

Fisioterapia Respiratória: Proposta de um sistema para o monitoramento de sessões

Giuliana Oliveira de Mattos Leon¹, Arthur Teixeira Jardim¹,
Érico Marcelo Hoff do Amaral¹, Julio Saraçol Domingues Júnior¹

¹Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brazil

{giulianaleon.aluno, arthurjardim.aluno}@unipampa.edu.br

{ericoamaral, juliodominguess}@unipampa.edu.br

Abstract. *The chest vibration technique is essential for bronchial hygiene. However, due to the difficulty of performing the technique, a tool was built to analyze its execution. FizioLung is based on the integration of hardware and software, and an accelerometer is used to capture the vibration data and an Arduino board to process them. The development of FizioLung improved the performance of the chest vibration technique, benefiting the patients during the treatment.*

Resumo. *A técnica de vibração torácica manual é extremamente importante para a higienização brônquica, em razão da dificuldade de execução da técnica, construiu-se uma ferramenta para análise de sua execução. O FizioLung é baseado na integração de hardware e software, de forma que é utilizado um acelerômetro para captar os dados de vibração e uma placa Arduino para processá-los. O desenvolvimento do FizioLung permitiu uma melhora de performance da execução da técnica de vibração torácica, beneficiando os pacientes durante o tratamento.*

1. Introdução

A fisioterapia respiratória é uma área ampla que objetiva tratar o paciente acometido por doenças pulmonares através da utilização de recursos físicos no tratamento preventivo, curativo e reabilitativo das enfermidades tóraco-pulmonares [Azeredo 1984]. Em razão da pandemia de Coronavirus *Disease* 2019 (COVID-19), um número grande de pessoas infectadas podem enfrentar complicações pulmonares. Após a cura da doença, a inflamação no pulmão pode persistir por semanas, comprometendo o funcionamento deste órgão. Nestes casos a fisioterapia torna-se necessária não por tratar a doença, e sim por prevenir e reabilitar as deficiências respiratórias e as limitações funcionais da atividade de vida diária por ela ocasionadas [Bispo 2010].

Durante uma sessão de fisioterapia respiratória, inúmeras técnicas podem ser aplicadas nos pacientes, onde uma das mais efetivas é a técnica de vibração. A vibração manual torácica objetiva promover vibração no nível brônquico e modificar a reologia do muco, facilitando seu deslocamento [Corrêa 2012]. A vibração manual é uma técnica difícil de ser realizada e muitas vezes torna-se cansativa e prejudicial para o fisioterapeuta quando aplicada por um grande período de tempo. Isso porque exige potentes contrações musculares provenientes dos ombros e dos braços do profissional [Smidt 2010]. Para

que a técnica seja aplicada com efetividade, o profissional de fisioterapia precisa realizar um movimento, respeitando uma frequência específica. Segundo [Liebano et al. 2009], a frequência de oscilação da manobra executada pelo profissional precisa ser entre 3 e 17 Hz. Além disso, o monitoramento, de forma concreta e pontual, das sessões de fisioterapia permitiriam o acompanhamento da evolução dos pacientes de maneira mais precisa.

Reconhecendo esta demanda o presente artigo descreve a proposta de um sistema para o controle das sessões de fisioterapia e, além disso, disponibilizar um recurso computacional, por meio da utilização de elementos sensores, como o uso de acelerômetros, que possibilitem auxiliar o profissional na execução da manobra de vibração torácica. O presente artigo está organizado da seguinte maneira: na Seção 2 é apresentada a fundamentação teórica acerca do tema do projeto; na Seção 3 é apresentado o sistema para apoio a sessões de fisioterapia respiratória; na Seção 4 é apresentado o projeto Fisio-lung; na Seção 5 é apresentado os resultados e discussões acerca do projeto e por fim, as Seções 6 e 7 apresentam as conclusões do trabalho e as referências bibliográficas, respectivamente.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção serão abordados os seguintes conteúdos: reabilitação respiratória: finalidade, vibração torácica manual e os trabalhos correlatos.

A fisioterapia respiratória atua nos processos obstrutivos através de técnicas manuais e equipamentos que auxiliam o descolamento das secreções brônquicas [Smidt 2010]. Os recursos manuais são assim chamados por serem aplicados sem utilização de quaisquer equipamentos, podendo ser enquadrados na cinesioterapia respiratória, sendo estes também conhecidos como manobras cinesioterápicas respiratórias ou manobras manuais da fisioterapia respiratória [Costa 1999]. Segundo [Vettorazi 2006], os critérios para escolha das técnicas fisioterapêuticas dependem de uma série de fatores, tais como motivação, objetivos do tratamento médico, objetivos do paciente, eficácia da técnica, idade do paciente, habilidade e concentração do paciente, facilidade para aprender, fadiga ou trabalho exigido, necessidade de equipamentos, limitações da técnica, baseada na doença, na severidade e nos custos. A fisioterapia participa do programa de reabilitação com os objetivos de promover e maximizar a independência funcional do paciente nas atividades de vida diária, com isso melhorando a sua qualidade de vida, e aumentando a tolerância ao exercício com consequente redução do nível de dispneia [Vettorazi 2006].

A vibração acontece quando um corpo descreve um movimento oscilatório em relação a um referencial. O gráfico que mostra a amplitude de vibração em relação a frequência é chamado de espectro de frequências [Bertoletti 2007]. Segundo [Bertoletti 2007], a amplitude de vibração pode ser quantificada de diversas maneiras: a relação entre os níveis pico-a-pico, o nível máximo, o nível médio e o nível médio quadrático de uma onda senoidal. A vibração (Figura 1) é uma das técnicas utilizadas pelo fisioterapeuta para acelerar o desprendimento e movimento das secreções e tampões mucosos nas vias aéreas condutoras [Irwin and Tecklin 2003]. Consiste na geração de movimentos rítmicos e finos, por contrações isométricas rápidas dos membros superiores, com intensidade e frequência que variam entre 3 a 75 Hz suficiente para causar vibração no nível brônquico [Sarmiento 2005]. Já para [Pavia 1990] a frequência com que a técnica é realizada gira em torno de 12 a 16 Hz.



Figura 1. Técnica de Vibração Torácica manual

2.1. Trabalhos Correlatos

Nesta seção serão apresentadas pesquisas relacionadas à Informática Médica, Sistemas de Informação em Saúde e Microcontroladores, com o propósito de embasar a proposta da criação de um sistema de monitoramento de sessões respiratórias. O levantamento e estudo de trabalhos correlatos são importantes para avaliar a solução proposta, visto que permitem analisar cenários parecidos aos que a pesquisa se encontra.

Um estudo comparativo sobre a técnica de vibração torácica realizado por [Corrêa 2012] utilizou-se de um acelerômetro para realizar a medição da vibração e, assim analisar a frequência da técnica realizada por fisioterapeutas e graduandos em fisioterapia. Por final foram procuradas correlações nas variáveis de sexo, idade, tempo de formado, se atua na área de fisioterapia respiratória e o tempo dessa atuação com os resultados obtidos no trabalho. Nesse mesmo contexto foi realizada uma análise eletromiográfica e de acelerometria na manobra fisioterápica de vibração torácica manual por [Saavedra 2013]. O trabalho teve como propósito a análise da fadiga muscular do músculo braquiorradial através do sinal eletromiográfico e da frequência mediana, assim como mensurar a frequência de oscilação da manobra de vibração torácica manual utilizando um acelerômetro.

O protótipo para apoio à decisão do fisioterapeuta no cuidado ao idoso desenvolvido por [Pessoa 2018], apesar do tema, trata sobre a elaboração de um sistema de informação em saúde. São abordadas questões referentes a usabilidade do sistema por parte dos profissionais de fisioterapia, assim como é apresentada uma visão geral em relação a utilização de sistemas no apoio à decisão nessa área.

Na pesquisa de [Bertoletti 2007] foi realizada a avaliação da manobra fisioterapêutica de vibração torácica. Consistiu em analisar e mensurar a frequência de oscilação da técnica de vibração a partir de experimentos com vários fisioterapeutas, o objetivo final foi de encontrar a frequência dominante e verificar se está próxima aos valores encontrados na literatura.

A Tabela 1 apresenta uma síntese comparativa dos trabalhos correlatos, a qual foi possível definir as principais características da solução proposta, onde contempla a análise em tempo real da técnica de vibração torácica manual para auxiliar na execução pelos fisioterapeutas. A medição da vibração é efetuada por meio de um acelerômetro e de forma automatizada, ao final da sessão os dados são armazenados em um banco de dados.

Tabela 1. Comparação de trabalhos correlatos

Proposta	Característica	Relação com a proposta
Corrêa (2012)	Mensura a frequência de oscilação da técnica de vibração torácica, utiliza acelerômetro e possui comparação entre fisioterapeutas.	A presente proposta vai além com a criação de um sistema para gerenciar as sessões dos pacientes e com análise dos dados. A comparação entre fisioterapeutas não é contemplada
Saavedra (2013)	Analisa a fadiga do músculo braquiorradial através do sinal eletromiográfico e da frequência mediana, assim como mensurar a frequência de oscilação da manobra de vibração torácica manual utilizando um acelerômetro.	A presente proposta vai além com a criação de um sistema para gerenciar as sessões dos pacientes e com análise dos dados. A análise da fadiga do músculo braquiorradial através do sinal eletromiográfico não é contemplada.
Pessoa (2018)	Trata sobre a elaboração de um sistema de informação em saúde, é mostrada uma visão geral em relação a utilização de sistemas no apoio à decisão nessa área.	Na proposta será desenvolvido um sistema de informação em saúde voltado para auxiliar no tratamento de pacientes acometidos com problemas respiratórios, sendo mensurada a vibração em tempo real.
Bertoletti (2007)	Avaliação da manobra fisioterapêutica de vibração torácica, analisar e mensurar a frequência de oscilação da técnica de vibração a partir de experimentos com vários fisioterapeutas, e encontrar a frequência dominante e verificar se está próxima aos valores encontrados na literatura.	A presente proposta vai além com a criação de um sistema para gerenciar as sessões dos pacientes e com análise dos dados. A frequência das sessões serão armazenadas para análises posteriores.

Além disso, também foi implementado um sistema para gerir o cadastro de pacientes e fisioterapeutas, e principalmente registrar as sessões de fisioterapia. Os dados disponibilizados no banco serão fornecidos para análises de progressão do estado dos pacientes e para visualizar sessões específicas.

3. Sistema para apoio a sessões de fisioterapia respiratória

O presente projeto tem como finalidade o estudo, proposição e implementação de um sistema para monitoramento de sessões de fisioterapia respiratória através da integração de *hardware* e *software*. Com a presente solução o profissional de fisioterapia é capaz de acompanhar a evolução do paciente pelo sistema, sendo de grande valia para o tratamento. Para utilização do sistema é necessário o cadastro dos usuários com os dados pessoais para identificação, realizado pelo próprio fisioterapeuta que comanda a sessão. O sistema possui suporte para o registro das sessões que é associada aos pacientes, neste registro é armazenado as informações de anamnese, técnicas utilizadas e análise de técnica de vibração torácica manual.

Os cadastros de usuário e os de sessões foram armazenados em um banco de dados *Structured Query Language* (SQL). Telas para cada ação do usuário foram confeccionadas com o intuito de fornecer um *feedback* intuitivo para o profissional. A captação da vibração na análise da vibração torácica foi realizada com a construção de um nó sensor utilizando o elemento sensor acelerômetro, onde os dados são coletados e processados por um microcontrolador, e enviados ao sistema, como ilustra a Figura 2.

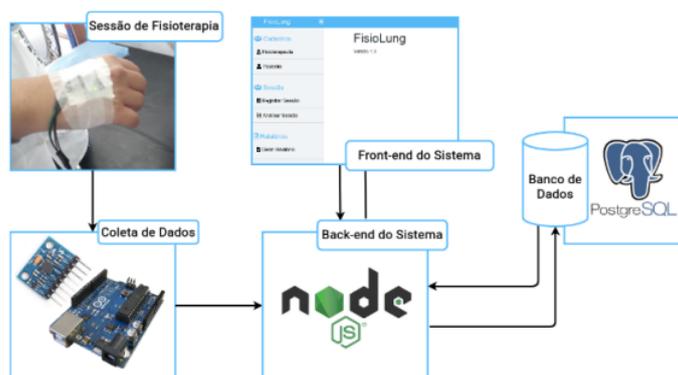


Figura 2. Representação Conceitual da Solução Proposta

A fim de identificar o padrão de execução da técnica de vibrocompressão o sistema coleta dados de aceleração e frequência e os apresenta em um gráfico de aceleração versus frequência, onde são apresentados na tela, os três eixos do acelerômetro, para o profissional orientar-se em relação a execução da técnica. É possível consultar as sessões específicas de cada usuário com todas as informações que foram armazenadas no banco de dados. Relatórios de usuários podem ser gerados para análises mais precisas em relação à evolução do paciente com o decorrer do tratamento.

O objetivo desta solução é permitir o acompanhamento dos pacientes com problemas respiratórios, facilitando o trabalho dos profissionais de fisioterapia no tratamento. A digitalização das informações possibilitará uma melhor análise das sessões periódicas dos pacientes, além de facilitar no trabalho diário de avaliação. A análise da técnica de vibração torácica proporcionará um melhor desempenho por parte do profissional na execução, visto que auxilia a aplicação designando o valor de frequência, e assim podendo resultar em melhores índices de evolução do paciente.

4. Projeto FisioLung

O sistema proposto e implementado com resultado desta pesquisa foi denominado *FisioLung* em razão das palavras fisioterapia e *lung*, pulmão em inglês, termos associados à pesquisa proposta. A partir dos requisitos levantados na etapa anterior abre-se caminho para a implementação do sistema, saneando os pontos necessários para o funcionamento do mesmo. A implementação da solução é baseada na integração de *hardware* e *software*. O *hardware* conta com um protótipo de nó sensor para auxiliar na técnica de vibração manual utilizando-se de um microcontrolador e um módulo acelerômetro MPU 6050. O *software* conta com um *back-end* associado a um banco de dados que recebe as requisições, e conta com um *front-end* responsável pela interface de informação ao usuário. Na sequência serão apresentados os passos que apresentam a construção do sistema *FisioLung*.

4.1. Implementação - Fisiolung

A lógica implementada no nó sensor foi desenvolvida através das bibliotecas Wire, Adafruit MPU6050 e arduinoFFT, onde foram utilizadas para a comunicação entre a placa de desenvolvimento e o acelerômetro, e as quais permitiram realizar ajustes no acelerômetro e aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) respectivamente para completo funcionamento. Inicialmente, no *setup*, foi iniciada a comunicação entre o módulo MPU6050 e o microcontrolador, logo após, foi estabelecida a utilização da porta serial em 38400 *Baud-rate* (bps). Foi inicializado o acelerômetro e estabelecido o número de 64 amostras para o cálculo da FFT em razão das limitações de memória interna da placa de desenvolvimento Arduino Uno utilizada. Para realizar a FFT é necessário que o número de amostras seja 2^n , onde n é um valor inteiro. Quanto maior é o número, mais tempo computacional é necessário para o algoritmo, no entanto, será obtida uma resolução maior para o resultados. Por final, o alcance foi definido em 8g (gravidade) conforme informações do *datasheet* do módulo.

O sistema foi modelado para receber dados obtidos de diferentes modelos de acelerômetros ou outros sensores, como por exemplo o sensor de vibração. Assim, tornando o sistema adaptável a outros elementos sensores, sem depender estritamente de um modelo específico de dispositivo. Portanto, através do valor do campo “sensor” na tabela de sessões do banco de dados, o sistema é adaptado para armazenar e apresentar dados conforme sua categoria. Para que o sensor seja aceito, a única condição é de que a saída da porta serial do Arduino seja no padrão utilizado no *parser* do sistema.

Para implementação do *front-end*, utilizou-se o *framework* bootstrap para auxiliar na confecção das telas da aplicação, através do *handlebars* foi definido um layout padrão com um menu lateral para a navegação entre as rotas da aplicação. As outras telas da aplicação são inseridas dentro do *layout*, assim, mantendo um padrão em todo o sistema. Os formulários de cadastro são enviados através do *action* do HTML ou através da função *fetch* do próprio JavaScript.

Nesse contexto, após a implementação do nó sensor e da aplicação para a gerência dos dados, foram efetuados diferentes testes, a próxima seção apresentará os resultados e discussões das diferentes avaliações.

5. Resultados e Discussões

Após a implementação do sistema Fisiolung, foram realizados testes em todas as suas funcionalidades, com o propósito de elucidar o funcionamento do sistema nas funções de cadastros, registro de sessões, análise das sessões, e relatórios. Inicialmente, foram cadastrados pacientes e fisioterapeutas para testar o funcionamento da solução, e também para realizar os testes de registro de sessão. Os resultados aconteceram como o esperado, com os cadastros armazenados no banco de dados da aplicação.

Após o início da sessão de testes funcionais, o usuário é direcionado à tela da análise de vibração. Nessa etapa o nó sensor deve estar conectado ao computador junto com o acelerômetro. Na parte de controle na aplicação, estarão os botões de comando da sessão, onde será possível começar e terminar a análise da técnica de vibração torácica. Os resultados para essa etapa aconteceram como o esperado, o *software* foi capaz de receber do nó sensor as informações necessárias e, assim, foram apresentados os dados sem atrasos e com precisão. São exibidos os dados de pico da frequência a cada coleta e a média

dos picos de frequência com o passar do tempo. Há uma seção de controle do estado que pode assumir as cores verde, amarelo e vermelho, esta seção corresponde ao desempenho da aplicação da técnica no paciente correspondendo aos níveis bom, satisfatório e insatisfatório respectivamente em função das informações da literatura encontrada. Quando o botão de encerrar sessão é acionado, a sessão é encerrada e os dados correspondentes são armazenados no banco de dados (Figura 3), como o esperado.

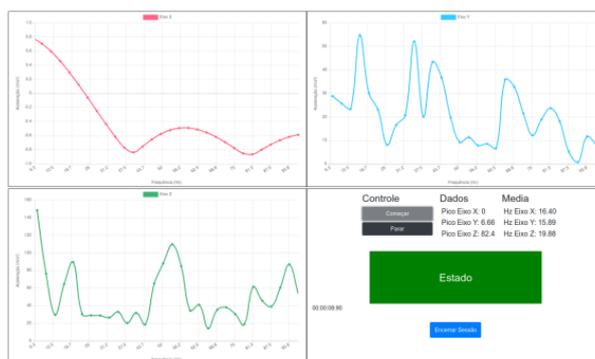


Figura 3. Registro da análise da vibração torácica

Para a análise de uma sessão específica é necessário selecionar o paciente, e em seguida a sessão que será analisada. Após o carregamento da página serão exibidos os gráficos dos sinais vitais iniciais e finais, com o propósito de ilustrar ao fisioterapeuta a diferença que possa ter ocorrido durante a sessão. Na Figura 4(a), é apresentado o gráfico de pico de frequência das coletas em relação ao tempo, o gráfico ilustrado apresenta os picos de frequência com o passar do tempo da análise de vibração. Este gráfico é responsável por elucidar os pontos de maior frequência, maior esforço físico do fisioterapeuta na aplicação, durante a sessão. Assim é possível identificar os tempos em que aconteceram as aplicações da vibrocompressão, e verificar se o desempenho está dentro da faixa estipulada na literatura.

Na análise de sessão geral também é necessário selecionar o paciente, e então é gerada a página de análise com os dados de todas as sessões do indivíduo selecionado. Inicialmente são exibidos os dados do paciente, em seguida como ilustra a Figura 4(b) é demonstrada uma tabela com os dados dos sinais vitais dos pacientes em cada sessão, além da data, tempo de sessão, fisioterapeuta que aplicou a sessão, e um link de acesso a cada sessão específica.

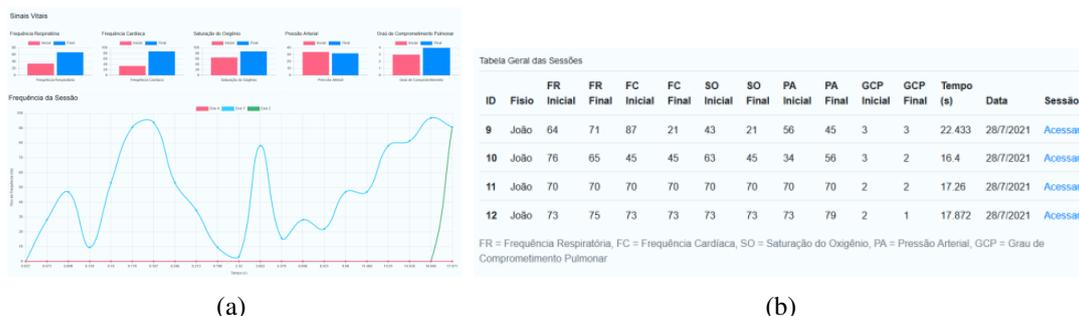


Figura 4. Análise de uma sessão (a) e tabela com dados das sessões (b)

Por fim são exibidos gráficos de linhas para apresentar a evolução do paciente ao decorrer das sessões, cada sinal vital e a escala de grau de comprometimento pulmonar são ilustradas nessa etapa. O Fisiolung ainda disponibiliza o recurso de geração de relatórios, que para ser acessado deve ser escolhida a opção de relatório de sessão específica ou geral, na específica deve ser selecionado o paciente, a sessão e o formato, e na geral deve ser selecionado o paciente e o formato. Os formatos podem ser PDF ou HTML, e então por fim é gerado o relatório desejado com data atual.

Os dados de sessão utilizados na primeira avaliação foram estritamente para testar o desempenho e demonstrar as funcionalidades do sistema Fisiolung. Por outro lado, em um segundo momento foram efetuados experimentos com uma turma de alunos de fisioterapia e o docente responsável.

Para a realização destes experimentos, organizou-se uma sessão de fisioterapia para a validação do sistema. A sessão contemplou o registro de pacientes fictícios e a realização da técnica de vibração torácica manual, e demonstração do funcionamento do software Fisiolung para estudantes do curso de fisioterapia do Hospital URCAMP Universitário Doutor Mário Araújo, a fim de coletar um parecer dos mesmos sobre o sistema. Participaram da atividade dez estudantes, com faixa etária de 21 a 39 anos, supervisionados por um professor fisioterapeuta. A atividade foi realizada no Hospital URCAMP Universitário Doutor Mário Araújo, onde cada fisioterapeuta realizou uma sessão com cinco repetições da técnica de vibração. A aplicação da técnica foi realizada em um voluntário sentado, como ilustra a Figura 5(a).

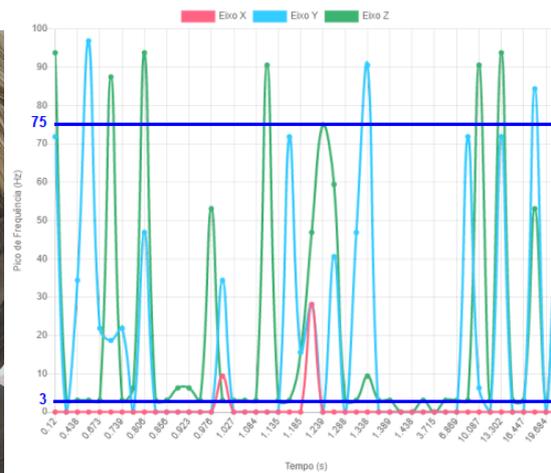
Em relação ao protocolo de utilização do sensor, durante os experimentos, houve um cuidado pontual em função da posição deste equipamento, a fim de obter-se informações de forma mais fidedigna. Desta forma, foram analisadas duas posições do sensor acelerômetro para a coleta dos dados de vibração, acima da mão e no dedo polegar. Em ambos os casos o acelerômetro foi fixado na pele utilizando fita esparadrapo. Escolheu-se utilizar o acelerômetro na parte de cima da mão em razão da praticidade, e da sensibilidade do sensor.

Na Figura 5(b), é ilustrado o gráfico de frequência de vibração, durante a aplicação da técnica de vibro compressão. As frequências médias alcançadas a partir dos cinco movimentos de execução da técnica de vibração manual foram de 1,25 Hz, 51,27 Hz, e 53,56 Hz nos eixos x (apontando para o dedo polegar), y (apontando para o dedo indicador) e z (apontando para o plano fora da mão) respectivamente. Valores que estão na faixa de frequência estipulada para execução da técnica, isto é, entre 3 e 75 Hz, segundo Sarmiento, exceto o eixo x . Nos gráficos, as linhas roxas indicam esta faixa de frequência esperada, é possível perceber que o comportamento do gráfico possui altas e baixas devido a aplicação da técnica por parte do fisioterapeuta.

Os níveis de frequência média obtidos a partir da vibração aplicada pelos voluntários para a desobstrução brônquica estão na faixa de 4,5 Hz no eixo x , 66,61 Hz no eixo y e 68,11 Hz no eixo z . As frequências obtidas, de forma geral, estão de acordo com os valores de referência de Sarmiento, onde a faixa de frequência que causa vibração no nível brônquico está entre 3 e 75 Hz, números que são encontrados nos valores de média dos eixos y e z .



(a)



(b)

Figura 5. Realização das sessões (a) e gráfico do fisioterapeuta 1 (b)

Com relação ao eixo x , apresenta valores baixos na maioria das aplicações em razão do movimento, a posição estabelecida para realização das sessões no voluntário sentado captou valores de vibração no eixo y , indicado para o dedo indicador, e no eixo z , apontando para fora do plano da mão, enquanto que no eixo x , indicado para o dedo polegar, os valores são baixos incluindo zeros, fato que também foi relatado no trabalho de Corrêa.

O desvio padrão no eixo x alcançou valores entre 2,79 e 2,81, no eixo y os valores apresentados foram entre 14,59 e 9,86, e no eixo z os valores ficaram na faixa de 16,54 a 7,58. Os valores altos para o desvio padrão encontrados nos eixos x , y e z , ocorreram em razão dos dados coletados estarem espalhados por uma ampla gama de valores. Isto aconteceu devido a vibração aplicada pelo voluntário na execução da técnica variar em cada movimento. Assim, valores baixos foram coletados durante baixa vibração captada no sensor acelerômetro, e valores altos de frequência foram obtidos durante os momentos de maior vibração na execução da técnica.

Os valores apresentados são resultados do desempenho na aplicação da técnica pelos fisioterapeutas ao decorrer do experimento, a performance no momento da aplicação influenciou nos resultados de cada indivíduo, que obtiveram valores maiores ou menores em razão da vibração realizada. O valor de frequência média menor foi de 51,27 Hz no eixo y , sendo realizado pelo fisioterapeuta 1, enquanto que o fisioterapeuta 2 obteve a frequência média neste eixo com valor de 71,81 Hz. Já o menor valor de frequência média no eixo z foi de 53,56 Hz, sendo realizado pelo fisioterapeuta 1, enquanto que o maior valor de frequência média foi de 79,38 Hz aplicado pelo fisioterapeuta 2. No eixo x a média do fisioterapeuta 1 foi de 1,25 Hz, enquanto do fisioterapeuta 2 foi de 1,26 Hz.

De forma geral, os testes realizados através do protótipo mostraram-se satisfatórios. É preciso levar em consideração que a solução proposta é de baixo custo, utilizando sensor de sensibilidade baixa. Com base nas observações realizadas, e dentro das limitações, o protótipo atendeu aos objetivos propostos, sendo capaz de mostrar as variações de cada fisioterapeuta na aplicação da técnica, assim auxiliando a homogenizar a execução do movimento na faixa de frequência ideal para a efetividade da técnica.

5.1. Avaliação do sistema por fisioterapeutas

Com o intuito de avaliar a usabilidade, a importância, e a relevância do sistema Fisiolung, disponibilizou-se aos participantes do experimento um instrumento de pesquisa, na forma de questionário. A fim de coletar um *feedback* em relação a utilização do sistema, e elucidar se o mesmo pode ser utilizado em sessões de fisioterapia respiratória.

Para a implementação do referido instrumento, utilizou-se como parâmetro a proposta de [Arriera 2017], que possui como base os conceitos de [Afonso et al. 2009] e algumas ideias do modelo [Keller 1983]. Segundo [Afonso et al. 2009], a avaliação da usabilidade de um sistema tem como principais objetivos avaliar a funcionalidade do sistema e a satisfação do utilizador relativamente ao uso da interface. O modelo de [Keller 1983] apresenta ideias voltadas para a avaliação de um paciente ou profissional da área da saúde a determinado sistema ou rotina.

Desta forma, o questionário respondido pelos fisioterapeutas continha oito questões objetivas, sendo sete questões com respostas quantitativas, baseadas em uma escala Likert de 5 pontos, e uma com resposta binária. Nas questões com escala Likert, definiu-se pontuações de 1 a 5 referentes aos seguintes valores: “discordo totalmente”, “discorda”, “sem opinião”, “concorda”, e “concorda totalmente”. Na Tabela 2 são apresentadas as questões incluídas no questionário.

Tabela 2. Questões do questionário

Número	Questão
01	O sistema possui uma interface de utilização intuitiva, agradável e de fácil uso.
02	As informações coletadas pelo sistema são realmente relevantes para a recuperação de pacientes acometidos por problemas pulmonares.
03	As informações no sistema são apresentadas de maneira satisfatória, através de textos, tabelas e gráficos.
04	O sistema exibe um desempenho confiável, sem apresentar lentidão ou mau funcionamento.
05	O sistema fornece ferramentas necessárias para o acompanhamento do tratamento dos pacientes.
06	O funcionamento do sistema, em geral, é eficiente e eficaz.
07	Avaliando todo contexto, você gostou de utilizar o sistema.
08	Você utilizaria essa ferramenta como instrumento de trabalho?

Autor (2021)

Com as respostas obtidas, a Figura 6 apresenta um gráfico de barras com as médias dos valores finais de resposta referente às questões de 1 a 7. Assim, é obtida uma pontuação geral para cada pergunta do formato de escala Likert, que varia de 1 a 5. Os valores obtidos ficaram todos muito próximos ao 5, como o esperado, ou seja, próximos ao grau mais alto possível nas questões.

Avaliando os resultados obtidos pode-se perceber que, para os fisioterapeutas, o sistema construído pode ser utilizado para auxiliar no tratamento de pacientes acometidos por problemas pulmonares. Com as pontuações altas, é possível demonstrar que a solução foi realizada atendendo os requisitos propostos, e que o desenvolvimento foi efetuado de maneira eficiente.

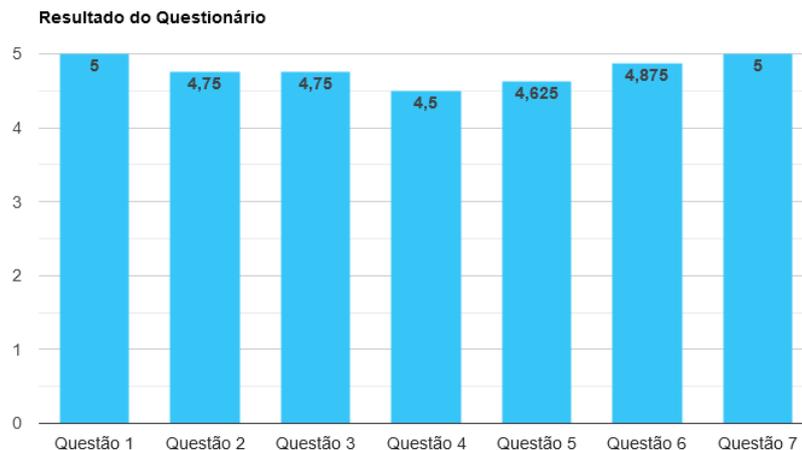


Figura 6. Resultado médio do questionário para as questões

6. Conclusões

Com base na pesquisa proposta podemos concluir que o sistema desenvolvido atendeu aos resultados esperados. O estudo sobre o estado da arte em relação à reabilitação respiratória e das sessões de fisioterapia foram realizados, e utilizados para construir a proposta de um nó sensor e uma aplicação para auxílio da aplicação das técnicas de fisioterapia respiratória. Desta forma, foram definidas as tecnologias de implementação do sistema de acordo com as necessidades identificadas.

Com o desenvolvimento do sistema FizioLung, pacientes acometidos por doenças pulmonares se beneficiarão desses recursos ao longo do tratamento, e conseqüentemente poderão se recuperar mais rapidamente. O desenvolvimento do sistema contemplou a análise da técnica de vibração torácica, armazenando os dados da sessão e gerando análises relacionadas à execução, o cadastro de pacientes e de fisioterapeuta. Foi desenvolvida a análise geral das sessões do paciente, que proporciona o acompanhamento detalhado do estado do paciente ao decorrer do tratamento, além da geração de relatórios para a exibição dos dados coletados.

Foram realizados testes com dois estudantes do curso de fisioterapia para validar a solução implementada. Os testes foram realizados para avaliar o protótipo na execução da técnica de vibração manual, e os resultados mostraram-se satisfatórios, como o esperado. Para avaliar a usabilidade e viabilidade do sistema foi aplicado um questionário para obter o *feedback* dos fisioterapeutas, onde as questões obtiveram médias próximas ao valor máximo (cinco).

Os resultados obtidos foram apresentados e discutidos, com relação à aplicação da técnica de vibração torácica manual foram alcançados os resultados esperados. Assim sendo possível analisar os valores de frequência da execução por parte do fisioterapeuta, e verificar se estão de acordo com os valores apresentados na literatura. Já o sistema como um todo obteve uma aprovação próxima ao máximo na avaliação dos fisioterapeutas que testaram o sistema, podendo assim ser utilizado nas sessões dos pacientes acometidos por doenças pulmonares. Como próximas atividades da pesquisa, será realizado um projeto para inclusão de ausculta pulmonar automática ao sistema, com a integração de *hardware* e *software*.

Referências

- Afonso, A. P., Cardoso, J. S., Cota, M. P., and Cardoso, M. J. (2009). A avaliação da usabilidade de um sistema médico inteligente: Bcct.core. *5ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 1.
- Arrieira, M. (2017). *Victus: Proposta de uma solução computacional aplicada na reabilitação física de indivíduos amputados de membros inferiores*.
- Azeredo, C. A. C. (1984). *Fisioterapia Respiratória*. Panamed, Rio de Janeiro, 1 edition.
- Bertoletti, M. (2007). Avaliação da manobra fisioterapêutica de vibração torácica. Master's thesis, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.
- Bispo, J. P. (2010). Fisioterapia e saúde coletiva: desafios e novas responsabilidades profissionais. *Ciênc. saúde coletiva*, 15:1627–1636.
- Corrêa, D. T. (2012). Estudo comparativo entre acadêmicos e profissionais de fisioterapia sobre a técnica de vibração torácica. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Costa, D. (1999). *Fisioterapia Respiratória Básica*. Atheneu, Rio de Janeiro, 1 edition.
- Irwin, S. and Tecklin, J. S. (2003). *Fisioterapia Cardiopulmonar*. Manole, São Paulo, 3 edition.
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instructioo. *Instructional design theories and models: An overview of their current status*, 1:383–434.
- Liebano, R. E., Hassen, A. M. S., Racy, H. H., and Corrêa, J. B. (2009). Principais manobras cinesioterapêuticas manuais utilizadas na fisioterapia respiratória: descrição das técnicas. *Rev. Ciênc. Méd.*, 18:35–45.
- Pavia, D. (1990). The role of chest physiotherapy in mucus hypersecretion. *Lung*, pages 614–621.
- Pessoa, J. C. S. (2018). *Desenvolvimento de um Protótipo Para Apoio à Decisão do Fisioterapeuta no Cuidado ao Idoso*. PhD thesis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil.
- Saavedra, G. C. R. (2013). Uma análise eletromiográfica e de acelerometria na manobra fisioterápica de vibração torácica manual. Master's thesis, UNESP, Guaratinguetá.
- Sarmiento, G. J. V. (2005). *Fisioterapia Respiratória no Paciente Crítico Rotinas Clínicas*. Manole, São Paulo, 1 edition.
- Smidt, M. S. (2010). Desenvolvimento de um equipamento para desobstrução brônquica. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Vettorazi, S. F. (2006). Implantação e resultados de um programa de reabilitação pulmonar em uma instituição de ensino superior. Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.