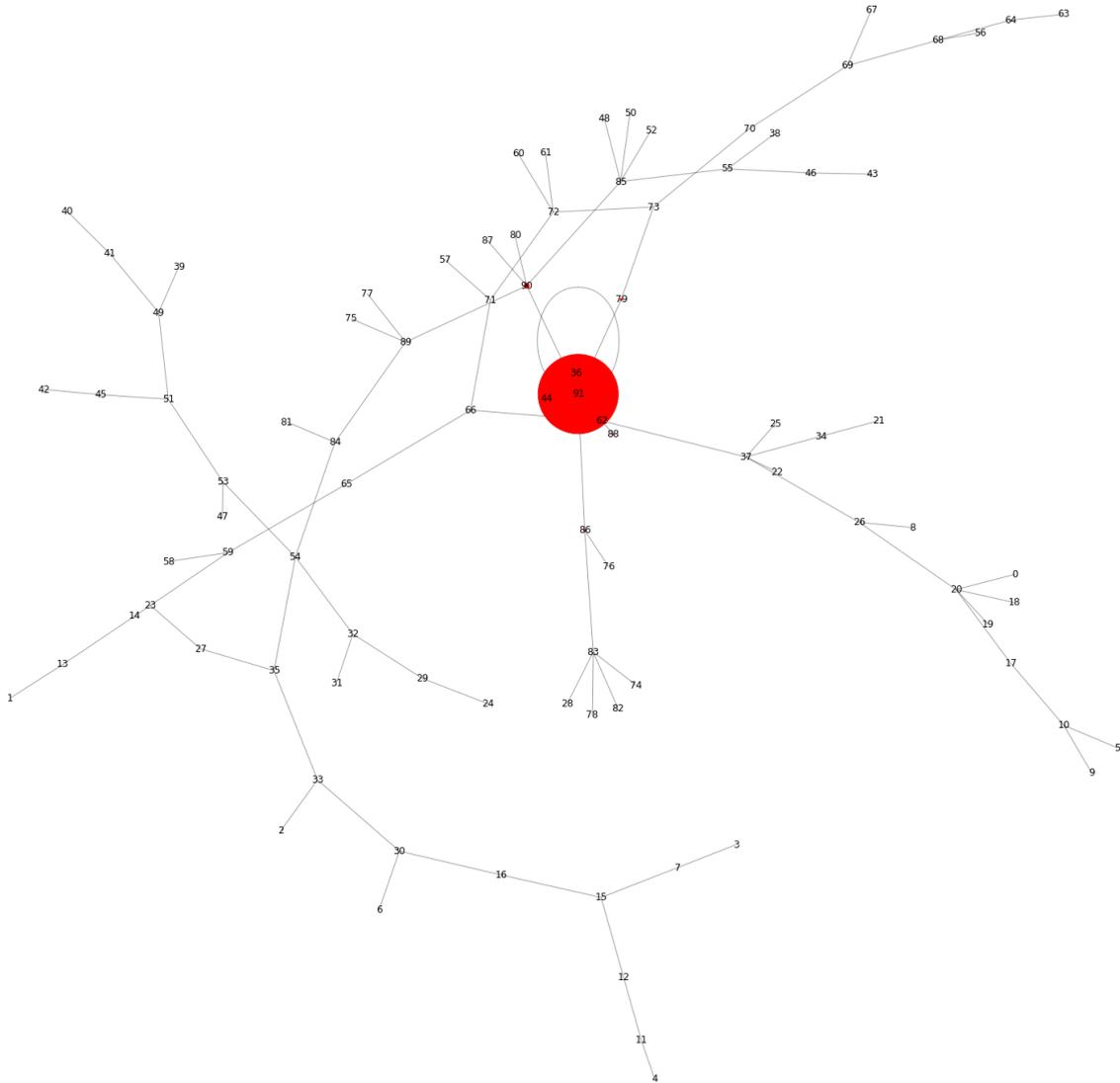


Figura 4.9: Análise do grafo das menores distâncias quanto à centralidade de autovetor (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Na figura abaixo podemos visualizar o resultado da centralidade de autovetor no grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB. Os pontos em azul representam as USFs com menor centralidade, já os pontos vermelhos representam as USFs com maior centralidade.

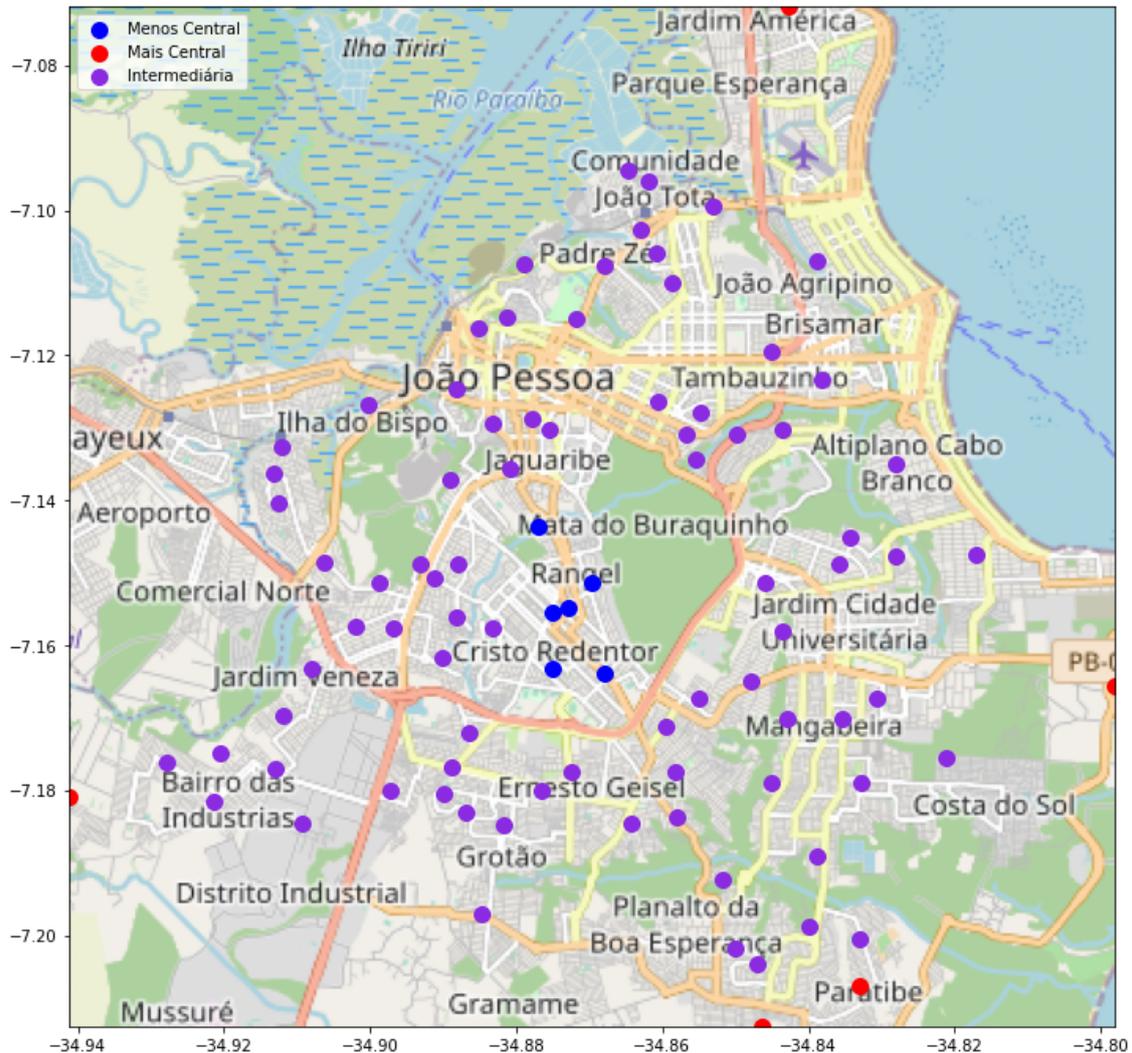


Figura 4.10: Resultado da centralidade de autovetor para o grafo do sistema de rede RAS no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

4.1.2 Análise de comunidades

A ideia de comunidades em uma rede pode ser formulada como um particionamento de grafos. Existem vários tipos de algoritmos de detecção de comunidades. Aqui estudaremos: Algoritmo Girvan-Newman, Algoritmo fluid detection, Algoritmo Label Propagation e Algoritmo Louvain Community Detection. Para o cálculo dos algoritmos foi utilizada a biblioteca `networkx.algorithms`.

Análise de comunidades através do Algoritmo Girvan-Newman

Aplicando o algoritmo de Girvan-Newman disponível na biblioteca, foi observado que a rede foi dividida em duas comunidades. Para o grafo das menores distâncias obtivemos duas comunidades divididas pelos vértices $\{0, 1, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 34, 36, 37, 44, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 78, 79, 82, 83, 86, 88, 91\}$ e $\{2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 15, 16, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 75, 77, 80, 81, 84, 85, 87, 89, 90\}$.

Isso significa que as USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Nova Conquista, USF Saúde para Todos, USF Cruz das Armas II, USF Integrada Funcionário I, USF Jardim Planalto, USF Alto do Mateus I, USF Alto do Mateus VI, USF Novais I, USF Novais VI, USF Cruz das Armas III, USF Cruz das Armas IV, USF Vila Saúde, USF Qualidade e Vida, USF Espaço Saúde, USF Unindo Vidas, USF Colinas do Sul II, USF Riacho Doce, USF Rangel I, USF Rangel VII, USF Ipiranga, USF Integrado Viver Bem, USF Integrado Alto do Céu, USF Distrito Mecânico, USF Ilha o Bispo, USF Roger I E II, USF Varadouro I E II, USF Matinha II / USF Paulo Afonso, USF Alto do Céu I, USF Alto do Céu II, USF Cordão Encarnao I, USF Cordão Encarnado II USF Ipês, USF Mandacaru VII, USF Mandacaru VIII, USF Mandacaru IX, USF Matinha I, USF Roger III, USF Tambiá, USF São José, USF Santa Clara, USF Bessa II e II, USF Torre II e III, USF Castelo Branco I, USF Comunidade Tito Silva (Jardim Miramar), USF Padre Hildon Bandeira, USF São Rafael e USF Torre I formam a primeira comunidade e USF Saúde e as USFs: Vida, USF Jardim Saúde, USF Integrada Verde Vida, USF Costa e Silva Integrada, USF Vieira de Diniz, USF Integrada Bairro das Indústrias, USF Padre Ibiapina, USF Anayde Beiriz, USF Mumbaba, USF Integrando Vidas, USF Integrada Grotão, USF Estação Saúde, USF Funcionários III/IV + Presetente Médici, USF Integrada Cuiá, USF Saúde em Ação (Geisel III), USF Funcionários II 2^a etapa, USF Maria de Nazaré, USF Funcionários III/IV + Presetente Médic, USF Integrada Cuiá, USF Saúde em Ação (Geisel III), USF Funcionários II 2^a etapa, USF Maria de Nazaré, USF Rangel I, USF Rangel VII, USF Rosa de Fátima, USF Quatro Estações, USF Verdes Mares, USF Cidade Verde, USF Nova União, USF Nova Esperança, USF

Integrada Mangabeira, USF Caminho do Sol, USF Integrada José Américo, USF Integrada Valentina, USF Nova Aliança, USF Parque do Sol I e II, USF Colibris I, USF Doce Mãe de Deus, USF José Américo I, USF Colibris II, USF Paratibe II, USF Altiplano, USF Bancários e Aldeia SOS, USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Água Fria, USF Eucaliptos, USF Jadim Miramar I, USF Penha, USF Timbó I e USF Timbó II, formam a segunda comunidade para o grafo das menores distâncias. Essa divisão de comunidades pode ser melhor observada na figura abaixo.

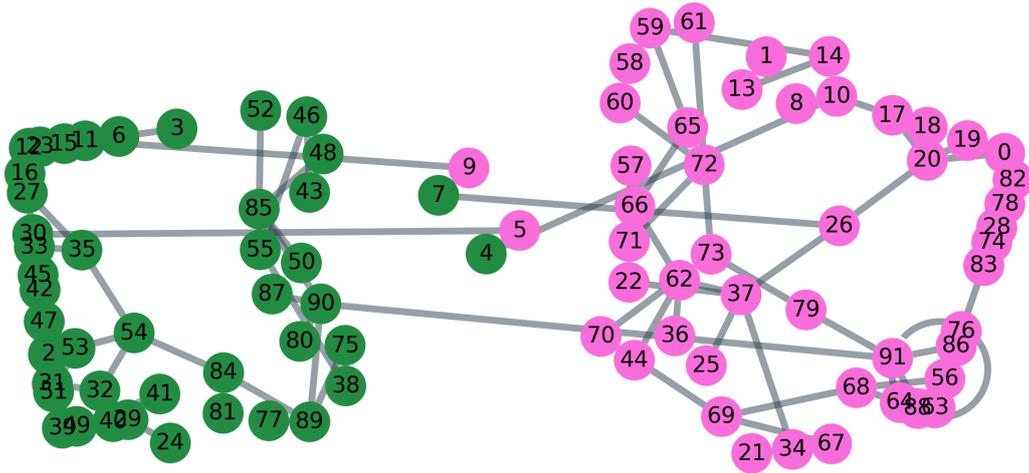


Figura 4.11: Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Girvan-Newman (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

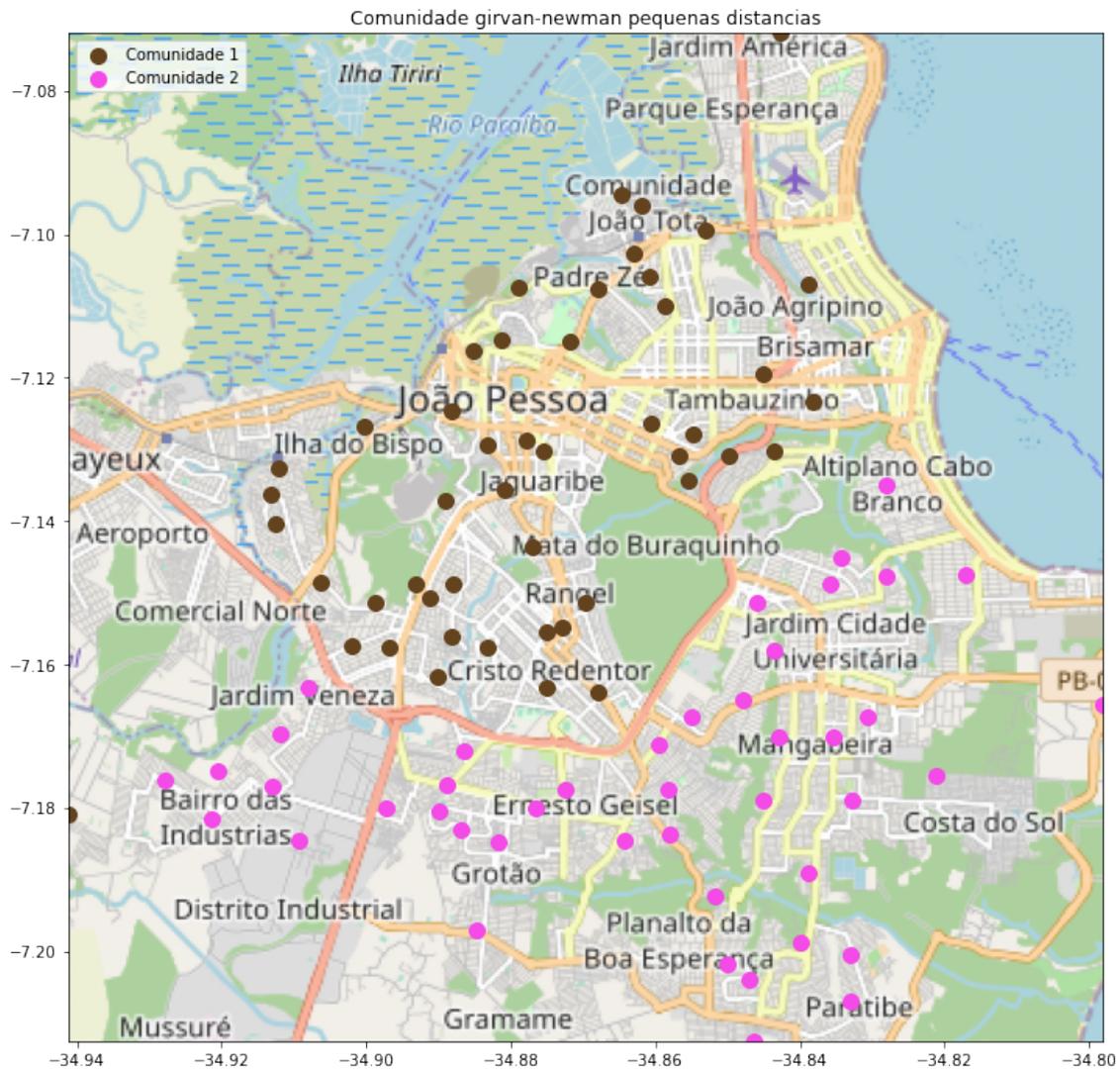


Figura 4.12: Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Girvan-Newman no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Já para o grafo do sistema de rede RAS obtivemos duas comunidades divididas pelos vértices $\{0\}$ e $\{1, 2, 3, \dots, 90, 91\}$.

Portanto a primeira comunidade é formada apenas pela USF Integrada Cruz das Armas e a segunda comunidade é formada pelas demais USFs do sistema de saúde de João Pessoa - PB. Essa divisão de comunidades pode ser melhor observada nas figuras abaixo.

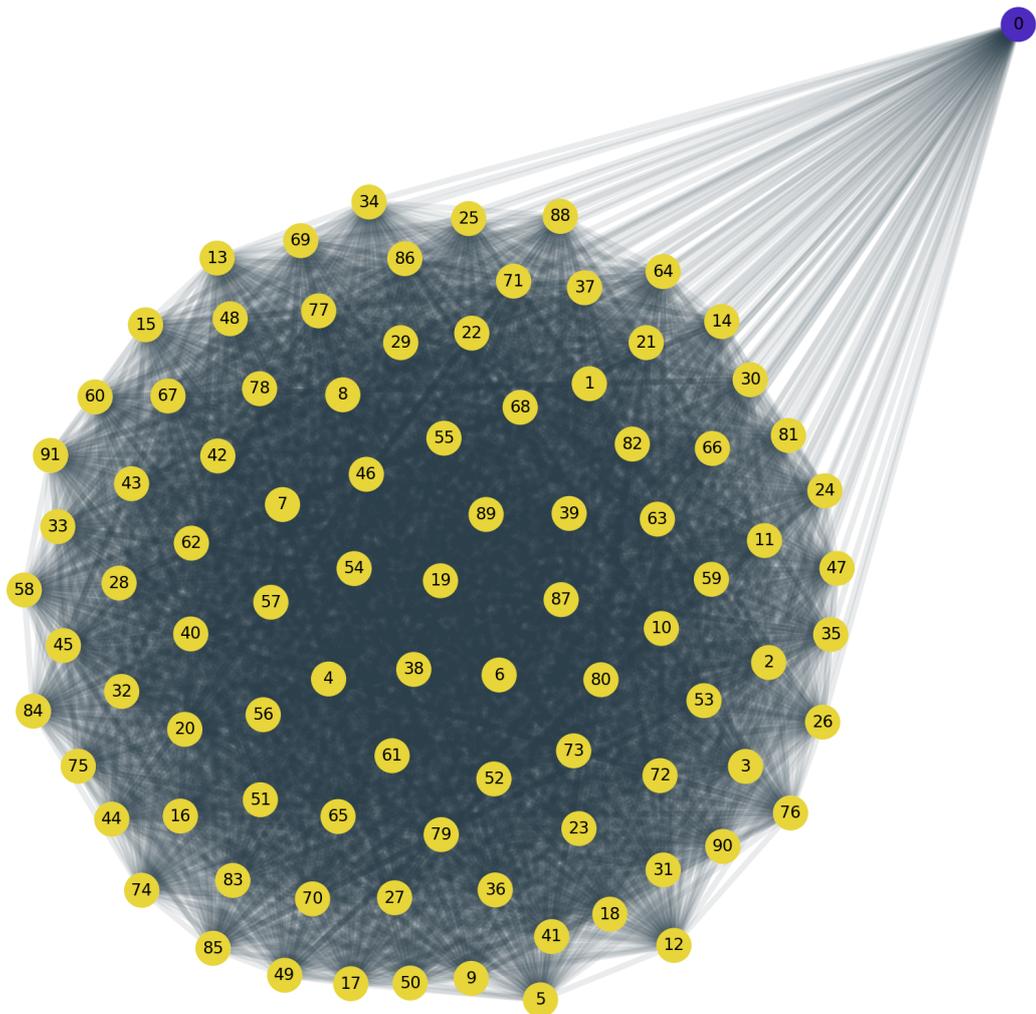


Figura 4.13: Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Fluid Detection (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, networkx e matplotlib)

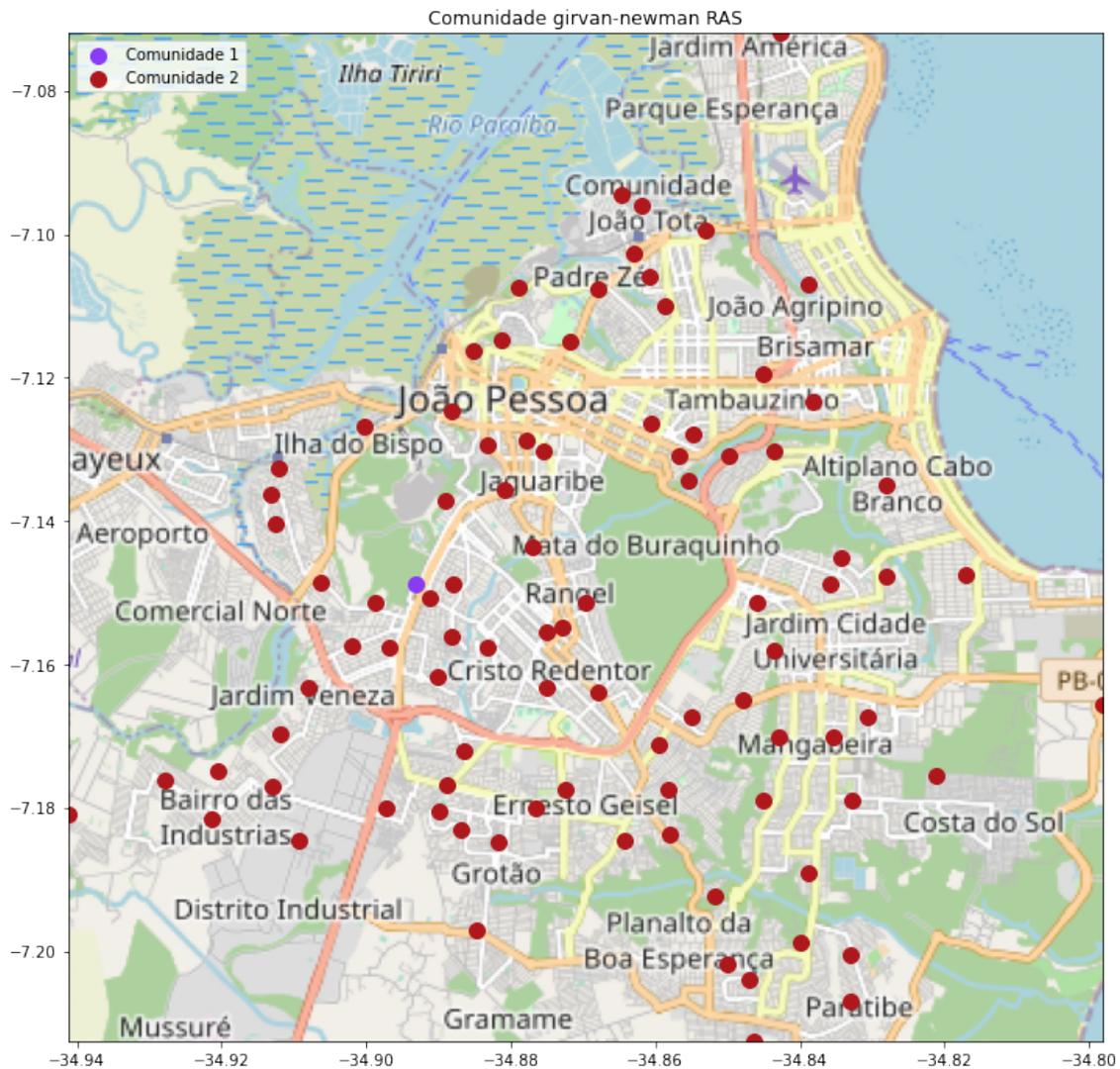


Figura 4.14: Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Girvan-Newman no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Análise de comunidades através do Algoritmo fluid detection

Aplicando o algoritmo de Fluid Detection disponível na biblioteca, foi observado que a rede foi dividida em duas comunidades. Para o grafo das menores distâncias obtivemos duas comunidades divididas pelos vértices $\{0, 1, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 34, 36, 37, 44, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 71, 72\}$ e $\{2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 15, 16, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91\}$.

Assim concluímos que, para o algoritmo de Fluid Detection, a análise do grafo de menores distâncias dividiu as comunidade de tal forma: a primeira formada pelas USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Nova Conquista, USF Saúde

para Todos, USF Cruz das Armas II, USF Integrada Funcionário I, USF Jardim Planalto, USF Novais I, USF Novais VI, USF Cruz das Armas III, USF Cruz das Armas IV, USF Vila Saúde, USF Qualidade e Vida, USF Espaço Saúde, USF Unindo Vidas, USF Riacho Doce, USF Rangel I, USF Rangel VII, USF Ipiranga, USF Integrado Alto do Céu, USF Distrito Mecânico, USF Ilha o Bispo, USF Roger I E II, USF Varadouro I E II, USF Matinha II / USF Paulo Afonso, USF Cordão Encarnado I, USF Cordão Encarnado II, USF Matinha I e USF Roger III, e a segunda formada pelas USFs: USF Saúde e Vida, USF Jardim Saúde, USF Integrada Verde Vida, USF Costa e Silva Integrada, USF Vieira de Diniz, USF Integrada Bairro das Indústrias, USF Padre Ibiapina, USF Anayde Beiriz , USF Mumbaba, USF Mudança de Vida, USF Integrando Vidas, USF Mudança de Vida, USF Integrando Vidas, USF Integrada Grotão, USF Colinas do Sul II, USF Estação Saúde, USF Funcionários III/IV + Presidente Médici, USF Integrada Cuiá, USF Saúde em Ação (Geisel III), USF Funcionários II 2^a etapa, USF Maria de Nazaré, USF Rosa de Fátima, USF Quatro Estações, USF Verdes Mares, USF Cidade Verde, USF Nova União, USF Nova Esperança, USF Ipiranga, USF Integrada Mangabeira, USF Caminho do Sol, USF Integrada José Américo, USF Integrada Valentina, USF Nova Aliança, USF Parque do Sol I e II, USF Colibris I, USF Doce Mãe de Deus, USF José Américo I, USF Colibris II, USF Paratibe II, USF Integrado Viver Bem, USF Alto do Céu I, USF Alto do Céu II, USF Ipês, USF Mandacaru VII, USF Mandacaru VIII, USF Mandacaru IX, USF Tambiá, USF São José, USF Altiplano, USF Santa Clara, USF Bancários e Aldeia SOS, USF Bessa II e II, USF Torre II e III, USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Água Fria, USF Castelo Branco I, USF Comunidade Tito Silva (Jardim Miramar), USF Eucaliptos, USF Jardim Miramar I, USF Padre Hildon Bandeira, USF Penha, USF São Rafael, USF Timbó I, USF Timbó II, USF Torre I. Essa divisão de comunidades pode ser melhor observada nas figuras abaixo.

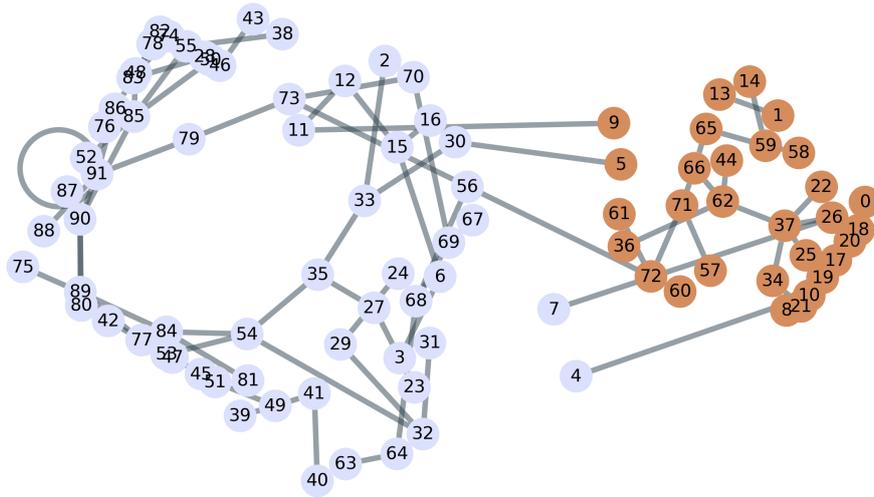


Figura 4.15: Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Fluid Detection (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

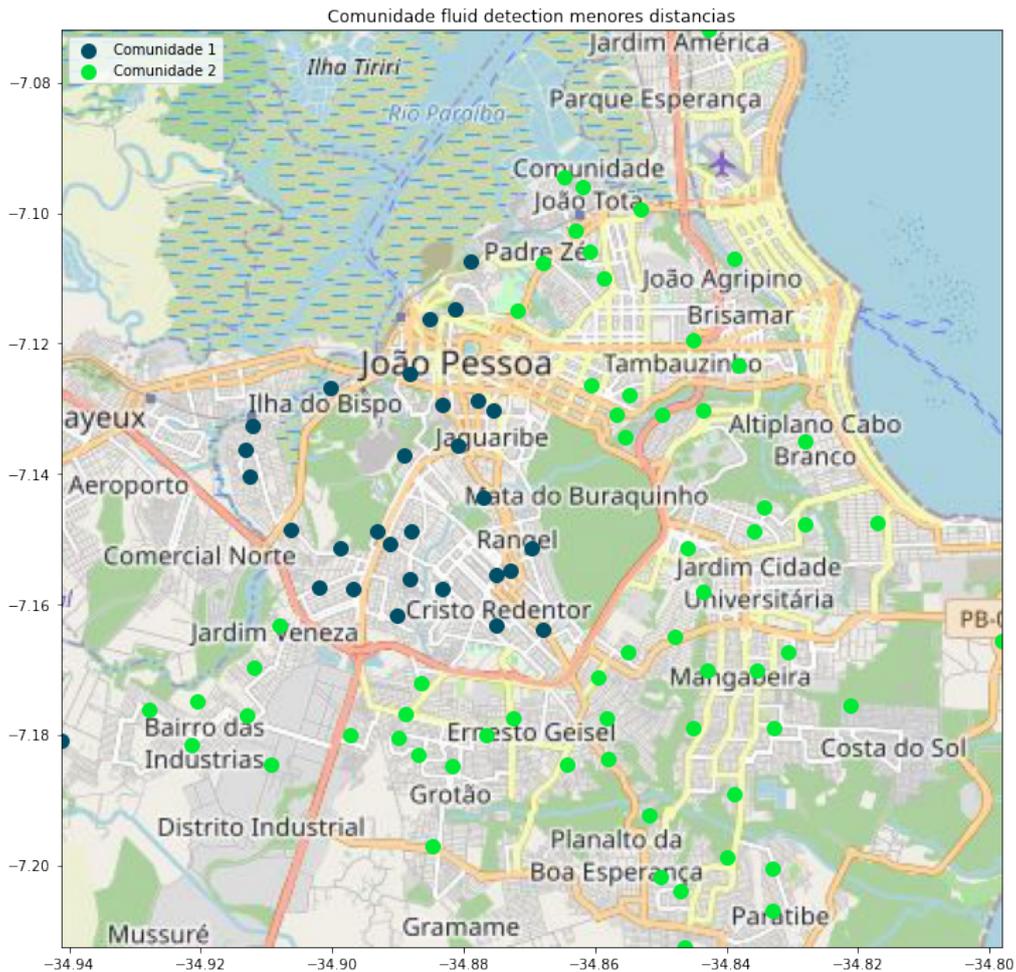


Figura 4.16: Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Fluid Detection no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Já para o grafo do sistema de rede RAS obtivemos duas comunidades divididas pelos vértices $\{0, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 36, 40, 41, 43, 44, 46, 48, 51, 53, 54, 55, 59, 63, 65, 67, 69, 72, 74, 78, 79, 83, 84, 87, 89, 91\}$ e $\{1, 5, 9, 11, 13, 17, 18, 19, 25, 26, 28, 29, 30, 35, 37, 38, 39, 42, 45, 47, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 66, 68, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 85, 86, 88, 90\}$.

Portanto a primeira comunidade é formada apenas pelas USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Saúde e Vida, USF Jardim Saúde, USF Integrada Verde Vida, USF Costa e Silva Integrada, USF Vieira de Diniz, USF Cruz das Armas II, USF Jardim Planalto, USF Padre Ibiapina, USF Alto do Mateus I, USF Anayde Beiriz, USF Mumbaba, USF Cruz das Armas IV, USF Vila Saúde, USF Qualidade e Vida, USF Mudança de Vida, USF Integrando Vidas, USF Integrada Grotão, USF Integrada Cuiá, USF Saúde em Ação (Geisel III), USF Funcionários II 2^a etapa, USF Riacho Doce, USF Rangel I, USF Verdes Mares, USF Cidade Verde, USF Nova Esperança, USF Ipiranga, USF Caminho do Sol, USF Integrada Valentina, USF Colibris I, USF José Américo I, USF Colibris II, USF Paratibe II, USF Ilha o Bispo, USF Alto do Céu I, USF Cordão Encarnado I, USF Ipês, USF Mandacaru VIII, USF Roger III, USF São José, USF Bessa II e II, USF Torre II e III, USF Comunidade Tito Silva (Jardim Miramar), USF Eucaliptos, USF Penha, USF Timbó I, USF Torre I e a segunda comunidade é formada pelas USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Saúde para Todos, USF Integrada Funcionário I, USF Integrada Bairro das Indústrias, USF Alto do Mateus I, USF Novais I, USF Novais VI, USF Espaço Saúde, USF Unindo Vidas, USF Colinas do Sul II, USF Estação Saúde, USF Funcionários III/IV + Presidente Médici, USF Maria de Nazaré, USF Rangel VII, USF Rosa de Fátima, USF Quatro Estações, USF Nova União, USF Integrada Mangabeira, USF Integrada José Américo, USF Nova Aliança, USF Parque do Sol I e II, USF Doce Mãe de Deus, USF Integrado Viver Bem, USF Integrado Alto do Céu, USF Distrito Mecânico, USF Roger I e II, USF Varadouro I e II, USF Matinha II / USF Paulo Afonso, USF Alto do Céu II, USF Cordão Encarnado II, USF Mandacaru VII, USF Mandacaru IX, USF Matinha, USF Tambiá, USF Altiplano USF Santa Clara, USF Bancários e Aldeia SOS, USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Água Fria, USF Castelo Branco I, USF Jardim Miramar I, USF Padre Hildon Bandeira, USF São Rafael, USF Timbó II. Essa divisão de comunidades pode ser melhor observada nas figuras abaixo.

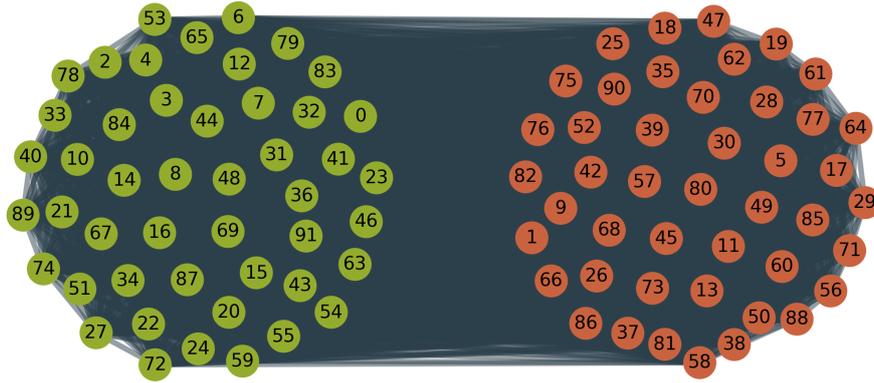


Figura 4.17: Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Fluid Detection (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, networkx e matplotlib)

Análise de comunidades através do Algoritmo Label Propagation

Aplicando o algoritmo Label Propagation disponível na biblioteca, foi observado que:

Na rede das menores distâncias o grafo foi dividido nas comunidades $\{0, 17, 18, 19, 20\}$, $\{1, 13, 14\}$, $\{2, 23, 27, 33, 35\}$, $\{3, 7\}$, $\{4, 11, 12\}$, $\{5, 9, 10\}$, $\{6, 15, 16, 30\}$, $\{8, 26\}$, $\{21, 22, 25, 34, 37\}$, $\{24, 29\}$, $\{28, 74, 76, 78, 82, 83, 86\}$, $\{31, 32, 54, 75, 77, 81, 84, 89\}$, $\{36, 44, 62\}$, $\{38, 43, 46, 55\}$, $\{39, 40, 41, 49\}$, $\{42, 45\}$, $\{47, 51, 53\}$, $\{48, 50, 52, 85\}$, $\{56, 63, 64, 67, 68, 69, 70\}$, $\{57, 60, 61, 71, 72\}$, $\{58, 59\}$, $\{65, 66\}$, $\{73, 79\}$, $\{80, 87, 90\}$, e $\{88, 91\}$.

Assim concluímos que, para o algoritmo de Label Propagation, a análise do grafo de menores distâncias dividiu as comunidade de tal forma: a primeira formada pelas USFs: a primeira é formada pelas USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Novais I, USF Novais VI, USF Cruz das Armas III e USF Cruz das Armas IV, a segunda é formada pelas USFs: USF Nova Conquista, USF Alto do Mateus I e USF Alto do Mateus VI, a terceira é formada pelas USFs: USF Saúde e Vida, USF Mudança de Vida, USF Integrada Grotão, USF Funcionários II 2^a etapa e USF Maria de Nazaré, a quarta é formada pelas USFs: USF Jardim Saúde e USF Vieira de Diniz, a quinta é formada pelas USFs: USF Integrada Verde Vida , USF Integrada Bairro das Indústrias e USF Padre Ibiapina, a sexta é formada pelas USFs: USF Saúde para Todos, USF Integrada Funcionário I e USF Jardim Planalto, a sétima é formada pelas USFs: USF Costa e Silva Integrada, USF Anayde Beiriz , USF Mumbaba e USF Funcionários III/IV + Presetente Médici, a oitava é formada pelas USFs: USF Cruz das Armas II e USF Unindo Vidas, a nona é formada pelas USFs: USF Vila Saúde, USF Qualidade e Vida, USF espaço Saúde, USF Riacho Doce e USF Ragel VII, a décima é formada pelas USFs: USF Estação Saúde e USF Integrando Vidas, a

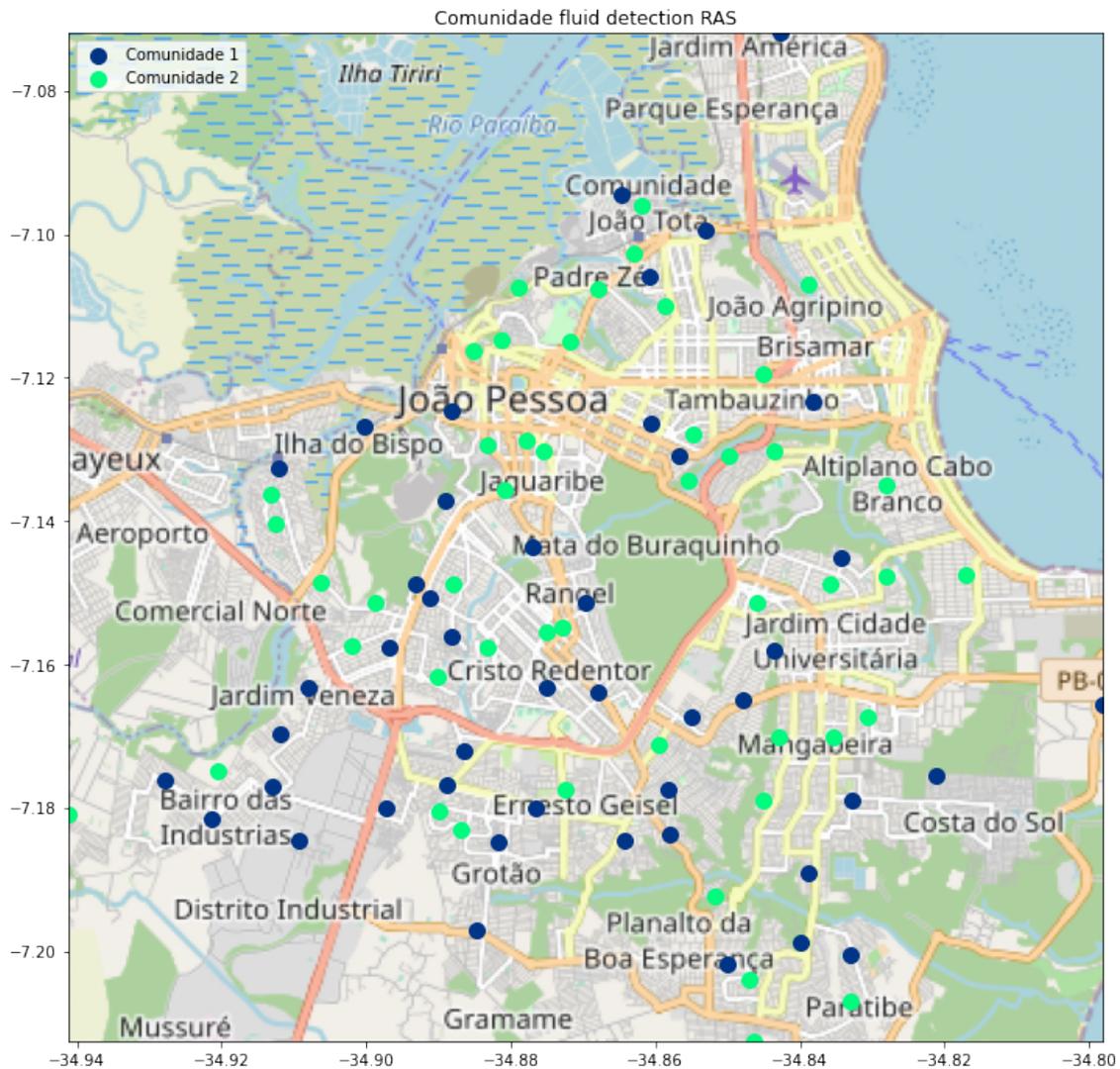


Figura 4.18: Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Fluid Detection no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

décima primeira é formada pelas USFs: USF Colinas do Sul II, USF São José, USF Santa Clara, USF Bessa II e II, USF Castelo Branco I, USF Comunidade Tito Silva (Jardim Miramar) e USF Padre Hildon Bandeira, a décima segunda é formada pelas USFs: USF Integrada Cuiá, USF Saúde em Ação (Geisel III), USF Colibris II, USF Altiplano, USF Bancários e Aldeia SOS, USF Água Fria, USF Eucaliptos e USF Timbó I, a décima terceira é formada pelas USFs: USF Rangel I, USF Ipiranga e USF Matinha II / USF Paulo Afonso, a décima quarta é formada pelas USFs: USF Rosa de Fátima, USF Nova Esperança, USF Caminho do Sol e USF Paratibe II, a décima quinta é formada pelas USFs: USF Quatro Estações, USF Verdes Mares, USF Cidade Verde e USF Nova Aliança, a décima sexta é formada pelas USFs: USF Nova União e USF Integrada Mangabeira, a décima sétima é formada pelas USFs: USF Integrada José Américo, USF Colibris I e USF José Américo I, a décima oitava

é formada pelas USFs: USF Integrada Valentina, USF Parque do Sol I e II, USF Doce Mãe de Deus e USF Jardim Miramar I, a décima nona é formada pelas USFs: USF Integrado Viver Bem, USF Alto do Céu I, USF Alto do Céu II, USF Ipês, USF Mandacaru VII, USF Mandacaru VIII e USF Mandacaru IX, a vigésima é formada pelas USFs: USF Integrado Alto do Céu, USF Roger I E II, USF Varadouro I E II, USF Matinha I e USF Roger III, a vigésima primeira é formada pelas USFs: USF Distrito Mecânico e USF Ilha o Bispo, a vigésima segunda é formada pelas USFs: USF Cordão Encarnado I e USF Cordão Encarnado II, a vigésima terceira é formada pelas USFs: USF Torre II e III e USF Tambiá, a vigésima quarta é formada pelas USFs: USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Penha e USF Timbó II e por fim a vigésima quinta é formada pelas USFs: USF São Rafael e USF Torre I. Essa divisão de comunidades pode ser melhor observada nas figuras abaixo.

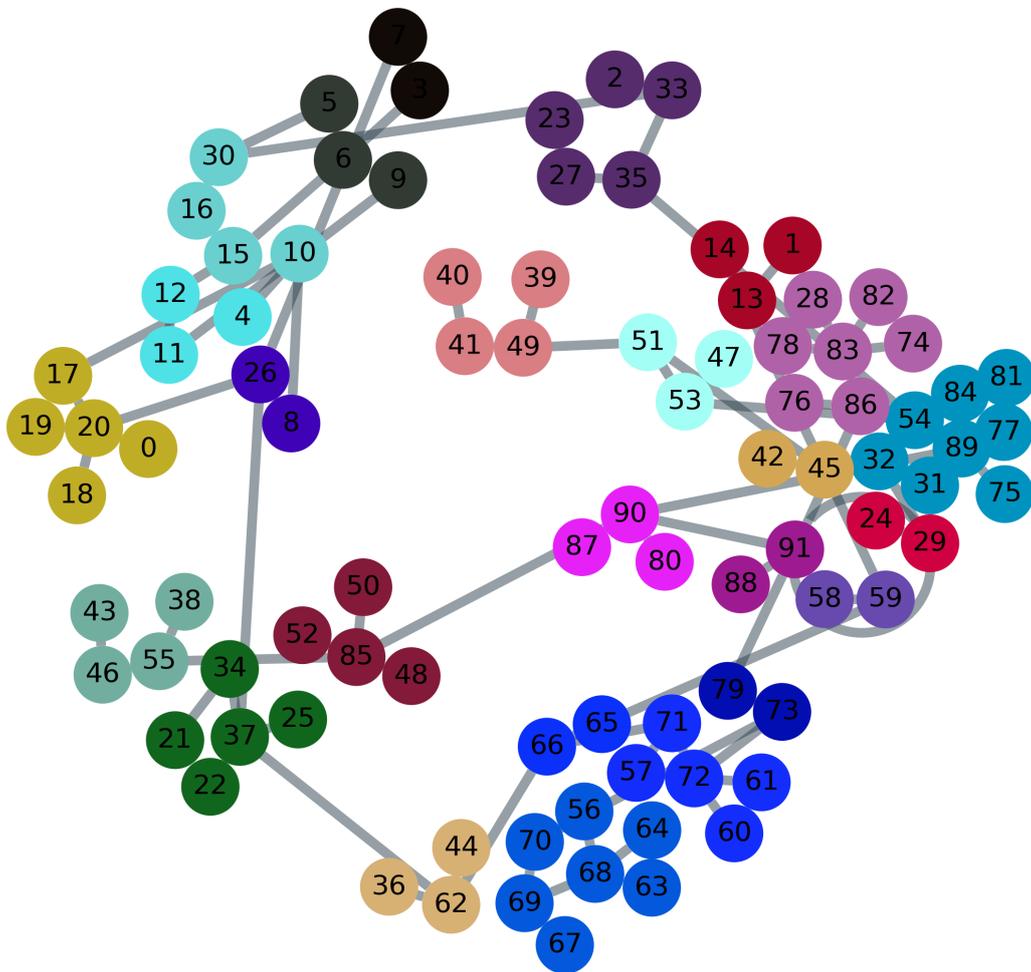


Figura 4.19: Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Label Propagation (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

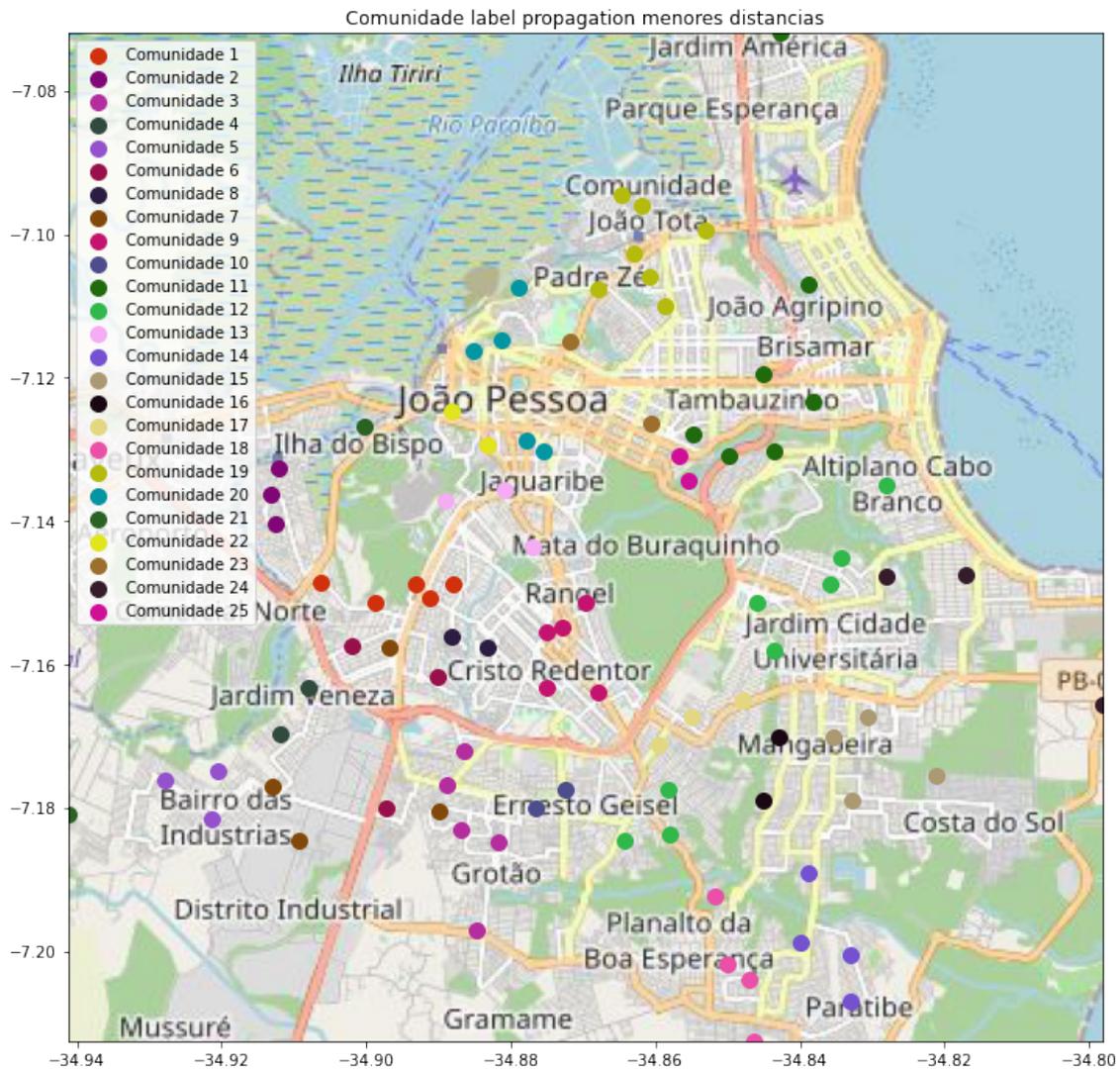


Figura 4.20: Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Label Propagation no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Já para o grafo do sistema de rede RAS não obtivemos divisão em comunidades.

Análise de comunidades através do Algoritmo Louvain Community Detection

Aplicando o algoritmo Louvain disponível na biblioteca, foi observado que o grafo foi dividido em 8 comunidades para o grafo das menores distâncias. São elas: {0, 20, 5, 10, 9, 17, 18, 19}, {39, 49, 40, 41, 42, 45, 51, 47, 53}, {56, 68, 60, 72, 61, 63, 64, 67, 69, 70, 73, 79}, {2, 33, 3, 7, 4, 11, 6, 30, 15, 12, 16, 23, 27, 35}, {8, 26, 21, 34, 22, 37, 25}, {24, 29, 32, 31, 54, 84, 75, 89, 77, 81}, {28, 83, 74, 76, 86, 78, 91, 80, 90, 82, 87, 88}, {1, 13, 14, 59, 36, 62, 44, 57, 71, 58, 65, 66}, {38, 55, 43, 46, 48, 85, 50, 52}

Assim concluímos que, para o algoritmo de Label Propagation, a análise do grafo de menores distâncias dividiu as comunidade de tal forma: a primeira formada pelas USFs: a primeira é formada pelas USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Cruz das Armas IV, USF Saúde para Todos, USF Integrada Funcionário I, USF Jardim Planalto, USF Novais I, USF Novais VI, USF Cruz das Armas III, a segunda é formada pelas USFs: USF Quatro Estações, USF Verdes Mares, USF Cidade Verde, USF Nova União, USF Integrada Mangabeira, USF Integrada José Américo, USF Nova Aliança, USF Colibris I e USF José Américo I, a terceira é formada pelas USFs: USF Integrado Viver Bem, USF Mandacaru VII, USF Roger I E II, USF Varadouro I E II, USF Roger III, USF Alto do Céu I, USF Alto do Céu II, USF Ipês, USF Mandacaru VIII, USF Mandacaru IX, USF Tambiá e USF Torre II e III, a quarta é formada pelas USFs: USF Saúde e Vida, USF Jardim Saúde, USF Integrada Verde Vida, USF Costa e Silva Integrada, USF Vieira de Diniz, USF Funcionários II 2^a etapa, USF Integrada Bairro das Indústrias, USF Funcionários III/IV + Presetente Médici, USF Anayde Beiriz, USF Padre Ibiapina, USF Mumbaba, USF Mudança de Vida, USF Integrada Grotão e USF Maria de Nazaré, a quinta é formada pelas USFs: USF Cruz das Armas II, USF Unindo Vidas, USF Vila Saúde, USF Qualidade e Vida, USF Riacho Doce, USF Ragel VII e USF Espaço Saúde, a sexta é formada pelas USFs: USF Integrando Vidas, USF Estação Saúde, USF Saúde em Ação (Geisel III), USF Integrada Cuiá, USF Colibris II, USF Eucaliptos, USF Altiplano, USF Timbó I, USF Bancários e Aldeia SOS e USF Água Fria, a sétimra é formada pelas USFs: USF Colinas do Sul II, USF Comunidade Tito Silva (Jardim Miramar), USF São José, USF Santa Clara, USF Padre Hildon Bandeira, USF Bessa II e II, USF Torre I, USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Timbó II, USF Castelo Branco I, USF Penha, USF São Rafael, a oitava é formada pelas USFs: USF Nova Conquista, USF Alto do Mateus I, USF Alto do Mateus VI, USF Ilha o Bispo, USF Rangel I, USF Matinha II / USF Paulo Afonso, USF Ipiranga, USF Integrado Alto do Céu, USF Matinha I, USF Distrito Mecânico, USF Cordão Encarnado I e USF Cordão Encarnado II, e por fim a nona é formada pelas USFs: USF Rosa de Fátima, USF Paratibe II, USF Nova Esperança, USF Caminho do Sol, USF Integrada Valentina, USF Jadim Miramar I, USF Parque do Sol I e II e USF Doce Mãe de Deus. Essa divisão de comunidades pode ser melhor observada nas figuras abaixo.

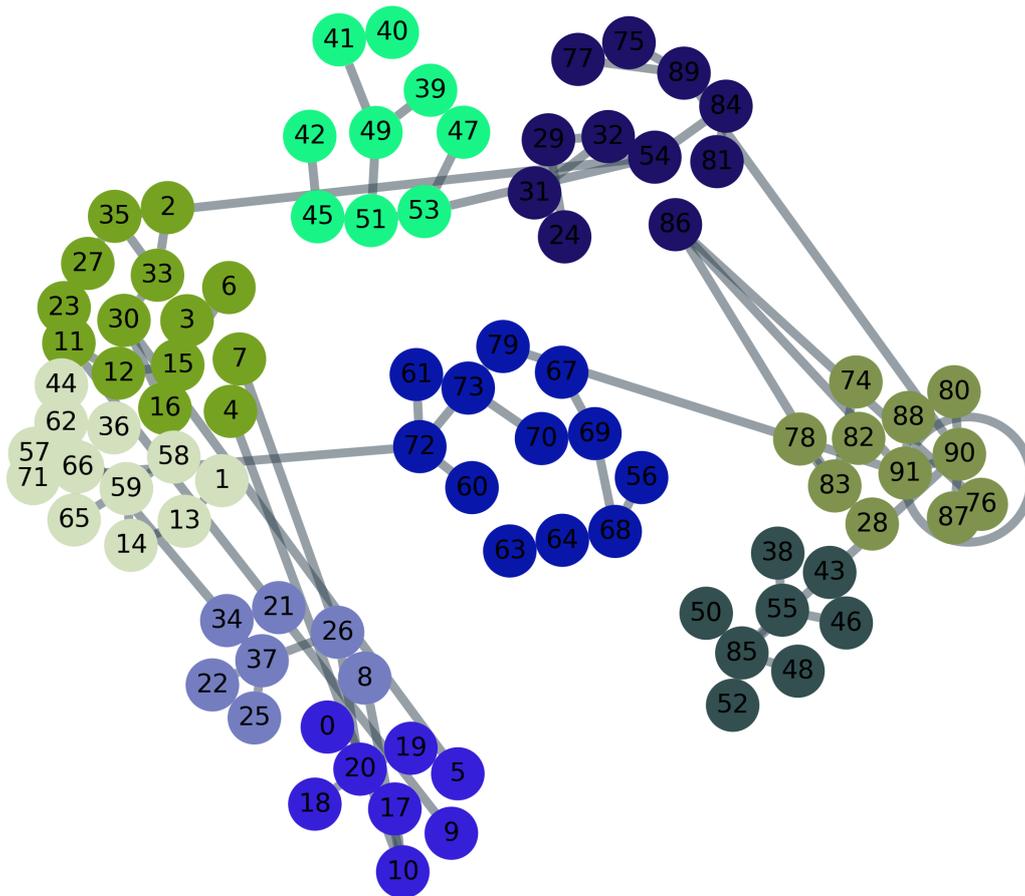


Figura 4.21: Divisão de comunidades para o grafo RAS gerado através do algoritmo Louvain (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

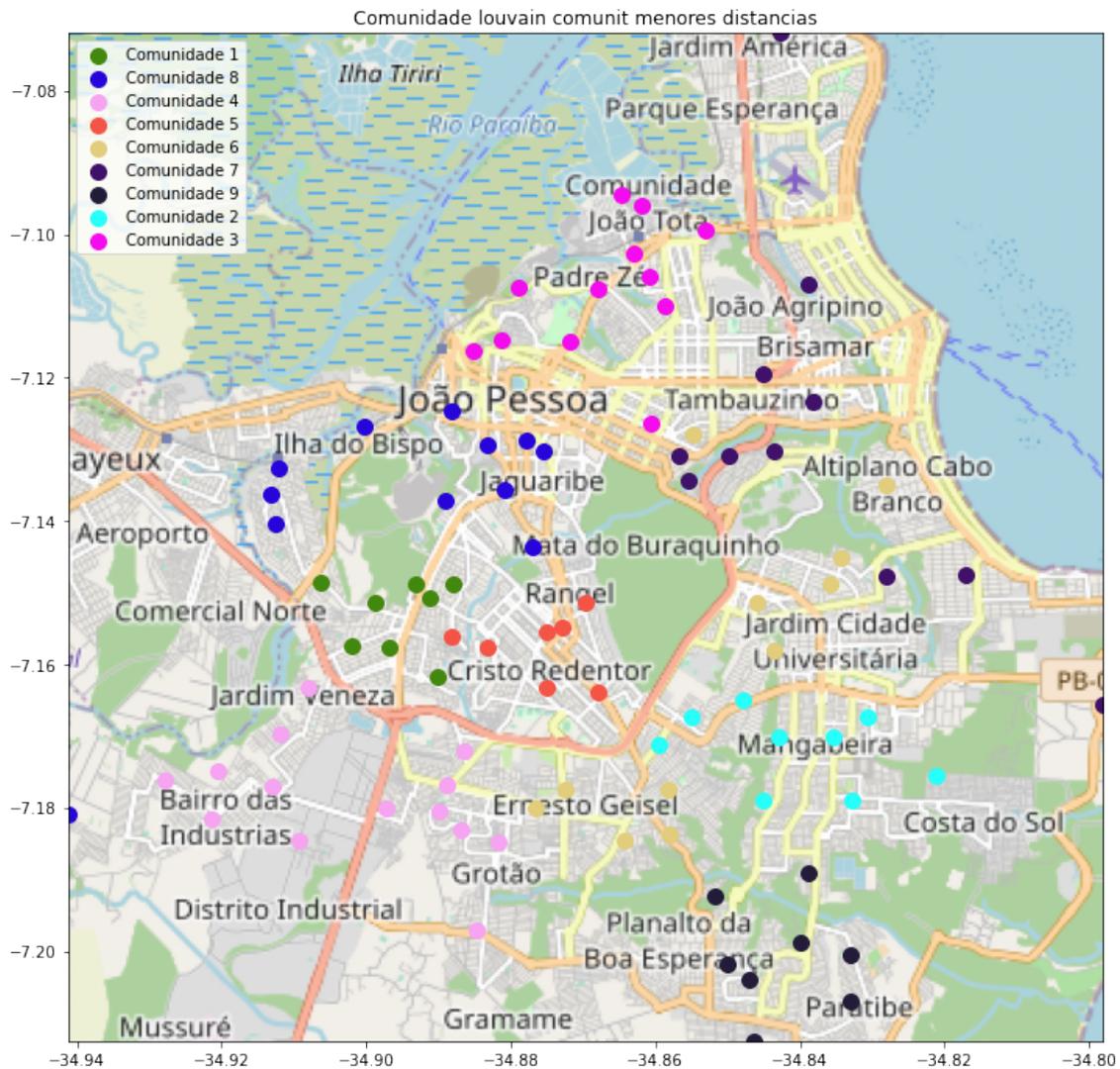


Figura 4.22: Divisão de comunidades para o grafo de menores distâncias gerado através do algoritmo Louvain no mapa do município de João Pessoa - PB (figura construída na linguagem Python utilizando networkx, netgraph e matplotlib)

Já na rede RAS não houve divisão em comunidades.

Como dito anteriormente a idéia de comunidades em uma rede pode ser formulada como um particionamento de grafos. Com isso concluímos que na análise das comunidades do sistema RAS e no sistema de menores distância, é possível perceber que o sistema de menores distância se mostrou mais eficaz retornando resultado realmente relevantes no particionamento de comunidades de modo a sua utilização se mostrar relevante para a programação de ações de prevenção, conscientização e combate de endemias.

Já para o estudo de divisão em comunidades do sistema RAS não nos retornou resultados consistentes, logo esses resultados devem ser desconsiderados.

4.2 Análise da cobertura de atendimento da RAS de João Pessoa através do PLMC

Os problemas de Localização de Facilidades têm por objetivo determinar a localização ideal para determinada facilidade de acordo com a otimização de determinado critério como fator de decisão visando o melhor atendimento das necessidades dos clientes.

Nesta subseção iremos analisar a cobertura da RAS do município de João Pessoa - PB através da localização de cada USF em relação ao centróide de cada bairro [\[1\]](#).

Analisaremos a cobertura da RAS através de duas vertentes: Na primeira abordagem suporemos que não existem USFs construídas, e portanto será feita a análise de modo a concluir quantas USFs seriam necessárias para uma cobertura de 100% e qual a sua possível localização. A segunda abordagem suporemos as mesmas condições do sistema anterior, no entanto será analisado quais localizações das atuais USFs de fato contribuem para a cobertura de cada cliente.

Foi adotado que cada cliente será definido pelos centróides de cada bairro. Encontrar os centróides de cada bairro se faz necessário, pois trabalharemos a cobertura tendo o centróide de cada bairro como referencial. Abaixo podemos observar um mapa contendo os centróide de cada bairro, além de um mapa contendo as USFs alugadas, próprias e os centróides de cada bairro.

¹Centróide, nada mais é, que o centro geométrico de cada bairro

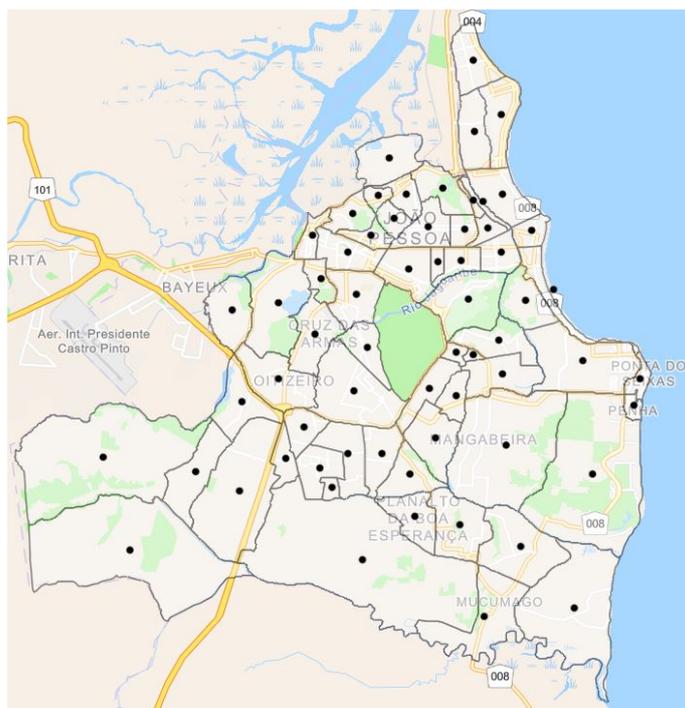


Figura 4.23: Mapa dos centróides do município de João Pessoa - PB (Mapa construído a partir do ArcGIS)

O presente estudo tem por objetivo determinar possíveis locais para instalação de USFs de modo a maximizar a quantidade de usuários do sistema RAS de modo a obter cobertura máxima de atendimento. Sendo assim, utilizaremos o Problema de Localização de Máxima Cobertura.

Na formulação do PLMC a função objetivo visa maximizar a cobertura. Isso significa que, no modelo, o conceito de cobertura está diretamente ligado ao fato de atribuímos (ou não) uma USF dentro da zona de demanda.

Adotando que a área de demanda está a uma distância crítica S . Isso significa que todas as USFs que estiverem a um raio S , em linha reta, dos centróides, considera-se que este centróide está coberto por estas USFs. Caso contrário considera-se que o centróide não está coberto (descoberto).

Em relação ao número de USFs no sistema, a restrição 5.2 limita a quantidade de locais que podem ser utilizados para a instalação das USFs, no entanto em relação ao número de USFs a serem instaladas não existe um parâmetro que determine a quantidade máxima. Assim, para um número maior de demanda pode-se esperar um número maior de USFs a serem instaladas.

Sabe-se que J é o conjunto dos locais candidatos à instalação da facilidade, nesse caso, J corresponde às coordenadas candidatas a serem instaladas às USFs de modo que cada centróide esteja coberto. I representa o conjunto dos centróides (clientes) p corresponde ao número dos clientes que precisam ser cobertos, que no nosso caso serão os centróides de cada bairro.

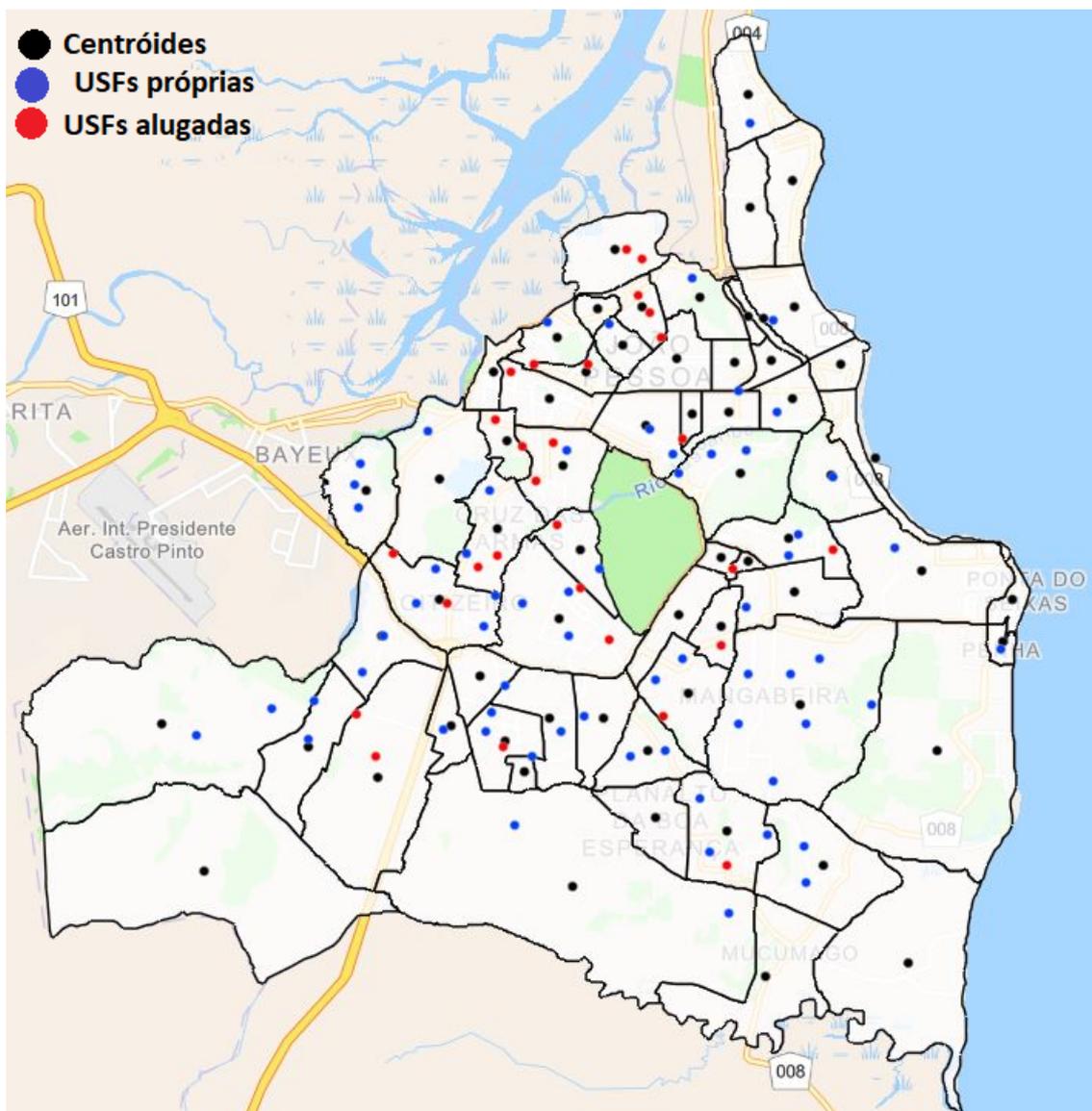


Figura 4.24: Mapa dos centróides e a localização das USFs alugadas, cedidas e próprias do município de João Pessoa - PB (Mapa construído a partir do ArcGIS)

Para testar a aplicação do PLMC de acordo com as configurações porpostas acima foi desenvolvido um código realizado por meio da linguagem de programação Julia.

Aplicando o PLMC para cada centróide e utilizando os dados do estudo de caso no PLMC de modo que o simulador utilizado pode ser descrito nas seguintes etapas:

1. Determinar a distância crítica S: Foi determinado que a área de demanda está a um raio de 500 m de cada centróide, distância essa calculada através da função Haversine;
2. Definir possíveis localização para USFs: Para cada centróide foi gerado de forma aleatória, utilizando linguagem de programação Python, 5 coordenadas a um raio de 500 m. Na figura baixo podemos ver as possíveis localizações para as USFs;

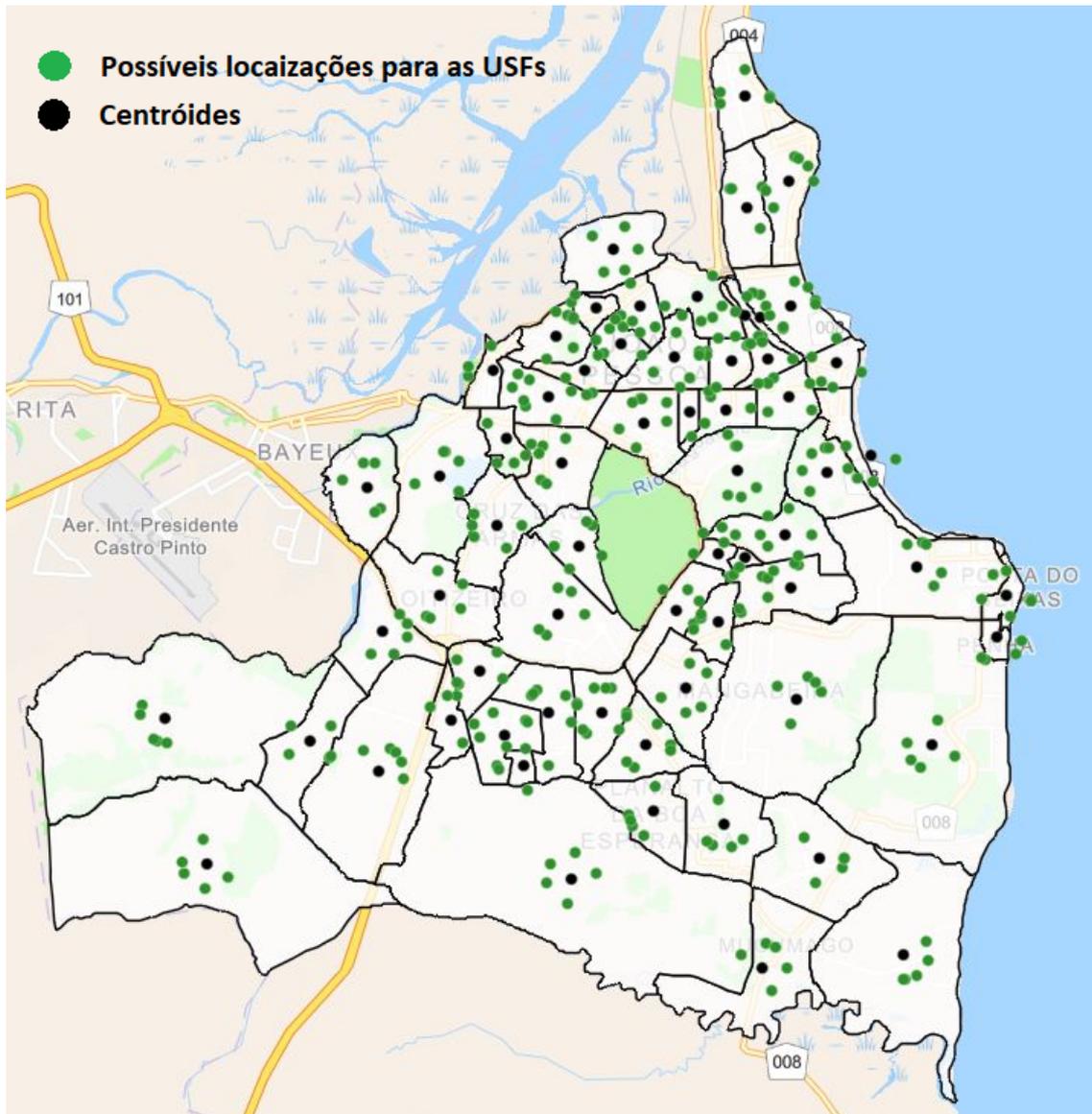


Figura 4.25: Possíveis localizações para as USFs (Mapa construído a partir do ArcGIS)

3. Inicialização da simulação de modo que:

$$N_i = d_{ij} \leq 500$$

$$p = 64$$

$$I = 1, \dots, 64$$

$$J = 1, \dots, 325$$

4. Resultado

De acordo com as configurações descritas acima, inseridas no sistema foi obtido o seguinte resultado descrito na tabela abaixo:

Tabela 4.1: Cobertura dos cetróides

Centróide	Cobertura por facilidade	Centróide	Cobertura por facilidade
1	Facilidade 15	33	Facilidade 166
2	Facilidade 5	34	Facilidade 30
3	Facilidade 23	35	Facilidades 176 e 179
4	Facilidade 23	36	Facilidade 176
5	Facilidade 28	37	Facilidade 187
6	Facilidade 35	38	Facilidade 187
7	Facilidade 36	39	Facilidade 187
8	Facilidade 48	40	Facilidade 202
9	Facilidade 48	41	Facilidade 207
10	Facilidades 52, 53, 54 e 55	42	Facilidade 211
11	Facilidades 56, 57, 58, 59 e 60	43	Facilidade 216
12	Facilidades 61, 62 e 64	44	Facilidade 221
13	Facilidades 66	45	Facilidade 226
14	Facilidade 71	46	Facilidade 232
15	Facilidade 76	47	Facilidades 236 e 239
16	Facilidade 86	48	Facilidade 236
17	Facilidades 86 e 89	49	Facilidade 179
18	Facilidade 89	50	Facilidade 251
19	Facilidade 96	51	Facilidade 256
20	Facilidade 101	52	Facilidade 261
21	Facilidade 106	53	Facilidade 266
22	Facilidade 111	54	Facilidade 271
23	Facilidade 116	55	Facilidade 276
24	Facilidade 121	56	Facilidade 281
25	Facilidade 36	57	Facilidade 239
26	Facilidade 131	58	Facilidade 232
27	Facilidade 141	59	Facilidade 296
28	Facilidades 131 e 141	60	Facilidade 301
29	Facilidade 141	61	Facilidade 307
30	Facilidade 151	62	Facilidade 156
31	Facilidades 156 e 158	63	Facilidade 158
32	Facilidade 161	64	Facilidade 321

De acordo com o resultado acima podemos observar que para uma cobertura máxima do sistema RAS necessitamos de no mínimo 61 USFs. No entanto das 61 localizações obtidas percebe-se que 2 delas cobrem 3 centróides e 12 cobrem 2 centróides.

Vale ressaltar que aqui não estamos considerando o tamanho da população de João Pessoa - PB e nem a capacidade de atendimento de cada USF.

A figura abaixo mostra a distribuição das USFs obtidas após a solução do problema.

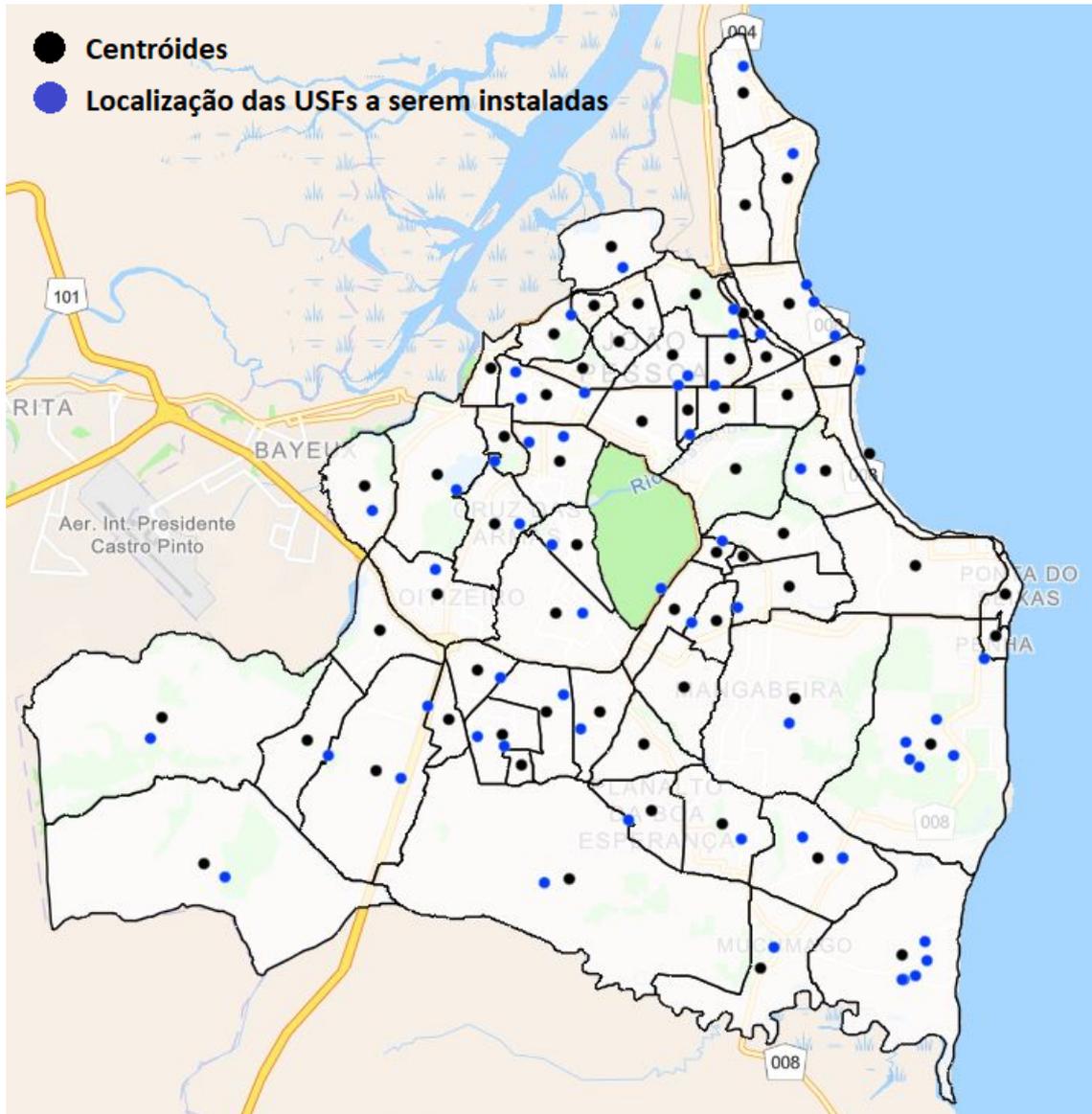


Figura 4.26: Distribuição das USFs após aplicação do PLMC (Mapa construído a partir do ArcGIS)

A partir de agora será realizado o estudo que determinará quais USFs contribuem para a cobertura dos centróides. Assim como na abordagem anterior, o algoritmo utilizado nesta etapa será o PLMC.

Utilizando os dados do estudo de caso na formulação do problema temos que:

N_i é o conjunto em que as USFs estão à uma distância máxima de 500m dos centróides. J é o conjunto das USFs do sistema RAS, então $j \in J$, onde j representa as 92 USFs. I representa o conjunto dos centróides e p corresponde ao número dos centróides.

Aplicando o PLMC para cada centróide e utilizando os dados do estudo de caso no PLMC de modo que o simulador utilizado pode ser descrito nas seguintes etapas:

1. Determinar a distância crítica S: Foi determinado que a área de demanda está a um raio de 500m de cada centróide, distância essa calculada através da função Haversine;

2. Utilizar as USFs atuais do sistema RAS;

3. Inicialização da simulação de modo que:

$$N_i = d_{ij} \leq 500$$

$$p = 64$$

$$I = 1, \dots, 64$$

$$J = 1, \dots, 92$$

4. Resultado

De acordo com as configurações descritas acima, inseridas no sistema foi obtido o seguinte resultado descrito na tabela abaixo:

Centróide	Cobertura	Centróide	
1.	USF Funcionários III/IV e Pres. Médici	33.	USF Mandacaru VII
2.	USF Torre II e III	34.	USF Altiplano
3.	Não é coberto	35.	USF São José
4.	Não é coberto	36.	USF Varadouro I e II
5.	USF Altiplano	37.	USF Integrada Alto do Céu
6.	Não é coberto	38.	USF Mandacaru VIII
7.	Não é coberto	39.	USF Integrada Alto do Céu
8.	Não é coberto	40.	USF Matinha II / USF Paulo Afonso
9.	USF São Rafael	41.	USF Cordão Encarnado II
10.	Não é coberto	42.	Não é coberto
11.	Não é coberto	43.	USF Anayde Beiriz
12.	USF Quatro Estações e USF Integrado Viver Bem	44.	USF Integrada Bairro das Indústrias
13.	Não é coberto	45.	USF Integrada Verde Vida
14.	Não é coberto	46.	USF Doce Mãe de Deus
15.	USF Saúde em Ação e USF Funcionários II 2ª etapa	47.	USF Castelo Branco I
16.	USF Espaço Saúde	48.	USF Castelo Branco I
17.	USF Integrada Cuiá e USF Rangel I	49.	Não é coberto
18.	USF Colinas do Sul II	50.	USF Mudança de Vida
19.	USF Vieira Diniz	51.	USF Distrito Mecânico
20.	Não é coberto	52.	USF Unindo Vidas
21.	USF Novais I	53.	USF Cruz das Armas IV
22.	USF Alto do Mateus I	54.	Não é coberto
23.	Não é coberto	55.	Não é coberto
24.	Não é coberto	56.	Não é coberto
25.	USF Santa Clara	57.	USF Bessa II e III
26.	USF Eucaliptos	58.	Não é coberto
27.	USF Altiplano	59.	USF Nova União
28.	Não é coberto	60.	Não é coberto
29.	USF Estação Saúde	61.	Não é coberto
30.	USF Matinha I	62.	USF Cidade Recreio e Quadra Mares
31.	USF Penha	63.	USF Estação Saúde
32.	USF Alto do Céu II	64.	USF Comunidade Tito Silva (Jd. Miramar)

Com isso concluímos que de acordo com a configuração atual da Rede de Apoio à Saúde do município de João Pessoa - PB, 21 centróides não estão sendo cobertos, ou seja, existem 21 centróides nos quais a localização das USFs atuais estão a uma distância maior do que 500m. São eles: 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 20, 23, 24, 28, 42, 49, 54, 55, 56, 58, 60 e 61.

O que correspondem aos bairros: Aeroclubes, Jardim Oceania, Tambaú, Cabo Branco, Ponta dos Seixas, Costa do Sol, Barra de Gramame, Valentina, Planalto da Boa Esperança, Ernani Sátiro, Mussurú, Portal do Sol, Jardim Brisamar, Ilha do Bispo, Lucena, Mumbaba, Muçumagro, Jardim Cidade Universitária, Água Fria, José Américo e Gramame.

A figura abaixo mostra no mapa a localização dos centróides que estão cobertos e a localização dos centróides que não estão cobertos.

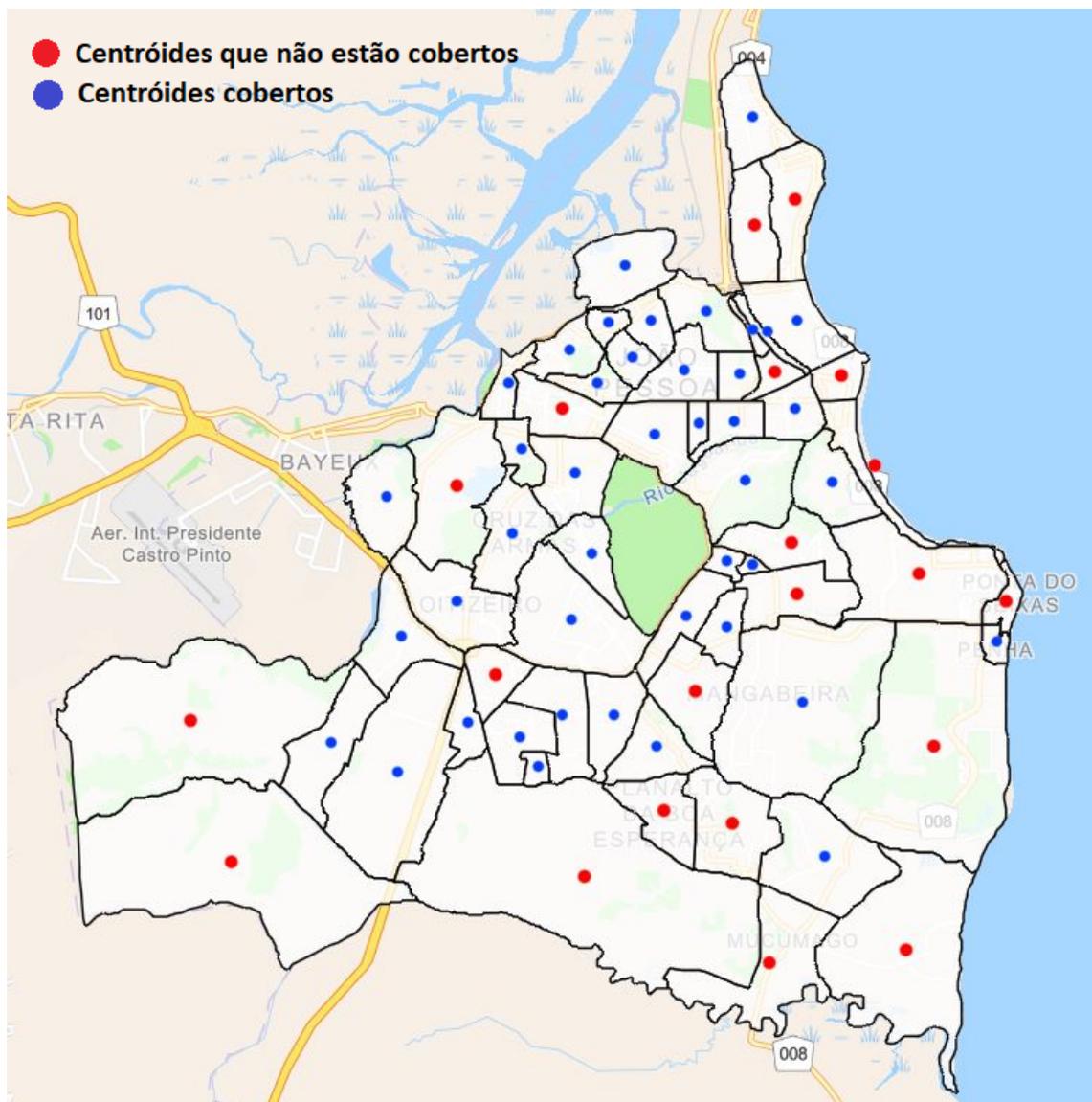


Figura 4.27: Resultado da cobertura dos centróides (Mapa construído a partir do ArcGIS)

Dentre as USFs que contribuem para a cobertura, podemos observar a importância da localização de algumas USFs, visto que essas USFs cobrem mais de um centróide. O que é o caso da USF ALtiplano, que cobre 4 centróides e das USFs: USF Colinas do Sul II, USF Estação Saúde, USF Integrada Alto do Céu e USF Castelo Branco I, que cobrem 2 centróides. Dessa forma seria possível considerar essas USFs com grande potencial para integrarem mais de uma Equipe de Saúde da Família.

As USFs que não estão contribuindo para a cobertura dos centróides são as USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Nova Conquista, USF Saúde e Vida, USF Integrada Verde Vida, USF Saúde para Todos, USF Vieira de Diniz, USF Cruz das Armas II, USF Integrada Funcionário I, USF Integrada Bairro das Indústrias, USF Alto do Mateus I, USF Anayde Beiriz, USF Novais I, USF Novais VI, USF Cruz das Armas IV, USF Vila Saúde, USF Mudança de Vida, USF Unindo Vidas, USF Funcionários II 2^a etapa, USF Riacho Doce, USF Rangel I, USF Rangel VII, USF Quatro Estações, USF Verdes Mares, USF Nova União, USF Nova Esperança, USF Ipiranga, USF Integrada Mangabeira, USF Caminho do Sol, USF Integrada José Américo, USF Integrada Valentina, USF Nova Aliança, USF Parque do Sol I e II, USF Doce Mãe de Deus, USF José Américo I, USF Colibris II, USF Distrito Mecânico, USF Ilha do Bispo, USF Matinha II / USF Paulo Afonso, USF Alto do Céu II, USF Cordão Encarnado II, USF Mandacaru VIII, USF Matinha I, USF Roger III, USF Santa Clara, USF Cidade Recreio e Quadra Mares, USF Eucaliptos, USF Jadim Miramar I, USF São Rafael, USF Timbó I, USF Timbó II e USF Torre I. A figura abaixo mostra as USFs que não estão contribuindo para a cobertura e sua localização.

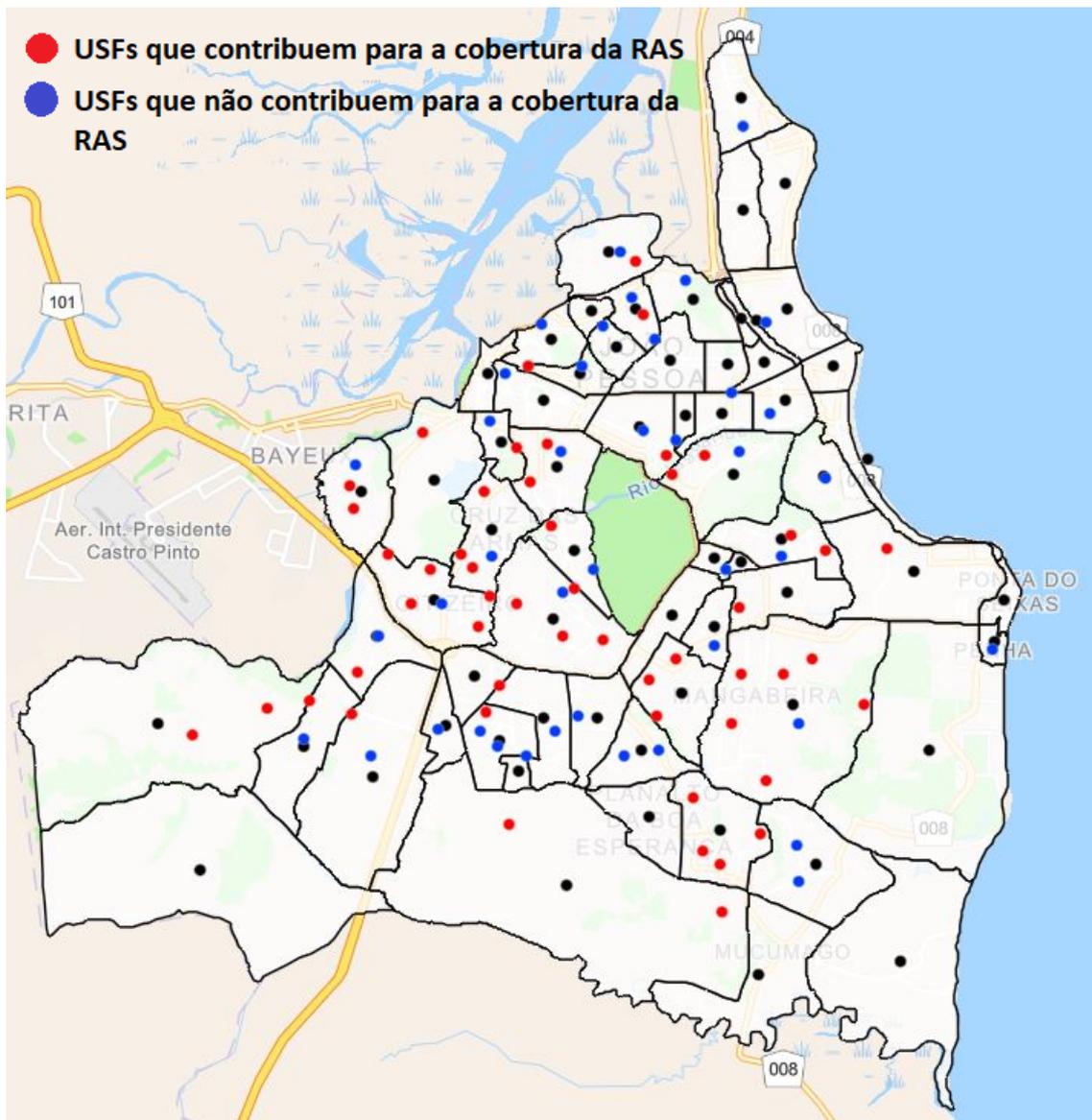


Figura 4.28: Análise da cobertura da RAS (Mapa construído a partir do ArcGIS)

Partindo do resultado acima foi possível observar que:

1. As USFs alugadas ou cedidas que estão contribuindo para melhorar a cobertura dos serviços de saúde no que diz respeito aos serviços de Atenção Básica, ofertados a população através das USFs são: USF Anayde Beiriz, USF Cruz das Armas IV, USF Varadouro I E II, USF Matinha II/USF Paulo Afonso, USF Alto do Céu II, USF Cordão Encarnado II, USF Mandacaru VII, USF Mandacaru VIII e USF Matinha I.
2. As USFs alugadas e ou cedidas que não estão contribuindo para a cobertura da Rede de Atenção Básica à Saúde são: USF Jardim Planalto, USF Mumbaba, USF Novais VI, USF Cruz das Armas III, USF Riacho Doce, USF Maria de Nazaré, USF Rangel I, USF Rangel VII, USF Colibris I, USF Colibris II, USF

Alto do Céu I, USF Colibris II, USF Alto do Céu I, USF Cordão Encarnado I, USF Mandacaru IX, USF Roger III, USF Tambiá, USF Água Fria, USF Jardim Miramar I, USF Padre Hildon Bandeira e USF Timbó II.

Na figura abaixo é possível observar no mapa de João Pessoa - PB a localização atual das USFs alugadas e cedidas que estão contribuindo para a cobertura da RAS, que estão sinalizadas com azul e a localização atual das USFs alugadas e cedidas que não estão contribuindo para a cobertura da RAS, que estão sinalizadas de vermelho.

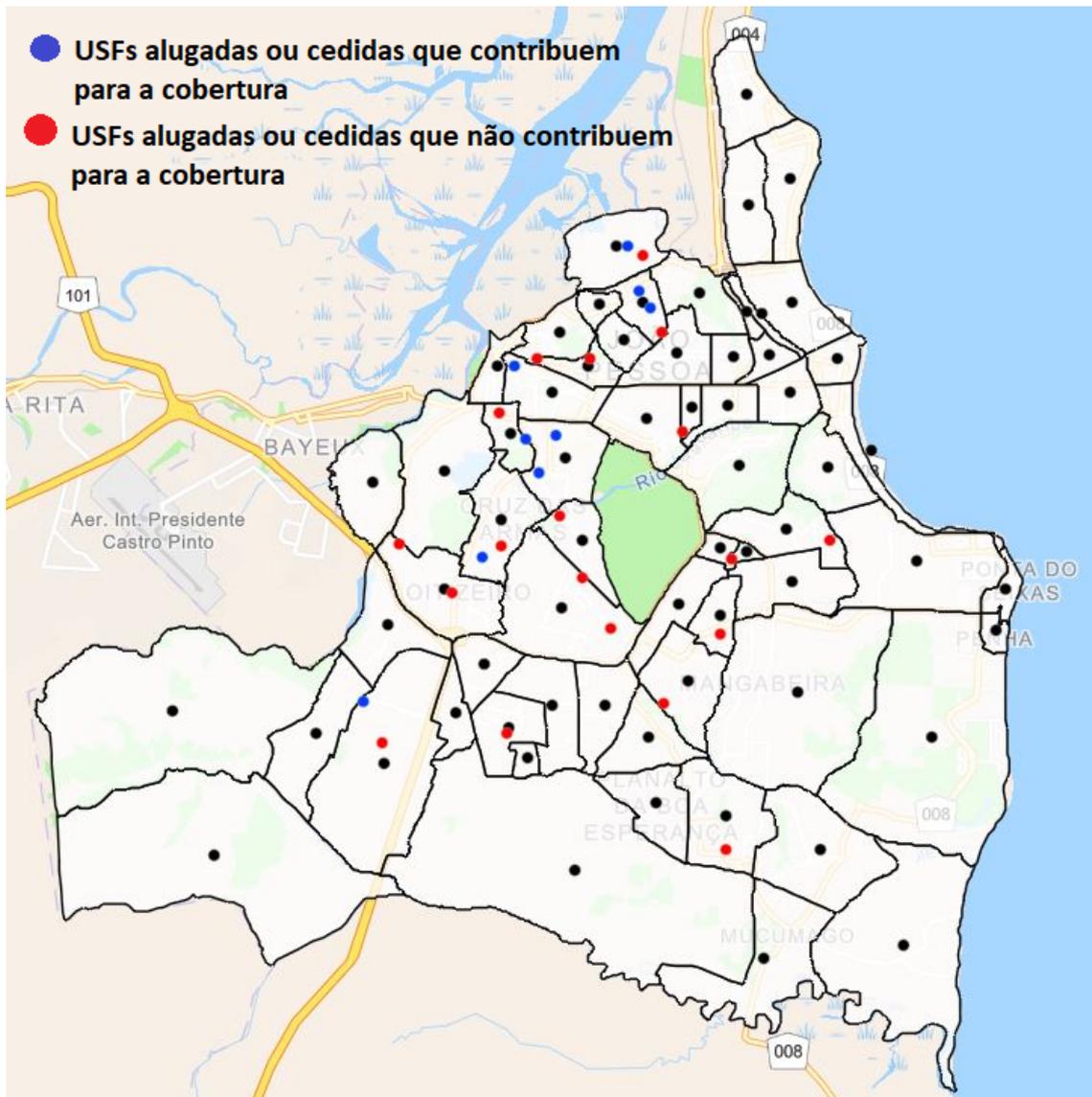


Figura 4.29: Análise da cobertura da RAS das USFs alugadas e cedidas (Mapa construído a partir do ArcGIS)

Visto que das 28 USFs que são alugadas ou cedidas apenas 9 contribuem efetivamente para a cobertura da RAS, o que corresponde a apenas 32% do total, portanto, recomenda-se que a localização das outras 19 USFs seja reconsiderada visando a melhoria da cobertura do sistema de saúde.

Existem diversas abordagens que podem auxiliar o processo decisório para re-alocação das USFs que não estão contribuindo efetivamente para a cobertura do sistema RAS. Aqui proporemos algumas sugestões de abordagens para subsidiar a tomada de decisão dos gestores.

A primeira abordagem seria alocar USFs alugadas nos bairros com centroides descobertos, sendo eles: Aeroclub, Jardim Oceania, Tambaú, Cabo Branco, Ponta dos Seixas, Costa do Sol, Barra de Gramame, Valentina, Planalto da Boa Esperança, Ernani Sátiro, Mussuré, Portal do Sol, Jardim Brisamar, Ilha do Bispo, Lucena, Mumbaba, Muçumagro, Jardim Cidade Universitária, Água Fria, José Américo e Gramame.

A segunda abordagem seria alocar USFs alugadas nos bairros que possui uma alta densidade demográfica ou para os bairros mais populosos.

Os problemas de Localização de Facilidades na área da saúde pública são usados para definir a melhor localização de modo que a rapidez no atendimento e o bem-estar dos usuários são fatores primordiais, pois o principal objetivo é a maximização dos benefícios oferecidos à sociedade.

Decidir onde instalar determinada facilidade é uma decisão que demanda estudo e estratégia, pois a localização de facilidades envolve, muitas vezes, muitas organizações além de um elevado emprego de recursos. A instalação de uma facilidade mal planejada pode acarretar em prejuízos às organizações envolvidas e muitas vezes não conseguindo atingir o potencial desejado.

Diante deste exposto percebe-se a importância da temática e este trabalho apresenta certa relevância, pois os resultados apontam a necessidade de mais USFs em alguns bairros, não só pela questão de cobertura populacional, mas principalmente para otimização da cobertura de modo que as USFs possam vir a, de fato, contribuir na melhoria do acesso como também contribuir para a igualdade de acesso, bem como potencializar a qualidade dos serviços ofertados a toda população de João Pessoa - PB.

Aqui foi apontado um norte para uma solução futura para o problema apresentado. Assim, concluiu-se que o método proposto foi eficaz e os resultados gerados podem otimizar a Rede de Apoio à Saúde e auxiliar os gestores quanto à tomada de decisão.

Capítulo 5

Conclusões

Esta dissertação teve como objetivo principal fazer uma análise da Rede de Atenção à Saúde (RAS) do município de João Pessoa - PB no que diz respeito à centralidade e à divisão de comunidades e uma análise da localização atual das Unidades de Saúde da Família (USFs) alugadas ou cedidas, aplicando o Problema de Máxima Cobertura (PLMC), de modo a verificar se essa localização é a mais adequada, de forma a otimizar o atendimento prestado à população, visando reduzir a distância do trajeto dos usuários aos serviços de saúde prestados pelas USFs a população. Para tanto, foi feita uma análise das localizações atuais das USFs a partir dos centroides dos bairros do município e observou-se quais bairros tem a maior necessidade de receber USFs. Esta análise se mostra relevante, pois na área de saúde pública a instalação de uma facilidade mal localizada não só acarretará num má emprego de recursos públicos e na má utilização do espaço implicando numa utilização nada satisfatória às necessidades da população, mas também pode afetar diretamente na vida e bem-estar dos usuários.

Sendo assim, com a análise feita no capítulo anterior, percebeu-se que a escolha dos algoritmos afeta a detecção de comunidades distintas dentro da mesma rede de grafos. Para a mesma rede, por exemplo, para os algoritmos de Girman Newman e de Fluid Propagation, foram encontradas 2 comunidades, para ambos os grafos, enquanto o algoritmo Louvain encontrou 25 comunidades para a rede de menores distâncias, mas nenhuma comunidade para a rede RAS.

Já para a centralidade observamos que a análise do grafo das menores distâncias demonstrou que independente do algoritmos utilizado as USFs: USF Torre I, USF Timbó II, USF Torre II e III são as mais centrais, logo seu uso é recomendado por causa de sua localização estratégica, já para as USFs: USF Integrada Cruz das Armas, USF Nova conquista, USF Jardim Saúde e USF Integrada Funcionários I, são as que possui a pior localização, logo seu uso deve ser evitado. Enquanto para o grafo RAS percebe-se que se a medida de centralidade utilizada for intermediação ou proximidade as USFs a ser utilizadas são: USF Cruz das Armas II, USF Rangel

I, USF Riacho Doce, USF Vila Saúde, USF Espaço Verde e USF Range VII. já para o autovetor são: USF Bessa II e III, USF Distrito Mecânico, USF Penha, USF Rosa de Fátima e USF Parque do Sol I e II. E o inverso para as piores localizações.

Portanto conclui-se que deve haver cuidado ao selecionar a USF mais importante neste caso, pois a importância das relações entre às USFs influencia os resultados. Além disso a escolha do algoritmo para a detecção de comunidades, bem como de centralidade vai depender do objetivo a ser considerado.

No que diz respeito à análise da localização atual das USFs obteve-se como resultado que das 28 USFs alugadas ou cedidas, apenas 9 contribuem diretamente para a cobertura do sistema. Portanto concluiu-se que se faz necessário propor novas localizações para 19 USFs que não estão contribuindo para a cobertura. Observou-se também que dos 64 centróides 21 não estão sendo cobertos.

Com isso espera-se que esta pesquisa venha colaborar para pesquisas futuras na área de otimização em saúde pública, como também servir de apoio para auxiliar os gestores quanto à tomada de decisões futuras.

Referências Bibliográficas

- [1] ARENALE M; ARMENTANO V; MORABITO, R; YANASSE, S., 2011, *Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia*. 1 ed. New York, Editora Campus - ABREPO.
- [2] BRIÃO, F. S., 2016, *Análise de Medidas de Centralidade utilizando Distância de Hellinger*. Tese mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Maceió, Alagoas, BRA.
- [3] CIRINO, S., 2016, *Modelo de p-medianas hierárquico e acessibilidade: análise dos hospitais públicos de Santa Catarina*. Tese doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Florianópolis, Santa Catarina, BRA.
- [4] CUNHA, A. B. O.; SILVA, L. M., 2010, “Acessibilidade aos serviços de saúde em um município do Estado da Bahia, Brasil, em gestão plena do sistema”, *Cadernos de Saúde Pública*, v. 26, n. 4, pp. 725–737.
- [5] EGESTOR, acesso em Janeiro 2023. “eGestor”. Disponível em: <https://egestorab.saude.gov.br/paginas/acessoPublico/relatorios/relHistoricoCoberturaAB.xhtml>.
- [6] ESTATÍSTICAS SOCIAIS, acesso em Janeiro 2023. “Agência IBGE”. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28793-pns-2019-sete-em-cada-dez-pessoas-que-procuram-o-mesmo-servico-de-saude-vao-a-rede-publica>.
- [7] FREITAS, L. Q., 2010, *MEDIDAS DE CENTRALIDADE EM GRAFOS*. Tese mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, BRA.
- [8] GALVÃO, R. D.; NOBRE, F. F. V. M. M., 1999, “Modelos matemáticos de localização aplicados à organização espacial de unidades de saúde”, *Revista de Saúde Pública*, v. 33, n. 4 (agosto), pp. 422–434.

- [9] IBGE, 2022. “Agência IBGE”. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28793-pns-2019-sete-em-cada-dez-pessoas-que-procuram-o-mesmo-servico-de-saude-vao-a-rede-publica>>.
- [10] MACHADO, F. M., 2016, *DETECÇÃO DE COMUNIDADES EM GRAFOS MULTICAMADA MUITO GRANDES*. Tese mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Florianópolis, Santa Catarina, BRA.
- [11] MARIANOV, V., S. D., 2002, “Location Problems in the Public Sector”, *Facility location: Applications and theory*, pp. 119–150.
- [12] MATTA, G. C.; MOROSINI, M. V. G., 2009, “Atenção Primária à Saúde”, *Dicionário da Educação Profissional em Saúde - Segunda edição revista e ampliada. 2ed*, pp. 44–50.
- [13] MINISTÉRIO DA SAÚDE, acesso em janeiro de 2023. “Ministério da Saúde”. Disponível em: <<https://aps.saude.gov.br/smp/smpoquee>>.
- [14] MINISTÉRIO DA SAÚDE, acesso em janeiro de 2023. “Ministério da Saúde”. Disponível em: <<https://www.saude.mg.gov.br/component/gmg/story/7152-sus-27-anos-transformando-a-historia-da-saude-no-brasil>>.
- [15] MINISTÉRIO DA SAÚDE, acesso em Janeiro 2023. “Ministério da Saúde”. Disponível em: <https://bvsmg.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0003_03_10_2017.html>.
- [16] MINISTÉRIO DA SAÚDE, acesso em Janeiro 2023. “Ministério da Saúde”. Disponível em: <https://bvsmg.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt2436_22_09_2017.html>.
- [17] MINISTÉRIO DA SAÚDE, acesso em Janeiro 2023. “Ministério da Saúde”. Disponível em: <<https://aps.saude.gov.br/noticia/164961>>.
- [18] NETWORKX, acesso em Setembro de 2023. “Networkx”. Disponível em: <<https://networkx.org/>>.
- [19] PENSE SUS, acesso em janeiro de 2023. “Pense SUS”. Disponível em: <<https://pensesus.fiocruz.br/atendimento>>.

- [20] PIZZOLATO, N. D., R. F. M. P. A. G. S., 2012, “REVISÃO DE DESAFIOS APLICADOS EM LOCALIZAÇÃO COM BASE EM MODELOS DA p-MEDIANA E SUAS VARIANTES”, *Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v. 4, n. 1, pp. 13–42.
- [21] PROGRAMA MAIS MÉDICOS, acesso em Janeiro de 2023. “Programa Mais Médicos”. Disponível em: <<http://maismedicos.gov.br/o-que-tem-na-ubs#:~:text=As%20Unidades%20B%C3%A1sicas%20de%20Sa%C3%BAde,servi%C3%A7os%2C%20como%20emerg%C3%A2ncias%20e%20hospitais>>.
- [22] SILVA, I. N., 2021, *OTIMIZAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE UNIDADES DE SAÚDE DA FAMÍLIA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, BRA.
- [23] UNGLERT, C. V. S., 1990, “O ENFOQUE DA ACESSIBILIDADE NO PLANEJAMENTO DA LOCALIZAÇÃO E DIMENSÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE”, *Revista de Saúde Pública*, v. 24, n. 6 (abril), pp. 445–442.

Apêndice A

O SUS

O SUS, Sistema Único de Saúde, é um dos maiores sistemas de saúde pública do mundo, e o único a prover de forma integral e gratuita assistência médica desde procedimentos mais simples como atendimento ambulatorial ao mais complexo tratamento como é o caso dos transplantes de órgãos e atende por ano cerca de 190 milhões de pessoas, das quais cerca de 71% dependem exclusivamente do SUS para tratar da sua saúde.

Seu início se deu nos anos 70 - 80 quando diversos grupos que integravam movimentos sanitários lutaram e idealizaram um sistema público de saúde que buscavam mudanças não apenas no sistema de saúde da época, mas também buscavam melhores condições de vida da população brasileira. Esta luta teve como marco a 8ª Conferência Nacional de Saúde, realizada em 1986, que resultou na saúde como um direito de todos, direito esse que foi oficializado na Constituição Federal Brasileira em 1988.

O artigo 196 da Constituição Federal Brasileira de 1988, definiu que "*a saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação*".

Para cumprir o que rege a Constituição Federal, de que é dever do Estado cuidar da saúde de toda a população brasileira, foi criado o SUS, que foi regulamentado pelo disposto nas Leis nº 8.080 de 1990 e nº 8.142 de 1990, chamadas Leis Orgânicas do SUS.

Segundo a lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, Art 5º inciso III, o SUS, como nós conhecemos hoje, tem como um dos seus objetivos "*prover assistência às pessoas por intermédio de ações de promoção, proteção e recuperação da saúde, com*

¹Movimentos esses que ficaram conhecidos como Reforma Sanitária

²O sistema de saúde pública antes do SUS era regida pelo Instituto Nacional de Assistência Médica e Previdência Social (Inamps), criado em 1977. O Inamps era responsável em dar assistência médica aos trabalhadores que contribuía com a previdência social. A parcela da população que não faziam esta contribuição não tinham acesso a estes serviços.

a realização integrada das ações assistenciais e das atividades preventivas".

Sendo assim, o SUS objetiva basicamente em elaborar e organizar ações para a prestação de serviços públicos relacionados à saúde, abrangendo a prevenção, promoção, proteção e recuperação da saúde.

Foram adotados como princípios fundamentais e organizacionais para o SUS, a universalidade de acesso (direito de todos, sem discriminação), integralidade de assistência (assistência médica completa) e equidade (igualdade da assistência à saúde) os estruturantes da institucionalidade do sistema. Entre os princípios organizacionais, destacam-se a descentralização dos serviços e responsabilidades, com prioridade municipal de execução, além da participação social e participativa entre os três entes da Federação: a União, os Estados e os Municípios na elaboração e controle da política nacional de saúde pública. O SUS é composto pelo Ministério da Saúde, Estados e Municípios, sendo assim seu gerenciamento é feito de forma colaborativa pelo Ministério da Saúde (MS) na esfera Federal, na esfera Estadual pela Secretaria Estadual de Saúde (SES) e na esfera Municipal pela Secretaria Municipal de Saúde (SMS).

A rede que compõe o SUS engloba a atenção primária, média e de alta complexidades ³, os serviços de urgência e emergência, a atenção hospitalar, as ações e serviços das vigilâncias epidemiológica, sanitária e ambiental e assistência farmacêutica.

Em setembro do ano 2000 o SUS passou a ser administrado com recursos provenientes da União, dos Estados e Municípios com limites mínimos de investimento em cada uma dessas esferas. ^[14] A União é o principal financiador da saúde pública no país. Metade dos gastos é feita pelo governo Federal, a outra metade fica a cargo dos Estados e Municípios. Além disso, a União formula políticas nacionais de saúde através do Ministério da Saúde, mas não realiza ações. A implementação das ações é feita pelos Estados, Municípios, ONGs, iniciativa privada e fundações, com prioridade municipal de execução.

No entanto, o SUS não garante apenas assistência médico-hospitalar. Também é responsável por ações importantes como a prevenção, a vacinação e o controle das doenças através do PNI, Plano Nacional de Imunização, oferecendo de forma gratuita para a população brasileira todas as vacinas indicadas pela OMS para combater e prevenir doenças, como vimos recentemente com o caso da Covid-19.

Gerencia duas fundações, são elas:

* Fundação Nacional de Saúde (Funasa) que promove ações e serviços de saneamento para a população brasileira com a finalidade de prevenção e controle de doenças. Realiza ações de prevenção e controle de doenças e agravos ocasionados pela falta ou inadequação nas condições de saneamento básico em áreas como

³Conhecido como os níveis primário, secundário e terciário

assentamentos, quilombos e reservas extrativistas e como consequência também é responsável pela promoção e proteção à saúde dos povos indígenas. Além disso a Funasa presta apoio técnico e/ou financeiro no combate, controle e redução da mortalidade infantil e da incidência de doenças causadas pela falta de saneamento básico e ambiental.

* Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) que desenvolve pesquisas e é responsável pela fabricação de vacinas, medicamentos, reagentes e kits de diagnóstico. Também presta serviços hospitalares e ambulatoriais, além de possuir atividades de ensino.

Faz vigilância, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) das condições sanitárias, no saneamento, nos ambientes, na higiene dos estabelecimentos e serviços, na produção e consumo de produtos, inclusive dos processos, dos insumos e das tecnologias a eles relacionados, visando promover a proteção da saúde da população. Regula o registro de medicamentos, controla a manipulação e a qualidade dos alimentos. Normaliza serviços e define padrões para garantir maior proteção à saúde, além de fazer o controle de portos, aeroportos, fronteiras e recintos alfandegados.

Dá Assistência Farmacêutica com a regulação, distribuição e controle sociais de medicamentos oferecidos pelo SUS.

Defende o interesse público na assistência suplementar à saúde (planos de saúde) e regula os operadores do setor, através da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS)

E por fim, atua na produção de hemoderivados para pacientes do SUS através da Empresa Brasileira de Hemoderivados e Biotecnologia (Hemobrás).

A.1 Estrutura Hierárquica de Atendimento do SUS

O atendimento pelo SUS, direito garantido a todos os cidadãos brasileiros, se dá de forma hierarquizada na prestação de serviços de saúde por nível de complexidade, de modo que, casos com menor urgência possam ser atendidos em unidades de menor grau de complexidade sem que haja assim um alto fluxo em unidades de maior grau de complexidade médica melhorando a eficiência e eficácia do sistema de saúde pública. [19]

Dessa forma, o atendimento no SUS se dá em três níveis de atenção: primária, secundária e terciária que são os graus de baixa, média e alta complexidade, respectivamente. Nos níveis de baixa complexidade ou primário estão as Unidades Básicas de Saúde (UBS), que são conhecidas como a "porta de entrada" do SUS. Responsável por ações que são voltadas à redução do risco de doenças e à proteção da saúde. Isso quer dizer que apresenta também um caráter preventivo. Nas UBSs são realizadas consultas e exames, além de procedimentos menos complexos como vacinação e curativos e conta com profissionais da medicina geral e familiar. [19]

No nível de média complexidade ou secundários temos as Unidades de Pronto Atendimento (UPA), as Policlínicas e hospitais de pequeno e médio porte. Aqui são realizados procedimentos especializados como consultas com pediatras, cardiologistas, neurologistas, entre outros, e são realizados exames de média complexidade e específicos como endoscopias e ecocardiogramas. Geralmente são atendidos aqui os pacientes encaminhados pelos profissionais da atenção básica. Além disso, os profissionais de saúde que atuam na atenção secundária são preparados para realizar tratamentos de média complexidade, como doenças crônicas ou agudas.

E por fim temos o nível de alta complexidade ou terciário de atenção à saúde que são os Hospitais de grande porte, responsáveis por procedimentos que demandam tecnologia de ponta, alto custo e de maior risco à vida, como os oncológicos, cardiológicos, transplantes, partos de alto risco, traumatologia, neurocirurgia, diálise (para pacientes com doença renal crônica), oftalmologia e otologia (para o tratamento de doenças no aparelho auditivo).

Envolve ainda a assistência em cirurgia reparadora (de mutilações, traumas ou queimaduras graves), cirurgia bariátrica (para os casos de obesidade mórbida), cirurgia reprodutiva, reprodução assistida, genética clínica, terapia nutricional, distrofia muscular progressiva, osteogênese imperfeita (doença genética que provoca a fragilidade dos ossos) e fibrose cística (doença genética que acomete vários órgãos do corpo causando deficiências progressivas).

Entre os procedimentos ambulatoriais de alta complexidade estão a quimioterapia, a radioterapia, a hemoterapia, a ressonância magnética e a medicina nuclear, além do fornecimento de medicamentos excepcionais, tais como próteses ósseas, marca-passos, stent cardíaco, etc.

Também fazem parte da rede os laboratórios, que realizam exames específicos de análise laboratorial, os centros de pesquisa em medicina, como a Fundação Oswaldo Cruz, os centros de pesquisa universitários, que por exemplo, desenvolvem vacinas, e o SAMU, que é o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência, especializado no atendimento emergencial de primeiro socorros e locomoção de pacientes em estado grave para hospitais.

No Brasil Cerca de 80% dos problemas de saúde podem ser resolvidos nas UBSs. Como mostra o fluxograma abaixo.



Figura A.1:

A.2 Rede de Atenção à Saúde

Com o intuito de superar as dificuldades e a intensa fragmentação das ações de serviços de saúde de um modelo de atenção à saúde fundamentado nas ações curativas, centrado no cuidado médico e estruturado com ações e serviços de saúde dimensionados a partir da oferta, que tem se mostrado insuficiente para dar conta dos desafios da saúde atuais foi criada as Redes de Atenção à Saúde (RAS).

As (RAS), "*São arranjos organizativos de ações e serviços de saúde, de diferentes densidades tecnológicas, que integradas por meio de sistemas de apoio técnico, logístico e de gestão, buscam garantir a integralidade do cuidado.*

O objetivo da RAS é promover a integração sistêmica, de ações e serviços de saúde com provisão de atenção contínua, integral, de qualidade, responsável e humanizada, bem como incrementar o desempenho do Sistema, em termos de acesso, equidade, eficácia clínica e sanitária; e eficiência econômica." Portaria de Consolidação nº 03, de 28 de setembro de 2017. [15]

O Ministério da Saúde, por meio da Portaria de Consolidação nº 03, de 28 de setembro de 2017, estabelece diretrizes para organizacionais para a RAS no SUS, tendo a APS como coordenadora do cuidado e ordenadora da rede, como um meio de superar a fragmentação do sistema.

Dessa forma a RAS "*fundamenta-se na compreensão da APS como primeiro nível de atenção, enfatizando a função resolutiva dos cuidados primários sobre os problemas mais comuns de saúde e a partir do qual se realiza e coordena o cuidado em todos os pontos de atenção*"⁴.

Para que a Atenção Básica possa ordenar a RAS, é preciso reconhecer as necessidades de saúde da população sob sua responsabilidade, organizando-as em relação

⁴Os pontos de atenção à saúde (PAS) são entendidos como espaços onde se ofertam determinados serviços de saúde. São exemplos de PAS: domicílios, unidades básicas de saúde, unidades ambulatoriais especializadas, serviços de hemoterapia e hematologia, centros de apoio psicossocial, residências terapêuticas, entre outros. Os hospitais podem abrigar distintos PAS: ambulatório de pronto atendimento, unidade de cirurgia ambulatorial, centro cirúrgico, maternidade, unidade de terapia intensiva, unidade de hospital/dia, entre outros. PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 3, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017, Anexo I

aos outros pontos de atenção à saúde, contribuindo para que a programação dos serviços de saúde parta das necessidades das pessoas, com isso fortalecendo o planejamento ascendente. Os estados, municípios e o distrito federal, devem articular ações intersetoriais, assim como a organização da RAS, com ênfase nas necessidades loco-regionais, promovendo a integração das referências de seu território. PORTARIA Nº 2.436, DE 21 DE SETEMBRO DE 2017. [16]

A.3 Atenção Básica à Saúde

A Política Nacional de Atenção Básica (PNAB) é resultado da experiência acumulada por um conjunto de atores envolvidos historicamente com o desenvolvimento e a consolidação do SUS, como vimos anteriormente. Esta portaria, define a organização em Redes de Atenção à Saúde (RAS) como estratégia para um cuidado integral e direcionado às necessidades de saúde da população. De acordo com a portaria Nº 2.436 de 21 de setembro de 2017, que estabelece a PNAB, no artigo 2º define "A Atenção Básica é o conjunto de ações de saúde individuais, familiares e coletivas que envolvem promoção, prevenção, proteção, diagnóstico, tratamento, reabilitação, redução de danos, cuidados paliativos e vigilância em saúde, desenvolvida por meio de práticas de cuidado integrado e gestão qualificada, realizada com equipe multiprofissional e dirigida à população em território definido, sobre as quais as equipes assumem responsabilidade sanitária".

O parágrafo 1º do Artigo 2º determina "A Atenção Básica será a principal porta de entrada e centro de comunicação da Rede de Atenção à Saúde (RAS), coordenadora do cuidado e ordenadora das ações e serviços disponibilizados na rede".

Os princípios de Universalidade, Equidade e Integralidade presentes no SUS também norteiam a Atenção Básica, no entanto permite a inclusão de especificidades necessárias loco-regional⁵, reconhecendo, em território nacional, a existência de populações específicas e itinerantes que também devem ser acobertadas por políticas de promoção, prevenção e preservação à saúde em consonância com o princípio de equidade.

A PNAB tem na Saúde da Família sua estratégia prioritária para expansão e consolidação da Atenção Básica. Contudo reconhece especificidades loco-regionais⁶, reconhecendo a necessidade de populações específicas estando de acordo com a política de promoção da equidade em saúde.

O artigo 6º da PNAB estabelece que "Todos os estabelecimentos de saúde que prestem ações e serviços de Atenção Básica, no âmbito do SUS, de acordo com esta portaria serão denominados Unidade Básica de Saúde - UBS

⁵local e regional

⁶características locais e regionais

. Portanto nas UBSs, deve ser possível que os pacientes realizem exames e consultas rotineiros, contando com profissionais de medicina geral e familiar.

Os profissionais devem se articular para atuar não apenas nas unidades de saúde, mas também em espaços públicos da comunidade, realizando visitas domiciliares às famílias. A ideia é: mais do que prover assistência médica, é estar perto das pessoas para promover a saúde e a qualidade de vida realizando trabalhos, de prevenção e conscientização e considerar o paciente inserido em sua família e comunidade.

Como a atenção básica é responsável por 80% dos atendimentos na rede de saúde se faz necessário que a Atenção Básica tenha alta resolutividade, com capacidade clínica e de cuidado e incorporação de tecnologias leves, leve duras e duras (diagnósticas e terapêuticas), além da articulação da Atenção Básica com outros pontos da RAS.

Na ABS, as equipes profissionais estão divididas da seguinte maneira: Saúde da Família, Saúde da Família Ribeirinhas, Prisionais, Consultório na Rua, Atenção Primária, Saúde Bucal, dentre outras estratégias. Atualmente, são 48.161 UBS espalhadas por todo o Brasil. [17]

Neste trabalho trataremos apenas das UBSs voltadas à promoção da família. Que são as USFs compostas por Equipes de Saúde da Família - eSF. Composta no mínimo por médico, preferencialmente da especialidade medicina de família e comunidade, enfermeiro, preferencialmente especialista em saúde da família; auxiliar e/ou técnico de enfermagem e agente comunitário de saúde - ACS. Podendo fazer parte da equipe o agente de combate às endemias (ACE) e os profissionais de saúde bucal: cirurgião-dentista, preferencialmente especialista em saúde da família, e auxiliar ou técnico em saúde bucal.

O número de ACS por equipe deverá ser definido de acordo com base populacional, critérios demográficos, epidemiológicos e socioeconômicos, de acordo com definição local.

A PNAB recomenda que em áreas de grande dispersão territorial, áreas de risco e vulnerabilidade social, o número máximo de pessoas por ACS de 750 pessoas.

A população usuária Cadastrada por eSF deve ser de 2000 a 3500, no entanto, recomenda-se que esse número seja definido considerando o grau de vulnerabilidade das famílias de cada região territorial, de modo que quanto maior o grau de vulnerabilidade menor a quantidade de pessoas atribuídas por eSF (PNAB 2017)

Para equipe de Saúde da Família, há a obrigatoriedade de carga horária de 40 (quarenta) horas semanais para todos os profissionais de saúde membros da eSF, no mínimo 5 (cinco) dias da semana e nos 12 meses do ano, possibilitando acesso facilitado à população. Dessa forma, os profissionais da eSF poderão estar vinculados a apenas uma equipe de Saúde da Família, no Sistema do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde - SCNES - vigente.

Atualmente, são 48.161 UBS espalhadas por todo o Brasil. Na atenção primária, é possível atender uma média de 564.232 pessoas por dia em todo território nacional.

[17]

A.3.1 Atendimento no SUS

O SUS oferece assistência hospitalar e ambulatorial a todos os brasileiros e em todo o território nacional. Sua existência é extremamente importante, porque abrange serviços que toda população faz uso em diferentes momentos da sua vida, independentemente de classe social, etnia ou nacionalidade. Apenas com um documento de identificação já é possível usufruir dos serviços oferecidos pelo SUS.

Havendo necessidade de atendimento o usuário se desloca até uma USF ou unidade de emergência para receber atendimento médico. Abaixo veremos um fluxograma que simula os caminhos de atendimento no SUS

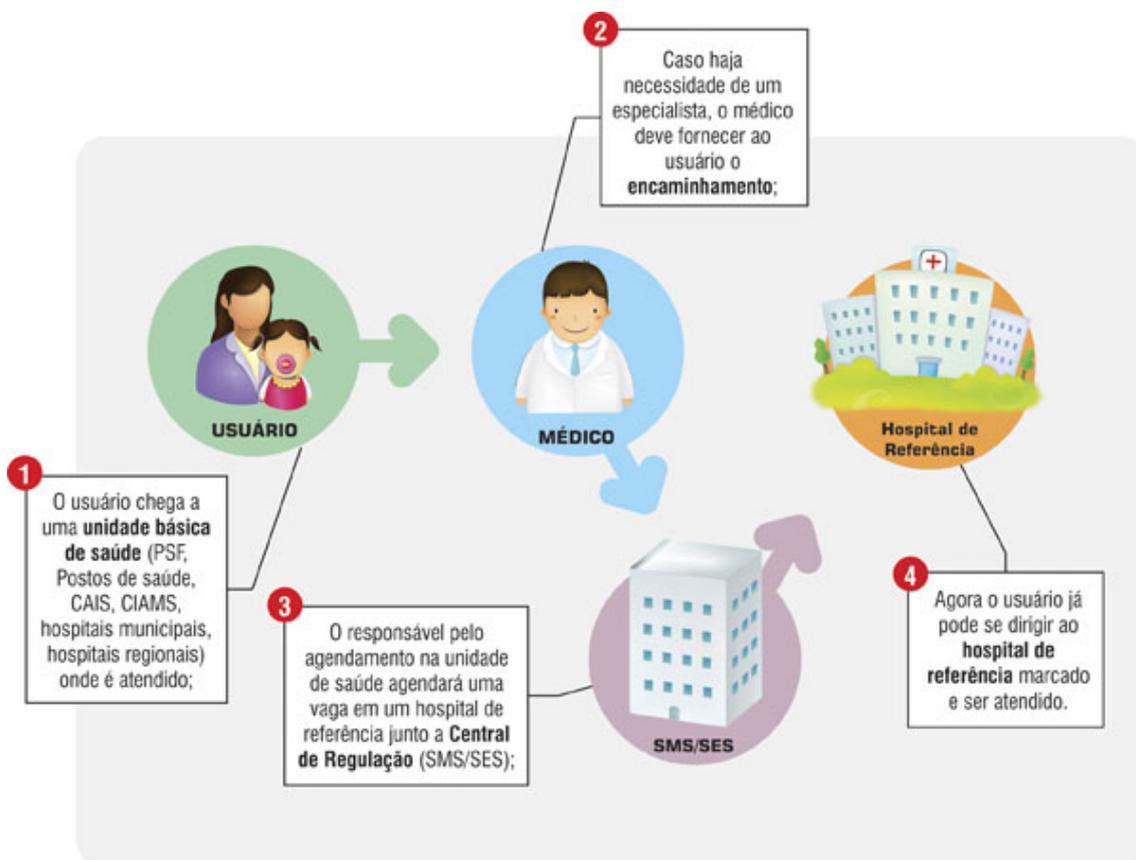


Figura A.2: Fluxograma de atendimento no SUS

Mas, existem formas para deixar seu histórico de saúde mais completo e facilitar o acesso ao atendimento. Uma dessas medidas é o Cartão Nacional de Saúde, popularmente conhecido como cartão do SUS. Esse cartão possui a identificação do usuário e facilita o registro, o que possibilita a criação de um histórico do paciente.



Figura A.3: Imagem Ilustrativa do Cartão SUS

É recomendado que a busca por atendimento seja feito preferencialmente na USF cadastrada, pois todas as informações de saúde pessoais se encontram disponíveis para consulta, visto que o SUS não possui um sistema integrado de informação de usuário.