

# Uma abordagem de visualização gráfica para compreensão da relação entre os fatores do tratamento de Diabetes Mellitus Tipo 1

João Pedro Mazuco Rodriguez <sup>1</sup>, Ana Carolina Bertoletti De Marchi <sup>1,2</sup>,  
Ericles Andrei Bellei <sup>2</sup>, Daiana Biduski <sup>2</sup>, Hugo Roberto Kurtz Lisboa <sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Curso de Ciência da Computação

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCA)

Universidade de Passo Fundo (UPF)

BR 285, São José – Passo Fundo – RS

<sup>3</sup> Curso de Medicina, Faculdade Meridional (IMED)

Rua Senador Pinheiro, 304, Rodrigues – Passo Fundo – RS

{147187, carolina, 168729, 130011}@upf.br , drhugolisboa@gmail.com

**Resumo.** *Para tratamento de Diabetes Mellitus (DM) Tipo 1, é essencial o entendimento acerca do perfil de ação de cada insulina e a correlação entre glicemia, alimentação e atividade física. Nesse cenário, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma forma de visualização gráfica que visa facilitar o entendimento sobre a interdependência entre os principais fatores de tratamento de DM Tipo 1.*

**Abstract.** *Understanding the linkage among insulin time-action profile, glycemia, diet, and physical activity is an essential skill in the treatment of Type 1 Diabetes Mellitus (DM). Hence, our work presents a graphical data visualization tool that aims to facilitate this task.*

## 1. Introdução

O registro de dados de glicemia, assim como de outros fatores relacionados ao tratamento de Diabetes Mellitus (DM), progrediu de anotações em papel para o registro em aplicativos de dispositivos móveis [Cui et al. 2016]. Nesse meio, DM tornou-se uma das doenças com o maior número de alternativas disponíveis [Fiordelli et al. 2013], com variadas funcionalidades que auxiliam seu acompanhamento e abrangem diversos fatores que influenciam o tratamento. Além do registro de glicemias, são comuns recursos para criação de diários alimentares, contagem de carboidratos, registro de atividades físicas, aplicação de insulina, entre outros [Hartz et al. 2016].

O entendimento do perfil de ação de cada análogo de insulina, que inclui início, pico e duração de seu efeito, é essencial ao manejo correto de variáveis como dose e horário de aplicação, nível de glicemia, alimentação e atividade física, uma vez que, no tratamento de DM Tipo 1, todos esses fatores são interdependentes [Sociedade Brasileira de Diabetes 2018]. Nesse cenário, pode existir um extenso conjunto de dados oriundos das rotinas e tarefas de tratamento realizadas [Bui et al. 2007]. Orquestrar todos esses dados é uma tarefa desafiadora, mas pode oportunizar resultados proveitosos ao

acompanhamento de DM, como relatórios personalizados sobre padrões, acertos e erros do comportamento do paciente [Bellei et al. 2018]. Sendo assim, a forma de visualização dos dados do tratamento de DM Tipo 1 precisa ser estratégica, eficiente e organizada, para que não se torne um fator desestimulante ao paciente [Brewer et al. 2012].

Nesse contexto, este trabalho apresenta a implementação de uma forma de visualização gráfica que visa facilitar a compreensão da interdependência entre os fatores que influenciam a variação glicêmica de pacientes com DM Tipo 1. Essa visualização foi incorporada em um aplicativo *m-Health* e sua versão *website* [Bellei et al. 2019].

## 2. Trabalhos Relacionados

Com a crescente quantidade de dados disponíveis, a totalidade dos registros de saúde de um paciente precisa ser otimizada, interligada e organizada de forma a proporcionar a busca de informações relevantes [Bui et al. 2007]. Para isso, a apresentação de elementos gráficos pode oportunizar a associação dos dados apresentados, a identificação de padrões e a revisão do histórico de saúde pelo próprio paciente e pelo profissional que acompanha seu tratamento [Gordon and Bhan 2017].

Kim (2006) demonstrou a importância do uso de esquemas gráficos sobre insulina e glicemia em práticas clínicas. Em testes com 20 médicos, a análise com gráficos foi mais significativa que a convencional, por meio de *logbooks*, no tempo para concretização de recomendações e na taxa de acerto das recomendações. Zhang et al. (2018) demonstraram que o uso de gráficos temporais para a visualização dos fatores que interferem na glicemia de insulino-dependentes reflete positivamente na análise feita por enfermeiros e nutricionistas. Com gráficos, os profissionais de saúde tendem a reconstruir facilmente dados que não foram fornecidos em determinado horário, identificar padrões de comportamento diários e realizar intervenções educacionais. Por sua vez, Feller et al. (2018) apresentaram a ferramenta Glucolyzer para nutricionistas analisarem os dados de pacientes e de alimentos ingeridos por eles, respectivamente, por meio de gráficos temporais e mapas de calor. Entre os 162 profissionais que participaram do estudo, houve um aumento de 50% de observações nutricionais nos casos em que utilizaram o *software*, em comparação aos que utilizaram anotações convencionais.

Para pacientes, o uso de visualização gráfica também é positivo. Tao et al. (2018) analisaram a visualização e compreensão de 4 tipos de gráficos para automonitoramento de pressão e glicemia com 72 pacientes. Com os variados formatos apresentados, houve melhoria de desempenho nas tarefas empregadas na validação da análise dos dados pelos usuários. Como esperado, os gráficos mais coloridos e personalizados foram os preferidos. Wong et al. (2017) apresentaram a aplicação Blip, composta por um aplicativo móvel, para registro de dados, e um *software desktop*, para exibição em gráficos diversos. Entre os dados apresentados, estão nível glicêmico, aplicações de insulina, alimentação e carboidratos. Dos 65 participantes do estudo (insulino-dependentes e seus cuidadores), 97% admitiu a importância da interpretação dos dados glicêmicos. O estudo concluiu que a maioria dos participantes se entusiasmou com os dados agrupados em um mesmo local, o que favoreceu seu engajamento com o tratamento.

Pelo relatado na literatura, evidenciam-se os benefícios das abordagens de visualização gráfica para o acompanhamento de DM. O objetivo e o diferencial da nova abordagem ilustrada neste trabalho é agrupar todos os fatores essenciais ao tratamento, com ênfase no perfil de ação farmacocinético de diferentes insulinas e análogos.

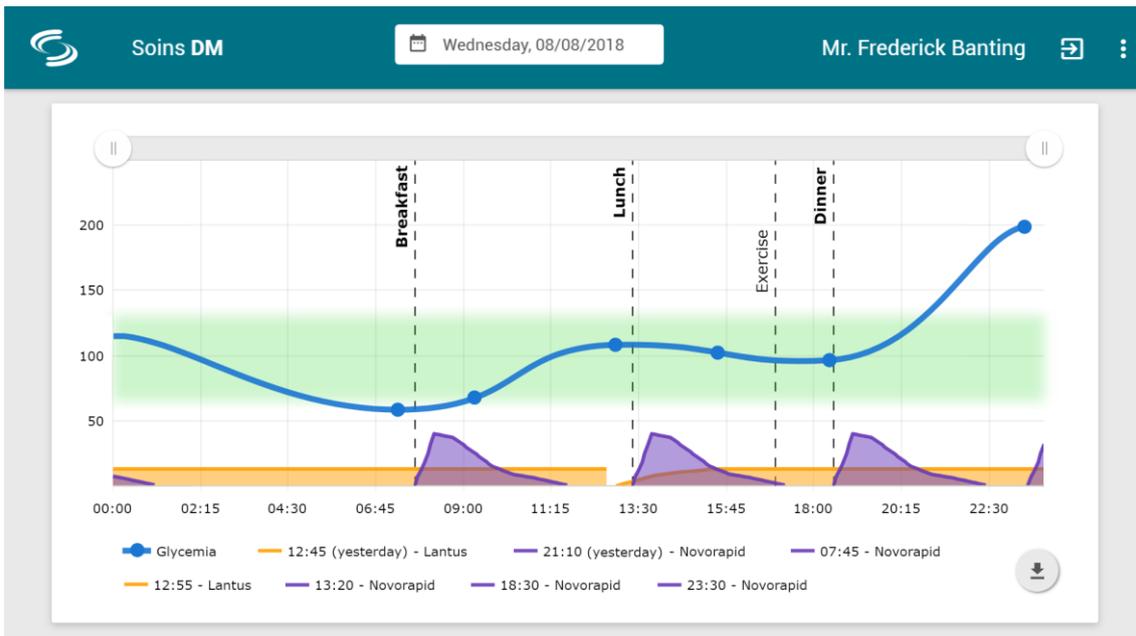
### 3. Desenvolvimento da Visualização Gráfica

Chomutare et al. (2011) conjecturam que um usuário poderia registrar atividade física, refeições e ingestão de carboidratos, e ter uma interface fácil de visualizar e compreender como esses fatores se correlacionam ou afetam sua glicemia. Partindo desse cenário, a premissa da visualização gráfica desenvolvida neste trabalho é colocar as ocorrências das tarefas do tratamento em um formato de linha do tempo, que pode facilitar a interpretação da associação, causalidade e interdependência de seus fatores e circunstâncias. A visualização da evolução e variação da glicêmica pode evidenciar a ocorrência de comportamentos e padrões para entendimento da interação entre os fatores do tratamento, além da identificação de comportamentos que causam suas falhas e acertos [Wong et al. 2017].

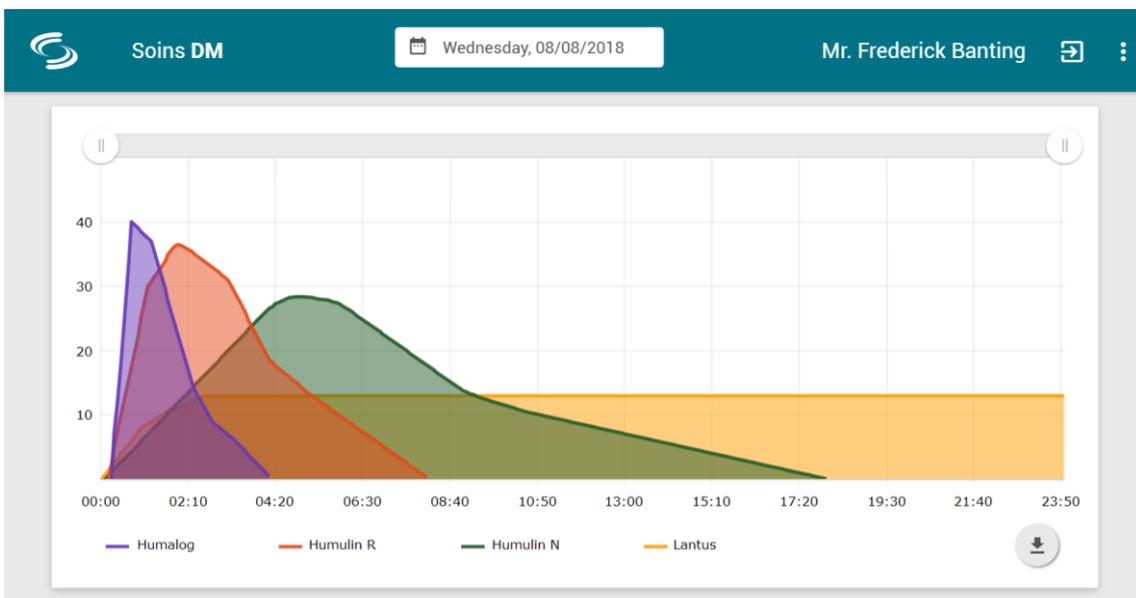
A visualização gráfica apresentada no presente trabalho foi concebida para inclusão no aplicativo Soins DM [Bellei et al. 2019], *software* registrado junto ao INPI sob o certificado número BR5120180010458. Tal aplicativo permite o registro de dados das rotinas de tratamento de DM relacionados à glicemia, aplicações de insulina, refeições e exercícios físicos. Os dados registrados por meio do aplicativo são armazenados em um banco de dados hospedado na nuvem da plataforma Firebase [Google Developers 2017]. Para o desenvolvimento da visualização gráfica, foi utilizada a biblioteca amCharts (2019) com as linguagens JavaScript, HTML e CSS. O emprego dessas tecnologias propiciou a incorporação do gráfico em um componente *WebView* dentro aplicativo Soins DM, que foi desenvolvido com o *framework* React Native, e também de sua versão *website*, desenvolvida com o *framework* Angular.

O gráfico temporal (Figura 1) dispõe um eixo horizontal que representa as horas do dia, agrupando os registros nos intervalos de tempo em que ocorreram. Para as glicemias, há uma linha proporcional à sua flutuação, com uma faixa verde para os níveis adequados. Para cada aplicação de insulina, há uma linha representando o perfil de ação da mesma, conforme suas características farmacocinéticas de início, pico e duração, detalhadas na literatura [Hirsch 2005]. Para cada refeição, há uma linha tracejada vertical com o nome da refeição. Para cada exercício, também há uma linha com as mesmas características. Em todo o gráfico, o usuário pode clicar nos pontos para visualizar mais detalhes do registro exibido e aplicar *zoom* em áreas específicas. Os gráficos da aplicação de insulina possuem quatro variações implementadas, dependendo do perfil de ação: ultrarrápida, rápida, intermediária e prolongada (Figura 2). O aplicativo tem suporte para a lista de todas as apresentações não pré-misturas comercializadas no Brasil atualmente.

Conforme Hirsch (2005), a insulina de ação prolongada possui um pH neutro, resultando numa molécula menos solúvel no sangue e, portanto, com duração prolongada e sem picos de ação, durando, em média, cerca de 22 horas. A de perfil intermediário possui uma duração de 10 a 18 horas, com pico de ação de 4 a 10 horas. O análogo da insulina ultrarrápida possui uma concentração duas vezes maior no corpo do paciente e leva cerca da metade do tempo para atingir seu pico em relação à insulina regular (ação rápida). Essa, por sua vez, possui duração de 5 a 8 horas, chegando em seu pico de ação de 2 a 3 horas após o uso. Todas as insulinas e análogos citados possuem seus gráficos implementados com início baseado no horário de aplicação registrado pelo paciente no aplicativo, estendendo-se ao longo do mesmo dia ou do próximo dia, conforme a duração de seu perfil de ação farmacocinética.



**Figura 1. Gráfico temporal diário gerado no *website* Soins DM. Os pontos azuis interligados correspondem à flutuação dos registros de glicemia do paciente. Os gráficos na parte inferior representam os picos e durações das insulinas aplicadas. As linhas tracejadas verticais indicam os exercícios e refeições.**



**Figura 2. Exemplo de gráfico gerado para cada insulina e análogo com perfil de ação distinto: Humalog® (perfil ultrarrápido), Humulin R® (perfil rápido), Humulin N® (perfil intermediário), Lantus® (perfil prolongado). Características gráficas farmacocinéticas obtidas de Hirsch (2005).**

A exibição do tempo de ação visa apoiar a identificação das características de como acontecem a sensibilidade e a interação com a insulina, visto que seu perfil de ação farmacocinético é um fator decisivo para a escolha das rotinas e da maneira de conduzir o tratamento de DM Tipo 1 [Sociedade Brasileira de Diabetes 2018]. Acredita-se que os pacientes que mais podem se beneficiar da visualização gráfica são aqueles que têm

dificuldade em lidar com as diversas rotinas e que necessitam compreender a relação entre os itens e métodos que compõem o seu tratamento.

O gráfico combinado pode oportunizar a compreensão dos picos de hipo e hiperglicemia em relação aos horários do dia e sua proximidade de refeições. Também permite uma noção de tratamento contínuo de glicose para identificar os aspectos que precisam de ajustes. Uma única interface agrega informações para propiciar a avaliação do profissional da saúde a respeito da adesão à dieta, contagem precisa de carboidratos e cálculo de insulina. Além disso, a visualização viabiliza a identificação da sobreposição de doses, noção de dose ativa e efeito ao longo das horas do dia para cada tipo de insulina aplicada [Heise and Meneghini 2014].

#### **4. Considerações Finais**

Tal como relatado nos trabalhos relacionados, acredita-se que visualização das ocorrências das tarefas de tratamento de DM Tipo 1 no formato do gráfico temporal apresentado neste trabalho pode contribuir com a interpretação da associação, causalidade e interdependência entre os fatores do tratamento. No trabalho de Bellei et al. (2019), 97 pacientes relataram boa satisfação e 9 profissionais da saúde apontaram o potencial dos gráficos apresentados. O aplicativo está disponível gratuitamente ao público na Google Play Store<sup>1</sup>. Futuramente, um ensaio clínico poderá verificar as evidências clínicas acerca da eficiência da visualização gráfica.

#### **Agradecimentos**

Ao Acampamento da Criança com Diabetes, pela oportunidade e suporte. À Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Ministério da Saúde pelas bolsas e auxílio financeiro.

#### **Autoria**

JPMR é graduando em Ciência da Computação e bolsista de iniciação científica do CNPq. O projeto foi parte das dissertações de EAB [Bellei 2019] e DB [Biduski 2019]. ACBM orientou os trabalhos de JPMR, DB e EAB. HRKL foi coorientador.

#### **Referências**

- amCharts (2019). The library amCharts 4. <https://www.amcharts.com/javascript-charts/>, [acessado em 18 de Abril].
- Bellei, E. A., Biduski, D., Cechetti, N. P. and De Marchi, A. C. B. (2018). Diabetes Mellitus m-Health Applications: A Systematic Review of Features and Fundamentals. *Telemed J E Health*, v. 24, n. 11, p. 839-853.
- Bellei, E. A., Biduski, D., Lisboa, H. R. K. and De Marchi, A. C. B. (2019). Development and Assessment of a Mobile Health Application for Monitoring the Linkage Among Treatment Factors of Type 1 Diabetes Mellitus. *Telemed J E Health*, p. tmj.2018.0329.
- Bellei, E. A. (2019). Exploring mobile health applications for self-management of Diabetes Mellitus. Master's Thesis. University of Passo Fundo.

---

<sup>1</sup> Disponível em <https://bit.ly/soinsdm>

- Biduski, D. (2019). Avaliando a Experiência do Usuário de Longo Prazo em Aplicações m-Health. Dissertação. Universidade de Passo Fundo.
- Brewer, N. T., Gilkey, M. B., Lillie, S. E., Hesse, B. W. and Sheridan, S. L. (2012). Tables or Bar Graphs? Presenting Test Results in Electronic Medical Records. *Med Decis Making*, v. 32, n. 4, p. 545–553.
- Bui, A. A. T., Aberle, D. R. and Kangarloo, H. (2007). TimeLine: Visualizing Integrated Patient Records. *IEEE Trans InfTech Biomed*, v. 11, n. 4, p. 462–473.
- Chomutare, T., Fernandez-Luque, L., Årsand, E. and Hartvigsen, G. (2011). Features of Mobile Diabetes Applications: Review of the Literature and Analysis of Current Applications Compared Against Evidence-Based Guidelines. *J Med Internet Res*, v. 13, n. 3, p. e65.
- Cui, M., Wu, X., Mao, J., Wang, X. and Nie, M. (2016). T2DM Self-Management via Smartphone Applications: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, v. 11, n. 11, p. e0166718.
- Feller, D. J., Burgermaster, M., Levine, M. E., et al. (1 oct 2018). A visual analytics approach for pattern-recognition in patient-generated data. *J Am Med Inform Assoc*, v. 25, n. 10, p. 1366–1374.
- Fiordelli, M., Diviani, N. and Schulz, P. J. (2013). Mapping mHealth Research: A Decade of Evolution. *J Med Internet Res*, v. 15, n. 5, p. e95.
- Google Developers (2017). Firebase Products. <https://firebase.google.com/products>, [acessado em 18 de Abril].
- Gordon, W. J. and Bhan, I. (2017). Graphical timeline software for inpatient medication review. *Health Informatics J*, p. 1–9.
- Hartz, J., Yingling, L. and Powell-Wiley, T. M. (2016). Use of Mobile Health Technology in the Prevention and Management of Diabetes Mellitus. *Curr Cardiol Rep*, v. 18, n. 12, p. 130.
- Heise, T. and Meneghini, L. (2014). Insulin Stacking Versus Therapeutic Accumulation: Understanding the Differences. *Endocr Pract*, v. 20, n. 1, p. 75–83.
- Hirsch, I. B. (2005). Insulin Analogues. *N Engl J Med*, v. 352, n. 2, p. 174–183.
- Kim, M. I. (aug 2006). An Integrated Graphic Scheme for the Display of Insulin Prescription and Blood Glucose Information. *Diabetes Technol Ther*, v. 8, n. 4, p. 505.
- Sociedade Brasileira de Diabetes (2018). *Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2017-2018*. São Paulo: Editora Clannad.
- Tao, D., Yuan, J. and Qu, X. (1 aug 2018). Presenting self-monitoring test results for consumers: the effects of graphical formats and age. *J Am Med Inform Assoc*, v. 25, n. 8, p. 1036–1046.
- Wong, J. C., et al. (2017). Pilot Study of a Novel Application for Data Visualization in Type 1 Diabetes. *J Diabetes Sci Technol*, v. 11, n. 4, p. 800–807.
- Zhang, Y., Chanana, K. and Dunne, C. (2018). IDMVis: Temporal Event Sequence Visualization for Type 1 Diabetes Treatment Decision Support. *IEEE Trans Vis Comput Graph*.