

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

USO DE TEXTURAS PARA O
ACOMPANHAMENTO DA
EVOLUÇÃO DO TRATAMENTO DE
ÚLCERAS DERMATOLÓGICAS

Gilmar Caiado Fleury Medeiros

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica

ORIENTADOR: Prof. Dr. Adilson Gonzaga

São Carlos

Janeiro de 2001

“Je pense, donc je suis.”
(Descartes, Discours de la Méthode.)

Agradecimentos

Ao meu orientador Adilson Gonzaga, pelo apoio dado à pesquisa e por acreditar em meu potencial, dando-me a oportunidade de concretizar o mestrado.

Aos professores Maria Stela Veludo de Paiva, Evandro Rodrigues, Homero Schiabel, do Departamento de Engenharia Elétrica e ao professor José Marcos Alves, do Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia da USP de São Carlos.

À fisioterapeuta Maria Angélica, da Engenharia Biomédica da USP de São Carlos, por fornecer as imagens das úlceras de perna.

Ao amigo João Eduardo Borelli, e aos amigos Leandro Neves, Marcelo Zanchetta e José Francisco Mônaco, por toda a força nestes dois anos de convívio do mestrado.

À minha namorada Ornella Pacífico, pelo apoio fundamental dado em todos os momentos, inclusive os mais difíceis.

A toda a minha família, especialmente aos meus pais, irmãos e avós, os quais, mesmo à distância, sempre acreditaram e continuam acreditando em mim.

À Capes, pelo apoio financeiro concedido durante o mestrado.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram à finalização de meu trabalho.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
2. ASPECTOS HISTOLÓGICOS	5
2.1. TECIDOS HUMANOS	5
2.1.1. <i>Epiderme.....</i>	<i>5</i>
2.1.2. <i>Derme</i>	<i>6</i>
2.2. REPARO TECIDUAL	7
2.3. CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS.....	7
2.3.1. <i>Cicatrização por União Primária.....</i>	<i>8</i>
2.3.2. <i>Cicatrização por União Secundária.....</i>	<i>8</i>
3. ÚLCERAS TRÓFICAS DE PERNA	10
3.1. ÚLCERAÇÕES	12
3.2. ÚLCERAS DE ORIGEM VENOSA	12
3.3. ÚLCERAS DE ORIGEM ARTERIAL	13
3.4. ÚLCERAS DE ORIGEM DIABÉTICA.....	14
3.5. ÚLCERAS DE OUTRAS ORIGENS	15
4. TIPOS DE TRATAMENTO.....	16
4.1. TRATAMENTOS USUAIS.....	16
4.2. TRATAMENTO À BASE DE ULTRA-SOM.....	17
5. MEDIDAS DE FERIDAS	19
5.1. PRECISÃO E CONFIABILIDADE DAS MEDIDAS	19
5.2. TIPOS DE MEDIDAS	20
5.2.1. <i>Medida Simples.....</i>	<i>21</i>
5.2.2. <i>Desenho da Ferida</i>	<i>21</i>
5.2.3. <i>Fotografia.....</i>	<i>22</i>
5.2.4. <i>Medidas por Sistemas Computadorizados.....</i>	<i>24</i>
6. SISTEMAS COMPUTADORIZADOS DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO MÉDICO	25
6.1. SISTEMA AUTOMATIZADO DE REGISTRO E COMPARAÇÃO DE IMAGENS FOTOGRÁFICAS EM MEDICINA	25
6.2. DETERMINAÇÃO DE CORES EM IMAGENS DERMATOLÓGICAS ATRAVÉS DO USO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS	27
6.3. ESTIMATIVA DA MELHORIA DE PATOLOGIAS DE PELE ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS COLORIDAS.....	28

6.4. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE LESÕES DE PELE E MEDIDAS DA TAXA DE MELHORIA, ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS COLORIDAS	29
7. ALGORITMOS DE VISÃO COMPUTACIONAL.....	31
7.1. EQUALIZAÇÃO DE HISTOGRAMAS.....	31
7.2. TEXTURAS.....	32
7.2.1. Definição de Textura	33
7.2.2. Classificação de Texturas	34
7.2.3. Abordagens para a Descrição de Texturas	35
7.2.4. Abordagem Estatística	36
7.2.5. Abordagem Estatística de Primeira Ordem	36
7.2.6. Abordagem Estatística de Segunda Ordem	37
7.3. CARACTERÍSTICAS DE HARALICK.....	38
7.3.1. Matrizes de Coocorrência	38
7.3.2. Descrição de Algumas Características de Haralick	42
7.3.3. Considerações sobre o Cálculo das Características	44
7.4. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DO CÁLCULO DE TEXTURAS EM IMAGENS MÉDICAS.....	45
7.4.1. Mapeamento de Texturas de Imagens de Ressonância Magnética Nuclear	45
7.4.2. O Uso da Análise por Texturas para Identificação de Pontos Suspeitos em Mamografias	46
7.4.3. Classificação de Microcalcificações usando Características de Texturas	47
8. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO MÉDICO	49
8.1. NECESSIDADE DA FERRAMENTA GRÁFICA	49
8.2. METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO	50
8.3. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.....	52
8.4. DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA GRÁFICA COMPUTACIONAL	55
8.4.1. Controle da Ferramenta	57
8.4.2. Obtenção de Texturas.....	58
8.4.3. Extração de Características	60
9. RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	64
9.1. IMAGENS DOS PACIENTES.....	64
9.1.1. Paciente 1	65
9.1.2. Paciente 2	66
9.2. RESULTADOS OBTIDOS	68
9.2.1. Resultados do Paciente 1.....	69
9.2.2. Resultados do Paciente 2.....	72
9.3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	76
9.4. CONCLUSÕES SOBRE OS EXPERIMENTOS	82
9.5. CONCLUSÕES FINAIS.....	83
9.6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXO 1.....	92
ANEXO 2.....	93

Lista de Figuras

FIGURA 3.1. ÚLCERA DE PERNA ONDE CONSTATA-SE A PRESENÇA DO TECIDO DE GRANULAÇÃO E O PLASMA	11
FIGURA 3.2. ÚLCERA DO TIPO VENOSA.....	13
FIGURA 3.3. ÚLCERA TRÓFICA DE PERNA DO TIPO DIABÉTICA.....	14
FIGURA 4.1. ÚLCERA TRÓFICA DE PERNA DO TIPO VENOSA SOB TRATAMENTO À BASE DE PULSOS ESTACIONÁRIOS DE ULTRA-SOM.....	17
FIGURA 5.1. MEDIDA DE UMA FERIDA DE FORMATO REGULAR.....	21
FIGURA 5.2. TELA SOBREPOSTA À FOTOGRAFIA DE UMA LESÃO DE PERNA, SERVINDO DE REFERÊNCIA PARA MEDIDAS.....	24
FIGURA 6.1. IMAGEM ORIGINAL DA LESÃO DE PERNA	29
FIGURA 6.2. TECIDO AO REDOR DA ÁREA LESADA	29
FIGURA 6.3. TECIDO DE GRANULAÇÃO.....	30
FIGURA 6.4. PLASMA	30
FIGURA 7.1. EXEMPLOS DE TEXTURAS ARTIFICIAIS, ONDE PODE SER OBSERVADO UM CERTO PADRÃO REPETITIVO.....	34
FIGURA 7.2. EXEMPLOS DE TEXTURAS NATURAIS, SENDO A PRIMEIRA, GRAMA E A SEGUNDA, AREIA.....	35
FIGURA 7.3. DUAS IMAGENS DIFERENTES, COMPOSTAS DE DOIS NÍVEIS DE CINZA E SEUS RESPECTIVOS HISTOGRAMAS DE PRIMEIRA ORDEM	37
FIGURA 7.4. VARIAÇÕES ANGULARES UTILIZADAS NOS CÁLCULOS DAS MATRIZES DE COCORRÊNCIA	38
FIGURA 7.5. CONTAGEM DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DO NÍVEL DE CINZA 0 PARA $D = 1$ E $\theta = 0..$	40
FIGURA 7.6. CONTAGEM DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DO NÍVEL DE CINZA 0 PARA $D = 1$ E $\theta = 45$	40
FIGURA 7.7. CONTAGEM DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DO NÍVEL DE CINZA 0 PARA $D = 1$ E $\theta = 90$	40

FIGURA 7.8. CONTAGEM DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DO NÍVEL DE CINZA 0 PARA $D = 1$ E $\theta = 135$	41
FIGURA 8.1. OPERAÇÃO DE OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS (TEXTURAS) DA REGIÃO INTERNA DA LESÃO	51
FIGURA 8.2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO	53
FIGURA 8.3. ESTRUTURA UTILIZADA PARA CATALOGAÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS IMAGENS DOS PACIENTES	54
FIGURA 8.4. FORMULÁRIO DE CONTROLE OU PRINCIPAL	57
FIGURA 8.5. CAIXA DE DIÁLOGO PARA A ESCOLHA DA IMAGEM A SER UTILIZADA	58
FIGURA 8.6. FORMULÁRIO UTILIZADO PARA A OBTENÇÃO DAS TEXTURAS (AMOSTRAS)	59
FIGURA 8.7. OBTENÇÃO DAS TEXTURAS, MOSTRADAS PELOS QUADRADOS, EM AMARELO	59
FIGURA 8.8. FORMULÁRIO DE RESULTADOS DO SISTEMA, CONTENDO AS CARACTERÍSTICAS SEPARADAS POR DATAS E BOTÕES PARA ACESSO AOS GRÁFICOS	62
FIGURA 8.9. (A) GRÁFICO DA HOMOGENEIDADE	63
FIGURA 8.9. (B) GRÁFICO DA DISPERSÃO.....	63
FIGURA 9.1. IMAGEM DE ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 1, OBTIDA EM 16 DE JUNHO DE 1997.....	65
FIGURA 9.2. IMAGEM DE ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 1, OBTIDA EM 24 DE JUNHO DE 1997.....	66
FIGURA 9.3. IMAGEM DE ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 1, OBTIDA EM 14 DE JULHO DE 1997.....	66
FIGURA 9.4. IMAGEM DE ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 2, OBTIDA EM 31 DE OUTUBRO DE 1996	67
FIGURA 9.5. IMAGEM DE ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 2, OBTIDA EM 06 DE NOVEMBRO DE 1996	67
FIGURA 9.6. IMAGEM DE ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 2, OBTIDA EM 08 DE NOVEMBRO DE 1996	68
FIGURA 9.7. IMAGEM DE ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 2, OBTIDA EM 03 DE DEZEMBRO DE 1996	68
FIGURA 9.8. HOMOGENEIDADE (PACIENTE 1).....	70
FIGURA 9.9. CONTRASTE (PACIENTE 1).....	70
FIGURA 9.10. DISPERSÃO (PACIENTE 1)	71
FIGURA 9.11. CONCENTRAÇÃO (PACIENTE 1)	71
FIGURA 9.12. ORDENAÇÃO (PACIENTE 1).....	72

FIGURA 9.13. HOMOGENEIDADE (PACIENTE 2)	74
FIGURA 9.14. CONTRASTE (PACIENTE 2)	74
FIGURA 9.15. DISPERSÃO (PACIENTE 2)	75
FIGURA 9.16. CONCENTRAÇÃO (PACIENTE 2)	75
FIGURA 9.17. ORDENAÇÃO (PACIENTE 2)	76
FIGURA 9.18. GRÁFICO DOS PACIENTES 1 E 2 - HOMOGENEIDADE	77
FIGURA 9.19. GRÁFICO DOS PACIENTES 1 E 2 -CONTRASTE	77
FIGURA 9.20. GRÁFICO DOS PACIENTES 1 E 2 -DISPERSÃO	78
FIGURA 9.21. GRÁFICO DOS PACIENTES 1 E 2 -CONCENTRAÇÃO	78
FIGURA 9.22. GRÁFICO DOS PACIENTES 1 E 2 - ORDENAÇÃO	79

Lista de Tabelas

TABELA 9.1. RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CARACTERÍSTICAS DE HARALICK, SOBRE IMAGENS DA ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 1, ADQUIRIDAS EM TRÊS DIFERENTES DATAS.....	69
TABELA 9.2. RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS CARACTERÍSTICAS DE HARALICK, SOBRE IMAGENS DA ÚLCERA DE PERNA DO PACIENTE 2, ADQUIRIDAS EM QUATRO DIFERENTES DATAS	73
TABELA 9.3. COMPORTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE HARALICK PARA OS PACIENTES 1 E 2	81
TABELA 9.4. COMPORTAMENTO DAS CURVAS DAS CARACTERÍSTICAS DE HARALICK, PARA O CASO DAS IMAGENS DAS ÚLCERAS DE PERNA.....	84

Resumo

Neste trabalho foi desenvolvida uma Ferramenta Gráfica Computacional para o monitoramento de pacientes portadores de úlceras dermatológicas, especificamente úlceras de perna. Esta ferramenta provê resultados ao profissional da área médica de modo a facilitar o acompanhamento da lesão ao longo do tempo e fornecer informações sobre o seu diagnóstico.

Diversas imagens adquiridas da lesão são processadas extraindo-se características de texturas obtidas da parte interna da lesão. Para este fim, é usada a abordagem estatística de segunda ordem, através das características de Haralick.

Esta metodologia estabelece uma técnica não invasiva, que tem por função auxiliar o diagnóstico médico e permitir o acompanhamento da evolução de pacientes submetidos a tratamentos de úlceras dermatológicas.

Palavras-chave: processamento de imagens, texturas, úlceras de perna, sistemas computadorizados de auxílio ao diagnóstico médico.

ABSTRACT

The aim of this work is the development of a graphical software tool that works towards the monitoring of dermatologic healing wounds in humans, specifically leg ulcers. This tool provides some significant results to the medical area professional that aims to accomplish effortlessly the task of monitoring the illness during a certain period of time as well as providing reliable information about the diagnostic of the wound.

This tool also allows a set of images that have been acquired previously from the wound to be processed in a further stage in order to extract some relevant features, through several texture analysis obtained from the internal parts of the wound. The second order statistical approach is used, with the use of Haralick's textural features.

This technique establishes a non-invasive method that helps medical diagnostic and allows monitoring the evolution of a dermatologic patient treatment.

Key-words: image processing, textures, leg ulcers, computer systems for medical diagnostic.