



PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS APLICADO À ANÁLISE DE ONDAS MARÍTIMAS

David Estevam de Britto Junior

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Eletrônica e de Computação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Flávio Luis de Mello

Rio de Janeiro
Julho de 2017

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS APLICADO À
ANÁLISE DE ONDAS MARÍTIMAS

David Estevam de Britto Junior

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE COMPUTAÇÃO DA ESCOLA PO-
LITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE ENGENHEIRO ELETRÔNICO E DE COMPUTAÇÃO

Autor:

David Estevam de Britto Junior

Orientador:

Prof. Flávio Luis de Mello, Ph. D.

Examinador:

Prof Frances Elizabeth Allen, D. Sc.

Examinador:

Prof. Alan Jay Perlis, D. E.

Rio de Janeiro
Outubro de 2008

Declaração de Autoria e de Direitos

Eu, *David Estevam de Britto Junior* CPF 137.221.577-81, autor da monografia *título da monografia*, subscrevo para os devidos fins, as seguintes informações:

1. O autor declara que o trabalho apresentado na disciplina de Projeto de Graduação da Escola Politécnica da UFRJ é de sua autoria, sendo original em forma e conteúdo.
2. Excetuam-se do item 1. eventuais transcrições de texto, figuras, tabelas, conceitos e idéias, que identifiquem claramente a fonte original, explicitando as autorizações obtidas dos respectivos proprietários, quando necessárias.
3. O autor permite que a UFRJ, por um prazo indeterminado, efetue em qualquer mídia de divulgação, a publicação do trabalho acadêmico em sua totalidade, ou em parte. Essa autorização não envolve ônus de qualquer natureza à UFRJ, ou aos seus representantes.
4. O autor pode, excepcionalmente, encaminhar à Comissão de Projeto de Graduação, a não divulgação do material, por um prazo máximo de 01 (um) ano, improrrogável, a contar da data de defesa, desde que o pedido seja justificado, e solicitado antecipadamente, por escrito, à Congregação da Escola Politécnica.
5. O autor declara, ainda, ter a capacidade jurídica para a prática do presente ato, assim como ter conhecimento do teor da presente Declaração, estando ciente das sanções e punições legais, no que tange a cópia parcial, ou total, de obra intelectual, o que se configura como violação do direito autoral previsto no Código Penal Brasileiro no art.184 e art.299, bem como na Lei 9.610.
6. O autor é o único responsável pelo conteúdo apresentado nos trabalhos acadêmicos publicados, não cabendo à UFRJ, aos seus representantes, ou ao(s) orientador(es), qualquer responsabilização/ indenização nesse sentido.
7. Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Nome do aluno

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Escola Politécnica - Departamento de Eletrônica e de Computação

Centro de Tecnologia, bloco H, sala H-217, Cidade Universitária

Rio de Janeiro - RJ CEP 21949-900

Este exemplar é de propriedade da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es).

DEDICATÓRIA

Opcional.

AGRADECIMENTO

Sempre haverá. Se não estiver inspirado, aqui está uma sugestão: dedico este trabalho ao povo brasileiro que contribuiu de forma significativa à minha formação e estada nesta Universidade. Este projeto é uma pequena forma de retribuir o investimento e confiança em mim depositados.

RESUMO

Inserir o resumo do seu trabalho aqui. O objetivo é apresentar ao pretendo leitor do seu Projeto Final uma descrição genérica do seu trabalho. Você também deve tentar despertar no leitor o interesse pelo conteúdo deste documento.

Palavras-Chave: trabalho, resumo, interesse, projeto final.

ABSTRACT

Insert your abstract here. Insert your abstract here. Insert your abstract here.
Insert your abstract here. Insert your abstract here.

Key-words: word, word, word.

SIGLAS

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

WYSIWYG - *What you see is what you get*

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Tema	1
1.2	Delimitação	1
1.3	Justificativa	1
1.4	Objetivos	3
1.5	Metodologia	3
1.6	Descrição	4
2	Fundamentação Teórica	5
2.1	Trabalhos Relacionados	5
2.2	Processamento de Vídeo e Imagens	7
2.3	Identificação de objetos	8
2.4	Métodos de Aprimoramento de Imagens	8
2.4.1	Métodos de Segmentação de Imagens	11
2.4.2	Métodos de Detecção de Bordas	11
2.5	Relação Entre Distância e Altura de um Objeto	11
2.5.1	O Olho Humano	11
2.5.2	Lentes e Câmeras	11
3	Algoritmo de Medição de Altura das Ondas do Mar	12
3.1	Timestack	12
4	Implementação do Algoritmo	14
5	Dados Experimentais	15
6	Conclusões	16

Bibliografia	17
A O que é um apêndice	19
B Encadernação do Projeto de Graduação	20
C O que é um anexo	22

Lista de Figuras

B.1	Encadernação do projeto de graduação.	21
-----	---	----

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Introdução

1.1 Tema

O tema deste trabalho é o uso de inteligência de máquina e visão computacional para estimar dados sobre ondas em uma cabeça de praia. Neste sentido, o problema a ser resolvido é construir uma solução de hardware e software capaz de inferir a altura de ondas e sua periodicidade.

1.2 Delimitação

Esse estudo será realizado com base em ondas na praia de Itacoatiara, Niterói. Os dados foram coletados inicialmente utilizando uma câmera de celular, e posteriormente utilizando um aparato de hardware desenvolvido para o projeto. A captura de dados usando um dispositivo móvel introduz algumas dificuldades no projeto, como instabilidades nos vídeos capturados. Entretanto, utilizar um hardware em um local fixo apresenta outros problemas, como produzir um hardware que agüente exposição ao tempo e encontrar um local seguro para fixá-lo.

1.3 Justificativa

Hoje, os métodos mais difundidos para medição de ondas do mar são: método gráfico e método sensorial. O método gráfico é utilizado principalmente em campeonatos de surf, onde o tamanho do surfista é usado como referência para calcular

a altura da onda. Já o método sensorial utiliza boias com sensores de movimento, instaladas em um ponto na praia, de forma que a passagem das ondas altera a altura do sensor de movimento, e com isso pode-se calcular a diferença da altura inicial para a final.

Ambos os métodos descritos anteriormente não são práticos de serem implementados em larga escala. O método gráfico necessita sempre de uma referência para realizar a medição de cada onda, além de necessitar o ajuste humano em cada medida. O método sensorial é custoso para adquirir, instalar e manter o equipamento necessário.

Uma das características desejadas para esse sistema de monitoramento é que ele deveria ser autônomo e distribuído, podendo monitorar diversas praias em tempo real. Logo de início ficou claro que medir a altura das ondas de uma forma automatizada e barata é essencial para o sistema, e ainda, que todos os métodos existentes não atendem esses requisitos.

Inicialmente, este projeto começou como parte de um sistema de monitoramento de praias voltado para avaliação da condição de surf, chamado GoSurf. O sistema foi desenvolvido na disciplina Projeto Integrado. Entretanto, no desenvolvimento inicial do sistema não foi possível implementar uma forma de medição de ondas do mar satisfatório.

O monitoramento de praias possui outras aplicações fora do sistema descrito anteriormente. Um sistema similar, também baseado em imagens, foi desenvolvido na Griffin University, Australia, para indicar nível de perigo para nado em praias e que será objeto de estudo na fundamentação teórica deste trabalho [1].

O estudo de processamento de imagens voltado a ondas do mar apresenta um problema interessante em análise de imagens. Como se está trabalhando com imagens reais e altamente dinâmicas, deve-se empregar diversas técnicas para reduzir o ruído nos dados de entrada e garantir uma medição confiável.

Assim, torna-se desejável criar e implementar um algoritmo para medir a altura de ondas do mar utilizando técnicas de processamento de imagens. A análise de cenários naturais dinâmicos é um desafio na área de análise de imagens, uma vez que não se pode alterar o cenário para facilitar a análise desejada. Por isso é necessário um algoritmo inteligente que consiga se adaptar a variações nos dados de entrada para extrair as informações relevantes.

1.4 Objetivos

Informar qual é o objetivo geral do trabalho, isto é, aquilo que deve ser atendido e que corresponde ao indicador inequívoco do sucesso do seu trabalho. Pode acontecer que venha a existir um conjunto de objetivos específicos, que complementam o objetivo geral (tamanho do texto: livre, mas cuidado para não fazer uma literatura romanceada, afinal esta seção trata dos objetivos).

- Construir um aparato de aquisição de vídeos montado em uma praia.
- Adquirir os vídeos e transmiti-los para um servidor.
- Realizar medições (este item pode ser fragmentado em outras metas)
- Disponibilizar os dados.

1.5 Metodologia

As medições obtidas pelo algoritmo serão comparadas com medições manuais tanto nas imagens geradas quanto por estimativas in loco. As medições manuais são feitas na imagem por um operador humano. Inspeccionando a imagem, é fácil perceber onde é o ponto de máximo e mínimo de uma onda, e com o auxílio de um programa de edição de imagem pode-se contar o número de pixels entre esses dois pontos. As medições in loco são realizadas no mesmo momento que as imagens são obtidas. Como não é possível medir a onda através de instrumentos, vale-se da experiência da pessoa realizando a aquisição dos dados e de outras no local para estimar a altura das ondas naquele momento. Essa estimativa serve para validar

se o processo de calcular dimensões reais baseadas nas dimensões em pixels está na ordem de grandeza correta.

Para certificar a confiabilidade do algoritmo, serão avaliados inúmeros dados de uma mesma praia, contemplando variações de clima, iluminação, angulação e posicionamento da câmera, maré e ocupação da praia. Todos esses fatores podem interferir com o resultado do algoritmo, principalmente as mudanças de maré e posicionamento da câmera. A escolha de uma posição para a câmera adequada é fundamental para minimizar o efeito dos outros fatores no resultado final.

1.6 Descrição

No capítulo 2 será

O capítulo 3 apresenta ...

Os são apresentados no capítulo 4. Nele será explicitado ...

E assim vai até chegar na conclusão.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1 Trabalhos Relacionados

A análise de praias e mares através de imagens não é algo novo. O uso de câmeras oferece uma grande vantagem em relação a outros tipos de sensores, como descrito por Holland[2], "Técnicas de vídeo são particularmente atraentes na documentação de processos oceanográficos próximos a costa uma vez que a localização subaérea do instrumento (distante da superfície do oceano) alivia algumas das dificuldades associadas com instrumentação *in situ*, como a perturbação de correntes, bioincrustação e deteriorização dos sensores em condições adversas de ondas". Entretanto, não existem muitos projetos diretamente ligados à análise de ondas marítimas utilizando processamento de imagem. O desenvolvimento mais notório nessa área é feito na Griffith University, Austrália, onde foram desenvolvidos alguns projetos e técnicas de monitoramento de praias que serão descritos a seguir.

Em "*An intelligent system for remote monitoring and prediction of beach conditions*"[1], Browne *et al.* descreve um sistema inteligente que monitora e prediz as condições de uma praia para banho. O objetivo desse sistema é em caso de perigo alertar aos banhistas e as autoridades sobre o estado da praia em tempo real. O sistema obtém dados da praia de duas fontes: de câmeras posicionadas *in loco* e de servidores do *Bureau of Meteorology* australiano. As imagens obtidas são pré-processadas, extraindo dados como tamanho e frequência das ondas e a localização da arrebentação. Dos servidores são obtidos dados em tempo real sobre as marés,

vento e *swell*, que são as ondas formadas por tempestades e ventos distantes, e não por vento local. Uma vez obtidos os dados, o sistema alimenta uma rede neural treinada que determina se a praia é segura para banho.

Outro sistema estudado é chamado de *WavePack*, descrito de forma não-técnica em "*A new system for breakzone location and the measurement of breaking wave heights and periods*"[3]. Esse sistema tem como objetivo apenas medir a altura, frequência e localização do momento que uma onda quebra, utilizando câmeras montadas em pontos baixos, dez metros acima da praia. O sistema é descrito em quatro etapas: obtenção das imagens, conversão do *stream* de vídeo em *timestack*, análise do *timestack*, apresentação dos resultados. O artigo ainda compara os resultados obtidos com outras fontes de dados de ondas marítimas, e comprova que o sistema produz dados confiáveis.

O algoritmo implementado no sistema *WavePack* é descrito em "*Automatic Estimation of Nearshore Wave Height from Video Timestacks*"[4]. Esse artigo descreve o método de: 1) identificar a arrebentação, e 2) identificar cada onda individual na arrebentação e calcular a sua altura em pixels, filtrando a perturbação de objetos indesejados na imagem (como barcos e pessoas). Em seguida, é discutida e apresentada a relação entre a altura de uma onda medida em pixels e a sua altura no mundo real, em metros. Por último, apresenta-se os resultados obtidos, novamente comparados com outros métodos já existentes. Esse método é também apresentado em "*Long-Term Automated Monitoring of Nearshore Wave Height From Digital Video*"[5]. Esse artigo[5] descreve com maiores detalhes o pré-processamento que ocorre no *timestack*, e a relação entre a altura da onda encontrada em pixels e a altura em metros no mundo real.

Essas pesquisas serviram de grande inspiração para o desenvolvimento deste projeto, mostrando que ele é factível. Os resultados desses projetos servirão como parâmetro de validação dos aqui resultados encontrados.

No Brasil não é conhecido algum sistema de monitoramento de praias automatizado. No Rio de Janeiro o site RicoSurf[6] provém um monitoramento manual de algumas

praias locais e de cidades próximas, se expandindo até Guarapari, ES. O monitoramento é feito através de boletins disponíveis no site, que normalmente são feitos uma ou duas vezes ao dia por uma pessoa que vai até a praia e reporta a condição encontrada. Este método é pouco prático se aplicado em grande escala, é subjetivo e demanda uma quantidade cada vez maior de reporteres para analisar cada praia.

2.2 Processamento de Vídeo e Imagens

Processamento de Imagem é uma sequência de operações realizadas em uma ou mais imagens de entrada, resultado em uma imagem de saída ou características extraídas das imagens de entrada. Uma imagem, conforme definido por Rafael Gonzalez[7] é: "[...] uma função bidimensional $f(x, y)$, onde x e y são coordenadas espaciais (plano), e a amplitude de f de qualquer par de coordenadas (x, y) é chamada de intensidade ou nível de cinza da imagem naquele ponto."

Neste projeto, como em outras aplicações de oceanografia[8][2], imagens estáticas do objeto de estudo são pouco produtivas para extrair informações. Por isso, uma solução encontrada foi capturar e trabalhar com um vídeo da arrebentação de uma praia, ao invés de usar apenas fotografias.

Um vídeo é definido como uma sequência temporal de imagens. De forma análoga a imagem, um vídeo pode ser descrito como uma função tridimensional $g(x, y, t)$, onde x e y são coordenadas espaciais, como em uma imagem, e t é uma coordenada temporal. A amplitude g é a intensidade ou nível de cinza do ponto (x, y) no instante de tempo t .

A principal vantagem de utilizar um vídeo é eliminar o problema de identificar qual é o melhor momento para analisar a onda fotografada. Utilizando uma sequência de imagens, é mais fácil de determinar qual foi o momento em que a onda estava maior, e aí sim realizar a medição de sua altura. Será demonstrado adiante que o timestack também ajuda a tornar as imagens analisadas mais uniformes, criando regiões bem definidas para segmentação.

2.3 Identificação de objetos

Para extrair os dados desejados de uma imagem, é necessário separar o que é o objeto de estudo – no caso específico deste projeto, uma onda do mar – do restante da imagem. Isto é, através de transformações na imagem original deseja-se identificar o que é o primeiro plano e o plano de fundo. Este processo de extração de objetos ou planos de uma imagem é chamado na literatura de segmentação[7].

Antes de aplicar as técnicas de segmentação, precisa-se melhorar a imagem. O processo de aprimoramento de imagens, segundo Rafael Gonzalez[7], é fundamental para torná-la adequada para a aplicação desejada. O aprimoramento permite realçar alguma característica de interesse da imagem, enquanto minimiza a presença de outras características não relevantes.

2.4 Métodos de Aprimoramento de Imagens

Os métodos de aprimoramento de imagens são classificados em dois domínios: domínio espacial e domínio da frequência.

O aprimoramento no domínio espacial trabalha com os próprios pixels de uma imagem, e podem ser representados pela expressão: $g(x, y) = T[f(x, y)]$, onde $g(x, y)$ é a imagem transformada, $f(x, y)$ é a imagem original e $T[\cdot]$ é a transformação que será aplicada na imagem original.

Alguns métodos de aprimoramento de imagens serão utilizados nesse projeto: transformações em níveis de cinza, filtros de nitidez (*sharpening*), filtros de suavização (*blur*), filtros de detecção de bordas. Esses métodos são importantes para melhorar o contraste entre as regiões da imagem analisada e reduzir o ruído, facilitando assim o processo de segmentação que será realizado posteriormente.

As transformações em níveis de cinza englobam métodos que alteram o contraste de uma imagem. Em geral, são métodos onde cada pixel (x, y) da saída depende apenas do pixel correspondente da entrada, ou seja, não é influenciado pelos seus vizinhos. O principal método que será utilizado nesse projeto é o de *thresholding*, onde a transformação aplicada na entrada é da forma:

$$T[f(x, y)] = \begin{cases} f(x, y), & \text{se } f(x, y) > C \\ 0, & \text{se } f(x, y) < C \end{cases}$$

Onde C é uma constante escolhida arbitrariamente. A utilidade dessa função é facilitar a definição das regiões da imagem, quais fazem parte do céu, do mar e da arrebentação.

Os filtros de suavização, também conhecidos como filtros de *blur* são importantes para reduzir o nível de ruído na imagem. Outra função importante para esse projeto é homogeneizar as regiões da imagem, isto é, eliminar ou pelo menos reduzir pontos mais claros em regiões escuras, ou pontos escuros em regiões claros. Dessa forma, os métodos de *thresholding* são mais efetivos.

Neste projeto o filtro de suavização utilizado é o filtro passa-baixas gaussiano. Este filtro, como definido em [7], possui a seguinte forma:

$$H(u, v) = e^{-D^2(u, v)/2D_0^2}$$

$D(u, v)$ é definido como a distância da origem da transformada de Fourier, e D_0^2 é definido como σ^2 , ou a variância da curva gaussiana.

Segundo Bernd Jähne[8], um filtro de suavização deve atender algumas propriedades específicas para ser aplicável a identificação de objetos e extração de dados de uma imagem. As propriedades são:

1. Desvio de fase zero, isto é, o filtro não deve causar desvio na fase da imagem a fim de não alterar a posição dos objetos na mesma.
2. Preservação da média, isto é, a soma de todos os fatores da máscara no domínio espacial deve ser igual a 1.
3. Monotonicidade, isto é, a função de transferência do filtro de suavização deve decrescer monotonicamente.
4. Equidade, isto é, a função de transferência deve ser isotrópica, a fim de não privilegiar nenhuma direção na imagem.

Por último, uma classe de métodos de suma importância são os métodos de nitidez, ou *sharpening*. A função desses métodos é aumentar o contraste da imagem na fronteira de regiões, isto é, onde ocorre uma discontinuidade de pixels. O método utilizado neste projeto é o método Laplaciano. Segundo Gonzalez[7], o Laplaciano de uma imagem $f(x, y)$ é definido por:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

As derivadas parciais da equação acima podem ser escritas na forma discreta:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

e

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

Dessa forma, o Laplaciano bidimensional discreto é dado por:

$$\nabla^2 f = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

A aplicação de um operador Laplaciano em uma imagem resulta em suas apenas as suas discontinuidades. Pela definição do Laplaciano discreto, é fácil perceber que regiões com valores intensidades próximos se anulam, resultado em um Laplaciano próximo de zero, enquanto regiões com descontinuidade a diferença de intensidade se reforça. Para recuperar as regiões anuladas pelo Laplaciano e enfim aplicar o efeito de *sharpening* na imagem, basta somar o resultado do Laplaciano com a imagem original:

$$g(x, y) = f(x, y) + \nabla^2 f(x, y)$$

Onde $g(x, y)$ é a imagem de saída e $f(x, y)$ é a imagem de entrada.

2.4.1 Métodos de Segmentação de Imagens

Segmentação é definido como um processo que, a partir de uma imagem de entrada, a subdivide em objetos ou nas suas regiões constituintes. O nível de subdivisões que serão obtidas depende de cada aplicação, e segundo Gonzalez: "A segmentação deve parar quando os objetos de interesse em uma aplicação estejam isolados" [7]. Além disso, Gonzalez continua: "A segmentação de imagens não-triviais é uma das tarefas mais difíceis em processamento de imagem" [7].

2.4.2 Métodos de Detecção de Bordas

2.5 Relação Entre Distância e Altura de um Objeto

2.5.1 O Olho Humano

2.5.2 Lentes e Câmeras

Capítulo 3

Algoritmo de Medição de Altura das Ondas do Mar

3.1 Timestack

Um timestack é uma representação bidimensional de um vídeo. Isto é, é uma forma de transformar um vídeo em uma única imagem. O timestack é útil para analisar vídeos pois é possível olhar para o vídeo completo observando uma única imagem. Dessa forma, pode-se aplicar métodos de processamento de uma única imagem em um vídeo no formato de timestack.

Para construir um timestack, é necessário fixar uma das dimensões espaciais de cada imagem do vídeo, obtendo assim um conjunto de funções unidimensionais. O timestack deste vídeo é definido então como uma função bidimensional $s_Y(x, t)$ ou $s_X(t, y)$, onde x e y são coordenadas espaciais, t é uma coordenada temporal, e as amplitudes s_X e s_Y são a intensidade ou nível de cinza do vídeo $g(x, y, t)$ quando fixamos $x = X$ e $y = Y$, respectivamente. Dessa forma, a relação entre um timestack e um vídeo é dada por: $s_Y(x, t) = g(x, Y, t)$ e $s_X(t, y) = g(X, y, t)$.

Note que, na prática, a coordenada temporal t cumpre o papel de uma coordenada espacial quando o timestack é exibido como uma imagem, mas sua interpretação continua sendo temporal. É claro que a perda de uma dimensão resulta em perda de informação no vídeo, entretanto, nos casos em que o vídeo é constante na dimensão

espacial fixada não a perda de informação. Expandindo esse conceito, nos casos em que o vídeo varie muito pouco em uma de suas dimensões espaciais, a perda de informação não é significativa.

A análise de ondas marítimas apresenta condição similar a descrita anteriormente. Com a posição da câmera escolhida com cuidado, uma onda quebrando ocupará maior parte horizontal da imagem. Além disso, não é importante para a análise desejada entender o tamanho horizontal da onda, apenas o seu tamanho vertical - precisa-se apenas determinar o seu ponto mais baixo e seu ponto mais alto. Sendo assim, o timestack mostra-se um método adequado de análise de vídeos para esse projeto.

Capítulo 4

Implementação do Algoritmo

Capítulo 5

Dados Experimentais

Capítulo 6

Conclusões

Referências Bibliográficas

- [1] BROWNE, M., BLUMENSTEIN, M., TOMLINSON, R., *et al.*, “An intelligent system for remote monitoring and prediction of beach conditions”. In: *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Applications*, pp. 533–537, Innsbruck, 2005.
- [2] HOLLAND, K. T., HOLMAN, R. A., LIPPMANN, T. C., *et al.*, “Practical Use of Video Imagery in Nearshore Oceanographic Field Studies”, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, pp. 81–92, 1997.
- [3] LANE, C., GAL, Y., BROWNE, M., *et al.*, “A new system for breakzone location and the measurement of breaking wave heights and periods.” In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International*, pp. 2234–2236, Honolulu, 2010.
- [4] SPLINTER, K. D., STRAUSS, D. R., TOMLINSON, R. B., “Assessment of Post-Storm Recovery of Beaches Using Video Imaging Techniques: A Case Study at Gold Coast, Australia”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 49, pp. 4704–4716, 2011.
- [5] LANE, C., GAL, Y., BROWNE, M., “Long-Term Automated Monitoring of Nearshore Wave Height From Digital Video”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 52, pp. 3412–3420, 2014.
- [6] SOUZA, R. D., “<http://ricosurf.com.br/boletim-das-ondas/zona-oeste-rj/praiagrumari/>”, <http://ricosurf.com.br/>, 2017, (Acesso em 06 Junho 2017).
- [7] GONZALEZ R., WOODS, E., *Digital Image Processing, 2nd Edition*. New Jersey, Prentice Hall, 1992.

- [8] JähNE, B., *Digital Image Processing*. Berlin, Springer-Verlag, 2002.

Apêndice A

O que é um apêndice

Elemento que consiste em um texto ou documento elaborado pelo autor, com o intuito de complementar sua argumentação, sem prejuízo do trabalho. São identificados por letras maiúsculas consecutivas e pelos respectivos títulos.

Apêndice B

Encadernação do Projeto de Graduação

Número	
Nome do Aluno	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO</p> <p>Escola Politécnica</p> <p>Departamento de Eletrônica e de Computação</p>
Título do Projeto*	<p>Título do Projeto</p>
Ano	<p>Nome do Aluno</p>
	<p>Projeto de Graduação</p> <p>Mês / Ano</p>

*** Título resumido caso necessário**
Capa na cor preta, inscrições em dourado

Figura B.1: Encadernação do projeto de graduação.

Apêndice C

O que é um anexo

Documentação não elaborada pelo autor, ou elaborada pelo autor mas constituindo parte de outro projeto.