

Desenvolvimento da técnica de Moiré de sombra como alternativa de baixo custo para análise postural

Development of shadow Moiré technique as an alternative low-cost method for postural evaluation

HELLEN HERTZ*
THAIS RUSSOMANO**
FLÁVIA PORTO***
ARNO STEIGER****
DARIO F G DE AZEVEDO*****
JONAS GURGEL *****

RESUMO

Objetivo: Este estudo objetiva desenvolver uma técnica alternativa, fidedigna e de custo reduzido ao raio X, para avaliar a postura humana e problemas posturais.

Materiais e métodos: O método é baseado em um tipo de técnica de Moiré que usa sombra para definir diferentes padrões de imagens. Foram construídos, testados e comparados três protótipos para padronizar as variáveis importantes inerentes a esta técnica.

Resultados: Testes preliminares realizados com os protótipos 1 e 2 demonstraram suas limitações e conduziram ao desenvolvimento do protótipo final, que possibilitou visualizar a região torácica dorsal do indivíduo com melhor qualidade. A precisão desse ter-

ABSTRACT

Objective: This paper aims to present the development of an alternative, reliable and non-expensive technique to x-ray that might be used to evaluate human posture and its related problems.

Methods and materials: This method is based on a type of Moiré technique that utilizes shadows to define different image patterns. Three prototypes were conceived, developed, tested and evaluated with the objective to standardize some important variables related to this technique.

Results: Tests performed with the first and the second prototypes produced preliminary results, which were essential for the development of the final prototype that has allowed a higher quality visualization of the dorsal portion

* Professora de Educação Física. Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa em Biomecânica Aeroespacial, Laboratório de Microgravidade/IPCT-PUCRS.

** Professora PhD da Faculdade de Medicina, da Faculdade de Ciências Aeronáuticas e do Mestrado em Engenharia Elétrica/Biomédica da PUCRS. Coordenadora do Laboratório de Microgravidade/IPCT-PUCRS.

*** Professora de Educação Física, Especialista em Cinesiologia. Pesquisadora e coordenadora do Núcleo de Pesquisa em Biomecânica Aeroespacial, Laboratório de Microgravidade/IPCT-PUCRS.

**** Técnico em Óptica do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas da PUCRS.

***** Professor Eng. da Faculdade de Engenharia e do Mestrado em Engenharia Elétrica/Biomédica da PUCRS. Diretor do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas da PUCRS.

***** Professor da Faculdade de Educação Física da PUCRS e da Pós-Graduação em Medicina do Esporte da PUCRS. Mestre em Engenharia Biomédica. Pesquisador e coordenador do Núcleo de Pesquisa em Biomecânica Aeroespacial, Laboratório de Microgravidade/IPCT-PUCRS.

ceiro protótipo, realizada através dos cálculos de calibração, apresentou um desvio padrão de 0,051, indicando uma baixa variação entre as franjas.

Conclusão: Acredita-se que este estudo motivará o uso desta técnica como alternativa de baixo custo para uso em diferentes avaliações relacionadas à postura humana e doenças associadas.

UNITERMOS: TOPOGRAFIA DE MOIRÉ; POSTURA; REDUÇÃO DE CUSTOS.

of the thoracic region of the volunteer. The accuracy of this third prototype was established through its calibration. The standard deviation of the calibration process was 0.051, indicating a very low variation among the fringes.

Conclusion: It is believed that this study will motivate the utilization of this alternative, low-cost technique in the evaluation of human posture and associated diseases.

KEY WORDS: MOIRE TOPOGRAPHY; POSTURE; COST SAVINGS.

INTRODUÇÃO

Moiré é um método ótico que pode determinar a topografia dos objetos com superfície irregular⁽¹⁾. Era utilizado comumente para análises de relevo nas décadas de 60 e 70, mas Takasaki⁽²⁾ teve a iniciativa de aplicar essa técnica em seres humanos, onde a vantagem está em reproduzir a forma do corpo através de uma imagem tridimensional.

A palavra *Moiré* é de origem francesa e significa *molhado*. Refere-se a um tecido de seda composto por duas camadas, importado da antiga China. Quando em movimento, essas camadas geram padrões semelhantes a ondas, denominadas franjas de Moiré⁽³⁾.

As franjas de Moiré seriam o resultante ótico da interferência de um retículo de referência e as sombras por ele criadas sobre o corpo em observação. A física ótica explica que um feixe de luz ao atravessar uma tela de interferência produz um efeito de sombras em função da profundidade do alvo⁽⁴⁾.

O método utiliza uma grade com retículo de referência, perpendicular à máquina fotográfica e oblíqua à fonte de luz (Figura 1). Com isso, obtém-se o fenômeno Moiré sobre o ponto a ser analisado no indivíduo, permitindo verificar as possíveis anormalidades estruturais e funcionais apresentadas⁽⁵⁾. Para uma imagem definida, faz-se necessário um ambiente escuro, com o objetivo de diminuir qualquer reflexo do meio. O contraste é um fator fundamental para observação das franjas no objeto em estudo⁽⁶⁾.

A técnica de Moiré é uma alternativa aos exames de radiografia^(7,8), com a vantagem de não possuir contra-indicações ou restrições como às inerentes ao exame de raio-X. Isso, por exemplo, permite um acompanhamento médico e fisioterápico relativo aos progressos da terapia para correção dos desvios posturais. Estas vantagens

levaram a Técnica de Moiré a ser introduzida em 11 cidades japonesas das 47 existentes, incluindo Tokyo⁽⁹⁾.

Desde a década de 70, a técnica de Moiré tem sido aplicada em crianças na faixa etária escolar para, desde cedo, ser detectados e prevenidos quaisquer problemas relacionados à coluna vertebral⁽⁹⁾.

O método possui outras aplicações além da análise postural, pois permite visualizar atrofia de membros e volumes pulmonares, através de imagens captadas por uma filmadora⁽¹⁰⁾.

Algumas das limitações encontradas na técnica de Moiré estão na metodologia referente à coleta de materiais de boa qualidade e precisão. Por isso a obtenção de um padrão nítido, ou seja, com alto contraste é essencial. A técnica também exige certa habilidade e conhecimento para captura correta das imagens e posterior análise⁽¹¹⁾.

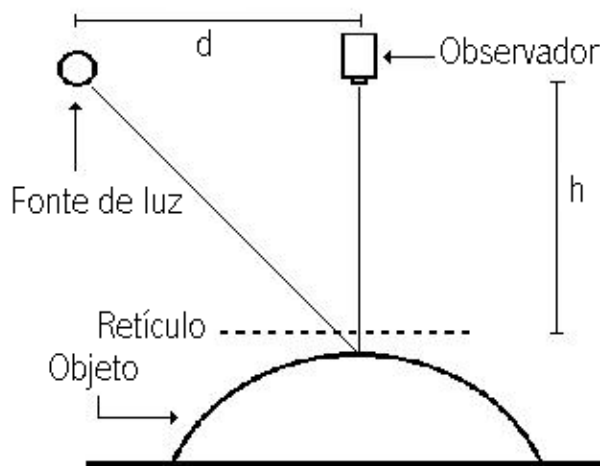


Figura 1 - Disposição dos aparatos (1), sendo h = distância do retículo ao observador e d = distância do observador à fonte de luz.

Moiré viabiliza maneiras diversas de avaliar os resultados. A mais precisa delas é através de um software desenvolvido para análise tridimensional, que permite visualizar volume, profundidade e intensidade de problemas posturais encontrados. No entanto, mesmo sem esse recurso, pode-se obter um diagnóstico bastante fidedigno encontrando o ponto médio das escápulas e da região lombar, contando o número de franjas da região das escápulas até o pescoço e marcando o pico de todas as curvas de nível da região tóraco-lombar. Feito isso, ainda é possível calcular os desvios posturais através de um esquadro que auxilia na união das marcações dos picos das curvas de nível subsequentes, e no desenho de suas retas na tangente. Em seguida, torna-se possível verificar os graus desses desvios por um transferidor o que confere aos resultados uma precisão ainda maior.

A análise postural abrange diferentes métodos de diagnósticos⁽¹²⁾ e é realizada para identificar os possíveis problemas relacionados à má postura ou à alguma deformidade presente desde o nascimento do indivíduo⁽¹³⁾. O método utilizado como padrão – ouro é o raio-X⁽¹⁴⁾, sendo esse um tipo de radiação ionizante gerada a partir da desaceleração dos elétrons ao encontrar o alvo. O raio-X foi descoberto em 1895, mas somente anos mais tarde foram observados os efeitos lesivos da radiação àqueles que sofriam exposições repetidas a esse exame⁽¹⁵⁾. Um raio-X de tórax, por exemplo corresponde a uma dose efetiva de 0,02 mSv, o equivalente a um período aproximado de 3 dias de radiação natural⁽¹⁶⁾. Essa realidade limita o tratamento de pacientes que necessitam de acompanhamento periódico⁽¹¹⁾. Segundo pesquisas realizadas⁽¹⁷⁾, mulheres grávidas não devem expor-se à radiação devido aos problemas que atingirão o feto ou embrião. No período da primeira semana de gestação, se houver algum tipo de exposição ao raio-X, o efeito será a morte do embrião; da segunda à sétima semana de gestação, poderão ocorrer má formações, redução do crescimento e câncer.

Além desses riscos existe a questão do alto custo inerente ao exame de raio-X, que envolve a aparelhagem, os acessórios, a proteção, a manutenção, a necessidade de atualização dos equipamentos e da técnica, entre outros aspectos⁽¹⁸⁾. Outros exames utilizados ou possuem alto custo (ressonância magnética, tomografia computadorizada) ou são pouco precisos (posturógrafo, escoliômetro).

O grande desafio é tentar superar essas limitações, reduzindo o erro padrão de instrumentos para que não se submeta os pacientes a riscos desnecessários na justificativa de obter qualidade nos resultados.

O objetivo desse estudo foi, portanto, trazer ao Brasil a técnica de Moiré de Sombra como alternativa de baixo custo para análise postural, construindo os equipamentos necessários e verificando a qualidade das imagens obtidas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Existem muitas possibilidades de aquisição do efeito Moiré⁽¹⁹⁾. Apesar de não disponibilizarem todos os detalhes, alguns estudos serviram como base na construção desses primeiros protótipos.

Protótipo 1

Observou-se a metodologia de autores como Takasaki⁽²⁰⁾, Kim⁽⁹⁾ e Lino⁽¹⁾ para a escolha dos seguintes materiais: dois vidros com dimensões iguais de 21 cm por 30 cm, entre os quais colocou-se o retículo de referência com períodos de 0,5 mm (espessura) × 0,5 mm (diâmetro); 1 mm × 1 mm e 1 mm × 2 mm; adquiridos em impressora laser através de transparências de retroprojetor. Os vidros, juntamente com o retículo, formaram a grade de referência (Figura 2).

O primeiro protótipo utilizou o projetor de slides (Kodak Ektagraphic, modelo AF-2, objetiva 75-120 mm, abertura de lente: F/3.5) como fonte de luz e a máquina fotográfica digital (Dimage, 5.0 MG, marca Minolta®, 7× zoom ótico) para aquisição de imagem. Foram realizados testes variando o tamanho dos retículos da grade de referência. As distâncias utilizadas foram 40 cm da grade ao projetor de slides; 46 cm da grade à máquina fotográfica e 23 cm do projetor de slides à máquina fotográfica.

Protótipo 2

No segundo protótipo, o laser (Morgotron, 635 nm, 10 mw) com uma objetiva Fairchild (10 mm, f 1.1) foi a fonte luminosa. Para proteção da retina, foram utilizados óculos de proteção para a faixa de 632 nm a 670 nm. Na captura das imagens, utilizou-se o sistema de aquisição Pinnacle com cabo digitalizador de 30 quadros por segundo, software de aquisição Pinnacle Systems® (version 7.11 SE LINX).

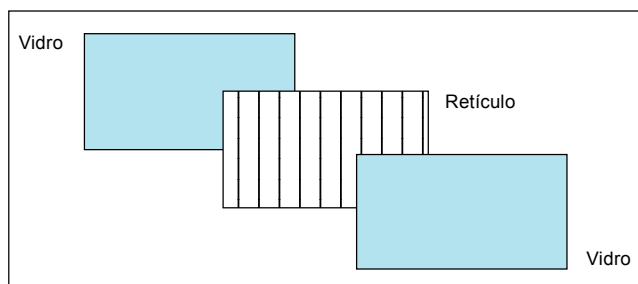


Figura 2 - Desenho esquemático da grade confeccionada nos protótipos 1 e 2.

O retículo da grade de referência (Figura 2) foi fixo (período de 1 mm × 1 mm) e as distâncias aplicadas foram de 60 cm da grade ao laser, 23 cm da grade ao sistema de aquisição e 39 cm do sistema de aquisição ao laser. Devido ao fator de contraste, foi utilizada uma luva branca e uma folha de papel branca para verificar se haveria alguma influência importante na qualidade dos resultados.

Último Protótipo (versão final)

Em vista dos resultados e limitações encontrados nos protótipos anteriores, passou-se a considerar a possibilidade de replicar o experimento de Takasaki⁽²⁾, que construiu a grade utilizando fios de nylon evitando a necessidade do vidro e o problema de reflexo gerado pelo mesmo.

Na construção deste protótipo, foi utilizada uma estrutura em madeira no formato de um quadrado vazado (lado = 600 mm), onde foram afixados os retículos feitos por fios de nylon. O rolo de nylon era aberto e o fio inteiro, cortado em vários pedaços em média com 70 cm de comprimento cada. O total de fios cortados foi de 315. Para fixação desses fios, foi utilizada uma cola especial marca Epóxi Patch, e pequenos pedaços de madeira que eram parafusados e serviam para prensagem dos mesmos. Depois da construção, a grade de referência foi pintada com uma tinta totalmente preta, como mostra a Figura 3, finalizando essa etapa do processo.

Na montagem do sistema e para a captação das imagens, foram utilizadas uma câmera fotográfica digital (Marca Canon, Modelo 7i) e uma fonte de luz de 100W. Um monitor ligado à câmera digital, por vezes, servia como auxílio na focalização da imagem a ser avaliada. Todo o aparato permite a análise da região das costas. As distâncias utilizadas foram testadas e verificadas com o objetivo de buscar a melhor disposição para garantir a qualidade das imagens. As

distâncias foram: 54,5 cm da grade a fonte de luz, 24,5 cm da fonte de luz a máquina fotográfica e 54 cm da grade à máquina fotográfica.

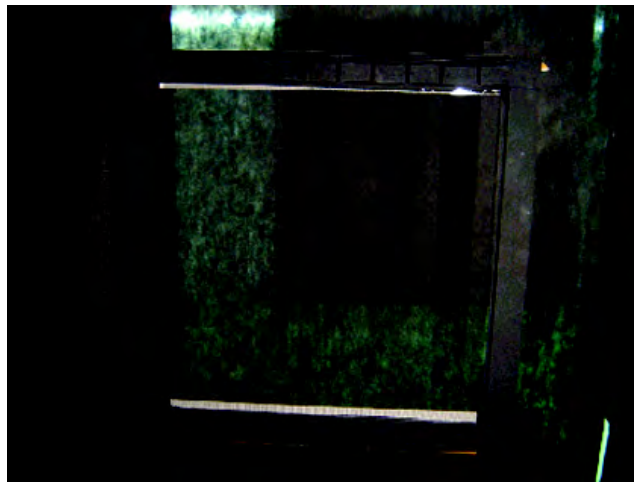


Figura 3 - Grade de referência do último protótipo.

Aliado à construção da nova grade de referência, tornou-se necessário à obtenção de um ambiente totalmente escuro. Para isso, uma cabine preta foi montada para a realização dos testes. Um monitor serviu como auxílio na visualização de algumas imagens feitas ao longo dos testes. A Figura 4, mostra o ambiente tratado com os aparatos devidamente posicionados.

Foi realizada a calibração deste instrumento através de um cone de TECNIL profissional com dimensões conhecidas. Após esse processo, a grade de referência foi utilizada para um estudo preliminar da aplicação da técnica de Moiré de Sombra em seres humanos.



Figura 4 - Ambiente tratado e materiais utilizados na realização dos testes.

Esse protocolo foi aprovado pela Comissão Científica da Faculdade de Medicina e do Hospital São Lucas e pelo Comitê de Ética, ambos da PUCRS.

A seleção dos voluntários consistiu em 13 indivíduos do sexo masculino e 1 do sexo feminino, com idades entre 18 e 53 anos. Os voluntários deveriam ficar em pé sem camisa, em bipedestação, orientados através de uma marcação no chão para auxiliá-los e deixá-los no correto posicionamento. Eles ficavam de costas para o aparato enquanto eram capturadas as imagens para a avaliação. As imagens foram obtidas através de visualização do plano frontal da região das costas do voluntário.

Testes foram realizados na tentativa de aumentar o contraste, buscando verificar, como no protótipo 2, se haveria melhorias relevantes nas imagens. Para isso, um voluntário teve a metade das costas marcada por um líquido pastoso totalmente atóxico, conhecido como pasta d'água. Comparações foram realizadas, na tentativa de visualizar claramente a diferença obtida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Protótipo 1

O resultado obtido com o retículo de referência de 1 mm × 1 mm (Figura 5) revela o efeito Moiré na superfície da mão, com uma pequena interferência de grade. As franjas são proporcionais ao tamanho do período do retículo de referência⁽²¹⁾ e, portanto, quanto menores, mais precisas. No retículo de referência com período maior, as franjas são em pouco número e de difícil visualização.



Figura 5 - Franjas de Moiré no dorso da mão - retículo de 1 mm × 1 mm.

Nesse protótipo, os dados coletados foram de boa qualidade, mas o retículo de referência aparecia de forma relevante na aquisição das franjas no objeto. Isso ocorreu devido ao grande reflexo

que a grade transmite quando iluminada pela luz do projetor⁽⁹⁾. Além disso, o objeto ficou posicionado muito próximo à grade, o que revela uma limitação, já que se para analisar a postura humana, o fato do indivíduo posicionar-se muito próximo à grade aumenta os riscos de contato com a mesma.

A baixa visibilidade das franjas no retículo de referência de 0,5 mm × 0,5 mm justifica-se pela falta de qualidade do sistema de aquisição. Já onde o período do retículo foi maior, as franjas formaram-se em menor número e com uma distância maior entre elas. No estudo de Lino⁽¹⁾, esse resultado também foi encontrado comprovando que quanto mais se deseja um resultado preciso, menor deverá ser o período das linhas do retículo de referência.

De forma geral, o resultado mais satisfatório foi aquele adquirido no retículo de referência com período de 1 mm × 1 mm. Embora o período de 0,5 mm × 0,5 mm proporcione resultados mais precisos, tornou-se fator limitante o método de captura dessa imagem e, conseqüentemente, a análise das franjas no objeto.

Protótipo 2

Nesse experimento as franjas podem ser observadas na mão sem luva (Figura 6) e com luva de cor branca (Figura 7).

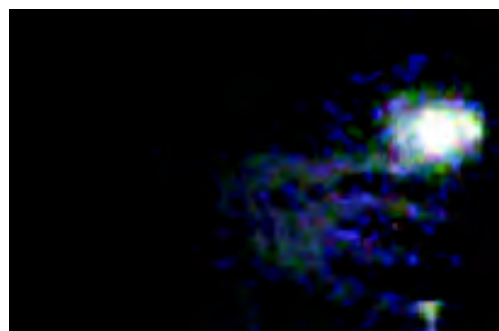


Figura 6 - Franjas de Moiré no dorso da mão.



Figura 7 - Franjas de Moiré no dorso da mão com luva branca.

Esse protótipo apresenta vantagens que estão relacionadas diretamente ao laser e ao sistema de aquisição de imagem. O laser possui um maior alcance no comprimento de onda, sendo assim o objeto pôde ficar posicionado mais distante da grade. Além disso, quando iluminado, o retículo de referência não apareceu, proporcionando maior foco ao efeito gerado no objeto. Apesar disso, o reflexo da grade continuou interferindo na qualidade das imagens obtidas (Figura 6). Takasaki⁽²⁰⁾ já revelava essa problemática, quando sugeriu a utilização de uma tinta preta opaca de alta qualidade na confecção do retículo de referência, além de um material de baixa refletância. As imagens adquiridas foram melhor visualizadas quando o objeto era mais claro devido ao aumento de contraste (Figura 7).

No primeiro e segundo protótipos, observou-se que o padrão foi adquirido de forma satisfatória, mas ainda com possibilidade de melhoras. O fator limitante encontrado foi o reflexo do vidro que interferiu na definição e visualização das franjas produzidas.

Último Protótipo (versão final)

• Calibração do instrumento

A grade de referência confeccionada passou por um processo de calibração para verificar o seu grau de precisão. Dentro desse processo, foi utilizado um cone de TECNIL profissional de 30 mm de altura, pintado de branco. Da mesma forma, foram feitas seis marcações em baixo relevo no objeto com espaçamento de 5 mm entre elas, pintadas com caneta esferográfica marrom.

O cone de TECNIL foi colocado atrás da grade (Figura 8), fixado em uma estrutura de madeira a uma distância de 10 mm e fotografado com uma resolução de 96 × 96 pontos por polegada. As outras distâncias utilizadas permaneceram as mesmas do último protótipo. A única alteração ocorreu no zoom óptico da máquina fotográfica, que foi igual a 2.0 M.

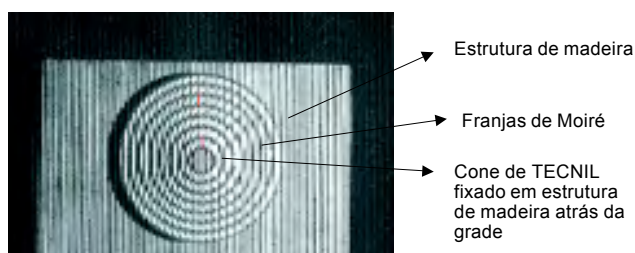


Figura 8 - Cone de TECNIL atrás da grade para calibração do sistema.

Foram obtidas oito franjas de Moiré no objeto. Tendo como base as marcações previamente realizadas, foi possível calcular a variação das distâncias entre as franjas. Assim, as imagens obtidas foram analisadas e encontrado o desvio padrão do instrumento de $\pm 0,05$.

Cálculos do desvio padrão:

(1) Representação do cone de TECNIL (Figura 9):

$$\text{Tangente} = 50^\circ = x/5$$

$$x = \text{tg } 50^\circ \cdot 5$$

$$x = 5,958 \text{ mm}$$

* Marcações de 5 mm de distância = 62 pixels

(2) $5,958 \text{ mm}/62 \text{ p} = 0,0960$

Multiplicou-se esse resultado pelo número de pixels encontrados para chegar ao valor em milímetros (Tabela 1):

$$0,0960 \times 51 \text{ p} = 4,900 \text{ mm}$$

$$0,0960 \times 52 \text{ p} = 4,997 \text{ mm}$$

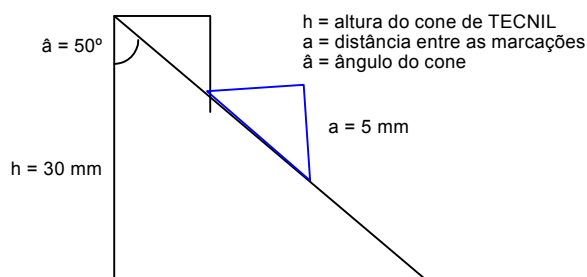


Figura 9 - Representação do cone de TECNIL.

TABELA 1 - Distâncias entre as franjas de Moiré no objeto em pixels e milímetros com sua média e desvio padrão

Distância entre as franjas	Pixels	Milímetros
1 e 2	51 pixels	4,900
2 e 3	52 pixels	4,997
3 e 4	51 pixels	4,900
4 e 5	51 pixels	4,900
5 e 6	52 pixels	4,997
6 e 7	52 pixels	4,997
7 e 8	51 pixels	4,900
****	****	Média = 4,942
		Desvio padrão $\pm 0,05136$

• Estudo Preliminar da técnica de Moiré

Na aplicação da técnica de Moiré através do novo protótipo adquiriu-se o resultado espera-

do, e com melhoras visíveis quando comparadas aos primeiros experimentos. Considerando-se o fato de que Takasaki⁽²⁰⁾ utilizou manequins para obtenção de imagens, o que facilita o aumento do contraste, os resultados obtidos nesse novo protótipo superaram os do autor, pois foram aplicados diretamente em seres humanos e com resultados de imagem semelhantes (Figura 10).

A porção na qual foi adicionado pasta d'água apresentou maior contraste (Figura 11), o que já era esperado nos resultados. Entretanto, não pareceu ter aumentado qualitativamente a vantagem do método, visto que os resultados anteriormente adquiridos, sem a pasta d'água, embora com menor contraste, não dificultaram a análise de dados.

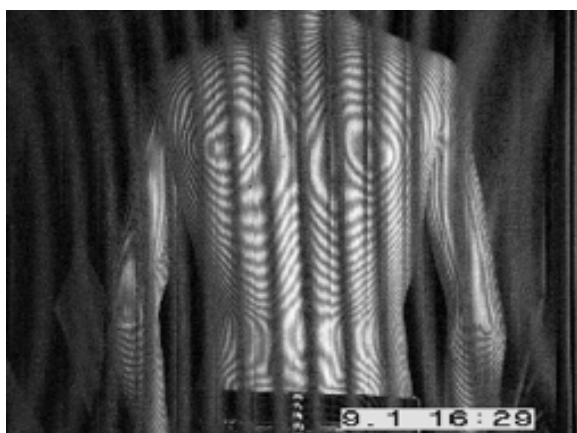


Figura 10 - Sujeito da amostra sem pasta d'água.



Figura 11 - Testes realizados com pasta d'água.

CONCLUSÃO

Dos dez artigos utilizados nesse trabalho para fins de conhecimento e construção da técnica de Moiré, oito são de outros países, revelando a es-

cashez de informações que ainda existe na literatura nacional sobre esse tema. A respeito de detalhes quanto às distâncias ideais, materiais utilizados para montagem da grade de referência, tipo e quantidade de fontes luminosas na aplicação do método tornou-se necessário testar as variáveis, visto que os autores não revelam claramente essas questões em seus artigos.

Os protótipos construídos permitiram avaliar as limitações e perspectivas sobre a aplicação da técnica de Moiré na análise postural. Os primeiros protótipos foram à base de estudos para definição de variáveis como distâncias, número e tipo de fontes luminosas, além de maneira de confecção da grade de referência e sistema de aquisição adequado. Tudo isso levou ao sucesso do último protótipo, com imagens definidas, com bom contraste e um desvio padrão não significativo de $\pm 0,05$ mm, o que indica baixa variabilidade de erro entre a distância das franjas no objeto.

Moiré possui vantagens e qualidades que precisam ser divulgadas com o objetivo de levar esse serviço à população que poderá obter diagnósticos precisos, com um custo extremamente reduzido. E através dessa alternativa os profissionais da área da saúde poderão colaborar de maneira objetiva no tratamento de pacientes com problemas posturais.

Esse trabalho trata-se do início de uma caminhada na busca de informações e progressos a respeito da técnica. O próximo passo será desenvolver um software que permita a análise das imagens de Moiré em três dimensões, a fim de comparar sua precisão aos exames de radiografia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lino ACL. Técnica óptica de moiré visando a aplicação no estudo de superfícies irregulares [dissertação]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2002.
2. Takasaki H. Simultaneous all round measurement of a living body by moire topography. PE&RS. 1975;41: 1527-32.
3. Sciammarella CA. The moiré method: a review. Exp Mech. 1982;44:418-33.
4. Tribastone F. Tratado de exercícios corretivos: aplicados à reeducação motora postural. São Paulo: Manole; 2001.
5. Bunnell WP. Selective screening for scoliosis. Clin Orthop Relat Res. 2005;(434):40-5.
6. Batouche M, Benlamri R. A computer vision system for diagnosing scoliosis. Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics; 1994 Oct 2-5; San Antonio, Texas. p. 2623-8. [v. 3]
7. Dzielinski A, Skoneczny S, Zbikowski R, et al. Cellular neural network application to Moiré pattern filtering.

- [capturado 2006 24 maio]:[10 p.]. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/iel2/177/5310/00207517.pdf?arnumber=207517>>.
8. Moran AJ, Lipczynski RT. The use of Moiré topography for 3-D surface imaging of the human back. [capturado 2006 maio 24]:[2 p.]. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7705/21095/00978465.pdf?arnumber=978465>>.
 9. Kim HS, Ishikawa S, Ohtsuka Y, et al. Automatic scoliosis detection based on local centroids evaluation on moire topographic images of human backs. IEEE Trans Med Imaging. 2001;20:1314-20.
 10. Moreno Yeras A, Gonzalez Pena R, Junco R. Moiré topography: alternative technique in health care. Opt Lasers Eng. 2003;40:105-16.
 11. Goldberg CJ, Kaliszer M, Moore DP, et al. Surface topography, Cobb angles, and cosmetic change in scoliosis. Spine. 2001;26:E55-63.
 12. Norris CM. Back stability. Champaign, IL: Human Kinetics; 2000.
 13. Cox JM. Dor lombar: mecanismo, diagnóstico e tratamento. 6ª ed. São Paulo: Manole; 2002.
 14. McGill S. Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002.
 15. Stimac GK. Introdução ao diagnóstico por imagens. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1994.
 16. Chest x-ray: the art & science of thoracic imaging [página da Internet]. Omaha (NE): Jud W Gurney MD; c1996-2005 [capturado 2006 maio 24]. Disponível em: <www.chestx-ray.com>.
 17. Health Goods. X-ray radiation and pregnancy. [capturado 2006 maio 24]:[6 telas]. Disponível em: <http://www.healthgoods.com/Education/health_information/pregnancy/x_ray_and_pregnancy.htm>.
 18. RadiologyInfo: the Radiology Information resource for patients [página da Internet]. Oak Brook, IL: Radiological Society of North America; c2006 [atualizado 2002 Maio 01; capturado 2006 maio 24]. Disponível em: <www.radiologyinfo.org/content/safety/xray_safety.htm>.
 19. Drerup B. A procedure for the numerical analysis of Moiré topograms. Photogrammetric. 1984;36:41-9.
 20. Takasaki H. Moiré topography from its birth to practical application. Opt Lasers Eng. 1981;3:3-14.
 21. Gasvik KJ. Optical metrology. New York: John Wiley; 1987.

Endereço para correspondência:

THAIS RUSSOMANO
 Laboratório de Microgravidade - IPCT/PUCRS
 Av Ipiranga 6681 - Prédio 30 sala 306
 CEP 90619-900, Porto Alegre, RS, Brasil
 Fone: 3320 3565 ramal 4402 - Fax: 3320 3904
 E-mail: trussomano@hotmail.com