

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Escola de Engenharia  
Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia ...

Nome da pessoa autora

**TÍTULO DO TRABALHO**

Belo Horizonte  
2024

Nome da pessoa autora

## **TÍTULO DO TRABALHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Sistemas da Universidade Federal Minas Gerais, como requisito parcial para o grau de bacharel (a) em Engenharia de Sistemas.

Orientadora: Profa. Dra. Fulana Beltrano

Coorientador: Prof. Dr. Ciclano da Silva

Belo Horizonte

2024

Troque pelo arquivo PDF da ficha  
catalográfica após obtê-la da biblioteca  
da sua unidade.

Troque pelo arquivo PDF da folha de aprovação ou ata de defesa após obtê-la do seu programa de pós-graduação (após a defesa).

*Esse trabalho é dedicado à aquela pessoa.*

# Agradecimentos

Você pode escrever aqui os agradecimentos a pessoas que contribuíram para a realização do trabalho.

“Aqui vai uma bela e inspiradora frase.”

# Resumo

Escreva aqui o resumo do seu trabalho.

**Palavras-chave:** palavra-chave 1; palavra-chave 2; palavra-chave 3.



# Abstract

Translate here the abstract of your work.

**Keywords:** keyword 1; keyword 2; keyword 3.

# Lista de Siglas e Símbolos

## Siglas

ACO	Ant Colony Optimization
BIM	Born Iterative Method
CNN	Convolutional Neural Networks
DE	Differential Evolution
EA	Evolutionary Algorithm
GA	Genetic Algorithm
GAN	Generative Adversarial Network
PSO	Particle Swarm Optimization
TMz	Modo Magnético Transversal em $z$

## Símbolos

$\varepsilon$	Permissividade complexa [F/m + $j\Omega$ /m]
$\varepsilon_r$	Permissividade relativa
$\theta$	Ângulo da coordenada polar [rad]
$\lambda_b$	Comprimento de onda de fundo [m]
$\sigma$	Condutividade [ $\Omega$ /m]
$\phi$	Ângulo de incidência [rad]
$\mathbf{E}$	Vetor de intensidade elétrica [V/m]
$E_z$	Componente $z$ do vetor de intensidade elétrica [V/m]
$k$	Número de onda [1/m]
$\mathbb{R}$	Conjunto dos números reais
$\mathbf{r}$	Vetor posição no espaço 3D [m]
$x, y, z$	Coordenadas cartesianas [m]
$V$	Espaço tridimensional

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>13</b>
1.1	Objetivos Geral e Específicos . . . . .	13
1.2	Contribuições e Originalidade . . . . .	13
1.3	Organização do Trabalho . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Revisão Bibliográfica</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>18</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>19</b>
<b>A</b>	<b>Como fazer citações</b>	<b>20</b>
<b>B</b>	<b>Como escrever equações</b>	<b>21</b>
<b>C</b>	<b>Como inserir figuras</b>	<b>24</b>
<b>D</b>	<b>Como inserir tabelas</b>	<b>28</b>
<b>E</b>	<b>Como inserir algoritmos</b>	<b>31</b>
<b>F</b>	<b>Como inserir definições e outras coisas especiais</b>	<b>32</b>

# Capítulo 1

## Introdução

Parte inicial do texto na qual se apresenta a delimitação do assunto tratado, os objetivos da pesquisa e outros elementos necessários para apresentar o tema do trabalho. O texto tem o objetivo de introduzir o leitor ao trabalho e apresentar as informações para uma compreensão geral da proposta desenvolvida.

### 1.1 Objetivos Geral e Específicos

Descrever os objetivos geral e específicos do trabalho. O objetivo geral devem ser claro e conciso, indicando o propósito do trabalho. Os objetivos específicos devem ser apresentados de forma a indicar os passos necessários para atingir o objetivo geral. Geralmente, em formato de tópicos.

### 1.2 Contribuições e Originalidade

Descrever as contribuições do trabalho, indicando o que o trabalho propõe de novo ou diferente em relação ao estado da arte. As contribuições devem ser claras e objetivas, indicando o que o trabalho agrega ao conhecimento existente.

### 1.3 Organização do Trabalho

Descrever a organização do trabalho, indicando o conteúdo de cada capítulo e a relação entre eles. A organização do trabalho deve ser clara e coerente, de forma a facilitar a compreensão do leitor.

## Capítulo 2

# Revisão Bibliográfica

Ao redigir uma revisão bibliográfica em trabalhos acadêmicos, é crucial adotar uma abordagem sistemática e crítica. Inicie identificando e selecionando fontes relevantes que abordem diretamente o tema de pesquisa, priorizando publicações acadêmicas revisadas por pares, como artigos de periódicos, livros e conferências. Uma boa prática é organizar a literatura em temas ou escolas de pensamento, facilitando a compreensão do leitor sobre o estado da arte e as lacunas existentes. É importante também avaliar criticamente cada obra, discutindo sua contribuição para o campo, metodologias, resultados e limitações. A revisão deve ser escrita de forma coesa, com transições suaves entre os trabalhos discutidos, e deve terminar destacando como a pesquisa atual se insere e contribui para o conhecimento existente. Citando adequadamente todas as fontes, evita-se o plágio e reconhece-se o trabalho dos pesquisadores originais, além de fornecer ao leitor caminhos para aprofundamento.

# Capítulo 3

## Metodologia

Redigir um capítulo sobre metodologia em um trabalho acadêmico é fundamental para demonstrar a validade e a confiabilidade da pesquisa. Este capítulo deve detalhar os procedimentos e técnicas utilizados para coletar e analisar dados, permitindo que outros pesquisadores reproduzam o estudo. Aqui estão os passos essenciais para escrever um capítulo de metodologia eficaz:

- **Introdução à Metodologia:** Comece com uma breve introdução que esclareça o propósito do capítulo e como ele contribui para os objetivos gerais da pesquisa.
- **Descrição da Pesquisa:** Especifique o tipo de pesquisa realizada (qualitativa, quantitativa, mista) e justifique a escolha. Explique como essa abordagem é adequada para responder às perguntas de pesquisa ou hipóteses.
- **Participantes ou Dados:** Descreva a população-alvo, critérios de inclusão e exclusão, e como os participantes ou dados foram selecionados. Para pesquisas experimentais, explique como os grupos de controle e experimentais foram formados.
- **Instrumentos e Materiais:** Liste os instrumentos, ferramentas, ou materiais utilizados na coleta de dados, incluindo questionários, entrevistas, software, etc. Descreva como e por que cada instrumento foi escolhido.
- **Procedimento:** Detalhe todos os passos seguidos durante a coleta de dados. Para experimentos, descreva as condições sob as quais foram realizados, incluindo variáveis controladas e não controladas.
- **Análise de Dados:** Explique as técnicas estatísticas, métodos de análise qualitativa, ou modelos utilizados para analisar os dados coletados. Justifique a escolha desses métodos e discuta sua adequação para o tipo de dados coletados.
- **Validade e Confiabilidade:** Discuta as medidas tomadas para garantir a validade e confiabilidade dos resultados. Isso pode incluir a validação de instrumentos, triangulação de dados, ou testes piloto.
- **Limitações:** Reconheça quaisquer limitações metodológicas que possam afetar os resultados ou a interpretação da pesquisa.
- **Ética:** Se aplicável, descreva as considerações éticas relacionadas à pesquisa, incluindo

aprovações de comitês de ética, consentimento informado dos participantes, e como a privacidade e a confidencialidade foram mantidas.

- **Resumo:** Conclua o capítulo com um resumo dos pontos-chave, reforçando como a metodologia adotada permite abordar as perguntas de pesquisa ou testar as hipóteses.

Lembre-se de que a clareza e a precisão são cruciais neste capítulo. O objetivo é fornecer informações suficientes para que outros pesquisadores possam entender como o estudo foi conduzido e, se desejado, replicar a pesquisa.

## Capítulo 4

# Resultados

Escrever um capítulo de resultados em trabalhos acadêmicos é uma etapa crucial, pois comunica as descobertas da pesquisa. Aqui estão algumas sugestões para estruturar e redigir este capítulo de forma eficaz:

- **Introdução Breve:** Comece com uma introdução curta que reitere os objetivos da pesquisa e explique o que será apresentado no capítulo.
- **Organização Lógica:** Estruture o capítulo de forma lógica, geralmente seguindo a ordem das perguntas de pesquisa ou hipóteses. Isso ajuda os leitores a acompanhar facilmente as descobertas.
- **Apresentação Clara dos Dados:** Apresente os resultados de maneira clara e concisa. Use tabelas, gráficos e figuras para ilustrar os dados de forma eficaz, garantindo que cada um seja claramente rotulado e acompanhado de uma legenda explicativa.
- **Descrição dos Resultados:** Forneça uma descrição textual dos resultados, destacando as descobertas principais.
- **Referência aos Objetivos e Hipóteses:** Faça referência explícita aos objetivos da pesquisa ou hipóteses ao apresentar os resultados, indicando como cada resultado se relaciona com eles.
- **Precisão e Objetividade:** Mantenha a precisão e objetividade ao relatar os resultados. Evite usar linguagem emotiva ou fazer inferências sem suporte dos dados.
- **Tratamento de Dados Negativos ou Inesperados:** Se houver resultados negativos ou inesperados, inclua-os e ofereça uma breve descrição. Esses resultados podem ser tão informativos quanto os positivos.
- **Uso de Subseções:** Divida o capítulo em subseções, se necessário, para manter a organização e facilitar a leitura. Cada subseção pode abordar diferentes aspectos dos resultados.
- **Consistência com Metodologia:** Garanta que a apresentação dos resultados seja consistente com a metodologia descrita anteriormente. Isso inclui o uso dos mesmos termos e definições.
- **Sumário dos Resultados:** Conclua o capítulo com um sumário dos principais resultados.



## Capítulo 5

### Conclusão

Escrever um bom capítulo de conclusão em trabalhos acadêmicos envolve sintetizar os principais achados da pesquisa, refletir sobre o significado desses resultados, e sugerir direções futuras. Aqui estão algumas diretrizes para estruturar este capítulo:

- **Resumo dos Principais Achados:** Comece recapitulando os principais resultados da pesquisa. Destaque como esses resultados atendem aos objetivos do estudo ou respondem às perguntas de pesquisa.
- **Contextualização:** Discuta a importância dos resultados no contexto do campo de estudo. Isso inclui como seus achados se alinham ou divergem de estudos anteriores.
- **Reflexão Crítica:** Inclua uma autoavaliação da pesquisa, abordando limitações e como elas podem ter afetado os resultados. Isso demonstra integridade acadêmica e compreensão das nuances da pesquisa.
- **Implicações Práticas e Teóricas:** Explique as implicações dos seus resultados para a prática, teoria ou política. Isso mostra a relevância e o valor do seu trabalho.
- **Sugestões para Pesquisas Futuras:** Baseando-se nas limitações e nos achados da sua pesquisa, sugira áreas para futuras investigações. Isso ajuda a avançar o campo de estudo.
- **Conclusão Final:** Termine com uma conclusão forte que reafirme a contribuição do seu trabalho para o campo de estudo. Isso pode incluir uma declaração poderosa sobre o significado dos seus achados ou uma visão para o futuro da área de pesquisa.
- **Produção Bibliográfica:** Se aplicável, liste as publicações geradas a partir da sua pesquisa. Isso pode incluir artigos, apresentações em conferências, ou outros materiais acadêmicos.

## Referências Bibliográficas

- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: Nsga-ii. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 6(2):182–197.
- Maxwell, J. C. (1865). Viii. a dynamical theory of the electromagnetic field. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, (155):459–512.
- Milgram, S., Bickman, L., and Berkowitz, L. (1969). Note on the drawing power of crowds of different size. *Journal of personality and social psychology*, 13(2):79.
- Van Dyke, M. C. C., Teixeira, M. M., and Barker, B. M. (2019). Fantastic yeasts and where to find them: the hidden diversity of dimorphic fungal pathogens. *Current opinion in microbiology*, 52:55–63.

# Apêndice A

## Como fazer citações

Você pode fazer uma citação de diversas formas. Se você quiser fazer uma citação entre parênteses, você pode fazer assim: (Milgram et al., 1969). Se você quiser mencionar o número da página, você pode fazer assim: (Deb et al., 2002, p. 10). Agora, se você quiser fazer uma citação onde o autor é parte da sentença, você pode fazer assim: Maxwell (1865) afirma que... Se você quiser fazer uma citação com mais de um autor, você pode fazer assim: (Maxwell, 1865; Van Dyke et al., 2019). **Pode que ser, às vezes, você tenha que compilar o arquivo mais de uma vez para que as citações apareçam corretamente. Ou até escrever qualquer coisa a mais.**

## Apêndice B

### Como escrever equações

O LaTeX oferece uma ampla gama de recursos e pacotes para escrever e formatar equações de forma clara e profissional. Além disso, o LaTeX permite referenciar e numerar automaticamente as equações, facilitando a referência cruzada e a organização do conteúdo matemático. Aqui estão alguns exemplos de equações que você pode usar em seu trabalho.

Um exemplo básico de equação:

$$\mathcal{F}(\mathbf{r}, t) = \Re\{\mathbf{F}(\mathbf{r})e^{j\omega t}\} \quad (\text{B.1})$$

Um exemplo sobre como escrever múltiplas equações e o uso de fonte cursiva nas letras:

$$\nabla \times \mathcal{E}(\mathbf{r}, t) = -\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial t}(\mathbf{r}, t) \quad (\text{B.2})$$

$$\nabla \times \mathcal{H}(\mathbf{r}, t) = \frac{\partial \mathcal{D}}{\partial t}(\mathbf{r}, t) + \mathcal{J}(\mathbf{r}, t) \quad (\text{B.3})$$

$$\nabla \cdot \mathcal{D}(\mathbf{r}, t) = \rho(\mathbf{r}, t) \quad (\text{B.4})$$

$$\nabla \cdot \mathcal{B}(\mathbf{r}, t) = 0 \quad (\text{B.5})$$

Um exemplo de desenvolvimento de equação:

$$\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}) = j\omega\epsilon_0\epsilon_r\mathbf{E}(\mathbf{r}) + \sigma(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r}) + \mathbf{J}_i(\mathbf{r}) \quad (\text{B.6})$$

$$= j\omega\epsilon_0 \left( \epsilon_r(\mathbf{r}) - j\frac{\sigma(\mathbf{r})}{\omega\epsilon_0} \right) \mathbf{E}(\mathbf{r}) + \mathbf{J}_i(\mathbf{r}) \quad (\text{B.7})$$

$$= j\omega\mathcal{E}(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r}) + \mathbf{J}_i(\mathbf{r}) \quad (\text{B.8})$$

Um exemplo de equação quebrada em mais de uma linha:

$$\begin{aligned} \chi(\boldsymbol{\rho})E_{zi}(\boldsymbol{\rho}) = J_{zeq}(\boldsymbol{\rho}) + \frac{jk_b^2}{4}\chi(\boldsymbol{\rho}) \int_S dS' J_0(k_b|\boldsymbol{\rho} - \boldsymbol{\rho}'|)J_{zeq}(\boldsymbol{\rho}') \\ + \frac{jk_b^2}{4}\chi(\boldsymbol{\rho}) \int_S dS' Y_0(k_b|\boldsymbol{\rho} - \boldsymbol{\rho}'|)J_{zeq}(\boldsymbol{\rho}') \end{aligned} \quad (\text{B.9})$$

Um exemplo de equação com somatórios e integrais:

$$\begin{aligned} \iint_D E_{z_s}(\theta, \phi) w_u^{(\theta)}(\theta) w_v^{(\phi)}(\phi) d\theta d\phi = \\ - \frac{jk_b^2}{4} \sum_{i=1}^{N_I} \sum_{j=1}^{N_J} \sum_{p=1}^{N_P} \sum_{q=1}^{N_Q} \sum_{r=1}^{N_R} a_{ij} b_{pqr} \iint_D \iint_S d\theta d\phi dxdy \left[ G_{2D}^D(\theta, x, y) \right. \\ \left. f_i^{(x)}(x) f_j^{(y)}(y) g_p^{(x)}(x) g_q^{(y)}(y) g_r^{(\phi)}(\phi) w_u^{(\theta)}(\theta) w_v^{(\phi)}(\phi) \right], \\ u = 1, \dots, N_U, v = 1, \dots, N_V \quad (\text{B.10}) \end{aligned}$$

Um exemplo de definição de matriz:

$$\bar{\Lambda} = \begin{bmatrix} \Lambda_{11} & \Lambda_{12} & \cdots & \Lambda_{1N_V} \\ \Lambda_{21} & \Lambda_{22} & \cdots & \Lambda_{2N_V} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Lambda_{u1} & \Lambda_{u2} & \cdots & \Lambda_{uN_V} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Lambda_{N_U1} & \Lambda_{N_U2} & \cdots & \Lambda_{N_UN_V} \end{bmatrix} \quad (\text{B.11})$$

Um exemplo de definição de casos:

$$w_{uv} = \begin{cases} 1, & \text{in } D_{uv}, \\ 0, & \text{outside, } D_{uv} \end{cases} \quad (\text{B.12})$$

Um exemplo para organização de três matrizes em uma mesma linha:

$$\bar{\chi} = \begin{bmatrix} \chi_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \chi_{12} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \chi_{N_I N_J} \end{bmatrix} \quad \bar{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \beta_{12} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \beta_{N_I N_J} \end{bmatrix} \quad \bar{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} R_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & R_{12} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & R_{N_I N_J} \end{bmatrix} \quad (\text{B.13})$$

Note que você pode referenciar equações das seguintes formas:

- Quando ela estiver no meio da frase, você pode usar simplesmente o comando `\eqref{}`.  
Por exemplo: “...como mostrado em (B.2), ...”
- Quando você estiver no início da frase, você pode escrever: “A Eq. (B.2) mostra que...”

É claro que também é possível digitar equações através do comando `$$ $$$`, como por exemplo

$$a^2 + b^2 = c^2,$$

mas note que o LaTeX não irá numerar a equação e você não poderá referenciá-la.

Pode ser também que você queira usar o comando `\begin{equation}\end{equation}` e que o texto em seguida não comece em um novo parágrafo. Nesse caso, você pode usar o comando `\noindent` para evitar a quebra de linha. Por exemplo:

$$e^{j\pi} + 1 = 0 \tag{B.14}$$

a qual é a fórmula de Euler, uma das mais famosas equações da matemática.

## Apêndice C

### Como inserir figuras

Um exemplo sobre como inserir figuras simples pode ser visto em C.1. Você pode referenciar figuras através do comando `\ref{}` ou do comando `\autoref{}`. O primeiro comando apenas referencia o número da figura, enquanto o segundo comando referencia o número da figura e o nome dela. Por exemplo, você pode escrever: “...como mostrado na Figura C.1, ...”.

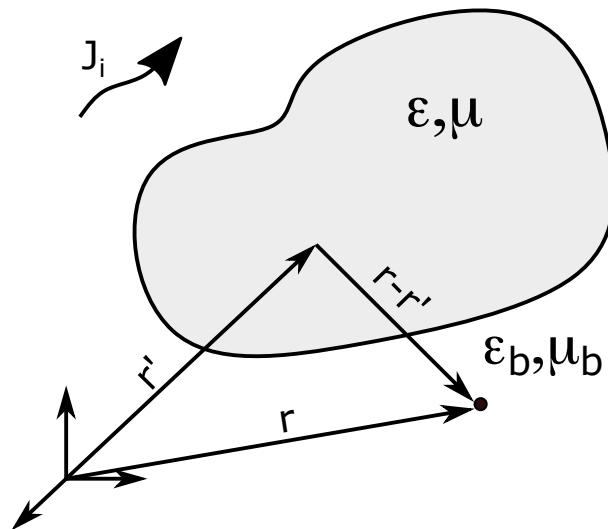


Figura C.1: General scattering problem.

Os comandos de posicionamento de figuras no LaTeX são usados para controlar a posição das figuras em relação ao texto. Existem alguns comandos de posicionamento comumente usados:

- `[h]`: Posiciona a figura “aqui”(here), ou seja, o mais próximo possível do local onde o comando é inserido no código. No entanto, o LaTeX pode ignorar esse comando se não houver espaço suficiente na página atual para acomodar a figura.
- `[t]`: Posiciona a figura no topo (top) da página.
- `[b]`: Posiciona a figura na parte inferior (bottom) da página.
- `[p]`: Posiciona a figura em uma página separada (page) exclusivamente para figuras.
- `[!htb]`: Combina os comandos `[h]`, `[t]` e `[b]`, permitindo que o LaTeX escolha a melhor

posição para a figura entre o topo, a parte inferior e o local onde o comando é inserido.

É importante observar que esses comandos são sugestões para o LaTeX e não garantem que a figura será posicionada exatamente onde você deseja. O LaTeX tentará encontrar a melhor posição para a figura com base em vários fatores, como espaço disponível na página e ajuste do layout.

Um exemplo de múltiplas figuras pode ser visto na Figura C.2. Um outro exemplo de múltiplas figuras pode ser visto na Figura C.3. Um exemplo para inserir duas figuras horizontais é a Figura C.4.

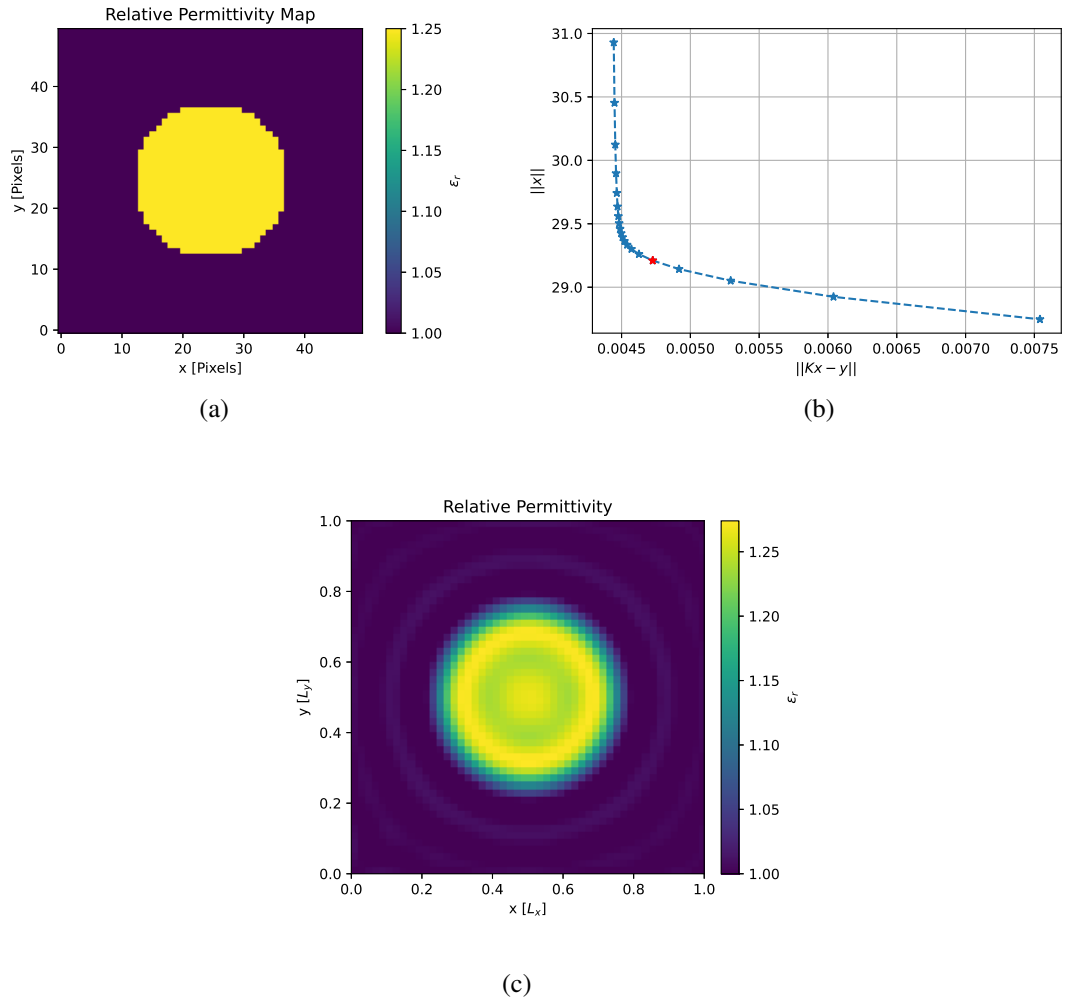


Figura C.2: Example of applying the L-curve Method to a linear problem where it presupposes knowledge of the total field. (a) A simple instance of a contrast dielectric circle  $\chi = 0.25$  and radius  $0.8\lambda_b$ . Respecting the degrees of freedom, the scattered field was sampled in 45 positions for 45 incidence angles at a distance of  $10\lambda_b$  from the center of the image. (b) L-curve considering 20 values of  $\alpha_T$  in a range of  $10^{-5}$  a  $10^{-2}$ . The red dot represents the solution with the shortest normalized distance to the origin. Its  $\alpha_T$  value is approximately  $2.3357 \times 10^{-3}$ . (c) Reconstruction of the image using the  $\alpha_T$  value from the red dot. No inverse crime was committed since the data were obtained from the analytical solution.



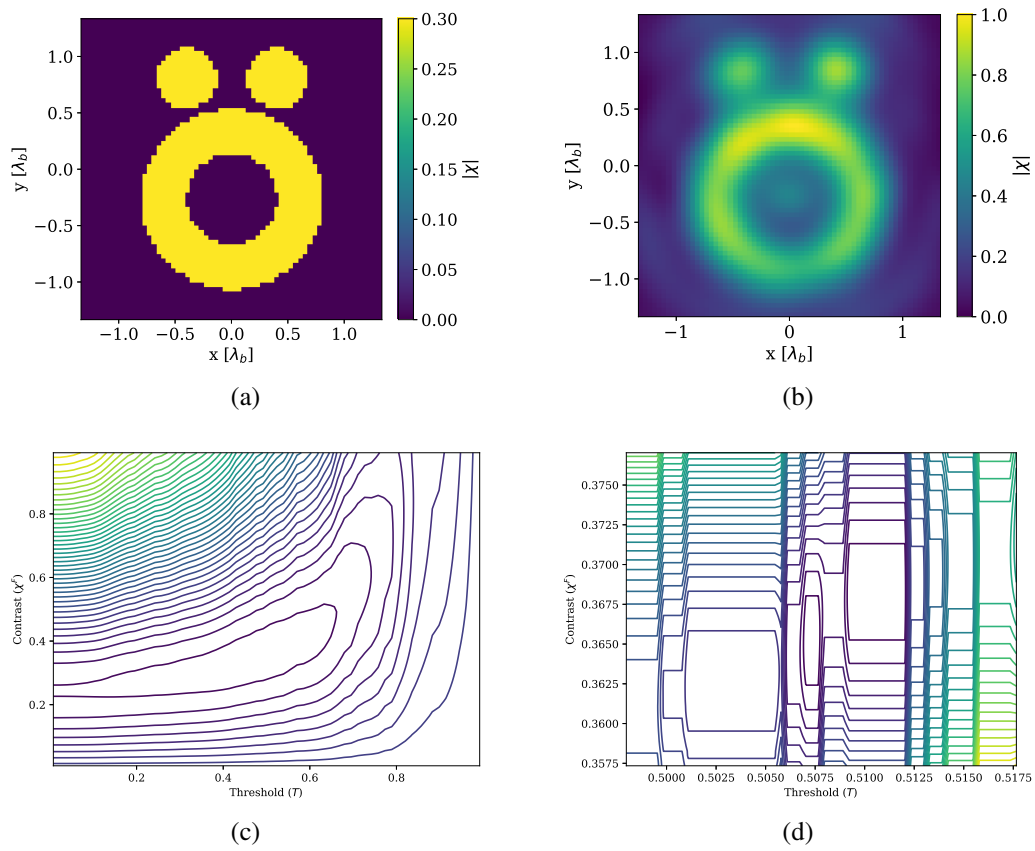
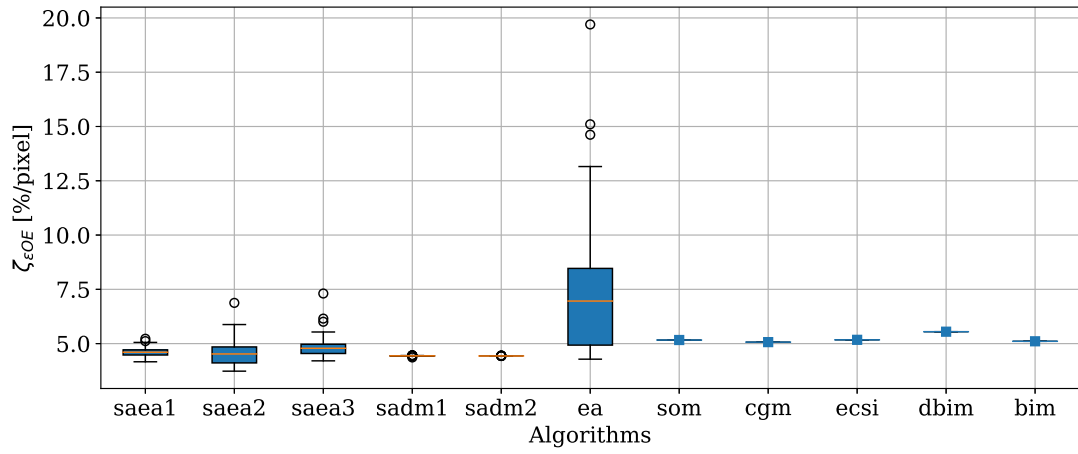
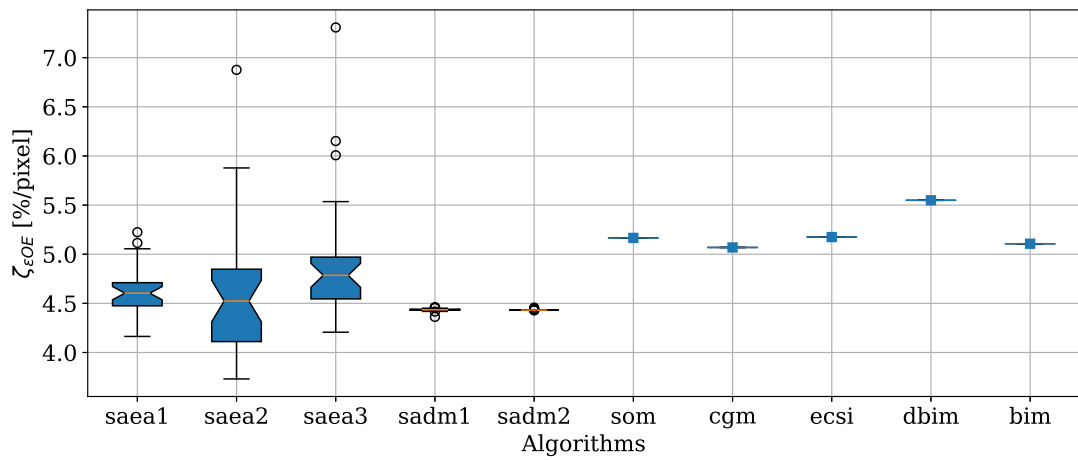


Figure C.3: Example of an objective function resulting from the transformation of the inversion problem into a two-dimensional optimization one: (a) the ground-truth image; (b) the image obtained by OSM; (c) the surface obtained by the transformation of the inversion problem into a two-dimensional optimization one; and (d) a zoom over the region close to the optimum.



(a)



(b)

Figura C.4: Performance of  $\zeta_{\epsilon OE}$  indicator for various algorithms in the Austria profile. (a) Boxplots show quartiles of 30 executions for stochastic algorithms, and the solid line represents the deterministic algorithms. (b) Exclusion of the EA algorithm for better visualization of differences among algorithms.

## Apêndice D

### Como inserir tabelas

Um exemplo de tabela simples é a D.1.

Tabela D.1: Parameters for problem specification of Austria profile case study.

$N_M$	$N_S$	$R_O$	$f$	$L_X, L_Y$	$\epsilon_{rb}$
32	16	6 [m]	400 [MHz]	2 [m]	1

O comando `\renewcommand{\arraystretch}{1.3}` redefine o espaçamento entre linhas da tabela. Ou você pode usar o comando `\setstretch{1.}` dentro do ambiente da tabela.

Um exemplo de tabela mais complicada pode ser visto na D.2. Você pode referenciar tabelas da mesma forma que você referencia figuras. Por exemplo, você pode escrever: “...como mostrado na Tabela D.2, ...”.

Se você tiver tabelas muito compridas e precisar colocá-las na horizontal, você pode fazer através do comando `\begin{landscape} . . . \end{landscape}`. Um exemplo de tabela na horizontal pode ser visto na Tabela D.3.

Tabela D.2: Classification of methods by their properties.

Classes		Methods			
Qualitative	Linear Sampling Method				
	Orthogonality Sampling Method				
Quantitative	Deterministic	Linear	Born Approximation		
			Rytov Approximation		
			Back-Propagation Method		
			Dominant Current Scheme		
		Forward and inverse subproblems	Born Iterative Method		
			Distorted Born Iterative Method		
			Variational Born Iterative Method		
			Level-Set Method		
		Nonlinear	Gradient-based	Conjugated-Gradient Method	
				Contrast Source Inversion	
				Subspace-based	Optimization Method
	Other	Compressive Sensing			
		Regularization on Lp Banach Spaces			
		Virtual Experiments			
		Deep learning methods			
Stochastic	Components	Types			
	Representation	Known geometries			
		Contours			
		Pixel-based			
	Objective function	Data equation residual			
		Data and state equation residual			
	Mechanism	GA			
		DE			
PSO					
Population Initialization	Random				
	Born Approximation				

Tabela D.3: P-values for posthoc multiple pairwise comparisons considering the  $\zeta_{\epsilon OE}$  indicator, with the compatible statistical test for each test set. The significance level has been corrected using the Bonferroni method, resulting in 0.0083. Detected differences are indicated in bold format. Confidence intervals are compute for means when Paired T-Test are evaluated and for medians when the Wilcoxon Signed-Rank Test is evaluated.

Pairs	$\chi = 0.5$				$\chi = 1$				$\chi = 2$				$\chi = 3$			
	Wilcoxon		Paired T-Test		Wilcoxon		Paired T-Test		Wilcoxon		Paired T-Test		Wilcoxon		Paired T-Test	
	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.
SAEA1-SAEA2	0.2988	(-0.031, 0.034)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.322, 0.895)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.675, 1.576)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.4, 1.484)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.675, 1.576)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.4, 1.484)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.675, 1.576)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.4, 1.484)
SAEA1-SAEA3	0.1706	(0.012, 0.124)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.5, -1.33)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.165, -0.916)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.574, -1.019)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.165, -0.916)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.574, -1.019)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.165, -0.916)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.574, -1.019)
SAEA1-SADM2	0.0577	(-0.089, 0.002)	<b>0.003</b>	(-1.99, -0.132)	0.6702	(-0.804, 0.842)	0.2054	(-1.35, 0.862)	0.6702	(-0.804, 0.842)	0.2054	(-1.35, 0.862)	0.6702	(-0.804, 0.842)	0.2054	(-1.35, 0.862)
SAEA2-SAEA3	0.2988	(-0.017, 0.148)	<b>&lt;0.0001</b>	(-3.18, -1.87)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.152, -2.3)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.301, -2.237)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.152, -2.3)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.301, -2.237)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.152, -2.3)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.301, -2.237)
SAEA2-SADM2	0.0164	(-0.109, -0.009)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.71, -0.634)	<b>0.0008</b>	(-1.542, -0.063)	<b>0.0015</b>	(-2.494, 0.137)	<b>0.0008</b>	(-1.542, -0.063)	<b>0.0015</b>	(-2.494, 0.137)	<b>0.0008</b>	(-1.542, -0.063)	<b>0.0015</b>	(-2.494, 0.137)
SAEA3-SADM2	0.1347	(-0.21, -0.023)	0.023	(-0.153, 1.86)	0.0113	(0.912, 3.128)	0.1642	(-0.886, 2.103)	0.0113	(0.912, 3.128)	0.1642	(-0.886, 2.103)	0.0113	(0.912, 3.128)	0.1642	(-0.886, 2.103)

Tabela D.4: P-values for posthoc multiple pairwise comparisons obtained by Wilcoxon Signed-Rank tests considering the  $\zeta_S$  indicator. The significance level has been corrected using the Bonferroni method, resulting in 0.0083. Detected differences are indicated in bold format. The confidence interval for medians is also presented.

Pairs	$\chi = 0.5$				$\chi = 1$				$\chi = 2$				$\chi = 3$				$\chi = 4$			
	Wilcoxon		Paired T-Test		Wilcoxon		Paired T-Test		Wilcoxon		Paired T-Test		Wilcoxon		Paired T-Test		Wilcoxon		Paired T-Test	
	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.	p-value	Conf. In.
SAEA1-SAEA2	<b>&lt;0.0001</b>	(0.34, 0.92)	<b>&lt;0.0001</b>	(0.49, 1.09)	<b>&lt;0.0001</b>	(1.02, 2.04)	<b>0.0002</b>	(0.67, 2.01)	<b>0.0002</b>	(1.02, 2.04)	<b>0.0002</b>	(0.67, 2.01)	<b>0.0002</b>	(1.02, 2.04)	<b>0.0002</b>	(0.67, 2.01)	<b>0.0002</b>	(1.02, 2.04)	<b>0.0002</b>	(0.67, 2.01)
SAEA1-SAEA3	<b>0.0002</b>	(-1.32, -0.49)	<b>&lt;0.0001</b>	(-5.38, -3.52)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.46, -1.34)	<b>&lt;0.0001</b>	(-3.16, -1.28)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.46, -1.34)	<b>&lt;0.0001</b>	(-3.16, -1.28)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.46, -1.34)	<b>&lt;0.0001</b>	(-3.16, -1.28)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.46, -1.34)	<b>&lt;0.0001</b>	(-3.16, -1.28)
SAEA1-SADM2	<b>0.0012</b>	(0.02, 0.69)	<b>0.0081</b>	(-2.38, 0.37)	0.3931	(-0.85, 0.59)	0.1706	(-1.72, 1.16)	0.3931	(-0.85, 0.59)	0.1706	(-1.72, 1.16)	0.3931	(-0.85, 0.59)	0.1706	(-1.72, 1.16)	0.3931	(-0.85, 0.59)	0.1706	(-1.72, 1.16)
SAEA2-SAEA3	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.15, -0.97)	<b>&lt;0.0001</b>	(-5.80, -3.40)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.69, -1.97)	<b>&lt;0.0001</b>	(-5.73, -2.71)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.69, -1.97)	<b>&lt;0.0001</b>	(-5.73, -2.71)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.69, -1.97)	<b>&lt;0.0001</b>	(-5.73, -2.71)	<b>&lt;0.0001</b>	(-4.69, -1.97)	<b>&lt;0.0001</b>	(-5.73, -2.71)
SAEA2-SADM2	0.1996	(-0.20, 0.15)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.64, -0.17)	<b>&lt;0.0001</b>	(-2.70, -0.66)	<b>0.0007</b>	(-3.61, 0.08)	<b>0.0007</b>	(-2.70, -0.66)	<b>0.0007</b>	(-3.61, 0.08)	<b>0.0007</b>	(-2.70, -0.66)	<b>0.0007</b>	(-3.61, 0.08)	<b>0.0007</b>	(-2.70, -0.66)	<b>0.0007</b>	(-3.61, 0.08)
SAEA3-SADM2	<b>&lt;0.0001</b>	(0.51, 1.82)	<b>0.0081</b>	(0.91, 3.32)	0.0087	(0.83, 2.88)	0.2801	(-0.62, 1.93)	0.0087	(0.83, 2.88)	0.2801	(-0.62, 1.93)	0.0087	(0.83, 2.88)	0.2801	(-0.62, 1.93)	0.0087	(0.83, 2.88)	0.2801	(-0.62, 1.93)

# Apêndice E

## Como inserir algoritmos

No LaTeX também é possível inserir pseudo-algoritmos. Um exemplo de algoritmo é o Algoritmo 1. Para outras opções de pacotes para inserir algoritmos, você pode consultar o pacote usado, que é o *algorithm2e*. Nessa versão, o pacote *algorithm2e* foi configurado para usar o idioma português. Mas, se você estiver escrevendo em inglês, é só mudar a opção do pacote para *english*. Isso só muda o título. Os comandos em português são outros, como por exemplo: `\Entrada{}`, `\Saida{}`, `\Se{}`, `\Senao{}`, `\Enqto{}`, entre outros.

---

**Algoritmo 1:** Distorted Born Iterative Method.

---

**Input:**  $\bar{\mathbf{E}}^s$ ,  $\bar{\mathbf{G}}^{2D}$ ,  $\bar{\mathbf{G}}^S$

**Output:**  $\bar{\boldsymbol{\chi}}$ ,  $\bar{\mathbf{E}}$

```

1 Compute an initial guess  $\bar{\boldsymbol{\chi}}^0$  based on available information
2  $t \leftarrow 0$ 
3 while some criterion is not reached do
4   Solve  $(\bar{\mathbf{I}} - \bar{\mathbf{G}}^S \bar{\boldsymbol{\chi}}^t) \bar{\mathbf{G}}^{\text{in},t} = \bar{\mathbf{G}}^{2D}$  for  $\bar{\mathbf{G}}^{\text{in},t}$ 
5   Solve the direct problem for  $\bar{\mathbf{E}}^t$  and  $\bar{\mathbf{E}}^{s,t}$ 
6    $\Delta \bar{\mathbf{E}}^s = \bar{\mathbf{E}}^s - \bar{\mathbf{E}}^{s,t}$ 
7   Solve the inverse linear problem  $\Delta \bar{\mathbf{E}}^s = \bar{\mathbf{G}}^{\text{in},t} \Delta \bar{\boldsymbol{\chi}} \bar{\mathbf{E}}^t$  for  $\Delta \bar{\boldsymbol{\chi}}$ 
8    $\bar{\boldsymbol{\chi}}^t \leftarrow \bar{\boldsymbol{\chi}}^{t-1} + \Delta \bar{\boldsymbol{\chi}}^t$ 
9    $t \leftarrow t + 1$ 
10 end
```

---

## Apêndice F

# Como inserir definições e outras coisas especiais

Nesse modelo, foram adicionados alguns ambientes para facilitar a escrita de definições, teoremas, lemas, corolários, entre outros. Você pode adicionar mais ambientes no arquivo *configuracoes.tex*. Aqui vai alguns exemplos de como usar esses ambientes.

Um exemplo de definição:

**Definição 1.** *Projection Operator*

*Let  $X$  be a normed space over the field  $\mathbb{K} = \mathbb{R}$  or  $\mathbb{K} = \mathbb{C}$ . Let  $U \subset X$  be a closed subspace. A linear bounded operator  $\mathcal{P} : X \rightarrow X$  is called a projection operator on  $U$  if*

- $\mathcal{P}\{x\} \in U, \forall x \in X$  and
- $\mathcal{P}\{x\} = x, \forall x \in U$ .

Um exemplo de teorema:

**Teorema 2.** *Let  $X$  be a pre-Hilbert space. The mapping  $\|\cdot\| : X \rightarrow \mathbb{R}$  defined by*

$$\|x\| := \sqrt{\langle x, x \rangle}, x \in X$$

*is a norm. Furthermore:*

1.  $|(x, y)| \leq \|x\| \|y\|, \forall x, y \in X$  (Cauchy-Schwarz inequality);
2.  $\|x \pm y\|^2 = \|x\|^2 + \|y\|^2 \pm 2\Re\{\langle x, y \rangle\} \forall x, y \in X$  (binomial formula);
3.  $\|x + y\|^2 + \|x - y\|^2 = 2\|x\|^2 + 2\|y\|^2 \forall x, y \in X$ .

Note que, se você estiver escrevendo em inglês, você precisará mudar a definição desses ambientes no arquivo *configuracoes.tex*.

Outro recurso interessante é poder colocar códigos de programação. Nesses casos, você pode usar o ambiente *lstlisting*. Um exemplo de código em Python pode ser visto abaixo. Esse código foi escrito em outro arquivo *.tex* apenas para fins de organização. Como esse apêndice é adicionado no arquivo principal *main.tex* através do comando `\include{}`, então, para adicionarmos o arquivo do código, usamos o comando `\input{}`.

```
# Evaluate contours
```

```

co = measure.find_contours(original, 1.0, fully_connected='high')
cr = measure.find_contours(recovered, threshold)

# Converting scale of recovered contour
for i in range(len(cr)):
    cr[i][:, 1] = original.shape[1]*cr[i][:, 1]/recovered.shape[1]
    cr[i][:, 0] = original.shape[0]*cr[i][:, 0]/recovered.shape[0]

# Thresholding
masko = np.zeros(original.shape, dtype=bool)
maskr = np.zeros(recovered.shape, dtype=bool)
masko[original > 1] = True
maskr[recovered >= threshold] = True

# Evaluate centers
xo, yo = np.meshgrid(np.arange(0, original.shape[1]),
                     np.arange(0, original.shape[0]))
xr, yr = np.meshgrid(np.linspace(0, original.shape[1]-1,
                                 recovered.shape[1]),
                     np.linspace(0, original.shape[0]-1,
                                 recovered.shape[0]))

xco = np.sum(masko*xo)/np.sum(masko)
yco = np.sum(masko*yo)/np.sum(masko)
xcr = np.sum(maskr*xr)/np.sum(maskr)
ycr = np.sum(maskr*yr)/np.sum(maskr)

# Centralization
for i in range(len(co)):
    co[i][:, 0] = co[i][:, 0]-yco+original.shape[0]/2
    co[i][:, 1] = co[i][:, 1]-xco+original.shape[1]/2

# Centralization
for i in range(len(cr)):
    cr[i][:, 0] = cr[i][:, 0]-ycr+original.shape[0]/2
    cr[i][:, 1] = cr[i][:, 1]-xcr+original.shape[1]/2

# Verify points
masko = np.zeros(original.shape, dtype=bool)
counter = np.zeros(original.shape)

```



```

for i in range(len(co)):
    maskt = measure.grid_points_in_poly(original.shape, co[i])
    counter[maskt] += 1
    masko[np.mod(counter, 2) == 1] = True

# Verify points
maskr = np.zeros(original.shape, dtype=bool)
counter = np.zeros(original.shape)
for i in range(len(cr)):
    maskt = measure.grid_points_in_poly(original.shape, cr[i])
    counter[maskt] += 1
    maskr[np.mod(counter, 2) == 1] = True

# Xor operation
diff = np.logical_xor(masko, maskr)

# Area of the difference
zeta_s = np.sum(diff)/np.sum(masko)*100

# Figure
fig, axis = plt.subplots(ncols=3, figsize=[3*6.4,4.8])
fig.subplots_adjust(wspace=.5)
axis[0].imshow(masko, origin='lower')
axis[0].set_title('Original')
axis[1].imshow(maskr, origin='lower')
axis[1].set_title('Recovered')
axis[2].imshow(diff, origin='lower')
axis[2].set_title('Difference')

plt.show()

```