

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

SANDERSON OLIVEIRA DE MACEDO

**Desenvolvimento de um Sistema de  
Auxílio ao Diagnóstico de Pneumonia na  
Infância Utilizando Visão  
Computacional**

Goiânia  
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

**AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE DISSERTAÇÃO  
EM FORMATO ELETRÔNICO**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, **AUTORIZO** o Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás – UFG a reproduzir, inclusive em outro formato ou mídia e através de armazenamento permanente ou temporário, bem como a publicar na rede mundial de computadores (*Internet*) e na biblioteca virtual da UFG, entendendo-se os termos “reproduzir” e “publicar” conforme definições dos incisos VI e I, respectivamente, do artigo 5º da Lei nº 9610/98 de 10/02/1998, a obra abaixo especificada, sem que me seja devido pagamento a título de direitos autorais, desde que a reprodução e/ou publicação tenham a finalidade exclusiva de uso por quem a consulta, e a título de divulgação da produção acadêmica gerada pela Universidade, a partir desta data.

**Título:** Desenvolvimento de um Sistema de Auxílio ao Diagnóstico de Pneumonia na Infância Utilizando Visão Computacional

**Autor(a):** Sanderson Oliveira de Macedo

Goiânia, 22 de Março de 2012.

---

Sanderson Oliveira de Macedo – Autor

---

Dr. Leandro Luís Galdino de Oliveira – Orientador

SANDERSON OLIVEIRA DE MACEDO

# **Desenvolvimento de um Sistema de Auxílio ao Diagnóstico de Pneumonia na Infância Utilizando Visão Computacional**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação.

**Área de concentração:** Visão computacional.

**Orientador:** Prof. Dr. Leandro Luís Galdino de Oliveira

Goiânia  
2012

SANDERSON OLIVEIRA DE MACEDO

# **Desenvolvimento de um Sistema de Auxílio ao Diagnóstico de Pneumonia na Infância Utilizando Visão Computacional**

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação, aprovada em 22 de Março de 2012, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

**Prof. Dr. Leandro Luís Galdino de Oliveira**  
Instituto de Informática – UFG  
Presidente da Banca

---

**Prof. Dr. Díbio Leandro Borges**  
CIC – UnB

---

**Prof. Dr. Marcus Fraga Vieira**  
FEF – UFG

---

**Prof. Dr. Eduardo Simões de Albuquerque**  
INF – UFG

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador(a).

### **Sanderson Oliveira de Macedo**

Graduou-se em Ciências da Computação pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Em sua graduação participou do projeto de pesquisa para o desenvolvimento de um sistema para um cozedor de Mattson AUTOMATTSON em parceria com a PUC Goiás e a Embrapa/GO. Durante o Mestrado foi bolsista da FAPEG - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás e conduziu suas pesquisas no Laboratório de Visualização de Informações e Otimização Interativa (LAVIS), do Instituto de Informática da UFG.

Ao *Logos*. O que é tudo em todos. Aquele que opera tanto o querer como o efetuar.

---

## **Agradecimentos**

---

A minha esposa Etiene, pelo seu amor e dedicação.

Ao meu filho Rafael, fonte de alegria e amor.

Ao meu Orientador Leandro, por acreditar em mim.

À FAPEG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás) pelo suporte financeiro.

Aos meus familiares.

Ao amigos que em sinceridade sempre acreditaram.

Se alguém pensa saber alguma coisa, ainda não sabe como convém saber.

**Paulo de Tarso,**  
*I Coríntios 8:2.*

---

## Resumo

---

Macedo, Sanderson Oliveira de. **Desenvolvimento de um Sistema de Auxílio ao Diagnóstico de Pneumonia na Infância Utilizando Visão Computacional**. Goiânia, 2012. 108p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

O presente estudo propõe o desenvolvimento de um sistema para auxiliar o diagnóstico de pneumonia por computador, denominado pneumocad, que visa identificar radiografias de tórax compatíveis com a doença. Utilizaram-se técnicas de reconhecimento computacional de padrões em texturas por meio da decomposição das transformadas wavelets, das características extraídas das decomposições e da classificação aplicadas às radiografias. Foram utilizadas 166 imagens digitais de radiografia em "padrão-ouro", previamente confirmadas por dois radiologistas treinados segundo as diretrizes da OMS como Pneumonia Presente (PP=83) e Pneumonia Ausente (PA=83). Em duas metodologias investigou-se qual melhor característica aplica-se ao reconhecimento de padrões em texturas e qual o melhor desempenho do método classificador K-NN. O procedimento iniciou-se com a aplicação da transformada wavelet de Haar e com a extração de 17 características de cada radiografia que foram armazenadas em descritores. A metodologia I testou o aumento da acurácia da classificação, proporcionalmente ao aumento balanceado da quantidade de radiografias de cada classe. A metodologia II testou a capacidade do K-NN de gerar classificações em níveis aceitáveis com o desbalanceamento aleatório da quantidade de imagens entre as duas classes. Obteve-se um nível médio de acurácia de 91,75% com destaque para a característica diferença de variância e o desempenho do método K-NN mostrou-se mais eficaz quando a quantidade de vizinhos mais próximos foi de  $K=9$ . Os resultados são considerados promissores, pois o pneumocad pode ser uma ferramenta útil no diagnóstico em pneumonia na infância, aliando o conhecimento homem-máquina e oferecendo condições para a interpretação de radiografias torácicas em "padrão-ouro", conforme especificações da OMS. Além disso, o software se apresenta como uma tecnologia inovadora em saúde, ao disponibilizar para administradores e gestores políticos uma ferramenta de controle e monitoramento epidemiológico da pneumonia em tempo real, produzindo subsídios para as decisões e organizações dos serviços de saúde relacionados.

### Palavras-chave

CBIR, Pneumonia, Textura, Wavelet, radiografia.

---

## Abstract

---

Macedo, Sanderson Oliveira de. **Development of a System of Aid to the Diagnosis of Pneumonia in Children Using Computer Vision**. Goiânia, 2012. 108p. MSc. Dissertation. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

This work aims to develop a system to aid in the diagnosis of pneumonia by computer, termed pneumocad, which aims to identify chest radiographies compatible with the disease. Techniques were used for the recognition of patterns in textures through the decomposition of the wavelet transforms of the features extracted from the decomposition and classification applied to radiography. We analyzed 166 images in digital radiography "gold standard", previously confirmed by two radiologists trained according to WHO guidelines as Pneumonia Present (PP = 83) and Pneumonia Absent (PA = 83). In both methods were investigated which feature best applies to the recognition of patterns and textures in which the best performance of the classifier K-NN method. The procedure began with the application of the Haar Wavelet Transform and the extraction of characteristics of each radiograph 17 that were stored descriptors. The methodology I tested the increase in classification accuracy, balanced with increasing the amount of radiographies of each class. The methodology II tested the ability of K-NN to generate ratings at acceptable levels with the unbalance of the random number of images between the two classes. There was obtained an average of accuracy of 91.75% with emphasis on the difference of characteristic variance performance and the K-NN was more effective when the number of nearest neighbors is  $K=9$ . The results are considered promising because the pneumocad can be a useful tool in the diagnosis of childhood pneumonia, combining the knowledge man-machine and providing conditions for the interpretation of chest radiographs in the "gold standard", according to WHO specifications. In addition, the software can be a new technology in health, to provide health managers and policymakers a tool for epidemiological monitoring and control of pneumonia in real time, producing benefits for organizations and decisions related health services.

### Keywords

CBIR, Pneumonia, Texture, Wavelet, Radiography

---

# Sumário

---

Lista de Figuras	10
Lista de Tabelas	11
List of Algorithms	12
Lista de Códigos de Programas	13
1 Introdução	14
1.1 Ojetivos	16
2 Revisão Bibliográfica	18
2.1 Recuperação de imagens baseada no conteúdo	18
2.2 Características para recuperação de informações	18
2.2.1 Texturas	20
2.3 <i>Wavelet</i>	21
2.3.1 <i>Wavelet</i> , uma evolução da Transformada de Fourier	21
2.3.2 Histórico <i>wavelet</i>	22
2.3.3 Transformada <i>Wavelet</i>	22
2.3.4 Transformada <i>Wavelet</i> Bidimensional	23
2.3.5 Transformada <i>Wavelet</i> em tempo discreto	24
2.3.6 Tipos de Transformada <i>Wavelet</i>	27
2.4 Características de texturas	28
2.5 Classificação de imagens	30
2.5.1 Método de classificação KNN	31
3 Metodologia	32
3.1 Materiais	32
3.2 Procedimento	33
3.2.1 Aplicação da transformada <i>wavelet</i>	33
3.2.2 Construção dos vetores de características	35
3.2.3 Metodologia I	38
3.2.4 Metodologia II	41
3.2.5 Método de classificação	43
K-NN	44
A definição do K	44
3.2.6 Método avaliador de acurácia	45

4	O sistema Pneumocad	46
4.1	Introdução	46
4.2	Especificação de requisitos do Pneumocad	46
4.2.1	Requisitos funcionais do Pneumocad	47
4.2.2	Requisitos não funcionais do Pneumocad	48
4.3	Casos de uso do Pneumocad	48
4.3.1	Caso de uso: logar no Pneumocad	48
4.3.2	Caso de uso: realizar atendimento	49
4.3.3	Caso de uso: cadastrar paciente	49
4.3.4	Caso de uso: enviar uma radiografia ao servidor	50
4.3.5	Caso de uso: definir nível de similaridade	50
4.3.6	Caso de uso: diagnosticar radiografia	50
4.3.7	Caso de uso: Emitir laudo uma nova radiografia	50
4.3.8	Caso de uso: visualizar mapa epidemiológico	51
4.4	Modelo de domínio do Pneumocad	51
4.5	A arquitetura do Pneumocad	53
4.6	Frameworks utilizados	55
4.6.1	<i>ExtJS</i>	55
4.6.2	<i>Spring Framework</i>	57
4.6.3	<i>Hibernate Framework</i>	57
4.6.4	<i>JUnit</i>	58
4.6.5	<i>ImageJ</i>	58
4.7	Componentes da camada de apresentação	59
4.7.1	Controladores	59
4.7.2	Projetos de interface utilizando o <i>ExtJS</i>	60
4.7.3	Tela de <i>login</i> do Pneumocad:	61
4.7.4	Tela de atendimento	61
4.7.5	Tela de cadastramento do paciente	62
4.7.6	Tela de envio da radiografia	63
4.7.7	Tela ampliar radiografia	64
4.7.8	Tela definir nível de similaridade	64
4.7.9	Tela de diagnóstico	65
4.7.10	Tela de sugestão de tratamento	66
4.7.11	Tela de mapa-epidemiológico	66
4.8	Componentes da camada de negócio	67
4.8.1	Serviços	68
4.8.2	Diagrama de sequência	68
4.8.3	Diagrama de Classes <i>Wavelet</i>	70
4.9	A camada de persistência	70
4.9.1	Banco de dados do Pneumocad	70
4.9.2	<i>hibernate</i> e o Mapeamento objeto-relacional	71
4.9.3	Classe de acesso a dados	73
5	Resultados	74
5.1	Resultados da metodologia I	74
5.1.1	Classificações do método K-NN utilizando o 1º pacote de imagens de treino da metodologia I	75

5.1.2	Classificações do método K-NN utilizando o 2º pacote de imagens de treino da metodologia I	78
5.1.3	Classificações do método K-NN utilizando o 3º pacote de imagens de treino da metodologia I	80
5.1.4	Classificações do método K-NN utilizando o 4º pacote de imagens de treino da metodologia I e o método K-NN	83
5.2	Resultados da metodologia II	85
5.2.1	Classificações do método K-NN utilizando o 1º pacote de imagens da metodologia II	85
5.2.2	Classificações do método K-NN utilizando o 2º pacote de imagens da metodologia II	88
5.2.3	Classificações com o 3º pacote de imagens da metodologia II e o método K-NN	91
5.3	Análise dos resultados	93
6	Discussão	<b>98</b>
6.1	Dificuldades encontradas	99
7	Conclusões	<b>101</b>
7.1	Trabalhos futuros	101
	Referências Bibliográficas	<b>103</b>

---

## Lista de Figuras

---

2.1	Modelo de um sistema CBIR.	19
2.2	imagem digital sendo representada em uma matriz (MxN).	19
2.3	níveis de cinza de uma imagem em 8 bits.	20
2.4	Radiografia típica do padrão compatível com pneumonia bacteriana (a). A imagem (b) mostra a organização dos níveis de cinza (textura) na região em destaque na imagem (a)	20
2.5	exemplos de <i>wavelets</i> .	24
2.6	filtros passa-baixa e passa-alta.	25
2.7	processo de decomposição de uma imagem com a transformada <i>wavelet</i> .	26
2.8	Adaptado de: Oliveira [15] mostrando a representação gráfica das oito <i>wavelets</i> testadas para extração de características das imagens de radiografia de tórax. (a) Transformada de Haar, (b) Daubechies 2, (c) Daubechies 4, (d) Daubechies 8, (e) Biortogonal 2.2, (f) Biortogonal 4.4, (g) Coiflets 2, (h) Coiflets 4.	27
2.9	Espaço Euclidiano com duas classes e a classificação de um novo objeto através do método KNN.	31
3.1	exemplo de radiografia em "padrão-ouro".	33
3.2	Decomposição D1, D2 e D3 da transformada <i>wavelet</i> .	34
3.3	Anatomia da traqueia e dos brônquios. Modificado de <a href="http://www.manualmerck.net">http://www.manualmerck.net</a>	34
3.4	Decomposição <i>wavelet</i> para cada pulmão.	35
3.5	Aplicação da transformada <i>wavelet</i> de haar e extração de características.	37
3.6	Pacotes de imagens em "padrão-ouro".	38
3.7	Imagens de teste.	39
3.8	Estrutura geral da metodologia I.	40
3.9	Divisão das 120 imagens das classes aleatoriamente.	41
3.10	Revezamento dos pacotes entre imagens de treino e imagens de teste.	42
3.11	Estrutura geral da metodologia II	43
4.1	Diagrama geral de casos de uso do Pneumocad.	49
4.2	Modelo de domínio do Pneumocad.	52
4.3	Arquitetura do Pneumocad em 3 camadas.	54
4.4	API ImageJ para processamento digital de imagens.	59
4.5	Controladores da camada de apresentação.	60
4.6	<i>Login</i> no Pneumocad.	61
4.7	Tela de atendimento do Pneumocad.	62
4.8	Cadastramento de paciente no Pneumocad.	63
4.9	Georreferenciamento do paciente.	63

4.10	Imagens mais similares em relação à radiografia enviada.	64
4.11	Tela ampliar radiografia do Pneumocad.	65
4.12	Tela de ajuste de nível de similaridade.	65
4.13	Tela de diagnóstico do Pneumocad.	66
4.14	Tela de sugestão de tratamento.	67
4.15	Tela de mapa epidemiológico.	67
4.16	Diagrama de sequência upload de um nova radiografia,a transformação wavelet, extração de características e persistência de seus descritores e classificação.	69
4.17	Diagrama de classes do pacote <i>wavelet</i> .	71
4.18	Modelo entidade-relacionamento do Pneumocad.	72
5.1	Valor máximo da porcentagem de acerto por cada característica utilizando as 20 imagens de teste e o 1º pacote de imagens de treino da metodologia I.	77
5.2	Gráfico dos valores máximos das taxas de acerto para cada valor de K do método K-NN utilizando as 20 imagens de teste e o 1º pacote de imagens de treino da metodologia I.	77
5.3	Valor máximo da porcentagem de acerto por cada característica utilizando as 20 imagens de teste e o 2º pacote de imagens de treino da metodologia I.	79
5.4	Gráfico dos valores máximos das taxas de acerto para cada valores de K do método K-NN utilizando as 20 imagens de teste e o 2º pacote de imagens de treino da metodologia I.	80
5.5	Valor máximo da porcentagem de acerto por cada característica.	82
5.6	Gráfico dos valores máximos das taxas de acerto para cada valor de K do método K-NN utilizando as 20 imagens de teste e o 3º pacote de imagens de treino da metodologia I.	82
5.7	Valor máximo da porcentagem de acerto por cada característica.	84
5.8	Gráfico dos valores máximos das taxas de acerto para cada valor de K do método K-NN utilizando as 20 imagens de teste e o 4º pacote de imagens de treino da metodologia I.	85
5.9	Valor máximo da porcentagem de acerto por cada característica das imagens de teste aleatórias do 1º pacote da metodologia II.	87
5.10	Gráfico dos valores máximos da porcentagem de acerto para cada valor de K do método K-NN na execução da classificação utilizando 15 imagens de teste do 1º pacote de imagens da metodologia II.	88
5.11	Valor máximo da porcentagem de acerto por cada característica das imagens de teste do 2º pacote da metodologia II.	90
5.12	Gráfico dos valores máximos da porcentagem de acerto para cada valor de K do método K-NN na execução da classificação utilizando 15 imagens de teste do 3º pacote de imagens da metodologia II.	90
5.13	Valor máximo da porcentagem de acerto por cada característica das imagens de teste do 3º pacote da metodologia II.	92
5.14	Gráfico dos valores máximos da porcentagem de acerto para cada valor de K do método K-NN na execução da classificação utilizando 15 imagens de teste do 3º pacote de imagens da metodologia II.	93
5.15	Grafico dos percentuais de acurácia máximos obtidos em cada pacote de imagens de cada metodologia.	94

5.16	Análise de texturas pela diferença de variância	96
5.17	Textura de radiografia de tórax	96

---

## Lista de Tabelas

---

2.1	Notações	29
4.1	Requisitos funcionais (RF) do Pneumocad.	47
4.2	Requisitos não funcionais (RNF) do Pneumocad.	48
4.3	Arquitetura em 3 camadas do Pneumocad.	55
5.1	Sigla das características extraídas.	74
5.2	Tabela de resultados do classificador k-NN e o 1º pacote de imagens de treino da metodologia I.	75
5.3	Valores da porcentagem de acurácia por característica obtidos por meio da classificação das 20 imagens de teste e do 1º pacote de imagens de treino da metodologia I.	76
5.4	Tabela de resultados do classificador k-NN utilizando as 20 imagens de teste e o 2º pacote de imagens de treino da metodologia I.	78
5.5	Valores da porcentagem de acurácia por característica obtidos por meio da classificação das 20 imagens de teste e do 2º pacote de imagens de treino da metodologia I.	79
5.6	Tabela de resultados do classificador k-NN utilizando as 20 imagens de teste e o 3º pacote de imagens de treino da metodologia I.	81
5.7	Valores da porcentagem de acurácia por característica obtidos através da classificação das 20 imagens de teste e do 3º pacote de imagens de treino da metodologia I.	81
5.8	Tabela de resultados do classificador k-NN utilizando as 20 imagens de teste e o 4º pacote de imagens de treino da metodologia I.	83
5.9	Valores da porcentagem de acurácia por característica obtidos por meio da classificação das 20 imagens de teste e do 4º pacote de imagens de treino da metodologia I.	84
5.10	Tabela de resultados do classificador k-NN utilizando imagens de teste selecionadas aleatoriamente do 1º pacote de imagens da metodologia II.	86
5.11	Valores da porcentagem de acertos máximo por característica, obtidos por meio da classificação das 15 imagens de teste selecionado aleatoriamente do 1º pacote de imagens da metodologia II.	86
5.12	Tabela de resultados do classificador k-NN utilizando as 15 imagens de teste selecionadas aleatoriamente do 2º pacote de imagens da metodologia II.	89
5.13	Valores da porcentagem de acertos máximo por característica, obtidos por meio da classificação das 15 imagens de teste selecionadas aleatoriamente do 2º pacote de imagens da metodologia II.	89

5.14	Tabela de resultados do classificador k-NN por meio das 15 imagens de teste selecionadas aleatoriamente do 3º pacote de imagens da metodologia II.	91
5.15	Valores da porcentagem de acertos máximo por característica, obtidos através da classificação das 15 imagens de teste selecionadas aleatoriamente do 3º pacote de imagens da metodologia II.	92
5.16	Valores percentuais de acurácia máximos e sua média, obtidos na metodologia I.	93
5.17	Valores percentuais de acurácia máximos obtidos em cada metodologia e suas médias.	94
5.18	Quantidade de melhores taxas de acurácia obtidas pelas características em cada metodologia.	95

---

## List of Algorithms

---

---

## **Lista de Códigos de Programas**

---