

SMART GOL TRAINER: Lançadora de Bolas Automática para treinamento inteligente de jogadores de futebol

Montedori, Marcelo¹, Vitor Chaves de Oliveira^{1,2} e Marcius Fabius Henrique Carvalho¹

¹Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC), ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Salto (IFSP – Salto)

Resumo – O esporte, além de ser uma atividade que congrega saúde, cultura e lazer, apresenta-se também como uma possibilidade de ascensão social. Neste sentido, a tendência de busca por um melhor desempenho do atleta aumenta e se torna prioridade. Este trabalho refere-se ao desenvolvimento de um sistema automatizado para lançamento de bolas de forma a apoiar os treinos e desenvolver rapidamente a habilidade dos atletas. O sistema, dedicado ao futebol de campo, consta de uma estrutura física composta por motores, inversores de frequência, sensores e uma rede de comunicação entre microprocessadores, computadores e smartphones. Além disto, possui um sistema supervisor capaz de coletar os dados dos treinamentos, analisá-los e apresentar os resultados dos treinamentos aos interessados. Com isto, o desempenho é avaliado por meio do monitoramento de parâmetros relacionados com o tempo de reação e taxa de acertos, estimulando o usuário a acompanhar sua evolução no esporte e auxiliando-o em sua tomada de decisão, dentro das rotinas de movimentos e jogadas que ocorrem em uma partida.

Palavras-chave: Sistemas automatizados; Tempo de reação; Treinamento de jogadores de futebol; Lançadora de bolas, Treinamento assistido por computador.

Abstract – Sport, besides being an activity that congregates health, culture and leisure, is also a social ascension opportunity. In this sense, the tendency to search for better athlete performance increases and becomes a priority. This work refers to the development of an automated system for launching balls in order to support the training and to develop the athletes' ability rapidly. The system, dedicated to field football, consists of a physical structure composed of motors, frequency inverters, sensors and a communication network between microprocessors, computers and smartphones. Besides this, there is a supervisory system capable of collecting training data, analyzing and presenting results to interested parties. Performance is evaluated through the monitoring of parameters related to reaction time and hit rate, stimulating the user to follow their evolution in the sport and assisting in their decision making, within the routines of movements and plays that occur in a match.

Keywords: Automated systems, Reaction time, Soccer players training, Ball launcher, Computer-assisted training.

I. INTRODUÇÃO

A busca por treinamentos mais eficazes e eficientes no mundo do esporte é uma constante. No Brasil, se manifesta mais intensamente pelo futebol que, com sua prática, incentiva a buscar o desenvolvimento de habilidades motoras desde a infância até as categorias profissionais por meio de treinamentos e programas

sistemáticos que devem considerar os níveis de maturação biológica. Diversos artigos abordam o tema e enfocam diferentes campos de pesquisa. Algumas consideram o impacto de atividades de treinamento pelo acompanhamento do espaço percorrido, aceleração, velocidade máxima e tempo de explosão no condicionamento físico de um atleta (Malone *et al*, 2018). Em Thomas, French e Rayes (2009), considera-se o efeito de diferentes técnicas de treinamento pliométrico na força muscular e agilidade em jogadores de futebol. Já em Morgans *et al* (2014), alerta-se que o planejamento efetivo e a organização do treinamento são cruciais para o estímulo do desenvolvimento das atividades pelos jogadores individuais e para a equipe. Isto, pois requer um programa de treinamento que contemple vários componentes. Outros se dirigem à diferentes faixas etárias como na pesquisa de Nazare (2018). Nesta se demonstra a importância do estímulo ao treinamento de crianças para praticarem atividades esportivas e experimentarem atividades motoras caracterizadas pelos diversos tipos de esportes. Isto pode ser realizado com menores idades desde que levado em consideração a idade biológica de cada praticante para a aplicação do método de treinamento. Neste trabalho foi avaliado o efeito de treinamento de 12 semanas em relação as qualidades físicas de dois grupos de crianças participantes de futebol de campo, todos no terceiro estágio de maturação biológicas. E, as crianças foram divididas em 2 grupos e passaram por duas metodologias de treinamento básico, sendo um grupo com metodologia tradicional e a outra maturacional. Para os testes foram utilizados protocolos de coordenação (Teste de Burpee), Flexibilidade (Testes Angulares de Goniometria), Força dinâmica (Teste de Preensão Manual de Dinamometria), Força explosiva (Teste de Impulsão Vertical) e Velocidade (Teste de velocidade de 30 metros lançado). Utilizou-se procedimento estatístico para se comparar os resultados de um grupo em relação ao outro. Os resultados os resultados apontaram que a utilização da metodologia de formação maturacional se mostrou mais eficiente no desenvolvimento de qualidades físicas de crianças no estágio 3 de maturação, para praticantes de futebol de campo. Para crianças, estimular a prática de atividades esportivas pode ajudar a desenvolver uma atitude positiva em torno do corpo, tornando-as conscientes e motivadas a incorporar a atividade física no seu hábito de vida. É importante que profissionais possam propiciar à criança experiências variadas, respaldados em metodologias científicas adequadas e sistematizadas, contínuas e progressivas, facilitando dessa forma o desenvolvimento de suas potencialidades.

Outros estudos da atividade do futebol profissional procuram identificar o desempenho de jogadores chave. Este, pode ocorrer por meio de análise de redes e

dificuldade de passes no sentido de apoiar decisões de gestores e treinadores, considerando a disponibilidade de detalhados dados sobre os locais e os tempos de todas as ações em campo com os recentes avanços nas metodologias e tecnologias de coleta (McHale, 2018). Ainda, com relação ao atleta outros estudos analisam o efeito de programas de treinamento progressivo de resistência como complemento do treinamento de futebol como elemento de desenvolvimento de capacidade física. No estudo de Christou (2006), verificou-se o resultado dos treinamentos físicos em adolescentes sendo avaliados os efeitos combinados de treinamento de resistência e treinamento de futebol. Para isto, acompanhou-se a evolução da força muscular, capacidade de pulo vertical, corrida, agilidade e flexibilidade. E, utilizando-se métodos de treinamentos por 16 semanas e exercícios de repetição, demonstrando a importância da repetitividade das atividades para se obter resultados relevantes.

O desafio do projeto foi o desenvolvimento de um mecanismo para lançamento de bolas capaz de possibilitar treinamento dos jogadores com o emprego de rotinas capazes de serem repetidas com precisão para possibilitar a comparação e a análise de resultados com relação ao domínio e a taxa de acertos a um alvo fixo.

II- TREINOS APOIADOS POR AUTOMAÇÃO E OU COMPUTADORES

Atualmente, pode-se citar alguns exemplos de treinamentos apoiados por computador ou sistemas de automação. Os mais conhecidos estão relacionados a captura das imagens dos treinamentos e posteriormente análise dos movimentos para se propor técnicas que melhorem o desempenho dos atletas. Enquanto há outros sistemas que monitoram através de sensores a localização e a velocidade dos atletas durante as partidas de futebol. Todavia, sistemas que monitorem efetivamente os treinamentos dos atletas são menos comuns, podendo ser citado o projeto desenvolvido e demonstrado por Sall *et al* (2014). Tal desenvolvimento foi aplicado ao treinamento dos jogadores de *Borucia Dortmund* na Alemanha, onde foi construída uma área fechada e coberta, na qual foi montado o sistema de treinamento. Nesta área foi construída a estrutura quadrada, que é composta de 8 máquinas lançadoras de bolas, sendo 2 de cada lado e instaladas uma sobre a outra. E, com 64 quadrantes distribuídos em 16 quadrantes de cada lado, destes 16 quadrantes foram colocados 8 ao lado esquerdo e 8 quadrantes do lado esquerdo de cada conjunto de lançadoras. O treinamento aplicado consiste em o jogador ficar no centro desta estrutura quadrada atento aos sinais sonoros e luminosos que o sistema emite. Sua lógica de funcionamento é o lançamento da bola a partir de uma das lançadoras e simultaneamente é acionado um sinal luminoso em um dos 64 quadrantes distribuídos. O jogador deve observar este sinal luminoso, fazer o domínio da bola que foi lançada pelo equipamento e, com o menor tempo possível, rebater a bola para o local onde o sinal luminoso foi acionado, sendo este, caso o jogador acerte o quadrante iluminado, computado como acerto. Ao mesmo tempo é mensurado o tempo gasto para se

efetuar este movimento. Após o fim do ciclo de treinamento é possível apresentar ao atleta o resultado de seu treinamento mostrando a quantidade de acertos e os tempos gastos para alcançar a meta proposta. A figura 1 apresenta a disposição da montagem proposta pelo Footbonaut.



Fonte: Sall *et al* (2014).

O sistema proposto por Sall *et al* (2014) é uma estrutura fixa, que utiliza um local fixo para o treinamento, não permitindo alterar a distribuição dos quadrantes nem mesmo sua montagem em locais onde possam ocorrer a concentração de jogadores. Entretanto, evidencia que o desenvolvimento do sistema de lançamento de bolas automático pode apoiar o esportista e os envolvidos a possibilitar o acompanhamento da evolução do atleta.

III – INVERSORES DE FREQUÊNCIA

O inversor de frequência variável (conhecido como VFD em inglês) é um tipo de controlador que tem a função de acionar um motor elétrico. E, ao mesmo tempo, variar a frequência e a tensão que é fornecida ao motor com o objetivo de controlar a sua velocidade e potência consumida. Outros nomes encontrados para um VFD são: drive de velocidade variável, drive ajustável da velocidade, drive de frequência ajustável, drive CA (corrente alternada), microdrive ou simplesmente inversor.

Nos motores elétricos de indução ou corrente alternada, a frequência (medida em Hertz) está diretamente relacionada às Rotações Por Minuto (RPMs) de um motor. Em outras palavras, quanto maior a frequência, mais rápido os RPMs, ou seja, maior a velocidade de rotação do motor. Sabe-se que no Brasil, as concessionárias de energia elétrica fornecem energia alternada com uma frequência de 60Hz e por outro lado, a maior parte dos motores elétricos encontrados nas indústrias e que consomem esta energia possuem rotação nominal de 3600 RPM. No entanto, se uma aplicação qualquer não requerer um motor elétrico funcionando na velocidade cheia de 3600 RPM, o que é muito comum ter três alternativas: ou utilizar um redutor mecânico ou utilizar o inversor de frequência, ou utilizar ambos. No caso de utilizar o inversor de frequência, ele poderá ser configurado para gerar uma rampa de descida, reduzindo

a frequência e a tensão para que o motor opere conforme os requisitos da carga (velocidade e tensão desejada).

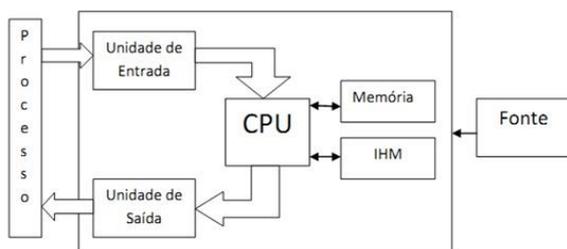
Uma característica importante do inversor é que à medida que os requisitos de velocidade do motor em uma determinada aplicação mudam o inversor de frequência pode simplesmente subir ou descer a velocidade do motor a fim de atender as novas exigências de operação, o que não seria possível utilizando apenas um redutor mecânico.

IV – Controlador Lógico Programável (CLP)

A sigla CLP significa basicamente controlador lógico programável, e seu surgimento foi no ano de 1968 na indústria automobilística americana no setor de hidrâmica da General Motors. Com a liderança do Engenheiro Richard Morley iniciou-se a discussão sobre o desenvolvimento de um sistema capaz de substituir lógica de reles, que traziam grandes dificuldades em se alterar um processo quando eram necessárias alterações. Por exemplo, para mudança de modelo do veículo, eram necessárias grandes modificações nos painéis e fiações, além disto, o grande tamanho dos painéis de reles e a dificuldade de manutenção impediam a evolução simplificada dos novos veículos.

O conceito de CLP é muito amplo, porém, um controlador lógico programável é um computador que atende a requisitos de utilização industriais onde se destacam algumas características importantes. O hardware deve possuir alta confiabilidade, ser imune a ruídos eletromagnéticos, ter isolamento galvânica de entradas e saídas, facilidade de montagem em trilhos de fixação e facilidade de manutenção através de sistemas de diagnóstico. O hardware é basicamente composto de uma fonte de alimentação, uma unidade central de processamento, onde ocorrem as tomadas de decisão, verificam-se os estados das entradas e se alteram os estados das saídas, um sistema de memória que é responsável pelo armazenamento de todas as informações referentes ao CLP, e os módulos de entradas e saídas, que são as interfaces de comunicação do CLP com o sistema que se deseja controlar (MORAIS e CASTRUCCI, 2001). Na Figura 2 apresenta-se a estrutura básica de um CLP.

Figura 2 – Arquitetura básica de um CLP



Fonte: Ogata (2003)

No projeto em questão foi utilizado um CLP marca HI tecnologia fabricado em Campinas, cuja característica descreve-se abaixo:

“O CLP modelo P7C 301 da família de controladores lógicos programáveis P7C, foi desenvolvido para atender aplicações tanto na área de processos contínuos (controle de processos) quanto na área de manufatura (programação, sequenciamento de máquinas). O modelo P7C-6S é composto por um único bastidor com capacidade para 6 módulos, o que permite acesso a até 80 pontos de I/O. O modelo P7C 301 pode ser configurado para acesso a até 368 pontos de I/O. Sua arquitetura é baseada em bastidores expansíveis com capacidade de 4 módulos de hardware por bastidor. A configuração básica compreende um bastidor principal equipado com fonte de alimentação e com capacidade para até 4 módulos. Já a configuração mais completa pode chegar a 1 bastidor principal + 5 bastidores de expansão, disponibilizando um total de 24 slots para utilização de módulos. Uma vasta gama de tipos de módulos está disponível tanto para interface de sinais digitais quanto analógicos.” HI Tecnologia, 2018.

A Figura 3 ilustra o CLP P7C 301 que foi utilizado neste trabalho.

Figura 3 – CLP Hi Tecnologia P7C 301

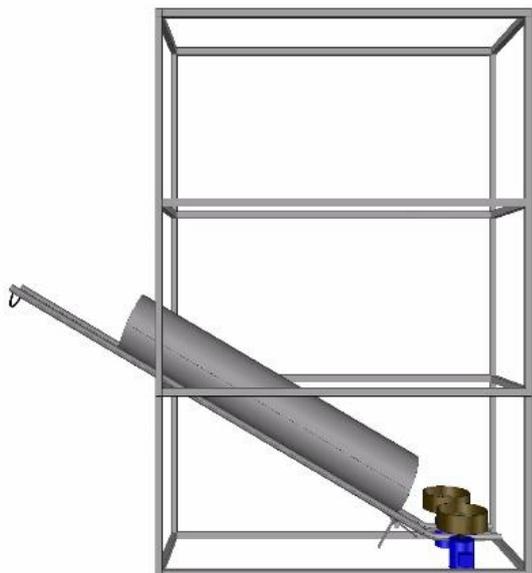


Fonte: HI Tecnologia, 2018.

V- METODOLOGIA

O sistema proposto para lançamento de bolas foi construído em uma estrutura metálica de aço carbono composta de tubos de metalão soldados. Nesta estrutura foram instalados dois motores trifásicos montados bilateralmente e em paralelo um ao outro, acoplados aos seus eixos polias em alumínio recoberto com uma proteção em PVC para que as bolas ao serem lançadas não sejam danificadas, para a liberação das bolas foi utilizado um motor de corrente contínua utilizados em limpadores de para-brisas de veículos automotores. Na figura 4 demonstra-se o projeto de construção da lançadora de bolas.

Figura 4 – Estrutura física do sistema lançador de bolas



Fonte: Figura Própria.

O sistema lançador composto por dois motores propulsores e um motor para liberação das bolas de lançamento sequenciado tem capacidade de armazenamento de 12 bolas com ciclo de utilização de 10 bolas, controlado através de rede de comunicação entre inversor de frequência e CLP. O sinal de comunicação entre o CLP e os inversores no projeto foi baseado no sinal de loop de corrente 4 a 20 mA (miliâmpères) frequentemente utilizado em sistemas de instrumentação industrial. A linguagem de programação utilizada no

CLP foi a linguagem Ladder conhecida como linguagem de diagrama de contatos, é uma das primeiras técnicas de programação de CLPs, é muito difundida entre engenheiros e projetistas pela facilidade do desenho e da inspeção dos circuitos. O diagrama LADDER parte de duas linhas verticais, também chamadas de barras de alimentação, cada representação é feita por uma linha horizontal formada pelos elementos controlados, bobina de relê, e o conjunto de condições para o controle deste elemento, neste caso as redes de contatos (GEORGINI, 2000).

A Figura 5 mostra um exemplo de programa em linguagem LADDER.

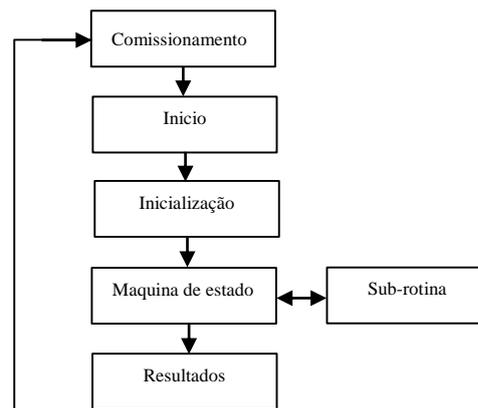
Figura 5 – Exemplo de programação em LADDER



Fonte: Figura Própria.

A partir da programação executada no CLP foi possível programar a funcionalidade da lançadora de bolas como descrito no diagrama de blocos apresentado na figura 6.

Figura 6 – Diagrama em bloco da programação



Fonte: Figura do Autor

Para possibilitar o monitoramento e a avaliação dos dados de tempo de reação e taxa de assertividade, foi utilizado um sistema de coleta de dados composto de um CLP da marca HI Tecnologia e uma tela supervisorio desenvolvido especificamente para a aplicação utilizando a ferramenta fornecida pelo fabricante do CLP conhecido com HiscadaPro. É um software que disponibiliza um ambiente completo para desenvolvimento, teste e geração de aplicações de supervisão e controle de plantas, processos e máquinas industriais. Este sistema foi concebido para operar de forma distribuída e faz uso de interfaces padronizadas, possuindo recursos para construção de telas sinóticas, gerência de alarmes, históricos, relatórios, gerência de usuários e recursos para criação de modelos de processo.

A figura 7 apresenta de forma simplificada os principais recursos deste ambiente, começando pelo acesso aos dados dos equipamentos, através de seus respectivos servidores de comunicação OPC.

Figura 7 Ferramenta para edição sistema supervisorio.



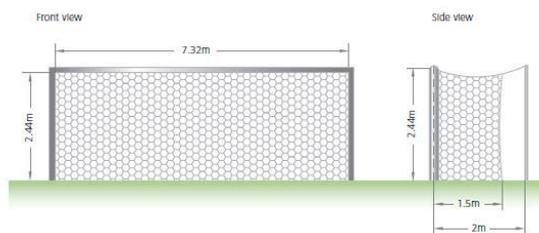
Fonte : HI Tecnologia, 2018.

VI – RESULTADOS

O projeto da lançadora foi customizado para a realidade comercial na escola de futebol fazendo-se necessária à sua total reestruturação a nível estético. Na nova concepção do projeto a lançadora foi acoplada a uma outra estrutura no formato de gol no padrão FIFA

conforme demonstrado na figura 8:

Figura 8 – Dimensões gol padrão FIFA



Fonte: Gold Arquitetura, 2018.

Portanto, medindo 7,32 metros de largura por 2,32 metros de altura, e, dispondo 16 metas para serem alcançadas ao centro a lançadora de bolas composta por motores de uso industrial, controlados pelos inversores de frequência que possibilitam se alterar a velocidade de lançamento das bolas ao jogador e com isto aumentar o nível de dificuldades.

Sendo assim, foi desenvolvido um sistema de sinalização de luz de freio de veículos pesados, que possibilita a visualização do local a ser alcançado mesmos em ambientes com muita iluminação natural e inclusive exposto ao sol do dia. A figura 9 mostra o conjunto de sinalização e o sistema de proteção mecânica que foi projetado para evitar a colisão da bola diretamente à lente do conjunto.

Além disso, o sistema após apresentado a uma escola de futebol e foi imediatamente aceito. Nesta escola, elaborou-se um projeto para a área destinada a montagem da máquina de lançar bolas e possibilitar treinamentos, inicialmente foi destinada uma área de 8 metros por 15 metros para a montagem do equipamento. Nesta área foi construída uma arena com grama sintética e executada a obra de infraestrutura direcionada a facilitar o bom funcionamento da máquina de lançar bolas em termos de operação. Na parte de trás da máquina o piso foi executado com um grau de inclinação para que todas as bolas se concentrem próximo ao mecanismo de carregamento da lançadora.

Figura 9 – Sistema de sinalização.



Fonte: Figura Própria.

A versão do projeto trouxe um design que remete o ao esporte a que se esta focado, destacando o formato do gol que é a principal meta em uma partida de futebol. A Figura 10 mostra uma visão geral da versão do projeto em sua versão atualizada.

Figura 10 – Versão atualizada



Fonte: Figura Própria.

VII – CONCLUSÃO

O projeto *Smart Gol Trainer* demonstra-se como uma ferramenta adequada para treinamento de atletas assistido por tecnologia. Isto, pois possibilita a aplicação de um complexo sistema de treinamento capaz de simular as diversas rotinas de jogadas que possam ocorrer em uma partida de futebol além de mensurar a capacidade e o nível do atleta na execução das tarefas a ele destinadas. Avalia-se que o sistema pode ser aperfeiçoado evoluindo-se com estratégias de automação e apoios de inteligência artificial para possibilitar que o treinamento de cada atleta passe por etapas distintas e personalizadas. Com o objetivo maior de apontar como e o que deve ser aperfeiçoado pelo atleta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos apoios de suas respectivas instituições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MALONE, S.; OWEN, A.; NEWTON, M.; MENDES, B.; TIEMAN, L.; HUGLES, B.; COLLINS, K.; Wellbeing perception and the impact on external training output among elite soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2018

THOMAS, K., FRENCH, D., HAYES, P. R., The Effect off two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players, *The journal of strength and Conditioning research* 332-335, 2009.

MORGANS, R., ORME, P., ANDERSON, L., DRUST, B., principles and practices of training for soccer, *Journal of Sport and health science* 3 (2014) 251-257

NAZARÉ, M. SILVA, J.B., SARAIVA, A., JUNIOR, G.C.M. CHAVES, L. G. S., NETO, A. M. A., SILVA, A. J., DANTAS, E. H. M., Avaliação dos efeitos do treinamento em crianças futebolistas da vila Olímpia da Mangueira, programa de pós graduação strictu sensu em Ciência da Motricidade Humana na universidade Castelo branco -UCBRJ

MCHALEA, I.G.; RELTON, S.D.; Identifying key players in soccer teams using network analysis and pass difficulty, *European Journal of Operational Research*, Volume 268, Issue 1, 1 July 2018, Pages 339-347

CRHISTOU, M., SMILIOS, I., SOTIROPOULOS, K., VOLAKLIS, K., PILIANIDIS, T., TOKMAKIDIS, S. P., Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players, Journal of Strength and Conditioning Research, 23(4), 783-791 @ National Strength & Conditioning Association

SAAL, C., MULLER, S., FIELDER, H., MAYER, J., LAN WEHR, R., the footbonaut as an innovative Diagnostic System, Differentiating response times in soccer Players off different Age-groups, 2014 Science and technology Publications, Lta.

MORAES, C. C., CASTRUCI, P. L., Engenharia de automação industrial, 2ª edição, Rio de Janeiro, 2007

GEORGINI, M., Automação Aplicada Descrição e Implementação de sistemas sequenciais com PLCs, 2. Edição, 2000
