



ACÇÃO DE EMPREENDIMENTOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA - UM MEDIDOR DE CAPACIDADE DE ATIVIDADE MUSCULAR

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5086

Autores: AMILTON DA COSTA LAMAS, EDUARDO VEIGA DE ARAUJO, EDUARDO EBELING DE ALMEIDA, MATHEUS PIRES LEONARDI, ALEXANDRE SAUGO MAZZARI

Resumo: A capacidade de propor ações de empreendedorismo é cada vez mais valorizada nos egressos das faculdades de engenharia. Ser capaz de identificar problemas, propor soluções, interagir com o cliente e fazer entregas que correspondem às expectativas dos interessados no empreendimento são competências esperadas nos jovens engenheiros pelo mercado profissional. Neste trabalho são descritas as ações realizadas na disciplina de Empreendimentos de Engenharia do curso de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Através do exercício do método de ensino Aprendizagem Baseada em Problemas (Projetos) os discentes desenvolveram e demonstraram uma prova de conceito não clínica para medir a capacidade de atividade muscular que permite ao próprio usuário visualizar a sua recuperação física. A necessidade foi identificada e caracterizada em conjunto com os alunos e uma professora da Faculdade de Fisioterapia da mesma universidade. A prova de conceito foi resultado do trabalho colaborativo das equipes utilizando um processo dialógico contínuo, que minimiza a possibilidade de o resultado não atender às expectativas dos envolvidos. Os discentes apresentaram uma proposta de criação de startup para comercialização da prova de conceito e produziram ao planos de negócio e de marketing de suporte à startup.

Palavras-chave: aprendizagem baseada em problemas, eletromiografia de superfície, empreendimentos, Engenharia Elétrica

AÇÃO DE EMPREENDIMENTOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA – UM MEDIDOR DE CAPACIDADE DE ATIVIDADE MUSCULAR

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve as atividades executadas, os conhecimentos apropriados, as ações e os desenvolvimentos realizados pelos alunos da Faculdade de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) na disciplina de Empreendimentos em Engenharia. A condução da disciplina foi inspirada no método de aprendizado por resolução de problemas (PBL). A ementa da disciplina torna-a adequada para, além de desenvolver as competências afeitas à área de empreendedorismo, também exercitar aspectos de gestão de projetos e expandir a interdisciplinaridade entre a Engenharia Elétrica e, neste caso, a disciplina de Cinesiologia da Faculdade de Fisioterapia. Esta multidisciplinaridade visa contribuir para uma formação holística e mais humana dos discentes do curso de Engenharia Elétrica.

O desenvolvimento de soluções de Engenharia Elétrica para clínicas de reabilitação física, realizados nos últimos seis anos em projetos de extensão, aproximaram os docentes das duas faculdades. Conversas preliminares resultaram na identificação da oportunidade de desenvolver uma prova de conceito não clínica, que permitisse ao usuário visualizar a sua evolução na recuperação da capacidade muscular. A solução deveria ser barata e robusta o suficiente para ser utilizada pelos alunos da Faculdade de Fisioterapia em suas atividades curriculares.

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos durante a exploração da oportunidade para criação de uma startup, com objetivo de desenvolver uma prova de conceito de um medidor de capacidade de atividade muscular, baseado na tecnologia de Eletromiografia de Superfície (EMGS). A prova de conceito demonstrada foi fruto do trabalho colaborativo das duas equipes: 1) Faculdade de Fisioterapia, através da exposição dos requisitos técnicos e condições de contorno de aplicação da prova de conceito, e 2) Faculdade de Engenharia Elétrica, no desenvolvimento do equipamento e proposição de uma startup para comercialização do resultado.

2 FUNDAMENTAÇÃO

Na realização deste trabalho os discentes do curso de Engenharia Elétrica da PUC-Campinas adquiriram competências básicas sobre EMGS, um tema não diretamente associado ao curso, porém essencial para a compreensão da origem e detecção do sinal bioelétrico estudado e para o desenvolvimento da prova de conceito concebida pelas equipes de trabalho. Empreendedorismo e Gestão de Projetos foram temas/competências também desenvolvidas durante a realização da disciplina. Estas competências adquiridas são brevemente descritas nesta seção.

2.1 EMGS

Durante a realização do projeto, os discentes de Engenharia Elétrica constataram que a EMGS é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica (potenciais elétricos) das membranas excitáveis das células musculares esqueléticas. O monitoramento da atividade elétrica, realizado por meio da leitura da tensão elétrica ao longo do tempo,

representa os potenciais de ação deflagrados pelos neurônios. A seguir é apresentado o conjunto de conhecimentos técnicos sobre EMGS apropriados pelos discentes do curso, conforme descritos por eles.

EMGS consiste na aquisição e tratamento do sinal bioelétrico produzido na musculatura, a partir da estimulação das unidades motoras. A EMGS permite o estudo de quais músculos são utilizados em determinado movimento, o nível de ativação muscular durante a execução do movimento e a intensidade e duração da solicitação muscular. A movimentação dos íons entre o interior da célula nervosa (neurônio) e o ambiente exterior gera uma diferença de potencial (potencial de ação) e conseqüente movimentação dos íons que, por sua vez, gera um campo eletromagnético na periferia das fibras musculares. Para aquisição do sinal de EMGS, eletrodos de captação são colocados na superfície da pele, junto do músculo de interesse. A variação do campo eletromagnético gerado pela movimentação dos íons é captada pelos eletrodos, transformado em tensão/corrente elétrica, pré-processado (eletricamente filtrado) e enviado para análise e apresentação pelo sistema. A manutenção da contração muscular, requer que o sistema nervoso envie uma seqüência de estímulos, para que as unidades motoras sejam repetidamente ativadas, resultando em um pulso de ondas eletromagnéticas (decorrentes do potencial de ação coletivo), que indica a taxa de disparo de impulsos eletromiográficos. Estes impulsos podem ser analisados através da envoltória linear das tensões obtidas (MICHELL, 2013).

A melhor localização do eletrodo situa-se entre o ponto motor e o tendão de inserção do músculo, além disso, a orientação de captação deve estar paralela às fibras musculares e suas superfícies (dos eletrodos) de captação separadas por no máximo 40 mm. No caso deste trabalho a distância entre eletrodos foi de 20 mm (veja seção Arranjo Experimental). O SENIAM (*Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles*) (HERMENS et ali., 1999; KERMENS et al. 2000) padroniza esses procedimentos, i.e., recomendações de configuração e posicionamento dos eletrodos.

É importante ter em mente que a EMGS revela somente uma visão localizada da atividade elétrica no músculo, pois o eletrodo de superfície não possibilita captar todo o sinal gerado no volume muscular. No entanto existe uma proporcionalidade direta entre força motora e a intensidade do sinal de EMGS, visto que o sinal está relacionado com os fenômenos musculares internos (KANDEL et ali., 2021). O recrutamento de muitas fibras pode aumentar o nível de sinal detectado visto que a atividade elétrica no músculo é determinada pelo número de fibras musculares recrutadas e pela sua frequência média de excitação, os mesmos fatores que determinam a força muscular.

2.2 Empreendedorismo

A execução do projeto relatada neste trabalho foi realizada como parte dos requisitos para aprovação na disciplina de Empreendimentos em Engenharia do curso de Engenharia Elétrica da PUC-Campinas. O objetivo da disciplina é capacitar o discente a identificar ideias de negócio que possam se tornar oportunidades reais de mercado e a partir daí elaborar um Plano de Negócio. Neste sentido foram realizadas rodadas de conversa com a Faculdade de Fisioterapia no sentido de identificar as necessidades para realização de medidas de EMGS que poderiam ser mitigadas através do desenvolvimento de provas de conceito baseadas nas competências e capacidades desenvolvidas no curso de Engenharia Elétrica. Na oportunidade, a equipe da Faculdade de Fisioterapia, tutorada pela Profa. Telma Dagmar Oberg, manifestou interesse numa prova de conceito que permitisse ao usuário identificar seu próprio avanço na recuperação física através da observação de indicadores visuais que refletissem o grau de fortalecimento muscular.

Uma vez definido o objetivo do trabalho a equipe da Faculdade de Engenharia Elétrica passou a desenvolver o aprendizado no tema Empreendedorismo através da solução do problema proposto. A meta para a equipe foi desenvolver os métodos e processos necessários à criação de uma startup para comercialização de um dispositivo de reabilitação física, percorrendo duas trilhas simultâneas: 1) a redação de um plano /modelo de negócios para uma startup e 2) o desenvolvimento de uma prova de conceito (produto comercial da startup) que atendesse as expectativas da equipe de Fisioterapia; tratada neste caso como cliente.

Durante a realização das atividade da trilha 1 os discentes tiveram a oportunidade de exercitar o papel de empreendedor, aquele que é capaz de reconhecer oportunidades para criar soluções inovadoras e oferecê-las ao mercado. Foram capazes de apontar e vivenciar as principais características do empreendedor, como: otimismo; autoconfiança; coragem; persistência; e resiliência (DRUKER, 2016). Os discentes optaram por realizar um empreendedorismo social, cujo objetivo não é a lucratividade da empresa, mas como ela pode beneficiar as pessoas por meio de projetos de apoio e, ainda assim, desenvolver soluções inovadoras capazes de resolver diversos tipos de problema. O alunos também tiveram de exercitar a competência de propor projetos para um órgão de fomento, personificado pelo professor da disciplina.

Como resultado da trilha de plano de negócios, trilha 1, os discentes realizaram a construção do CANVAS da startup usando etiquetas adesivas, a construção e apresentação de um *pitch* de vendas, este como parte da exposição de motivos para financiamento, concluindo com a redação do Plano/Modelo de Negócios e Plano de Marketing associados.

2.3 Gestão de projeto

A segunda trilha do processo de criação da startup versou sobre a gestão do projeto de desenvolvimento da prova de conceito, proposta nos diálogos iniciais com a equipe da Faculdade de Fisioterapia. Nesta trilha os participantes da disciplina puderam exercitar e adquirir competências inspiradas no PMBOK (PMI, 2021). Os alunos tiveram a oportunidade de executar os passos para a realização de um projeto, tais como: 1) Identificação do Problema ou Necessidade; 2) Estudo de Viabilidade; 3) Concepção Preliminar; 4) Análise e Projeto Detalhado; 5) Desenvolvimento do Protótipo ou Modelo; 6) Construção; 7) Testes e Validação; 8) instalação e Operação (demo); 9) Avaliação Pós-instalação; 10) Manutenção e monitoramento; e 11) Encerramento do Projeto. Em cada um dos passos os alunos identificaram os fatores críticos de sucesso e as atividades a serem realizadas. Especial atenção foi dedicada às questões: a) que nada se inicia sem um contrato assinado; b) o risco de que nem sempre o cliente tem uma boa visão do que deseja, resultando em sucessivas tentativas de alteração do escopo do projeto, na medida em que o entendimento amadurece; e c) o projeto finaliza somente após todos os procedimentos se encerrarem, especialmente àqueles relacionados a questões financeiras.

3 MÉTODO

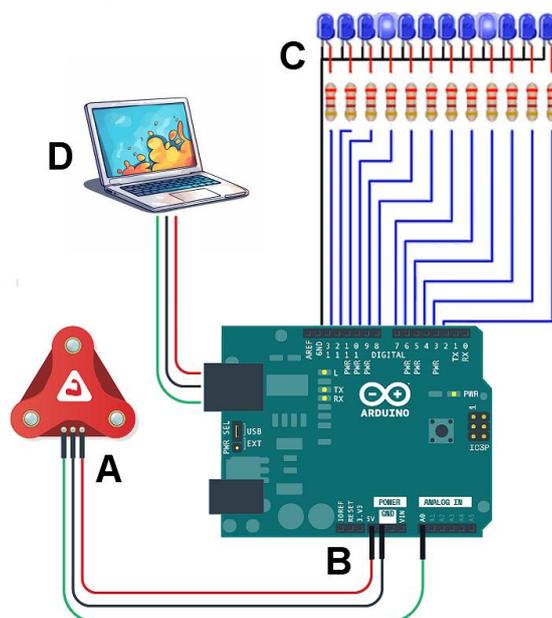
O desenvolvimento da prova de conceito seguiu o método tradicionalmente empregado nos projetos de extensão da PUC-Campinas (DOMINGUES, 2021), nos quais existe uma forte colaboração entre a equipe da instituição parceira, no caso a Faculdade de Fisioterapia e aquela da Faculdade de Engenharia Elétrica. Enquanto a equipe parceira é constituída por alunos da disciplina Cinesiologia do curso de Fisioterapia, tutelados pela professora Telma Dagmar Oberg, a equipe da Faculdade de Engenharia

Elétrica é composta por alunos do curso de mesmo nome, tutorados pelo professor Amilton da Costa Lamas, gestor do projeto. Esta diversidade na composição das equipes permite que os participantes tenham seus conhecimentos técnicos e não técnicos (vivências pessoais) enriquecidos entre si. O método de desenvolvimento é dividido em fases cíclicas, amplamente divulgadas na literatura, a saber: 1) planejamento/ideação; 2) desenvolvimento; 3) verificação e validação. Concomitantemente foram desenvolvidos os manuais de uso e operação da prova de conceito. Todos os resultados do projeto foram transferidos para a Faculdade de Fisioterapia ao término das atividades. A colaboração entre as equipes se deu por meio de reuniões de trocas de conhecimento (rodas de conversa) onde as equipes discutem todos os aspectos da solução desejada, desde a concepção até a validação dos resultados. Este método colaborativo permite que eventuais correções de interpretação sejam realizadas na medida em que o desenvolvimento do projeto avança, garantindo que o resultado atenda, minimamente, às expectativas de ambas as equipes. A participação da equipe da Faculdade de Fisioterapia foi mais intensa no início do projeto e na validação dos resultados. O gestor do projeto e o responsável pela equipe da Fisioterapia desempenharam papel fundamental no sentido de garantir que o projeto termine a bom termo dentro dos aspectos financeiros combinados. Um dos pontos mais importantes é garantir que o projeto tivesse o menor custo possível, de forma a viabilizar a ampla utilização da prova de conceito.

4 ARRANJO EXPERIMENTAL

O arranjo experimental para as medidas de EMG realizadas com a prova de conceito Medidor de Capacidade de Atividade Muscular não clínico é composto por: a) um sensor de músculo Myoware (MYOWARE, 2021), que permite o acoplamento de até três eletrodos, sendo um deles posicionado a distância do sensor; b) um microcontrolador (Arduino uno); c) uma barra de LEDs e d) um notebook utilizado como fonte de alimentação para o microcontrolador e coleta dos dados. A Figura 01 apresenta o diagrama da arquitetura do arranjo experimental.

Figura 01 – Diagrama da arquitetura do arranjo experimental



Fonte: autores

4.1 Características técnicas do equipamento

Sensor Muscular

Modelo: Myoware 2.0 *Muscle Sensor* com modos de saída Envelope, EMG retificado e EMG sem tratamento (*Raw*). Especificações técnicas principais: impedância de entrada: 800 ohms; modo de rejeição comum 140 dB; ganho 200 dB; filtro passa alta ativo de primeira ordem com $f_c=20,8$ Hz, 2-20 dB; filtro passa baixa ativo de primeira ordem com $f_c=498.4$ Hz, 2-20 dB; detecção de envelope passiva de primeira ordem com $f_c=3,6$ Hz, 3-20 dB. A tensão de saída varia entre 0V e 1V.

Microcontrolador

Arduíno UNO Rev3, uma placa micro controladora baseada no ATmega328P com sketch de programação desenvolvido pelos autores. O sensor muscular foi conectado na entrada analógica e a barra de LEDs nas saídas digitais.

Barra de LEDs

A barra de LEDs é composta por nove LEDs (3 vermelhos 3 amarelos e 3 verdes) LT1841R-81 - Difuso 80MCD com baixo brilho e abertura de 30°. A conexão é feita de modo que a medida que a tensão do sinal de entrada aumenta os LEDs acendem na ordem vermelho, amarelo e verde, numa escala linear.

Notebook

Processador: 12ª geração Intel® Core™ i7-1255U; Sistema operacional: Windows 10 Home; Placa de vídeo: Intel® Iris® Xe Graphics; Memória: 16 GB DDR4; Armazenamento: 512 GB SSD; Tela: 15.6" Full HD (1920X1080). Um filtro USB Teyleten Robot ADUM3160 Module USB - USB placa isoladora com proteção para até 1500V, com USB 2.0 (TEYLETEN) foi utilizado para proteção para choques elétricos. O notebook foi desconectado da rede elétrica durante as medidas de forma a reduzir os ruídos elétricos.

Eletrodos

Modelo SKINTACT FSTC1 com diâmetro de 28 mm; gel: Aqua-Tac de 16 mm de diâmetro; disco de Ag/AgCl com diâmetro de 8 mm; e conector do tipo Snap (conexão rápida). Os eletrodos não estão mostrados na Figura 01.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do projeto os alunos da faculdade de Engenharia Elétrica desenvolveram uma proposta de projeto apresentando uma exposição de motivos, descrevendo as ações e explicitando os resultados do trabalho. Os tópicos mais importantes foram a especificação técnica da prova de conceito, apresentada na seção Arranjo Experimental, o experimento de validação da viabilidade técnica do projeto, o equipamento desenvolvido e o plano de negócios associado, descritos na sequência.

5.1 Prova de conceito

Durante a execução do projeto foram desenvolvidas três versões do dispositivo. A primeira versão foi desenvolvida com intuito de validar a viabilidade técnica do projeto. Neste caso empregou-se um modelo autocontido da plataforma do Myoware. Este modelo é composto por uma placa com uma barra de LEDs que se sobrepõe diretamente ao sensor muscular do mesmo fabricante. A placa possui uma fonte de alimentação autônoma que alimenta um gráfico de barras azuis (LEDs) permitindo a visualização da intensidade do sinal bioelétrico. O sensor muscular e a placa com a barra possuem

conectores de encaixe que permite que sejam facilmente empilháveis. A Figura 02 apresenta o resultado desta validação.

Figura 02 – Demonstração da viabilidade técnica



Fonte: autores

Uma vez demonstrada a viabilidade técnica da prova de conceito passou-se à construção da segunda versão da prova de conceito. A segunda versão da prova de conceito seguiu a arquitetura apresentada na seção Arranjo Experimental, empacotada uma caixa plástica e apresentava a intensidade da capacidade de atividade muscular através de um único LED RGB. Considerando que o sinal de EMG tem grande variação de intensidade (voltagem), mesmo no modo envoltória linear, verificou-se ser muito difícil a estabilização numa dada cor, o que inviabilizava a avaliação qualitativa, por parte do usuário, de sua própria intensidade muscular. Isto acontecia com mais evidência nos valores intermediários, quando o LED alternava de cor muito rapidamente. Baixa intensidade de força muscular, representada pela cor vermelha era muito estável. Estas características não atendiam aos requisitos da equipe de Fisioterapia que esperavam que o usuário conseguisse visualizar o aumento de capacidade muscular de forma estável.

Apesar dos resultados insatisfatórios, esta segunda versão foi muito útil no sentido de apontar que o uso de eletrodos novos é essencial para obtenção de um sinal menos ruidoso. Além disto foi possível treinar a colocação dos eletrodos de forma correta no músculo para obter a maior intensidade possível de sinal. Esta primeira versão também serviu para o desenvolvimento de uma solução para colocar o eletrodo de referência o mais longe possível da área de ativação muscular. Passou-se a conectar o eletrodo de referência através de um cabo com 70 a 80 cm de comprimento, o que permitia a colocação no lóbulo da orelha ou em qualquer outro músculo que desempenhasse o papel de antagonista. Por fim esta versão serviu para validar o uso de um filtro de porta USB, usada como fonte de alimentação e entrada dos sinais no PC, o que melhorou drasticamente a relação sinal/ruído do sistema. Este primeira versão mostrou-se útil para confirmar que, sendo o sinal de EMG da ordem de milivolts (mV), deve-se ter o cuidado de minimizar a possibilidade de ruídos elétricos, advindos de cabeamento cruzados ou da própria rede elétrica. A Figura 03 apresenta o empacotamento da segunda versão da prova de conceito apresentando o LED RGB em primeiro plano, no topo do dispositivo.

Figura 03 – Segunda versão da prova de conceito



Fonte: autores

A terceira e última versão teve o LED RGB substituído por uma barra de 9 LEDs coloridos (três trincas de LEDs, vermelho, amarelo e verde). Isto fez a visualização da intensidade da força muscular muito mais estável. O sinal ainda oscilava bastante nesta versão, porém a percepção visual, devido a característica integradora da visão, agora ficou mais tolerável. Além disto, a obtenção dos sinais é feita com o PC desconectado da rede elétrica e os dados obtidos são salvos num arquivo CSV (*comma separated value*) adequado para processamento e análises por Matlab ou mesmo Excel. A Figura 04 mostra o empacotamento da terceira versão da prova de conceito. Observa-se que a barra de LEDs agora está posicionada na parte inferior do empacotamento e não mais na tampa, o que evita a movimentação das conexões internas.

Figura 04 – Terceira versão da prova de conceito



Fonte: autores

5.2 Sinais EMG

Nesta seção são apresentados os gráficos dos sinais de EMG obtidos com a versão 2 da prova de conceito. Os dados foram obtidos nos modos Envoltório e sem

tratamento (*Raw*), apresentando uma boa relação sinal/ruído. A Figura 05 apresenta o sinal adquirido no modo Envoltório. A intensidade do sinal (eixo Y) é apresentada em unidades arbitrárias. O eixo X representa o tempo em milissegundos. As duas linhas apresentadas servem apenas para fixar a escala dinâmica vertical (unidades arbitrárias) da interface *serial plotter* do microcontrolador, permitindo uma melhor comparação entre a intensidade do sinal e o ruído presente.

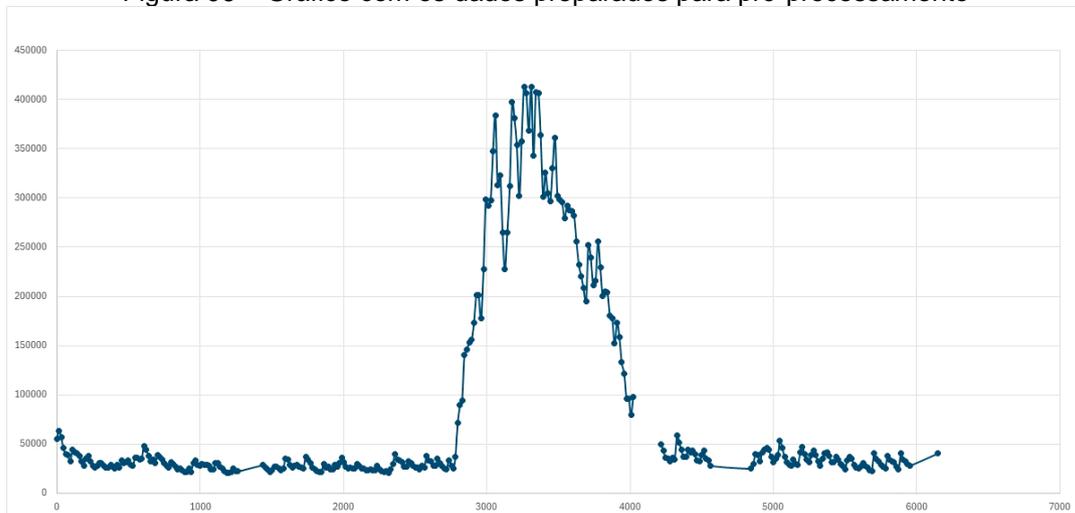
Figura 05 – Sinal de EMG no formato envoltória.



Fonte: autores

Os dados apresentados na Figura 05 comprovam a excelente relação sinal ruído obtida. Mais recentemente os dados foram armazenados em arquivo no formato CSV e a equipe agora dedica-se ao pré-processamento dos sinais e futura análise. A Figura 06 apresenta uma primeira conversão de formato adequado para pré-processamento. Uma vez mais o eixo Y está em unidades arbitrárias e o eixo X apresenta o tempo em milissegundos.

Figura 06 – Gráfico com os dados preparados para pré-processamento



Fonte: autores

5.3 Modelo de negócios

Inicialmente os alunos fizeram uma proposta de projeto que atendia aos requisitos funcionais e não-funcionais descritos pelos alunos do curso de Fisioterapia, a proposta previu um cronograma de entrega de até 5 meses, incluindo um período de testes e demonstração da prova de conceito.

A primeira ação para desenvolvimento de um Plano de Negócios e Plano de Marketing simples, foi a avaliação da viabilidade técnica do empreendimento. Esta avaliação consistiu na demonstração do funcionamento das partes de forma não integrada, confirmando a capacidade técnica na detecção do sinal de eletromiografia. Esta demonstração foi feita com sucesso no primeiro mês de atividade.

A análise de empreendimento resultou na apresentação de um plano de negócios que envolveu o desenvolvimento de uma prova de conceito de um dispositivo inovador, utilizando as plataformas Arduino e Myoware, para medir a atividade elétrica dos músculos e fornecer feedback visual qualitativo de capacidade muscular em tempo real, não aplicável à processos clínicos. O público-alvo pretendido eram os estudantes de fisioterapia em uma abordagem educacional, expandindo posteriormente para hospitais, fisioterapeutas e veterinários. O custo estimado da prova de conceito foi de R\$800,00. A pesquisa de mercado não apontou soluções com a finalidade de treinamento, porém indicou equipamentos clínicos com custos de até R\$100.000,00. O plano de negócios, no modelo de somente vendas, previu um investimento inicial da ordem de R\$150.000,00 ao preço de R\$2.400,00 a unidade previu um ROI em 5 anos através da venda de 15 unidades anuais.

Os alunos também desenvolveram um Plano de Marketing que contemplava Estratégias de precificação competitiva, ressaltando as qualidades do produto e explorando canais de venda direta e parcerias com instituições educacionais e de saúde. Campanhas de propaganda online e participação em eventos do setor. O Plano de Implantação apresentou uma análise SWOT, ver Figura 07, considerando o desenvolvimento e testes realizados nos dois campi da PUC-Campinas.

Figura 07 – Análise SWOT da prova de conceito

	Ajuda	Atrapalha
Interna	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio de duas áreas em diferentes Campus aumentando a exposição do produto; • Conhecimento técnico para usar dispositivos atualizados no mercado; • Plataforma amigável para o usuário final; • Praticidade, dinamismo e ampla utilização 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo para testes; • Budget baixo para melhorias; • Dependência de outros alunos de fisioterapia como consultores para a validação; • Armazenamento de dados;
Externa	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de equipamentos capazes da mesma medição no Campus 2; • A expansão do mercado em órteses e próteses; • Integração entre Campus possibilitando mais projetos a serem desenvolvidos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Aparelhos já estabelecidos na área de fisioterapia com funções semelhantes; • Grandes empresas já inseridas no mercado; • Barreira de entrada em clínicas e hospitais;

Fonte: autores

Nesta mesma iniciativa foi desenvolvido um *Pitch* de vendas e os manuais de apresentação e operação

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A condução da disciplina de Empreendimentos em Engenharia do curso de Engenharia Elétrica da PUC-Campinas, fundamentou-se no método de aprendizagem baseada em problemas (PBL). Os alunos aprenderam sobre a proposição de uma startup com objetivo de comercializar um dispositivo (prova de conceito), não clínico, que permitisse ao usuário visualizar a sua evolução na recuperação da capacidade muscular. A escolha do tema foi resultado de conversas preliminares entre professores da Engenharia Elétrica e da Fisioterapia. Durante o desenvolvimento das atividades da disciplina a equipe de Fisioterapia desempenhou o papel de cliente, trazendo requisitos funcionais e não funcionais. No desenrolar dos trabalhos os alunos propuseram e executaram um projeto de construção do dispositivo. Foram construídas e testadas, com sucesso, três versões da prova de conceito. O número de versões foi consequência da identificação de limitações e do não atendimento aos requisitos técnicos e não técnicos trazidos pelo cliente. No encerrar da disciplina os alunos entregaram os manuais de operação e construção, bem como um plano de Negócios e Marketing. O dispositivo deverá entrar em testes operacionais nas próximas semanas, objetivando a coleta de dados de desempenho e indicações de melhorias no projeto.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Pontifícia Universidade Católica de Campinas pelo apoio ao projeto. Um agradecimento especial para a professora da Faculdade de Fisioterapia Profa. Telma Dagmar Oberg e sua equipe de alunos da disciplina de Cinesiologia pela orientação no tema Eletromiografia e participação no projeto no papel de instituição parceira (cliente).

REFERÊNCIAS

DOMINGUES, Rafael S., AIROLDI, Marina J. e LAMAS, Amilton C., Plataforma Motorizada par Mobilidade Autônoma de Crianças com Paralisia Cerebral, **Anais** do Encontro Regional Câmara Sudeste, pag. 57, ISBN 978-65-88963-01-2 (e-book), FOREXT, Universidade São Francisco, Bragança Paulista, 2021. Disponível em: <https://www.usf.edu.br/galeria/getImage/252/420350945847561.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2024.

DRUKER, Peter F. **Inovação e Espírito Empreendedor: Prática e Princípios**, Editora Cengage, ISBN-10: 8522126682, ISBN-13: 978-8522126682, 2016.

HERMENS Hermie J. et al. **SENIAM 8: European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy**, Roessingh Research and Development b.v., ISBN 90-75452-15-2. 1999.

HERMENS, Hermie J.; FRERIKS, Bert. **Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures**. J. Electromyogr Kinesiol. 10(5). 361-74, 2000.

KANDEL *et al.* **Principles of Neural Science**, McGraw Hill / Medical; sexta edição, ISBN-10: 1259642232, ISBN-13: 978-12596422342021, 2021.

MICHELL, Andrew W. **Understanding EMG**, Oxford University Press, ISBN-10: 019959550X, ISBN-13: 978-0199595501, 2013.

MYOWARE, **Getting Started with the MyoWare 2.0 Muscle Sensor Ecosystem** (2021), disponível em: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-the-myoware-20-muscle-sensor-ecosystem/arduino-example-1-analog-read---single-sensor>. Acesso em abr. 2024.

PMI, **A Guide to the Project Management Body of Knowledge and the Standard for Project Management**, Project Management Institute; sétima edição, ISBN-10: 1628256648, ISBN-13: 978-1628256642, 2021.

TEYLETEN, Especificação técnica. Disponível em https://www.amazon.com/Isolator-Protection-Isolation-ADUM3160-Module/dp/B08HHW4DXY/ref=sr_1_6?crid=2PBMRVQ1RFU4J&keywords=ADUM3160&qid=1695068479&srefix=adum3160%2Caps%2C207&sr=8-6. Acesso em 16 abr. 2024.

ENTREPRENEURSHIP ACTION IN ELECTRICAL ENGINEERING – A MUSCLE ACTIVITY CAPACITY METER

Abstract: *The ability to develop entrepreneurship actions is increasingly valued in engineering graduates. Being able to identify problems, propose solutions, interact with the clients, and make deliveries that meet the expectations of those interested in the venture are skills expected of young engineers by the professional market. This paper describes the activities conducted in the Engineering Projects subject of the Electrical Engineering course at the Pontifical Catholic University of Campinas. Using the Problem(Projects)-Based Learning teaching method, the students developed and demonstrated a non-clinical proof of concept for measuring muscle activity capacity that allows the user to visualize their physical rehabilitation. The business opportunity was identified and characterized together with the students and a professor from the Faculty of Physiotherapy at the same university. The proof of concept was the result of the collaborative work of the teams using a continuous dialogical process, which minimizes the possibility of the result not meeting the expectations of those involved. The students presented a proposal to create a startup to commercialize the proof of concept and produced business and marketing plans to support the startup.*

Keywords: *Electrical Engineering, entrepreneurship, problem-based learning, surface electromyography*

