Ronny Knoch gieseler

Sistema de Avaliação de Sudorese para Detecção de Neuropatias Periféricas em Diabetes

Dissertação apresentada ao Curso de enegenheria elétrica, na área de engenheria biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em engenharia elétrica.

Orientador: Jefferson Luiz Brum Marques, PhD.

FLORIANOPÓLIS

2015

ronny knoch gieseler

Nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho

(Tese ou Dissertação) apresentada ao Curso de ##########, Setor de ##########, Universidade ##########, como requisito parcial para a obtenção do título de (Mestre ou Doutor) em ##########.

Orientador: ####### ########## ########### ####### ####

Coordenador: ######################

cidade

20XX

FICHA CATALOGRÁFICA

Sobrenome, Nome

Nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho nome do trabalho – Cidade, ano.

Nº de páginas

Área de concentração: Lorem ipsum.

Orientador: Prof. Dr. Fulano de Tal.

Tese (DOUTORADO ou Mestrado) – Instituição com toda a hierarquia.

1.Palavra chave; 2. Palavra chave; 3. Palavra chave

A quem você dedica seu trabalho, exemplo:

A minha esposa Camila, e as minhas irmãs Letícia, Ana Beatriz e Isabel, pelo tempo que deixamos de estar juntos...

Aos meus pais, Edmar e Sônia, a eles todos os créditos...

Dedico

Agradecimentos

A quem você agradece, exemplo:

A minha equipe de trabalho, sua organização tornou meu desafio de lidar com o tempo possível.

Ao Prof. Dr.Osvaldo Malafaia, pela dedicação nas correções e orientações neste período de aprendizado.

A Prof.ª Sirlei Terezinha Bittencourt, que mudou minha visão sobre a sala de aula.

Aos meus colegas de pós-graduação que tornaram um período de longa dedicação em algo divertido.

Frase de personagem histórico, exemplo:

“A leitura após certa idade distrai excessivamente o espírito humano das suas reflexões criadoras. Todo o homem que lê de mais e usa o cérebro de menos adquire a preguiça de pensar.”

Albert Einstein.

Sumário

LISTA DE ILUSTRAÇÕES vii

Resumo viii

Abstract ix

1 Introdução 11

1.1 subtitulo 11

1.2 objetivo 11

2 Revisão de literatura 14

2.1 DIABETES Mellitus. 14

**2.1.1** **Neuropatias multiplas** 14

*2.1.1.1* *Neuropatia periférica* 14

2.2 HARDWARE 14

**2.2.1.1** **Instrumentação** 14

**2.2.1.2** **Aquisição dos dados** 14

**2.2.1.3** **Alimentação** 14

2.3 Processamento de sinais 15

3 Material e Método 17

3.1 HARDWARE Desenvolvido 17

**3.1.1** **Amplificação dos sinais** 17

**3.1.2** **Conversores AD-DA** 17

**3.1.3** **Alimentação** 17

**3.1.4** **Estrutural** 17

3.2 unidade de processamento 17

3.3 Processamento dos sinais 17

3.4 Processamento dos sinais 17

3.5 testes de funcionamento e validação 17

3.6 comitê de ética e coléta de dados 18

3.7 ANÁLISE estatística 18

4 RESULTADOS 20

4.1 hardware 20

**4.1.1** **Placa desenvolvida** 20

4.2 Software 20

4.3 Analise dos sinais 20

4.4 Resultado do estudo piloto 20

5 DISCUSSãO 23

6 CONCLUSÕES 25

6.1 Trabalhos futuros 25

ReferÊncias 26

Apêndice 1 - tabelas de dados 28

Apêndice 2 - Tensão, Deformação, Média e Desvio Padrão de cada para de tendões testados 30

Anexo 1 - Título do anexo 1 32

Anexo 2 - Título do anexo 2 34

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - titulo da figura 18

TABELA 1 - Resultados - tendões solidarizados (n=10) 20

GRÁFICO 1 - distribuição de probabilidade de Weibull. 21

Resumo

SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE SUDORESE PARA DETECÇÃO DE NEUROPATIAS PERIFÉRICAS EM DIABETES

**Objetivo:** Avaliar a diferença do comportamento mecânico de tendões solidarizados e não solidarizados para verificar se a solidarização tem função efetiva para reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Material e Método:** Vinte tendões digitais bovinos frescos foram usados. Para determinar a área da secção transversal utilizou-se alginato. Dez tendões foram solidarizados seguindo as orientações do fabricante; outros 10 pares não. Foram desenvolvidas garras para fixação dos enxertos à máquina universal para simulação da fixação, sendo a superior bipartida e de passagem controlada dos pinos e a inferior com dentes alternados. **Resultados:** A carga máxima dos corpos de prova não solidarizados foi de 849,4N ± 386,8 a área 30,4 mm2± 7,7, tensão de 29 ± 17Mpa. Os solidarizados obtiveram carga máxima de 871,8N ± 484,9 área 35 mm2± 5,8, tensão de 24 ± 10Mpa. Não houve diferença estatística entre os dois grupos (p>0,05). **Conclusão**: A distribuição de probabilidade mostra que para 400 N os tendões não solidarizados apresentam confiabilidade de 83,8% e os solidarizados de 78,5%%.

**Descritores:** Ligamento Cruzado Anterior, Fêmur, Dispositivos de Fixação Ortopédica, Mecânica, Tendões

Abstract

NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO NOME DO TRABALHO

**Purpose:** To evaluate the difference of the mechanical behavior of bended tied (sewed) and not tied tendons in order to evaluate if it has any effective function for the anterior cruciate ligament reconstruction. **Material and Method:** Twenty fresh bovine digital tendons had been used. Alginate to determine the area of the tendon transversal section was used. Ten bovine tendons had been bended and tied following the manufacturer orientation, ten others pairs had not been tied. Claws had been developed for the grafts fixation to the universal machine, for the setting simulation. The superior one was characterized to be bipartite and to have controlled passage for the pins and the inferior claw is characterized to have alternating teeth. **Results:** The maximum load of the not tied samples of the test was 849,4N ± 386,8 the area was 30,4 mm2 ± 7,7, and 29 ± 17Mpa of tension. The tied ones had gotten maximum load of 871,8N ± 484,9, area of 35 mm2 ± 5,8, and 24 ± 10Mpa of tension. It did not have statistical difference between the two groups (p>0,05). **Conclusion**: The probability distribution showed that with 400 N the not tied tendons represents 83,8% of trustworthiness and the tied ones represents 78,5%.

**Key words:** Anterior Cruciate Ligament, Femur, Orthopedic Fixation Device, Mechanics, Tendons

# Introdução

O Diabetes mellitus (DM) é uma das doenças de maior prevalência na população mundial [1]. Dentre os problemas mais graves causados pelo DM estão as neuropatias múltiplas causando problemas nos olhos, rins, coração, vasos sanguíneos e nervos; neste último, se afetar orgãos é conhecida como autonômica, se afetar o SNC é conhecida como central, se afetar mãos e pés é conhecida como neuropatia periférica (NP), neste caso os primeiros a serem afetado são os pés, uma vez que possuem fibras nervosas mais longas. A neuropatia periférica causará uma agressão metabólica nas fibras nervosas, insuficiência neurovascular, danos auto-imune e deficiência de hormônio do fator de crescimento [13]. Um dos poucos exames que diagnosticam eficientemente o DM é a disfunção da condução nervosa [11], mas existem vários exames secundários que podem acusar problemas decorrentes da condução nerval. Recentemente foi mostrado que há uma correlação entre a densidade de fibras nervosas nas glândulas com a atuação do sistema nervoso, deficiências neurológicas e produção de suor em indivíduos com diabetes[2][3][6][7][10] o que justifica a análise de sudorese como problemas de neuropatias.

## subtitulo

A introdução deve responder a seguinte pergunta: por que este trabalho esta sendo realizado? Ele deve conter uma revisão de literatura suficiente para justificar o trabalho e situar o leitor ao tema e ao problema. A revisão bibliográfica não é um capítulo obrigatório para o estilo ABNT. Quando opta-se por não fazer o capítulo de revisão bibliográfica, se deve ter uma breve revisão para introduzir o assunto dentro da introdução.

Cuidado com a prolixidade!

## objetivo

Desenvolver um sistema autônomo que possa avaliar problemas relacionados ao DM, principalmente as neuropatias periféricas, utilizando uma FPGA como CPU e obtendo os valores de análise a partir de iontoforese inversa. O sistema vai estimular as glândulas sudoríparas das mãos, pés e testa com uma tensão menor que 4 Volts. Por iontoforese inversa, este estimulo atrairá íons em seu cátodo. Medindo o sinal resultante de resistência entre membros, poderá ser estimado o valor de resistência de contato entre membro e eletrodo. Quanto maior for o valor desta impedância de contato, menor será o nível de íons de cloreto, suor, e menor será a condução de sinal pelo sistema nervoso simpático do paciente, o que servirá de indicativa para problemas de condução nervosa e consequentemente de neuropatias. Para cumprir este propósito, foram traçados os seguintes objetivos específicos.

1. construir um equipamento de detecção de neuropatia periférica capas de acusar risco de diabetes
2. desenvolver software para processamento dos sinais adquiridos
3. desenvolver um sistema de interface para facil visualização dos resultados
4. realizar um estudo com indivíduos portadores de diabetes ou neuropatias e compará-los aos valores de indivíduos sadios

# Revisão de literatura

## DIABETES Mellitus.

O diabete mellitus é uma patologia que descreve uma desordem metabólica que pode ter multiplas origens caracterizada por uma hyperglicemia crônica resultado da falta de secreção de insulina, falta de ação da mesma ou ambos. Existem dois tipos de diabetes principais, o tipo 1 que ocorre normalmente em crianças e requer injeção de insule para repor a falta da fabricação pelo corpo, o tipo 2 que ocorre normalmente em adultos e está relacionado a obesidade, falta de atividade física e dietas com excesso de carboidratos, sendo este o tipo mais comum, representando 90% de todos os casos de diabetes no mundo todo. Outros tipos de diabetes são a gestacional, que é um estado de hyperglicemia que ocorre durando a gravidez, inchaço do pâncreas conhecido como pancreatite, doenças genéticas como a fibrose cística e outras formas de diabetes geradas por drogas, viroses ou causas ainda desconhecidas. (http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/)

O diabetes causa danos aos olhos, levando a cegueira, rins, podendo causar falha renal e nervos, levando a disordens em membros podendo causar amputações. Também aumenta o risco de doenças no coração, derrames e insuficiência de fluxo de sangue para os pés. (http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/).

### **Neuropatias multiplas**

Segundo Solomon el at. as neuropatias podem ser classificadas em dois grupos diferentes. As Neuropatias multiplas de diabetes tipicas (DSPN) são patologias crônicas, causadas por longos periodos de hyperglicemia associados a desajustes metabólicos (aumento de polyol, acumulo de produtos de glycation, stress oxidativo e alterações de estruturas lipídicas dentre outros), disfunções autonomicas podem se desenvolver com o tempo. O teste de condução nerval é o teste padrão para diagnosticar esse tipo de patologia. Já as Neuropais multiplas de diabetes atípicas estão relacionadas a dores e disfunções autonomicos, podendo ocorrer em qualquer estágio do diabetes, seu diagnóstico ainda é pouco claro, e atualmente se usa apenas a dor que o paciente diz sentir como diagnóstico. (Die care 2010).

Algumas subclassificações de neuropatias são a Neuropatia autonômica se afetar os orgãos, neuropatias relacionadas a cancer, periférica se for apenas nas fibras nervosas para os membros e central se afetar o sistema nervoso central (SNC).

Segundo Yagihashi, um dos principais problemas que a hyperglicemia causa, é a hipoxia de nervos, isso ocorre devido a conexões chamadas shunt, entre artérias e veias. Em um ser humano de controle, as fibras nervosas são vascularizados integralmente, enquanto que em indivíduos com neuropatias multiplas o sangue oxigenado tende a seguir apenas o caminho que o liga as veias. A abaixo mostra a diferença entre indivíduos de controle e com diabetes com multiplas neuropatias, no último as veias são mais grossa, pois absorvem todo o sangue oxigenado, enquanto que o nervo tende a sofrer hipoxia e perder sua densidade fibrosa. A diminuição da densidade fibrosa foi publicada por Ziegler et al e é mostrada na .

Figura 1 - DIFERENÇAS ENTRE OXIGENAÇÃO DE FIBRAS NERVOSA ENTRE INDIVÍDUOS DE CONTROLE E DIABÉTICOS COM MULTIPLASNEUROPATIAS

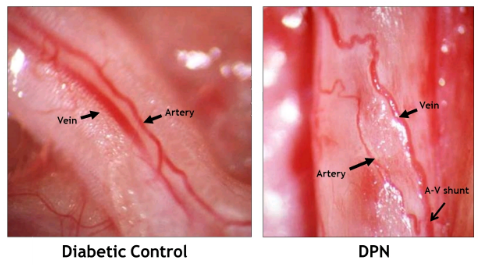
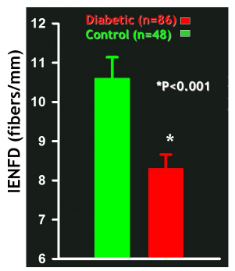


Figura 2 - diferenças de densidade fibrose entre indivíduos de controle e diabéticos tipo 2 (Ziegler et al.)



#### *Neuropatia autonônica*

Este tipo de neuropatia é causa uma desordem no sistema autonômico relacionados a problemas em fibras nervosas interconectadas com diferentes orgãos, podendo afetar a vascularização cardíaca, o sistema gastrointestinal, sistema urogenital e função sudorípara. Nesta última as glândulas são enervadas por fibras sem mielina, do tipo C, do sistema nervoso simpático. Disfunção de suor causar aridez e foi associada com ulcerar de pés e mãos (TENTOLOURIS, 2009)

## HARDWARE

Instrumentação

### Aquisição dos dados

### Alimentação

## Processamento de sinais

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna.

Nunc viverra imperdiet enim. Fusce est. Vivamus a tellus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci.

Aenean nec lorem. In porttitor. Donec laoreet nonummy augue. vendas3@macroinox.com.br

3

# Material e Método

A presente dissertação de mestrado trata do desenvolvimento de um sistema integrado de aquisição e análise de sinais decorrente da estimulação de glândulas sudoríparas. Este trabalho pode ser dividido basicamente em três partes: Hardware, Software e o Processamento dos sinais coletados. Para melhor entendimento cada parte será apresentada separadamente neste capítulo.

## HARDWARE Desenvolvido

Este capítulo deve responder a seguinte pergunta: como foi feito o estudo?

O capítulo de métodos tem que ser suficientemente claro para que outros pesquisadores possam refazer o mesmo estudo. Alguns métodos são usados com freqüência e a sua descrição não precisa ser detalhada, porém deve ser bem referenciado. Para métodos originais a descrição deve ser detalhada.

Este capítulo também tem que deixar claro a validade dos resultados do estudo, ou seja, todos os resultados têm que estar ligados a algum método que o justifique.

### **Amplificação dos sinais**

### **Conversores AD-DA**

### **Alimentação**

### **Estrutural**

## unidade de processamento

## Processamento dos sinais

## Processamento dos sinais

## testes de funcionamento e validação

1. titulo da figura



## comitê de ética e coléta de dados

## ANÁLISE estatística

O último subcapítulo deve mostrar como foi feita a analise estatística, veja um exemplo:

Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA. Também foi realizada a distribuição de probabilidade de Weibull, para comparar a probabilidade de falha entre os dois grupos, construindo-se o intervalo de 95% de confiança para a confiabilidade na carga máxima de 400N. Foi considerado falha, a rotura do primeiro tendão, ou seja, o ápice do primeiro grande pico. Os testes foram realizados com os programas Microsoft® Excel XP e Origin Pro® 6.1.

4

# RESULTADOS

Nesta parte deve ser respondida a seguinte pergunta: qual a resposta obtida?

Nem todos os resultados do estudo precisam ser relatados, apenas aqueles que são pertinentes a questão da pesquisa.

Aqui são inseridas fotos, figuras e tabelas para facilitar a compreensão do texto.

Os resultados devem ser escritos no passado simples. Veja exemplos:

## hardware

### **Placa desenvolvida**

## Software

## Analise dos sinais

## Resultado do estudo piloto

1. Resultados - tendões solidarizados (n=10)

|  |
| --- |
|  |
| **Força(N) Ao (mm2) (MPa)** |
| **Média** 871,8 30,4 29  **DP** 484,9 7,7 17,4  **Mínimo** 179,5 22,4 7,9  **Máximo** 1456,8 47,2 56,1 |

1. distribuição de probabilidade de Weibull.



5

# DISCUSSãO

Aqui deve ser respondido a seguinte pergunta: o que significam os resultados obtidos?

O proposito deste capitulo é mostrar ao leitor a qualidade dos resultados obtidos, seu significado e comparar com o que já existe na literatura.

Ao final o leitor deve se fazer a seguinte pergunta: por que ninguém pensou nisso antes?

Evite criticar outros estudos.

6

# CONCLUSÕES

Aqui deve responder as questões levantadas no objetivo. Exemplo:

Pode-se concluir que:

1. a carga máxima dos corpos de prova não solidarizados foi de 849,4N ± 386,8 e dos solidarizados de 871,8N ± 484,9 e não houve diferença entre os dois grupos;
2. os braços dos tendões do enxerto quádruplo tendem a trabalhar de forma mecanicamente independente, em especial os não solidarizados;
3. nos tendões solidarizados existe o risco da fixação depositar sua resistência no fio da solidarização, causando afrouxamento do sistema com carga de aproximadamente 300N;
4. a distribuição de probabilidade mostrou que, para 400 N, os tendões não solidarizados apresentam confiabilidade de 82,06% e os solidarizados de 76,64%, não sendo esta diferença estatisticamente significante.

## Trabalhos futuros

ReferÊncias

AHMAD, C. S. et al. Mechanical properties of soft tissue femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction. **Am J Sports Med,** v. 32, n. 3, p. 635-40, Apr-May 2004. ISSN 0363-5465 (Print). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15090378> >.

DONAHUE, T. et al. Comparison of viscoelastic, structural, and material properties of double-looped anterior cruciate ligament grafts made from bovine digital extensor and human hamstring tendons. **Journal of biomechanical engineering,** v. 123, p. 162, 2001.

ENDO, V. T. et al. **Investigação de Métodos de Fixação de Ligamentos e Tendões em Ensaios de Tração Uniaxial**. Primeiro Encontro de Engenharia Biomecânica (ENEBI). Petrópolis UFSC**:** 2 p. 2007.

GOODSHIP, A.; BIRCH, H. Cross sectional area measurement of tendon and ligament in vitro: a simple, rapid, non-destructive technique. **Journal of biomechanics,** v. 38, n. 3, p. 605-608, 2005.

NOYES, F. et al. **Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions**: JBJS. 66**:** 344-352 p. 1984.

NOYES, F. R. et al. Intra-articular cruciate reconstruction. I: Perspectives on graft strength, vascularization, and immediate motion after replacement. **Clin Orthop Relat Res**, n. 172, p. 71-7, Jan-Feb 1983. ISSN 0009-921X (Print). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=6337002> >.

TENTOLOURIS N. el al. Sudomotor dysfunction is associated with foot ulceration in diabetes. Diabet Med 2009;26:302–305

Apêndice 1

1. tabelas de dados

Apêndices são dados de sua autoria que você queira anexar ao estudo, como por exemplo detalhes dos dados ou do cálculo estilístico. exemplo:

Áreas (mm2) das secções transversais de todos pares

ANexo 1

1. Título do anexo 1

Anexo são documentos, que não são feitos pelo autor. Como por exemplo a liberação do comitê de ética.

.

ANEXO 2

1. Título do anexo 2

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna.

Nunc viverra imperdiet enim. Fusce est. Vivamus a tellus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci.

Aenean nec lorem. In porttitor. Donec laoreet nonummy augue.

Suspendisse dui purus, scelerisque at, vulputate vitae, pretium mattis, nunc. Mauris eget neque at sem venenatis eleifend. Ut nonummy.