

ESTUDO COMPARATIVO DAS TECNOLOGIAS PARA MONITORAMENTO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES

COMPARATIVE STUDY OF THE TECHNOLOGIES FOR MONITORING HOSPITAL MEDICAL EQUIPMENT

João Paulo Ribeiro dos Santos
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru
E-mail: joaopauloribeiro.92@hotmail.com

Vinicius Tadeu Ramires
Tecgº Projeto, Manutenção e Operação de Equipamento Médico Hospitalar;
Mestre em Biotecnologia Médica. Docente na Fatec Bauru
E-mail: vinicius.ramires@fatec.sp.gov.br

RESUMO: A falta de controle de equipamentos médicos hospitalares (EMH) é um dos problemas recorrentes em ambientes hospitalares uma vez que após o paciente não necessitar mais do uso desta tecnologia a mesma é armazenada e passar a ficar ociosa. O estudo tem como objetivo, identificar tecnologias capazes de controlar e monitorar em tempo real cada EMH existente dentro do prédio em que foi implantado. A ideia principal é encontrar uma solução onde o responsável pela gestão de equipamentos tenha fácil acesso e praticidade para realizar o monitoramento dos mesmos, podendo ser feito em qualquer local em tempo real. No estudo realizado, foram encontradas tecnologias que possibilitam a monitoração e localização dos equipamentos em questão, são eles: Bluetooth de baixa energia (BLE), Sistema *Radio-Frequency IDentification* (RFID), do ZigBee e do Global Positioning System (GPS). Das tecnologias disponíveis, foram identificadas as principais características técnicas assim como custos para implantação, resultando na indicação do dispositivo ideal para uso em unidades hospitalares.

Palavras-Chaves: Tecnologias. Controle. Monitoramento.

ABSTRACT: The lack of control of hospital medical equipment (EMH) is one of the recurring problems in hospital environments since after the patient no longer needs the use of this technology it is stored and become idle. [The study aims to identify technologies able to control and monitor in real time each existing within the EMH building was](#) deployed. The main idea is to find a solution where the person in charge of the equipment management has easy access and practicality to carry out the monitoring of the same, being able to be done in any place in real time. In the study, were found technologies that enable monitoring and location of the equipment in question, are they: Bluetooth Low Energy (BLE), System *Radio-Frequency IDentification* (RFID), ZigBee and Global Positioning System (GPS). From the available technologies, the main

technical characteristics as well as costs for implantation were identified, resulting in the indication of the ideal device for use in hospital units.

Keywords: Technologies. Control. Monitoring.

• INTRODUÇÃO

Segundo dados do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) existem hoje no Brasil, 325.128 estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) cadastrados, abrigando em torno de 1.900.000 equipamentos médicos hospitalares.

Um dos principais problemas encontrados na gestão de uma EAS, é o controle e monitoramento de seu parque tecnológico. Como principal estratégia é utilizada a adoção de um sistema de codificação e identificação de bens patrimoniais.

Classificar os bens dentro de suas peculiaridades e funções tem como finalidade facilitar o processo e posteriormente dar-lhes um código que os identifique quanto aos seus tipos, usos, finalidades, datas de aquisição, propriedades e sequência de aquisição. Com a codificação do bem é possível ter um registro que informará todo o seu histórico, tais como preço inicial, localização, vida útil esperada, valor depreciado, valor residual, manutenção realizada e previsão de sua substituição (SALDANHA ET AL. 2007).

Segundo Saldanha et al. (2007) codificar um material significa representar todas as informações necessárias, suficientes e desejadas por meio de números e/ou letras, com base na classificação obtida do material.

Para a execução da identificação e o controle de um bem patrimonial na área da saúde, existem normas e leis a serem cumpridas de acordo as exigências feitas pelo Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS), são elas: I – Lei n. 8.666/93, Cap. I, Seção VI, Art. 17, Inc. II – Das alienações; Lei n. 4.320/64, Cap. III – Da contabilização patrimonial, Art. 94, 95 e 96; LRF: Lei Complementar n. 101/00, Art. 44 e 45.

Na prática significa dizer que o sistema de controle patrimonial deverá controlar as contas patrimoniais do imobilizado pelo seu valor de custo (aquisição) e as contas de ajuste de variação patrimonial (valor de mercado), efetuar o cálculo de depreciação fiscal (pela taxa de depreciação conforme a Instrução Normativa da Receita Federal 162/98) e o cálculo da depreciação econômica (vida útil econômica dos bens) e emitir os relatórios demonstrativos.

Atualmente o Sistemas Único de Saúde (SUS) possui quase 2 milhões de equipamentos cadastrados é imperativo que o monitoramento e rastreabilidade devem passar por processo de renovação e atualização, onde as típicas placas metálicas passaram a dar lugar a dispositivos monitorados remotamente que possibilitaram análise em tempo real da localização do equipamento e qual seu status de utilização. (CNES,2018) Diante desse novo horizonte o presente trabalho visa identificar as principais tecnologias de localização como foco na compatibilidade com as áreas hospitalares e os principais custos envolvidos.

• FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Sistema RFID

A origem da tecnologia *Radio-Frequency Identification* (RFID) remonta à Segunda Guerra Mundial, nos sistemas de radares utilizados por várias nações (Alemanha, Japão, Inglaterra e EUA). Estes radares permitiam que a notificação da aproximação de aviões, mesmo eles ainda estando distantes, facilitando a preparação das defesas contra ataques inimigos. Contudo, não se tinha como identificar aviões inimigos dos amigos. (CIRIACO, 2009).

Este sistema de radar foi desenvolvido pelo físico escocês Sir Robert Alexander Watson-Watt e este mesmo físico desenvolveu, em conjunto com o exército britânico, um sistema para identificação de aeronaves amigas no radar, para tornar realmente efetiva a preparação contra-ataques inimigos. (CIRIACO, 2009).

Assim, foram implantados transmissores em aviões ingleses que davam respostas diferentes ao radar, indicando-os como amigos. Deste modo, estava implantado o primeiro sistema de identificação por rádio frequência. (CIRIACO, 2009).

- **Funcionamento do Sistema RFID**

Um sistema de RFID é composto, basicamente, de uma antena, um transceptor, que faz a leitura do sinal e transfere a informação para um dispositivo leitor, e também um transponder ou etiqueta de RF (rádio frequência), que deverá conter o circuito e a informação a ser transmitida. Estas etiquetas podem estar presentes em pessoas, animais, produtos, embalagens, enfim, em equipamentos diversos. (CIRIACO, 2009).

Assim, a antena transmite a informação, emitindo o sinal do circuito integrado para transmitir suas informações para o leitor, que por sua vez converte as ondas de rádio do RFID para informações digitais. Agora, depois de convertidas, elas poderão ser lidas e compreendidas por um computador para então ter seus dados analisados. (CIRIACO, 2009).

- **Etiquetas RFID**

Existem dois tipos de etiquetas RFID: passiva e ativa.

- **Passiva** – Estas etiquetas utilizam a rádio frequência do leitor para transmitir o seu sinal e normalmente têm com suas informações gravadas permanentemente quando são fabricadas. Contudo, algumas destas etiquetas são “regraváveis”.
- **Ativa** – As etiquetas ativas são muito mais sofisticadas e caras e contam com uma bateria própria para transmitir seu sinal sobre uma distância razoável, além de permitir armazenamento em memória RAM capaz de guardar até 32 KB. (CIRIACO, 2009).

- **Rastreamento de cargas**

Para conferir mais segurança e evitar roubo de cargas, empresas de transporte e logística já vêm implantando o sistema de RFID para rastrear suas cargas. Isso é, acima de tudo, uma medida de segurança, visto que o rastreamento pretende coibir a ação de ladrões, afinal, não importa para onde vá, a carga terá sua posição localizada em tempo real. (CIRIACO, 2009).

- **Identificação biométrica**

Esta tecnologia também pode facilitar a vida das pessoas através de identificações biométricas, como passaportes e documentos de identidades. Desta forma, um chip de RFID seria implantando em um único documento e ali estariam contidas todas as informações básicas a seu respeito: números de documentos, cores dos olhos, altura, impressões digitais, etc. (CIRIACO, 2009).

Assim, além da praticidade na hora de ser identificado, você dispensaria a necessidade de carregar vários documentos para cima e para baixo. Alguns países já utilizam o passaporte biométrico, que funciona exatamente da maneira citada acima. Desta forma, ao entrar em um novo país, através de uma leitura do sinal eles terão todas as informações. (CIRIACO, 2009).

- **Obstáculos ao uso do RFID - Baterias de baixo rendimento**

Outro problema é a vida útil de uma bateria para etiquetas ativas de RFID, que ainda é muito curta, o que geraria um certo transtorno ao invés de comodidade, pois ela precisaria ser repostada em pouco tempo. Além disso, isso impede também o desenvolvimento de processos mais elaborados utilizando a RFID, o que demandaria ainda mais energia de seus dispositivos. (CIRIACO, 2009).

- **Segurança**

Pensando em uma situação em que você carregue seus dados como senhas de cartões, números de documentos e tudo mais, em um dispositivo presente em sua roupa, em seu celular ou em sua mão, a possibilidade de roubo de informações torna-se ainda maior e mais perigosa. (CIRIACO, 2009).

Contra isso alguns estudos vêm sendo realizados e sistemas de criptografia de dados, implementação de códigos e também dispositivos metálicos como “embalagem” das etiquetas têm sido apontados como itens para garantir a segurança e a privacidade do RFID. (CIRIACO, 2009).

2.2. Bluetooth de baixa energia (BLE)

O Bluetooth de baixa energia (BLE) é uma tecnologia sem fio emergente desenvolvida pelo Grupo de Interesse Especial Bluetooth (SIG) para comunicação de curto alcance. Em contraste com as versões anteriores do Bluetooth, o BLE foi projetado como uma solução de baixo consumo de energia para aplicativos de controle e monitoramento. BLE é a característica distintiva da especificação Bluetooth 4.0. (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

Como no Bluetooth clássico, a pilha de protocolos BLE é composta de duas partes principais: o Controlador e o Host. O Controlador compreende a Camada Física e a Camada de Enlace e é tipicamente implementado como um pequeno Sistema-em-Chip (SOC) com um rádio integrado. O Host é executado em um processador de aplicativos e inclui a funcionalidade de camada superior, *ou seja*, o L2CAP (Protocolo de Conexão Lógica e Adaptação), o ATT (Protocolo de atributo), o GATT (Perfil de atributo genérico), o SMP (Protocolo gerenciador de segurança) e o GAP (Perfil genérico de acesso). (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

2.2.1. Camada física

A BLE opera na banda Industrial Scientific Medical (ISM) de 2,4 GHz e define 40 canais de rádio frequência (RF) com espaçamento de canal de 2 MHz. Existem dois tipos de canais BLE RF: canais de publicidade e canais de dados. Os canais de publicidade são usados para a descoberta de dispositivos, o estabelecimento de conexões e a transmissão de difusão, enquanto os canais de dados são usados para comunicação bidirecional entre dispositivos conectados. A sensibilidade do receptor é definida no BLE como o nível de sinal no receptor para o qual uma taxa de erro de bit (BER) de 10^{-3} é alcançada. A especificação BLE exige uma sensibilidade melhor ou igual a -70 dBm. A faixa de cobertura é tipicamente em várias dezenas de metros. (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

2.2.2. Camada de link

O BLE define duas funções de dispositivo na camada de link para uma conexão criada: o mestre e o escravo. Esses são os dispositivos que atuam como iniciador e anunciante durante a criação da conexão, respectivamente. Um mestre pode gerenciar múltiplas conexões simultâneas com escravos diferentes, enquanto cada escravo só pode ser conectado a um mestre. Assim, a rede composta por um mestre e seus escravos, que é chamada de piconet, segue uma topologia em estrela. Atualmente, um dispositivo BLE só pode pertencer a uma piconet. (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

Para economizar energia, os escravos estão no modo de suspensão por padrão e acordam periodicamente para ouvir possíveis recepções de pacotes do mestre. O mestre determina os instantes em que os escravos são obrigados a ouvir e, assim, coordena o acesso ao meio usando um esquema TDMA (Time Division Multiple Access). O mestre também fornece ao escravo as informações necessárias para o algoritmo de salto de frequência (incluindo o mapa dos canais de dados a serem usados) e para a supervisão da conexão. Os parâmetros relacionados com o gerenciamento de uma conexão são transmitidos na mensagem de solicitação de conexão e podem ser atualizados durante a conexão por vários motivos (por exemplo, usando um novo mapa de canal de dados devido a uma alteração do padrão de interferência). (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

As conexões de camada de link usam um mecanismo de controle de fluxo de parada e espera com base em confirmações cumulativas, que, ao mesmo tempo, fornecem recursos de recuperação de erros. Cada cabeçalho de pacote de canal de dados contém dois campos de um bit chamados o Número de Sequência (SN) e o Próximo Número de Sequência Esperado (NESN). O bit SN identifica o pacote, enquanto o NESN indica qual pacote do dispositivo peer deve ser recebido em seguida. Se um dispositivo receber com sucesso um pacote de canal de dados, o NESN de seu próximo pacote será incrementado e esse pacote servirá como um reconhecimento. Caso contrário, se um dispositivo receber um pacote com uma verificação de redundância cíclica inválida, o NESN do pacote recebido não pode ser confiável. Isso força o dispositivo receptor a reenviar seu último pacote transmitido, que serve como um reconhecimento negativo. (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

2.2.3. Protocolo de atributo

O protocolo de atributo (ATT) define a comunicação entre dois dispositivos desempenhando as funções de servidor e cliente, respectivamente, em cima de um

canal L2CAP dedicado. O servidor mantém um conjunto de atributos. Um atributo é uma estrutura de dados que armazena as informações gerenciadas pelo GATT, o protocolo que opera sobre o ATT. A função de cliente ou servidor é determinada pelo GATT e é independente da função de escravo ou mestre. (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

O cliente pode acessar os atributos do servidor enviando solicitações, que acionam mensagens de resposta do servidor. Para maior eficiência, um servidor também pode enviar para um cliente dois tipos de mensagens não solicitadas que contenham atributos: (i) notificações não confirmadas; e (ii) indicações, que exigem que o cliente envie uma confirmação. Um cliente também pode enviar comandos ao servidor para gravar valores de atributos. Transações de solicitação / resposta e indicação / confirmação seguem um esquema de parada e espera. (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

2.2.4. Perfil de atributo genérico

O Perfil de atributo genérico (GATT) define uma estrutura que usa o ATT para a descoberta de serviços e a troca de características de um dispositivo para outro. Uma característica é um conjunto de dados que inclui um valor e propriedades. Os dados relacionados a serviços e características são armazenados em atributos. Por exemplo, um servidor que executa um serviço de 'sensor de temperatura' pode ter uma característica de 'temperatura' que usa um atributo para descrever o sensor, outro atributo para armazenar valores de medição de temperatura e um atributo adicional para especificar as unidades de medida. (GOMEZ; OLLER; PARADELLS, 2012).

2.3. ZigBee

Segundo Norris (2005), ZigBee é um novo padrão para redes de telemetria sem fio, otimizadas para baixo consumo de potência e um longo período de operação da bateria. A pilha protocolar ZigBee tem suporte a rede auto organizável de dispositivos nas topologias árvore, malha e estrela, permitindo uma instalação rápida de um sistema de telemetria sem fio interno.

ZigBee é um padrão de comunicação wireless que provê uma rede de curto alcance e boa relação custo benefício. Foi desenvolvido com ênfase em aplicações de baixo custo alimentadas por bateria, tais como automação predial, controle industrial e comercial, marinha sem fio, assistência médica pessoal e sistemas de tag avançados (MONSIGNORE, 2007).

Norris (2005) descreve um sistema de telemetria interno experimental, capaz de monitorar tags móveis e prover uma assistência local comum. A pilha ZigBee possui suporte à redes de dispositivos auto-organizáveis em todas suas topologias, permitindo uma instalação rápida de um sistema de telemetria interno. O sistema é baseado em uma rede ZigBee semi-estática contendo uma mistura de nós wireless estáticos e móveis. A rede estática é utilizada para monitorar os nós móveis, que podem ser associados a pacientes em hospital ou equipamentos de alto valor em um sistema prático. As características de auto organização e auto recuperação presentes na pilha ZigBee são aproveitadas para traçar as posições dos tags móveis e reorganizar as rotas de dados conforme os tags vão se movendo pelo prédio.

2.3.1. Camada de Rede

A camada de rede (NWK) cuida do nível de rede relativo à comunicação. Controla a estrutura de rede e cuida do roteamento e das funções de segurança das mensagens transmitidas. A rede ZigBee é uma rede dinâmica e a camada de rede precisa manter as informações sobre os nós dentro da rede. As propriedades e parâmetros da rede são especificados na aplicação como configurações de pilha da camada de rede. Isso inclui a topologia, segurança, etc (MONSIGNORE, 2007).

2.4. GPS

Os Sistemas de Posicionamento Global (GPS) são sistemas utilizados para obter posicionamento de maneira rápida e precisa em qualquer lugar na Terra. Desenvolvido no período da guerra fria com finalidade militar, o sistema é mantido pelo governo dos EUA, porém seu uso foi aberto para fins civis e comerciais, embora com precisão reduzida (POOLE, 2015).

O princípio de funcionamento do GPS baseia-se no processo de triangulação, por meio do qual é possível descobrir a localização (latitude e longitude) de um ponto desconhecido a partir de dois pontos conhecidos, sabendo-se a velocidade e o tempo que o sinal levou para chegar de um ponto a outro. Para obtenção de dados completos (latitude, longitude e altitude) são usados 4 satélites, mas apenas 3 para descobrir uma posição. Cada um desses satélites possui mecanismos de controle para manter suas posições em órbita precisamente, uma vez que erros em suas órbitas resultam em erros para o usuário final (MIYABUKURO, 2015).

Cada satélite GPS transmite dois sinais, Aquisição de curso (CA) e a Precisão (P). O sinal CA é utilizado para uso civil e aberto enquanto o P é encriptado e transmitido com potência maior, o que aumenta sua precisão ainda mais. Ambos são transmitidos por meio de um mecanismo chamado Espaço de Espalhamento de Sequência Direta (DSSS), o que permite que todos os satélites GPS utilizem a mesma frequência. As informações transmitidas por um satélite GPS incluem dados de sua posição, localização aproximada dos satélites em sua constelação, dados de integridade e correção de tempo, além de dados para correção de informações da ionosfera e identificação do mesmo (MIYABUKURO, 2015).

Os sistemas GPS comerciais atuais podem fornecer posição de segundo em segundo, com precisão de 1/100.000 de grau. Isto significa uma exatidão de aproximadamente 10 metros em sistemas GPS comerciais, dependendo da antena e sistemas de gravação de dados utilizados (DEY, 2015).

• MATERIAIS E MÉTODO

Depois de estudos realizados através de artigos acadêmicos e pesquisa de campos, foi elaborado o estudo comparativo de tecnologias capazes de efetuar o controle e monitoramento de equipamentos médicos hospitalares dentro do ambiente em que se encontra, devido aos diversos problemas encontrados com a falta de controle de equipamentos dentro de um estabelecimento assistencial de saúde. Dentre as principais tecnologias de monitoração e rastreamento, estão: O Sistema RFID, O Bluetooth de baixa energia (BLE), O ZigBee e o GPS, seguindo os critérios que cumpram com as necessidades exigidas para a realização de um sistema que permita

o controle e o rastreamento de um equipamento médico hospitalar dentro de um estabelecimento assistencial de saúde.

Após estudo dos dispositivos comercialmente utilizados para rastreamento e monitoração, foram definidos os critérios de avaliação (Quadro 1), seguindo as limitações das tecnologias e o interesse para aplicação na área hospitalar.

Quadro 1 – Critérios para avaliação das tecnologias de monitoramento e localização

Critério	Definição
Acessibilidade	A capacidade da tecnologia de localização interna de receber ou enviar informações
Alcance	Definida como a distância percorrida pelo sinal. No contexto geral, o alcance de qualquer tecnologia de localização interna depende da configuração, das configurações de energia e do ambiente em que é implementada
Consumo	O consumo está relacionado com a forma de alimentação elétrica e o tempo que autonomia com uma carga.
Conectividade	A conectividade é avaliada em relação a conexão com smartphones
Custo aquisição TAG	Custo referente a compra de um dispositivo unitário
Custos de infraestrutura	Custo para implantação de toda rede estruturada
Frequência	Grandeza que indica o número de eventos em determinado período de tempo
Dimensão	Dimensões médias dos TAG's

Fonte: Elaborado pelo autor

• Resultados

Com o desenvolvimento dos critérios previamente direcionados ao estudo da tecnologia aplicada ao seguimento hospitalar foi possível identificar as principais características, conforme quadro 2, assim como a limitação para aplicação hospitalar.

Quadro 2 – Análise comparativa entre tecnologias

Critério	Beacons	RFID	GPS	Zigbee
Acessibilidade	Envia/Recebe	Envia	Envia	Envia/Recebe
Alcance	10-100 m	0,1m	Ilimitado para ambiente	10 m

			externo	
Consumo	Mínimo 1 ano	Ilimitado	Necessita alimentação elétrica	6 meses a 2 anos
Conectividade	Necessita apenas APP	Não compatível	100% compatível função primitiva do aparelho	Necessita apenas APP
Custo aquisição TAG	R\$ 84,00	R\$ 30,00	R\$ 220,00	R\$ 90,00
Custos de infraestrutura	Sem custo	R\$ 500,00/m ²	Sem custo	R\$ 2,50 / m ²
Frequência	2.4 GHz ISM	100-500 KHz, 10-15 MHz, 850-950 MHz, 2.4-5.8 GHz	1575,42 MHz	868 MHz, 902-928 MHz, 2.4GHz ISM
Dimensão	56x41x18	38x13x4mm	30x30x10,7mm	42x40x20 mm

Fonte: Elaborado pelo autor

• Conclusão

Um dos recursos avaliados foi o Bluetooth de baixa energia (BLE) que tem como principal característica o baixo consumo de energia para aplicativos de controle e monitoramento e um custo acessível. O BLE permite a comunicação entre Gestor e Equipamento de modo instantâneo sem a necessidade do acesso à internet.

O padrão ZigBee foi desenvolvido para se tornar uma alternativa de comunicação em redes que não necessitem de soluções mais complexas para seu controle, barateando assim os custos com a aquisição, instalação de equipamentos, manutenção e mão de obra. Foi projetado objetivando apresentar as seguintes características: Consumo de potência baixo e implementação simples, com interfaces de baixo custo; Dois estados principais de funcionamento: "active" para transmissão e recepção e "sleep", quando não está transmitindo; Simplicidade de configuração e redundância de dispositivos (operação segura); Protocolo simples que permite a transferência confiável de dados com níveis apropriados de segurança (PINHEIRO, 2004).

Outro método eficaz de monitoramento é o GPS (Sistema de Posicionamento Global) que identifica e determina a sua posição ou a do equipamento que utiliza esse sistema, através de um sinal recebido via satélite. Esse sistema não é considerado um dos mais indicados por apresentar algumas desvantagens, como o fato dos dispositivos GPS se limitarem a terem acesso claro aos satélites que fornecem o rastreamento. Em locais com edifícios altos ou de cobertura escassa por exemplo, a recepção pode ser fraca.

Na área da saúde o meio de monitoramento mais utilizado vem da tecnologia RFID (Identificação de Rádio Frequência), através de etiquetagem ou TAGs (transponders de rádio frequência), que são denominados ativos ou passivos. Os TAGs passivos são acionados por antenas de rádio frequência instaladas no ambiente a ser monitorado por um software e, são aderidos a cada unidade de ativo a ser rastreado. Os TAGs ativos também têm a mesma função, porém, como funcionam com bateria, sua capacidade de alcance é muito maior do que os TAGs passivos e podem ser utilizados para localização em tempo real de equipamentos e instrumentos médicos. A média de alcance de um TAG passivo é de 5 metros, enquanto a do ativo chega a 100 metros de distância.

- **Referências**

BRASIL. **Manual Técnico do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde** Brasília, 2018.

CIRIACO, Douglas. **Como funciona a RFID?** 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/tendencias/2601-como-funciona-a-rfid-.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2009.

DEY, Teesta. **GPS Applications in Transportation System**. Kolkata, [2015?]. Disponível em: <http://www.academia.edu/3862629/GPS_Applications_in_Transportation_System> . Acesso em: 05 abr. 2015.

GOMEZ, Carles; OLLER, Joaquim; PARADELLS, Josep. Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. **Sensors**. Basel, p. 34-53. 29 ago. 2012. Disponível em: <www.mdpi.com/journal/sensors>. Acesso em: 09 out. 2018.

MIYABUKURO, Everton. **Sistema de monitoramento de transporte coletivo em tempo real via gps para smartphone**. 2015. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2015.

MONSIGNORE, F. (2007), **Sensoriamento de ambiente utilizando o padrão ZigBee**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. 74p.

NORRIS, M. (2005). Single-chip zigbee for indoor mobile telemetry. **The IEEE Seminar on Telemetry and Telematics**, p. 10/1-10/4.

PINHEIRO, José Mauricio Santos (Ed.). **As Redes com ZigBee**. 2004. Disponível em: <https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php>. Acesso em: 27 jul. 2004.

POOLE, Ian. GPS Accuracy | **Errors & Precision** | Radio-Electronics.Com. [S.l.], 2015b. Disponível em: <https://www.radio-electronics.com/info/satellite/gps/accuracy-errors-precision.php> . Acesso em: 17 jun. 2015.

SALDANHA, Adriana Barcelos; ANTÔNIO, Carlos; OLIVEIRA FILHO, Francisco Barbosa. **CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO DE MATERIAIS**. 2007. 29 f. Monografia (Especialização) - Curso de Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais, Faculdade de Ciências Econômicas do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2007.