

Marco Enrique dos Santos Abensur  
Daniel Nery Silva de Oliveira

# **Warehouse Managment System Posicional**

São Paulo  
2019

Marco Enrique dos Santos Abensur  
Daniel Nery Silva de Oliveira

## **Warehouse Managment System Posicional**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
Título de Engenheiro Eletricista.

São Paulo  
2019

Marco Enrique dos Santos Abensur  
Daniel Nery Silva de Oliveira

## **Warehouse Managment System Posicional**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
Título de Engenheiro Eletricista.

Área de Concentração:  
Engenharia Elétrica

Orientador: Gustavo Rehder Pamplona  
Coorientador: Carlos Eduardo Cugnasca

São Paulo  
2019

# Resumo

O estudo de técnicas de localização indoor e outdoor tem crescido muito nos últimos anos. Com a informação da localização de algum ativo em um ambiente controlado, processos podem ser simplificados e dados valiosos podem ser obtidos para os mais variados usos, desde a localização de algum aparelho médico em um hospital, até o de mercadorias em um armazém que é o foco do presente trabalho. Sabendo-se localização de todos os ativos em um armazém, pode-se fazer um uso inteligente desses dados, de forma a otimizar espaço e tempo, o que é essencial para companhias do ramo. O trabalho será feito em um armazém da *Samsung SDS Cello Logistics* onde as localizações para armazenamento de produtos não são fixas e nem delimitadas. Para solucionar o problema, levando-se em conta custos, eficiência energética e precisão, o uso do Bluetooth low energy 5 (BLE) se mostra como a atual solução mais adequada quando em comparação com outras tecnologias, permitindo precisões de menos de 2m a baixos custos.

**Palavras-Chave** – Indoor Location, Bluetooth Low Energy, Warehouse Managment System.

# Abstract

The study of indoor and outdoor localization techniques has grown a lot in recent years. With information about the location of an asset in a controlled environment, processes can be simplified and valuable data can be obtained for a variety of uses, from tracking medical devices in a hospital, to tracking assets in warehouses, which is the focus of this work. With location data of all assets in a warehouse, it is possible to optimize space and time, which is essential for companies in this field. The work will be done in a warehouse of *Samsung SDS Cello Logistics* where the locations for assets storage are neither fixed nor bounded. In order to solve the problem, taking into account costs, energy efficiency and precision, the use of Bluetooth low energy 5 (BLE) is shown as the most adequate solution when compared to other technologies, allowing for precision of less than 2m and low costs.

**Keywords** – Indoor Location, Bluetooth Low Energy, Warehouse Managment System.

# Sumário

	<b>Sumário . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>NECESSIDADE . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>PROBLEMA . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>ÁRVORE DE OBJETIVOS . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>ESTADO DA ARTE . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>5.1</b>	<b>Técnicas de localização . . . . .</b>	<b>11</b>
5.1.1	Angle of Arrival . . . . .	12
5.1.2	Time of Arrival . . . . .	13
5.1.3	Time Difference of Arrival (TDOA) . . . . .	13
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>14</b>

# 1 Introdução

A função primária de um armazém é receber mercadorias de uma fonte, guardar até ser requerido, e enviar para o usuário apropriado quando exigido (1). É uma parte fundamental da cadeia de suprimentos de qualquer rede de mercadorias.

Nos últimos anos, os armazéns vêm cada vez mais enfrentando maiores demandas por custo e produtividade. Estão se tornando uma parte vital para muitas empresas, porém sua complexidade também está aumentando. Consequentemente, o planejamento e controle dos processos de um armazém, também conhecido como *warehouse management*, tem se tornado uma tarefa desafiadora (2).

Nesse contexto, diversas soluções estão sendo buscadas para abaixar os custos, aumentar a produtividade, e melhorar o planejamento dos processos. Um ponto de melhoria, é a localização de ativos em um armazém. Com dados precisos da localização de todos os ativos em tempo real é possível utilizar algoritmos que visam melhorar a eficiência do armazém. Os ambientes de armazém, podem ser os mais variados, desde armazéns indoor em ambientes mais controlados, até armazéns outdoor em que espaços são compartilhados entre várias empresas.

Para a realização da localização de produtos em um local indoor e outdoor, diversas tecnologias, técnicas e algoritmos podem ser utilizados, cada um com seus aspectos positivos e negativos, e a escolha de um em detrimento de outro pode levar em conta diversos aspectos. As principais tecnologias utilizadas para a localização são: infravermelho (IR), ultra-som, som audível, sensores magnéticos, sensores óptico, radiofrequência (RF) e luz visível. As tecnologias de RF incluem Bluetooth, banda ultralarga (UWB), wireless sensor network (WSN), rede Local sem fio (WLAN), identificação por radiofrequência (RFID), Near Field Communication (NFC), WiFi, entre outros. Já as técnicas de estimativa de localização incluem: Angle of Arrival (AOA), Time of Arrival (TOA), Time Difference of Arrival (TDOA) and Received Signal Strength Indication (RSSI). (3, 4)

Essa pesquisa é motivada pela *Samsung SDS Cello Logistics* para a localização de seus ativos em um armazém localizado no Porto de Tubarões no Espírito Santo. Dada a conjuntura do espaço físico de tal porto, somado com os baixos consumos energéticos do Bluetooth, seus baixos custos, e sua alta portabilidade e facilidade de desenvolvimento, tal tecnologia foi escolhida para o desenvolvimento do trabalho, como será demonstrado nas próximas partes.

## 2 Necessidade

À medida que mais empresas buscam cortar custos e melhorar a produtividade dentro de seus armazéns e centros de distribuição, a etapa de coleta tem se tornado um caso de estudo cada vez mais detalhado. *Order Picking* (Coleta de pedidos) - o processo de coleta de produtos do estoque em resposta ao pedido de um cliente - é a operação mais trabalhosa em armazéns com sistemas manuais e uma operação muito intensiva em armazéns com sistemas automatizados. Por essas razões, os profissionais de armazenamento consideram a coleta de pedidos como a área de prioridade máxima para melhorias de produtividade (5). Nesse contexto de busca de melhorias para a coleta e consequente aumento de produtividade, se encaixam as necessidades do estudo em questão de criar métodos melhores de localização de produtos em um armazém, de forma a otimizar a coleta e estoque de produtos.

No sistema atual, de estoque e coleta do espaço da Samsung, códigos de barra em localidades fixas, são utilizados para a demarcação da localização em que um produto foi estocado. Entretanto, tal método não está se mostrando efetivo em um porto outdoor, com espaços para armazenamento que podem mudar a cada chegada de um novo contêiner e que estão sujeitos à adversidades climáticas. Tal situação exigiu a busca de novas soluções para a localização de produtos a fim de manter padrões elevados de produtividade.



### 3 Problema

O problema consiste em implementar soluções para a localização de ativos em um espaço físico de um armazém. O problema de localização outdoor para espaços sem muitos obstáculos, já tem como padrão a tecnologia de GPS, entretanto, quando se trata de espaços outdoor com muitos obstáculos ou espaços indoor, diversas tecnologias são levantadas com aspectos positivos e negativos (6), porém a escolha de uma em relação a outra depende do problema em questão

Os principais parâmetros para um sistema ideal de localização, incluem o sistema estar disponível atualmente em dispositivos de usuários, ser econômico, ser energeticamente eficiente, possuir uma ampla faixa de recepção, alta precisão de localização, baixa latência e alta escalabilidade (4).

O problema é que cada tecnologia em conjunto com a aplicação a que se destina pode não apresentar uma ou mais das características ideais desejáveis. Assim, nesse trabalho, será encontrado a solução que melhor se adeque aos parâmetros de um sistema de localização ideal para o armazém específico da Sansung em que o trabalho será feito.

Além disso, o sistema proposto deverá ser facilmente integrável com o *warehouse management system* (WMS) em uso no armazém em questão, de forma a minimizar mudanças na infraestrutura do armazém. Grandes mudanças implicam em custos adicionais, o que é um grande problema em termos comerciais.

## 4 Árvore de Objetivos

Árvore de objetivos: é a representação gráfica do objetivo central do projeto (tronco), dos meios para alcançá-lo (raízes) e dos efeitos positivos que o alcance dos objetivos provoca na população-alvo (galhos e folhas). [7]

Tal ferramenta é importante para definição de objetivos claros a serem seguidos no projeto e auxiliam no desenvolvimento futuro do projeto.

A seguir pode-se ver a árvore de objetivos do presente projeto:



Figura 1 – Árvore de objetivos do projeto. Em colchetes os tempos de dedicação para cada parte

## 5 Estado da Arte

Esta parte se focará nas mais modernas tecnologias e técnicas para a realização da localização de ativos em um ambiente. Em primeiro lugar é importante fazer uma diferenciação entre a localização de ativos em ambientes outdoor e indoor.

A localização indoor é o termo dado para a localização em ambientes com muitos obstáculos, paredes e teto. Em contraste, a localização outdoor, acontece em ambientes abertos com poucos obstáculos e paredes. Justamente, por introduzir obstáculos, a localização indoor apresenta mais desafios em relação à outdoor. O ambiente em que o trabalho será feito, é um porto a céu aberto, entretando diversos obstáculos e paredes fazem parte desse ambiente, fazendo do problema mais similar com problemas de localização indoor. geralmente, soluções de localização indoor precisam tomar mais cuidado com precisão, economia de energia, alcance limitado e interferências. Aspectos os quais serão necessários no problema em questão. Tais técnicas, em ambientes sem o obstáculo a mais imposto por um teto, podem alcançar resultados ainda melhores. Desse forma, a partir de agora, o texto se focará mais no estado-da-arte de tecnologias e técnicas desenvolvidas para ambientes indoor que serão as necessárias para esse trabalho.

### 5.1 Técnicas de localização

Existe uma variedade de técnicas e algoritmos para obter informações a partir das propriedades de um sinal recebido por um receptor. Os algoritmos usados em sistemas de localização, traduzem as propriedades de um sinal recebido em distâncias e ângulos, os quais são posteriormente usados para o cálculo da localização real de um determinado objeto [8]. Abaixo uma imagem que resume as principais propriedades de sinal analisadas e os principais algoritmos utilizados para a localização:

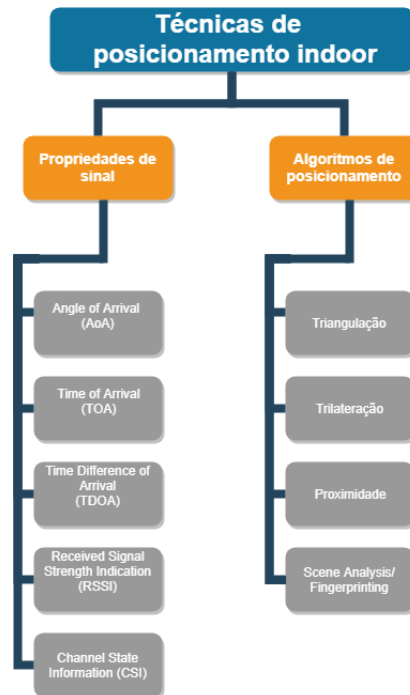


Figura 2 – Técnicas localização indoor

### 5.1.1 Angle of Arrival

Angle of Arrival (AoA), ou em português, ângulo de chegada é o ângulo em que o sinal transmitido chega ao receptor. Abordagens baseadas no AoA, usam matrizes de antenas e exploram a diferença de fase das ondas recebidas em cada elemento dessa matriz. E com tal informação é possível estimar o AoA. Na figura 3 mostra-se uma representação gráfica do processo.

Essa abordagem para estimativa do ângulo de chegada do sinal, geralmente envolve um hardware mais sofisticado quando em comparação com outras propriedades do sinal. Entretanto, com a informação do ângulo de chegada, algoritmos conseguem estimar uma localização com muito mais precisão.(3)

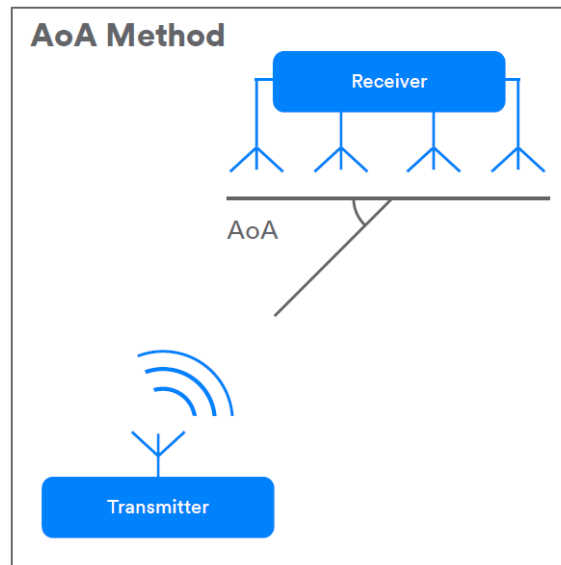


Figura 3 – Angle of Arrival (AoA)

### 5.1.2 Time of Arrival

Time of Flight (ToF) também chamado de Time of Arrival (ToA) é uma técnica que explora o tempo transcorrido para o sinal emitido pelo transmissor chegar ao receptor. Multiplicando-se esse tempo pela velocidade de propagação da luz  $c = 3 \cdot 10^8$  é possível achar a distância entre o sinal recebido e o sinal transmitido. Entretanto essa técnica ainda não é muito precisa, devido as dimensões muito pequenas de tempo envolvidas em aplicações de curta distância. [9]

### 5.1.3 Time Difference of Arrival (TDOA)

# Referências

- 1 TOMPKINS, J.; SMITH, J. *The Warehouse Management Handbook*. Raleigh, North Carolina: Tompkins Press, 1998.
- 2 FABER, N. *Structuring Warehouse Management*. [S.l.: s.n.].
- 3 A state-of-the-art survey of indoor positioning and navigation systems and technologies.
- 4 A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies.
- 5 DESIGN and control of warehouse order picking: A literature review.
- 6 SELECTION of Technology for Building an Indoor Localization and Tracking System.