

Simulação e implementação de um sistema dinâmico para controle do diabetes tipo 1 baseado em Hardware in the loop

Aluno: Gabriel Monteiro
Professor: Rafael Corsi Ferrão

29/5/2019 - Insper - SP

Resumo:

O diabetes tipo 1 é uma doença autoimune na qual o sistema imunológico da pessoa ataca de forma equivocada as células betas do pâncreas, sendo essas células responsáveis pela produção do hormônio da insulina. A diminuição da secreção desse hormônio afeta a glicose sanguínea da pessoa por ser responsável pelo metabolismo dos carboidratos.

Uma pessoa pode desenvolver diabetes tipo 1 em qualquer idade, pelo fato de ser uma doença genética. O tratamento é feito através da aplicação de insulina exógena. Dessa forma, a pessoa aplica uma quantidade de insulina relativa ao seu metabolismo, e outras aplicações referentes a sua alimentação, levando em conta quantidade de carboidrato ingeridos.

A diabetes tipo 1 foi conhecida como uma doença silenciosa. A falta de glicemia dentro do tempo alvo leva o paciente a ter complicações no futuro. Desta forma um maior tempo de glicose sanguínea dentro dos intervalos definidos pela medicina permitem que os pacientes tenham uma chance incrivelmente menor de desenvolverem qualquer complicação.

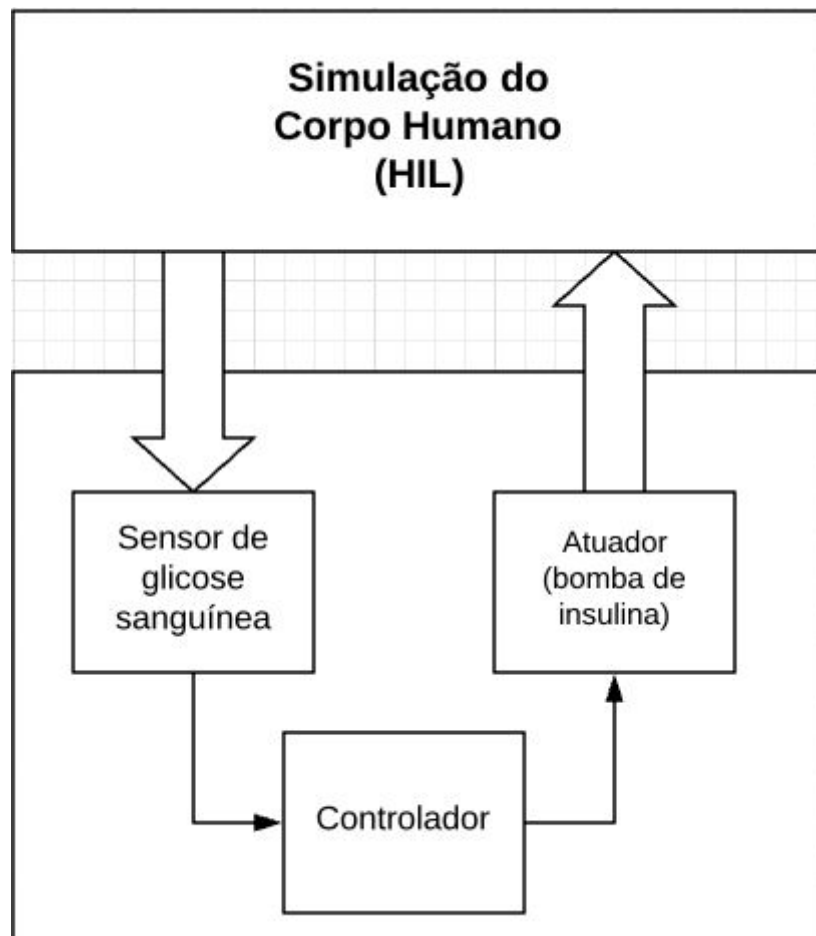
As tecnologias evoluíram permitindo o fácil acompanhamento da glicose no sangue e o desenvolvimento da insulina exógena permitiu que a diabetes tipo 1 deixasse de ser a doença silenciosa que matou muito no passado. No entanto as dificuldades nesse tratamento ainda são imensas. O paciente continua sendo o seu próprio pâncreas, uma vez que aplica insulina pensando como se fosse o próprio órgão. Os problemas enfrentados nisso são por exemplo a defasagem do efeito da insulina, que não possui uma ação imediata, e a falta de sensibilidade em situações atípicas do dia a dia como atividade física e estresse.

Um cenário interessante para esse tratamento seria o tão sonhado pâncreas artificial, ou seja, um aparelho que conseguisse trabalhar em um sistema de malha fechada, em que tivesse como referência a glicose no sangue, um controlador que tomasse a decisão de quanto se aplicar de insulina e entradas de exercício e refeições do paciente. Esse sistema trabalhando com esses diversos fatores deverá ser dinâmico, uma vez que cada pessoa tem um metabolismo que também funciona de forma diferente a todo momento. Importante também ressaltar que esse sistema deve ter protocolos de segurança muito bem definidos e atuantes uma vez que uma hipoglicemia ou uma hiperglicemia podem levar o paciente a sérias complicações imediatas.

Objetivos:

O projeto abordará um estudo sobre modelos dinâmicos clínicos, uma abordagem de como é a indústria nesse ramo e como funciona essa legislação no Brasil. Após isso, pretendesse uma implementação simples de um modelo em um computador para depois avançar para a implementação de um modelo Hardware in the loop. O modelo Hardware in the loop se trata de uma técnica de simulação utilizada para sistemas embarcados de alta complexidade, na qual o sistema a ser controlado não está disponível (no caso, não iremos testar o sistema em um humano), e então é simulado em um computador.

Dessa forma, o projeto ao final será uma simulação em hardware de um sistema próximo a um pâncreas artificial. O comportamento de um corpo humano será simulado para testar a aplicação deste sistema, descrito no esquema abaixo:



Materiais e métodos:

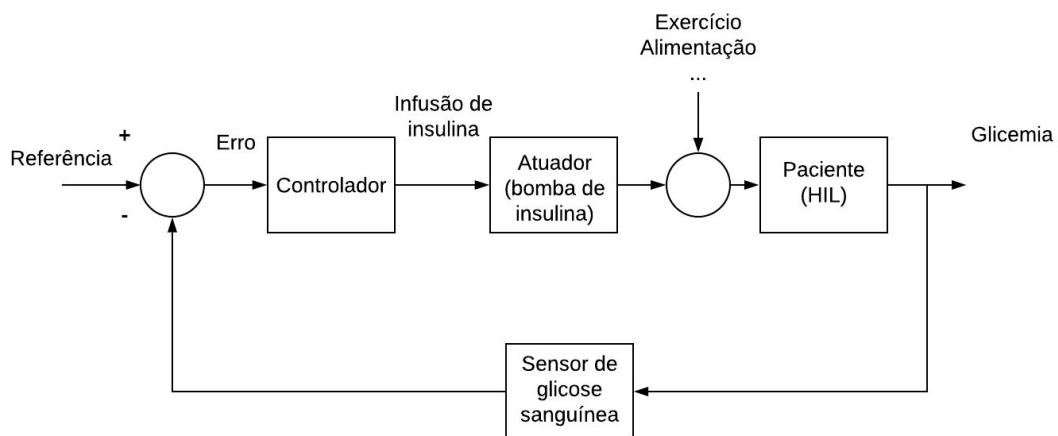
O projeto será realizado e terá suporte do laboratório de Arquitetura de Computadores, todo material a ser utilizado já está disponível no laboratório:

- Kits de microcontroladores
- Analog Discovery (HIL)
- Computador

O desenvolvimento do projeto será realizado conforme as seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico
 - Modelo dinâmico
 - Indústria / mercado
 - Legislação Brasileira
 - Conversa com especialistas (parceria Hospital Albert E?)
- Implementar modelo dinâmico simples (exe: sem distúrbio) e controle no PC
- Estudar Hardware in the loop (HIL)
- Implementar sistema embarcado para controle da glicose com HIL
 - leitura do HIL
 - atuação no HIL
 - controle malha fechada
- Sofisticar modelo (exe: com distúrbio)
- Estudar normas sistemas embarcados médicos
- Documentação e finalização do projeto

Vamos utilizar o analog discovery como HIL integrado ao matlab, como sistema embarcado iremos utilizar um kit de desenvolvimento ARM. Um sistema em malha fechada conforme ilustrado a seguir será implementado no microcontrolador:



Cronograma:

	1	2	3	4	5	6
Levantamento bibliográfico	x					
Modelo dinâmico simples	x	x				
Hardware in the loop		x	x			
Implementar controle embarcado			x	x		
Sofisticar modelo/ controle				x	x	
Documentação					x	x

Referências:

[1] Kovatchev, Boris P., et al. "In silico preclinical trials: a proof of concept in closed-loop control of type 1 diabetes." (2009): 44-55.

[2] Parker, Robert S., Francis J. Doyle, and Nicholas A. Peppas. "A model-based algorithm for blood glucose control in type I diabetic patients." *IEEE Transactions on biomedical engineering* 46.2 (1999): 148-157.

[3] El-Jabali, A. Karim. "Neural network modeling and control of type 1 diabetes mellitus." *Bioprocess and biosystems engineering* 27.2 (2005): 75-79.