

## **AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO FERRAMENTA DE TRIAGEM DE CÂNCER DE MAMA EM MULHERES RESIDENTES EM REGIÕES COM POUCOS RECURSOS MÉDICOS**

**Anderson Spinelli Valdevino da Silva, DEMEC-UFPE, illenips16@hotmail.com**  
**Marcus Costa de Araújo, DEMEC-UFPE, marcus.araujo@ufpe.br**  
**Rita de Cássia Fernandes Lima, DEMEC-UFPE, ritaflima@yahoo.com**

***Resumo.** O câncer surge a partir do desenvolvimento descontrolado de células malignas no corpo, ocasionando uma maior perfusão sanguínea na região afetada e, conseqüentemente, aumentando a temperatura local, sendo possível medir essa temperatura através de câmeras termográficas. O câncer de mama é um dos principais tipos de câncer que levam mulheres ao óbito atualmente no Brasil e no mundo. No presente trabalho realiza-se uma análise comparativa preliminar baseada na classificação de imagens termográficas das mamas, adquiridas a partir de condições ambientais distintas, de um grupo de mulheres. As primeiras imagens termográficas desse grupo de mulheres foram obtidas a princípio no Assentamento Veneza, município de São Lourenço da Mata - PE e na cidade de Chã de Alegria, local onde elas residem. Neste caso, não houve o controle rigoroso de algumas variáveis, tais como, a temperatura ambiente e a umidade. Posteriormente, essas mulheres foram trazidas para o Hospital das Clínicas da UFPE (HC), sendo cadastradas como pacientes do Ambulatório de Mastologia, passando a ser atendidas pelo médico do referido ambulatório. Após a consulta, cada paciente é encaminhada para a sala na qual são realizadas imagens termográficas, seguindo um protocolo pré-estabelecido. Este protocolo inclui medições das condições térmicas do ambiente e a padronização da aquisição das imagens quanto à posição das pacientes e a sua distância à câmera termográfica. Com a classificação e análise das imagens nesses dois ambientes, procura-se investigar se a termografia pode ser utilizada como uma técnica de triagem de possíveis anomalias de mama em regiões de poucos recursos médicos.*

***Palavras chave:** Câncer de mama, termografia, classificação de imagens, técnica de triagem.*

### **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com Dangelo e Fattini (2007), as mamas são anexos da pele. São formadas por glândulas cutâneas modificadas, que se especializaram na produção de leite após a gestação, por tecido conjuntivo e tecido adiposo. O tamanho normal pode variar de acordo com a constituição física pessoal, como o desenvolvimento muscular subjacente e a concentração de tecido adiposo, ou estados de alterações hormonais. Disso, conclui-se que uma simetria perfeita entre o par é praticamente inexistente.

Existem mais de 100 formas de câncer, mas o processo básico do surgimento da doença é muito similar. Células normais fazem parte de uma comunidade celular e coordenam as suas atividades com as das células vizinhas, no que diz respeito ao crescimento e divisão. As células cancerígenas ignoram os controles celulares e produzem falsos sinais que coagem os seus vizinhos a colaborar com elas. Este comportamento errôneo é resultado de uma acumulação de pequenas alterações no genoma celular que se perpetuam na reprodução celular (Baptista, 2006).

A partir do Século XIX, as pesquisas com termografia infravermelha ganharam incentivo, a princípio para uso militar. Por volta de 1959, a termografia se tornou disponível para uso industrial e civil, mostrando-se instrumento de grande valor para engenharia e para as outras áreas, como a medicina. O seu uso em aplicações médicas e biológicas tem sido importante pelo fato de não usar radiações ionizantes. A relação entre doença e temperatura do corpo é tão antiga quanto à própria medicina em si. O primeiro uso que se tem notícia de diagnóstico termobiológico é encontrado nos escritos de Hipócrates, por volta de 480 a.C. Aplicando barro úmido sobre a pele, Hipócrates podia observar as áreas que secavam rapidamente, associando assim a suspeita de determinada enfermidade (Ring, 2004).

A termografia é um método de diagnóstico não invasivo, que é econômico, rápido e que não submete ao paciente qualquer tipo de dor. É um método de imagem relativamente simples que detecta variações de temperatura na superfície da pele humana. Isso inclui a detecção do câncer de mama. Apenas os termogramas não são suficientes para o médico fazer um diagnóstico. Ferramentas analíticas como métodos estatísticos devem ser incorporados na análise desses termogramas (Ng, 2007).

A temperatura da superfície da pele é dependente da perfusão sanguínea da pele e das condições ambientais. Há a necessidade de que as imagens termográficas sejam produzidas em um ambiente termicamente estável, com um mínimo de interferência do ambiente, para produzir resultados confiáveis. Com essa necessidade, muitos autores têm desenvolvido protocolos para a aquisição dessas imagens.

A sala de exames deveria ser idealmente um ambiente controlado com relação aos termos de temperatura, umidade e movimento do ar. O paciente necessita de um período específico, usualmente de 10 a 20 minutos, de descanso. As

roupas da área a ser examinada devem ser retiradas, para equilibrar com a temperatura controlada do ambiente. O paciente deve ficar sentado e não tocar a área, para não alterar a temperatura da pele. Na varredura termográfica, a calibração do equipamento pode ser realizada usando uma fonte externa de calor, realizada de acordo com o fabricante da câmera. Essa calibração deve ser realizada para estabilização do sistema eletrônico e mecânico do equipamento. Neste procedimento, os níveis e alcances de temperatura devem ser registrados, assim como, a distância paciente-câmera deve ser padronizada. A aquisição de imagens deve obter visualizações padronizadas, a uma distância fixa (Oliveira, 2012).

Devem ser registrados juntamente com as imagens, os dados dos pacientes tais como nome, idade, entre outros. Para análise de imagem, em alguns países, equipamentos termográficos só são aprovados para uso clínico quando as imagens térmicas podem ser calibradas com precisão para medição de temperatura (Clark e Callcina-Goff, 1996; in: Oliveira, 2012).

Para a utilização de imagens termográficas como ferramentas de apoio ao diagnóstico, faz-se necessário o desenvolvimento de um classificador estatístico. Um classificador ou uma regra de classificação corresponde a um conjunto de regras formais capazes de decidir, com base em informações conhecidas, a que grupo ou população pertence uma determinada observação (indivíduo). De modo geral, tem-se interesse em construir uma regra de decisão com base em uma amostra de dados previamente conhecida e utilizá-la para classificar novos objetos (Ferreira, 2007).

A proposta deste trabalho é avaliar se as imagens termográficas obtidas em ambiente controlado podem ser usadas para construir uma regra de classificação a fim de classificar pacientes em ambiente não controlado. Com o uso de classificadores estatísticos e com os grupos de imagens termográficas adquiridas em condições térmicas distintas, pretende-se avaliar se tais condições interferem em possíveis diagnósticos de anormalidades mamárias. Para tal, serão usadas imagens de pacientes voluntárias do Hospital das Clínicas (ambiente controlado) e pacientes voluntárias oriundas do Assentamento Veneza, município de São Lourenço da Mata - PE (ambiente não controlado).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho está vinculado ao projeto aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Brasil, e registrado no Ministério da Saúde sob o no. CEP/CCS/UFPE N°279/05, que se encontra em andamento desde novembro de 2005. Neste projeto, está sendo analisada a viabilidade da utilização de uma câmera termográfica como ferramenta auxiliar no diagnóstico de distúrbios mamários, em hospital público situado em clima tropical.

Neste trabalho serão analisadas imagens de um grupo de mulheres, todas com diagnóstico concluído através de exame clínico prévio e de exames tradicionais, e que foram trazidas pelo grupo de pesquisa ao médico responsável.

Inicialmente, um grupo de imagens foi obtido de pacientes do Hospital das Clínicas da UFPE, correspondendo ao grupo de treino para ambiente controlado. Posteriormente, outro grupo de imagens foi obtido no Assentamento Veneza, correspondendo ao grupo de teste referente ao ambiente não controlado para aquisição da imagem térmica.

Todas as imagens foram obtidas através da utilização de uma câmera de infravermelho Flir S45, adquirida pelo Departamento de Engenharia Mecânica da UFPE através do Edital Finep 2003 de Laboratório Multiusuário, que foi calibrada no ano de 2013. A obtenção dessas imagens foi feita em uma sala disponibilizada para o projeto no Hospital das Clínicas, onde para a realização dos exames termográficos, foram seguidos alguns procedimentos em relação às condições térmicas da sala de exames, aos cuidados com a preparação das pacientes e com a aquisição das imagens. Para cada paciente segue-se o protocolo de Oliveira (2012). Uma síntese do mesmo é apresentada a seguir:

- 1- A sala é um ambiente fechado, com espaço suficiente para o paciente, a equipe técnica e o aparato da câmera termográfica. A sala utilizada para aquisição das imagens possui aproximadamente 3 x 4 metros;
- 2- A abertura e fechamento da porta são controlados pelo grupo técnico, permanecendo na sala apenas pessoas responsáveis pela realização do exame da paciente e a própria paciente;
- 3- Um aparelho de ar condicionado realiza a climatização do ambiente;
- 4- Um termo-higro-anemômetro luxímetro digital, modelo THAL-300, afere a temperatura e a umidade relativa da sala;
- 5- A sala possui um aparato mecânico para a realização do exame, de maneira a facilitar e padronizar a aquisição das imagens termográficas (Oliveira, 2012);
- 6- A equipe técnica faz cópias dos exames da paciente para consultas posteriores;
- 7- A paciente troca sua roupa por uma bata descartável disponibilizada pela equipe técnica. Esta troca é realizada em uma área reservada da sala para evitar qualquer tipo de constrangimento;
- 8- A paciente deve aguardar dez minutos sem tocar na mama, que é considerado o tempo de aclimação;
- 9- A temperatura da paciente é aferida com um termômetro;
- 10- A temperatura das mamas é aferida com a câmera termográfica em posições anteriormente estabelecidas;
- 11- Os números das imagens e da temperatura e umidade da sala, temperatura da paciente e distâncias são anotadas em uma planilha;

- 12- As pacientes assinam um “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”, documento que explica sobre do que trata o exame, caso concorde em participar da pesquisa, como requerido pelo Ministério da Saúde do Brasil (Bezerra, 2013).

As imagens obtidas foram analisadas no ThermoCAM QuickReport, onde foram ajustadas as informações térmicas que foram adquiridas no ato da aquisição das imagens. A imagem é uma representação gráfica qualitativa e de onde é possível obter a matriz de temperaturas correspondente. O arquivo contendo a matriz de temperaturas foi então exportado para o MatLab, onde foi feita uma segmentação manual das duas mamas das pacientes. Tal processo é exibido na Figura (1).

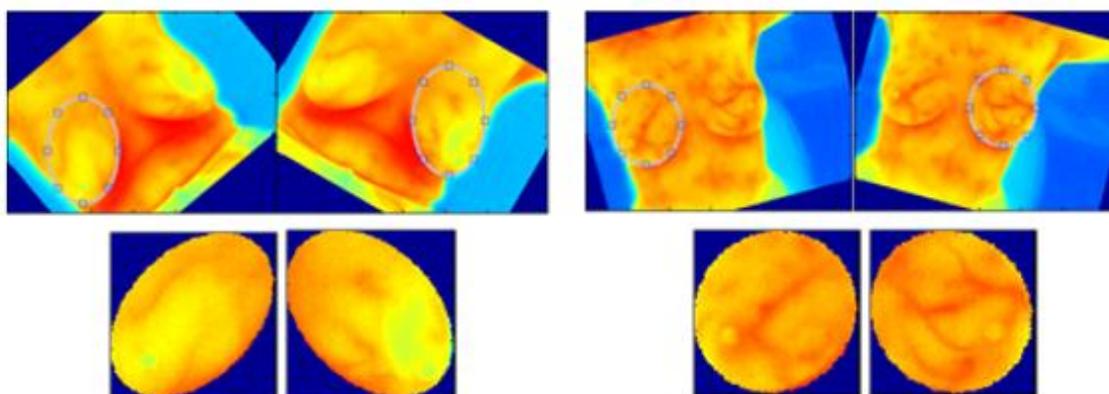


Figura 1. Exemplo da segmentação das mamas aplicada nas imagens termográficas de duas pacientes do grupo de treino.

Fonte: (Araújo, 2014)

Com essa segmentação foram extraídas as características necessárias para a classificação das imagens termográficas das pacientes, tais como: a diferença das temperaturas máximas entre as mamas e a diferença das temperaturas mínimas entre as mamas, bem como a diferença entre a máxima e a mínima temperatura obtida para as duas mamas e dados obtidos a partir de um processamento morfológico, descrito em Araújo (2014).

As imagens termográficas foram divididas em dois grupos, imagens obtidas das pacientes no Hospital das Clínicas – UFPE (ambiente controlado), onde a temperatura ambiente variou entre 24° C e 28° C e a umidade teve variação entre 50% e 70%, e imagens obtidas das pacientes do assentamento em ambiente não-controlado. O primeiro grupo foi tomado como o grupo de treino para os classificadores. O grupo de treino foi dividido em quatro classes: maligno, benigno, cisto e normal. Entre esses, os casos maligno e benigno apresentam uma maior perfusão sanguínea. Os tumores necessitam de uma região mais vascularizada para uma maior absorção de nutrientes, estes necessários para o seu desenvolvimento. O segundo grupo, considerado o grupo de teste, foi usado para validar o classificador. A proposta desta metodologia é avaliar se uma regra de classificação, baseada em um grupo de treino obtido em um ambiente controlado de aquisição de imagens, pode ser usada para classificar pacientes em ambiente não-controlado. Para este propósito foram usados dois tipos de classificadores.

**Classificador Discriminante Linear:** o classificador discriminante linear cria uma função de classificação para cada classe, baseada nos dados do grupo de treino, e aloca um padrão desconhecido à classe que obtiver o maior valor da função discriminante.

**Classificadores de Distância Mínima:** nesse classificador, foram analisados três tipos de distância, a distância Euclidiana, a distância de Mahalanobis e a distância de City-Block. O classificador de distância mínima aloca um padrão desconhecido para a classe cuja distância entre eles é mínima. Para tal, cada classe é representada pelo valor médio das variáveis de seus indivíduos e o representante da classe é conhecido como protótipo da classe. Este método traz a vantagem de ser independente da distribuição dos dados, dependendo somente dos elementos de treino de cada classe.

### 3. RESULTADOS

O grupo de treino foi dividido em quatro classes de diferentes tamanhos: 29 amostras de malignidade, 30 amostras referentes ao cisto, 32 amostras de casos benignos e 55 amostras de casos normais. O grupo de teste foi composto por 26 amostras da classe normal, todas pacientes do Assentamento Veneza, que corresponde ao ambiente não controlado para aquisição de imagens.

Os resultados obtidos para os quatro classificadores estão listados na Tabela (1), a seguir.

Tabela 1. Resultados do grupo de teste para os quatro classificadores

	Discriminante Linear	Distância Mahalanobis	Distância Euclidiana	Distância City Block
Acertos	<b>22</b>	4	4	3
Erros	4	22	22	23
Acertos em %	<b>84,62%</b>	15,38%	15,38%	11,54%

Na Tabela (1), pode-se observar que o classificador Discriminante Linear obteve uma taxa de acertos bem superior em comparação aos demais classificadores. O baixo desempenho observado para os classificadores de distância mínima deve-se à grande variabilidade observada para a classe de pacientes normais. Na Figura (2) observa-se essa maior variabilidade da classe normal, enquanto as classes maligno, benigno e cisto se apresentam mais agrupadas.

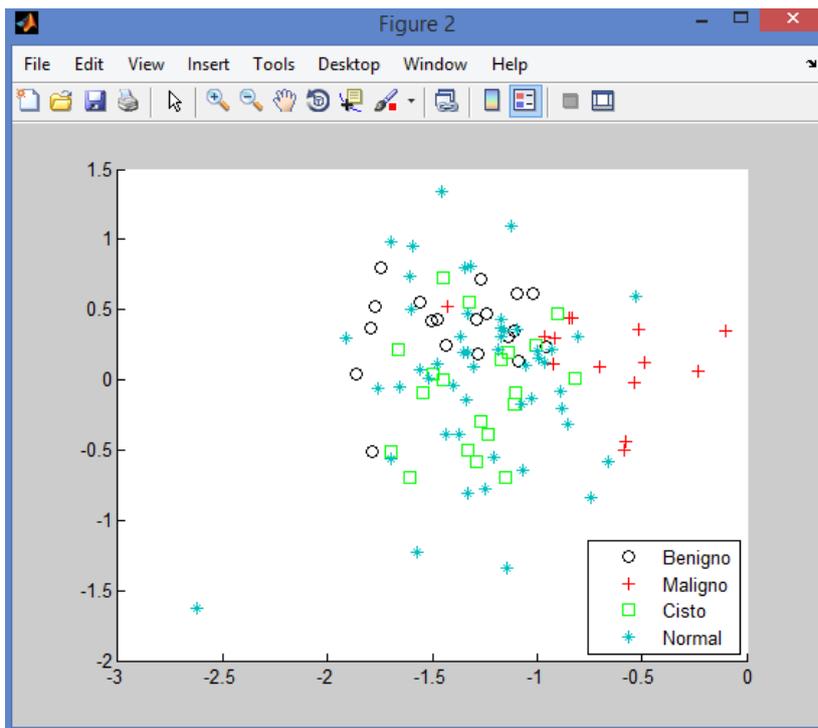


Figura 2. Disposição das classes no espaço de características

Visando minimizar os efeitos dessa grande variabilidade da classe normal sobre os classificadores de distância mínima, utilizaram-se distâncias ponderadas pela máxima variância da classe. Dessa forma, um indivíduo desconhecido que está à mesma distância de várias classes, quando projetado no espaço de características, é alocado àquela classe cuja variância é máxima. Aplicado este conceito, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela (2).

Tabela 2. Resultados do grupo de teste considerando distâncias ponderadas pela máxima variância das classes.

	Discriminante Linear	Distância Mahalanobis	Distância Euclidiana	Distância City Block
Acertos	<b>22</b>	21	<b>22</b>	15
Erros	4	5	4	11
Acertos em %	<b>84,62%</b>	80,77%	<b>84,62%</b>	57,67%

Na Tabela (2), pode-se observar que, com a minimização dos efeitos da variabilidade da classe normal, houve uma melhora significativa dos resultados de classificação para os classificadores de distância mínima, sendo o classificador Discriminante Linear e o classificador de distância mínima baseado na Distância Euclidiana os que obtiveram o melhor desempenho.

#### 4. CONCLUSÕES

Imagens térmicas foram obtidas sob condições de aquisição não controlada, i.e., sem um protocolo de aquisição. Estas imagens, que correspondem ao grupo de teste, foram classificadas a partir de imagens obtidas com base em um

protocolo de aquisição, correspondendo ao grupo de treino. Regras de classificação foram elaboradas a partir das imagens do grupo de treino para alguns classificadores disponíveis na literatura. Dos resultados encontrados, observou-se que, a princípio, apenas o classificador Discriminante Linear obteve valores satisfatórios. Sabendo da influência ocasionada pela variabilidade da classe normal, foram consideradas as distâncias ponderadas pela máxima variância da classe, obtendo-se uma melhoria nos resultados dos classificadores de Distância Mínima.

Apesar de o grupo de treino ter apresentado somente indivíduos da classe normal, os resultados preliminares obtidos a partir das 26 imagens utilizadas indicam que é possível utilizar imagens termográficas obtidas em ambiente controlado para criar uma regra de classificação que pode ser aplicada a situações não controladas de aquisição de imagens. A continuação deste trabalho, no sentido de aumentar a amostra do grupo de teste com imagens de pacientes do tipo benigno, maligno e cisto, obtidas em ambiente não controlado, permitirá avaliar de forma precisa se a termografia pode ser utilizada como ferramenta de triagem de câncer de mama em locais com condições médicas precárias.

## 5. REFERÊNCIAS

- Araújo. M.C., 2014. “Uso de imagens termográficas para classificação de anormalidades de mama baseado em variáveis simbólicas intervalares”. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco.
- Baptista. M.C.V., 2006. “Métodos de visualização de desorganizações estruturais mamárias”. Dissertação de Mestrado, Departamento de Física, Universidade de Aveiro.
- Bezerra, L. A., 2013. “Estimativa de parâmetros termofísicos e de distúrbios mamários a partir da termografia por infravermelho utilizando técnicas de otimização”. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco.
- Dangelo, J.G., Fattini, C.A., 2007, “Anatomia humana sistêmica e segmentar”, Ed. Atheneu, S.Paulo, Brasil, 763 p.
- Ferreira, M. R. P., 2007. “Análise discriminante clássica e de núcleo: avaliações e algumas contribuições relativas aos métodos Boosting e Bootstrap”. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco.
- Ng, E.Y.K, Kee, E.C., 2007. “Integrative computer-aided diagnostic with breast thermogram”. *Jornal of mechanics in Medicine and Biology*, Vol.1, pp. 1-10.
- Oliveira, M. M., 2012. “Desenvolvimento de protocolo e construção de um aparato mecânico para padronização da aquisição de imagens termográficas de mama”. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco.
- Ring, E.F.J., 2004. “The historical development of thermal imaging in medicine”, *Reumatology, Local*, v.43, n. 6, pp. 800-802.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Capes e ao CNPQ pelo apoio financeiro.

## 7. ABSTRACT

The cancer arises from uncontrolled growth of malignant cells in the body, leading to an increased blood perfusion in the affected region, this fact can cause an increasing in the local temperature, and that temperature can be measured by thermographic cameras. Breast cancer is one of the main types of cancer that currently lead women to death in Brazil and worldwide. In this paper a comparative analysis based on the breast infrared image classification was carried out those images were acquired in different environmental conditions, for group of women. The first thermographic images of this group of women were obtained in the Assentamento Veneza, region of São Lourenço da Mata - PE and the city of Chã de Alegria, where they live. In this case there was no strict control of some variables such as ambient temperature and humidity. Subsequently, these women were brought to the Hospital of the UFPE (HC), and registered as patients, of the clinic of Mastology of Federal University of Pernambuco. After the consultation, each patient was conducted to the room where the infrared images were taken, following a pre-established protocol. This protocol includes measurements of the thermal conditions of the environment and the standardization of image acquisition the such the position of the patients and their distance to the thermographic camera. A comparison between in the statistical classification for the breast abnormality to investigate if the thermography can be used as a screening technique for potential breast abnormalities in regions that do not have medical facilities.

## 8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.