

PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO DO TESTE DE CAMINHADA DE SEIS MINUTOS PARA PACIENTES COM DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS

Resumo: O Teste de caminhada de seis minutos (TC6) é de fundamental importância na medicina. Ele tem por objetivo avaliar a condição física dos pacientes com problemas cardiorrespiratórios. A presente pesquisa consiste na elaboração de um estudo sistemático do TC6, e como a automação pode ser utilizada para torná-lo mais eficiente utilizando tecnologias tais como identificação por radiofrequência (RFID) e Arduino. Portanto, a pesquisa apresentou a possibilidade de impactar positivamente a comunidade formada por profissionais da saúde e da engenharia, bem como da comunidade em geral, visto que a automação do teste oferece mais praticidade e eficiência no procedimento clínico. Além disso, apresenta a engenharia elétrica como potencial formadora de solução para os mais diversos problemas apresentados pela comunidade, sendo este um excelente estudo de inter e multidisciplinariedade.

Palavras-chave: Teste. Automação. Cardiorrespiratório.

1 INTRODUÇÃO

A Insuficiência Cardíaca (IC) se encontra como um dos problemas preponderantes em pacientes quando relacionado a aspectos clínicos. A IC se tornou um dos principais fatores de internação hospitalar, onde cerca de 50% da população sul-americana fazem parte deste percentual (BOCCHI EA, 2013). No Brasil, registros obtidos através do DATA-SUS, demonstram que apenas no ano de 2012 houve 26.694 óbitos por IC no país. Este problema se tornou de suma importância na saúde pública e é considerado como uma nova epidemia com elevada taxa de mortalidade e morbidade.

Indivíduos com IC sentem-se cansados e/ou sofrem de asma cardíaca ao realizarem exercícios ou até mesmo quando estão em repouso. Desse modo, a grande maioria dos pacientes com insuficiência cardíaca evitam intencionalmente fazer o tratamento recomendado, ocasionando destruição da função cardíaca e elevada taxa de readmissão do indivíduo ao hospital. Com os avanços constantes da medicina e tecnologia, pode-se obter dados atualizados em tempo real e diagnósticos que podem contribuir para a recuperação e tratamento eficiente do paciente.

O teste de caminhada de seis minutos (TC6) tem como objetivo principal medir a máxima distância que a pessoa pode caminhar durante seis minutos. Esse teste advém da modificação do teste de caminhada de doze minutos, originalmente desenvolvido por Kenneth H. Cooper, em 1960, através de rápido teste de aptidão (COOPER, 1968). O TC6 mede principalmente a distância caminhada que o paciente está sujeito a atravessar no sentido de ida e volta numa superfície plana com duração de seis minutos. O sujeito tem a permissão para descansar ou ajustar a velocidade percorrida na caminhada durante o teste.

Atualmente, o monitoramento do teste é realizado através do acompanhamento de um profissional da saúde enquanto o paciente percorre uma trajetória previamente estabelecida. Os resultados são obtidos por meio de cálculos realizados a partir de dados obtidos manualmente com base na distância percorrida e nos dados coletados pelo profissional. Este método de monitoramento se apresenta ineficiente em aplicações clínicas, pois, por ser realizado manualmente, requer um longo tempo para a aquisição de dados do paciente.

A avaliação da capacidade funcional de exercícios tem ganhado importância na avaliação de pacientes com diferentes doenças, contribuindo significativamente para o diagnóstico do paciente. Apesar da vasta utilidade do TC6, o método abordado se torna ineficiente e demorado, por conta dos procedimentos realizados manualmente para aquisição e análise dos dados a serem coletados. Dessa forma, faz-se necessário desenvolver um sistema capaz de coletar os principais dados do paciente de forma remota e precisa, a fim automatizar os procedimentos e otimizar resultados.

Neste contexto, o estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) surge como uma potencial solução para tornar o teste mais preciso, rápido e eficiente, visto que, com essa tecnologia, vários pacientes poderão realizar o teste simultaneamente, coletando os dados de forma automática. Sendo possível a obtenção de relatório do desempenho de cada paciente com auxílio de *software*. Este trabalho consiste em pesquisas exclusivamente bibliográficas, onde será proposta a automatização do TC6 a partir de estudos e experimentos realizados anteriormente por pesquisadores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA (RFID)

O sistema RFID é uma tecnologia que utiliza onda eletromagnéticas a fim de identificar objetos, pessoas e animais e surgiu durante a II Guerra Mundial, quando os aliados utilizaram a tecnologia para diferenciar seus aviões dos aviões inimigos.

Ele é composto basicamente por três componentes: dispositivo de leitura, transponder e computador, como representa esquematicamente a Figura 1:

Figura 1 – Composição do sistema RFID



Fonte: Oliveira & Pereira (2006)

Conforme Oliveira e Pereira (2006), o dispositivo de leitura tem a função de emitir um campo eletromagnético que alimenta o transponder, que é responsável por responder ao dispositivo de leitura com o conteúdo da memória. O transponder contém a informação e utiliza dispositivos eletrônicos (tais como capacitor, indutor, resistor, entre outros) para gerar um sinal.

Esta tecnologia é bastante útil uma vez que permite o rastreamento de pessoas, animais e objetos de maneira eficiente. Além disso, esse sistema vem apresentando uma nova abordagem que tende a substituir o código de barras, cartão de crédito com leitura magnética, entre outros. Isso porque apresenta maior rapidez no processo, menor ocorrência de falhas e mais segurança no tratamento das informações.

Segundo pesquisas realizadas pela empresa norte americana Aberdeen Group, na aplicação de logística, é possível tratar as informações identificadas com etiquetas RFID com velocidade aproximadamente dez vezes maior ao que seria possível com a utilização de código de barras. Estimativas indicam ainda que essa tecnologia pode chegar a aumentar os

ganhos das empresas de 10% a 30%, por conta da eficiência e segurança das informações (FINKECZELLER, 2003).

2.2 TESTE DE SEIS MINUTOS

Conforme Britto et al. (2007), o teste de caminhada de seis minutos tem sido bastante utilizado com a finalidade de avaliar a capacidade física em pacientes com pouco condicionamento físico e não realizam o teste ergométrico. Ademais, pode ser aplicado de forma prática e de baixo custo, capaz de avaliar a capacidade física em indivíduos com limitação funcional. Por isso, nos últimos anos, esse teste ganhou grande importância tanto na prática clínica quanto em pesquisas.

Dentre os objetivos do TC6 estão a avaliação da capacidade aeróbica para a prática de atividades físicas, a avaliação do estado funcional do sistema cardiovascular ou respiratório, a avaliação de programas de prevenção e de reabilitação, além da prescrição da morbidade e mortalidade em candidatos a transplantes (CAHALIN et al., 1996).

Este teste pode diagnosticar várias doenças, tais como insuficiência cardíaca (IC), doença de obstrução pulmonar crônica (DPOC), *Alzheimer* e *Síndrome de Down*. Após a realização do teste, uma equipe médica acompanha o registro da distância percorrida, bem como realiza análise da resistência cardíaca de acordo com o desempenho do sujeito durante o teste. A distância percorrida no TC6 é dividida em quatro níveis diferentes: nível um: pacientes com trajeto percorrido acima de 450 metros; nível dois, pacientes dentro da faixa entre 375 a 449,5 metros; nível três, pacientes com faixa entre 300 a 374,9 metros; nível quatro: menos de 300 metros. O crescimento do nível refletirá em problemas cardíacos mais graves do paciente (HSU et al., 2017).

A automatização do TC6 consistirá de dois subsistemas principais, o primeiro é composto por um par de terminais de paciente, onde o mesmo terá seu ponto de partida e chegada. O segundo é o servidor terminal, localizado no local de teste ou em local específico de análise. O terminal de paciente substitui os tradicionais pontos de referências existentes no método tradicional do teste por novas funções de identificação de pacientes. Essa nova função detecta o momento exato de chegada e saída do paciente, contando as voltas percorridas ao longo do caminho, além da transmissão sem fio dos dados coletados para o servidor terminal. O sensor de RFID será implantado no terminal de saída do cliente para obtenção e identificação dos dados do usuário através de sensor inserido dentro de uma pulseira de papel comumente usada em hospitais e em ambientes clínicos. Duas antenas serão utilizadas no ponto de início e de retorno do terminal do paciente, visando detectar o momento da chegada do usuário, evitando que o mesmo necessite realizar alguma ação tal como pressionar um botão.

Dessa forma, a automatização do TC6 surge como um potencial auxílio para médicos e demais profissionais clínicos, através do seu sistema inteligente conectando dispositivos em tempo real, servidores em nuvem e módulos de big data para obtenção de dados dos pacientes submetidos ao teste. Quando o paciente realizar o teste, este deterá os registros no sistema de informação de saúde, bem como haverá a comparação entre as funções cardíacas do indivíduo e os valores de referência. Esses resultados comparados serão gravados e encaminhados ao médico, onde será diagnosticado as condições atuais do enfermo. Para o caso de testes realizados em pacientes saudáveis, o sistema poderia auxiliar na classificação dos níveis cardíacos do usuário, bem como detectar novos potenciais indivíduos com IC em estágio inicial.

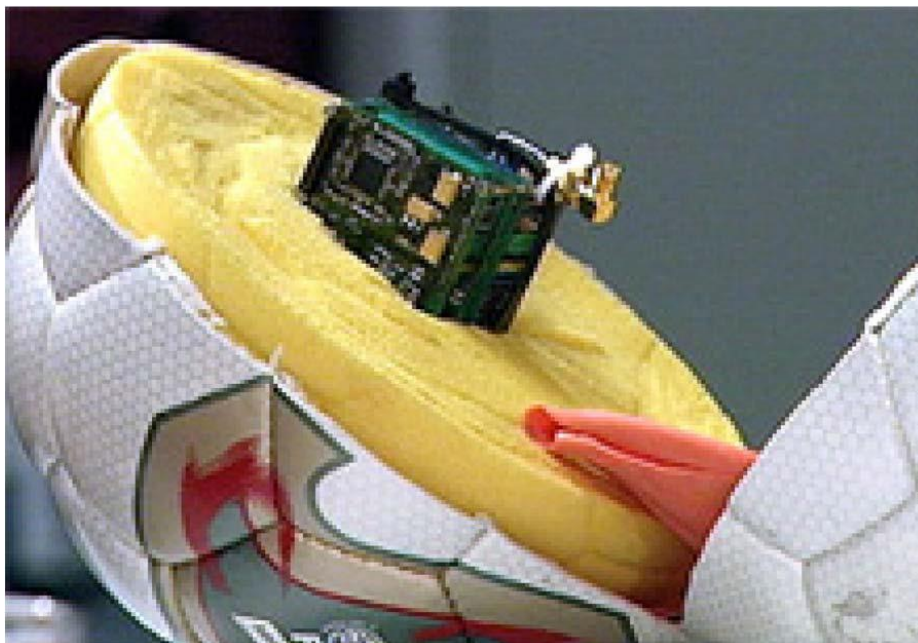
2.3 APLICAÇÕES

Além de aplicações clínicas do TC6, outras formas de aplicabilidade podem ser encontradas. O sistema de pontuação esportiva RFID, tem sido amplamente utilizado no mundo esportivo, bem como uma série de outros métodos que foram desenvolvidos. O IPICO por exemplo tem como finalidade promover um sistema de cronometragem esportiva. Esse sistema provou que funciona perfeitamente em uma maratona com 6.100 corredores durante um percurso com condições climáticas adversas. Esse modelo foi utilizado em maratonas nos Jogos Olímpicos de Londres no ano de 2012. Tal modelo, oferece a mais recente tecnologia em tempo real e soluções de rastreamento, utilizando leitores, softwares, contendo uma variedade de opções e comunicação afim de obter parâmetros e dados em tempo real. (R. DERAKHSHAN., 2007).

Um sistema similar de pontuação esportiva foi desenvolvido para esquiadores e utilizado em uma competição na Suécia, com 15.800 participantes. Cada esquiador possuía uma etiqueta RFID no pulso, permitindo a leitura e coleta de dados em tempo real à medida que passavam por vários pontos de controle de dados. No ano de 2004, o site oficial da competição recebeu cerca de 19 milhões de acessos no dia da corrida (K.J. CURETON., 1990).

Na atualidade, dispositivos RFID localizados em bolas de futebol estão sendo cada vez mais utilizados. Pesquisadores do Instituto *Fraunhofer* desenvolveram um sistema sem fio na bola para localização do jogador. Este sistema é capaz de informar aos árbitros e analistas onde a bola de futebol ou o jogador se encontram a qualquer momento. Esses dispositivos, que são implantados em bolas ou equipamentos do jogador (como por exemplo a caneleira) tem como objetivo realizar a leitura de processamento em até 2.000 vezes por segundo. Os dados são coletados por antenas localizadas ao redor do campo de futebol e são enviadas para um computador central que processa e analisa as informações coletadas, como abordado na figura 2 (M.T.MAHAR., 1997).

Figura 2 – Chip RFID em uma bola



Fonte: Youm (2014)

3 METODOLOGIA

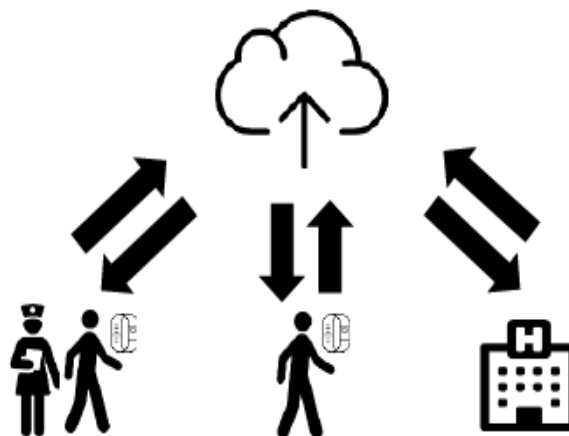
O sistema de automatização proposto é baseado no estudo realizado por (SEKYOUNG., 2014) e este é dividido em três etapas principais. A primeira etapa, constitui do banco de dados das informações de saúde do usuário e o servidor principal. Os dados coletados dos enfermos serão obtidos através do TC6 de forma individual acompanhado por equipes médicas. Serão analisados diferentes níveis de pacientes com problemas cardíacos, onde a distância percorrida por cada usuário, variações na frequência cardíaca e tempo de repouso são fundamentais para o diagnóstico do teste.

A segunda etapa do sistema é projetado para auto exercitados com IC e função de rastreamento. Depois de obtido o módulo de registro de dados, os usuários deverão preencher suas informações pessoais e em seguida escolher o ambiente para a realização do TC6. O rastreamento será realizado através da pulseira do paciente, que irá coletar os principais dados do usuário e encaminhar para o aplicativo através do módulo Bluetooth.

A terceira etapa consiste no servidor em nuvem, que tem por finalidade coletar e analisar os dados digitais de cada paciente. Logo após o aplicativo obter as informações pessoais do TC6, o sistema envia os parâmetros para o servidor em nuvem a fim de acompanhar os dados em tempo real ao procedimento. Para o caso de um usuário diagnosticado, através dos médicos, como um paciente com problemas cardíacos, o servidor tem objetivo de coletar os registros do teste disponíveis pela equipe médica.

A ideia é que os dados coletados na residência do paciente sejam obtidos em tempo real pelo usuário, os quais podem ser comparados com o registro coletado anteriormente no hospital. Isto servirá para determinar se o estado de frequência cardíaca do paciente foi melhorado. Assim, a equipe médica terá o controle das informações do paciente, além de determinar se a intensidade de treinamento para o usuário é suficiente. A figura abaixo indica, de forma simplificada, o sistema proposto para o monitoramento de auto exercício.

Figura 3 – Sistema de monitoramento do exercício



Fonte: HSU (2017)

3.1 DESENVOLVIMENTO

A pontuação dos testes de caminhada pode ser um desafio devido ao alto grau de subjetividade envolvido. No teste, o apontador registra a primeira volta em que o paciente não

alcança a linha e faz ecoar um bipe de alerta; quando o paciente não consegue atravessar a linha novamente, ecoa novamente o sinal de alerta e o teste é finalizado. O número de voltas que o paciente conseguiu completar determina a pontuação final do teste. Dessa forma, um testador / observador é necessário para cada paciente.

Da mesma forma, na caminhada de 6 minutos, um observador precisa gravar a distância (geralmente uma volta fixa) que o paciente completou dentro de uma área de teste fixa. Embora a medição de 6 minutos do teste de caminhada é mais fácil do que o teste PACER, o testador tem que, cuidadosamente, registrar as distâncias concluídas para estimar a capacidade aeróbica dos examinados.

O teste PACER é um teste de capacidade aeróbica de vários estágios que se torna progressivamente mais difícil à medida que continua. Quando o teste começa, a velocidade de corrida é devagar, porém fica mais rápida a cada minuto depois que ecoa um sinal de alerta. Uma volta é completada a cada sinal de alerta acionado, na segunda repetição, caso o usuário não conclua o percurso antes do sinal, o teste é finalizado. Devido à natureza e sensibilidade nesses testes, os erros humanos provavelmente serão considerados, o que pode resultar em uma má estimativa da capacidade aeróbica e na obtenção dos pacientes. Para o teste de caminhada, o estudo realizado por Sekyoung e demais pesquisadores, procuram abordar o TC6 com a utilização de componentes que buscam a realização do teste de caminhada de modo a facilitar a rapidez e eficiência no processo. Componentes como o *Middleware* de RFID que analisa o Código Eletrônico de Produto (EPC), busca o desenvolvimento de um aplicativo de captura que armazena o ID da pulseira, a hora e as informações de localização em um banco de dados. (SEKYOUNG., 2014)

3.1.1 TESTE PILOTO

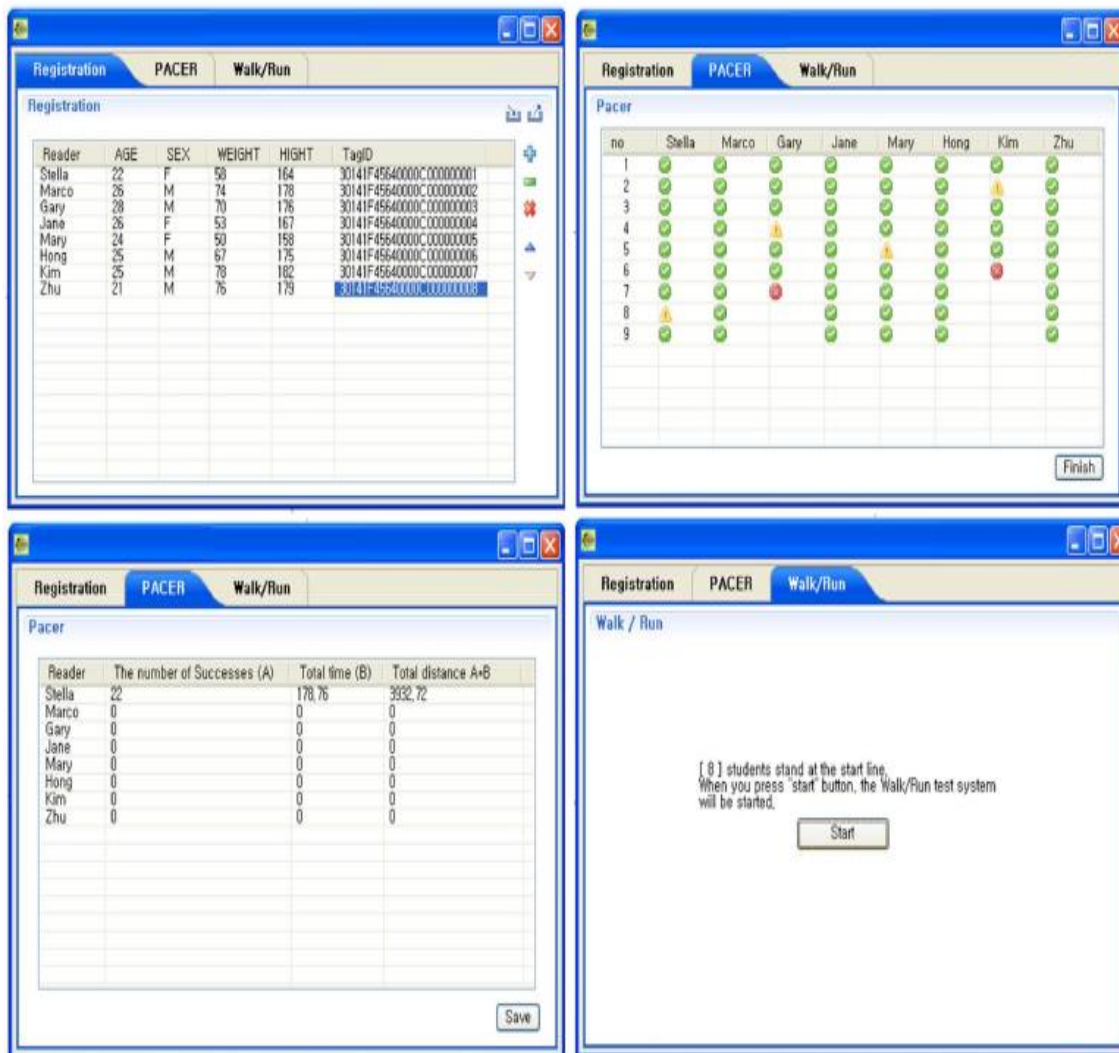
O programa de usuário é um item de software onde o usuário pode utilizar para registro de informações próprias e verificar os resultados do teste PACER, bem como o TC6. Diante do estudo realizado por Sekyoung, a programação foi realizada na linguagem JAVA, chamada de *Eclipse Rich Client Platform* (RCP) (ECLIPSE.ORG., 2004). Este sistema constitui três guias básicos, o registro, um teste PACER e o teste de caminhada.

A figura 4 ilustra o registro de dados do usuário, onde foi analisada durante o experimento proposto. Durante o teste, os usuários podem registrar suas informações, como idade, sexo, altura e peso, que podem ser úteis na prevenção do desempenho diante dos parâmetros analisados. Logo após o registro do usuário no sistema, este emite uma tag para o uso das principais funções do sistema. O usuário pode ser registrado ou deletado do software usando os botões do lado direito da janela. Esta informação é salva em um arquivo do Excel e pode ser recuperado posteriormente. Assim que o usuário é cadastrado, é emitida uma tag, o analisador pode selecionar a opção de teste PACER ou o TC6.

Quando o testador seleciona um dos testes, o sistema inicia com o método escolhido, como é visto na parte superior direita da figura. Nesta imagem, o testador tem o controle da quantidade de usuários que estão prontos para o teste. O teste em análise é exibido em tempo real, conforme mostrado no lado inferior esquerdo da figura. Quando todos os testes forem finalizados, o sistema mostra os resultados obtidos, que serão salvos automaticamente no software. No teste piloto deste sistema, realizado por oito examinadores (quatro homens e quatro mulheres), onde foi implementado em um ginásio esportivo na Universidade de Illinois nos Estados Unidos. Foi utilizado um leitor Mercury 4, que é um leitor multiprotocolo com capacidade RFID de maior desempenho. Para coletar um objeto evento, é necessário primeiro determinar o escopo dos dados. Os dados são: o código elétrico do produto (EPC), que é um tipo de sistema de meta-codificação que identifica parâmetros do sistema, fornecendo ao software um número de série único, o número da antena (Antenna ID), o registro do primeiro

momento visto, o registro do último tempo visto e o número de tags contadas (I.ABAD.,2012).

Figura 4 – Sistema de pontuação automática baseado em RFID.



Fonte: Yongwoong (2014)

4 RESULTADOS ESPERADOS

Com o desenvolvimento do projeto apresentado, espera-se trazer ao âmbito científico uma nova vertente que trata dos testes de capacidade física e motora de pacientes em clínicas. Tais testes, quando bem elaborados e com o auxílio das tecnologias proporcionadas pela Engenharia e áreas afins, podem ter seus processos aperfeiçoados, levando maior comodidade aos profissionais da saúde e aos pacientes.

Portanto, com o projeto, espera-se futuramente a automatização do TC6 através de um controle remoto de dados e resultados. Espera-se ainda praticidade e eficiência ao procedimento, bem como a difusão da automatização desse processo nas diversas clínicas que existem pela comunidade composta por profissionais da área da saúde, de modo que esse conhecimento não se limite a regiões ou casos isolados.

Com as pesquisas bibliográficas nessa área do conhecimento foi possível ainda perceber a importância das disciplinas de Automação e Controle do curso de Engenharia Elétrica, bem como utilizar os conhecimentos dessa área em aplicações reais e práticas, que podem melhorar o ambiente clínico no que se trata de testes de aptidão física. Portanto, é facilmente verificada a notoriedade da Engenharia na área da saúde, a fim de tornar os procedimentos médicos mais eficientes e cômodos.

REFERÊNCIAS

FINKECZELLER, Klaus. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification**, 2ª ed. John Wiley & Sons Ltd, Munich, Germany 2003, 427 p.

CAHALIN, L. P. et al. The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. **Chest**, 1996;

Hsu, S.-J., Lin, S.-S., Pai, T.-W., Wang, C.-H., Liu, M.-H., & Lee, C.-H. Autonomous exercise rehabilitation for heart failure patients based on six-minute walk test through Internet-of-Thing devices. **2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)**, Canada, October 5-8, 2017.

BRITTO, R. R. et al. Teste de caminhada de seis minutos em diferentes faixas etárias e índices de massa corporal. **Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG – Brasil. *Rev. bras. fisioter.*, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 147-151, mar./abr. 2007.

Eclipse.org., Ottawa, ON, Canada, **Rich Client Platform (RCP)**. [Online]. Available: Disponível em: <<http://www.eclipse.org/community/rcp.php>>.

R. Derakhshan, M. E. Orłowska, and X. Li, "RFID data management— Challenges and opportunities," in *Proc. IEEE Int. Conf. RFID*, 2007, pp. 175–182.

K. J. Cureton and G. L. Warren, "Criterion-referenced standards for youth health-related fitness tests: A tutorial," *Res. Q. Exercise Sport*, vol. 61, no. 1, pp. 7–19, Mar. 1990.

M. T. Mahar, D. A. Rowe, C. R. Parker, F. J. Mahar, D. M. Dawson, and J. E. Holt, "Criterion-referenced and norm-referenced agreement between the mile run/walk and PACER," *Meas. Phys. Educ. Exercise Sci.*, vol. 1, no. 4, pp. 245–258, Dec. 1997.

I. Abad, C. Cerrada, J. Cerrada, R. Heradio, and E. Valero, "Managing RFID sensors networks with a general purpose RFID middleware," *Sensors*, vol. 12, no. 6, pp. 7719–7737, Jun. 2012.

PROPOSED AUTOMATION OF THE SIX-MINUTE WALK TEST FOR PATIENTS WITH CARDIORRESPIRATORY DISEASES

Abstract: *The six-minute walk test (6MWT) is of fundamental importance in medicine. It aims to assess the physical condition of patients with cardiorespiratory problems. The present research consists in the elaboration of a systematic study of the 6MWT, and how the automation can be used to make it more efficient using technologies such as identification by radiofrequency (RFID) and Arduino. Therefore, the research presented the possibility of positively impacting the community formed by health and engineering professionals, as well as the community in general, since the automation of the test offers more practicality and efficiency in the clinical procedure. In addition, it presents electrical engineering as a solution-forming potential for the most diverse problems presented by the community, being an excellent study of inter and multidisciplinary.*

Key-words: *Test. Automation. Cardiorespiratory.*