

Fábio Schmidt Reibnitz

**PROTÓTIPO DE APLICATIVO MÓVEL PARA
IDENTIFICAÇÃO DO PONTO DE DEFLEXÃO DA
FREQUENCIA CARDÍACA A PARTIR DO PROTOCOLO DE
TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO**

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre no Programa em Informática e Saúde.

Área de concentração: Tecnologia de Informação e Comunicação em Saúde /e-saúde

Orientadora: Dr^a. Daniela Couto Carvalho Barra

Co-orientador: Dr. Ricardo Custódio

**Florianópolis
2018**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Reibnitz, Fábio Schmidt
PROTÓTIPO DE APLICATIVO MÓVEL PARA IDENTIFICAÇÃO DO PONTO
DE DEFLEXÃO DA FREQUENCIA CARDÍACA A PARTIR DO PROTOCOLO
DE TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO / Fábio Schmidt Reibnitz ;
orientadora, Dr*. Daniela Couto Carvalho Barra Barra,
coorientador, Dr. Ricardo Custódio Custódio, 2018.
70 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde,
Programa de Pós-Graduação em Informática em Saúde,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Informática em Saúde. 2. Avaliação Física. 3.
Frequência Cardíaca. 4. Limiar Anaeróbio. 5. Teste de
Esforço. I. Barra, Dr*. Daniela Couto Carvalho Barra.
II. Custódio, Dr. Ricardo Custódio. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Informática em Saúde. IV. Título.

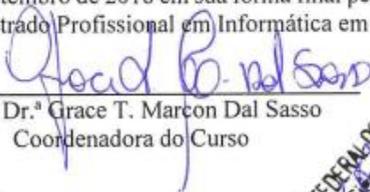
Fábio Schmidt Reibnitz

**PROTÓTIPO DE APLICATIVO MÓVEL PARA
IDENTIFICAÇÃO DO PONTO DE DEFLEXÃO DA
FREQUENCIA CARDÍACA A PARTIR DO PROTOCOLO DE
TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO**

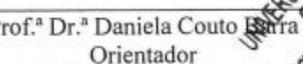
Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de:

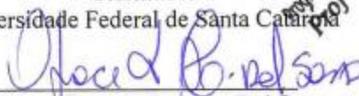
MESTRE EM INFORMÁTICA EM SAÚDE

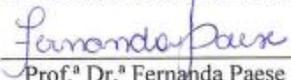
e aprovada em 28 de Setembro de 2018 em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Informática em Saúde.


Prof.ª Dr.ª Grace T. Marcon Dal Sasso
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:


Prof.ª Dr.ª Daniela Couto Sara
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof.ª Dr.ª Grace T. Marcon Dal Sasso
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof.ª Dr.ª Fernanda Paese
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Informática em Saúde
Prof.ª Dr.ª Grace T. M. Dal Sasso
Coordenadora PPGINFOS

Á minha família, em especial a
minha filha Beatriz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar por me abençoar e me proporcionar este momento.

Aos meus pais Calvino e Kenya, que são meus maiores exemplos por sempre me incentivarem na busca de novos conhecimentos, á vocês todo o meu amor.

Á minha esposa Jessica por compreender os dias em que tive que ficar ausente para me dedicar a realização de mais um sonho, pelo incentivo e por todo amor. Amo você!

Á minha filha Beatriz, que é o meu bem mais precioso e que mesmo sem saber, me deu muita energia e ajudou a chegar até aqui.

Á minha orientadora Daniela por me auxiliar nessa caminhada.

Ás professoras Grace Dal Sasso, Fernanda Paese e Rosane Carla Rosendo por terem aceito o convite e despenderem seu tempo para ler e contribuir nesta pesquisa.

Aos amigos e colegas de curso e trabalho, que sempre me incentivaram e sempre estiveram dispostos a ajudar.

“O valor das metas futuras não reside na imagem do futuro que se cria na mente, mas sim na mudança que elas provocam no presente”.

David Allen

REIBNITZ, Fábio Schmidt. **Aplicativo móvel para identificação do ponto de deflexão da frequência cardíaca a partir do protocolo de teste de esforço máximo em esteira**. 2018. 70p. Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação Informática em Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

Orientadora: Dr^a. Daniela Couto Carvalho Barra

Co-orientador: Dr. Ricardo Custódio

RESUMO

A Organização Mundial da Saúde traz a obesidade como um dos principais problemas de saúde pública no mundo. No Brasil esta doença crônica vem crescendo de forma alarmante. Dados obtidos no ano de 2016 mostram que 50% da população já está na faixa de sobrepeso e obesidade. Entre os diversos meios de se combater a doença, o controle do balanço energético se destaca por ser um método não invasivo e de baixo custo. O exercício físico tem participação fundamental nesse processo, podendo ser responsável por até 40% do resultado. Entretanto, destaca-se a importância de se executar exercícios de forma correta, supervisionada e planejada por um profissional habilitado, nomeadamente Profissionais de Educação Física. Os profissionais devem conhecer as condições fisiológicas de seu cliente, respeitando o princípio da individualidade biológica, bem como, da identificação das variáveis obtidas no teste de esforço máximo em esteira. Este tipo de diagnóstico é considerado de alto custo por ser realizado em laboratórios superequipados; porém outras alternativas mais viáveis para a identificação da frequência cardíaca máxima e limiar anaeróbio são descritas na literatura. Atualmente a informática através de aplicativos móveis estão auxiliando profissionais e usuários no controle das atividades físicas, porém muitos aplicativos não são desenvolvidos a partir de estudos e critérios científicos, podendo até fazer uma prescrição ou controle incorreto do exercício. Este trabalho se propôs a descrever o desenvolvimento de um protótipo de aplicativo móvel para identificação do Ponto de deflexão da Frequência Cardíaca, relacionado diretamente a uma das principais variáveis para prescrição do treinamento, o limiar anaeróbio. O aplicativo foi desenvolvido através do método cascata de desenvolvimento de software, sendo executadas as quatro primeiras etapas: análise e definição de requisitos, projeto e sistema de softwares, implementação e teste unitário, integração e teste de sistema. Adotou-se a linguagem Swift para sistemas operacionais

IOS, considerando seu rápido processamento e facilidade de entendimento, otimizando o papel do desenvolvedor em todo seu processo de desenvolvimento. Ao final do desenvolvimento teve-se como resultado um protótipo, que identifica duas variáveis que podem servir para prescrição do exercício: ponto de deflexão da frequência cardíaca, através do método Dmax e a Frequência cardíaca máxima, o aplicativo se mostrou funcional e adequado através dos testes de simulações realizados, sendo, portanto, indicado para ser testado com usuários pelos Profissionais de Educação Física.

Palavras-chaves: Avaliação Física. Frequência Cardíaca. Limiar Anaeróbio. Teste de Esforço.

REIBNITZ, Fábio Schmidt. **Mobile application prototype for identification of the heart rate deflection point using the maximum effort test protocol**. 2018. 70f. Dissertation (Professional Master in Health Informatics) – Professional Master's Program in Health Informatics, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

Advisor: Dr^a. Daniela Couto Carvalho Barra

Co-Advisor: Dr. Ricardo Custódio

ABSTRACT

The World Health Organization brings obesity as one of the most serious public health issues in the world. In Brazil, this chronic disease has been growing at an alarming rate. Data obtained in the year 2016 show that 50% of the population is already in the overweight and obesity. Among the various means of fighting the disease, the control of energy balance stands out as a non-invasive, low-cost method. Physical exercise has participation in this process as well, being responsible for up to 40% of the results. However, the importance of performing exercises correctly, supervised and planned by a qualified professional, namely Physical Education Professional. Professionals should know the physiological conditions of their client, respecting the principle of biological individuality, as well as the identification of the variables obtained in the treadmill maximal stress test. This type of diagnosis is considered of high cost because it is performed in super equipped laboratories; but others more feasible alternatives for identifying the maximum heart rate and threshold anaerobic are described in the literature. Currently, computer information technology through mobile applications is helping professionals and users in the control of physical activities. However, several applications are not developed based on studies and scientific criteria, providing incorrect suggestions and control of the exercise. This paper has set out to describe the Development of a Mobile Application Prototype for identification of the Heart Rate Deflection Point, which is directly related to one of the main variables for prescribing exercise: anaerobic threshold. The application was developed through the cascade method of software development, where we executed the first four steps: Analysis and definition of requirements - Design and software system - Implementation and unity testing - Integration and System Testing. We adopted the Swift language for operating systems iOS, considering its fast processing and ease of understanding, optimizing the role of the developer throughout its

development process. Upon finalizing the first stages of development, we had a working prototype, which identifies two variables that can be used for exercise prescription: heart rate deflection point, which is done through the Dmax method, and the Maximum Heart Rate. From all the simulation tests performed in the lab, we concluded that the prototype is ready to be tested with actual clients by their Physical Education Professionals.

Keywords: Physical Evaluation. Heart rate. Anaerobic Threshold. Test of Effort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação do IMC	28
Figura 2 - Gráfico de Dmax	32
Figura 3 - Proposta de solução	44
Figura 4 - Simulação dos dados da FC.....	47
Figura 5 – Tela inicial	49
Figura 6 – Tela de Configuração.....	49
Figura 7 – Tela de Cadastro	51
Figura 8 – Tela Teste Esforço Máximo.....	52
Figura 9 - Frequência Cardíaca do estágio.....	53
Figura 10 – Resultado do teste	54

LISTA DE GRAFICO

Gráfico 1 - Dmax Exemplo 6	41
---	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados simulados para os testes finais do aplicativo móvel.	40
Tabela 2 - Valores da FC por equação	41

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Etapas do modelo em cascata adotadas no desenvolvimento do aplicativo móvel.	38
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESO	Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica
ACMS	American College of Sports Medicine
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
IMC	Índice de Massa Corporal
VO₂^{máx}	Consumo Máximo de Oxigênio
FC	Frequência Cardíaca
FC^{máx}	Frequência Cardíaca Máxima
PDFC	Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca
VE	Ventilação Pulmonar
R	Quociente Respiratório
VE/VO₂	Equivalentes Ventilatórios de Oxigênio
VE/VCO₂	Equivalentes Ventilatórios de Dióxido de Carbono
LAn	Limiar Anaeróbio
Dmax	Distância Máxima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	OBJETIVO GERAL.....	26
2	REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1	SOBREPESO E OBESIDADE	27
2.2	ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS MEDIANTE EXERCÍCIO FÍSICO	28
2.3	TESTES DE APTIDÃO FÍSICA OU TESTES DE ESFORÇO	29
2.3.1	TESTES DE ESFORÇO MÁXIMO	30
2.4	PONTO DE DEFLEXÃO DA FREQUENCIA CARDIACA E MÉTODO DMAX.....	31
2.5	TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO EM SAÚDE	33
2.6	TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA	34
3	MÉTODOS	37
3.1	TIPO DO ESTUDO.....	37
3.2	PROTOCOLO DO ESTUDO.....	37
3.3	LOCAL	39
3.4	COLETA DE DADOS	39
4	RESULTADOS	43
4.1	ETAPA 1: ANÁLISE E DEFINIÇÃO DE REQUISITOS	43
4.2	ETAPA 2: PROJETO DE SISTEMA E SOFTWARE.....	44
4.3	ETAPA 3: IMPLEMENTAÇÃO E TESTE UNITÁRIO.....	46
4.4	ETAPA 4: INTEGRAÇÃO E TESTE DE SISTEMA	48
4.5	ETAPA 5: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A obesidade é apontada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos principais problemas de saúde pública no mundo. Estima-se que em 2025, aproximadamente 2,3 bilhões de adultos estarão com sobrepeso e 700 milhões com obesidade. Observa-se que no Brasil esta doença crônica vem crescendo de forma alarmante, onde 50% da população já está na faixa de sobrepeso e obesidade (ABESO, 2016).

Os dados obtidos pelo Ministério da Saúde/Brasil a partir do sistema de vigilância de fatores de risco e proteção para Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) por inquérito telefônico – VIGITEL – evidencia que a população brasileira está mais obesa. Nos últimos 10 anos, a prevalência da obesidade passou de 11,8% (2006) para 18,9% (2016), atingindo praticamente um a cada cinco brasileiros (VIGITEL, 2017).

Neste cenário, o controle do balanço energético é uma das formas de se reduzir a massa adiposa dos indivíduos na faixa de sobrepeso e obesidade. Este balanço deve ser negativado considerando que o gasto energético deve superar o consumo de energia obtida por meio da ingestão de alimentos. Diversos estudos apontam que uma alimentação saudável e prática de exercícios físicos regulares servem como prevenção para a obesidade, bem como, são as principais formas de tratamento não farmacológico desta doença crônica (FRANCISCHI et al., 2001; MANCINI; HALPERN, 2002; HALPERN; RODRIGUES; COSTA; 2004; MATOS et al., 2016).

Os benefícios do exercício físico estão além da perda do percentual de gordura, há também melhora na modulação do Sistema Nervoso Autônomo, nas funções cerebrais e cognitivas e melhoras cardiovasculares, como aumento no tônus vagal e redução da atividade simpática no nodo sinusal (RÊGO et al., 2018; SILVA et al., 2010).

Vale ressaltar que a adoção do exercício físico para diminuição dos índices de obesidade e melhora da saúde da população em geral, deve ser realizado de forma profissional, planejada e específica para cada indivíduo. Assim, considera-se que o teste de aptidão física é essencial para caracterização do indivíduo, servindo como ponto de partida para a elaboração de um programa de exercícios físicos específicos para a pessoa. O teste de aptidão física também serve como referência para comparações futuras, após execução do programa de treinamento estabelecido pelo profissional, podendo este ser um fator

motivador para prática de exercício físico regular (WALLMAN; CAMPBELL, 2007; RAVAGNANI et al., 2010).

Segundo o *American College of Sports Medicine* (ACMS) (2015), o teste de aptidão física ou teste de esforço pode ser feito de diversas maneiras utilizando diferentes ergômetros e protocolos. Este teste possui duas classificações: teste de esforço máximo e teste de esforço submáximo.

Os testes de esforço máximos, ou seja, os testes que levam o indivíduo à exaustão devem ser executados por médicos ou profissionais devidamente habilitados, nomeadamente profissionais de Educação Física. Estes testes são mais completos e apresentam como resultado importantes variáveis, tais como: Frequência Cardíaca Máxima (FC_{\max}), Consumo de oxigênio (VO_2), Ventilação pulmonar (VE), Quociente respiratório (R), equivalentes ventilatórios de oxigênio (VE/VO_2) e dióxido de carbono (VE/VCO_2), Limiar Anaeróbio (LAN), dentre outras. Por meio destas variáveis é possível mensurar a potência aeróbia e diagnosticar inúmeras doenças cardiovasculares, bem como, prescrever o exercício físico mais adequado ao indivíduo avaliado (HERDY et al., 2016).

A FC_{\max} , assim como o LAN, são variáveis importantes para a prescrição de exercícios. Atualmente, para se estimar a FC_{\max} , os profissionais têm utilizado fórmulas matemáticas em associação com a idade do indivíduo. A fórmula mais popularmente conhecida se dá pela subtração da idade (em anos) do indivíduo do número 220, porém, esta fórmula de se estimar a FC_{\max} possui uma margem de erro de 11 bpm para mais ou para menos (ROBERT; LANDWEHR, 2002). Segundo Tubino e Moreira (2014), a identificação da FC_{\max} se faz necessária devido à individualidade biológica das pessoas, ou seja, não há indivíduos iguais entre si, sendo esta o primeiro dos sete princípios do treinamento esportivo.

Em um estudo de revisão sistemática, Caldas (2014), com o objetivo de comparar e analisar o efeito dos exercícios de alta intensidade, aeróbios e anaeróbios, em relação a oxidação de gordura corporal, constatou que ambas intensidades de exercício influenciam na perda da gordura corporal, sendo o intervalo de 55 a 75% da FC_{\max} é onde se obtém o maior gasto energético.

A variável LAN permite realizar a predição de desempenho para exercícios aeróbios de média e longa duração, bem como, auxilia na prescrição da intensidade de treinamento e é utilizado no

acompanhamento longitudinal dos efeitos do treinamento (DENADAI, 1995; AZEVEDO et al., 2009; SILVA et al., 2009; FORTE et al., 2015).

Em 1982, Conconi et al. propuseram a utilização do Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca (PDFC) como uma variável próxima do LAn. Os autores verificaram que a FC aumenta de forma linear, juntamente com o aumento da velocidade, porém em um determinado ponto ela se estabiliza mesmo com o aumento da velocidade, sendo esse ponto verificado de forma visual e aproximado do ponto do LAn. Vale ressaltar que o PDFC obtido pelo método visual tem sido utilizado frequentemente pelos profissionais para a identificação do limiar anaeróbio dos indivíduos, por ser considerado um método não invasivo, pois necessita apenas do monitoramento da FC (COEN et al., 1988; CONCONI et al., 1996; SILVEIRA et al., 2012).

Após a publicação do estudo de Conconi et al. (1982), outros pesquisadores realizaram novas pesquisas sobre a relação do comportamento da FC com o LAn (KARA et al., 1996), e a pesquisa publicada por Kara et al., em 1996, evidenciaram a identificação do PDFC através de um método matemático conhecido mundialmente como Dmax.

O método Dmax trabalha com duas equações obtidas através das variáveis velocidade e frequência cardíaca, sendo que o primeiro valor da FC considerado deve ser igual ou superior a 140bpm. Obtidas estas equações, são estimados novos valores da FC por cada equação. Após os resultados obtidos das duas equações, os valores da FC da equação polinomial são subtraídos pelo valor da FC obtido pela equação linear, onde a maior diferença corresponde ao PDFC, sendo este associado a uma velocidade (KARA et al., 1996; PESERICO et al., 2016).

A utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o setor de saúde, vem crescendo em todo o mundo, onde destacam-se a telemedicina, inteligência artificial, adoção de dispositivos móveis e o processamento de grandes bases de dados (Big Data). No Brasil, as TIC têm estado presente em diversos setores da economia e na sociedade, onde pessoas interagem nas plataformas digitais de forma cada vez mais intensa, pois mesmo se tratando de um país em desenvolvimento há uma busca de maior produtividade, eficiência e inovação (CGI.br, 2017). Rocha et al. (2017) realizaram uma revisão de literatura integrativa, onde a maioria dos artigos estavam relacionados a atividade física, práticas nutricionais e suporte profissional.

Diante do contexto apresentado, observa-se a crescente utilização de aplicativos para dispositivos móveis disponibilizados como ferramentas/tecnologias de intervenção para perda de peso. Entretanto, a Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica (ABESO) aponta que se encontram poucas publicações científicas sobre a temática e que as escassas revisões sobre intervenções para perda de peso por meio de aplicativos móveis concluíram que tais ferramentas tiveram um pequeno impacto e pouco benefício sobre a perda de peso (ABESO, 2016).

O pouco impacto e benefícios citados podem estar associados à ausência de estratégias para perda de peso baseadas em evidências científicas, uma vez que os desenvolvedores de aplicativos tem se concentrado prioritariamente na interface do usuário. De 30 aplicativos de perda de peso para celular e smartphones avaliados, a maioria incluía menos de 20% das 20 estratégias comportamentais baseadas em evidências (ABESO, 2016).

A ABESO (2016) revela que dados recentes mostram que 60% dos americanos acompanhem o seu peso regularmente, mas que apenas 9% deles utiliza aplicativos ou ferramentas online para executar essa tarefa. Entretanto, este número relativamente baixo, deve se elevar consideravelmente mediante a popularidade dos aplicativos móveis no contexto global.

Vale ressaltar que, segundo as Diretrizes Brasileiras de Obesidade (ABESO, 2016) a utilização de “Aplicativos para celular e smartphones podem ser considerados para os pacientes com sobrepeso associado a fatores de risco e os pacientes com obesidade sem prejuízo do atendimento médico e nunca substituindo o atendimento médico”. Esta diretriz é classificada como grau de evidência “Classe IIb”, ou seja, forte nível de evidência.

Diante deste contexto, este estudo busca responder a seguinte questão de pesquisa: “Qual o processo desenvolvimento de um protótipo de aplicativo para dispositivos móveis para identificação do Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca em teste de esforço máximo?”

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver a estrutura informacional do aplicativo móvel para identificação do Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca a partir do protocolo de teste de esforço máximo em esteira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta parte do trabalho são apresentados temas importantes para uma melhor compreensão do protótipo desenvolvido, tais como: obesidade e exercício físico; mudanças fisiológicas através do treinamento, teste de esforço, identificação do PDFC através dos métodos Dmax; as TIC's na área da saúde e relacionadas a atividade física.

2.1 SOBREPESO E OBESIDADE

O sobrepeso e a obesidade podem ser evitados desde que a pessoa passe a consumir alimentos mais saudáveis e praticar atividade física regular (gasto energético), esses são os meios mais fáceis, acessíveis e disponíveis, para se ter uma melhor saúde (WHO, 2017). Desta forma, o problema no ganho de peso pode ser resolvido a partir do controle de uma ou ambas variáveis, alimentos e exercícios, conhecido como equação do balanço energético (POWERS; HOWLEY, 2018).

Alteração dos estoques de energia = ingestão de energia – gasto energético

Fonte: POWERS; HOWLEY (2018)

O exercício físico nessa equação está relacionado ao gasto energético, fazem parte também do gasto energético a taxa metabólica basal e a termogênese, onde o exercício compões a parte mais variada do gasto energético podendo ser de 5 a 40% do gasto diário (POWERS; HOWLEY, 2018).

Nas últimas duas décadas, muitos estudos foram realizados com o objetivo de ver a relação entre aptidão cardiorrespiratória/atividade física habitual e mortalidade. Os resultados demonstraram consistentemente que, quando comparados para a idade e classificação IMC (peso normal, excesso de peso e obesidade), os homens e as mulheres acima do IMC normal têm geralmente uma taxa de mortalidade de duas ou até três vezes maior do que as pessoas com IMC normal (FRANKLIN et al., 2015).

Dados atualizados, de 2016, da Organização Mundial de Saúde (OMS), traz que a obesidade no mundo duplicou desde 1980. A forma mais simples e eficiente de classificar a obesidade é através do Índice de Massa Corporal (IMC), o cálculo é feito através do peso do indivíduo (kg) dividido pelo quadrado de sua estatura (m). Para os adultos, a

classificação de obeso é quando o IMC é maior ou igual a 30 (WHO, 2017).

A figura 1 mostra a tabela de classificação do IMC em relação ao grau de obesidade e risco de doença.

Figura 1 - Classificação do IMC

IMC (KG/M ²)	CLASSIFICAÇÃO	OBEUIDADE GRAU/CLASSE	RISCO DE DOENÇA
<18,5	Magro ou baixo peso	0	Normal ou elevado
18,5-24,9	Normal ou eutrófico	0	Normal
25-29,9	Sobrepeso ou pré-obeso	0	Pouco elevado
30-34,9	Obesidade	I	Elevado
35-39,9	Obesidade	II	Muito elevado
≥40,0	Obesidade grave	III	Muitíssimo elevado

Fonte: ABESO (2016)

A obesidade também é tratada como uma condição médica complexa, impactada por fatores genéticos, metabólicos e comportamentais. Ela está relacionada a outras doenças, incluindo inflamação sistêmica, diabetes, resistência à insulina, hipertensão arterial, apneia obstrutiva do sono e doenças cardiovasculares. A má alimentação geralmente é considerada como fator primário dentre as principais causas da obesidade, no entanto estudos recentes sugerem devido ao avanço tecnológico que a redução dos hábitos de atividade física são os principais fatores (FRANKLIN et al., 2015).

2.2 ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS MEDIANTE EXERCÍCIO FÍSICO

Ao se praticar o exercício físico, o corpo sai de sua homeostase, a musculatura exercitada faz com que ocorra um aumento na produção e consumo de substrato para produção de energia. Com o objetivo de suprir essa demanda metabólica, várias adaptações fisiológicas são necessárias e, dentre elas, os referentes à função cardiovascular durante o exercício físico, sendo que elas diferem de acordo com a intensidade, a duração e o tipo de exercício (BRUM, 2004).

Alguns benefícios do treinamento aeróbio já são perceptíveis após os primeiros 10 dias, como o aumento do volume sanguíneo plasmático e total, resultando uma baixa viscosidade sanguínea, permitindo que ocorra uma melhor distribuição do oxigênio para os músculos. Alterações na musculatura do coração também são decorrentes do treinamento aeróbio, como um aumento na massa muscular do ventrículo esquerdo, resultando numa contração mais forte, essas adaptações aumentam a fração de ejeção e o volume sistólico em repouso e durante o exercício (RIVERA-BROWN; FRONTERA, 2012)..

Há também aumento na atividade parassimpática e redução na atividade simpática, fazendo com que a FC em repouso diminua, o treinamento aeróbio provoca uma redução na pressão sanguínea sistólica e diastólica em repouso e submáxima, tanto em indivíduos saudáveis quanto em pacientes hipertensos (RIVERA-BROWN; FRONTERA, 2012).

2.3 TESTES DE APTIDÃO FÍSICA OU TESTES DE ESFORÇO

Existem várias definições para aptidão física, dentre elas a mais utilizada é “capacidade de movimento” e é definida segundo Casperson et al. (ACSM, 2000, p.46) como “Um conjunto de atributos que as pessoas têm ou adquirem, que está relacionado com a capacidade de realizar atividade física”, mas essa definição pode englobar diversos componentes, inclusive relacionados a desempenho atlético (ACSM, 2000). Por este motivo, surgiu o termo “aptidão física relacionado com saúde”, onde sua definição segundo Pate (1988, apud ACSM, 2000, p. 46) é “Um estado caracterizado por (a) capacidade de realizar atividades diárias com vigor e (b) demonstração de particularidades e potencialidades associados a pequeno risco de desenvolvimento prematuro de doenças hipocinéticas (i.e., aquelas associadas à inatividade física) “.

Segundo Ellestad (1985, apud MONTE, 1996, p.4) os primeiros testes de esforço físico foram feitos em 1929 por Master quando utilizou a frequência cardíaca e a pressão arterial para avaliar a capacidade aeróbia, três anos depois, em 1932, Goldhammer e Scherf propuseram a utilização do teste físico para confirmar o diagnóstico de isquemia coronariana (MONTE, 1996).

Nesse tempo aumentaram o número de estudos na área e começaram a surgir novos testes, como o de Master (1938), teste de 9 degraus, o de Teste de Banco de Harvard desenvolvido por Johnson e Brouha (1942) e em 1951 Yul e colaboradores relataram a utilização de uma esteira rolante motorizada em seus testes. Em 1956, Bruce publicou um teste desenvolvido em esteira rolante estabelecendo diretrizes para agrupar pacientes em classificações de acordo com suas aptidões, este estudo é considerado como o precursor do teste de esforço moderno (MONTE, 1996) sendo utilizado até os dias de hoje (ACSM, 2014).

Dois anos antes do teste de Bruce, em 1954, Astrand e Ryhming documentaram que o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) podia ser relacionado com a frequência cardíaca em teste submáximo.

Em 1982, Conconi e colaboradores realizaram um estudo com 210 atletas de corrida, com o objetivo de verificar a relação de FC com o limiar anaeróbio, os participantes do estudo executaram o protocolo de corrida de acordo com sua capacidade atual, sendo que, os atletas deram de 8 a 12 voltas em uma pista de atletismo de 400m, em um tempo médio de 15 a 20 minutos, com velocidade inicial de 12 a 14 Km/h (dependendo de sua capacidade inicial) e essa velocidade teve um incremento de 0,5 Km/h a cada 200m percorrido, a FC utilizadas como parâmetros foram as registradas correspondente aos 50m que antecediam o novo incremento na velocidade (dos 150m a 200m). Ao final do estudo, foram realizadas análise de regressão e uma análise de curva (Velocidade x FC), quando encontravam uma perda da linearidade da velocidade com a FC, chamaram de velocidade de deflexão. Conconi e colaboradores verificaram também uma correlação entre a velocidade de deflexão e limiar anaeróbio de 0.99, mostrando que o método proposto é eficiente.

2.3.1 Testes de esforço máximo

Os testes de esforço, quando feitos até a exaustão (fadiga voluntária) do indivíduo são considerados máximos, esse tipo de teste exige a supervisão médica caso o indivíduo apresente algum tipo de doença, como cardiopatias e hipertensão.

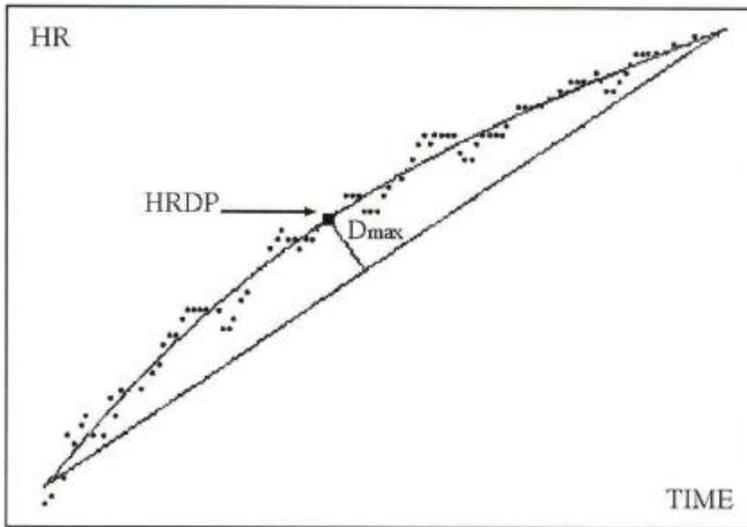
Os testes máximos identificam com mais precisão as variáveis metabólicas como Vo_{2max} , Frequência Cardíaca Máxima, limiares aeróbio e anaeróbio (ACSM, 2014).

Gomes et al. (2013) utilizaram um protocolo de teste de esforço máximo para prescrição de exercício em 25 adolescentes obesos com idade de 13 a 17 anos, para identificação VO_{2max} e limiar ventilatório (LV), variáveis que possuem alta correlação com o limiar anaeróbio. Foi utilizado o protocolo para esteira ergométrica, com aquecimento de 3 minutos com velocidade a 3 Km/h, após o aquecimento foram feitos incrementos de 1km/h a cada minuto, com inclinação da esteira constante em 1%. Cayres et al. (2014) utilizaram um protocolo semelhante para estudo com intervenção em 49 adolescentes obesos com idade de 12 a 15 anos e IMC médio de 30, com velocidade inicial a 3 km/h e incrementos de 0,5 Km/h e inclinação constante de 1%, identificando o VO_{2max} para prescrição do exercício.

2.4 PONTO DE DEFLEXÃO DA FREQUENCIA CARDIACA E MÉTODO Dmax

Em 1982, Conconi et al. propuseram a utilização do ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) como uma variável próxima do limiar anaeróbio, entretanto em seu estudo para alguns sujeitos de sua pesquisa não foi possível a identificação do PDFC com precisão, pois se a identificação do ponto é feita de forma visual para solucionar este problema, Kara et al. (1996) realizaram um estudo com o objetivo de comparar o PDFC obtido pelo método de Conconi et al. (1982) pelo método Dmax desenvolvido.

O método Dmax, consiste em verificar a maior distância obtida pela diferença do ajuste linear da FC e pelo ajuste polinomial da FC. Para isso com os valores obtidos da Frequência cardíaca e Velocidade correspondente, são geradas duas equações de regressão. A equação de regressão linear, foi obtida utilizando as primeiras coordenadas com a FC igual ou superior a 140 bpm e a última coordenada correspondendo com a $FC_{máx}$ e a equação polinomial de terceira ordem foi gerada através de todas as coordenadas, sendo que a primeira também com FC igual ou superior a 140bpm. Os valores da velocidade do teste são inseridos nessas equações que trazem como resultado a FC ajustada, após os resultados obtidos das duas equações, o valor da FC da equação polinomial é subtraído pelo valor da FC obtido pela equação de regressão, sendo que o maior valor correspondente é o valor do PDFC, a imagem abaixo representa como os autores representaram de forma gráfica esse ponto (KARA et al., 1996).

Figura 2 - Gráfico de Dmax

Fonte: KARA et al. (1996)

Nesse estudo, 22 pessoas sedentárias do sexo masculino, com idade de 18 a 22 anos, realizaram teste incremental máximo em bicicleta ergométrica, de estágios de um minuto, a FC foi captada durante todo o teste, através do frequencímetro Polar Vantage Sport Tester XL e armazenado a cada 5 segundos. Como resultado, o método linear e Dmax encontraram, para o mesmo indivíduo, valores semelhantes para o PDFC, no entanto em 9 indivíduos não foi possível encontrar o PDFC pelo método regressão linear convencional, somente pelo método Dmax. Concluindo em seu estudo que o método Dmax é mais útil que o método linear, pois o PDFC é possível de ser encontrado em todos os sujeitos da pesquisa de forma mais simples e objetiva.

2.5 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO EM SAÚDE

No mundo todo, há um crescimento na utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o setor de saúde, onde destacam-se a telemedicina, inteligência artificial, adoção de dispositivos móveis e o processamento de grandes bases de dados (Big Data). No Brasil, as TIC têm estado presente em diversos setores da economia e na sociedade, onde pessoas interagem nas plataformas digitais de forma cada vez mais intensa, pois mesmo se tratando de um país em desenvolvimento há uma busca de maior produtividade, eficiência e inovação (CGI.br, 2017).

Rocha et al. (2017) em sua revisão de literatura integrativa, separaram os artigos em quatro categorias temáticas de acordo com o objetivo proposto pelo estudo:

1. Práticas nutricionais e suporte profissional: 16 artigos se encaixaram nessa categoria, tinham como abordagem o monitoramento e autogestão de doenças crônicas, como diabetes, hipertensão arterial e obesidade. Os autores evidenciaram que os aplicativos móveis devem ter elementos motivadores para aumentar a adesão do usuário. A facilidade e precisão do acompanhamento dos profissionais com seus pacientes também receberam destaque pelos autores.
2. Monitoramento do uso de fármacos: 3 artigos eram destinados a avaliação do monitoramento do uso de fármacos, onde constataram que essas técnicas utilizadas atualmente nos aplicativos móveis para a adesão ao uso de fármacos, apresentam limitações, pois há um abandono do usuário na utilização do aplicativo com o tempo.
3. Eficácia do uso de Apps: 12 artigos se enquadraram nesta categoria, com aplicabilidade para a gestão de práticas de saúde e atividades em conjunto com medidas terapêuticas tradicionais. Essas pesquisas apontam a importância e a potencial eficácia do uso de aplicativos que ofereçam abordagens universais de gestão em saúde pública para resolver problemas comuns à população, como por exemplo, medidas para a diminuição e até cessação do tabagismo em gestantes.

4. Atividade física: 11 artigos voltados a prática e gerenciamento de hábitos saudáveis com o auxílio da atividade física. O uso dos aplicativos nessa temática tem grande aceitação dos usuários, os aplicativos se utilizam de recursos de notificação, desafios e treinamento personalizados, também é destacado que os benefícios pois, em alguns casos envolve além do usuário, pessoas que estão ao seu redor.

Veiga (2016), desenvolveu um sistema composto por aplicativo móvel integrado a um smartwatch, com objetivo de promover um estilo de vida saudável em pessoas hipertensas. Em seu estudo foram destacadas a facilidade de comunicação entre o profissional da saúde e paciente, por facilitar o acompanhamento do paciente e a agenda do paciente, que emitia notificações sobre uso de medicamentos, cronograma de atividades físicas, fazendo com que reduzisse o número de abandono do tratamento ou até mesmo a ingestão errada de medicamentos.

Tibes (2016), ao desenvolver um aplicativo para tomada de decisão assistencial, ressalta que ao se desenvolver um sistema voltado a saúde deve estar voltada também a metodologia adotada em seu desenvolvimento, para que não ocorra alterações no meio do caminho e tenha que haver uma nova estruturação do projeto.

2.6 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA

O aumento crescente na produção de aplicativos móveis voltados a saúde poderá trazer, ao usuário, dificuldade em escolher o melhor aplicativo para seu objetivo. A utilização destas tecnologias, devem ser feitas com precaução, visto que ainda é preciso maiores evidências científicas para ter seu uso de forma generalizada (MENDES; BREDA, 2017). Mesmo assim os aplicativos podem auxiliar os profissionais nas tomadas de decisão, tanto clínicas, quanto voltadas ao acompanhamento das condições de saúde, desde o controle do uso de medicamentos à orientação referente a prática de hábitos saudáveis (ROCHA, 2017).

Estudos na área são realizados também no que diz respeito à parte de engajamento do usuário ao aplicativo. Kevin et al. (2017) desenvolveram um aplicativo para registrar a atividade física dos

usuários, para isto integraram seu aplicativo a um sistema já comercializado de controle de passos, sendo importado esses registros em seu sistema a cada uma hora. O aplicativo desenvolvido tem como objetivo analisar o padrão de atividade física dos usuários e incentivar a prática de exercícios, através do mapeamento da localização e um modelo de algoritmo para análise comportamental, e a partir das metas estabelecidas, emitir notificações que possam encorajar a prática de atividade física.

Middelweerd et al. (2014), realizaram um estudo de revisão sobre aplicativos que poderiam estimular usuários a prática de exercício físico, a busca envolveu as duas principais lojas de aplicativos iTunes e GooglePlay, onde identificaram que há mais de 23mil aplicativos no iTunes e mais de 17mil na GooglePlay categorizados como aplicativo de Saúde e Exercício. Dos 64 aplicativos utilizados na revisão, estes possuíam em média 5 diferentes técnicas de mudança de comportamento, sendo que nenhum dos aplicativos usou mais de 8 ou menos do que 2, ficou constatado que fornecer feedback e auto monitoramento foram as técnicas mais frequentemente utilizadas. No entanto pesquisas futuras devem examinar a eficácia dos aplicativos e qual técnica de mudança de comportamento ou combinações de técnicas são mais eficazes, ressaltando que deve existir uma aproximação entre desenvolvedores, profissionais de saúde, e especialistas em mudança de comportamento poderiam aumentar a eficiência do uso de técnicas de mudança de comportamento em aplicativos, podendo abrir possibilidades na área da promoção da saúde.

Um outro tipo de estudo também muito utilizado é de avaliação funcional e de usabilidade em aplicativos. Porém para alguns tipos de avaliações de interface se requer experiência dos avaliadores, esta foi uma das dificuldades encontrada no estudo de Weiland et. al. (2014) ao avaliarem a comunicabilidade na primeira experiência do usuário com um aplicativo, mesmo utilizando a filmagem para avaliação dos usuários, pois em se tratando de smartphones com telas *touchscreen* é difícil se perceber com detalhes o percurso feito pelo usuário. Para o estudo foi avaliado um aplicativo comercial de controle de treinos de corrida, mesmo se tratando de um produto já comercial foram encontradas falhas na comunicação das telas do aplicativo com o usuário final, fazendo com que em alguns casos o usuário ficasse em dúvida quanto a funcionalidade dos botões.

3 MÉTODOS

3.1 TIPO DO ESTUDO

Trata-se um estudo de produção tecnológica, do tipo prototipação. Para o desenvolvimento da estrutura informacional do aplicativo móvel de identificação do ponto de deflexão da frequência cardíaca a partir do protocolo de teste de esforço máximo em esteira, adotou-se o modelo em cascata ou, também denominado, ciclo de vida de software.

Freitas Júnior et al. (2014) apontam que a pesquisa de produção tecnológica se volta para o desenvolvimento de artefatos/produtos, compreendidos nesta dissertação como produtos físicos e/ou intelectuais que visam o controle da realidade. Este tipo de pesquisa se pauta na tarefa que se pretende solucionar/resolver, tendo como produto o desenvolvimento de uma nova tecnologia.

A produção tecnológica, com base no conceito de prototipação, minimiza as incertezas do projeto, possibilitando o abandono de forma ágil das alternativas não bem recebidas pelo usuário, auxiliando na identificação de soluções mais assertivas previamente planejadas para a tecnologia a ser produzida (VIANNA et al., 2012). Ou seja, “Prototipações, portanto, nada mais são que simulações que antecipam problemas, testam hipóteses e exemplificam ideias de modo a trazê-las à realidade para abrir discussões” (VIANNA et al., 2012, p.124).

O modelo em cascata adotado para o desenvolvimento do protótipo considera as atividades fundamentais do processo de especificação, desenvolvimento, validação e evolução. Cada uma das atividades fundamentais é uma fase/etapa distinta, ou seja, especificação de requisitos, projeto de software, implementação, teste e manutenção. A princípio, uma etapa deve ser completada antes que seja possível avançar para a próxima. Entretanto, verifica-se que na prática, há uma interação significativa entre os estágios (SOMMERVILLE, 2011).

3.2 PROTOCOLO DO ESTUDO

O Protocolo estabelece o desenho da produção tecnológica e se estrutura a partir do modelo em cascata. O quadro 1 apresenta as etapas essenciais com os respectivos requisitos adotados para o

desenvolvimento do protótipo de aplicativo móvel para identificação do PDFC a partir do protocolo de teste de esforço máximo em esteira.

Quadro 1 - Etapas do modelo em cascata adotadas no desenvolvimento do aplicativo móvel.

MODELO EM CASCATA - CICLO DE VIDA DE SOFTWARE	
ETAPAS	REQUISITOS
Etapa 1: Análise e definição de requisitos	Estabelecimento de serviços, restrições e metas do sistema. Na sequência são definidos em detalhes, funcionando como uma especificação do sistema.
Etapa 2: Projeto de sistema e software	Alocação de recursos para sistemas de hardware e software por meio da definição de uma arquitetura geral do sistema. Engloba a identificação e descrição das abstrações fundamentais do sistema de software e seus relacionamentos.
Etapa 3: Implementação e teste unitário	Desenvolvimento do software propriamente dito, estabelecendo um conjunto de regras ou unidades de programa. O teste unitário envolve a verificação de que cada unidade atenda a sua especificação.
Etapa 4: Integração e teste de sistema	As unidades individuais do programa ou programas são integradas e testadas como um sistema completo para assegurar que os requisitos do software tenham sido atendidos. Após o teste, o sistema de software é entregue ao cliente.
Etapa 5: Operação e manutenção.	Normalmente (embora não necessariamente), essa é a fase mais longa do ciclo de vida. O sistema é instalado e colocado em uso. A manutenção envolve a correção de erros que não foram descobertos em estágios iniciais do ciclo de vida, com melhora da implementação das unidades do sistema e ampliação de seus serviços em resposta às descobertas de novos requisitos.

Fonte: Próprio do autor, adaptado de SOMMERVILLE, 2011.

Conforme mencionado anteriormente, as etapas do modelo em cascata se sobrepõem e se alimentam umas às outras, com informações

adicionais para aprimoramento do software/tecnologia desenvolvida. Destaca-se, portanto, que este modelo para desenvolvimento de software não é um modelo linear simplificado, uma vez que contempla o *feedback* de uma etapa para a outra (SOMMERVILLE, 2011).

A partir do protocolo apresentado e considerando que esta pesquisa de produção tecnológica objetivou desenvolver a estrutura informacional do aplicativo móvel para identificação do PDFC, cada etapa concluída do modelo em cascata será apresentada na sessão “RESULTADOS”, uma vez que as mesmas abordam as definições/seleções/escolhas do pesquisador (desenvolvedor do software/protótipo).

O protótipo desenvolvido destina-se principalmente aos profissionais de Educação Física, sendo considerada uma ferramenta tecnológica que possibilitará aos profissionais acessos aos dados do usuário/indivíduo (FC, PDFC e velocidade de corrida) para auxiliar na prescrição do treinamento físico.

3.3 LOCAL

A produção tecnológica foi desenvolvida em ambiente informatizado próprio do autor.

3.4 COLETA DE DADOS

Os dados para validação dos resultados finais obtidos pelo aplicativo móvel foram obtidos por meio de simulação realizada em Microsoft Excel®. Ou seja, simulou-se os dados, de forma randomizada da FC que seriam captados do indivíduo durante a realização do teste de esforço máximo em esteira de acordo com a velocidade correspondente.

A fórmula utilizada na simulação para se obter o primeiro valor é especificada a seguir:

Fórmula 1: $RANDBETWEEN(80 - 10; 80 + 10)$

Para os valores sequenciais foi utilizada a seguinte fórmula:

Fórmula 2: $RANDBETWEEN(célula\ acima + 4; célula\ acima + 8)$

A tabela 1 apresenta os dados obtidos através da simulação que foram utilizados para os testes finais do aplicativo móvel.

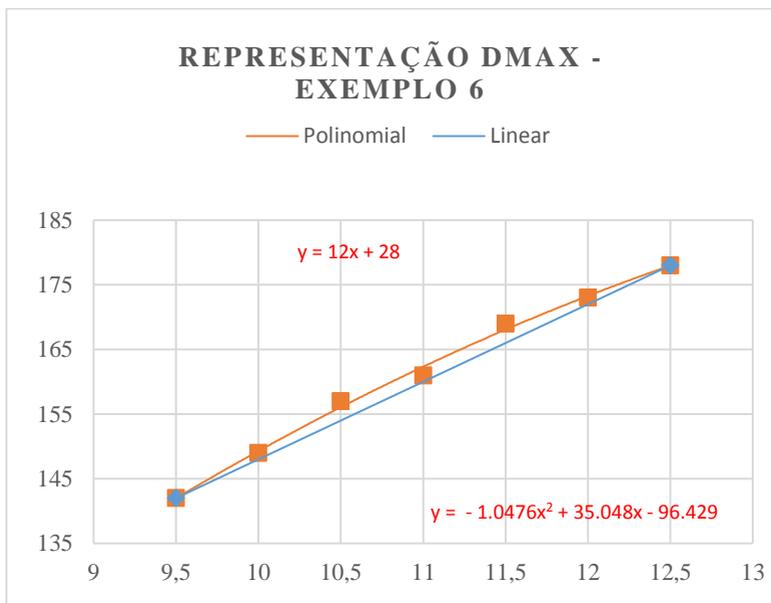
Tabela 1 - Dados simulados para os testes finais do aplicativo móvel

Velocidade (Km/h)	Frequência Cardíaca (bpm)									
	Exemplo 1	Exemplo 2	Exemplo 3	Exemplo 4	Exemplo 5	Exemplo 6	Exemplo 7	Exemplo 8	Exemplo 9	Exemplo 10
4	80	73	87	73	89	76	74	77	88	86
4,5	87	79	93	78	97	83	82	81	95	94
5	94	87	100	82	101	90	88	87	100	99
5,5	102	91	107	88	108	95	92	93	106	106
6	106	95	115	93	114	100	96	100	113	114
6,5	114	103	121	98	121	108	100	106	121	118
7	121	110	125	102	128	112	106	110	126	124
7,5	128	115	133	109	136	117	110	118	130	130
8	136	120	140	114	142	124	114	122	136	138
8,5	142	124	147	119	149	130	119	128	143	143
9	148	129	151	125	153	136	124	136	148	149
9,5	156	134	157	132	157	142	131	141	155	156
10	164	139	161	137	163	149	139	147	160	162
10,5	169	144	169	141	169	157	144	155	167	167
11	175	151	177	145	177	161	148	162	174	172
11,5	180	159	182	152	182	169	153	168	181	177
12	188	164	187	159	189	173	161	172	189	182
12,5	192	168	193	167	194	178	165	176	193	187

Fonte: Próprio do autor

Para se obter o Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca (PDFC), realizou-se o cálculo através do método Dmax conforme estudo publicado por Kara et al. (1996). Ou seja, utilizou-se a FC mínima obtida com valor igual ou superior a 140 bpm.

Para cada exemplo gerado na tabela, constrói-se um gráfico contendo Velocidade (km/h) versus Frequência Cardíaca (FC) e, por meio do gráfico foram geradas as equações de regressão linear e polinomial. O Gráfico 1 representa os dados obtidos no Exemplo 6, descrito na Tabela 1.

Gráfico 1 - Dmax Exemplo 6

Fonte: Próprio do autor

A tabela 2 representa os novos valores da FC gerados a partir das equações de regressão, a diferença entre as equações e a maior distância entre elas, que representa o PDFC, relacionado neste caso a 161 bpm e velocidade 11 km/h.

Tabela 2 - Valores da FC por equação

Velocidade	FC	$y = -1.0476x^2 + 35.048x - 96.429$	$y = 12x + 28$	Diferença entre as equações	Maior Distância
9,5	142	141,9811	142	-0,0189	
10	149	149,2910	148	1,291	
10,5	157	156,0771	154	2,0771	
11	161	162,3394	160	2,3394	2,3394
11,5	169	168,0779	166	2,0779	
12	173	173,2926	172	1,2926	
12,5	178	177,9835	178	-0,0165	

Fonte: Próprio do autor

4 RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir descrevem a estrutura informacional do aplicativo móvel para a identificação do PDFC a partir do protocolo de teste de esforço máximo em esteira, desenvolvida por meio do modelo em cascata.

4.1 ETAPA 1: ANÁLISE E DEFINIÇÃO DE REQUISITOS

Na primeira etapa do desenvolvimento do aplicativo, os objetivos do sistema foram definidos e detalhados, servindo como uma especificação do sistema. De acordo com Sommerville (2011), esta etapa contempla o estabelecimento de serviços, restrições e metas do sistema.

A estrutura informacional do aplicativo móvel desenvolvido tem por objetivo identificar o PDFC utilizando o protocolo de teste de esforço máximo em esteira. Para atingir este objetivo, o pesquisador realizou ampla revisão de literatura contemplando os temas essenciais incorporados na ferramenta tecnológica. Ou seja, aprofundou-se teoricamente os temas obesidade, testes de aptidão física, teste de esforço, tecnologias da informação e comunicação e métodos para desenvolvimento de aplicativos móveis, entre outros.

A partir da revisão de literatura realizada, definiu-se para o desenvolvimento da estrutura informacional do aplicativo móvel os seguintes requisitos:

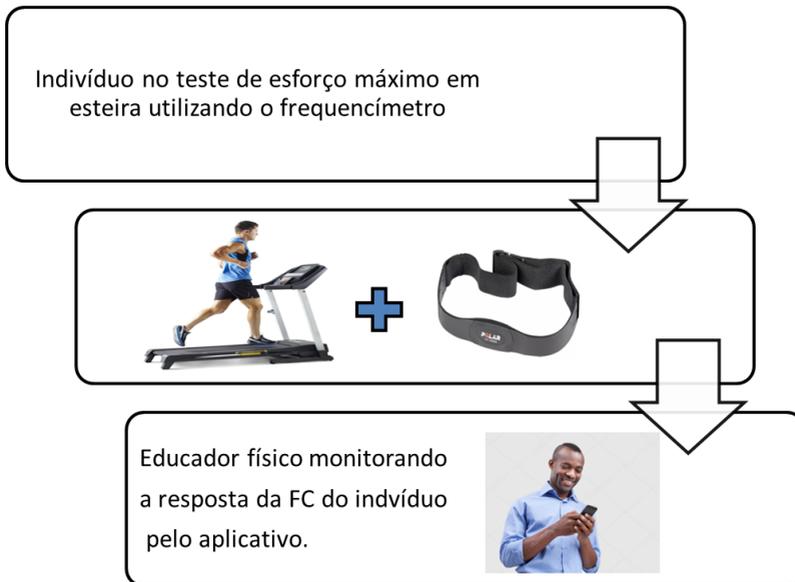
- Captar a frequência cardíaca do indivíduo através de um frequencímetro e enviá-los para o aplicativo em tempo real, ou seja, durante a realização do teste de esforço máximo na esteira.
- Identificar o PDFC através da frequência cardíaca obtida durante execução do protocolo de teste de esforço máximo em esteira;
- Comparar os resultados do PDFC e velocidade de corrida relacionada obtidos pelo aplicativo versus os dados resultantes do cálculo realizado no programa Microsoft Excel®.
- Fornecer variáveis como FC, PDFC e Velocidade de corrida para auxiliar os profissionais de Educação Física na prescrição do treinamento do indivíduo.

Em suma, os requisitos definidos foram: contemplar o desenvolvimento de uma estrutura informacional para um aplicativo para dispositivos móveis, que pudesse captar a Frequência Cardíaca do

indivíduo em exercício e, após o término do teste de esforço máximo em esteira, apresentar o PDFC e a velocidade de corrida equivalente a ele.

A Figura 3 apresenta a concepção/solução do pesquisador para a identificação do PDFC a partir da estrutura informacional desenvolvida. No esquema, o indivíduo utiliza um frequencímetro cardíaco da marca Polar®, modelo H10, executa teste de corrida (esforço máximo) na esteira de acordo com o protocolo estabelecido. O teste é coordenado pelo Profissional de Educação Física, que monitora o indivíduo durante a execução e visualiza os resultados ao término do teste de esforço.

Figura 3 - Proposta de solução



Fonte: Próprio do autor

4.2 ETAPA 2: PROJETO DE SISTEMA E SOFTWARE

Nesta etapa, conforme Sommerville (2011), foram definidos os recursos para sistemas de hardware e software (tecnologias utilizadas) por meio da definição de uma arquitetura geral do sistema, englobando a identificação e descrição das abstrações fundamentais do sistema de software e seus relacionamentos.

O projeto de sistema e software contemplou as seguintes tecnologias:

- Desenvolvimento: utilizado um Macbook com 8GB RAM e processador core i5 1,8Ghz;
- Linguagem de programação: SWIFT 4 para sistema operacional IOS versão 11.x;
- Desenvolvimento da interface gráfica e programação do aplicativo: ferramenta de programação Xcode 10;
- Frequencímetro cardíaco da marca Polar®, modelo H10, que possui comunicação via Bluetooth;
- Comunicação entre o aplicativo móvel e frequencímetro Polar® para aferição da FC do indivíduo: classe Core Bluetooth. Destaca-se que, durante o desenvolvimento dessa funcionalidade foram consultados a documentação fornecida pela Polar® (POLAR, 2018) e um tutorial do site Raywenderlich, sobre como realizar a comunicação do frequencímetro polar com um aplicativo para dispositivo IOS (AHMAD, 2018).

Equação de regressão polinomial: foi criada uma classe específica para fazer a regressão polinomial, esta classe retorna os valores das constantes da equação, para depois conseguir obter o valor do PDFC.

Vale destacar, portanto, que o profissional de educação física deverá respeitar os seguintes critérios para utilização do aplicativo móvel visando a identificação do PDFC: indivíduo deverá estar na esteira ergométrica e; utilização de frequencímetro da marca Polar H10, reconhecido pelo aplicativo por meio da tecnologia Bluetooth.

Na prototipação do aplicativo, optou-se por desenvolvê-lo para o sistema operacional IOS®, com a linguagem de programação Swift®, ambas tecnologias disponibilizadas pela Apple®.

O Swift®, foi escolhido por ser uma linguagem de programação de propósito geral, criada com uma abordagem moderna de padrões de segurança, desempenho e design de software. O objetivo do projeto Swift® é criar a melhor linguagem disponível para usos que vão desde a programação de sistemas, até aplicativos móveis e de desktop, escalando até serviços em nuvem. Destaca-se que o Swift® é projetado para facilitar a criação e manutenção de programas corretos para o

desenvolvedor. A linguagem se preocupa em ser segura, rápida e expressiva (APPLE INC., 2018).

Trata-se de uma linguagem open source, ou seja, de código fonte aberto, desenvolvida por uma ampla comunidade, composta tanto por profissionais da Apple® quanto colaboradores externos de todo o mundo, através do site swift.org, onde compartilharam código-fontes, rastreador de bugs, listas de discussão e compilações de desenvolvimento regulares. Atualmente o Swift® já suporta todas as plataformas da Apple® (APPLE, 2018).

A escolha desta linguagem também se deu por a Apple® disponibilizar uma ótima documentação em seu site para integração de dispositivos Bluetooth (tecnologia de comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos) para IOS. Para essa integração se faz necessário a utilização do framework CocoaTouch. (Apple Inc., 2018). Este framework fornece ao desenvolvedor uma grande quantidade de classes que facilitam o desenvolvimento do aplicativo com integração a diferentes recursos como Bluetooth, GPS, sons, microfone, câmera e etc. (APPLE INC., 2018).

4.3 ETAPA 3: IMPLEMENTAÇÃO E TESTE UNITÁRIO

Nesta etapa do desenvolvimento o sistema é dividido em partes, como unidades de programa, onde o teste unitário verifica se cada unidade atende a sua funcionalidade proposta inicialmente (SOMMERVILLE, 2011).

Ao criar uma classe específica para a equação de regressão, optou-se por utilizar o método Playground que a ferramenta Xcode fornece. Nesta ferramenta o desenvolvedor sabe o que cada linha de código representa e o seu resultado, desta forma foi possível validar os cálculos matemáticos sem que o desenvolvedor tivesse que passar por todas as etapas do aplicativo. A validação do resultado final, o resultado do FC e Velocidade relacionado ao PDFC, foi conferido com o resultado obtido pelo cálculo do Microsoft Excel.

A Figura 4 mostra o teste da função da classe Polinômio considerando a FC e velocidade obtidas através da simulação de dados apresentados anteriormente na tabela 1.

Figura 4 - Simulação dos dados da FC

```

199     return det; (5 times)
200
201 }
202 }
Linha 203 -> 203 var polinomio = Polinomio(); Polinomio
Linha 204 -> 204 var velocidade: [Double] = [ 9.5, 10, 10.5, 11, 11.5, 12, 12.5]; [9.5, 10, 10.5, 11, 11.5, 12, 12.5]
Linha 205 -> 205 var FC: [Double] = [142, 149, 157, 161, 169, 173, 178]; [142, 149, 157, 161, 169, 173, 178]
Linha 206 -> 206 var resultado: [Double] = polinomio.equacao(velocidade, y: FC, grav: 3) [0, -1.047619047619048, 35.04761904697612, -96.42857123397876] ← equação
207

```

Fonte: Próprio do autor

Na linha 203 o código “var polinomio = Polinomio” cria uma instância da classe do polinômio e as linhas 204 e 205 criam as variáveis com os valores da velocidade e FC correspondente ao resultado final do protocolo do teste de esforço em esteira.

A linha 206 representa a variável “resultado” que chama a execução da função equação da classe do polinômio, considerando como parâmetros as velocidades e FC definidas anteriormente. A parte cinza da linha 206 corresponde as constantes da equação polinomial de terceira ordem, onde 0 corresponde a constante de X³, -1.047619047619048 a X², 35.04761904697612 a X e -96.42857123397876 a constante independente de X. Desta forma a equação fica:

$$0x^3 - 1.047619047619048x^2 + 35.04761904697612x - 96.42857123397876$$

ou simplesmente

$$y = - 1.047619047619048x^2 + 35.04761904697612x - 96.42857123397876$$

4.4 ETAPA 4: INTEGRAÇÃO E TESTE DE SISTEMA

Nesta etapa o sistema é testado de forma integral, ou seja, todas as funcionalidades e requisitos especificados na primeira etapa devem estar de acordo com o esperado, após a finalização desta etapa o software é entregue ao cliente (SOMMERVILLE, 2011).

Para fazer este tipo de validação, o aplicativo foi executado em um smartphone modelo Iphone SE®, sistema operacional IOS versão 11.1. Os valores da FC foram gerados para cada final de estágio através de uma simulação utilizando o Microsoft Excel. Ao iniciar o protocolo de teste de esforço máximo no aplicativo móvel, os valores simulados da FC foram digitados ao final de cada estágio.

Ao finalizar o protocolo de teste de esforço máximo pelo aplicativo, o resultado final foi comparado com os resultados obtidos pelo cálculo da simulação realizada no Microsoft Excel.

A seguir são apresentadas algumas telas do aplicativo móvel desenvolvido com suas respectivas descrições de funcionamento.

O aplicativo tem como objetivo auxiliar o profissional de educação física na prescrição do exercício físico, por meio da FC através de um protocolo de teste de esforço físico máximo. Para isso a ferramenta contempla algumas funcionalidades, tais como: reconhecimento da FC, definições das velocidades inicial e de incremento, e método computacional D_{max} para definição do PDFC. O aplicativo também tem em sua tela de configuração a definição da FC máxima de segurança, onde é emitido um alerta no aplicativo quando o indivíduo atingir um valor igual ou superior ao definido.

As Figuras 5 e 6 apresentam respectivamente a Tela Inicial e a Tela de Configuração do App. Ao abrir/iniciar o aplicativo móvel é apresentado ao profissional duas opções: INÍCIO e CONFIGURAÇÃO.

Figura 5 – Tela inicial

Fonte: Próprio do autor

Figura 6 – Tela de Configuração

Fonte: Próprio do autor

Na tela de Configuração, o usuário poderá definir as variáveis em que o protocolo do esforço físico será realizado, como velocidade inicial, velocidade de incremento e FC máxima de segurança.

- Velocidade inicial: corresponde a primeira velocidade que será definida na esteira ergométrica, será a velocidade de início de execução do teste de esforço, ele é pode ser configurada com valores decimais entre 3.0 a 10.0 Km/h
- Velocidade de incremento: corresponde a velocidade que será adicionada a cada estágio; ela interfere no valor da velocidade atual em que o indivíduo estará executando em cada estágio do protocolo do teste, e pode ser configurada de 0.1 a 1.0 Km/h.
- Frequência cardíaca máxima de segurança: corresponde a FC máxima que pode ser obtida

durante o teste; ao atingir ou superar a FC configurada o aplicativo emite um aviso sonoro e visual ao usuário. A $FC_{máx}$ pode ser configurado de 160 a 220 bpm.

- Botão Salvar Configurações: salva os valores definidos pelo usuário, para serem utilizados durante o teste.

Ao clicar em “Início”, o usuário vai para a tela de cadastro das informações do indivíduo que fará o teste de esforço, onde são apresentadas as informações:

- Nome: campo de texto
- Data Nasc: campo para digitar a data de nascimento no formato dia/mês/ano, por exemplo 11/03/1981.
- Altura: campo de valor numérico para digitar a altura correspondente em centímetros, por exemplo 180 corresponde a 1 metros e 80 centímetros de altura.
- Peso: campo de valor numérico onde digita o valor do peso em quilogramas.
- Iniciar teste: botão que salva as informações digitadas e direciona a tela de início do teste.

Figura 7 – Tela de Cadastro

Fonte: Próprio do autor

Ao clicar em “Iniciar teste”, o usuário vai para a tela de cadastro das informações do indivíduo que fará o teste de esforço, onde são apresentadas as informações:

- Vel. Inicial: corresponde a velocidade inicial registrada na tela de configurações.
- Vel. Incremento: corresponde a velocidade de incremento registrada na tela de configurações.
- Cronômetro: A formatação do cronômetro é apresentada como 00:00, minutos e segundos.
- FC captada pelo frequencímetro cardíaco: o valor, quando captado é alterado em tempo real.
- $FC_{máx}$ Segurança: corresponde ao valor da FC máxima de segurança registrada na tela de configuração.
- Estágio: corresponde ao valor do estágio em que o indivíduo se encontra durante o teste; este valor ele

é aumentado de forma unitária a cada minuto.

- Velocidade: corresponde ao valor da velocidade que o indivíduo deve estar andando/correndo na esteira ergométrica; a velocidade se inicia com o valor igual ao definido nas configurações (valor inicial) e a cada final de estágio é atualizado através do cálculo: $\text{Velocidade} = \text{Velocidade} + \text{velocidade de incremento}$
- Iniciar: botão que dá início ao teste, sendo ativado após acionamento do cronômetro é ativado.
- Pause: botão que cessa o andamento do cronômetro.
- Reiniciar: botão que atualiza as informações do cronômetro, estágio e velocidade para os valores iniciais do teste.

A Figura 8 apresenta a Tela para realização do teste de esforço máximo.

Figura 8 – Tela Teste Esforço Máximo



Fonte: Próprio do autor

Para execução do aplicativo, foi desenvolvido um cronômetro que mostra os segundos e minutos, sendo acionado após o usuário clicar em “Iniciar”. Além de “cronometrar” o tempo de execução do teste, é através desta função que o aplicativo reconhece o momento exato em que se termina um estágio e se inicia outro. Destaca-se que ao completar um estágio o aplicativo registra a FC obtida neste instante e atualiza automaticamente as informações do Estágio e Velocidade.

Durante a execução do aplicativo, se por algum motivo a FC não for captada ao final do estágio, é exibido uma tela onde o usuário poderá entrar com o valor da FC correspondente ao final daquele estágio.

Figura 9 - Frequência Cardíaca do estágio.



Fonte: Próprio do autor

Ao finalizar o teste, é apresentado a tela “Resultado do Teste” conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Resultado do teste



Fonte: Próprio do autor

Na Tela de “Resultados do Teste” o profissional de Educação Física tem acesso às seguintes informações:

- Tempo total: valor referente ao tempo total realizado durante o teste; apresentado na formatação de minutos e segundos (08:30).
- Estágio final: corresponde ao valor do último estágio completado durante o teste.
- Vel. Máxima: velocidade máxima atingida durante o teste; corresponde ao mesmo valor da velocidade atingida durante o estágio final.
- Vel. para treino: a velocidade que está associada diretamente ao PDFC, encontrado através do método DMAX.
- FC máxima: frequência máxima obtida durante todo

o teste.

- FC ideal para treino: é a FC igual ao PDFC, encontrado através do método DMAX.
- Gráfico: é a representação gráfica do comportamento da FC pela velocidade durante o teste.

A partir dos dados obtidos durante o teste de esforço máximo em esteira, o profissional poderá prescrever o treinamento mais adequado ao indivíduo.

4.5 ETAPA 5: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Segundo Sommerville (2011), esta etapa é muito utilizada, porém não é obrigatória no método cascata. A etapa de operação e manutenção é considerada a mais longa do ciclo de vida de um sistema de software. O sistema é instalado e colocado em uso, novos erros são ou podem ser detectados pelos usuários, bem como, a possibilidade de indicação de novas funcionalidades. Destaca-se que esta etapa não foi contemplada no desenvolvimento do protótipo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho resultou em um protótipo de aplicativo para determinar o PDFC através da FC obtida via Bluetooth por um frequencímetro. O protótipo é a concretização de uma ideia, mesmo essa sendo de forma simplificada, consegue representar a realidade e permitir validações (VIANNA et al., 2012).

A prototipação é considerada como uma visão inicial de um sistema de software, o qual é utilizado para demonstrar o conceito, funcionalidades e descobrir mais sobre o problema a ser resolvido e suas possíveis soluções. O rápido desenvolvimento do protótipo é imprescindível para que sejam controlados os custos e os interessados possam avaliar desde seu início (SUMMERVILLE, 2011). O processo de criação de um protótipo tem seu início com a identificação dos problemas a partir da solução proposta, em seguida são desenvolvidos os modelos, proporcionando a realização dos testes, sendo que estes passos podem ser cíclicos, até serem totalmente validados (VIANNA et al., 2012).

No desenvolvimento deste protótipo utilizou-se umas das mais modernas linguagens de programação, o Swift para IOS, corroborando com LE (2017), quando desenvolveu um aplicativo para recomendações de planos de nutrição e exercícios físicos, utilizou a linguagem Swift e a ferramenta Xcode. A linguagem se mostrou de fácil uso e adequada para este período de desenvolvimento, visto que a validação com o usuário final é a etapa onde se demanda mais tempo.

Um aplicativo que fornece variáveis como FC_{máx} e Lan através do PDFC ajuda a suprir a necessidade encontrada pela falta de aplicativos voltados a saúde sem embasamento científico (ABESO, 2016). O desenvolvimento de aplicativos móveis relacionados a pesquisas científicas é importante, pois os conteúdos tendem a ser analisados e testados por profissionais que conhecem as reais necessidades dos usuários finais (TIBES; DIAS; MACARENHAS, 2014).

Ressalta-se que a importância da identificação da FC_{máx} faz com que se respeite o princípio da individualidade biológica, permitindo que o profissional de Educação Física consiga prescrever da melhor forma o treinamento para aquele indivíduo específico (TUBINO, 2011). A identificação da FC_{máx} por métodos matemáticos pode prejudicar o planejamento do treino, Robert e Landwehr (2002), mostraram que

existem um erro nas mais de 40 fórmulas para se estimar a FC_{máx} através de equações matemáticas que estão diretamente relacionadas com a idade, sendo que a mais utilizada, $220 - \text{idade}$, tem um erro de ± 10 bpm, confirmando a importância de se realizar um teste de esforço máximo para se obter a FC_{máx}.

Desta forma o protótipo do aplicativo desenvolvido poderá atingir seu objetivo em auxiliar o profissional a identificar o PDFC e FC_{máx}. De acordo com Rocha et al. (2017), os aplicativos móveis podem servir como auxílio a profissionais de saúde, e também ajudar os pacientes a um maior conhecimento sobre sua saúde.

O método de desenvolvimento escolhido para este projeto atendeu as expectativas. Segundo Pressman (2011) este modelo, também conhecido como “ciclo de vida clássico”, pode ser útil quando se tem bem definidos os requisitos. Entretanto ressaltamos que a etapa 5 não foi implementada, tendo em vista que esta etapa requer a participação direta do cliente/usuário e pode fazer com que haja atraso nas partes do desenvolvimento.

Projetos reais raramente conseguem seguir o fluxo proposto pelo método e que mudanças no projeto podem provocar confusão à equipe, visto que é difícil o cliente estabelecer todos os requisitos no início do desenvolvimento (PRESSMAN; 2011).

Silva et al. (2016), utilizou o método cascata ao desenvolver um aplicativo para estratificação de risco para úlcera por pressão. Em seu trabalho destacam a importância do envolvimento do cliente em todo o processo, para definição dos requisitos, para homologação de resultados e gestão da comunicação.

Tendo em vista o tempo limitado para conclusão de todas as etapas de desenvolvimento do aplicativo, ressaltamos algumas limitações deste estudo, que serão retomadas posteriormente para conclusão do mesmo. Dentre elas destacam-se: falta de validação do protótipo com o usuário final, ou seja, com o profissional habilitado a executar teste de esforço máximo em indivíduos normais; a ausência de testes da captação da FC pelo aplicativo através do Bluetooth em indivíduos executando teste de esforço máximo em esteira.

A partir da validação deste protótipo o aplicativo poderá evoluir para controle e prescrição de exercício, com armazenamento em servidor na nuvem, facilitando o acesso e acompanhamento do cliente/usuário.

O protótipo desenvolvido destina-se aos profissionais de Educação Física ou qualquer outro profissional devidamente habilitado a realizar prescrição de exercício, sendo considerada uma ferramenta tecnológica que possibilitará aos profissionais identificar importantes variáveis para auxiliar na prescrição de exercícios de seus clientes, como FCmáx, PDFC e velocidade de corrida. Pelo motivo do aplicativo não ter sido validado pelo usuário final, é esperado em trabalhos futuros que existam modificações na estrutura e funcionalidades do aplicativo.

REFERÊNCIAS

ABESO - Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. **Diretrizes brasileiras de obesidade**. 4. ed. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.abeso.org.br/uploads/downloads/92/57fccc403e5da.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição** / American College of Sports Medicine: Para teste de esforço e sua prescrição. 9. Rio de Janeiro: 2014.

AHMAD, J. **Core Bluetooth Tutorial for iOS: Heart Rate Monitor**. Disponível em: <<https://www.raywenderlich.com/177848/core-bluetooth-tutorial-for-ios-heart-rate-monitor>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

APPLE INC. **Cocoa Core Competencies**. Disponível em: <<https://developer.apple.com/library/archive/documentation/General/Conceptual/DevPedia-CocoaCore/Cocoa.html>> Acesso em: 03 mar. 2018.

APPLE INC. **Core Bluetooth**: Communicate with Bluetooth 4.0 low-energy devices..Disponível em: <<https://developer.apple.com/documentation/corebluetooth>> Acesso em: 03 mar. 2018

APPLE INC. **Swift 4**: The powerful programming language that is also easy to learn. Disponível em: <<https://developer.apple.com/library/prerelease/ios/documentation/Cocoa>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BARBOSA, M.L.K et al. Educação permanente através de um sistema m-Health voltado ao controle da obesidade em adultos. **RENOTE**, v. 15, n. 1. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/renote/article/download/75113/42553>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Resolução n. 466, de 12 de Dezembro de 2012**. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRUM, P.C. et al. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Rev Paul Educ Fís**, v. 18, n. 1, p. 21-31, 2004.

CALDAS, J. R. Efeitos dos exercícios de alta intensidade aeróbios e anaeróbios na oxidação de gordura corporal: uma revisão sistemática. **RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, [S.l.], v. 8, n. 43, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/586/546>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

CAYRES, S.U. et al. Treinamento concorrente e o treinamento funcional promovem alterações benéficas na composição corporal e esteatose hepática não alcoólica de jovens obesos. **Rev. educ. fis.** UEM, Maringa, v. 25, n. 2, p. 285-295, June 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-30832014000200285&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 jan. 2018.

CGI.br. Comitê Gestor da Internet no Brasil - Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos estabelecimentos de saúde brasileiros: TIC Saúde 2016. Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR [editor] – São Paulo: 2017.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology**, v.52, n. 4, p. 869-873. 1982.

DENADAI, B. S. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 1, n. 2, p. 74-88, 1995.

FRANKLIN, B. A.; BRINKS, J.; HENDRICKSON, K. HEALTHY OBESITY? NEW INSIGHTS: Counseling Strategies for Health-Fitness Professionals. **ACSM's Health & Fitness Journal**, v. 19, n. 5, p. 23-30, 2015. Disponível em: < [http://journals.lww.com/acsm-healthfitness/Fulltext/2015/09000/HEALTHY_OBESITY_NEW_INSIGHTS Counseling.7.aspx](http://journals.lww.com/acsm-healthfitness/Fulltext/2015/09000/HEALTHY_OBESITY_NEW_INSIGHTS_Counseling.7.aspx) >. Acesso em: 25 abr. 2017.

FREITAS JUNIOR, V. et al. A pesquisa científica e tecnológica. *Espacios*, v. 35, n. 9, 2014. Disponível em: <http://www.academia.edu/download/40325241/Artigo_-_Espacios_-_Pesquisa_cientifica_e_pesquisa_tecnologica.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

GOMES, P. P. et al. Effects of different intensities of aerobic training on body composition in obese adolescents. **Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance**, [S.l.], v. 15, n. 5, p. 594-603, June 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/26009>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

HALPERN, Z. S. C.; RODRIGUES, M. D. B.; COSTA, R. F. Determinantes fisiológicos do controle do peso e apetite. **Revista de psiquiatria clínica**, v. 31, n. 4, p. 150-153, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rpc/v31n4/22397>> . Acesso em: 10 de fev 2018.

HERDY, A. H. et al. Cardiopulmonary Exercise Test: Background, Applicability and Interpretation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 107, p. 467-481, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2016004400467&nrm=iso> . Acesso em: 11 jan. 2018.

KARA, M. et al. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. **Journal Sports Medicine Physiology Fitness**, v.36, n.1, p.31-34, 1996.

KLEIN, M. C.A; MANZOOR, A; MOLLEE, J.S. Active2Gether: A Personalized m-Health Intervention to Encourage Physical Activity. **Sensors**, v. 17, n. 6, p. 1436, 2017.

LE, T. "iOS Development with Swift programming language: Creating iOS application for improving personal physical abilities.". 2017. 36p Tese. Oulu University of Applied Sciences. Business Information Technology. Orientador: Jouni Juntunen. Disponível em: <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124255/Triet-Le-Thesis-Final-05042017.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2018.

MANCINI, M. C.; HALPERN, A.. Aspectos fisiológicos do balanço energético. **Arq Bras Endocrinol Metab**, São Paulo , v. 46, n. 3, p. 230-248, June 2002 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302002000300005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 jun. 2018.

MENDES, R.; BREDA, J. Novas tecnologias na promoção da Atividade Física. **Fatores de Risco**, v.1 n 44 p.106-111. 2017. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/111697/1/mendes44.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2018

MIDDELWEERD, A. et al. Apps to promote physical activity among adults: a review and content analysis. **International journal of behavioral nutrition and physical activity**, v. 11, n. 1, p. 97, 2014. Disponível em: <<https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12966-014-0097-9>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

MOREIRA, S. B.; TUBINO, M..J.G. **Metodologia científica do treinamento desportivo**. Editora Shape 13ª edição 2003.

MONTE, A. A. M. **Informatização do teste de esforço físico em esteira ergométrica**. 1996. 75p. Dissertação. (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/111571/103737.pdf?sequence=1>> . Acesso em: 15 fev. 2018.

NOGUEIRA, L. G. V; SEABRA, R. D. Vida Nova Fitness: Uma Aplicação m-Health para Suporte à Prática de Atividades Físicas e ao Controle de Obesidade. **Anais do Computer on the Beach**, p. 562-571, 2018.

POLAR. **H6, H7, H10 and OH1 Heart rate sensors**. Disponível em: <https://developer.polar.com/wiki/H6,_H7,_H10_and_OH1_Heart_rate_sensors>. Acesso em: 15 fev. 2018.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Exercise physiology**: theory and application to fitness and performance. 10a ed. New York. Ed. McGraw Hill Education. 2018.

RÊGO, M. L. D. M.; CABRAL, D. A. R.; FONTES, E. B. Cognitive Deficit in Heart Failure and the Benefits of Aerobic Physical Activity. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 110, p. 91-94, 2018.

Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2018000100091&nrm=iso>. Acesso em: 20 fev. 2018.

RIVERA-BROWN, A. M.; FRONTERA, W. R. Principles of Exercise Physiology: Responses to Acute Exercise and Long-term Adaptations to Training. **PM&R**, v. 4, n. 11, p. 797-804, 2012. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.10.007>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

ROBERGS, R. A.; LANDWEHR, R. The surprising history of the "HRmax= 220-age" equation. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2002. Disponível em:

<<https://eprints.qut.edu.au/96880/1/96880.pdf>>. Acesso em: 10 fev 2018.

ROCHA, F. S et al. Uso de apps para a promoção dos cuidados à saúde. **Anais do Seminário Tecnologias Aplicadas a Educação e Saúde**, 2017. Disponível em:

<<https://revistas.uneb.br/index.php/staes/article/viewFile/3832/2382>> Acesso em: 10 jun 2018.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9ª ed. São Paulo. Ed. Pearson Prentice Hall. 2011.

TIBES, C.M.S; DIAS, J.D.; ZEM-MASCARENHAS, S.H. Aplicativos móveis desenvolvidos para área de saúde no Brasil: revisão integrativa da literatura. **Rev Min Enferm**.v.18, n.2, p.471-8. 2014. Disponível em:

< <http://www.reme.org.br/artigo/detalhes/940>>. Acesso em: 15 mar. 2018

VEIGA, J.E et al. **Um sistema e-Health para auxiliar na promoção de um estilo de vida saudável em hipertensos**. 2017. Disponível em: <<http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/37/1/2017JeangreiEVeiga.pdf>> Acesso em: 22 mar. 2018.

VIANNA, M. et al..**Design thinking: inovação em negócios**. 1ª ed. Ed. MJV Press. Rio de Janeiro. 2012.

WALLMAN, K. E.; CAMPBELL, L. Test–retest reliability of the Aerobic Power Index submaximal exercise test in an obese population. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 10, n. 3, p. 141-146, 6// 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1440244006001253>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

WEIAND, A. et al. Como foi o meu desempenho na corrida hoje?: avaliação de comunicabilidade do aplicativo adidas miCoach mobile. In: **Companion Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. Sociedade Brasileira de Computação, 2014. p. 98-112.

WHO. **Obesity and overweight**. 2017. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>>. Acesso em: 10 mai. 2017.