

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SCARLET MARRIANE BARBOSA DOS SANTOS

PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *FINGERPRINTING* PARA  
POSICIONAMENTO *INDOOR* NO UFPR CAMPUSMAP

CURITIBA

2017

SCARLET MARRIANE BARBOSA DOS SANTOS

PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *FINGERPRINTING* PARA  
POSICIONAMENTO *INDOOR* NO UFPR CAMPUSMAP

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agri-  
mensura da Universidade Federal do Paraná  
como requisito à obtenção do título de Enge-  
nheira Cartógrafa e Agrimensora  
Orientadora: Profª Luciene Stamato Delazari  
Coorientador: Profº Leonardo Ercolin Filho

CURITIBA

2017

---

Scarlet Marriane Barbosa dos Santos  
PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *FINGERPRINTING*  
PARA POSICIONAMENTO *INDOOR* NO UFPR CAMPUSMAP / Scarlet Marriane  
Barbosa dos Santos. – Curitiba, 2017-  
74 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Luciene Stamato Delazari

Projeto Final – Universidade Federal do Paraná , 2017.

1. Posicionamento *Indoor*.
2. *Fingerprinting*.
- I. Prof<sup>a</sup> Luciene Stamato Delazari.
- II. Universidade Federal do Paraná .
- III. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.
- IV. Título

CDU

02:141:005.7

---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**SCARLET MARRIANE BARBOSA DOS SANTOS**

# **PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *FINGERPRINTING* PARA POSICIONAMENTO *INDOOR* NO UFPR CAMPUSMAP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Paraná como requisito à obtenção do título de Engenheira Cartógrafa e Agrimensora, pela seguinte banca examinadora:

---

**Prof<sup>a</sup> Luciene Stamato Delazari**  
Orientadora

---

**Prof<sup>o</sup> Leonardo Ercolin Filho**  
Coorientador

---

**Prof<sup>a</sup> Silvana Philippi Camboim**  
Convidada

Curitiba, 11 de dezembro de 2017.

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,  
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*

## AGRADECIMENTOS

Após uma longa jornada, é inevitável não olhar para trás e perceber que muitas pessoas foram indubitavelmente importantes para alcançar enfim o tão esperado diploma. Sei que esta dedicatória não é o bastante para expressar minha gratidão aqueles que me proporcionaram alegrias, lições de vida, conselhos, ajuda emocional e financeira para superar as dificuldades, e que acima de tudo me incentivaram a acreditar em meus sonhos e nunca desistir.

Agradeço grandemente a minha avó Vicentina que sempre me deu muito amor e o incentivo a estudar, pois mesmo não tendo a oportunidade de frequentar uma escola, através de sua grande sabedoria de vida soube que esta é a forma de "crescemos na vida", como ela mesma sempre diz. Te amo mãe.

Agradeço a meus tios Rosana e Ezequiel, e também minha tia Elza. Vocês além de estarem sempre próximos, ajudarem quando precisei, e aconselharem, assumiram muitas vezes papel de pais. Muito obrigada, sempre serei grata a tudo isso.

Aos meus pais, Eunice e Claudenir, obrigada por sempre acreditarem em mim e me darem amor e apoio nesta jornada. Amo vocês. Igor e João Vitor, meus queridos irmãos, vocês são muito importantes para mim e desejo a vocês todo o sucesso e alegria deste mundo. Vocês são os melhores irmãos que eu poderia ter.

Rejane, obrigada pelo apoio e ajuda incondicional que sempre me deu ao longo destes meses. Seu carinho, companheirismo, cuidado e amor, foram muito importantes e deixaram os momentos mais leves. Amo-te.

Aos meus amigos que tive o privilégio de conhecer Pedro Farias, Simone Schuraski e Welliton Forlin. Compartilhamos momentos de alegrias e tristezas. Dividimos a experiência da graduação em engenharia (que não foi fácil), mas tendo a certeza que foi muito mais divertido com a companhia de vocês. Meus amigos, muito obrigada, vocês me ajudaram muito. Desejo a vocês muito sucesso, profissional e pessoal.

Por fim, agradeço aos meus orientadores Luciene Stamato Delazari e Leonardo Ercolin Filho. Obrigada por sempre me questionarem a fim de buscar sempre os melhores resultados. A todos que fizeram parte deste trabalho, muito obrigada.

*Pensamos para resolver problemas.*

*Sem o desafio dos problemas, o pensamento ficaria dormindo, inerte.*

*O pensamento, assim, acontece quando um "não saber" nos desafia.*

**Rubem Alves**

## RESUMO

Este trabalho apresenta a proposta para implementação do método *Fingerprinting* para o posicionamento planimétrico indoor no UFPR CampusMap e está dividido em duas etapas. A primeira consistiu na coleta de informações do RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) de três roteadores da rede wi-fi (*Wireless Fidelity*), bem como as coordenadas planas UTM (Universal Transversa de Mercator) de pontos localizados em uma área de estudo. A partir dessas informações, foram gerados mapas indicadores para serem utilizados no algoritmo de localização. A segunda etapa consistiu no desenvolvimento de um algoritmo na linguagem *Matlab* (Matrix Laboratory) que determina a posição do usuário utilizando o modelo de interpolação k-NN (*k-Nearest Neighbors*). Para essa determinação, o algoritmo inicialmente utiliza como valores de entrada, as informações do RSSI de um mínimo de três roteadores. As coordenadas planimétricas foram obtidas por interpolação no mapa elaborado na etapa anterior e armazenadas em um intervalo de tempo pré-definido. Em seguida, determinou-se a posição final e o indicador de qualidade a partir da média aritmética e desvio-padrão das informações de RSSI coletadas durante a etapa de levantamento.

**Palavras-chaves:** RSSI, Posicionamento *indoor*, *Fingerprinting*, Mapa RSSI.

## ABSTRACT

This paper presents the proposal for the implementation of the Fingerprinting method for the indoor planimetric positioning in the UFPR CampusMap and is divided into two stages. The first consisted of collecting information from the RSSI (Received Signal Strength Indicator) of three wireless Fidelity routers, as well as the UTM (Universal Transverse Mercator) coordinates of points located in a study area. From this information, indicator maps were generated to be used in the localization algorithm. The second step consisted in the development of an algorithm in Matlab (Matrix Laboratory) that determines the position of the user using the k-NN (k-Nearest Neighbors) interpolation model. For this determination, the algorithm initially uses as input values the RSSI information from a minimum of three routers. The planimetric coordinates were obtained by interpolation in the map elaborated in the previous step and stored in a predefined time interval. Then, the final position and the quality indicator were determined from the arithmetic mean and standard deviation of the RSSI information collected during the survey step.

**Key-words:** RSSI, Indoor positioning, Fingerprinting, RSSI Map.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Infográfico explicitando as funcionalidades do UFPR CampusMap	17
FIGURA 2 – Ilustração do problema do posicionamento indoor.	19
FIGURA 3 – Determinação do posicionamento baseado na técnica ToA.	23
FIGURA 4 – Ilustração do problema do posicionamento indoor.	29
FIGURA 5 – Fluxograma da metodologia	30
FIGURA 6 – Cenário de testes 1º andar do Bloco VI	31
FIGURA 7 – Mapa do levantamento realizado no corredor de acesso	33
FIGURA 8 – Relatório gerado pelo software WifilnfoView	34
FIGURA 9 – Coleta dos dados RSSI do ponto de acesso "LabcartoDgeom"	35
FIGURA 10 – Coleta dos dados RSSI do ponto de acesso "UFPR_SEM_FIO 50-06-04-2B-E9-90"	36
FIGURA 11 – Coleta dos dados RSSI do ponto de acesso "UFPR_SEM_FIO 50-06-04-2B-E7-40"	37
FIGURA 12 – Mapa representando a posição das redes wi-fi	38
FIGURA 13 – Conjunto de pontos para interpolação para gerar o Mapa RSSI do ponto de acesso wi-fi "UFPR_SEM_FIO - 50-06-04-2B-E7-40"	40
FIGURA 14 – Resultado da interpolação do ponto de acesso wi-fi "UFPR_SEM_FIO - 50-06-04-2B-E7-40"	41
FIGURA 15 – Mapa RSSI UFPR_SEM_FIO - 50-06-04-2B-E9-90	42
FIGURA 16 – Mapa RSSI UFPR_SEM_FIO - 50-06-04-2B-E7-40	43
FIGURA 17 – Mapa RSSI LabCartoDgeom - 5A-10-8C-2F-D8-C6	44
FIGURA 18 – Malha Regular de Pontos	45
FIGURA 19 – Malha de pontos regular do ponto de acesso UFPR_SEM_FIO - 50-06-04-2B-E9-90	46
FIGURA 20 – Extração dos valores RSSI para os pontos da malha regular	46
FIGURA 21 – Algoritmo k-NN aplicado ao problema de posicionamento indoor	48
FIGURA 22 – Distribuição das coordenadas calculadas no instante t1 (5 segundos)	53

FIGURA 23 – Distribuição das coordenadas calculadas no instante t2 (10 segundos) . . . . .	55
FIGURA 24 – Distribuição das coordenadas calculadas no instante t3 (15 segundos) . . . . .	57
FIGURA 25 – Gráfico das coordenadas calculadas no instante t4 (20 segundos)	59
FIGURA 26 – Vantagens e desvantagens do método Fingerprinting . . . . .	61

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Exemplo de Dados para elaboração do Mapa RSSI . . . . .	25
TABELA 2 – Atenuação do sinal conforme o tipo de material. . . . .	26
TABELA 3 – Redes wi-fi escolhidas para elaboração do mapa RSSI . . . . .	38
TABELA 4 – Fragmento do arquivo de entrada do software . . . . .	39
TABELA 5 – Elementos do algoritmo k-NN e sua aplicação. . . . .	47
TABELA 6 – Exemplo de Tabela de Frequência . . . . .	51
TABELA 7 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de tempo t1	53
TABELA 8 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t1 . . . . .	54
TABELA 9 – Teste de Valores Extremos instante t1 . . . . .	54
TABELA 10 – Valores extremos instante de tempo t1 . . . . .	55
TABELA 11 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de t2 . . . .	56
TABELA 12 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t2 . . . . .	56
TABELA 13 – Teste de Valores Extremos instante t2 . . . . .	56
TABELA 14 – Coordenadas finais obtidas pelo algoritmo dos pontos 22, 50, 73, 74 e 51 . . . . .	57
TABELA 15 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de t3 . . . .	58
TABELA 16 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t3 . . . . .	58
TABELA 17 – Teste de Valores Extremos instante t3 . . . . .	58
TABELA 18 – Coordenadas finais obtidas pelo algoritmo dos pontos 27, 31, 48, 73 e 54 . . . . .	59
TABELA 19 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de t4 . . . .	59
TABELA 20 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t4 . . . . .	60
TABELA 21 – Teste de Valores Extremos instante t4 . . . . .	60
TABELA 22 – Coordenadas finais obtidas pelo algoritmo dos pontos 53, 73, 48, 51 e 50 . . . . .	60
TABELA 23 – Coordenadas obtidas . . . . .	65



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RSSI	Received Signal Strength Indication
AP	Access Point
Wi-Fi	Wireless Fidelity
dBm	decibel milliwatt
K-NN	K-Nearest Neighbors
UCM	UFPR CampusMap
UFPR	Universidade Federal do Paraná
ToA	Time of Arrival
AoA	Angle of Arrival
TDoA	Time Difference of Arrival
GPS	Global Positioning System
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SSID	Service Set IDentifier
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>16</b>
1.1 Justificativa . . . . .	19
1.2 Objetivos Gerais e Específicos . . . . .	20
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>	<b>21</b>
2.1 Visão Geral . . . . .	21
2.2 Definição de wi-fi . . . . .	21
2.3 Técnicas de posicionamento através de redes wi-fi . . . . .	22
2.3.1 Tempo de Chegada ( <i>Time of Arrival - ToA</i> ) . . . . .	22
2.3.2 Ângulo de Chegada ( <i>Angle of Arrival - AoA</i> ) . . . . .	23
2.3.3 Indicação da Força do Sinal Recebido (RSSI) . . . . .	24
2.4 Métodos de Localização através da rede Wi-Fi . . . . .	24
2.4.1 Trilateração . . . . .	24
2.4.2 Triangulação . . . . .	24
2.4.3 <i>Fingerprinting</i> . . . . .	25
2.5 Obstáculos na Determinação do Posicionamento Indoor . . . . .	25
2.5.1 Reflexão . . . . .	26
2.5.2 Refração . . . . .	26
2.5.3 Difração . . . . .	27
<b>3 METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>28</b>
3.1 Materiais . . . . .	29
3.2 Cenário de Testes no Ambiente UFPR Campus Map . . . . .	31
3.3 Levantamento das distâncias dos pontos de amostra . . . . .	31
3.3.1 Coleta das coordenadas E, N dos pontos de amostras . . . . .	32
3.4 Coleta dos Dados RSSI . . . . .	33
3.5 Elaboração dos Mapas RSSI . . . . .	38
3.6 Algoritmo de Posicionamento Indoor . . . . .	47
<b>4 RESULTADOS OBTIDOS . . . . .</b>	<b>50</b>

4.1 Análise do Posicionamento Obtido . . . . .	50
4.1.1 Análise das coordenadas calculadas no instante t1 . . . . .	52
4.1.2 Análise das coordenadas calculadas no instante t2 . . . . .	55
4.1.3 Análise das coordenadas calculadas no instante t3 . . . . .	57
4.1.4 Análise das coordenadas calculadas no instante t4 . . . . .	59
<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO A COORDENADAS CALCULADAS NO INSTANTES T1, T2, T3 E T4</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO B ALGORITMO DE POSICIONAMENTO INDOOR . . . . .</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

"Onde estou e para onde vou?" talvez sejam as perguntas mais simples que norteiam o conceito de orientação de uma pessoa em um determinado espaço geográfico. ASSUNÇÃO & COELHO (1996 p.91-96) afirmam que: "Orientação espacial é a capacidade que o indivíduo tem de situar-se e orientar-se, em relação aos objetos, às pessoas e o seu próprio corpo em um determinado espaço. É saber localizar o que está à direita ou à esquerda; à frente ou atrás; acima ou abaixo de si, ou ainda, um objeto em relação a outro. É ter noção de longe, perto, alto, baixo, longo, curto". A orientação no espaço é bastante simples se pensarmos que a todo momento estamos fazendo algo relacionado à orientação. Por exemplo, uma pessoa que chega pela primeira vez ao campi de uma Universidade para proferir uma palestra, sem conhecer o local e a sua estrutura. Ela necessita então de informações de orientação para chegar ao local da palestra (sala, auditório).

A tecnologia é uma forte aliada para orientar usuários até seus destinos finais de maneira eficiente. De acordo com um estudo realizado em 2016 pela revista Exame, 57%<sup>1</sup> dos brasileiros possuem smartphones. Estes celulares com tecnologia inteligente possuem, entre as suas diversas funções, receptores GPS (*Global Positioning System*) que possibilitam aos usuários a determinação do posicionamento em ambiente externo. Porém, tais receptores não obtém com mesmo sucesso o posicionamento nos ambientes fechados. Com a disponibilidade de mapas internos dos edifícios tem-se um acréscimo de informação e auxílio na orientação espacial dos usuários.

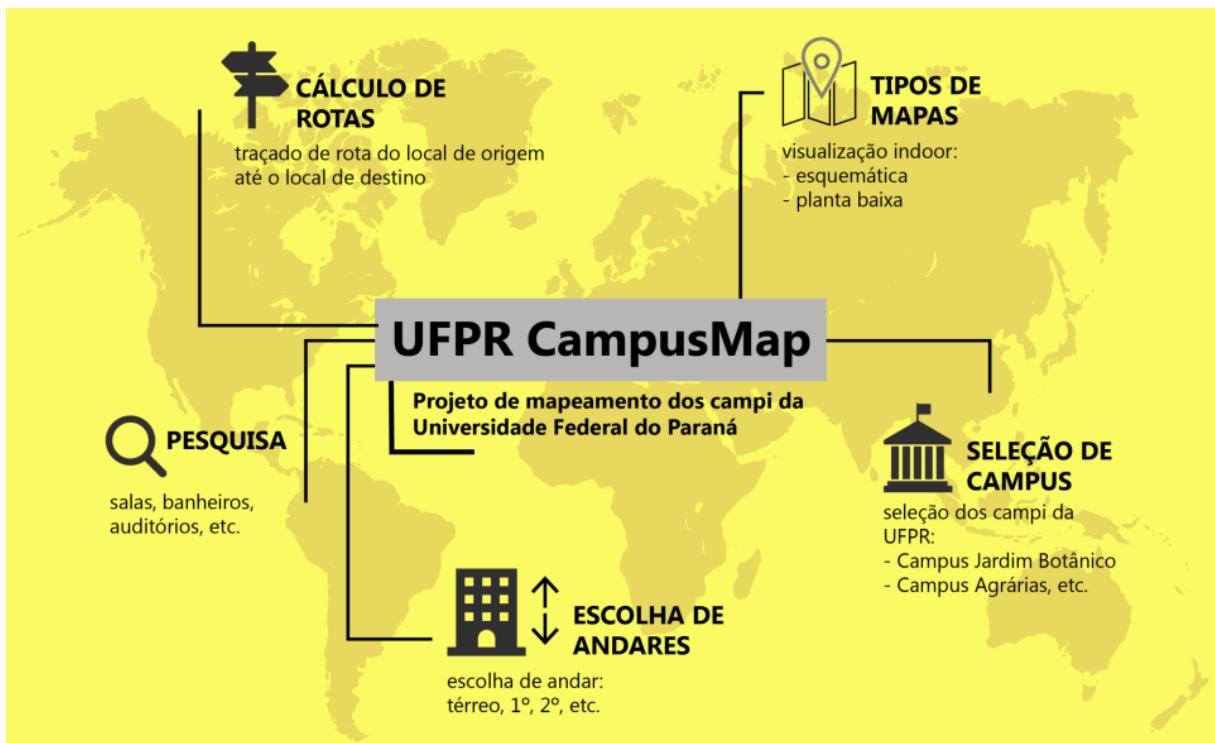
O UFPR CampusMap (UCM) é um projeto de mapeamento dos campi da Universidade Federal do Paraná desenvolvido no Laboratório de Cartografia e SIG da UFPR. O projeto possibilita aos seus usuários funcionalidades de busca; traçado de rotas entre pontos de interesse do usuário; e, duas formas de visualização dos mapas *indoor*: a esquemática e planta baixa. No presente momento, apenas o campi Centro Politécnico possui representação *indoor* dos edifícios, dentre outras feições do ambiente externo, como arruamento, calçadas e estacionamento.(UFPR CampusMap,

---

<sup>1</sup> **57% da população brasileira usa smartphone.** Por Henrique Medeiros, 26 de agosto de 2016. Revista Exame.

2017.)

Figura 1 – Infográfico explicitando as funcionalidades do UFPR CampusMap



FONTE: A autora.

Os mapas *indoor* tem o objetivo de orientar e localizar seus usuários em um determinado edifício, através da representação interna deste espaço. Segundo Sarot (2015, p.39) "A determinação da orientação relativa está relacionada com o nível de conhecimento do usuário com o ambiente, e a forma como o usuário comprehende a representação, ou seja, o usuário determina sua posição com base nos elementos que se encontram no local".

Desta forma, a localização e orientação do usuário estão relacionadas com a compreensão da feição representada no mapa do espaço físico, ou seja, a orientação espacial é determinada instintivamente pelo usuário. Isto pode ser um entrave na orientação do usuário quando este não possui prévio conhecimento do local no qual se encontra. Por exemplo, a primeira vez que uma pessoa visita determinado ambiente. Uma forma de contornar este problema consiste no uso de técnicas de posicionamento *indoor*, que, tendo o recurso de uma base cartográfica, permite a determinação da posição do usuário no ambiente em questão.

Uma solução de baixo custo para atender a necessidade do posicionamento indoor, se dá através da técnica "*Fingerprinting*", que utiliza a infraestrutura de rede wi-fi presente no ambiente para determinar a posição dos usuários, sem a necessidade de investimentos em *hardware*. Para a implementação desta técnica, são necessárias duas etapas: a primeira refere-se à coleta de dados de intensidade do sinal wi-fi e a segunda consiste em determinar o posicionamento do usuário em um local. Na primeira etapa são coletados, através de dispositivos móveis, a Indicação da Força do Sinal ("Received Signal Strength Indication" - RSSI) dos pontos de acesso wi-fi disponíveis, bem como sua identificação (sala, corredor, laboratório) em determinado ambiente. Os dados coletados são então armazenados em um base de dados para posterior consulta. A segunda etapa consiste em determinar a posição do usuário a partir da comparação do sinal recebido com o banco de dados, estimando-a através do algoritmo de reconhecimento de padrões *k-Nearest Neighbors Algorithm* (k-NN).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A principal justificativa deste trabalho é localizar o usuário no ambiente *indoor* do UFPR CampusMap. O UCM proporciona aos seus usuários funcionalidades como, traçado de rotas entre os locais de origem e destino, sejam eles em ambientes externos ou internos. Para realizar esta tarefa é necessário que o usuário saiba qual é sua posição, ou que o dispositivo móvel através de algum método consiga posicioná-lo. Este é um exemplo de como métodos de posicionamento *indoor* podem ser utilizado para solucionar problemas importantes de localização. Motivada a propor uma solução com baixo custo e com resultados satisfatórios, este trabalho visa implementar e avaliar o método *Fingerprinting* de posicionamento *indoor* em uma área de testes.

Figura 2 – Ilustração do problema do posicionamento indoor.



FONTE: A autora.

## 1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Este trabalho tem como objetivo propor o posicionamento indoor através do método "*Fingerprinting*" utilizando a infraestrutura de rede wi-fi da UFPR como auxílio para localização e orientação dos usuários do CampusMap. Os objetivos específicos para a realização deste trabalho seguem os tópicos:

- Coletar dados RSSI ao longo da área de estudo, com a finalidade de elaborar um mapa de intensidade wi-fi;
- Elaborar o algoritmo de posicionamento indoor;
- Testar e analisar a exatidão do posicionamento obtido com o método proposto através da discrepância planimétrica.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 VISÃO GERAL

Lisboa (2011, p.22) divide as técnicas de posicionamento indoor que utilizam o princípio de radiofrequência em três grupos, sendo eles: baseado em medições de distâncias e ângulos, onde o início do funcionamento parte-se das técnicas ToA (*Time of Arrival*), TDoA (*Time Difference of Arrival*), RSSI (*Received Signal Strength Indication*), AoA (*Angle of Arrival*). Estimado as distâncias e ângulos, o cálculo da localização do usuário é feito através de métodos geométricos. O autor aponta como vantagem deste método os bons níveis de exatidão alcançados quando utilizados o método ToA, TDoA e AoA, além da fácil implementação e baixo custo dos métodos RSSI. Como desvantagem, os efeitos *multipath* e a falta de linha de visada podem causar erros nos sistemas baseados em ToA ou TDoA.

O segundo grupo apontado pelo autor, é baseado em proximidade, onde a posição do objeto alvo (usuário que deseja saber sua posição) é associada à posição do sensor que emite o sinal (modem wi-fi) mais próximo do objeto. Como vantagem, o autor ressalta a fácil implementação, porém a desvantagem consiste na baixa resolução, o aumento da resolução consiste na instalação de muitos sensores, o que pode gerar um custo elevado. Por último é apresentado o método a partir da análise de cena, onde é coletada a intensidade do sinal emitido (RSSI) de diversos pontos do ambiente previamente escolhido (fase de treinamento) e em uma segunda etapa, o algoritmo compara novas medições (realizadas na fase de teste) com as que foram feitas previamente na fase de treinamento, e retorna à estimativa final de localização a assinatura mais próxima à assinatura da posição atual. A vantagem apontada pelo autor é que esta técnica geralmente apresenta melhor exatidão, porém a fase de treinamento demanda um grande trabalho manual.

### 2.2 DEFINIÇÃO DE WI-FI

Trata-se de um padrão de rede sem fio que pode operar na faixa de frequência conhecida como Industrial, Scientific and Medical – ISM (Industrial, Científico e Médico)

de 2,4 GHz ou 5 GHz (Coleman, et al., 2009). O termo Wi-Fi significa “wireless fidelity” que é uma certificação fornecida pela entidade Wi-Fi Alliance cujo objetivo é garantir a compatibilidade entre dispositivos que usam a tecnologia IEEE 802.11 (Wi-Fi Alliance, 2011).

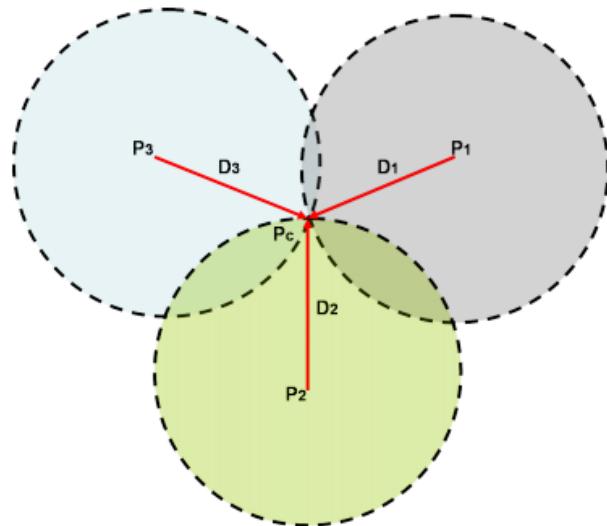
Este padrão, também conhecido como Wireless Local Area Network – WLAN (Rede Local sem Fio) (Coleman, et al., 2009), tornou-se muito popular em anos recentes em locais públicos que oferecem acesso à Internet, chamados de hotspots e também nas empresas de maneira geral. Dependendo das revisões do padrão 802.11 (a,b,g e n) sua largura de banda pode alcançar 11, 54, 108, 150 Mbps. Testes realizados demonstraram que o padrão IEEE 802.11n pode chegar até 600 Mbps (AirMagnet, 2008) e ter um alcance de até 100 m.

## 2.3 TÉCNICAS DE POSICIONAMENTO ATRAVÉS DE REDES WI-FI

### 2.3.1 Tempo de Chegada (*Time of Arrival - ToA*)

Nesta técnica, calcula-se o tempo que o sinal de radiofrequência percorre a distância entre o emissor e o receptor (RODRIGUES, M. L. 2011, p.14). A velocidade de propagação do sinal é conhecida e constante (velocidade da luz). Estas condições permitem que a distância possa ser calculada pelo receptor. Uma das dificuldades de implementação deste método, consiste na sincronização dos relógios do emissor e receptor, que em grande maioria dos casos não é uma tarefa trivial, semelhante ao erro nos relógios dos satélites, que trazem variações na medição da posição. A figura abaixo exemplifica o funcionamento desta técnica.

Figura 3 – Determinação do posicionamento baseado na técnica ToA.



FONTE: Lisboa (2011).

Sendo:

- $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  os pontos de acesso que transmitem o sinal wi-fi; e
- $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$  as distâncias entre os pontos de acesso (emissor) e o usuário (receptor).

No exemplo demonstrado na figura acima, após determinadas as distâncias  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$  entre os emissores e o receptor, a posição deste pode ser determinada através de métodos geométrico.

### 2.3.2 Ângulo de Chegada (*Angle of Arrival - AoA*)

A técnica Ângulo de Chegada é baseada no ângulo que o sinal chega às antenas emissoradas do sinal Wi-Fi. Isto exige que os pontos de acesso possuam antenas direcionais. Ao receber um sinal de uma estação móvel o ponto de acesso determina qual antena recebe o sinal com maior amplitude, dessa forma indica a direção de onde o sinal foi gerado. Este procedimento é feito com outro ponto de acesso e nesse caso têm-se duas linhas onde é possível identificar a localização da estação através da intersecção das linhas. (BELLECIERI Ysla, JABOUR Philippe, JABOUR Eugenia, 2015).

### 2.3.3 Indicação da Força do Sinal Recebido (RSSI)

A técnica de localização através da Indicação da Força do Sinal (RSSI) se baseia na medição da força do sinal recebido de um ponto de acesso em uma determinada localidade. O sinal RSSI é medido em dbm (*decibel miliwatt*) em uma escala negativa, na qual quanto menor o valor de dbm em módulo, mais próximo se está do ponto de acesso e consequentemente melhor é a intensidade do sinal para este ponto. Logo, há pelo menos dois métodos que possibilitam a localização do usuário, um deles consiste na medição da distância entre o usuário e o ponto de acesso, e outra baseada na assinatura/mapa da intensidade do sinal (FRANCOTI 2013, p. 44).

## 2.4 MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO ATRAVÉS DA REDE WI-FI

### 2.4.1 Trilateração

Utilizando de uma técnica que possibilite a determinação das distâncias (ToA, AoA ou RSSI) entre os transmissores de sinal wi-fi (ponto de acesso) e o receptor deste sinal (smartphone) do usuário, a trilateração determina a posição do usuário conhecendo a distância de pelo menos três pontos de acesso wi-fi. A partir da interseção de três círculos cujo raio é determinado pela distância entre o AP e o dispositivo do usuário. Com esta interseção é possível determinar a região em que o usuário se localiza. (BELLECIERI Ysla, JABOUR Filipe, JABOUR Eugenia, 2015).

### 2.4.2 Triangulação

Este é um método geométrico que possibilita determinar a posição do usuário através dos ângulos formados entre o receptor do usuário e o ponto de acesso com posição conhecida. Este método é utilizado em técnicas de localização AoA.

Como vantagem este método apresenta a isenção de sincronização entre relógios de emissores e receptores, porém a desvantagem está na aquisição de hardwares (antenas direcionais) que podem elevar o custo da implementação do método (ROHRIG & MULLER, 2009).

### 2.4.3 Fingerprinting

O método "*Fingerprinting*" ou "impressão digital" determina a posição do usuário através do valor de RSSI do ambiente onde ele se encontra. Portanto, é necessário realizar a medição da intensidade do RSSI de vários pontos do ambiente, formando então um "Mapa RSSI". Com esta informação armazenada em um banco de dados, é possível localizar o usuário coletando o sinal que este está recebendo para aquela posição e comparando com os valores armazenados no banco de dados. O ponto que obtiver os valores mais próximos daqueles recebidos pelo receptor do usuário indica sua posição. (BELLECIERI Ysla, JABOUR Philippe, JABOUR Eugenia, 2015).

Um exemplo de dados utilizados para gerar um Mapa RSSI é demonstrado na tabela abaixo onde cada linha da tabela representa uma posição ( $X_n$ ,  $Y_n$ ) associada a um valor  $RSSI_n$  recebido nesta posição.

Tabela 1 – Exemplo de Dados para elaboração do Mapa RSSI

Ponto	$RSSI_1(dBm)$	$RSSI_2(dBm)$	...	$RSSI_n(dBm)$
$(x_1, y_1)$	-30	-40	...	-55
$(x_2, y_2)$	-46	-67	...	-80
...	...	...	...	...
$(x_n, y_n)$	-58	-79	...	-87

FONTE: Adaptado de LISBOA (2011).

O método *Fingerprinting* pode se compreendido em duas fases, *offline* e *online* (FRANCOTI 2013, LISBOA 2011). Na fase *offline* são coletadas as coordenadas e seus respectivos valores RSSI emitidos pelos modens wi-fi. "Na segunda fase, *online*, uma técnica de localização usa o RSSI observado neste momento e o RSSI coletado na fase anterior para estimar a localização" (FRANCOTI 2013, p. 44).

## 2.5 OBSTÁCULOS NA DETERMINAÇÃO DO POSICIONAMENTO INDOOR

Ao atravessar um objeto, o sinal de rádio é obstruído no seu destino de comunicação. Esta obstrução causa a redução do nível de potência do sinal. Esta perda está ligada diretamente com a constituição do material composto pelo objeto. A tabela abaixo demonstra os valores de perda de sinal para a frequência de 2.4GHz mensurados pelo *European Cost 231* para os obstáculos mais comuns em ambientes indoor e outdoor.

O enfraquecimento da potência do sinal se deve em grande parte às propriedades dos meios atravessados pela onda. Abaixo segue o quadro com os níveis de atenuação de acordo com os diferentes materiais:

Tabela 2 – Atenuação do sinal conforme o tipo de material.

<b>Materiais</b>	<b>Enfraquecimento</b>	<b>Exemplos</b>
Ar	Nenhum	Espaço aberto, pátio interior
Madeira	Fraco	Porta, chão, parede
Plástico Fraco	Fraco	Parede
Vidro	Fraco	Vidraças não coloridas
Vidro temperado	Médio	Vidraças coloridas
Água	Médio	Aquário, fonte
Seres vivos	Médio	Multidão, animais, humanos, vegetação
Tijolos	Médio	Muros
Gesso	Médio	Paredes
Cerâmica	Elevado	Azulejo
Papel	Elevado	Rolos de papel
Concreto	Elevado	Paredes mestras, pavimentos, colunas
Vidro à prova de balas	Elevado	Vidros à prova de balas
Metal	Muito Elevado	Concreto armado, espelhos, elevador

FONTE: European Cost 231 (2011).

### 2.5.1 Reflexão

Os diferentes tipos de superfícies podem causar a reflexão do sinal em várias direções, fazendo com que o sinal não chegue ao destino esperado. Prédios, paredes, materiais como o vidro, madeira, aço e dentre outros obstáculos causam a reflexão do sinal. Dependendo da superfície do obstáculo, o sinal refletido pode permanecer intacto ou sofrer perda devido a absorção de parte do sinal (GASPAR 2004, p. 56).

### 2.5.2 Refração

A refração é o desvio sofrido por uma onda de rádio ao passar por meios de diferentes densidades. A trajetória da onda é alterada e seu nível de potência é reduzido pois parte desta foi refletida. Cada material tem seu coeficiente de refração e reflexão (GASPAR 2004, p. 57).

### 2.5.3 Difração

Quando o sinal de rádio colide com uma superfície e se divide, duas ou mais partes ocorre à difração. Cada ponto de uma onda é a fonte de energia para a criação de uma onda subsequente. Desta forma quando um sinal de onda encontra um obstáculo, ela contorna o obstáculo alterando a direção de sua propagação original. A energia que possibilita que o sinal se propague para a área além do obstáculo é proveniente dos sinais que não o atingiram. Na figura abaixo é possível notar que o ângulo de propagação do sinal é alterado devido ao obstáculo (GASPAR 2004, p. 60).

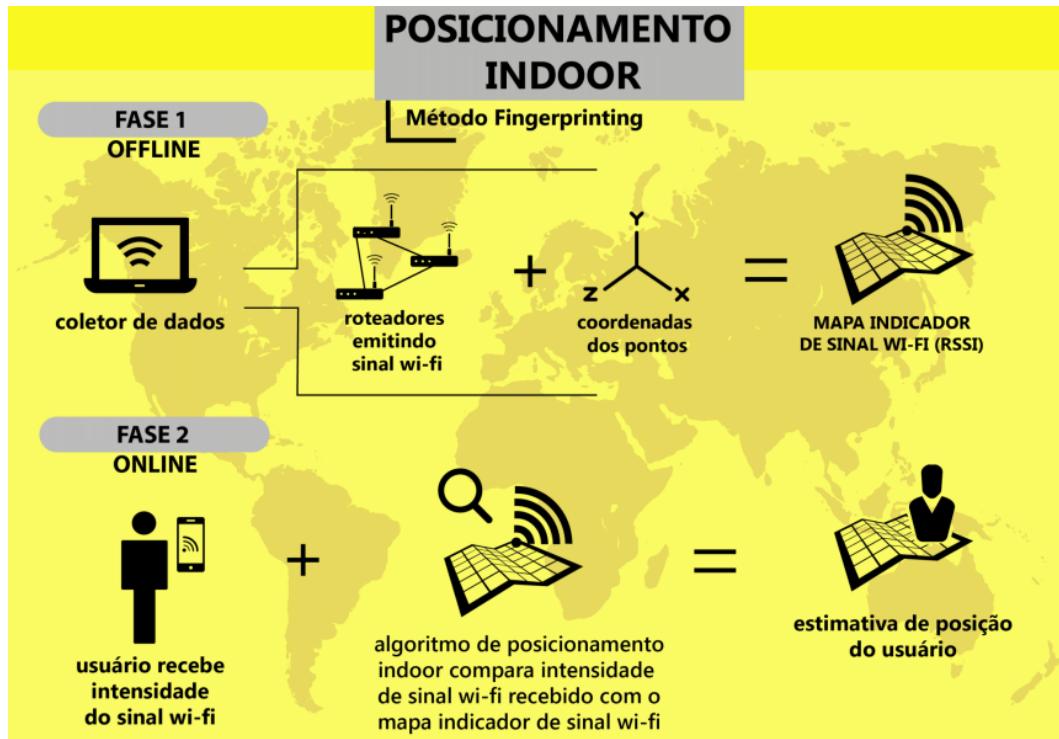
### 3 METODOLOGIA

A visão geral do método utilizado neste trabalho consiste em duas etapas, em que na primeira é realizado um Mapa RSSI, onde a intensidade do sinal recebido para um determinado ponto é atrelado a um par de coordenadas planas E, N (Este, Norte). Os roteadores utilizados neste trabalho são parte da infraestrutura de rede wi-fi do campi. A intensidade do sinal foi mensurada através do software livre *WifiInfoView*.

A segunda etapa consiste em posicionar o usuário utilizando o Mapa RSSI. Esta localização é feita através de um algoritmo implementado na linguagem *MatLab*. A partir de um vetor de dados de entrada com os respectivos sinais RSSI de diferentes roteadores, o algoritmo realiza a consulta destes valores nos mapas, retornando todas as coordenadas planas que possuem valores RSSI iguais ou próximos aos valores de entrada. A posição final é determinada pela média das coordenadas obtidas. Todas as etapas estão contidas no fluxograma da Figura 5 e serão descritas detalhadamente nas próximas seções.

Por fim, na terceira etapa foram realizados testes para obter a acurácia do método.

Figura 4 – Ilustração do problema do posicionamento indoor.



FONTE: A autora.

### 3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para realizar este trabalho, bem como o link de acesso aos softwares foram:

1. *Notebook Acer Aspire E1-471. Sistema Operacional 64 bits. Versão Windows 7;*
2. Trena métrica de 30 metros;
3. *Software WifiInfoView;*<sup>1</sup>
4. *Software QGis Desktop versão 2.18;*<sup>2</sup>
5. Base Cartográfica UFPR CampusMap;
6. *Software Bioestat;*<sup>3</sup>
7. *Microsoft Office Excel 2007.*

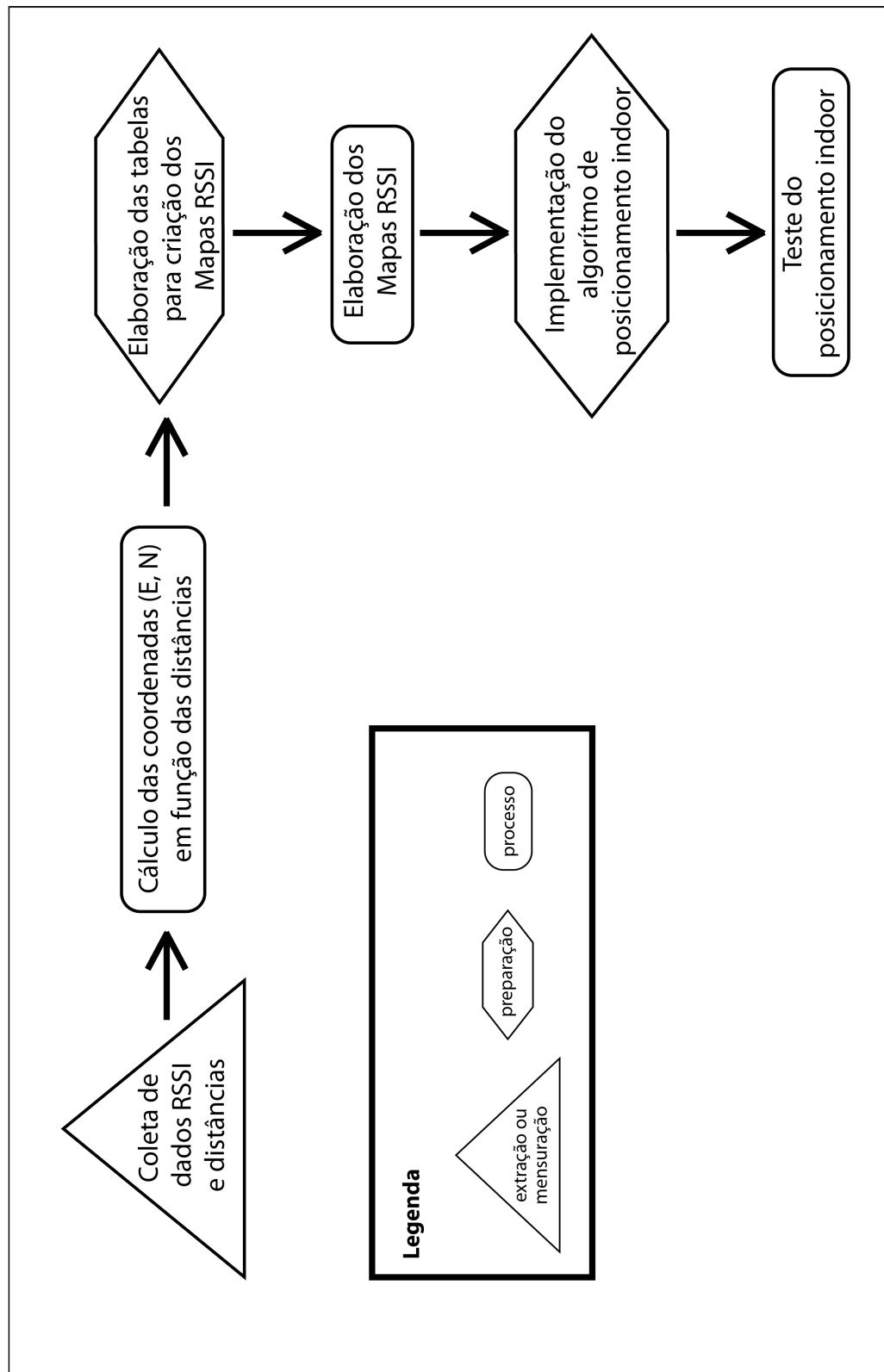
<sup>1</sup> disponível em:<[http://www.nirsoft.net/utils/wifi\\_information\\_view.html](http://www.nirsoft.net/utils/wifi_information_view.html)>

<sup>2</sup> disponível em: <[https://qgis.org/pt\\_BR/site/](https://qgis.org/pt_BR/site/)>;

<sup>3</sup> disponível em:<<https://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/bioestat-versao-53/>>.

8. Software Matlab versão 2014.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia

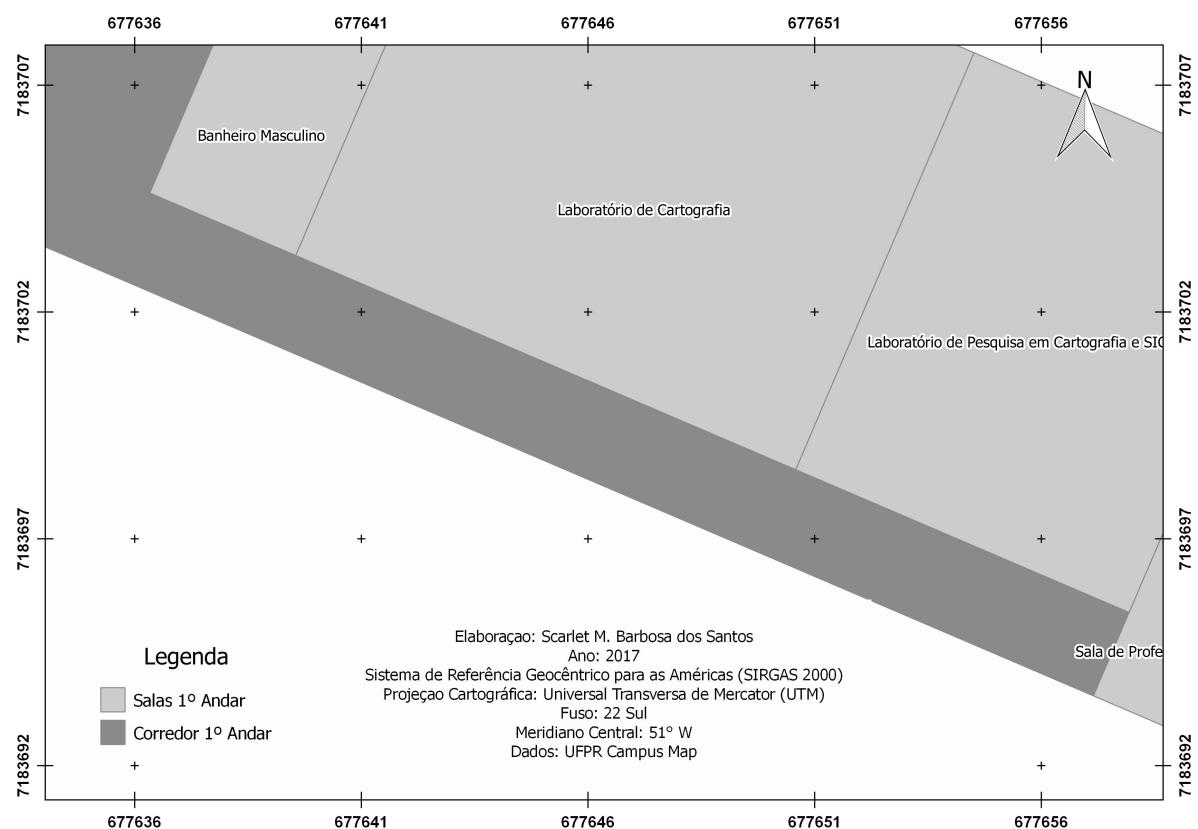


FONTE: A autora (2017).

### 3.2 CENÁRIO DE TESTES NO AMBIENTE UFPR CAMPUS MAP

O cenário de testes escolhido para o método proposto neste trabalho, concentrou-se no primeiro andar do Bloco Didático VI do Campi Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, e abrangeu o corredor de acesso aos laboratórios de Cartografia e SIG. O ambiente de teste possui boa abrangência do sinal wi-fi permitindo que fossem desenvolvidos os estudos e implementação do método.

Figura 6 – Cenário de testes 1º andar do Bloco VI



FONTE: A autora (2017).

### 3.3 LEVANTAMENTO DAS DISTÂNCIAS DOS PONTOS DE AMOSTRA

Para demarcar fisicamente as amostras do sinal wi-fi no campo de testes, foi definido uma origem para a contagem das distâncias a partir de uma trena estendida ao longo da área, para que assim pudessem ser extraídas as coordenadas (E, N) de cada ponto na base cartográfica, em função da sua distância em relação à origem.

Para realizar o levantamento das distâncias dos pontos de amostra ao longo do corredor, foi considerada como origem de contagem da trena a porta de acesso à sala de professores, pois esta é uma feição bem definida na base cartográfica, o que facilita o processo de obtenção das coordenadas planas, posteriormente. A coleta das amostras foi feita no centro e nas laterais direita e esquerda do corredor. Os pontos coletados nas laterais foram medidos considerando 15 cm da parede.

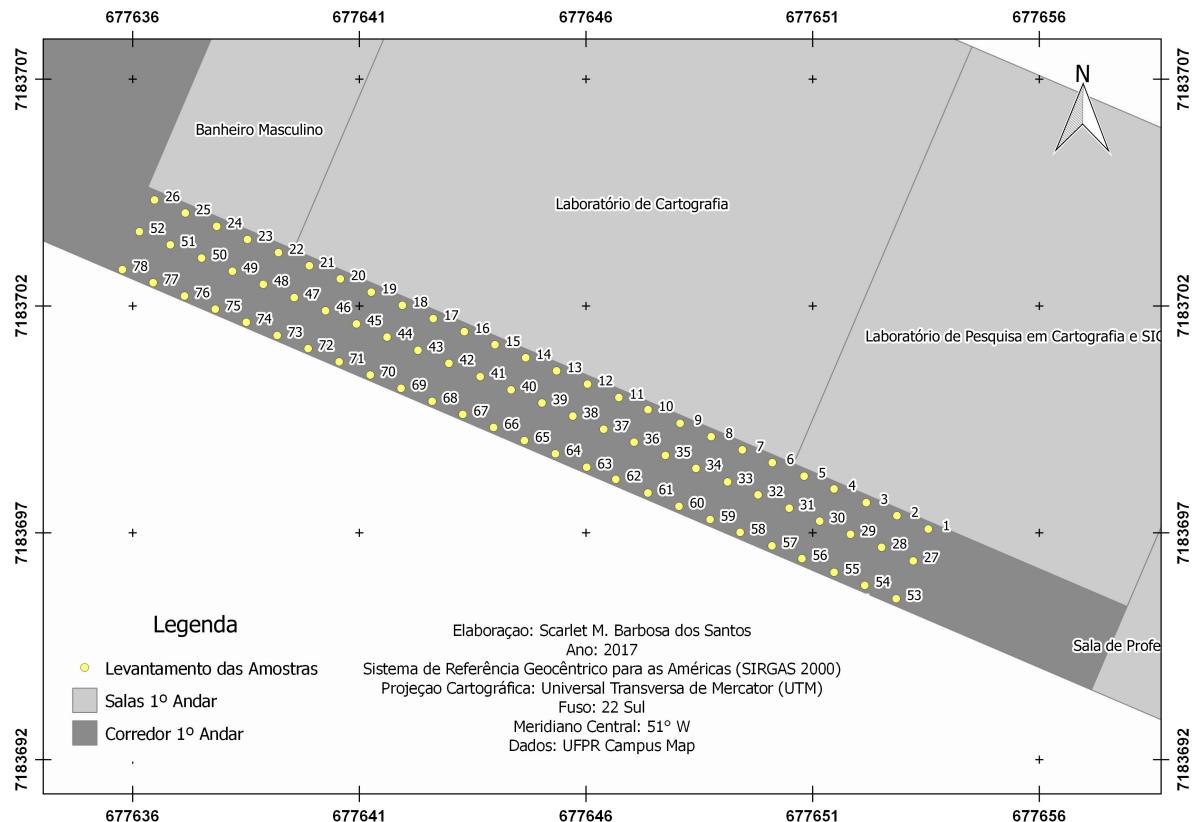
### 3.3.1 Coleta das coordenadas E, N dos pontos de amostras

Nesta etapa foram extraídas as coordenadas planas (E, N) através da distância que cada ponto possuía em relação à origem estabelecida no momento da coleta a partir de um processo de locação de dados. Desta forma as coordenadas foram determinadas através dos seguintes procedimentos no *software QGis*:

1. Criação de uma camada vetorial no formato *shapefile* de primitiva gráfica pontual, para materializar os pontos de coleta das amostras;
2. Com a ferramenta de medição de distâncias, foram inseridos manualmente os pontos da camada criada no procedimento 1, conforme sua distância em relação a origem;
3. Por último foram criados duas novas colunas denominadas de 'E' e 'N' na tabela de atributos da camada criada no procedimento um, e à partir da ferramenta 'Calculadora de Campo', foram extraídas as respectivas coordenadas planas dos pontos.

Após a execução das etapas descritas acima, o resultado final foi a camada de pontos com coordenadas planas no sistema SIRGAS 2000 na projeção UTM. Abaixo é apresentada a imagem do resultado final:

Figura 7 – Mapa do levantamento realizado no corredor de acesso



FONTE: A autora (2017).

### 3.4 COLETA DOS DADOS RSSI

Esta primeira etapa do trabalho, consistiu na coleta de intensidade dos sinais wi-fi ao longo da área de estudo. Foram coletados um total de 78 pontos de amostra ao longo do corredor através do software de monitoração de redes *WifiInfoView*. Este software permite extrair diversas informações de conexões próximas no momento do monitoramento. Para realizar este trabalho foi considerada importante a coleta das seguintes informações:

- **SSID:** é a sigla para “Service Set IDentifier”, é uma *string* (texto) de até 32 caracteres que identifica cada rede sem fio.
- **MAC Address:** o endereço MAC sigla para “Media Access Control” é um endereço físico associado à interface de comunicação, que conecta um dispositivo

à rede. O MAC é um endereço único, não havendo duas portas com a mesma numeração, é usado para controle de acesso em redes de computadores.

- **RSSI:** o RSSI sigla para "*Received Signal Strength Indication*" indica o nível de potência recebido após qualquer perda possível a nível de antena e cabo.

Abaixo é demonstrado um fragmento do arquivo gerado no momento da coleta das amostras:

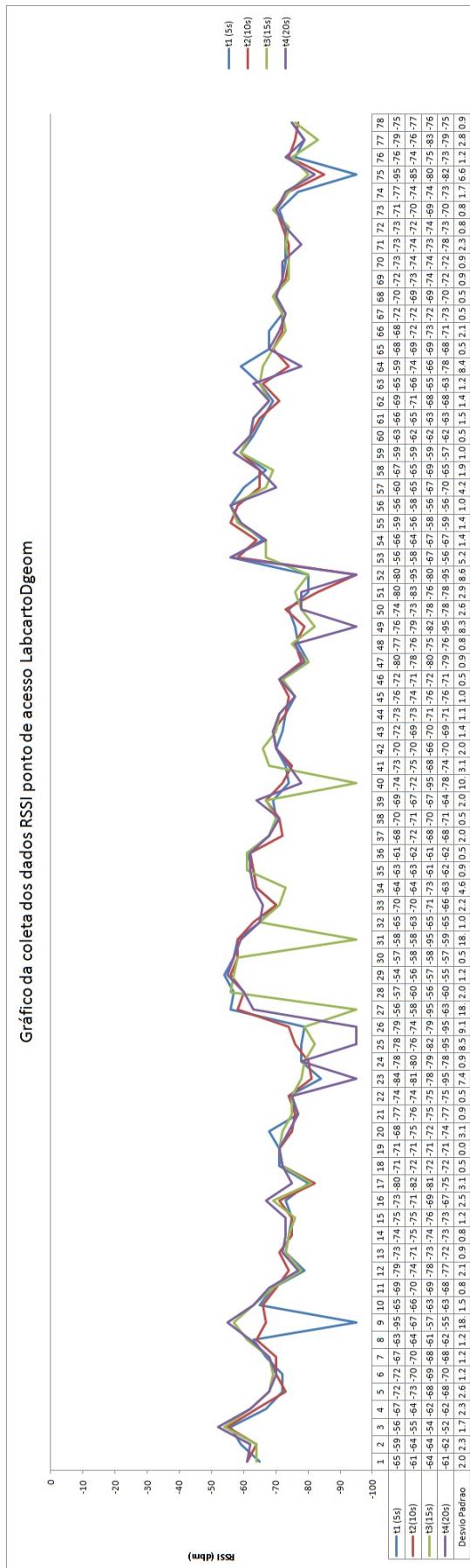
Figura 8 – Relatório gerado pelo software WifilnfoView

	SSID	MAC Address	RSSI	Signal Quality
1	eduroam	50-06-04-2B-E9-91	-51	98
2	UFPR_SEM_FIO	50-06-04-2B-E9-90	-55	90
3	UFPR_SEM_FIO	50-06-04-2B-E8-E0	-75	50
4	UFPR_SEM_FIO	50-06-04-2B-E7-40	-75	50
5	UFPR_SEM_FIO	50-06-04-2B-DE-90	-75	50
6	XT1040 3508	F4-F1-E1-B9-9D-38	-76	48
7	LabCartoDgeom	5A-10-8C-2F-D8-C6	-76	48
8	eduroam	50-06-04-2B-E7-41	-77	46
9	eduroam	50-06-04-2B-E8-E1	-78	44
10				

FONTE: A autora (2017).

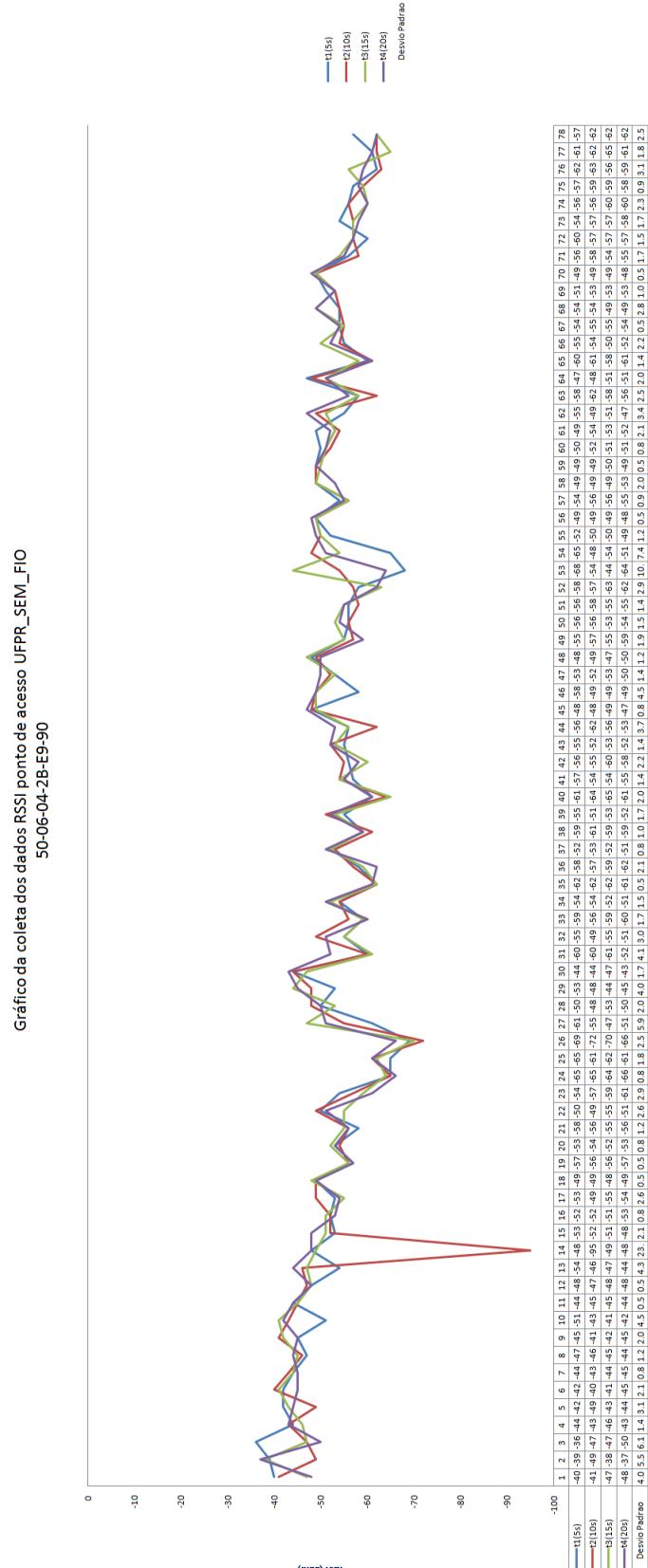
Foram coletadas quatro amostras de valores RSSI no intervalo de 5 segundos em cada ponto, para analisar a variação da oscilação do sinal. A seguir são apresentados os gráficos contendo as amostras das três redes (UFPR\_SEM\_FIO 50-06-04-2B-E9-90, LabCartoDgeom - 5A-10-8C-2F-D8-C6 e UFPR\_SEM\_FIO 50-06-04-2B-E7-40), levantadas ao centro, direita e esquerda ao longo do corredor do 1º andar do bloco VI. Nas figuras 9, 10 e 11 são demonstrados as amostras coletados das três redes wi-fi.

Figura 9 – Coleta dos dados RSSI do ponto de acesso "LabcartoDgeom"



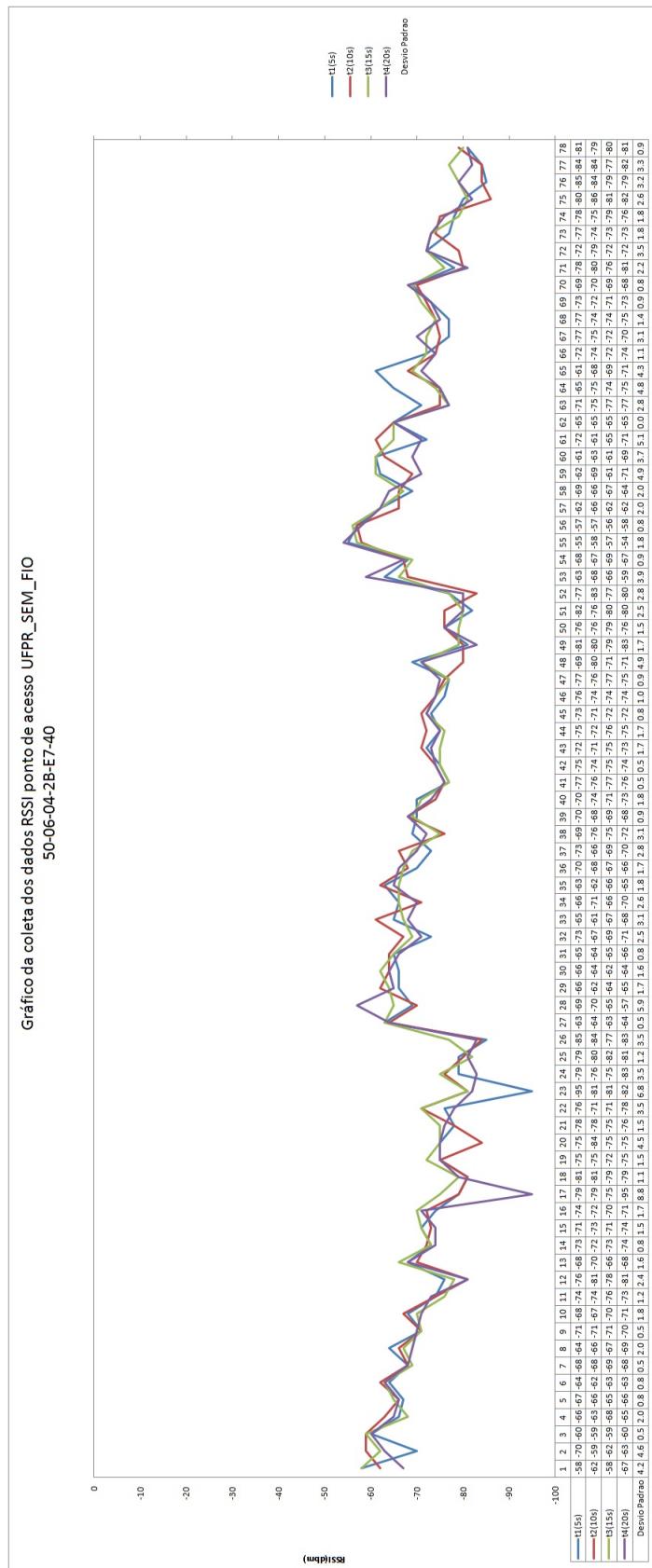
FONTE: A autora (2017).

Figura 10 – Coleta dos dados RSSI do ponto de acesso "UFPR\_SEM\_FIO 50-06-04-2B-E9-90"



FONTE: A autora (2017).

Figura 11 – Coleta dos dados RSSI do ponto de acesso "UFPR\_SEM\_FIO 50-06-04-2B-E7-40"



FONTE: A autora (2017).

### 3.5 ELABORAÇÃO DOS MAPAS RSSI

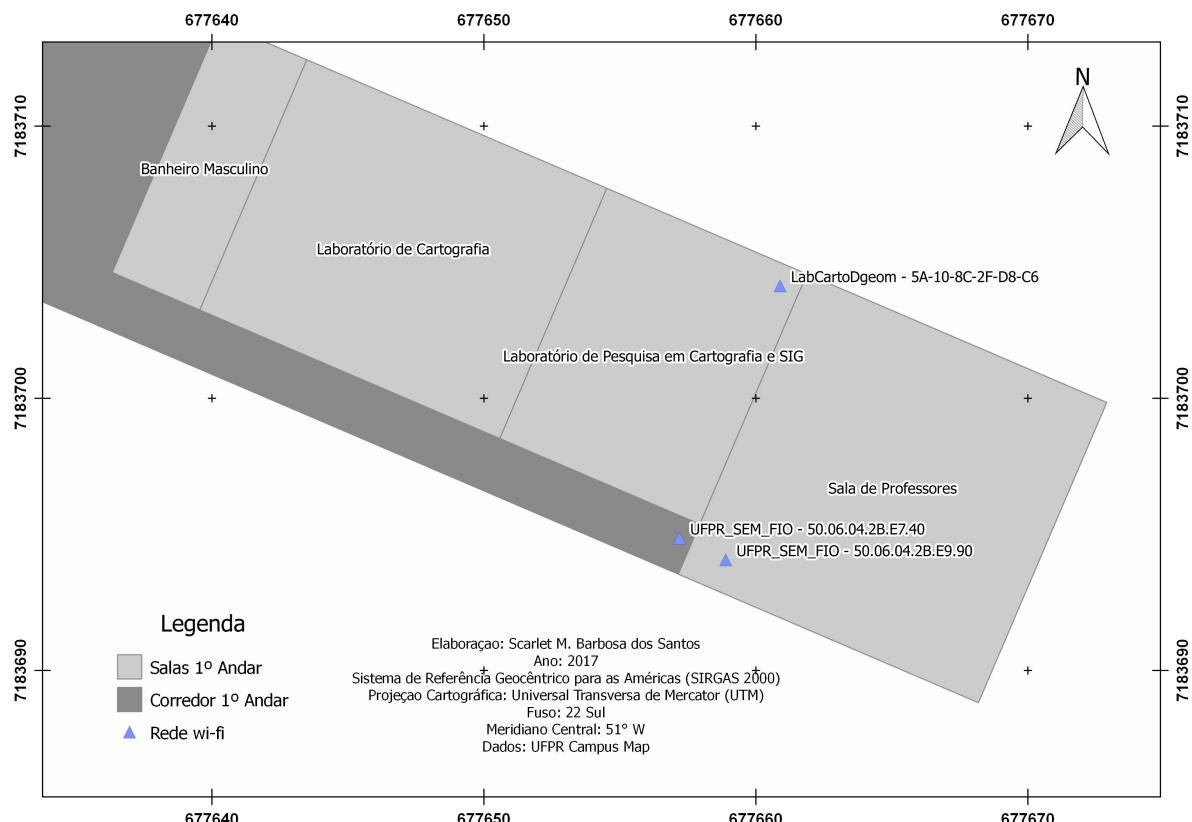
Os mapas RSSI tem por objetivo representar o comportamento do sinal wi-fi através do valor RSSI. Estes mapas servem como base de dados para o algoritmo de posicionamento indoor. A escolha dos três roteadores wi-fi para elaboração dos mapas foi feita a partir da análise do relatório gerado na coleta de dados pelo software *WifiInfo View*, no qual o critério de escolha foi que tais redes estivessem visíveis no momento da coleta. As redes escolhidas foram:

Tabela 3 – Redes wi-fi escolhidas para elaboração do mapa RSSI

<b>SSID</b>	<b>MAC Address</b>
UFPR_SEM_FIO	50-06-04-2B-E9-90
UFPR_SEM_FIO	50-06-04-2B-E7-40
LabCartoDgeom	5A-10-8C-2F-D8-C6

FONTE: A autora (2017).

Figura 12 – Mapa representando a posição das redes wi-fi



FONTE: A autora (2017).

Para elaborar os mapas RSSI de cada uma das redes, foram feitos os seguintes procedimentos no software QGis:

1. Elaboração de tabelas com o conjunto de pontos (E, N) e o respectivo valor de RSSI médio obtido do levantamento dos dados. O RSSI médio foi obtido através da média aritmética das 4 coletas em cada ponto, conforme a fórmula abaixo:

$$RSSI_{\bar{x}} = \frac{RSSI_{t_1} + RSSI_{t_2} + RSSI_{t_3} + RSSI_{t_4}}{4} \quad (3.1)$$

$$\text{Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3.2)$$

Onde  $t_1, t_2, t_3$  e  $t_4$  são os intervalos de tempo para coletar cada medida RSSI. O desvio padrão também foi calculado através da fórmula 3.2, onde  $i = 1, 2, 3...n$ , o símbolo  $x_i$  indica o valor na posição  $i$  no conjunto de dados,  $\bar{x}$  a média aritmética, e  $n$  a quantidade de dados. A elaboração de tal arquivo é necessário para gerar a interpolação dos dados, com a seguinte formatação:

Tabela 4 – Fragmento do arquivo de entrada do software

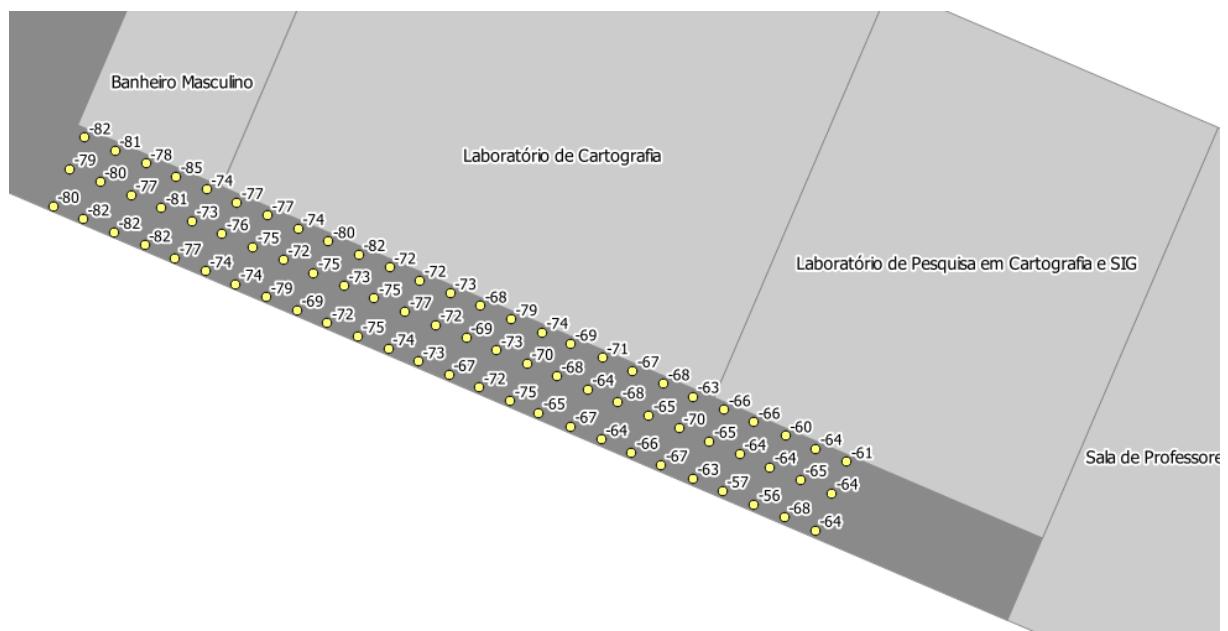
<b>UFPR_SEM_FIO - 50-06-04-2B-E9-90</b>			
<b>PONTO</b>	<b>X(m)</b>	<b>Y(m)</b>	<b>RSSI</b>
1	677658,769	7183693,867	-30
2	677658,101	7183694,155	-23
3	677657,412	7183694,439	-22
4	677655,337	7183695,327	-47
5	677654,639	7183695,627	-45

FONTE: A autora (2017).

2. Após a elaboração das três tabelas para gerar a interpolação - com a ferramenta “Interpolador” do software QGIS -, foram processados os três Mapas RSSI. O método de interpolação escolhido foi o Inverso Ponderado da Distância (IDW). A ideia por trás do interpolador IDW é que pontos próximos tem valores similares enquanto que pontos distantes são independentes. Assim, pontos amostrados mais próximos do ponto a ser interpolado tem uma maior influência do que pontos amostrados distantes (EL-SHEIMY et al., 2005).

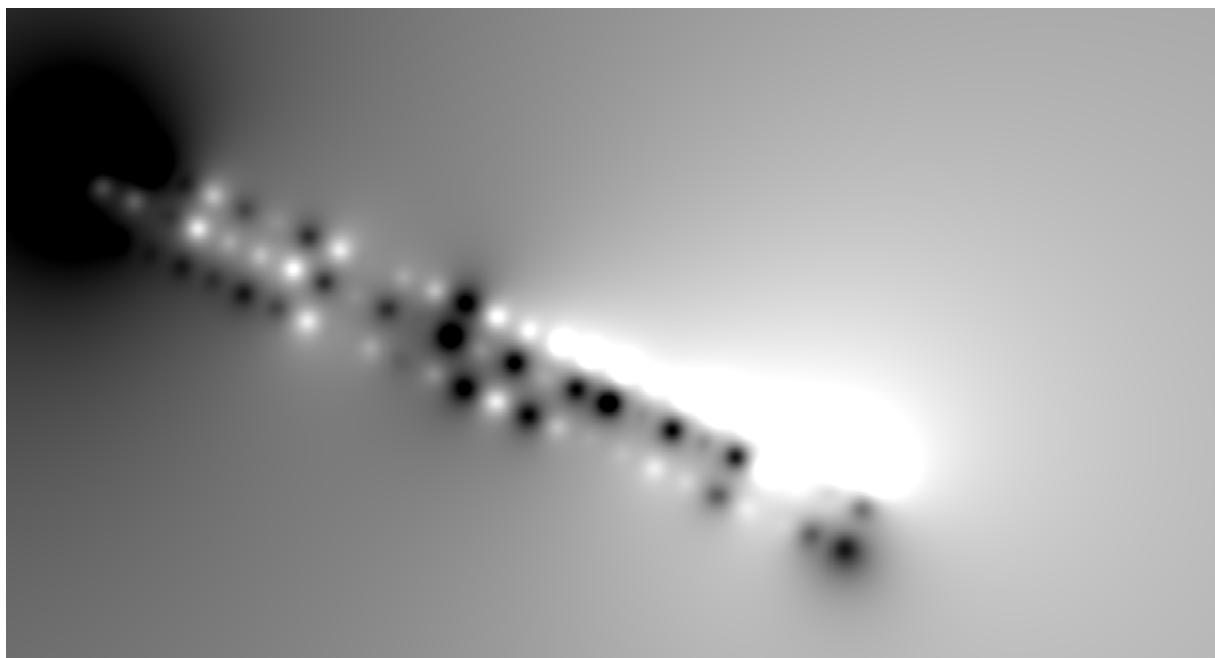
De acordo com Najnudel 2004 "A intensidade do sinal possui dependência com a distância, o que significa dizer que, conforme o sinal se propaga pelo meio, o nível de potência tende a reduzir com o quadrado da distância entre a fonte e o ponto de medição devido somente ao espalhamento do sinal no espaço, sem outros efeitos". A resolução das células de 1000 linhas x 1000 colunas.

Figura 13 – Conjunto de pontos para interpolação para gerar o Mapa RSSI do ponto de acesso wi-fi "UFPR\_SEM\_FIO - 50-06-04-2B-E7-40"



FONTE: A autora (2017).

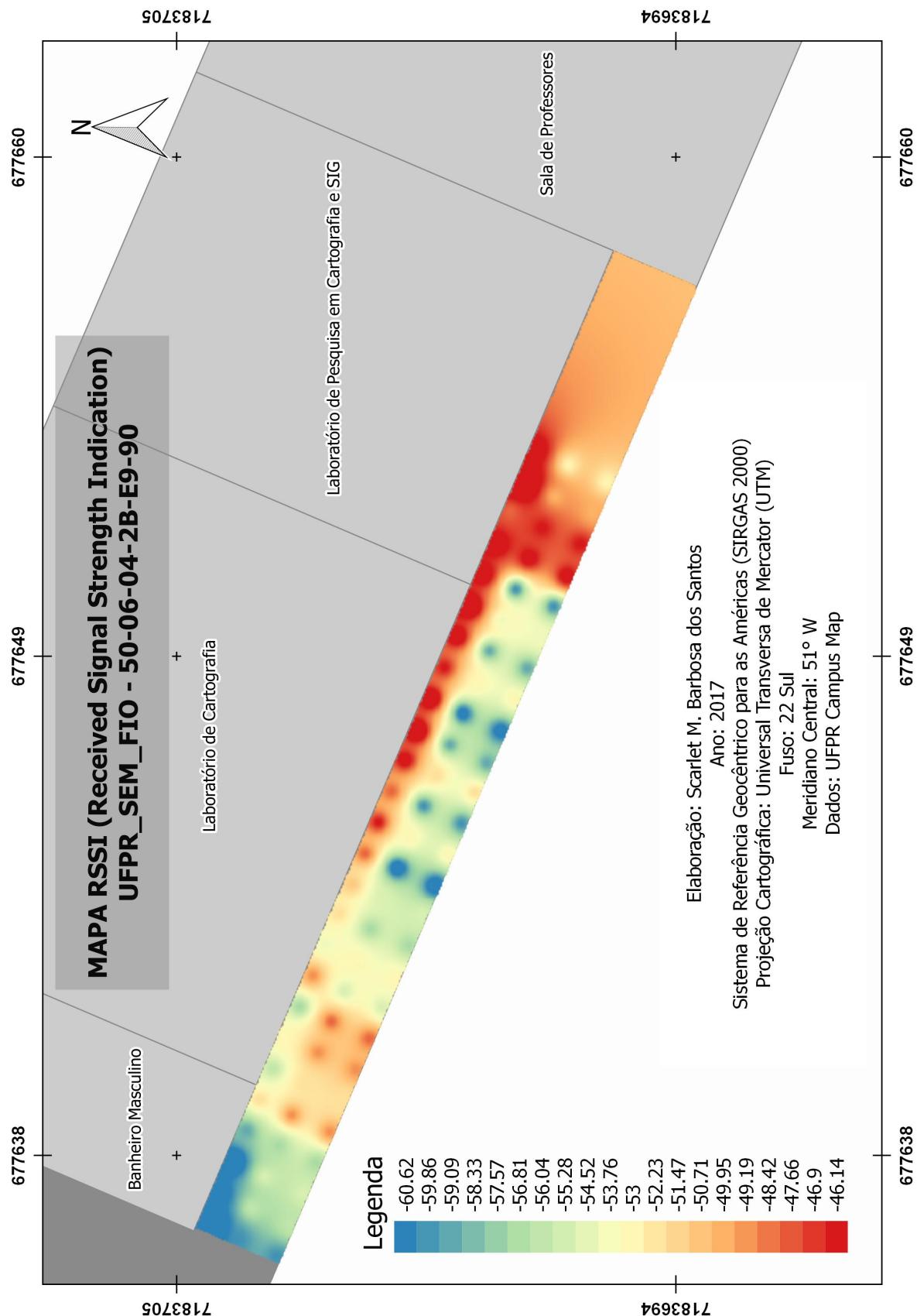
Figura 14 – Resultado da interpolação do ponto de acesso wi-fi "UFPR\_SEM\_FIO - 50-06-04-2B-E7-40"



FONTE: A autora (2017).

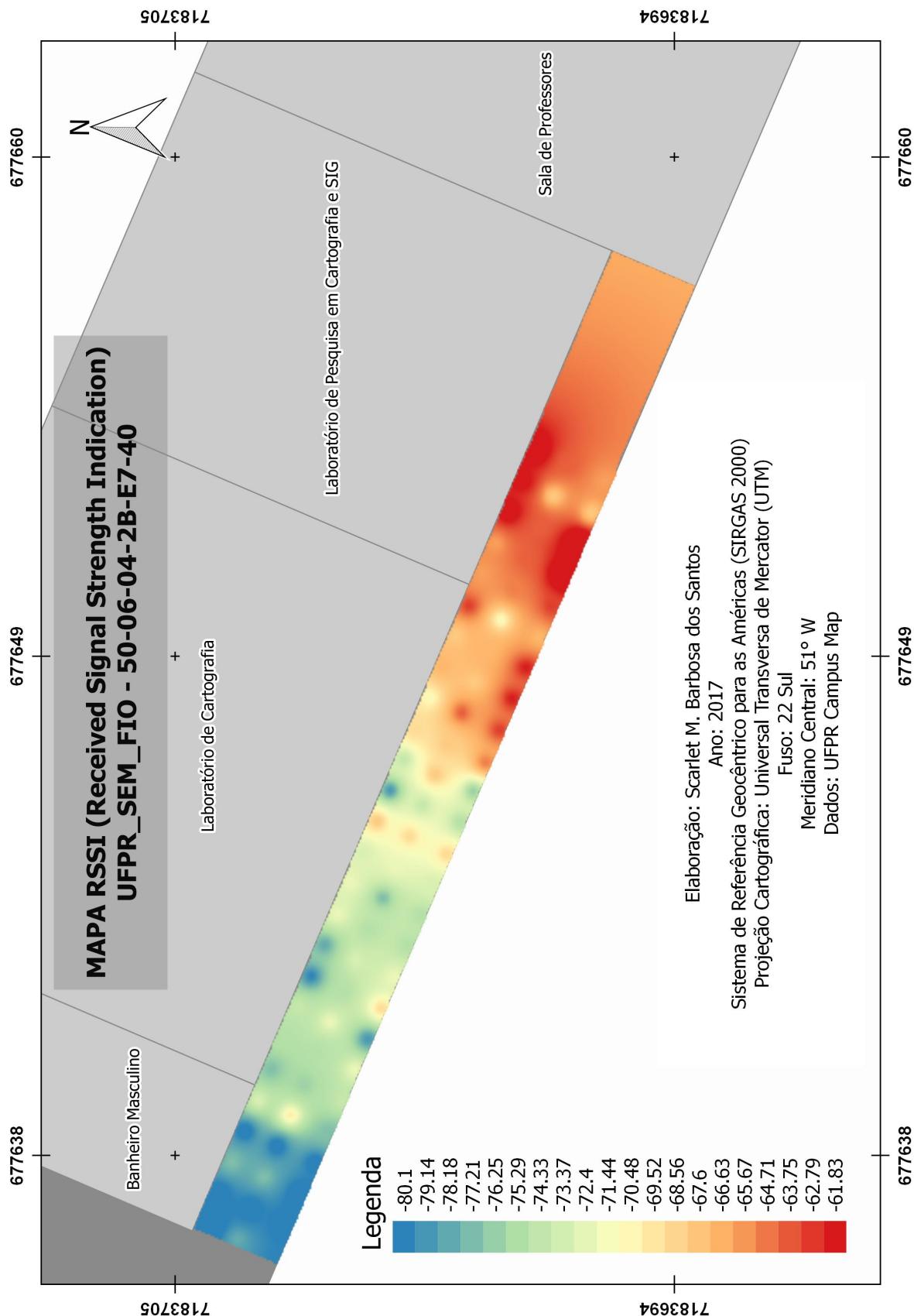
3. A fim de se ter um mapa apenas da região onde foram coletadas as amostras, foi feito o recorte dos mapas com a camada “corredor”. O resultado obtido do recorte foi:

Figura 15 – Mapa RSSI UFPR\_SEM\_FIO - 50-06-04-2B-E9-90



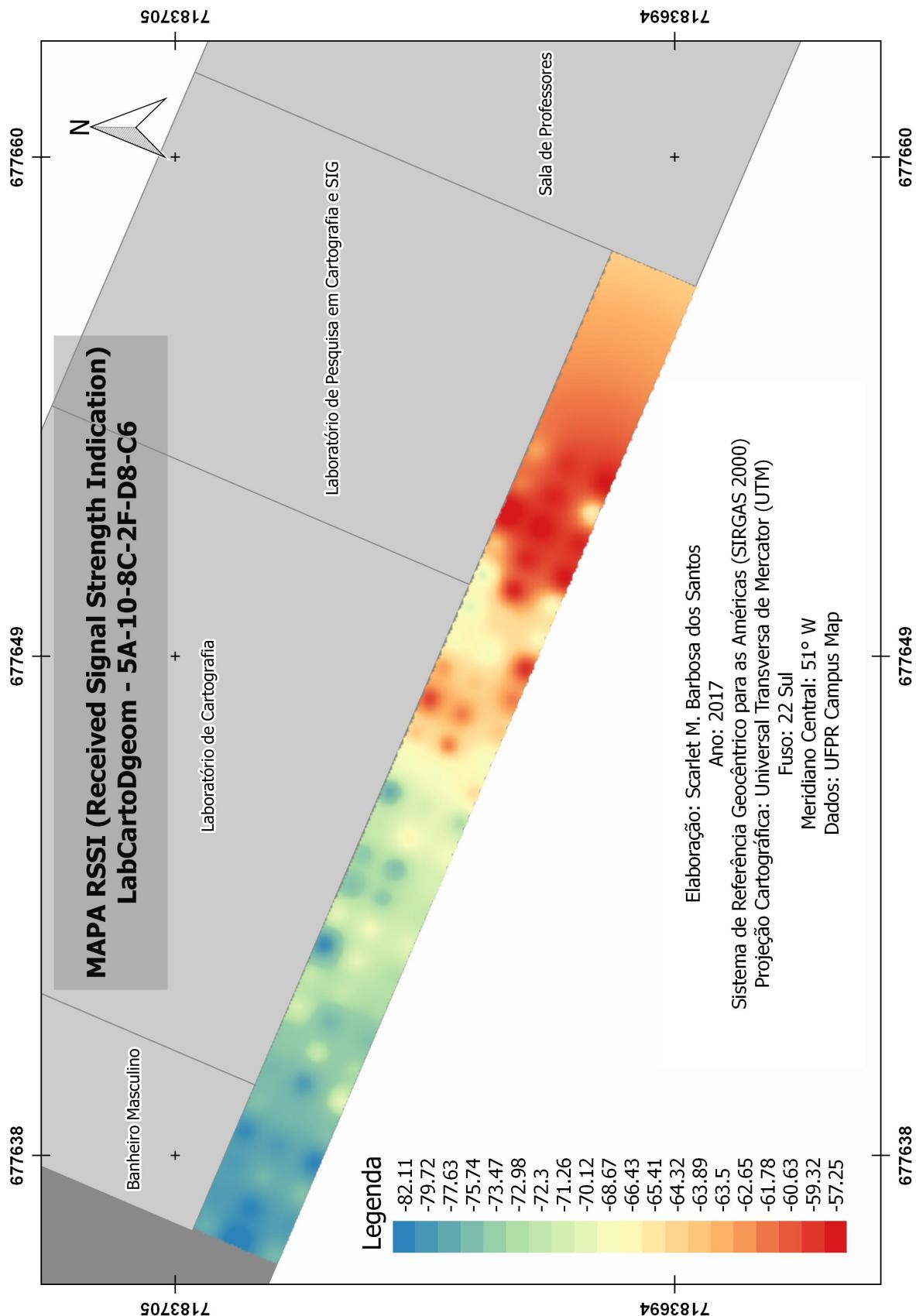
FONTE: A autora (2017).

Figura 16 – Mapa RSSI UFPR\_SEM\_FIO - 50-06-04-2B-E7-40



FONTE: A autora (2017).

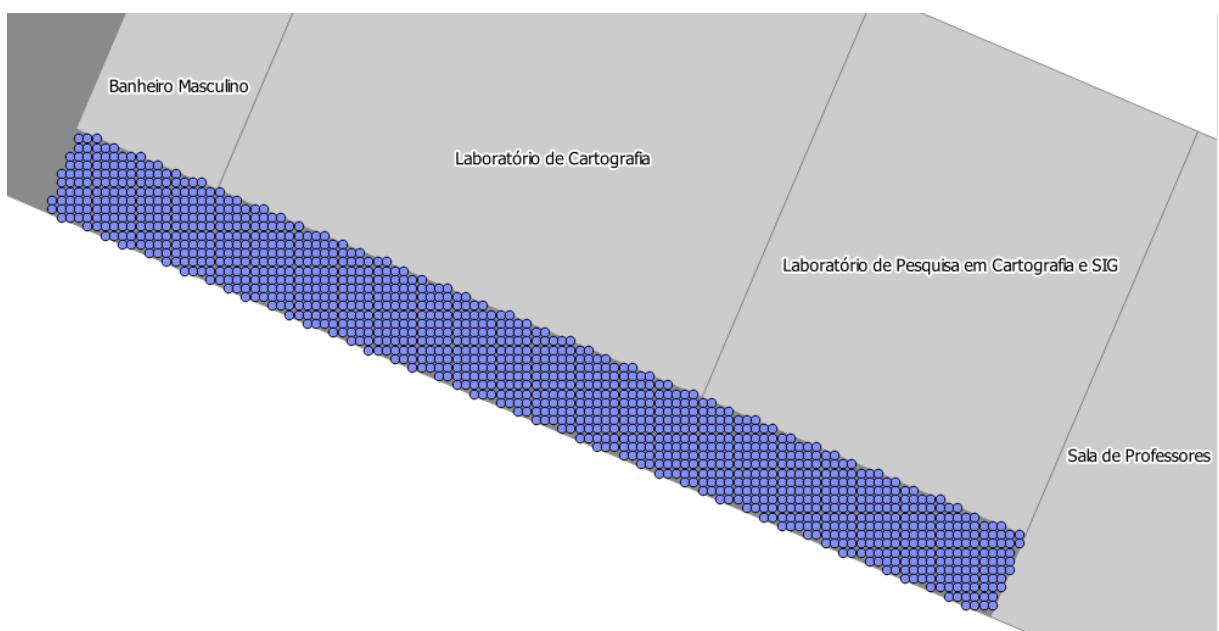
Figura 17 – Mapa RSSI LabCartoDgeom - 5A-10-8C-2F-D8-C6



FONTE: A autora (2017).

4. Após ser elaborado o mapa RSSI das três redes, a etapa seguinte consistiu em criar três malhas regulares de pontos que servirão como base de dados para a consulta do algoritmo de posicionamento indoor. Considerando que a malha dos pontos levantados em campo possui 70 cm x 70 cm, a escolha da resolução da malha regular de pontos das amostras foi de 20 cm x 20 cm resultando num total de 1174 pontos, ou seja, com melhor resolução do que a malha do levantamento das amostras. A malha regular foi gerada através das ferramentas: **Vetor » Investigar » Pontos Regulares.**

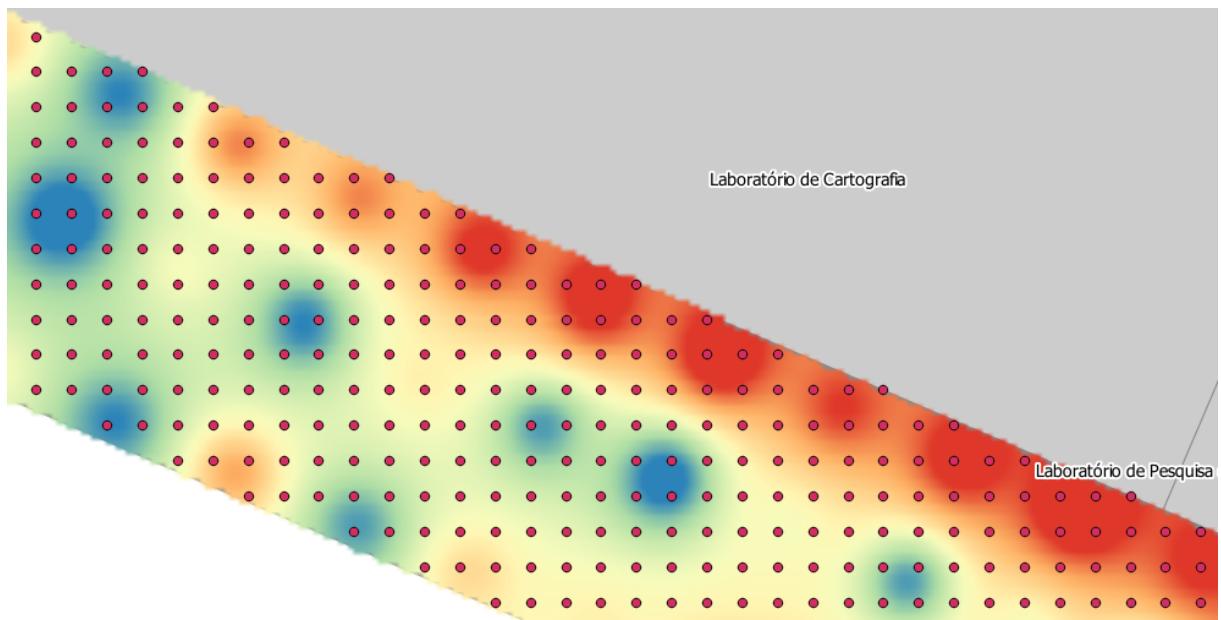
Figura 18 – Malha Regular de Pontos



FONTE: A autora (2017).

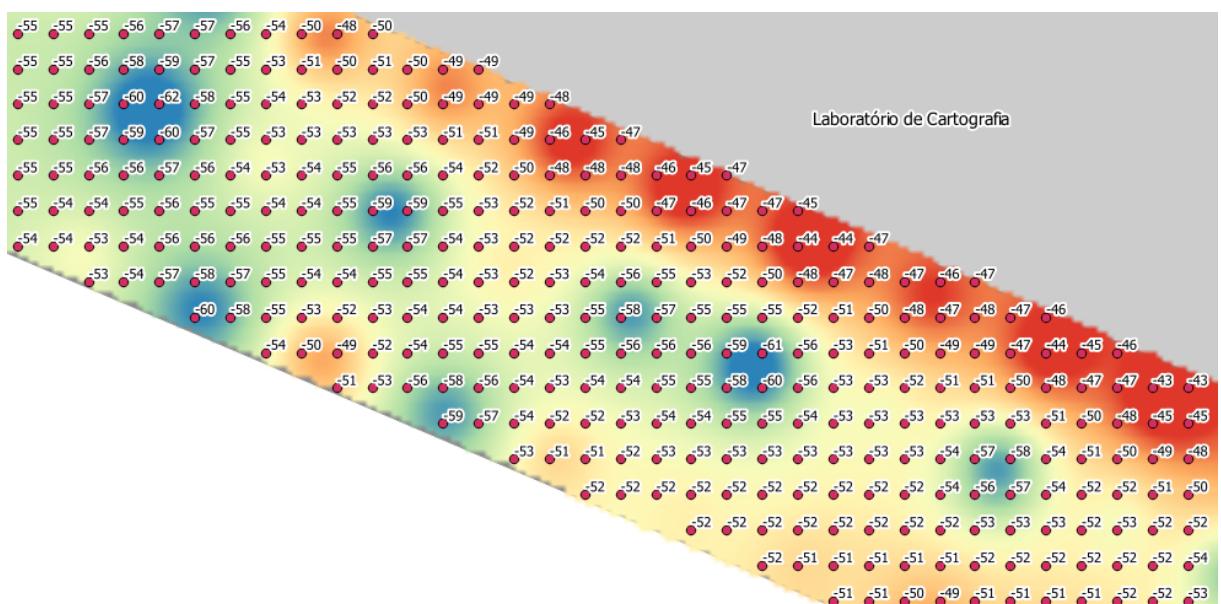
5. Com a ferramenta **Point Sampling Tool** foram extraídos os valores RSSI dos *raster* elaborados para cada ponto de acesso wi-fi. Este complemento permite a coleta de informações de um arquivo *raster* e a adiciona como atributo em uma camada de pontos. Desta forma, foram extraídos os valores RSSI de cada um dos Mapas RSSI para as três malhas de pontos regulares elaborados na etapa anterior. Nas figuras 19 e 20 é ilustrado este processo. As coordenadas E, N dos pontos da malha regular foram extraídos com as ferramentas: **Tabela de Atributos » Geometria » \$x (para obter as coordenadas E), e \$y (para obter as coordenadas N).**

Figura 19 – Malha de pontos regular do ponto de acesso UFPR\_SEM\_FIO - 50-06-04-2B-E9-90



FONTE: A autora (2017).

Figura 20 – Extração dos valores RSSI para os pontos da malha regular



FONTE: A autora (2017).

6. A etapa final consistiu em salvar os arquivos no formato *text file* (.txt).

### 3.6 ALGORITMO DE POSICIONAMENTO INDOOR

Segundo Lisboa (2011, p.40) "um dos componentes de um sistema de posicionamento indoor baseado em rede wi-fi é o algoritmo de localização." Neste trabalho o algoritmo utilizado foi o k-NN, devido sua simplicidade de implementação e a obtenção de bons resultados.

Á partir de um conjunto de dados, o algoritmo encontra neste conjunto os valores de k objetos mais próximos através de alguma métrica de similaridade (RODRIGUES, 2011, p.41). Os três componentes principais de um algoritmo k-NN são: (i) Conjunto de dados armazenados em um banco de dados, (ii) uma métrica de distância (ou similaridade) para o cálculo das distâncias entre as entidades, (iii) o valor de k ou seja o número de vizinhos a serem considerados (Wu et al., 2008). Neste trabalho estas três componentes principais foram:

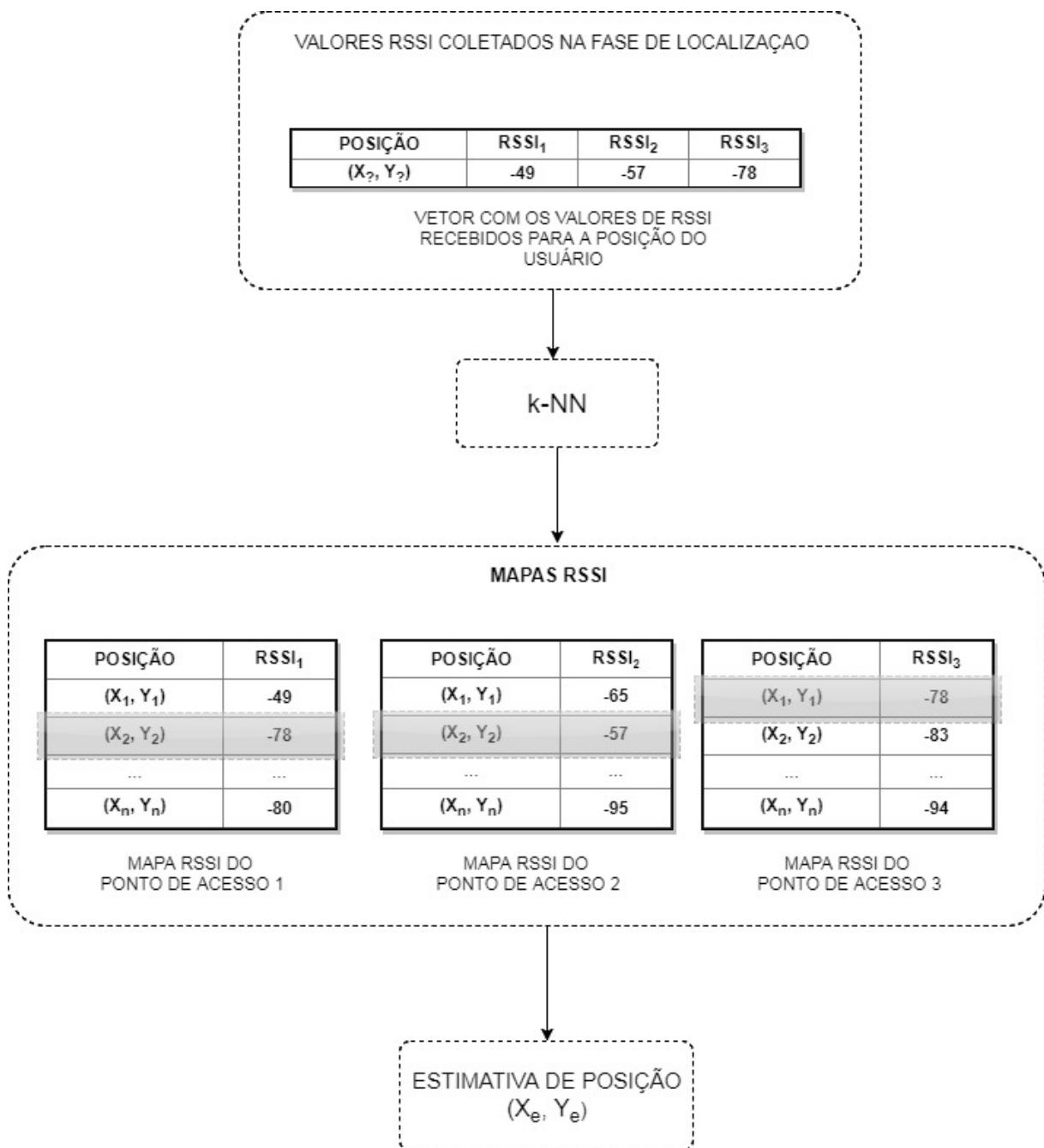
Tabela 5 – Elementos do algoritmo k-NN e sua aplicação.

<b>COMPONENTE</b>	<b>APLICAÇÃO</b>
Mapa RSSI	Valores RSSI coletados no ambiente
Métrica de distância	Distância Euclidiana
Valor de k (número de vizinhos)	Número de pontos coletados do ambiente

FONTE: Adaptado de Lisboa (2011).

O algoritmo de posicionamento elaborado neste trabalho pode ser entendido da seguinte forma: *dado um vetor de entrada com os valores RSSI no ponto ao qual se deseja determinar a posição, encontrar os valores nos Mapas RSSI que mais se aproximam dos valores do vetor de entrada. Ao encontrar os valores RSSI mais próximos, o algoritmo obtém as coordenadas E, N destes valores RSSI, e através da média destas coordenadas, determina o posicionamento requerido.*

Figura 21 – Algoritmo k-NN aplicado ao problema de posicionamento indoor



FONTE: A autora (2017).

O pseudocódigo é uma forma genérica de escrever um algoritmo através de uma linguagem simples sem a necessidade de que o leitor conheça a sintaxe da linguagem de programação. Abaixo o pseudocódigo do algoritmo elaborado para solucionar o posicionamento indoor.

### **Algoritmo 1:** Pseudocódigo do algoritmo de posicionamento

**Entrada:**  $[RSSI_1]$

**Saída:** Coordenadas E,N

**1** **início**

**2**    Leitura do arquivo *Mapa<sub>1</sub>*

**3**    **if** valor de entrada  $RSSI_1 \in$  ao *Mapa<sub>1</sub>* **then**

**4**       **return** Média das coordenadas E, N encontradas no *Mapa<sub>1</sub>* com valor igual ao  $RSSI_1$

**5**       **else**

**6**              através do algoritmo k-NN encontra os valores  $\geq$  ao  $RSSI_1$  e  
**7**              calcula a média das coordenadas E, N encontradas no *Mapa<sub>1</sub>* com  
**8**              valor igual ao  $RSSI_k$  determinado pelo algoritmo

**9**       **end**

**10**      **end**

**10** **fim**

As coordenadas planimétricas (E, N) são calculadas pelo algoritmo através das equações 3.3 e 3.4:

$$E_{(RSSI)} = \sum_{i=1}^n \frac{E_{i(RSSI)}}{n} \quad (3.3)$$

$$N_{(RSSI)} = \sum_{i=1}^n \frac{N_{i(RSSI)}}{n} \quad (3.4)$$

Logo, a posição E, N do usuário é igual à soma das coordenadas obtidas da base de dados (Mapa RSSI) divididos por  $n$  valores de coordenadas encontrados para o valor RSSI coletado, onde  $i = 1,2,3...n$ .

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 ANÁLISE DO POSICIONAMENTO OBTIDO

Para avaliar a acurácia do método proposto neste trabalho, a partir dos pontos com coordenadas conhecidas levantados na etapa de coletada de dados, foram calculadas suas coordenadas planimétricas E, N a partir dos valores RSSI coletados na etapa de campo. Desta forma, foram calculadas coordenadas E, N para os quatro instantes de tempo.

O cálculo das discrepâncias nas componentes das coordenadas E e N, foi realizado através da seguinte fórmula, onde  $i = 1, 2, 3, \dots, 78$ :

$$\Delta_{E_i} = E_{REAL_i} - E_{CALCULADO_i} \quad (4.1)$$

$$\Delta_{N_i} = N_{REAL_i} - N_{CALCULADO_i} \quad (4.2)$$

A discrepância planimétrica das coordenadas calculadas foi obtido através da seguinte equação:

$$\text{Discrepância planimétrica} = \sqrt{\Delta_E^2 + \Delta_N^2} \quad (4.3)$$

A análise dos resultados obtidos foi feita através do método de estatística descritiva "Tabela de Frequências". De acordo com Ayres *et al.* (2007) as tabelas de frequência constituem um modelo de representação tabular utilizado nas descrições de dados quantitativos discretos ou contínuos.

Tabela 6 – Exemplo de Tabela de Frequência

**Título: Dados Erro Planimétrico t1**

<b>Classes</b>	<b>Xi</b>	<b>Fi</b>	<b>Percentual</b>
10  — 15	34.8	14	28 %
15  — 20	32.5	26	52 %
20  — 25	33.56	10	20 %
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>100.00%</b>

FONTE: A autora (2017).

Onde os itens da tabela 6 são obtidos da seguinte forma:

- Número de Classes (k): De acordo com a fórmula de *Struges* o número de classes (k) pode ser determinado pela seguinte equação:

$$k \cong 1 + 3.22 * \log(n) \quad (4.4)$$

Sendo  $n$  o número de elementos da amostra.

- Amplitude Total (AT): ou intervalo de classe, é a medida do intervalo que define a classe. Esta medida é obtida pela diferença entre os limites superior  $I_s$  e limite inferior  $I_i$ .

$$AT = I_s - I_i \quad (4.5)$$

- Tamanho do intervalo entre as classes (h): ou seja, a amplitude de cada intervalo de classe. É obtida pela equação:

$$h \cong \frac{AT}{k} \quad (4.6)$$

- Frequência simples ou absoluta (Fi): número total de valores que realmente representam o número de dados de cada classe, ou seja, o número de vezes que o elemento aparece na amostra.

- Ponto médio de uma classe ( $X_i$ ): é o ponto que divide o intervalo de classe em duas partes iguais.

$$X_i = \frac{(l_i + l_s)}{2} \quad (4.7)$$

- Frequência relativa ( $f_r$ ): são os valores das razões entre a frequência absoluta e a frequência total, sendo  $n$  igual ao número total de elementos de uma amostra ou tabela.

$$f_r = \frac{f_i}{n} \quad (4.8)$$

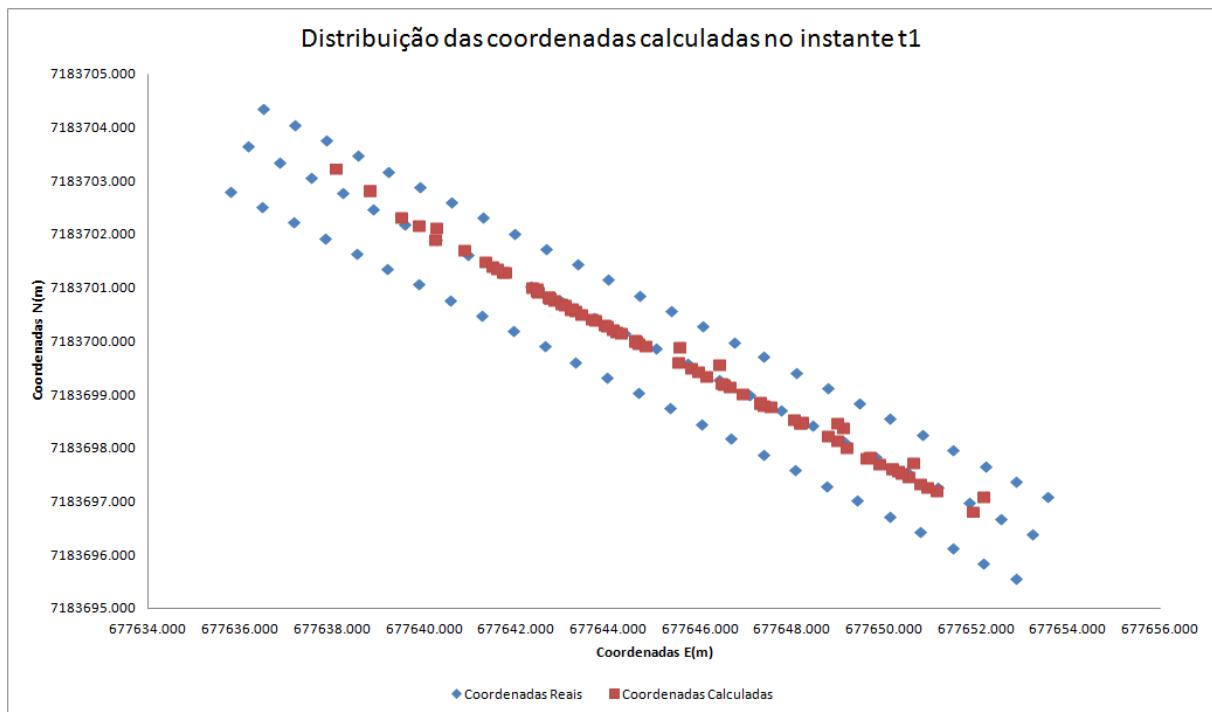
- Percentual (%): é a multiplicação da frequência relativa ( $f_r$ ) de cada classe por 100.

$$\text{Percentual} = f_r * 100 \quad (4.9)$$

#### 4.1.1 Análise das coordenadas calculadas no instante t1

A figura 22 demonstra a distribuição espacial das coordenadas planimétricas calculadas dos pontos de amostras.

Figura 22 – Distribuição das coordenadas calculadas no instante t1 (5 segundos)



FONTE: A autora (2017).

Conforme a tabela 7, em média a discrepância planimétrica bem como seu desvio padrão é de  $2,55 \pm 1,74$  metros. Desta forma 79,5% das discrepâncias planimétricas estão entre o intervalo compreendido entre a média  $\pm$  desvio padrão.

Tabela 7 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de tempo t1

<b>ESTATÍSTICA DESCRIPTIVA DO ERRO PLANIMÉTRICO</b>	
Tamanho da amostra	78
Média Aritmética	2.55 (m)
Desvio Padrão	1.74 (m)

FONTE: A autora (2017).

Tabela 8 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t1

<b>Título: Dados Erro Planimétrico (t1)</b>				
<b>Classes (m)</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Fi</b>	<b>Percentual</b>	
0.2190  — 1.2964	0.7577	21	26.9231 %	
1.2964  — 2.3739	1.8351	23	29.4872 %	
2.3739  — 3.4513	2.9126	16	20.5128 %	
3.4513  — 4.5287	3.9900	7	8.9744 %	
4.5287  — 5.6061	5.0674	3	3.8462 %	
5.6061  — 6.6836	6.1449	6	7.6923 %	
6.6836  — 7.7610	7.2223	2	2.5641 %	
<b>TOTAL</b>		<b>78</b>	<b>100.00%</b>	

FONTE: A autora (2017).

O "Teste de Valores Extremos" segundo Ayres *et al.* (2007) "A determinação dos chamados valores extremos ou *outliers* pode ser desejada, uma vez que podem desempenhar importante papel nas conclusões das pesquisas. Um valor extremo pode ser introduzido em um conjunto de observações em decorrência de falha na coleta de dados, de erro no registro durante a coleta, na introdução equivocada desse escore no momento da execução dos cálculos ou, ainda, do fato de que o valor extremo obtido está correto. Torna-se, por conseguinte, importante sua identificação, devendo-se tomar, conforme o caso, as medidas adequadas."

De acordo com a tabela 9, são ordenados os 5 valores extremos detectados no cálculo do erro planimétrico do instante t1. Tais valores correspondem aos pontos 54, 53, 20, 48 e 64. Na tabela 10 são representados os 5 valores extremos determinados pelo software BioEstat.

Tabela 9 – Teste de Valores Extremos instante t1

<b>Estatística</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>4º</b>	<b>5º</b>
Valor(es) extremo(s)	7.76 (m)	7.58 (m)	6.22 (m)	6.21 (m)	5.99 (m)
Tamanho da amostra	78	77	76	75	74
Média	2.55 (m)	2.49 (m)	2.42 (m)	2.37 (m)	2.32 (m)
Desvio padrão	1.74 (m)	1.65 (m)	1.55 (m)	1.50 (m)	1.44 (m)

FONTE: A autora (2017).

Tabela 10 – Valores extremos instante de tempo t1

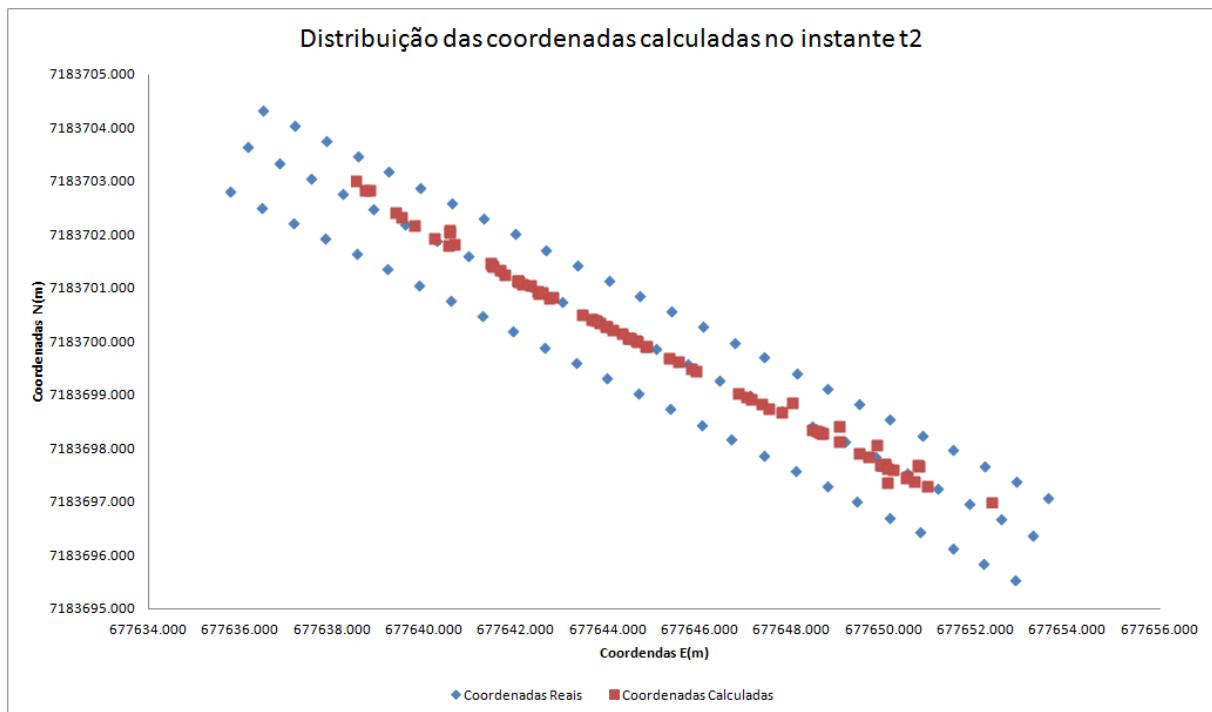
PTO	E (calc)	N (calc)	E (real)	N (real)	De	Dy	EP
54	677645.53	7183699.90	677652.15	7183695.84	6.615	-4.061	7.76
53	677646.41	7183699.57	677652.84	7183695.55	6.431	-4.018	7.58
20	677645.94	7183699.44	677640.58	7183702.60	-5.361	3.158	6.22
48	677644.59	7183700.01	677638.88	7183702.48	-5.704	2.466	6.21
64	677651.12	7183697.22	677645.33	7183698.74	-5.796	1.526	5.99

FONTE: A autora (2017).

#### 4.1.2 Análise das coordenadas calculadas no instante t2

A figura abaixo representa a distribuição espacial das coordenadas calculadas no intervalo de tempo t2.

Figura 23 – Distribuição das coordenadas calculadas no instante t2 (10 segundos)



FONTE: A autora (2017).

Conforme a tabela 11, em média a discrepância planimétrica das coordenadas calculadas e desvio padrão foi de  $2,42 \pm 1,46$  metros. Logo 65,4% das discrepâncias planimétricas estão entre o intervalo compreendido entre a média  $\pm$  desvio padrão. Os 5 valores extremos da tabela 13 correspondem aos pontos 22, 50, 73, 74 e 51.

Tabela 11 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de t2

<b>ESTATÍSTICA DESCRIPTIVA DO ERRO PLANIMÉTRICO</b>	
Tamanho da amostra	78
Média Aritmética	2.42 (m)
Desvio Padrão	1.46 (m)

FONTE: A autora (2017).

Tabela 12 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t2

<b>Título: Dados Erro Planimétrico t(2)</b>				
<b>Classes (m)</b>	<b>Xi(m)</b>	<b>Fi</b>	<b>Percentual</b>	
0.0290  — 0.8893	0.4591	9	11.54%	
0.8893  — 1.7496	1.3194	24	30.77%	
1.7496  — 2.6099	2.1797	13	16.67%	
2.6099  — 3.4701	3.0400	10	12.82%	
3.4701  — 4.3304	3.9003	15	19.23%	
4.3304  — 5.1907	4.7606	4	5.13%	
5.1907  — 6.0510	5.6209	3	3.85%	
<b>TOTAL</b>		<b>78</b>	<b>100.00%</b>	

FONTE: A autora (2017).

Os 5 valores extremos da tabela 13 correspondem aos pontos 22, 50, 73, 74 e 51.

Tabela 13 – Teste de Valores Extremos instante t2

<b>Estatistica</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>4º</b>	<b>5º</b>
Valor(es) extremo(s)	6.05	5.66	5.44	5.05	5.03
Tamanho da amostra	78	77	76	75	74
Média	2.4227	2.3756	2.3324	2.2909	2.2536
Desvio padrão	1.4566	1.4051	1.3619	1.322	1.2907

FONTE: A autora (2017).

Tabela 14 – Coordenadas finais obtidas pelo algoritmo dos pontos 22, 50, 73, 74 e 51

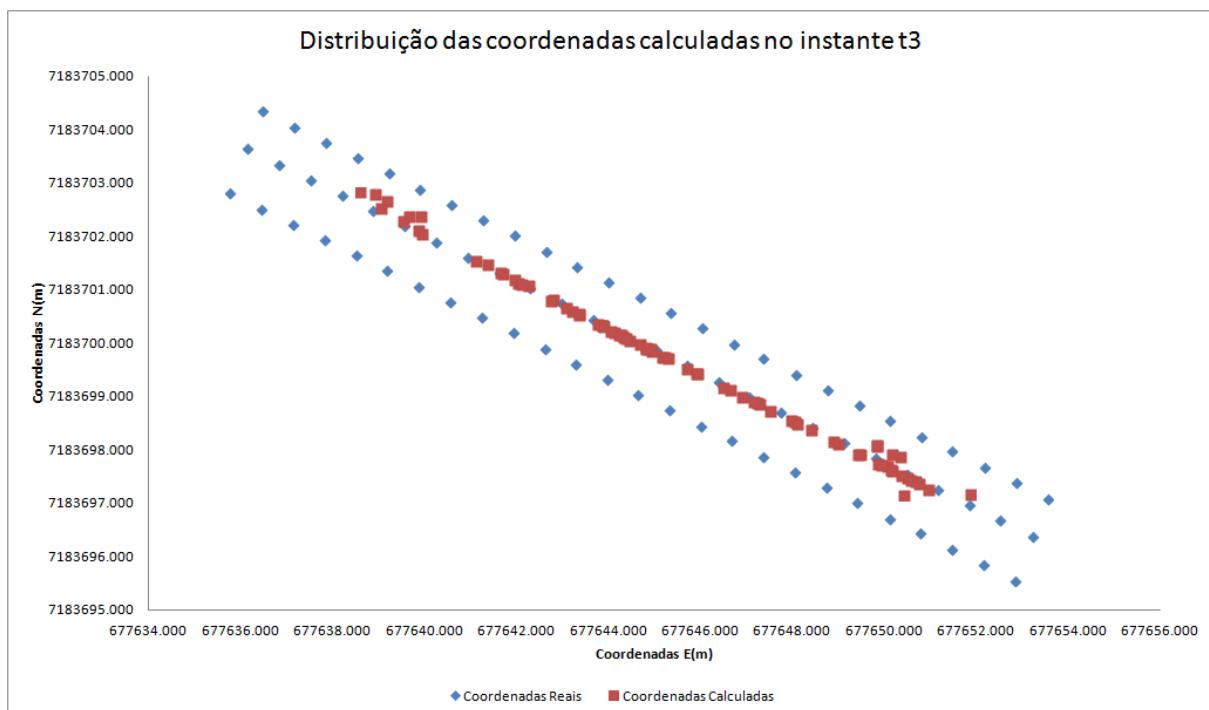
PTO	E(calc)	N(calc)	E(real)	N(real)	Dn	De	EP
22	677644.4	7183700.1	677639.2	7183703.2	-5.2	3.1	6.1
50	677642.7	7183700.8	677637.5	7183703.1	-5.2	2.2	5.7
73	677644.5	7183700.1	677639.2	7183701.4	-5.3	1.3	5.4
74	677643.4	7183700.5	677638.5	7183701.6	-4.9	1.1	5.0
51	677641.5	7183701.4	677636.8	7183703.4	-4.6	1.9	5.0

FONTE: A autora (2017).

#### 4.1.3 Análise das coordenadas calculadas no instante t3

A figura abaixo representa na cor vermelha, a posição dos 78 pontos determinados pelo algoritmos no instante t3.

Figura 24 – Distribuição das coordenadas calculadas no instante t3 (15 segundos)



FONTE: A autora (2017).

Conforme a tabela 15, em média a discrepância planimétrica das coordenadas calculadas e desvio padrão foi de  $2,73 \pm 1,67$  metros. Desta forma, 76,9% das discrepâncias planimétricas estão entre o intervalo compreendido entre a média  $\pm$  desvio padrão.

Tabela 15 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de t3

<b>ESTATÍSTICA DESCRIPTIVA DO ERRO PLANIMÉTRICO</b>	
Tamanho da amostra	78
Média Aritmética	2.73 (m)
Desvio Padrão	1.67 (m)

FONTE: A autora (2017).

Tabela 16 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t3

<b>Título: Dados Erro Planimétrico (t3)</b>				
<b>Classes (m)</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Fi</b>	<b>Percentual</b>	
0.4190  — 1.6021	1.0106	20	25.6410 %	
1.6021  — 2.7853	2.1937	29	37.1795 %	
2.7853  — 3.9684	3.3769	14	17.9487 %	
3.9684  — 5.1516	4.5600	7	8.9744 %	
5.1516  — 6.3347	5.7431	4	5.1282 %	
6.3347  — 7.5179	6.9263	2	2.5641 %	
7.5179  — 8.7010	8.1094	2	2.5641 %	
<b>TOTAL</b>		<b>78</b>	<b>100.00%</b>	

FONTE: A autora (2017).

Os cinco valores extremos da tabela 17 corresponde aos pontos: 27, 31, 48, 73 e 54 que podem ser visualizados na tabela 18.

Tabela 17 – Teste de Valores Extremos instante t3

<b>Estatística</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>4º</b>	<b>5º</b>
Valor(es) extremo(s)	8.7	7.72	6.47	6.34	5.85
Tamanho da amostra	78	77	76	75	74
Média	2.7262	2.6486	2.5818	2.53	2.4785
Desvio padrão	1.6736	1.5369	1.4304	1.3663	1.3003

FONTE: A autora (2017).

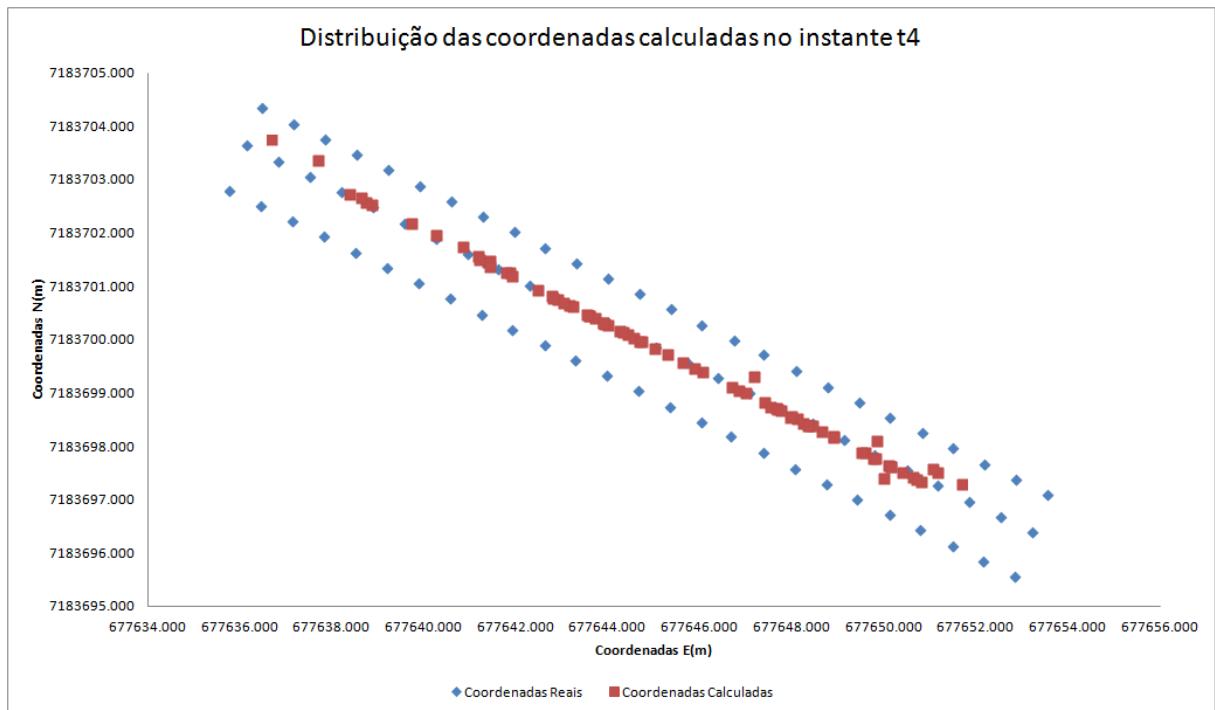
Tabela 18 – Coordenadas finais obtidas pelo algoritmo dos pontos 27, 31, 48, 73 e 54

PTO	E (calc)	N (calc)	E (real)	N (real)	Dn	De	EP
27	677645.2	7183699.7	677653.2	7183696.4	8.0	-3.4	8.7
31	677643.4	7183700.5	677650.5	7183697.5	7.1	-3.0	7.7
48	677644.8	7183699.9	677638.9	7183702.5	-5.9	2.6	6.5
73	677645.3	7183699.7	677639.2	7183701.4	-6.1	1.6	6.3
54	677647.2	7183698.9	677652.2	7183695.8	5.0	-3.1	5.8

FONTE: A autora (2017).

#### 4.1.4 Análise das coordenadas calculadas no instante t4

Figura 25 – Gráfico das coordenadas calculadas no instante t4 (20 segundos)



FONTE: A autora (2017).

Tabela 19 – Estatística descritiva do Erro Planimétrico do instante de t4

<b>ESTATÍSTICA DESCRIPTIVA DO ERRO PLANIMÉTRICO</b>	
Tamanho da amostra	78
Média Aritmética	2.36 (m)
Desvio Padrão	1.53 (m)

FONTE: A autora (2017).

Tabela 20 – Tabela de Frequência do Erro Planimétrico do instante t4

<b>Título: Dados Erro Planimétrico t4</b>				
<b>Classes (m)</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Fi</b>	<b>Percentual</b>	
0.0690  — 1.0321	0.5506	23	29.4872 %	
1.0321  — 1.9953	1.5137	15	19.2308 %	
1.9953  — 2.9584	2.4769	11	14.1026 %	
2.9584  — 3.9216	3.4400	13	16.6667 %	
3.9216  — 4.8847	4.4031	12	15.3846 %	
4.8847  — 5.8479	5.3663	1	1.2821 %	
5.8479  — 6.8110	6.3294	3	3.8462 %	
<b>TOTAL</b>		<b>78</b>	<b>100.00%</b>	

FONTE: A autora (2017).

Conforme a tabela 19, em média a discrepância planimétrica das coordenadas calculadas e desvio padrão foi de  $2,36 \pm 1,53$  metros. Desta forma, 69,2% das discrepâncias planimétricas estão entre o intervalo compreendido entre a média  $\pm$  desvio padrão.

A tabela 21 constata que os pontos 53, 73, 48, 51 e 50 que correspondem aos pontos na tabela 1º, 2º, 3º, 4º e 5º respectivamente, constituem os pontos com maiores discrepâncias planimétricas.

Tabela 21 – Teste de Valores Extremos instante t4

<b>Estatistica</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>4º</b>	<b>5º</b>
Valor(es) extremo(s)	6.81	6.02	5.85	4.92	4.77
Tamanho da amostra	78	77	76	75	74
Média	2.3637	2.306	2.2571	2.2092	2.1726
Desvio padrão	1.5325	1.4546	1.3992	1.3445	1.3154

FONTE: A autora (2017).

Tabela 22 – Coordenadas finais obtidas pelo algoritmo dos pontos 53, 73, 48, 51 e 50

<b>PTO</b>	<b>E(calc)</b>	<b>N(calc)</b>	<b>E(real)</b>	<b>N(real)</b>	<b>Dn</b>	<b>De</b>	<b>EP</b>
53	677647.2	7183699.3	677652.8	7183695.5	5.7	-3.7	6.81
73	677645.0	7183699.8	677639.2	7183701.4	-5.8	1.5	6.02
48	677644.3	7183700.2	677638.9	7183702.5	-5.4	2.3	5.85
51	677641.4	7183701.5	677636.8	7183703.4	-4.5	1.9	4.92
50	677641.9	7183701.2	677637.5	7183703.1	-4.4	1.9	4.77

FONTE: A autora (2017).

## CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho consiste em utilizar as medidas da força do sinal recebido (RSSI) para determinar a posição dos usuários do UFPR CampusMap, bem como avaliar a acurácia . Desta forma, podemos dividir a metodologia realizada em duas etapas para chegar aos objetivos deste trabalho:

1. Coleta de dados para elaborar o espaço de busca: Através da coleta de sinais RSSI ao longo da área de estudo, foram elaborados Mapas RSSI que consistem em modelos de propagação do sinal wi-fi.
2. Determinação da posição dos dados de intensidade do sinal coletados na primeira etapa, através do algoritmo elaborado baseado em busca por semelhança.

Figura 26 – Vantagens e desvantagens do método Fingerprinting



FONTE: A autora (2017).

Uma das vantagens da implementação do método *Fingerprinting* para solucionar o posicionamento indoor do usuário do UFPR CampusMap é o baixo custo para sua implementação, visto que o campus possui uma infraestrutura de rede wi-fi, bem como o software necessário para realizar os Mapas RSSI, ou seja, o QGIS é um software livre. O método é totalmente programável não tendo a necessidade de investimentos em softwares. A segunda vantagem do método é a exatidão. Segundo (RODRIGUES, 2011), o método *Fingerprinting* é o que apresenta melhor exatidão quando comparado com os métodos de trilateração e triangulação. Em média, a acurácia obtida pelo método proposto ficou em torno de 2,52 metros

A desvantagem do método consiste na fase de aquisição dos dados (fase offline), pois os softwares de monitoramento de rede disponíveis não apresentam boa performance, fazendo que esta etapa seja trabalhosa. Uma solução para isto é a implementação de um software que adquira os dados (SSID, MAC Address e RSSI) de forma mais eficaz, permitindo que o usuário filtre qual a rede deseja obter os dados, bem como o intervalo de tempo de aquisição.

É importante ressaltar que o método possui alguns problemas como, ruídos, propagação multi-caminho, absorção e reflectância do sinal por pessoas, visto que o método é baseado em radio frequência. Em contrapartida, o método possui grandes vantagens quanto ao custo, pois é utiliza-se a infraestrutura de rede wi-fi já existente no ambiente.

Aos trabalhos futuros é necessário que seja estudado o posicionamento considerando os diferentes andares dos edifícios, buscando então soluções através da distância tridimensional entre o usuário e o roteador, ou a elaboração de Mapas RSSI para cada andar do prédio.

## REFERÊNCIAS

SEMINÁRIOS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DO BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, 2015. Juiz de Fora. **Localização Indoor Baseada na Leitura Bidirecional do RSSI.** Juiz de Fora; Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, 2015, 16 p.

RODRIGUES, M. L. **Localização em Ambientes Internos Utilizando Múltiplas Tecnologias Sem Fio.** Belo Horizonte, 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Ciência da Computação.

ROHRIG, C; MULLER, M. **Indoor Location Tracking in Non-line-of-Sight Environments Using a IEEE 802.15.4a Wireless Network.** International Conference on Intelligent Robots and Systems. St. Louis, USA, October 2009.

Wu, X.; Kumar, V.; Ross Quinlan, J.; Ghosh, J.; Yang, Q.; Motoda, H.; McLachlan, G.; Ng, A.; Liu, B.; Yu, P.; Zhou, Z.-H.; Steinbach, M.; Hand, D. Steinberg, D. (2008). **Top 10 Algorithms in Data Mining.** Knowledge and Information Systems, 14:1 – 37.

UFPR CampusMap. **Sobre o projeto.** Disponível em: < [www.ufprcampusmap.br](http://www.ufprcampusmap.br) >. Acesso em: 02 de nov. 2017.

ASSUNÇÃO, Elizabete; COELHO, Maria Teresa. **Problemas de Aprendizagem.** São Paulo: Ática,2006.

FRANCOTI, R. **GPS Wi-Fi para Ambientes Fechados (indoor) - Redes de Sensores sem Fio como infraestrutura.** São Paulo, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação). Universidade Cruzeiro do Sul. Departamento de Ciência da Computação.

Ayres M.; Ayres M. Jr.; Ayres L. D.; Santos A. A. **BioEstat APLICAÇÕES ESTATÍSTICAS NAS ÁREAS DAS CIÊNCIAS BIO-MÉDICAS.** Belém. Universidade Federal do Pará.

Sarot R. **AVALIAÇÃO DE MAPAS INDOOR PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA AUXÍLIO À TAREFA DE ORIENTAÇÃO.** Curitiba; Universidade Federal do Paraná.

## **ANEXOS**

**ANEXO A – COORDENADAS CALCULADAS NO INSTANTES T1, T2, T3 E T4**

**Tabela 23 – Coordenadas obtidas**

<b>Ponto</b>	<b>5s (t1)</b>		<b>10s(t2)</b>		<b>15s (t3)</b>		<b>20s (t4)</b>	
	<b>X1</b> <b>(m)</b>	<b>Y1</b> <b>(m)</b>	<b>X2</b> <b>(m)</b>	<b>Y2</b> <b>(m)</b>	<b>X3</b> <b>(m)</b>	<b>Y3</b> <b>(m)</b>	<b>X4</b> <b>(m)</b>	<b>Y4</b> <b>(m)</b>
1	677651.3	7183697.1	677652.6	7183696.6	677651.2	7183697.2	677652.6	7183696.6
1	677652.8	7183697.4	677652.8	7183697.4	677648.5	7183698.3	677646.6	7183699.2
1	677651.6	7183696.0	677651.6	7183697.0	677651.6	7183696.0	677652.0	7183696.8
2	677652.8	7183696.5	677651.2	7183697.2	677651.2	7183697.2	677651.3	7183697.1
2	677652.8	7183697.4	677646.5	7183699.2	677652.8	7183697.4	677652.8	7183697.4
2	677646.3	7183699.3	677652.9	7183696.5	677651.6	7183697.0	677650.9	7183697.3
3	677651.8	7183697.0	677650.1	7183697.6	677650.1	7183697.6	677650.1	7183697.6
3	677652.8	7183697.4	677648.5	7183698.3	677648.5	7183698.3	677646.8	7183699.1
3	677651.9	7183696.9	677652.9	7183696.5	677652.9	7183696.5	677651.9	7183696.9
4	677649.1	7183698.1	677651.2	7183697.2	677651.3	7183697.1	677651.3	7183697.1
4	677649.0	7183698.1	677650.1	7183698.6	677648.3	7183698.4	677650.1	7183698.6
4	677652.4	7183696.6	677650.9	7183697.3	677648.8	7183698.2	677652.1	7183696.8
5	677642.3	7183701.0	677641.6	7183701.3	677648.8	7183698.2	677648.8	7183698.2
5	677653.0	7183697.4	677646.5	7183699.2	677650.1	7183698.6	677649.0	7183698.1
5	677652.0	7183696.8	677652.4	7183696.6	677652.1	7183696.8	677652.4	7183696.6
6	677642.3	7183701.0	677645.1	7183699.8	677645.8	7183699.5	677645.1	7183699.8
6	677653.0	7183697.4	677652.8	7183697.4	677652.8	7183697.4	677648.3	7183698.4
6	677651.6	7183697.0	677651.6	7183697.0	677650.9	7183697.3	677650.9	7183697.3
7	677649.1	7183698.1	677645.1	7183699.8	677648.8	7183698.2	677648.8	7183698.2
7	677649.0	7183698.1	677650.1	7183698.6	677649.0	7183698.1	677648.3	7183698.4
7	677648.8	7183698.2	677648.8	7183698.2	677646.3	7183699.3	677648.8	7183698.2
8	677651.4	7183697.1	677651.2	7183697.2	677652.6	7183696.6	677651.3	7183697.1
8	677648.5	7183698.3	677648.3	7183698.4	677648.3	7183698.4	677649.0	7183698.1
8	677651.6	7183697.0	677652.4	7183696.6	677652.0	7183696.8	677646.3	7183699.3
9	677636.1	7183703.6	677649.1	7183698.1	677651.4	7183697.1	677650.1	7183697.6
9	677648.3	7183698.4	677652.8	7183697.4	677653.0	7183697.4	677648.3	7183698.4
9	677645.1	7183699.8	677645.1	7183699.8	677645.1	7183699.8	677646.3	7183699.3
10	677651.3	7183697.1	677650.0	7183697.7	677651.4	7183697.1	677651.4	7183697.1
10	677647.4	7183698.8	677650.1	7183698.6	677652.8	7183697.4	677653.0	7183697.4
10	677648.8	7183698.2	677652.0	7183696.8	677646.3	7183699.3	677645.1	7183699.8
11	677645.8	7183699.5	677645.1	7183699.8	677645.8	7183699.5	677648.8	7183698.2
11	677649.0	7183698.1	677648.3	7183698.4	677648.3	7183698.4	677649.0	7183698.1
11	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9	677640.5	7183701.7	677644.3	7183700.1
12	677640.3	7183701.9	677641.6	7183701.3	677639.1	7183702.4	677640.8	7183701.6
12	677646.6	7183699.2	677648.5	7183698.3	677646.6	7183699.2	677646.6	7183699.2
12	677640.5	7183701.7	677638.2	7183702.9	677640.5	7183701.8	677638.2	7183702.9
13	677641.6	7183701.3	677642.7	7183700.8	677641.6	7183701.3	677642.3	7183701.0

**Tabela 23** continuação da página anterior

<b>Ponto</b>	<b>5s (t1)</b>		<b>10s(t2)</b>		<b>15s (t3)</b>		<b>20s (t4)</b>	
	<b>X1</b> <b>(m)</b>	<b>Y1</b> <b>(m)</b>	<b>X2</b> <b>(m)</b>	<b>Y2</b> <b>(m)</b>	<b>X3</b> <b>(m)</b>	<b>Y3</b> <b>(m)</b>	<b>X4</b> <b>(m)</b>	<b>Y4</b> <b>(m)</b>
13	677646.1	7183699.4	677648.3	7183698.4	677648.5	7183698.3	677649.0	7183698.1
13	677648.8	7183698.2	677646.3	7183699.3	677652.4	7183696.6	677648.8	7183698.2
14	677641.6	7183701.3	677640.8	7183701.6	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3
14	677646.6	7183699.2	677636.5	7183704.4	677646.5	7183699.2	677646.6	7183699.2
14	677644.3	7183700.1	677644.3	7183700.1	677644.3	7183700.1	677642.6	7183700.9
15	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677641.6	7183701.3
15	677646.3	7183699.3	677646.7	7183699.1	677647.4	7183698.8	677646.6	7183699.2
15	677645.1	7183699.8	677644.3	7183700.1	677645.1	7183699.8	677642.6	7183700.9
16	677641.6	7183701.3	677642.7	7183700.8	677645.8	7183699.5	677649.1	7183698.1
16	677646.7	7183699.1	677646.7	7183699.1	677647.4	7183698.8	677646.3	7183699.3
16	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1	677646.3	7183699.3	677645.1	7183699.8
17	677638.0	7183703.0	677638.4	7183702.9	677638.0	7183703.1	677640.8	7183701.6
17	677646.3	7183699.3	677646.5	7183699.2	677646.2	7183699.3	677646.1	7183699.4
17	677639.6	7183702.2	677639.6	7183702.2	677642.6	7183700.9	677637.4	7183703.4
18	677642.7	7183700.8	677642.3	7183701.0	677642.3	7183701.0	677642.3	7183701.0
18	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.6	7183699.2	677646.5	7183699.2
18	677638.2	7183702.9	677638.2	7183702.9	677639.6	7183702.2	677639.6	7183702.2
19	677642.7	7183700.8	677642.7	7183700.8	677642.7	7183700.8	677642.7	7183700.8
19	677645.8	7183699.5	677646.0	7183699.4	677646.0	7183699.4	677645.8	7183699.5
19	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1	677642.6	7183700.9
20	677648.8	7183698.2	677640.8	7183701.6	677642.3	7183701.0	677641.6	7183701.3
20	677646.3	7183699.3	677646.1	7183699.4	677646.7	7183699.1	677646.3	7183699.3
20	677642.6	7183700.9	677637.4	7183703.4	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9
21	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6
21	677645.7	7183699.6	677646.0	7183699.4	677646.2	7183699.3	677646.0	7183699.4
21	677640.5	7183701.8	677640.5	7183701.8	677642.6	7183700.9	677640.5	7183701.7
22	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6
22	677646.8	7183699.1	677646.5	7183699.2	677646.2	7183699.3	677647.4	7183698.8
22	677640.5	7183701.7	677645.1	7183699.8	677645.1	7183699.8	677640.5	7183701.8
23	677637.3	7183703.6	677638.0	7183703.1	677639.1	7183702.4	677636.1	7183703.6
23	677646.1	7183699.4	677645.8	7183699.5	677642.4	7183701.0	677641.9	7183701.2
23	677637.4	7183703.4	677638.2	7183702.9	677638.2	7183702.9	677638.5	7183702.8
24	677639.1	7183702.4	677638.0	7183703.0	677640.3	7183701.9	677639.1	7183702.4
24	677637.8	7183703.8	677637.8	7183703.8	677636.8	7183704.4	677636.6	7183704.2
24	677639.6	7183702.2	677640.5	7183701.7	677642.6	7183700.9	677637.4	7183703.4
25	677639.1	7183702.4	677640.8	7183701.6	677638.4	7183702.9	677636.1	7183703.6
25	677637.8	7183703.8	677641.9	7183701.2	677640.2	7183701.9	677641.9	7183701.2
25	677639.6	7183702.2	677638.8	7183702.6	677638.5	7183702.8	677638.2	7183702.9
26	677640.3	7183701.9	677641.6	7183701.3	677640.3	7183701.9	677636.1	7183703.6
26	677636.5	7183704.4	677636.5	7183704.4	677636.5	7183704.4	677636.6	7183704.2
26	677637.4	7183703.4	677637.4	7183703.4	677640.7	7183701.7	677637.4	7183703.4
27	677651.8	7183697.0	677652.1	7183696.8	677636.1	7183703.6	677651.4	7183697.1

**Tabela 23** continuação da página anterior

<b>Ponto</b>	<b>5s (t1)</b>		<b>10s(t2)</b>		<b>15s (t3)</b>		<b>20s (t4)</b>	
	<b>X1</b> <b>(m)</b>	<b>Y1</b> <b>(m)</b>	<b>X2</b> <b>(m)</b>	<b>Y2</b> <b>(m)</b>	<b>X3</b> <b>(m)</b>	<b>Y3</b> <b>(m)</b>	<b>X4</b> <b>(m)</b>	<b>Y4</b> <b>(m)</b>
27	677641.9	7183701.2	677646.2	7183699.3	677648.5	7183698.3	677647.4	7183698.8
27	677650.9	7183697.3	677651.6	7183697.0	677650.9	7183697.3	677651.6	7183697.0
28	677651.4	7183697.1	677652.8	7183696.5	677651.8	7183697.0	677652.8	7183696.5
28	677646.8	7183699.1	677646.6	7183699.2	677646.3	7183699.3	677646.8	7183699.1
28	677646.3	7183699.3	677646.3	7183699.3	677652.1	7183696.8	677652.8	7183696.4
29	677650.1	7183697.6	677651.8	7183697.0	677651.4	7183697.1	677650.1	7183697.6
29	677646.3	7183699.3	677646.6	7183699.2	677649.0	7183698.1	677648.3	7183698.4
29	677652.4	7183696.6	677651.6	7183697.0	677651.6	7183697.0	677652.1	7183696.8
30	677651.4	7183697.1	677652.1	7183696.8	677652.1	7183696.8	677651.4	7183697.1
30	677649.0	7183698.1	677649.0	7183698.1	677648.5	7183698.3	677650.1	7183698.6
30	677652.4	7183696.6	677651.6	7183697.0	677651.6	7183697.0	677651.6	7183697.0
31	677652.1	7183696.8	677652.1	7183696.8	677636.1	7183703.6	677652.8	7183696.5
31	677642.1	7183701.1	677642.1	7183701.1	677641.9	7183701.2	677646.7	7183699.1
31	677652.1	7183696.8	677651.6	7183697.0	677652.1	7183696.8	677652.4	7183696.6
32	677651.3	7183697.1	677651.4	7183697.1	677651.3	7183697.1	677651.3	7183697.1
32	677646.2	7183699.3	677646.5	7183699.2	677646.2	7183699.3	677647.4	7183698.8
32	677644.3	7183700.1	677652.0	7183696.8	677646.3	7183699.3	677645.1	7183699.8
33	677645.1	7183699.8	677645.1	7183699.8	677642.7	7183700.8	677650.0	7183697.7
33	677642.4	7183701.0	677646.0	7183699.4	677642.4	7183701.0	677642.1	7183701.1
33	677652.1	7183696.8	677650.9	7183697.3	677652.0	7183696.8	677648.8	7183698.2
34	677651.2	7183697.2	677651.2	7183697.2	677641.6	7183701.3	677651.4	7183697.1
34	677646.1	7183699.4	677646.1	7183699.4	677646.7	7183699.1	677647.4	7183698.8
34	677652.4	7183696.6	677645.1	7183699.8	677652.4	7183696.6	677646.3	7183699.3
35	677651.4	7183697.1	677651.4	7183697.1	677652.6	7183696.6	677651.3	7183697.1
35	677640.2	7183701.9	677640.2	7183701.9	677640.2	7183701.9	677641.9	7183701.2
35	677650.9	7183697.3	677651.6	7183697.0	677652.4	7183696.6	677652.1	7183696.8
36	677652.6	7183696.6	677651.3	7183697.1	677652.6	7183696.6	677651.3	7183697.1
36	677645.7	7183699.6	677645.8	7183699.5	677642.4	7183701.0	677640.2	7183701.9
36	677646.3	7183699.3	677648.8	7183698.2	677652.0	7183696.8	677652.4	7183696.6
37	677648.8	7183698.2	677642.3	7183701.0	677648.8	7183698.2	677648.8	7183698.2
37	677646.7	7183699.1	677646.3	7183699.3	677646.7	7183699.1	677647.4	7183698.8
37	677644.3	7183700.1	677652.4	7183696.6	677646.3	7183699.3	677646.3	7183699.3
38	677645.1	7183699.8	677642.7	7183700.8	677645.1	7183699.8	677642.7	7183700.8
38	677642.4	7183701.0	677641.9	7183701.2	677642.4	7183701.0	677642.4	7183701.0
38	677646.3	7183699.3	677640.5	7183701.7	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1
39	677645.8	7183699.5	677649.1	7183698.1	677649.1	7183698.1	677651.2	7183697.2
39	677646.2	7183699.3	677647.4	7183698.8	677646.3	7183699.3	677646.7	7183699.1
39	677646.3	7183699.3	677648.8	7183698.2	677646.3	7183699.3	677648.8	7183698.2
40	677641.6	7183701.3	677642.3	7183701.0	677636.1	7183703.6	677639.1	7183702.4
40	677641.9	7183701.2	677636.8	7183704.4	677637.8	7183703.8	677641.9	7183701.2
40	677646.3	7183699.3	677642.6	7183700.9	677645.1	7183699.8	677644.3	7183700.1
41	677641.6	7183701.3	677640.8	7183701.6	677648.8	7183698.2	677641.6	7183701.3

**Tabela 23** continuação da página anterior

<b>Ponto</b>	<b>5s (t1)</b>		<b>10s(t2)</b>		<b>15s (t3)</b>		<b>20s (t4)</b>	
	<b>X1</b> <b>(m)</b>	<b>Y1</b> <b>(m)</b>	<b>X2</b> <b>(m)</b>	<b>Y2</b> <b>(m)</b>	<b>X3</b> <b>(m)</b>	<b>Y3</b> <b>(m)</b>	<b>X4</b> <b>(m)</b>	<b>Y4</b> <b>(m)</b>
41	677645.8	7183699.5	677646.1	7183699.4	677646.1	7183699.4	677646.2	7183699.3
41	677640.7	7183701.7	677640.5	7183701.7	677640.7	7183701.7	677640.5	7183701.7
42	677645.1	7183699.8	677645.1	7183699.8	677650.0	7183697.7	677645.1	7183699.8
42	677646.0	7183699.4	677646.2	7183699.3	677642.1	7183701.1	677645.7	7183699.6
42	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9
43	677642.3	7183701.0	677645.8	7183699.5	677645.1	7183699.8	677645.8	7183699.5
43	677646.2	7183699.3	677646.7	7183699.1	677646.3	7183699.3	677646.7	7183699.1
43	677644.3	7183700.1	677645.1	7183699.8	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1
44	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677642.7	7183700.8	677642.7	7183700.8
44	677646.0	7183699.4	677640.2	7183701.9	677646.0	7183699.4	677646.3	7183699.3
44	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1	677640.5	7183701.7	677642.6	7183700.9
45	677640.8	7183701.6	677641.6	7183701.3	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6
45	677646.6	7183699.2	677646.6	7183699.2	677646.5	7183699.2	677648.5	7183698.3
45	677644.3	7183700.1	677645.1	7183699.8	677644.3	7183700.1	677644.3	7183700.1
46	677642.3	7183701.0	677642.7	7183700.8	677642.3	7183701.0	677642.7	7183700.8
46	677645.7	7183699.6	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2
46	677640.5	7183701.7	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9
47	677638.0	7183703.0	677639.1	7183702.4	677638.0	7183703.0	677640.3	7183701.9
47	677646.3	7183699.3	677646.7	7183699.1	677646.3	7183699.3	677646.8	7183699.1
47	677640.7	7183701.7	677640.5	7183701.7	677640.7	7183701.7	677642.6	7183700.9
48	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6
48	677646.6	7183699.2	677646.5	7183699.2	677648.5	7183698.3	677646.8	7183699.1
48	677646.3	7183699.3	677638.8	7183702.6	677645.1	7183699.8	677645.1	7183699.8
49	677640.8	7183701.6	677640.3	7183701.9	677638.4	7183702.9	677636.1	7183703.6
49	677646.2	7183699.3	677645.8	7183699.5	677646.2	7183699.3	677642.4	7183701.0
49	677638.2	7183702.9	677638.8	7183702.6	677639.6	7183702.2	677637.4	7183703.4
50	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677639.1	7183702.4	677639.1	7183702.4
50	677646.0	7183699.4	677646.0	7183699.4	677646.3	7183699.3	677646.1	7183699.4
50	677640.5	7183701.7	677640.5	7183701.7	677639.6	7183702.2	677640.5	7183701.7
51	677638.0	7183703.0	677638.2	7183702.9	677640.8	7183701.6	677639.1	7183702.4
51	677646.0	7183699.4	677645.7	7183699.6	677646.2	7183699.3	677646.2	7183699.3
51	677638.5	7183702.8	677640.5	7183701.7	677638.8	7183702.6	677638.8	7183702.6
52	677638.0	7183703.0	677636.1	7183703.6	677638.0	7183703.0	677636.1	7183703.6
52	677645.7	7183699.6	677645.8	7183699.5	677637.0	7183703.8	677640.2	7183701.9
52	677640.7	7183701.7	677637.4	7183703.4	677640.7	7183701.7	677638.8	7183702.6
53	677651.8	7183697.0	677652.1	7183696.8	677649.1	7183698.1	677651.8	7183697.0
53	677636.5	7183704.4	677646.1	7183699.4	677649.0	7183698.1	677636.8	7183704.4
53	677650.9	7183697.3	677648.8	7183698.2	677652.4	7183696.6	677652.9	7183696.5
54	677650.0	7183697.7	677651.2	7183697.2	677649.1	7183698.1	677649.1	7183698.1
54	677637.8	7183703.8	677646.6	7183699.2	677646.1	7183699.4	677647.4	7183698.8
54	677648.8	7183698.2	677652.0	7183696.8	677646.3	7183699.3	677652.0	7183696.8
55	677652.8	7183696.5	677651.8	7183697.0	677652.1	7183696.8	677652.8	7183696.5

**Tabela 23** continuação da página anterior

<b>Ponto</b>	<b>5s (t1)</b>		<b>10s(t2)</b>		<b>15s (t3)</b>		<b>20s (t4)</b>	
	<b>X1</b> <b>(m)</b>	<b>Y1</b> <b>(m)</b>	<b>X2</b> <b>(m)</b>	<b>Y2</b> <b>(m)</b>	<b>X3</b> <b>(m)</b>	<b>Y3</b> <b>(m)</b>	<b>X4</b> <b>(m)</b>	<b>Y4</b> <b>(m)</b>
55	677646.7	7183699.1	677646.8	7183699.1	677646.8	7183699.1	677646.5	7183699.2
55	677652.8	7183696.4	677651.6	7183696.0	677652.8	7183696.4	677652.8	7183696.4
56	677651.8	7183697.0	677652.1	7183696.8	677651.8	7183697.0	677651.8	7183697.0
56	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.6	7183699.2
56	677652.8	7183696.4	677652.8	7183696.4	677652.8	7183696.4	677651.6	7183696.0
57	677652.8	7183696.5	677651.3	7183697.1	677649.1	7183698.1	677645.1	7183699.8
57	677646.1	7183699.4	677646.0	7183699.4	677646.0	7183699.4	677646.2	7183699.3
57	677651.6	7183697.0	677652.4	7183696.6	677651.6	7183697.0	677651.6	7183697.0
58	677649.1	7183698.1	677651.3	7183697.1	677645.8	7183699.5	677651.3	7183697.1
58	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.3	7183699.3
58	677646.3	7183699.3	677652.4	7183696.6	677652.0	7183696.8	677651.6	7183697.0
59	677652.8	7183696.5	677652.8	7183696.5	677652.8	7183696.5	677651.4	7183697.1
59	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.8	7183699.1	677646.5	7183699.2
59	677651.6	7183697.0	677646.3	7183699.3	677650.9	7183697.3	677645.1	7183699.8
60	677651.4	7183697.1	677651.3	7183697.1	677651.3	7183697.1	677651.3	7183697.1
60	677646.8	7183699.1	677646.7	7183699.1	677647.4	7183698.8	677647.4	7183698.8
60	677650.9	7183697.3	677650.9	7183697.3	677650.9	7183697.3	677646.3	7183699.3
61	677650.0	7183697.7	677651.3	7183697.1	677651.4	7183697.1	677651.4	7183697.1
61	677646.5	7183699.2	677646.1	7183699.4	677646.3	7183699.3	677646.7	7183699.1
61	677644.3	7183700.1	677650.9	7183697.3	677652.1	7183696.8	677645.1	7183699.8
62	677645.8	7183699.5	677642.7	7183700.8	677648.8	7183698.2	677648.8	7183698.2
62	677646.2	7183699.3	677646.5	7183699.2	677647.4	7183698.8	677648.5	7183698.3
62	677652.1	7183696.8	677652.1	7183696.8	677652.1	7183696.8	677652.1	7183696.8
63	677651.3	7183697.1	677650.0	7183697.7	677651.3	7183697.1	677651.4	7183697.1
63	677645.7	7183699.6	677640.2	7183701.9	677645.7	7183699.6	677646.0	7183699.4
63	677645.1	7183699.8	677642.6	7183700.9	677640.7	7183701.7	677640.7	7183701.7
64	677652.8	7183696.5	677641.6	7183701.3	677650.0	7183697.7	677639.1	7183702.4
64	677648.5	7183698.3	677646.6	7183699.2	677647.4	7183698.8	677647.4	7183698.8
64	677652.1	7183696.8	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9
65	677648.8	7183698.2	677645.8	7183699.5	677645.8	7183699.5	677648.8	7183698.2
65	677642.1	7183701.1	677641.9	7183701.2	677645.7	7183699.6	677641.9	7183701.2
65	677650.9	7183697.3	677648.8	7183698.2	677646.3	7183699.3	677645.1	7183699.8
66	677648.8	7183698.2	677642.3	7183701.0	677641.6	7183701.3	677642.7	7183700.8
66	677646.2	7183699.3	677646.1	7183699.4	677646.8	7183699.1	677646.7	7183699.1
66	677644.3	7183700.1	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1	677642.6	7183700.9
67	677642.3	7183701.0	677642.3	7183701.0	677642.3	7183701.0	677641.6	7183701.3
67	677646.1	7183699.4	677646.2	7183699.3	677646.2	7183699.3	677646.1	7183699.4
67	677640.7	7183701.7	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1	677646.3	7183699.3
68	677645.1	7183699.8	677645.8	7183699.5	677645.8	7183699.5	677645.1	7183699.8
68	677646.1	7183699.4	677646.1	7183699.4	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2
68	677640.7	7183701.7	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9	677642.6	7183700.9
69	677642.3	7183701.0	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677642.3	7183701.0

**Tabela 23** continuação da página anterior

<b>Ponto</b>	<b>5s (t1)</b>		<b>10s(t2)</b>		<b>15s (t3)</b>		<b>20s (t4)</b>	
	<b>X1</b> <b>(m)</b>	<b>Y1</b> <b>(m)</b>	<b>X2</b> <b>(m)</b>	<b>Y2</b> <b>(m)</b>	<b>X3</b> <b>(m)</b>	<b>Y3</b> <b>(m)</b>	<b>X4</b> <b>(m)</b>	<b>Y4</b> <b>(m)</b>
69	677647.4	7183698.8	677646.3	7183699.3	677646.3	7183699.3	677646.3	7183699.3
69	677644.3	7183700.1	677644.3	7183700.1	677645.1	7183699.8	677644.3	7183700.1
70	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677642.3	7183701.0
70	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.5	7183699.2	677646.6	7183699.2
70	677646.3	7183699.3	677646.3	7183699.3	677646.3	7183699.3	677648.8	7183698.2
71	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677639.1	7183702.4
71	677646.0	7183699.4	677645.7	7183699.6	677646.1	7183699.4	677646.2	7183699.3
71	677640.5	7183701.8	677638.8	7183702.6	677640.5	7183701.7	677638.2	7183702.9
72	677641.6	7183701.3	677642.3	7183701.0	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3
72	677642.1	7183701.1	677645.8	7183699.5	677645.8	7183699.5	677645.8	7183699.5
72	677644.3	7183700.1	677639.6	7183702.2	677644.3	7183700.1	677644.3	7183700.1
73	677642.7	7183700.8	677645.1	7183699.8	677645.8	7183699.5	677645.1	7183699.8
73	677646.1	7183699.4	677645.8	7183699.5	677645.8	7183699.5	677645.7	7183699.6
73	677640.7	7183701.7	677642.6	7183700.9	677644.3	7183700.1	677644.3	7183700.1
74	677640.8	7183701.6	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3	677641.6	7183701.3
74	677646.0	7183699.4	677646.0	7183699.4	677642.1	7183701.1	677642.1	7183701.1
74	677640.5	7183701.8	677642.6	7183700.9	677639.6	7183702.2	677640.5	7183701.7
75	677636.1	7183703.6	677638.3	7183702.9	677638.0	7183703.0	677638.4	7183702.9
75	677645.8	7183699.5	677642.4	7183701.0	677642.4	7183701.0	677645.7	7183699.6
75	677638.8	7183702.6	677637.4	7183703.4	677638.2	7183702.9	677638.5	7183702.8
76	677640.8	7183701.6	677641.6	7183701.3	677640.8	7183701.6	677641.6	7183701.3
76	677640.2	7183701.9	677637.0	7183703.8	677646.0	7183699.4	677642.4	7183701.0
76	677637.4	7183703.4	677637.4	7183703.4	677639.6	7183702.2	677639.6	7183702.2
77	677640.3	7183701.9	677640.8	7183701.6	677638.2	7183702.9	677640.3	7183701.9
77	677641.9	7183701.2	677640.2	7183701.9	677637.8	7183703.8	677641.9	7183701.2
77	677637.4	7183703.4	677637.4	7183703.4	677640.7	7183701.7	677638.5	7183702.8
78	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6	677640.8	7183701.6
78	677645.8	7183699.5	677640.2	7183701.9	677640.2	7183701.9	677640.2	7183701.9
78	677638.2	7183702.9	677639.6	7183702.2	677638.8	7183702.6	677638.2	7183702.9

## ANEXO B – ALGORITMO DE POSICIONAMENTO INDOOR

```

1 %%%%%%
2 % POSICIONA INDOOR %
3 %%%%%%
4
5 clear all
6 clc
7
8 %%%%%%
9 % entrada:
10 %%%%%%
11
12 entrada = dlmread('CHECK_POINTS_UFPR_E9_90.txt');
13 entrada2 = dlmread('CHECK_POINTS_LABCARTO.txt');
14 entrada3 = dlmread('CHECK_POINTS_UFPR_E7_40.txt');
15
16 %%%%%%
17 % consulta mapas:
18 %%%%%%
19
20 mapa = dlmread('MAPA_RSSI_UFPR_SEM_FIO_E9_90.txt');
21 X = mapa(:,1);
22 Y = mapa(:,2);
23 z = mapa(:,3);
24
25 for i = 1:78;
26 [neighbors distances] = kNearestNeighbors(z, entrada(i,4),1); % FUNAO QUE SELECCIONA
   O VALOR IGUAL OU MAIS PR XIMO AO DE ENTRADA
27 e = mapa(neighbors,3);
28 [k,p] = find(mapa==e);
29 ii=k(1);
30 ie=k(end);
31 xi = mapa(ii:ie,1); % lista de coordenadas 'x'
32 yi = mapa(ii:ie,2); % lista de coordenadas 'y'
33 x = mean(xi); % Coordenada 'x' determinada pela media de 'px'
34 y = mean(yi); % Coordenada 'y' determinada pela media de 'py'
35 fprintf('%f %f \n', x, y)
36 end
37
38 mapa2 = dlmread('MAPA_RSSI_LABCARTO.txt');
39 X2 = mapa2(:,1);
40 Y2 = mapa2(:,2);
41 z2 = mapa2(:,3);
42

```

```

43 for r = 1:78
44 [neighbors2 distances] = kNearestNeighbors(z2,entrada2(r,4),1);
45 e2 = mapa2(neighbors2,3);
46 [i2,j2] = find(mapa2==e2);
47 ii2=i2(1);
48 ie2=i2(end);
49 xi2 = mapa2(ii2:ie2,1);
50 yi2 = mapa2(ii2:ie2,2);
51 x2 = mean(xi2);
52 y2 = mean(yi2);
53 fprintf(' %f %f \n', x2, y2)
54 end
55
56 mapa3 = dlmread('MAPA_RSSI_UFPR_SEM_FIO_E7_40.txt');
57 X3 = mapa3(:,1);
58 Y3 = mapa3(:,2);
59 z3 = mapa3(:,3);
60
61 for s = 1:78
62 [neighbors3 distances] = kNearestNeighbors(z3,entrada3(s,4),1);
63 e3 = mapa3(neighbors3,3);
64 [i3,j3] = find(mapa3==e3);
65 ii3=i3(1);
66 ie3=i3(end);
67 xi3 = mapa3(ii3:ie3,1);
68 yi3 = mapa3(ii3:ie3,2);
69 x3 = mean(xi3);
70 y3 = mean(yi3);
71 fprintf(' %f %f \n', x3, y3)
72 end
73
74 %%%%%%%%%%%%%%
75 % seleciona coordenadas
76 %%%%%%%%%%%%%%
77
78 xi = mapa(ii:ie,1); % lista de coordenadas 'x'
79 yi = mapa(ii:ie,2); % lista de coordenadas 'y'
80 xi2 = mapa2(ii2:ie2,1);
81 yi2 = mapa2(ii2:ie2,2);
82 xi3 = mapa3(ii3:ie3,1);
83 yi3 = mapa3(ii3:ie3,2);
84
85 x = mean(xi) % Coordenada 'x' determinada pela media de 'px'
86 y = mean(yi) % Coordenada 'y' determinada pela media de 'py'
87 x2 = mean(xi2);
88 y2 = mean(yi2);
89 x3 = mean(xi3);

```

```

90 y3 = mean(yi3);
91
92 %%%%%%%%%%%%%%
93 % coordenada final:
94 %%%%%%%%%%%%%%
95
96 xf = (x+x2+x3)/3;
97 yf = (y+y2+y3)/3;
98
99
100 %%%%%%%%%%%%%%
101 % Plotagem do Mapa:
102 %%%%%%%%%%%%%%
103
104 X = mapa(:,1); % separa a coordenada X
105 Y = mapa(:,2); % separa a coordenada Y
106 Z = mapa(:,3); % separa a coordenada Z -> (RSSI)
107
108 xi = linspace(min(X),max(X),100); % vetor c/ coordenadas max,min e resolu ao
109 yi = linspace(min(Y),max(Y),100); % vetor c/ coordenadas max,min e resolu ao
110
111 [E N] = meshgrid(xi,yi);
112 rss = griddata(X,Y,Z,E,N);
113 figure
114 surf(E,N,rss) % plotagem do mapa
115
116 %%%%%%%%%%%%%%
117 % Plotagem do Mapa 2:
118 %%%%%%%%%%%%%%
119
120 X2 = mapa2(:,1); % separa a coordenada X
121 Y2 = mapa2(:,2); % separa a coordenada Y
122 Z2 = mapa2(:,3); % separa a coordenada Z -> (RSSI)
123
124 xi2 = linspace(min(X2),max(X2),100); % vetor c/ coordenadas max,min e resolu ao
125 yi2 = linspace(min(Y2),max(Y2),100); % vetor c/ coordenadas max,min e resolu ao
126
127 [E N] = meshgrid(xi2,yi2);
128 rss = griddata(X2,Y2,Z2,E,N);
129 figure(2)
130 surf(E,N,rss) % plotagem do mapa
131
132 %%%%%%%%%%%%%%
133 % Plotagem do Mapa 3:
134 %%%%%%%%%%%%%%
135
136 X3 = mapa3(:,1); % separa a coordenada X

```

```
137 Y3 = mapa3(:,2); % separa a coordenada Y
138 Z3 = mapa3(:,3); % separa a coordenada Z -> (RSSI)
139
140 xi3 = linspace(min(X3),max(X3),100); % vetor c/ coordenadas max,min e resolu ao
141 yi3 = linspace(min(Y3),max(Y3),100); % vetor c/ coordenadas max,min e resolu ao
142
143 [E N] = meshgrid(xi3,yi3);
144 rss = griddata(X3,Y3,Z3,E,N);
145 figure(3)
146 surf(E,N,rss) % plotagem do mapa
```