

UNIVERSITY OF PASSO FUNDO
INSTITUTE OF EXACT SCIENCES AND GEOSCIENCES
GRADUATE PROGRAM IN APPLIED COMPUTING

**Exploring mobile health applications for
self-management of Diabetes Mellitus**

Ericles Andrei Bellei

Passo Fundo

2019

UNIVERSITY OF PASSO FUNDO
INSTITUTE OF EXACT SCIENCES AND GEOSCIENCES
GRADUATE PROGRAM IN APPLIED COMPUTING

**EXPLORING MOBILE HEALTH
APPLICATIONS FOR
SELF-MANAGEMENT OF
DIABETES MELLITUS**

Ericles Andrei Bellei

Thesis submitted to the University of Passo Fundo in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Applied Computing.

Advisor: Prof. Ana Carolina Bertoletti de Marchi
Co-Advisor: Prof. Hugo Roberto Kurtz Lisboa

Passo Fundo

2019

CIP – Cataloging in Publication

B439e Bellei, Ericles Andrei

Exploring mobile health applications for self-management
of Diabetes Mellitus / Ericles Andrei Bellei. – 2019.

15 f. : il. ; 30 cm.

Advisor: Profa. Ana Carolina Bertolotti de Marchi.

Co-Advisor: Prof. Hugo Roberto Kurtz Lisboa.

Thesis (Master in Applied Computing) – University of
Passo Fundo, 2019.

1. Diabetes. 2. Mobile apps. 3. Self-care, Health.


I. Marchi, Ana Carolina Bertolotti de, advisor. II. Lisboa,
Hugo Roberto Kurtz, co-advisor. III. Title.

CDU: 004.42:616.379-008.64


**ATA DE DEFESA DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DO ACADÊMICO**

ERICLES ANDREI BELLEI


Aos quatorze dias do mês de março do ano de dois mil e dezenove, às 16 horas, realizou-se, no Instituto de Ciências Exatas e Geociências, prédio B5, da Universidade de Passo Fundo, a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso "Exploring mobile health applications for self-management of Diabetes Mellitus", de autoria de Ericles Andrei Bellei, acadêmico do Curso de Mestrado em Computação Aplicada do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada – PPGCA/UPF. Segundo as informações prestadas pelo Conselho de Pós-Graduação e constantes nos arquivos da Secretaria do PPGCA, o aluno preencheu os requisitos necessários para submeter seu trabalho à avaliação. A banca examinadora foi composta pelos doutores Ana Carolina Bertoletti De Marchi, Hugo Roberto Kurtz Lisboa, Marcelo Trindade Rebonatto e Luciano Silva. Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, a banca examinadora considerou o candidato aprovado. Foi concedido o prazo de até quarenta e cinco (45) dias, conforme Regimento do PPGCA, para o acadêmico apresentar ao Conselho de Pós-Graduação o trabalho em sua redação definitiva, a fim de que sejam feitos os encaminhamentos necessários à emissão do Diploma de Mestre em Computação Aplicada. Para constar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da banca examinadora e pela Coordenação do PPGCA.



Prof.^a. Dr.^a. Ana Carolina Bertoletti De
Marchi - UPF
Presidente da Banca Examinadora
(Orientadora)



Prof. Dr. Luciano Silva – UFPR
PI (Avaliador Externo)



Prof. Dr. Hugo Roberto Kurtz Lisboa - UPF
(Coorientador)



Prof. Dr. Rafael Rieder
Coordenador do PPGCA



Prof. Dr. Marcelo Trindade Rebonatto - UPF
(Avaliador Interno)

I dedicate this thesis to myself.

I came to hell; I dealt with the demons; I won.

ACKNOWLEDGMENTS

To Destiny, Lord, Father, God, who orchestrated all the circumstances that brought me here, letting me through all the difficulties.

To my parents, who have been there for every step of my life. Thank you is not enough, not one word here could have been written without the significant support they have given me.

To Ana Carolina Bertoletti de Marchi, my advisor, for guiding, encouraging, and supporting me during these past two years.

To Hugo Roberto Kurtz Lisboa, my co-advisor, for his medical advice and feedback throughout the software design and the enrollment of patients and health professionals.

To Daiana Biduski, my MSc colleague, for helping and supporting me throughout my studies and in my articles.

To João Pedro Mazuco Rodriguez and Nathália Pinto Cechetti, for their assistance.

To Acampamento da Criança com Diabetes, for the background, space, and support.

To patients and health professionals who participated in the assessments.

To Fundação Universidade de Passo Fundo, for the partial scholarship.

“If you do it right, it will last forever.”
(Massimo Vignelli)

EXPLORING MOBILE HEALTH APPLICATIONS FOR SELF-MANAGEMENT OF DIABETES MELLITUS

ABSTRACT

The increasing number of diabetes mellitus (DM) m-health applications (apps) reveals a panorama of different approaches to the subject matter. Available applications have various functions and capabilities. Especially in the daily treatment of Type 1 Diabetes Mellitus (T1DM), the patient needs to deal with many data and consider many variables to perform actions, decisions, and regimen adjustments. There is a need to apply filtering techniques to extract relevant information and provide appropriate data visualization methods to assist in clinical tasks and decision-making. Therefore, this master's thesis presents the development of Soins DM, an m-Health tool for monitoring the linkage among treatment factors of T1DM with an interactive data visualization approach. Initially, we systematically reviewed the literature to investigate DM app's features, the basis for its design and testing. After, we searched the Internet and tested interactive resources of diabetes-related technologies. Hence, the approaches and key characteristics of a novel app were discussed and identified. Next, we built a prototype with high-fidelity level, full-featured, and interactive, in order to test and gather feedback, when 76 users participated. After analyzing the feedback obtained, we made the necessary adjustments to the project and implemented the software using React Native framework, Firebase server, and Angular framework. With the app and its website version built, we move on to the assessment phase. We conducted a pilot experiment with 4 patients, an online experiment for satisfaction assessment with 97 patients, and an online assessment by 9 health professionals. As a result, in the systematic review, 679 studies were screened for eligibility, when 39 studies met the inclusion criteria. In this regard, we present tables summarizing the functionalities, features, and fundamental techniques of the existing apps. Prototyping and feedback facilitated the app's design refinement. Soins DM enables the recording of data from glycemia, insulin applications, meals, and physical exercises. From these logs, the app builds two different ways of interactive data visualization, a timeline and an integrated chart, providing personalized feedback on bad glycemia with its possible causes. The assessments revealed overall satisfaction with the app's characteristics. The test scenario with patients and health professionals indicates Soins DM as a useful and reliable tool.

Keywords: Diabetes Mellitus, m-Health, mobile application, interactive visualization, self-management, monitoring.

EXPLORANDO APLICAÇÕES MÓVEIS DE SAÚDE PARA O AUTOGERENCIAMENTO DE DIABETES MELLITUS

RESUMO

No florescente cenário de *m-Health* (*mobile health*) para Diabetes Mellitus (DM), os aplicativos (apps) já disponíveis contam com variados recursos e funcionalidades. Particularmente, na rotina diária do Diabetes Mellitus Tipo 1 (DM1), o paciente precisa considerar diversos dados e variáveis para tomar decisões sobre seu tratamento. Nesse cenário, são necessários artifícios para extrair informações relevantes e fornecer métodos de visualização de dados que auxiliem nas tarefas clínicas. Para isso, esta dissertação apresenta o desenvolvimento de Soins DM, uma solução *m-Health* para acompanhamento da interdependência entre os fatores de tratamento de DM1 com uma abordagem de visualização de dados interativa. Inicialmente, foi executada uma revisão sistemática de literatura para investigar as funcionalidades e as técnicas de fundamentação dos apps existentes. Na sequência, foi efetuada uma pesquisa sobre recursos interativos de tecnologias relacionadas à monitorização de diabetes. Assim, as abordagens e as principais características para um novo aplicativo foram discutidas e identificadas. Em seguida, foi criado um protótipo interativo de alta fidelidade para testes com *feedback* de 76 usuários. Após análise do *feedback*, o projeto do app foi ajustado e o software foi desenvolvido com os *frameworks* React Native, Angular e Firebase. Construído o app e sua versão web, passou-se para a fase de avaliação. Foi realizado um experimento piloto com 4 pacientes, um experimento online para avaliação de satisfação com 97 pacientes e uma avaliação online com 9 profissionais de saúde. Como resultado, na revisão sistemática, 679 estudos foram analisados e 39 estudos foram selecionados pelos critérios de inclusão. São apresentadas tabelas sumarizando as funcionalidades, recursos e técnicas de fundamentação dos apps existentes. A prototipagem e o *feedback* facilitaram o refinamento de *design* do aplicativo, que permite o registro de dados de glicemia, aplicações de insulina, refeições e exercícios físicos. A partir desses registros, o aplicativo cria duas diferentes formas de visualização interativa de dados: uma linha do tempo e um gráfico integrado – fornecendo *feedback* personalizado sobre glicemias inadequadas com suas possíveis causas. As avaliações revelaram satisfação geral com as características do aplicativo. Os testes com pacientes e profissionais de saúde indicaram Soins DM como uma ferramenta útil e confiável.

Palavras-Chave: aplicação móvel, autogerenciamento, Diabetes Mellitus, m-Health, monitorização, visualização interativa.

CONTENTS

1	INTRODUCTION	10
2	FIRST ARTICLE: BACKGROUND AND FUNDAMENTALS	11
3	SECOND ARTICLE: CREATING AN M-HEALTH APPLICATION	12
4	CONCLUSION	13
	REFERENCES	14
	APPENDIX A – Software Registration Document	15

1. INTRODUCTION

This study aimed to develop and assess an m-Health application for monitoring the linkage among treatment factors of Type 1 Diabetes Mellitus (glycemia, insulin, food consumption, and exercise) with an interactive data visualization approach. Throughout it, the specific objectives were: to perform a systematic literature review; to develop a mobile application and a web-based version; to assess the acceptance of the application with patients; to assess the acceptance and potential of the application with health professionals.

All the results produced from the endeavors of this master's thesis were published in a scientific journal. Therefore, this document includes two articles. The first one is presented in Chapter 2, with the study's background and its theoretical basis. The second one is presented in Chapter 3, with development and assessment of a mobile health application for Type 1 Diabetes Mellitus. Chapter 4 presents the final considerations about the study's outcomes. Appendix A shows the software registration document.

2. FIRST ARTICLE: BACKGROUND AND FUNDAMENTALS

Title: Diabetes Mellitus m-Health Applications: A Systematic Review of Features and Fundamentals [1].

Authors: Ericles Andrei Bellei, Daiana Biduski, Nathália Pinto Cechetti, and Ana Carolina Bertoletti De Marchi.

Journal: Telemedicine and e-Health.

Current journal's metrics: Impact factor 2.165, QUALIS A2 in Computer Science.

Submitted: September 5, 2017.

Revised: November 20, 2017.

Accepted: November 29, 2017.

Online Publication: February 22, 2018.

Website: <https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0230> .

3. SECOND ARTICLE: CREATING AN M-HEALTH APPLICATION

Title: Development and assessment of a mobile health application for monitoring the linkage among treatment factors of Type 1 Diabetes Mellitus [2]

Authors: Ericles Andrei Bellei, Daiana Biduski, Hugo Roberto Kurtz Lisboa, and Ana Carolina Bertoletti De Marchi.

Journal: Telemedicine and e-Health .

Current journal's metrics: Impact factor 2.165, QUALIS A2 in Computer Science.

Submitted: December 10, 2018.

Accepted: January 2nd, 2019.

Online Publication: February 6, 2019.

Website: <https://doi.org/10.1089/tmj.2018.0329> .

4. CONCLUSION

This study explored the assets, features, and opportunities of m-Health applications aimed at facilitating any routine of the Diabetes Mellitus treatment. For this purpose, a sequence of procedures was performed. First, a systematic literature review in order to investigate apps' functionalities, the basis for its design, and how it was tested; hence, the design and development of a new Diabetes Mellitus m-Health app; afterward, assessments with patients using the app, and also with health professionals.

In conclusion, the substantiation and thorough development method with several stages culminated in a software solution well-rated by patients and professionals. The app fulfills its purpose and can aid in the monitoring of Type 1 Diabetes Mellitus, reaffirming m-Health technology as an advantageous complementary information and treatment tool. All the results are already established in the literature, evidencing its maturity and scientific contributions.

REFERENCES

- [1] BELLEI, E. A. et al. Diabetes Mellitus m-Health applications: A systematic review of features and fundamentals. *Telemedicine and e-Health*, v. 24, n. 11, p. 839–852, 2018. DOI: 10.1089/tmj.2017.0230.
- [2] BELLEI, E. A. et al. Development and assessment of a mobile health application for monitoring the linkage among treatment factors of Type 1 Diabetes Mellitus. *Telemedicine and e-Health*, p. 1–13, 2019. DOI: 10.1089/tmj.2018.0329.

APPENDIX A – SOFTWARE REGISTRATION DOCUMENT



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério Da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Certificado de Registro de Programas de Computador

Processo nº: BR 51 2018 001045-8

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de Registro de Programas de Computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de Criação: 08 de maio de 2018, em conformidade com o parágrafo 2º, artigo 2º da Lei Nº 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: **Soins Diabetes Mellitus**

Data de Criação: 08 de maio de 2018

Titular(es): FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Autor(es): ANA CAROLINA BERTOLETTI DE MARCHI
/ ERICLES ANDREI BELLEI
/ HUGO ROBERTO KURTZ LISBOA
/ JOÃO PEDRO MAZUCO RODRIGUEZ

Linguagem: JAVA, JAVA SCRIPT, OUTROS

Campo de Aplicação: SD-01

Tipo Programa: AP-01

Algoritmo Hash: SHA-512

Resumo Digital: 9FC33324A02B7ABE38179AC0318328366ECE96FE ECB5997F64EF1D0410902CBB A922E37E82043F57D73A0FEAF9C7D140B6E8298B41D0F5648D93728A802ABEDB

Expedido em: 03 de julho de 2018

Aprovado por Liane Elizabeth Caldeira Lage

