

ADAPTAÇÃO DE ANDADOR CONVENCIONAL PARA REABILITAÇÃO E ASSISTÊNCIA A PESSOAS COM RESTRIÇÕES MOTORAS

C. T. Valadão*, F. Lotério*, V. Cardoso*, T. Bastos-Filho*, A. Frizzera-Neto*, R. Carelli**

* Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, Brasil

** Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), San Juan, Argentina

e-mail: carlostvaladao@gmail.com

Resumo: Este trabalho apresenta uma proposta para auxiliar pessoas com problemas motores, em sessões de reabilitação, utilizando andador robótico. O desenvolvimento deste andador tem como objetivo melhorar a marcha de pacientes que estão passando por processo de fisioterapia. O andador funciona como uma ferramenta para melhorar o balanço e a capacidade de movimentação dos membros inferiores e auxilia a melhoria da marcha humana. Alguns testes preliminares foram feitos, no qual pacientes seguiam uma linha reta, para testar o controlador de velocidade linear e o sistema de detecção da posição do paciente.

Palavras-chave: reabilitação, robótica, mobilidade, qualidade de vida, disfunções motoras.

Abstract: *This paper presents an intelligent walker focused on assisting people under physiotherapy treatment who can use walker devices in their treatment. The development of this walker has the main goal of enhancing the gait pattern, movement capacity and body balance during the movement. Some preliminary experiments were made in which volunteers had to follow a straight path in order to try the linear speed controller and the system that detects the user position.*

Keywords: *rehabilitation, robotics, mobility, quality of life, motor dysfunctions.*

Introdução

O uso de dispositivos de assistência por pessoas com mobilidade reduzida é um assunto que tem ganhado projeção dentro do meio científico e na própria sociedade de forma geral, uma vez que o número de pessoas que necessitam de tais dispositivos tem crescido ao longo do tempo.

Existem diversos fatores que podem provocar mobilidade reduzida, como doenças de origem genética, congênitas, além de agentes parasitários, como vírus e bactérias. Exemplos de doenças e fatores que levam a tal condição são a poliomielite e o acidente vascular cerebral (AVC). Outro fator importante a ser considerado é o envelhecimento da população, o que, naturalmente, agrava as condições de mobilidade [1].

Estudos feitos pelas Nações Unidas mostram que a população mundial tende a envelhecer ao longo do tempo [2], [3]. As estatísticas e projeções mostram que há uma tendência do aumento da participação de idosos na população, principalmente em regiões pouco desenvolvidas do planeta [3].

Tal fenômeno traz consigo o aumento de algumas doenças associadas ao processo de envelhecimento, como a osteoporose, artrite, artrose, desgaste natural da musculatura, dentre outras enfermidades que prejudicam de forma substancial a mobilidade. Por isso, os idosos constituem um grupo importante dentro das pesquisas de dispositivos de apoio à mobilidade [4].

A fim de auxiliar as pessoas com tais problemas há dispositivos alternativos e aumentativos, sendo que o primeiro grupo troca a forma de movimento e o segundo grupo exige a utilização de forças residuais para que a pessoa possa se movimentar [5].

Exemplos de dispositivos alternativos são as cadeiras de rodas e os veículos autônomos especiais [6]. Já dispositivos como bastões, muletas, andadores (como o que se propõe neste artigo) e exoesqueletos se encaixam na categoria de dispositivos aumentativos. Muitos dos dispositivos aumentativos podem ser utilizados para reabilitação e reforçam a musculatura enfraquecida, mantendo o tônus muscular e a capacidade de movimento [7].

O objetivo principal deste trabalho é construir um sistema robótico para auxílio à mobilidade que é constituído por uma plataforma robótica (robô Pioneer e sensor laser) e um andador convencional, a fim de auxiliar pessoas com problemas de mobilidade.

Materiais e métodos

A fim de testar o sistema proposto, foi desenvolvido na UFES um protótipo de um andador robótico, por meio da adaptação de um andador convencional em um robô Pioneer 3-DX.

Estrutura do andador – Foi utilizado um andador convencional modificado com um suporte para que fosse possível encaixá-lo no robô Pioneer. O sistema possui um sensor laser que serve para detectar as pernas do usuário e *encoders* nas rodas do robô que permitem saber sua velocidade. Sonares também estão disponíveis e serão utilizados futuramente para detecção de obstáculos.

Os motores trabalham de forma independente e a velocidade de cada roda é configurada separadamente pelo controlador interno do robô. Entretanto, a velocidade do robô, que é função da posição do paciente, é enviada na forma de velocidade angular e linear.



Figura 1 - Detalhes do andador adaptado ao robô Pioneer 3-DX.

Na Figura (1) pode ser vista a estrutura do andador adaptada ao robô Pioneer. No item (A) pode ser visto o andador convencional que originalmente era um andador híbrido de duas rodas frontais e duas patas. Posteriormente, foi feita uma adaptação neste andador para aumentar as possibilidades de regulagem de altura, trocar as rodas e patas por rodas loucas – item (D) –, que não influenciam de forma substancial na dinâmica do andador, e adaptar um suporte para os braços com espuma, representado pelo item (G).

O item (B) mostra o robô Pioneer 3-DX da empresa Adept, que é o responsável pela tração do sistema e que se conecta ao laser (da marca SICK) – item (C) – que é o sensor responsável pela detecção das pernas do paciente.

Os itens (E) e (F) são, respectivamente, um suporte de madeira para armazenar baterias do laser (que neste sistema estão independentes do robô para que ambos tenham uma maior autonomia) e um espelho USB para que seja possível conectar dispositivos USB no robô.

Um dispositivo essencial conectado às portas USB é a placa conversora USB-WiFi que permite a conexão remota do robô ao computador que faz o processamento do controle e recebe os dados do sensor laser. O computador embarcado no robô apenas informa aos controladores internos do mesmo a velocidade da marcha do paciente, que foi calculada pelo controle externo, e que foi recebida pela rede sem fio.

Medição de variáveis do usuário – Para que seja possível fazer o controle do robô, é necessário saber a distância das pernas do usuário, bem como seu ângulo relativo ao sensor laser. É definida como “distância das pernas do usuário” as distâncias entre o sensor laser e cada uma das pernas do usuário. Da mesma forma, os “ângulos relativos ao sensor laser” são os ângulos em relação ao eixo central do sensor laser. Para definir um único ponto que representa a pessoa dentro do sistema, são feitas as médias das distâncias de cada perna e do

ângulo, gerando, portanto, uma única distância e um único ângulo. Isso pode ser visto na Figura (2) que mostra uma vista superior das pernas da pessoa e do robô.

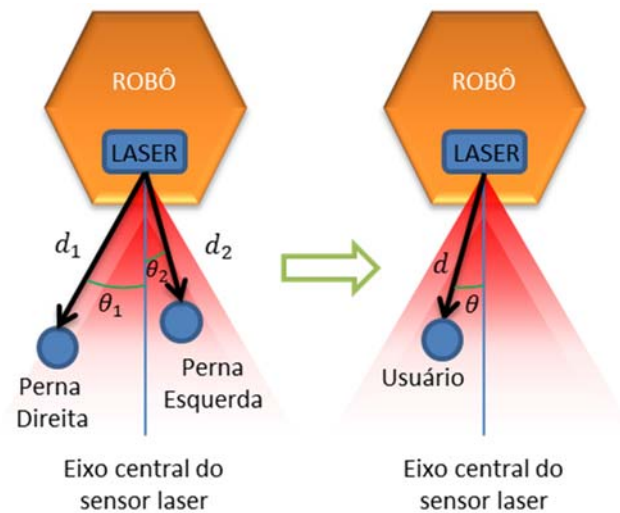


Figura 2 - Leitura da posição da pessoa pelo sensor laser

Contudo, por questões de simplificação, nos testes preliminares deste trabalho, foi feito um algoritmo o qual detecta o ponto mais próximo do laser dentro da área do andador, e tal ponto é considerado onde está o paciente. Posteriormente, o computador externo calcula os parâmetros de controle e envia ao robô os comandos de velocidade angular e linear para que o robô os execute.

Controle – Para os primeiros testes foi feito um controlador PID para testar a estrutura e o funcionamento básico do andador. A velocidade linear é função do erro de distância do paciente, enquanto a velocidade angular é função do erro de ângulo de orientação do paciente. Os erros são mostrados nas equações (1) e (2).

$$\tilde{d}(t) = d_d - d(t) \quad (1)$$

$$\tilde{\theta}(t) = \theta_d - \theta(t) \quad (2)$$

Regras de Segurança – Mesmo com o sistema de controle garantindo a distância e o ângulo corretos do paciente com relação ao andador, se faz necessário a presença de um supervisor de segurança para garantir que o usuário não se machuque durante o uso do andador.

As regras de segurança monitoram o comportamento da pessoa e do andador para garantir que todo o sistema, que compreende o usuário e o andador funcione corretamente.

O controle de velocidade já é feito pelo sistema de controle. No entanto, caso ocorra algum problema e o supervisor de controle detecte que há uma velocidade superior ao limite permitido, o mesmo a corrige, colocando-a no limite pré-estabelecido.

Se as pernas do paciente se afastam ou se aproximam muito do robô, o controlador do andador

toma a ação de se aproximar ou de se afastar, a fim de garantir a distância e ângulo desejados. Contudo, se a perna se afasta demais ou se aproxima demais do robô, sistema supervisor interfere controlando ele próprio a velocidade do andador para que este entre novamente dentro de uma zona segura.

Com isso, é garantido que a pessoa sempre ficará dentro da zona segura. Caso não sejam detectadas as duas pernas o andador para, pois provavelmente houve ou há risco de queda iminente por parte do usuário.

Antes do comando ser enviado para o robô, o supervisor de controle analisa a velocidade e a posição da pessoa para decidir se troca o valor da saída de controle (de acordo com as regras) ou se permite a utilização do valor que foi gerado diretamente pelo controle. Em condições normais, o valor calculado pelo controlador é o utilizado. O supervisor só irá intervir nos casos de emergência citados anteriormente. Novas regras de segurança podem ser implementadas, caso haja necessidade, durante os experimentos.

Funcionamento geral do sistema – O robô recebe apenas os comandos de movimento linear e angular que deve executar. O processamento é feito todo no computador que se conecta ao robô, como mostra a figura (3).



Figura 3 - Funcionamento geral do sistema, mostrando a comunicação entre computador externo e robô/andador.

Uma vez conectado ao robô, o computador recebe os dados do sensor laser. Em seguida, tais informações são processadas e convertidas em posição das pernas, isto é, distância e ângulo em relação ao laser.

A figura (4) mostra qual é a faixa de leitura feita pelo laser, bem como a distância máxima considerada pelo controlador. O sensor laser em si, é capaz de obter distâncias muito maiores, e ângulos de 0° até 180° , no entanto, por haver uma área limitada na região segura do andador (onde a pessoa deve ficar), tais ângulos e distância são limitados para uma faixa de 75° a 115° e distância máxima de 1,2 metros. Qualquer medida fora desta faixa é ignorada.

É importante enfatizar que após passar pelo controle existe o bloco de regras de segurança que pode

modificar o valor, caso haja necessidade. Tal medida se faz necessária para garantir a segurança do usuário ao utilizar o sistema.

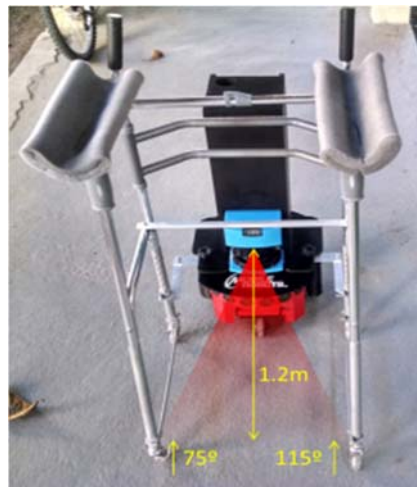


Figura 4 - Vista frontal do andador robótico, mostrando alcance de visão do laser.

Experimentos preliminares – Foram feitos alguns experimentos preliminares com o andador robótico, após a autorização do Comitê de Ética, com pacientes do Centro de Reabilitação e Fisioterapia do Espírito Santo (CREFES). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFES e possui o número de protocolo 214/10. Para poderem participar dos experimentos, todos os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TLCE), o qual explica como serão feitos os testes, bem como permite o uso dos dados coletados, sem que os pacientes possam ser identificados, para propósitos de Pesquisa e Desenvolvimento. Além disso, posteriormente ao experimento o formulário do *System Usability Scale* era preenchido. No total, foram feitos testes com seis pessoas, sendo quatro saudáveis e dois pacientes do CREFES que possuíam marcha hemiparética provocada por acidente vascular cerebral e que tinham mais de seis meses de recuperação.

Para os experimentos preliminares foi considerado que a pessoa está no ponto mais próximo ao sensor laser. Isso foi feito para simplificar o processo em tais testes preliminares. Em testes futuros, o método utilizado será o de detectar as pernas e estimar a posição da pessoa e, por fim, associar a posição da pessoa à média das distâncias e ângulos das pernas da mesma.

Os primeiros testes foram realizados com um controlador simples, do tipo PID que controla apenas a distância do paciente, pois não havia necessidade de controlar o ângulo. Portanto, o único controle utilizado foi o de velocidade linear. O valor de velocidade angular foi configurado para ser zero e, por medidas de segurança, valores negativos de velocidade linear (andador indo contra a pessoa) não foram permitidos.

Resultados

Dentro dos testes preliminares realizados, os

pacientes relataram que ao utilizar o protótipo do andador robótico, se sentiram confiáveis e que seu uso foi confortável. Ambos pacientes haviam sofrido acidente vascular cerebral (AVC) em um período inferior a um ano e apresentavam característica de marcha hemiparética, na qual um lado do corpo não se movimenta corretamente e a pessoa faz um movimento circular da perna afetada.

O robô e a estrutura que o acompanha permitiu suporte físico, aliviando a carga sobre os membros inferiores que fora transferida para o suporte. O balanço também pode ser melhorado, já que o robô controla a distância da pessoa em relação ao andador robótico e o suporte mecânico oferece um maior equilíbrio.

Em questionário feito aos voluntários foi relatado que o andador foi um equipamento de fácil utilização e que também fácil adaptação, com pontuação do *System Usability Scale* (SUS) de 72,5 e 75; e do *Global Attainment Scale* (GAS) de 62,6 e 56,2 para cada um dos pacientes, respectivamente. O objetivo do GAS era verificar a velocidade comparada com a marcha livre e a velocidade máxima do andador robótico. Ambos conseguiram acompanhar a velocidade máxima do andador (configurada em 0,5m/s).

Discussão

Devido à crescente necessidade de dispositivos que auxiliem a mobilidade das pessoas, os andadores robóticos têm sido amplamente estudados na comunidade científica. Para garantir uma boa utilização e o bem-estar geral do usuário, é necessária a integração dos suportes físico, cognitivo, sensorial e de monitoramento de saúde, formando assim um sistema de assistência completa ao usuário.

Há chances de que o andador robótico possa funcionar como uma ferramenta auxiliar no processo fisioterapia, já que força a pessoa a manter-se locomovendo e, desta forma, a mantém utilizando sua força residual, funcionando como um dispositivo alternativo para fisioterapia e reabilitação [6]. Isso evita atrofias musculares e problemas fisioterápicos devido a não utilização das capacidades remanescentes de movimento. Como pode ser visto, houve uma boa pontuação na escala SUS, com 72,5 e 75; e na escala GAS com 62,6 e 56,2 – valores resultantes da avaliação de cada um dos pacientes.

Trabalhos futuros – Como trabalhos futuros pretende-se trocar o controle atual para um controle de cinemática inversa que leve em consideração a velocidade do usuário. Além disso, há a previsão de que o sistema fique, em sua maior parte, embarcado, o que significa que o controle, as regras de segurança, o sensoriamento e os atuadores ficarão todos no andador robótico.

Com isso, será possível fazer com que o sistema fique mais seguro, já que, caso haja perda da conexão entre o cliente e o servidor, o robô pode tomar a decisão autonomamente, inclusive de parar, o que seria mais apropriado para a situação.

Haverá um controle externo para iniciar, terminar ou

abortar a tarefa. No entanto, todos os cálculos de velocidades serão projetados para serem feitos internamente.

Além disso, o robô possuirá controle de desvio de obstáculos com base em sensores de ultrassom, o que irá aumentar mais a segurança para o usuário. Todo esse sistema terá ainda a supervisão das regras de segurança.

Conclusão

Os sistemas de apoio à mobilidade que contém elementos de suporte múltiplos (cognitivo, sensorial, monitoramento de saúde e físico) se apresentam como uma ferramenta útil para o desenvolvimento e recuperação física de pessoas com deficiência motora e de idosos. Neste trabalho foi mostrada uma proposta de um andador robótico que reúne suporte físico controlado para um ambiente de reabilitação e com apoio de profissionais da área de saúde. Os pacientes avaliaram posteriormente o andador robótico com SUS e GAS médios de 73,75 e 59,4 respectivamente. Já o grupo controle teve a pontuação GAS média de 96,25 e a SUS de 68,55.

Espera-se que este sistema seja útil para pacientes em tratamento e que possa ajudar também aos cuidadores e fisioterapeutas, uma vez que por meio do histórico dos sinais de distância e ângulo capturados pelo sensor laser pode-se inferir qual é a marcha do usuário [8].

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (Projeto 126/2013) e ao CNPq (Processo 458651/2013-3) pelo apoio financeiro; e à UFES (Brasil) e à UNSJ (Argentina) pela cooperação técnico-científica.

Referências

- [1] E. Einbinder and T. Horrom, "Smart Walker: A tool for promoting mobility in elderly adults," *J Rehabil Res Dev*, 2010.
- [2] United Nations, "World Population Ageing 1950-2050," New York, New York, USA, 2001.
- [3] United Nations, "World Population Ageing 2013," 2013.
- [4] S. M. Bradley and C. R. Hernandez, "Geriatric assistive devices," *Am. Fam. Physician*, vol. 84, no. 4, pp. 405–11, Aug. 2011.
- [5] C. Valadão, C. Cifuentes, A. Frizzera, R. Carelli, and T. Bastos, "Development of a Smart Walker for People with Disabilities and Elderlies," *XV Reun. Trab. en Proces. la Inf. y Control*, 2013.
- [6] M. M. Martins, C. P. Santos, A. Frizzera-Neto, and R. Ceres, "Assistive mobility devices focusing on Smart Walkers: Classification and review," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 60, no. 4, pp. 548–562, Apr. 2012.
- [7] A. Elias, A. Frizzera, T. F. Bastos, and C. Valadão, "Robotic walkers from a clinical point of view: Feature-based classification and proposal of the UFES Walker," 2012 ISSNIP Biosignals Biorobotics Conf. Biosignals Robot. Better Safer Living, pp. 1–5, Jan. 2012.
- [8] V. Schneider, A. Frizzera-Neto, C. Valadão, A. Elias, T. Bastos, and A. Bento, "Detecção de pernas utilizando um sensor de varredura laser aplicado a um andador robótico," in *Congresso Brasileiro de Automação*, 2012.