

UMA ABORDAGEM MATEMÁTICA DE ESTIMAÇÃO DE DISTÂNCIA EM PISTA DE ATLETISMO BASEADA EM POTÊNCIA DE SINAL

A MATHEMATICAL APPROACH FOR DISTANCE ESTIMATION ON ATHLETICS TRACK BASED ON SIGNAL STRENGTH

LUIZ ALBERTO QUEIROZ CORDOVIL JÚNIOR¹; ANA CAROLINA OLIVEIRA LIMA²; MOISÉS PEREIRA BASTOS³; RONALDO DA SILVA FERREIRA²; STÉFANE RÊGO GANDRA⁴; GABRIEL TADAYOSHI RODRIGUES OKA²

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS (UFAM); 2 – UNIVERSIDADE NILTON LINS (UNL);
3 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS (UEA); 4 – INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE AERONÁUTICA (ITA)

*luiz_cordovil@hotmail.com; ana.lima.leal@gmail.com; moises_bastos@hotmail.com;
oka.gabriel@gmail.com; poncairedk@gmail.com; stefanerego@gmail.com*

Resumo – Em uma abordagem que vise a independência do atleta deficiente visual em corridas paralímpicas de atletismo, devem ser considerados, em termos de projeto, fatores relacionados a funcionalidade e principalmente segurança, esta última, especialmente, pelo caráter assistivo que qualquer sistema ou dispositivo deve apresentar diante da singularidade deste usuário e desta aplicação. Neste contexto, este trabalho versa sobre uma metodologia de localização de atletas com deficiência visual, a partir da utilização e processamento de potência de sinal (RSSI) e triangulação, como entes matemáticos para a estimação de coordenadas em pistas de atletismo, baseada em um laço computacional de comunicação sem fio.

Palavras-chave: RSSI. Comunicação sem fio. Localização. Deficiente visual.

Abstract – In an approach that aims at the visually impaired athlete independence on Paralympic race tracks, factors related to functionality and safety should be considered, in terms of design, especially due to assistive feature that any system or device must present in face of user and application uniqueness. In this context, this work is about a localization method for visually impaired athletes, from using and processing of received signal strength indication (RSSI) and triangulation as mathematical tools for coordinates estimation in race tracks, based on a wireless communication loop.

Keywords: RSSI. Wireless communication. Location. Visually impaired people.

I. INTRODUÇÃO

A Paraolimpíada é um exemplo de segmento desportivo que apresenta à sociedade o potencial dos deficientes, além de relativizar as suas limitações, já que valoriza as capacidades de físicas de cada atleta.

Entre as suas modalidades, pode-se destacar o atletismo para deficientes visuais que é constituído basicamente por todas as provas que compõem o programa oficial da Federação Internacional de Atletismo (IAAF), adaptadas de acordo com o grau de deficiência de cada atleta, com exceção do salto com vara, lançamento do martelo, corridas com barreiras.

Almeida e Pinheiro (2014) afirmam que paratletas com deficiência visual, a prática de alguns esportes paralímpicos,

requerem, com frequência, específicos tipos de ajuda, porém, se houvessem sistemas que tenham como meta, no caso da corrida, manter o corredor a sua trajetória normal, as ajudas não seriam mais necessárias.

Nestas corridas, o atleta com deficiência visual tem seu sentido de orientação realizado por outro atleta com plena capacidade visual, sendo este denominado atleta guia e, além disso, estes são considerados como um único participante. Isto pode significar problemas para o atleta com deficiência, como pode ser constatado no trabalho de Lima (2016), em que, por exemplo, o atleta guia não esteja no mesmo nível de rendimento e condicionamento físico do atleta com deficiência visual.

A busca por sistemas, métodos ou dispositivos que propiciem a autonomia do atleta nesta aplicação, compreende diversos fatores e questionamentos, como por exemplo: *que tecnologia de comunicação utilizar? Como obter a localização do atleta e orientá-lo remotamente? Que interface pode ser aplicada ao atleta para sua propriocepção ante a ausência da visão? Tecnologia pode ser utilizada?*

Tais questionamentos e outros que envolvem aspectos de projeto relacionados à usabilidade, devem ser elencados quando se trata da coleta de informação por parte do usuário, na concepção original de uma tecnologia ou dispositivo com foco no usuário, significando assim Engenharia Simultânea em produtos ditos assistivos (DE CARVALHO, OKUMURA & JUNIOR, 2012).

Diante de toda uma gama de possibilidades, é essencial que se tenha no mínimo a principal informação de contexto para qualquer sistema em que seja reivindicado localização e orientação sem o atleta guia: estimar os pontos ou coordenadas em que o atleta com deficiência visual está desenvolvendo sua corrida, sua marcha.

Neste sentido, é apresentada neste trabalho, uma metodologia matemática de estimação de coordenadas em pista de atletismo, com a utilização de módulos de comunicação ZigBee®, a partir de uma adaptação do modelo de propagação com perda de percurso com estágio de predição e triangulação.

II. PROCEDIMENTOS

Como prerrogativa de triangulação, um ponto (ou nó computacional) a ter sua localização determinada precisa estar inserido em determinada área de abrangência (alcance de transmissão ou recepção de sinais) em uma rede sem fio de no mínimo três pontos fixos, contendo estas métricas de posicionamento definidas.

Uma característica deste ponto concerne à transmissão de um sinal compatível com o protocolo de uma rede concomitante a ele, no caso desta aplicação, uma comunicação baseada no protocolo ZigBee®.

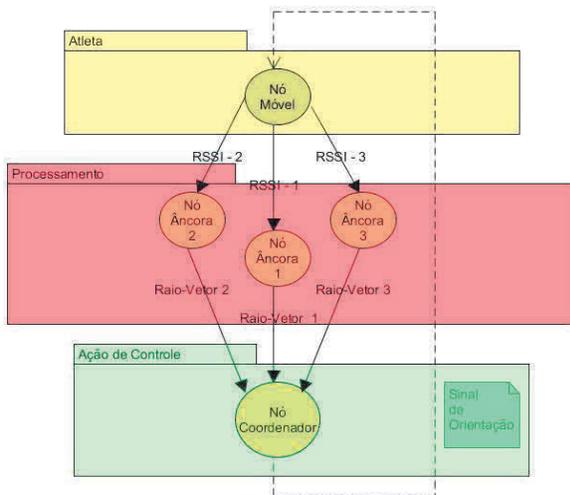
2.1 – Sistema de triangulação

Segundo Patwarei *et.al* (2005), há um tipo de processamento de algoritmos de localização que é uma combinação de modelos centralizados e distribuídos.

O espaço em que o laço computacional estará presente, pode ser dividido em clusters, que contêm a estrutura de nós computacionais mínima para o processo de localização.

Neste sentido a divisão da pista de atletismo compreende 4 clusters de localização, sendo um em cada setor (2 nos segmentos lineares, 2 nos segmentos semicirculares). Estes por sua vez, constituídos por módulos de comunicação Xbee com funções definidas por *nós móveis, nós coordenadores e nós âncoras*, constituindo estágios *atleta, processamento e ação de controle*, respectivamente (conforme indicado na Figura 1), o que confere a definição de Multilateração Colaborativa e localização de vizinhança explicada por Savvides, Han e Strivastava (2001).

Figura 1 – Esquemática de triangulação entre nós nos setores de localização.



Fonte: Luiz, 2016.

2.2 - Notação matemática de triangulação

De acordo com a esquemática indicada na Figura 1, as seguintes proposições são elencadas para o sistema de localização:

- Para todo n_i , $i \in S_1 = \{1,2,3\}$, sendo n_i nós âncora de cada cluster de localização, há definidos pares ordenados (x_j, y_j) , respectivamente,

- Todo nó móvel transmite um sinal aos nós âncoras que indica o RSSI mensurada em *decibel miliwatt (dBm)*;
- Todo nó âncora ao receber o RSSI advindo de um nó móvel processa a potência recebida a uma distância em metros, indicado o valor do raio-vetor r_{vi} , ao nó coordenador de cada setor de localização;
- Todo nó coordenador, ao receber o valor do raio-vetor realiza a triangulação por meio de solução matemática explicitada na seção 2.4.2, equação 11, e envia o sinal de controle para orientação ao nó móvel.
- Admite-se que as coordenadas de pelo menos um nó âncora de cada cluster assuma o valor do par ordenado $(0,0)$, para fins de cálculo.

De maneira geral, a matriz de coordenadas para a realização da triangulação é definida pelas equações 1, 2 e 3:

$$(x_1 - x_d)^2 + (y_1 - y_d)^2 - r_{v1}^2 = 0 \quad (1)$$

$$(x_2 - x_d)^2 + (y_2 - y_d)^2 - r_{v2}^2 = 0 \quad (2)$$

$$(x_3 - x_d)^2 + (y_3 - y_d)^2 - r_{v3}^2 = 0 \quad (3)$$

A solução deste tipo de equação matricial é definida, com a aproximação descrita nas proposições a., b., c., d., e, sendo do tipo $X = (H^T H)^{-1} H^T b$, sendo o vetor coluna X o par ordenado do nó móvel; H matriz dos pares ordenados dos nós âncoras conhecidos e b a matriz de correlação, a qual compreende além dos pares ordenados conhecidos dos nós âncoras, os raios-vetores do nó móvel em relação a estes.

É notável que a efetiva estimação de coordenadas é completamente dependente do raio-vetor, por seu valor numérico mutável, devido a movimentação do atleta, em face às coordenadas dos nós âncoras que são conhecidas e podem ser definidas de acordo com setores de localização da pista de atletismo, em referência aos segmentos lineares e semicirculares.

2.3 – Objetivo

Com base nas tratativas explicitadas nas seções 2.1 e 2.2, lista-se:

- Objetivo 1: Investigar empiricamente e experimentalmente relação que determine modelo matemático considerando as variáveis distância e potências dadas as características da pista de atletismo.

2.4 - RSSI x Raio-Vetor

As indicações de potência de sinal são percebidas pelos três nós âncoras, que pelo fato de serem caracterizados como dispositivos roteadores e de função completa (definição de uma rede ZigBee®) apresentam como sinal de saída a transformação desta grandeza em valor associado de distância.

Desta forma, a fim de obter-se tal equivalência, constitui-se o algoritmo de localização baseado em potência, baseado no modelo de perda de percurso, que relaciona o comportamento da potência com condições espaciais e de ambiente (HERNANDEZ *et.al.*, 2009).

Para esta aplicação, consiste na coleta de valor de RSSI a distâncias associadas conhecidas, para caracterização de informação de contexto estatístico, observando-se a

flutuação e susceptibilidade dos valores de potência recebidos nos nós âncoras, ou seja, o fato de mesmo o nó móvel estar parado o valor muda em cada tomada de medida, conforme verificado experimentalmente.

A potência de sinal recebida é definida comumente pela combinação da potência de transmissão (P_0), expoente de atenuação de sinal (η) e raio vetor (r_{vi}) (FARAHANI, 2011) de acordo com a equação 4.

$$\tilde{P}_{ij} = P_0 - 10\eta \log_{10}(\tilde{r}_{vi}) \quad (4)$$

2.4.1 - Etapa determinística

O expoente de atenuação é aferido experimentalmente, de acordo com o ambiente em que o sistema de triangulação está disposto, e perfaz assim a etapa determinística do expoente de atenuação de acordo com o modelo de perda de percurso representado pela equação 5.

$$\eta_i = - [(RSSI_i - A) / (10 \log_{10}(r_{vi}))] \quad (5)$$

Onde:

r_{vi} : raio-vetor do i -ésimo nó móvel em relação aos nós âncoras;

$RSSI_i$: potência percebida pelos nós âncoras dos setores de localização, enviada pelo i -ésimo nó móvel;

A : potência de sinal percebida entre o nó âncora e móvel a distância padrão de 1m (um metro) sem obstáculos.

2.4.2 – Etapa probabilística

Esta etapa envolve a estimação da posição com a utilização do expoente de atenuação, com o intuito de suavizar a flutuação da intensidade dos sinais de transmissão, associados aos módulos, em que são consideradas as fases de predição, de cálculo e de estimação.

1. Cálculo: distância euclidiana. Raio-vetor calculado sem o uso do RSSI, apenas com as medidas dos nós âncoras de acordo com as Equações 6, 7 e 8;

$$\tilde{r}_{v1} = \sqrt{(x_1 - x_i)^2 + (y_1 - y_i)^2} \quad (6)$$

$$\tilde{r}_{v2} = \sqrt{(x_2 - x_i)^2 + (y_2 - y_i)^2} \quad (7)$$

$$\tilde{r}_{v3} = \sqrt{(x_3 - x_i)^2 + (y_3 - y_i)^2} \quad (8)$$

2. Estimação: raio-vetor estimado com o do RSSI experimental mostrado na equação 9.

$$\hat{r}_{vij} = 10^{\frac{P_0 - \tilde{P}_{ij}}{10\eta}} \quad (9)$$

Onde

P_0 : potência de transmissão entre dois nós a uma distância de 1m; P_{ij} : potência experimental recebida pelo nó âncora; η : expoente de atenuação.

3. Predição: Correção do raio-vetor estimado com o desvio padrão do RSSI experimental; e, por fim a equação 10;

$$r_{vpj}^{\circ} = \hat{r}_{vij} + (\hat{\sigma} * Ts) \quad (10)$$

Onde:

σ : desvio padrão amostral da potência experimental; Ts : constante de tempo referente a atualização do desvio padrão.

4. Raio-Vetor Final: concatenação dos dados de cálculo, estimação e predição apresentado na equação 11.

$$r_{veij}^{\vee} = r_{vpj}^{\circ} + a [\tilde{r}_{vi} - r_{vpj}^{\circ}] \quad (11)$$

Onde:

r_{vpj}° : raio-vetor da fase de predição; a : função da razão do desvio padrão amostral de potência experimental e o expoente de perda de percurso, definida como relação de cenário.

III. RESULTADOS

3.1 – RSSI em ambiente controlado

A fim de atender a prerrogativa do cálculo de expoente de atenuação mostrado na seção 2.4.1, tendo em vista aferir experimentalmente o valor de RSSI entre dois nós a distância padrão de 1m (A), realizou-se 10 medidas em ambiente controlado de 1 a 8 m, passo 1m, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores obtidos durante os testes.

Med.	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m
1	-35	-41	-42	-43	-41	-44	-44	-51
2	-35	-48	-51	-41	-41	-49	-45	-46
3	-35	-47	-46	-42	-42	-50	-43	-59
4	-34	-40	-55	-41	-42	-46	-46	-51
5	-34	-53	-49	-43	-42	-48	-46	-51
6	-34	-47	-43	-41	-42	-47	-45	-53
7	-34	-60	-51	-43	-41	-46	-49	-54
8	-35	-51	-46	-43	-45	-48	-48	-62
9	-34	-45	-45	-44	-41	-48	-46	-57
10	-34	-51	-44	-45	-41	-47	-45	-57
Soma	-344	-483	-472	-426	-418	-473	-457	-541
Média (dBm)	-34,4	-48,3	-47,2	-42,6	-41,8	-47,3	-45,7	-54,1
Mediana	-34	-47,5	-46	-43	-41,5	-47,5	-45,5	-53,5
Moda	-34	-47	-51	-43	-41	-48	-45	-51
Variância	0,27	34,46	17,29	1,82	1,51	2,90	3,12	22,10
Desvio Padrão	0,52	5,87	4,16	1,35	1,23	1,70	1,77	4,70
$\mu + \sigma$	33,88	42,43	43,04	41,25	40,57	45,60	43,93	49,40
$\mu - \sigma$	34,92	54,17	51,36	43,95	43,03	49,00	47,47	58,80

Com base na observação dos dados indicados na Tabela 1, é aferido da medida (A) assumindo-se em definitivo o valor de aproximadamente -35dBm, considerando o desvio-padrão.

3.2 – Cálculo do expoente de atenuação (Fase Determinística)

A partir do uso da Equação 5, que retratam procedimento experimental da aferição de η , foi realizada coleta de 96 amostras de expoentes de propagação para um nó móvel, em quantidade 1, dado cada nó âncora, em quantidade 3, de cada setor de localização em quantidade 4, e, para cada raia, em quantidade 8, aferiu-se os valores estatísticos, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Valores obtidos durante os testes.

Medidas de posição			Medidas de Dispersão	
Média	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância
1,51	1,82	1,57	0,61	0,37

Considerando-se o desvio-padrão, foi definido experimentalmente com tendo o expoente de atenuação η , valor de aproximadamente 2,22 unidades adimensionais.

3.3 – Cálculo do raio-vetor (fase determinística)

No sentido de avaliar o comportamento do modelo de propagação de dados sem fio, entre um nó móvel e nós âncoras de cada setor de localização, quanto a potência de sinal experimental, em pista de atletismo oficial, com divisão dos setores de localização e coordenadas indicadas por:

- Setor de Localização da parte superior: Nós âncoras 1, 2 e 3, com localização em metros (0,0), (45,-20) e (-50,-20), respectivamente;
- Setor de localização da parte inferior: Nós âncoras 1, 2, e 3, com localização em metros (0,0), (-45,-20) e (50,-25), respectivamente;
- Setor de Localização da lateral esquerda: Nós âncoras 1, 2 e 3, com localização em metros (0,0), (50,50) e (55,-55) respectivamente;
- Setor de Localização da direita: Nós âncoras 1, 2 e 3, com localização em metros (0,0), (50,50) e (-55,55) respectivamente;

Cada coordenada de cada cluster de localização está definida nas adjacências da pista. Foi baseada no alcance de transmissão dos módulos Xbee® e também nas medidas oficiais de cada segmento da pista de atletismo e de cada raia, tomando-se como referência o centro da raia. O ponto de referência para instalação do sistema de localização para os segmentos lineares foi definido tendo o sistema de coordenadas baseado nas provas de 100m (posição média 50m), e para os segmentos semicirculares, o sistema de coordenadas é paralelo a linha de centro dos arcos da pista, a distância oficial de 36,5m.

Nesta etapa de modelagem matemática foi considerada posição experimental do nó móvel o centro de raia (comprimento da raia 1,22m). De modo que, com relação a cada sistema de coordenadas (posição (0,0) do nó âncora) para todos os setores de localização, a posição, em metros, 0,61; 1,83; 3,05; 4,27; 5,49; 6,71; 7,93; 9,15; para as raias, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8, respectivamente, a uma distância de 5m em relação à adjacência da pista.

A seguir nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 são apresentados com relação ao nó âncora 1 de cada setor de localização. (PM: potência medida; DN: distância euclidiana nominal; RVE: raio-vetor estimado; RVP: raio-vetor previsto; RVF: raio-vetor final).

Tabela 3 – Medidas com relação à parte superior da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-32	-33	-34	-36	-38	-42	-42	-45
DN	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	5,75	5,85	5,95	6,20	6,51	7,39	7,39	8,38
RVP	6,70	6,79	6,90	7,14	7,45	8,34	8,34	9,33
RVF	4,31	6,86	9,40	11,78	14,07	15,69	18,35	19,84

Tabela 4 – Medidas com relação à parte inferior da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-35	-48	-51	-41	-41	-45	-45	-46
DEC	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	6,07	9,78	11,76	7,13	7,13	8,38	8,38	8,80
RVP	7,78	11,55	13,53	8,90	8,90	10,16	10,16	10,57
RVF	2,84	0,96	1,25	9,71	12,44	13,63	16,36	18,58

Tabela 5 – Medidas com relação à lateral esquerda da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-34	-40	-43	-41	-42	-46	-46	-51
DEC	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	5,95	6,90	7,69	7,13	7,39	8,80	8,80	11,76
RVP	7,72	8,67	9,46	8,91	9,17	10,57	10,57	13,53
RVF	6,93	8,50	10,28	13,78	16,23	17,21	20,06	18,99

Tabela 6 – Medidas com relação à lateral direita da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-35	-41	-42	-43	-41	-44	-44	-51
DN	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	6,07	7,13	7,39	7,69	7,13	8,01	8,01	11,76
RVP	7,75	8,81	9,07	9,37	8,81	9,69	9,69	13,43
RVF	6,81	8,19	10,39	12,55	15,57	17,14	17,14	18,25

IV. CONCLUSÃO

A metodologia de localização proposta para pista de atletismo sob a ótica da utilização de uma rede de comunicação baseada no protocolo ZigBee®, é razoavelmente definida matematicamente quando se trata do processo probabilístico dos raios-vetores, como também, do modelo distribuído de localização dadas as características construtivas da pista de atletismo.

O modelo empírico detalhado, principalmente na tratativa do comportamento da potência sinal conforme indicada na seção 2.4, demonstrou caráter de instabilidade, invocando-se o objetivo elencado na seção 2.3, principalmente pelo caráter não-linear do posicionamento em função da potência, o que pode ser verificado nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, quando da variância da potência aferida, interferindo na estimação da distância, ao comparar-se as medidas dos raios-vetores.

Desta forma pode ser afirmado, que pela não-linearidade e incoerência quanto as medições, há influência direta no processo de estimação de coordenadas.

Em termos práticos, esta constatação caracteriza implicância negativa potencial, inviabilizando o modelo experimental de triangulação, devido ao caráter assistivo da aplicação, pelo fato da segurança ser importante preceito para o rendimento dos atletas com deficiência visual em corridas paralímpicas de atletismo.

Apesar dos resultados, pontualmente, apresentarem divergência, o modelo adaptado de perda de percurso com estágio de predição, em suas fases determinísticas e probabilísticas, fornece alternativa quanto a estimação de coordenadas, pois, ao analisar-se a Equação 11, a qual representa o raio-vetor final, entende-se que o mesmo é função, do raio vetor previsto e do raio vetor calculado (distância euclidiana). A diferença entre estes ponderada pela razão 'a', fornece ajustes ao valor final do raio vetor, de modo que este resultado abrange dados reais e experimentais, ou seja, não dependendo somente da potência (sujeita à susceptibilidade, não controlada) e de

caráter experimental, como também, sendo função da distância euclidiana, fase de cálculo, da etapa probabilística. Em adição, pode ser considerada como alternativa à outras técnicas baseadas em potência como o *Fingerprint* (Júnior, 2015), por não apresentar, em sua totalidade, metodologia exclusivamente dependente de *RSSI*.

Ainda assim faz-se necessário o desenvolvimento de métodos de ajuste e complementação, não somente em termos do modelo de perda de percurso adaptada, como também de hardware de rede. Esta metodologia fornece dados importante para o desenvolvimento de funções de otimização que busquem refinar ainda mais a relação de potência e distância. Em face disto é requerido esforço computacional considerável, o que a partir de uma análise de algoritmo, demanda tempo incompatível com a aplicação.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N. T.; PINHEIRO, V. Rfid alarm system and trajectory correction in paralympic athletics races. **Procedia Technology**, Elsevier, v. 17, p. 170–177, 2014.

DE CARVALHO, C. E. B., OKUMURA, M. L. M., & JUNIOR, O. C. A engenharia simultânea aplicada ao processo de desenvolvimento de produtos especiais. **Revista SODEBRAS**, v.7, p. 3-11, 2012.

FARAHANI, S. **ZigBee wireless networks and transceivers**. [S.l.]: newnes, 2011.

HERNANDEZ, O. et al. Position location monitoring using IEEE® 802.15. 4/Zigbee® technology. **Beyond Bits**, issue IV, p. 67–69, 2009.

JÚNIOR, L. A. Q. C.; BASTOS, M.P ; LIMA, A.C.O . Network Hardware Review for a Location System. **Revista SODEBRAS**, v. 11, p. 256-261, 2015.

LIMA, A.C.O ; GANDRA, S. R. ; LEAL, E. O. L. ; LAGO NETO, J. C. ; JÚNIOR, L. A. Q. C. ROPE TETHER USABILITY EVALUATION WITH VISUALLY IMPAIRED ATHLETES IN PARALYMPIC RACE TRACKS. **International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences**, v. 6, p. 196-209, 2016.

PATWARI, N. et al. Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks. *IEEE Signal processing magazine*, **IEEE**, v. 22, n. 4, p. 54–69, 2005.

SAVVIDES, A.; HAN, C.-C.; STRIVASTAVA, M. B. Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors. In: **ACM. Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking**. [S.l.], 2001. p. 166–179.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.