



**UNIVERSIDADE DE ITAÚNA  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO  
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIA DA COMPUTACAO  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**Eugênio Cunha**

**APRENDIZADO DE MÁQUINA APLICADO À VALORAÇÃO DE  
REDAÇÕES**

**ITAÚNA  
2017**

EUGÊNIO CUNHA

## APRENDIZADO DE MÁQUINA APLICADO À VALORAÇÃO DE REDAÇÕES

Projeto submetido à Coordenadoria do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade de Itaúna - Campus Verde, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de pesquisa: Aprendizagem de Máquina

Orientador: Prof. Dr. Marco Túlio Alves N Rodrigues

Itaúna  
2017



UNIVERSIDADE DE ITAÚNA  
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

EUGÊNIO CUNHA

Este projeto foi julgada adequada para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação, sendo aprovada pela coordenação de ciência da computação do curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Campus verde da Universidade de Itaúna e pela banca examinadora:

---

Orientador: Prof. Dr. Marco Túlio Alves N  
Rodrigues  
Universidade de Itaúna- UIT

---

Avaliador: Prof. Me. Felipe Domingos da  
Cunha  
Universidade de Itaúna- UIT

Itaúna, 19 de Junho de 2017

Dedico este trabalho a Davi, meu filho, sempre preocupado em proporcionar um minuto de pausa para brincadeiras durante minhas horas de estudo, “meus melhores minutos”!

“Os computadores são incrivelmente rápidos, precisos e burros; os homens são incrivelmente lentos, imprecisos e brilhantes; juntos, seus poderes ultrapassam os limites da imaginação”.

Albert Einstein

---

# Resumo

---

Este trabalho baseou-se na avaliação das competências exigidas em um texto de redação do tipo dissertativo-argumentativo com temas diversificados de ordem social, científica, cultural ou política. Fundamentou-se no estudo das técnicas de aprendizado de máquina supervisionado que provê uma gama diversificada de algoritmos poderosos para classificações de textos.

O objetivo deste trabalho é classificar as competências exigidas em um texto de redação a partir do treinamento de um modelo de aprendizado de máquina com base em um *corpus* de redações avaliadas seguindo as competências exigidas em uma redação do tipo dissertativa-argumentativa.

A compilação de um *corpus* de redações para treinamento e teste de um modelo de aprendizado de máquina exigiu a prática de extração de informações que compreende técnicas e algoritmos que realizam duas tarefas importantes: a identificação de informações desejadas a partir de documentos estruturados e não-estruturados, e o armazenamento dessas informações em um formato apropriado para uso futuro. Afim de se avaliar a eficácia dos classificadores, vários experimentos foram executados usando-se um *corpus* extraído do banco de redações da UOL (UOL, 2017), um serviço que estimula o estudante a treinar produção de textos, em especial do gênero dissertativo-argumentativo.

O resultado de classificação das competências exigidas em um texto de redação obtidas experimentalmente mostraram que o resultado geral do sistema proposto é comparável à avaliação manual por avaliadores capacitados.

**Palavras-chaves:** Aprendizado de máquina, Banco de Redações, Classificação, Redação

---

# Sumário

---

## Lista de Figuras

## Lista de Tabelas

## Lista de Símbolos

## Lista de Abreviaco es

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>12</b>
1.1	Definição do Problema de Pesquisa . . . . .	13
1.2	Motivação . . . . .	13
1.3	Objetivos Gerais e Específicos . . . . .	14
1.3.1	Objetivos Especificos . . . . .	14
1.4	Metodologia . . . . .	14
1.5	Contribuico es . . . . .	15
1.6	Organizacao do trabalho . . . . .	15
<b>2</b>	<b>Trabalhos Relacionados</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>18</b>
3.1	Métodos de Kernel . . . . .	18
3.2	Kernel em análise de padrões . . . . .	18
3.2.1	Exemplo de uma equação mais complexa . . . . .	19
3.3	Tabelas . . . . .	19

<b>4</b>	<b>Método Proposto</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Desenvolvimento</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Resultados Experimentais</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão e Trabalhos Futuros</b>	<b>25</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>26</b>
	<b>Apêndice A – Título do Apêndice</b>	<b>27</b>
	<b>Apêndice B – Exemplo do pacote Algorithm</b>	<b>28</b>



---

# Lista de Figuras

---

1	Diagrama de blocos da primeira etapa. . . . .	15
2	Diagrama de blocos da segunda etapa. . . . .	15
3	Diagrama de blocos da terceira etapa. . . . .	16
4	Diagrama de blocos da quarta etapa. . . . .	16
5	Curvas de funções de probabilidade: (a) exemplo 1, (b) exemplo 2. . . .	21

---

# Lista de Tabelas

---

1	Modelos estatísticos e suas relações. . . . .	20
---	---	----

---

# Lista de Símbolos

---

<i>TAG</i>	Rótulo
<i>BOW</i>	Representação da frequência acumulada de palavras em documentos diferentes a partir de um dicionário pré-criado

---

# Lista de Abreviaco es

---

<b>IA</b>	Inteligência artificial
<b>CSF</b>	Ciência sem fronteiras
<b>UnB</b>	Universidade de Brasília
<b>SISU</b>	Sistema de Seleção Unificada
<b>ENEM</b>	Exame Nacional do Ensino Médio
<b>INEP</b>	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
<b>CEBRASPE</b>	Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos

# INTRODUÇÃO

---

O desenvolvimento de uma redação é uma atividade prática presente na cultura civilizada desde a invenção da escrita. Já faz pelo menos uma década que um bom desempenho na redação do Exame Nacional de Ensino Médio - ENEM virou sinônimo de chances maiores para ser aprovado no processo seletivo de acesso a inúmeras universidades públicas (SISU, 2017) e a importantes programas de governo como Ciência sem fronteiras (CSF, 2017).

Em todo processo seletivo é comum o uso de marcações em gabaritos afim de automatizar o processo de correção, uma alternativa rápida e segura, até mesmo aplicações de provas eletrônicas são cada vez mais comum. Um exemplo seria o processo seletivo para avaliador das redações do ENEM que durante a “FASE II” respondem uma prova eletrônica eliminatória (CEBRASPE, 2016a). É notável que todo o processo evoluiu com objetivo de agilidade, confiança e segurança do resultado, entretanto a avaliação das competências de uma redação ainda depende exclusivamente da supervisão de duas ou mais pessoas envolvidas (INEP, 2016).

A redação é aplicada no ENEM desde a primeira edição 1998, hoje o maior exame do Brasil, que na edição de 2016 teve 8.627.195 escritos confirmados, e a participação direta de 11.360 profissionais externos na correção de 5.825.134 redações, entre eles, 378 supervisores e 10.982 avaliadores de acordo com a CEBRASPE (CEBRASPE, 2016b).

Segundo o edital do ENEM 2016 (INEP, 2016) cada redação foi avaliada por, pelo menos, dois avaliadores, de forma independente, contabilizando um número mínimo de 11.650.268 avaliações manuais, das competências exigidas em um texto de redação pelo ENEM.

*Machine Learning* ou aprendizado de máquina é uma área de IA cujo objetivo é o desenvolvimento de técnicas computacionais sobre o aprendizado bem como a construção de sistemas capazes de adquirir conhecimento de forma automática. Os

algoritmos de aprendizado de máquina procuram padrões dentro de um conjunto de dados (MITCHELL, 1997). Esses algoritmos existem há bastante tempo, uma ciência que não é nova, mas que está ganhando um novo impulso enquanto o processamento computacional cresce e fica mais barato.

A hipótese desta monografia é que um ou mais modelos de aprendizado de máquina na valoração das competências de uma redação pode ser tão eficiente quanto o processo de avaliação manual.

## 1.1 Definição do Problema de Pesquisa

Dado um corpus de redações avaliar as competências exigidas em um texto de redação do tipo dissertativo-argumentativo substituindo a etapa de avaliação manual.

## 1.2 Motivação

Com crescente volume e variedade de dados disponíveis, o processamento computacional que está mais barato e mais poderoso, e o armazenamento de dados de forma acessível, o aprendizado de máquina está no centro de muitos avanços tecnológicos atingindo áreas antes exclusivas de seres humanos. Os carros autônomos do Google são o exemplo de uma atividade antes exclusiva de um humano e hoje exercida e aperfeiçoada por algoritmos de aprendizado de máquina (WAYMO, 2017).

Aplicações de aprendizado de máquina estão presentes na nossa vida cotidiana como, resultados de pesquisa web, análise de sentimento baseado em texto e na detecção de fraudes em operações com cartões de crédito (BATISTA *et al.*, 1999).

As competências exigidas em uma redação podem ser avaliadas por aprendizado de máquina. Diferente de um ser humano um algoritmo de aprendizado de máquina está livre de ansiedade, fadiga, *stress* entre outros fatores emocionais que afetam uma avaliação. Isto representaria a classificação de um texto imparcial a opinião do autor classificando todas as competências necessárias para definição de uma nota.

## 1.3 Objetivos Gerais e Específicos

Este trabalho tem como objetivo geral aplicar aprendizado de máquina na avaliação das competências exigidas em um texto de redação do tipo dissertativo-argumentativo.

### 1.3.1 Objetivos Específicos

Dentro do escopo geral de forma detalhada e refinada as ações que se pretende executar para alcançar o objetivo geral acima, são particularizadas como os seguintes objetivos específicos:

- Coletar, normalizar e compilar um *corpus* de redações com textos em prosa, do tipo dissertativo-argumentativo com temas diversificados, onde todas as competências foram avaliadas;
- Montar um fluxo de trabalho utilizando a ferramenta de *Data Mining* Orange3 com modelos classificadores de múltiplas classes;
- Ajustar e treinar os modelos classificadores com o corpus de redações;
- Realizar testes;
  - Acurácia ou taxa de erro;
  - *Overfitting* ou super-ajustamento;
  - *Noise* ou ruído;
- Representar graficamente os resultados obtidos.

## 1.4 Metodologia

Para concluir com êxito os objetivos propostos o método utilizado para solução do problema tem os seguintes passos:



**Figura 1:** Diagrama de blocos da primeira etapa.



**Figura 2:** Diagrama de blocos da segunda etapa.

## 1.5 Contribuicoes

## 1.6 Organizacao do trabalho

**Capítulo 2:** descricao...

**Capítulo 4:** descricao...

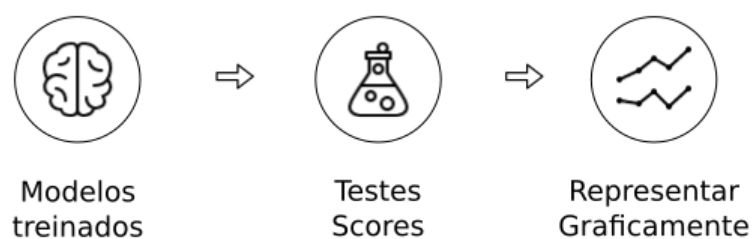
**Capítulo 5:** descricao...

**Capítulo 6:** descricao...





**Figura 3:** Diagrama de blocos da terceira etapa.



**Figura 4:** Diagrama de blocos da quarta etapa.

## CAPÍTULO 2

---

# TRABALHOS RELACIONADOS

---

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

### 3.1 Métodos de Kernel

Este capítulo tem como objetivo

### 3.2 Kernel em análise de padrões

Em análise de padrões, temos como objetivo detectar automaticamente padrões em um conjunto de dados de um determinado problema. Por padrões, podemos entender qualquer relação ou regularidades inerentes à alguma estrutura em uma fonte de dados. Essa análise geralmente é feita a partir dos valores de entrada e suas respectivas saídas (no caso da aprendizagem supervisionada) fornecidas no problema. Essas informações podem formar padrões em que se torna possível verificar o valor de uma saída dada uma nova entrada fornecida pelo usuário.

Diversos problemas podem ser resolvidos utilizando esta abordagem, categorização de textos, análise de sequências de DNA, reconhecimento de escrita, por exemplo.

A abordagem de análise de padrões utilizando métodos de kernel se baseia em adaptar os dados de entrada em um espaço característico adequado e nos algoritmos usados para descobrir os padrões do problema. Levando em conta isso, podemos pensar que qualquer solução com métodos de kernel é composta por estas duas partes: uma em que é feito o mapeamento nesse espaço característico e a outra em que é executado o algoritmo de aprendizagem para detectar os padrões neste espaço. A ideia por trás desta abordagem é poder mapear os dados em um espaço em que possamos

Uma das principais características desses métodos é o atalho computacional que pode ser utilizado, tal atalho é conhecido como função de kernel.

O Kernel é uma função de mapeamento de dados em dimensões superiores com a motivação de torná-los mais fáceis de separar ou estruturá-los de maneira mais adequada. Essas funções podem ser utilizadas nas tarefas de reconhecimento de padrões.

$$Z = X \cdot Y, \quad (3.1)$$

em que  $Z$ ,  $X$  e  $Y$  são variáveis complexas. A referência à Equação (3.1) é feita por meio do comando “ref”. O mesmo vale para outros tipos de elementos.

### 3.2.1 Exemplo de uma equação mais complexa

Equações mais complexas podem ser mais facilmente escritas com uso do programa TexAide. Como, por exemplo,

$$f_{\Gamma^{1/2}}(x; \alpha, \lambda) = \frac{2\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{2\alpha-1} \exp(-\lambda x^2). \quad (3.2)$$
$$\alpha, \lambda > 0.$$

em que  $\Gamma(\cdot)$  é a função Gama. O programa TexAide é semelhante ao *MathType* do Office, porém ao copiar e colar a equação em um arquivo tex, é gerado o código em LaTeX referente a esta equação.

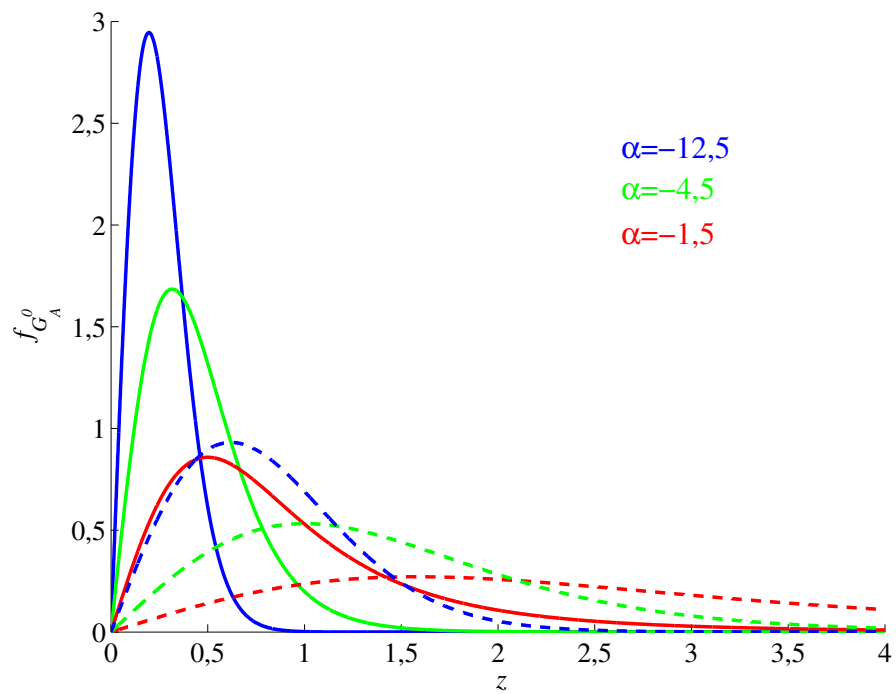
## 3.3 Tabelas

Tabelas são essenciais na apresentação de dados. A Tabela 1 mostra um exemplo do uso deste tipo de elemento. Vale ressaltar que não é aconselhável o uso de linhas verticais em trabalhos acadêmicos e de pesquisa.

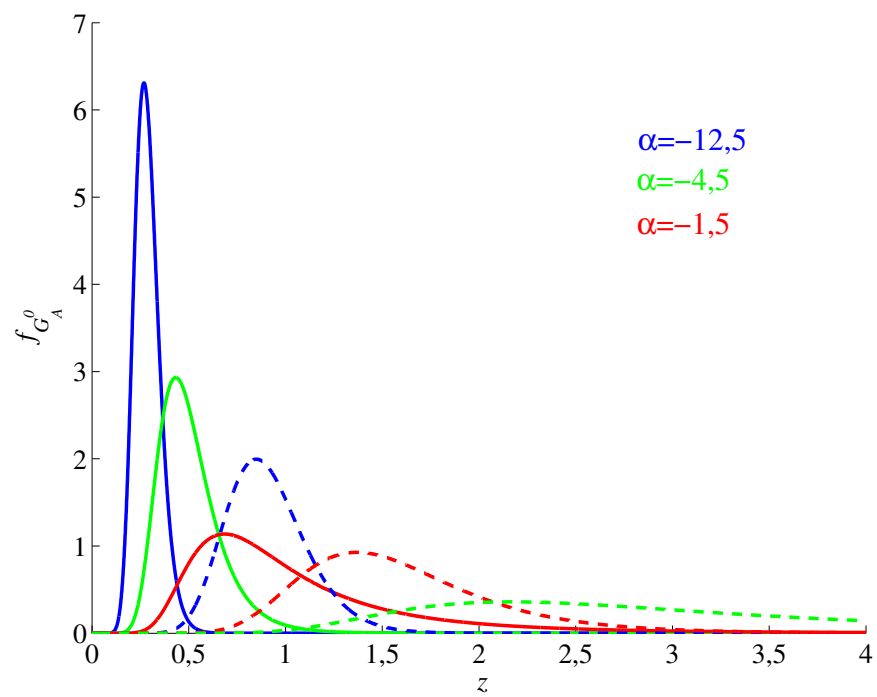
A Figura 5 mostra o exemplo do uso do comando “subfigure”. Apesar de aceitar diferentes tipos de imagens. É preferível que as imagens estejam no formato .eps. Isso garante que a imagem impressa seja exatamente aquela visualizada, como acontece com arquivos pdf.

**Tabela 1:** Modelos estatísticos e suas relações.

$\mathcal{N}^{-1/2}(x; \alpha, \gamma, \lambda)$	$\alpha, \lambda > 0$ $\gamma \rightarrow 0$ $\xrightarrow{D}$	Heterogêneo $\sqrt{\Gamma}(\alpha, \lambda)$	$\alpha, \lambda \rightarrow \infty$ $\alpha/\lambda \rightarrow \beta$ $\xrightarrow{P}$	Homogêneo $\sqrt{\beta}$
	$\xrightarrow{D}$ $\lambda \rightarrow 0$ $-\alpha, \gamma > 0$	$\Gamma^{-1/2}(\alpha, \gamma)$ Extremamente Heterogêneo	$\xrightarrow{P}$ $-\alpha/\gamma \rightarrow \zeta^{-1}$ $-\alpha, \gamma \rightarrow \infty$	$\sqrt{\zeta^{-1}}$ Homogêneo
$\mathcal{G}_A(z; \alpha, \gamma, \lambda, n)$	$\alpha, \lambda > 0$ $\gamma \rightarrow 0$ $\xrightarrow{D}$	Heterogêneo $\mathcal{K}_A(\alpha, \lambda, n)$	$\alpha, \lambda \rightarrow \infty$ $\alpha/\lambda \rightarrow \beta$ $\xrightarrow{P}$	Homogêneo $\sqrt{\Gamma}(n, n/\beta)$
	$\xrightarrow{D}$ $\lambda \rightarrow 0$ $-\alpha, \gamma > 0$	$\mathcal{G}_A^0(\alpha, \gamma, n)$ Extremamente Heterogêneo	$\xrightarrow{P}$ $-\alpha/\gamma \rightarrow \zeta$ $-\alpha, \gamma \rightarrow \infty$	$\sqrt{\Gamma}(n, n\zeta)$ Homogêneo



(a)



(b)

**Figura 5:** Curvas de funções de probabilidade: (a) exemplo 1, (b) exemplo 2.

## CAPÍTULO 4

---

# MÉTODO PROPOSTO

---

## CAPÍTULO 5

---

# DESENVOLVIMENTO

---



## CAPÍTULO 6

---

# RESULTADOS EXPERIMENTAIS

---

## CAPÍTULO 7

---

# CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

---

---

## Referências Bibliográficas

---

BATISTA, GEAPA; CARVALHO, ACPLF; MONARD, Maria C; BRASIL, Silicon Graphics. Aplicando seleção unilateral em conjuntos de exemplos desbalanceados: Resultados iniciais. In: **XIX CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO “EDUCAÇÃO E APRENDIZAGEM NA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO**. [S.l.: s.n.], 1999. v. 20, p. 327–340.

CEBRASPE. **CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISA EM AVALIAÇÃO E SELEÇÃO E DE PROMOÇÃO DE EVENTOS (CEBRASPE) PROGRAMA DE ATUALIZAÇÃO, QUALIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE AVALIADORES DAS REDAÇÕES DO ENEM 2016**. 2016. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <[http://www.cespe.unb.br/colaboradores/ENEM\\_16\\_AVALIADOR\\_REDACAO/arquivos/ENEM\\_REDA\\_\\_\\_\\_ES\\_2016\\_\\_\\_AVALIADOR\\_\\_\\_REGULAMENTO.PDF](http://www.cespe.unb.br/colaboradores/ENEM_16_AVALIADOR_REDACAO/arquivos/ENEM_REDA____ES_2016___AVALIADOR___REGULAMENTO.PDF)>.

CEBRASPE, CESPE UNB. **Relatório de Gestão CEBRASPE**. 2016. 1–20 p. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <[http://www.cespe.unb.br/cebraspe/arquivos/Relatorio\\_de\\_Gestao\\_2016.pdf](http://www.cespe.unb.br/cebraspe/arquivos/Relatorio_de_Gestao_2016.pdf)>.

CSF, Ciência sem Fronteiras. **Estudante de Graduação**. 2017. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <<http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/estudante>>.

INEP. **EDITAIS**. 2016. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/edital/2016/edital\\_enem\\_2016.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2016/edital_enem_2016.pdf)>.

MITCHELL, Tom M. Mitchell. **Machine Learning**. [S.l.]: Book News, Inc., 1997. ISBN 0070428077.

SISU, Sistema de seleção unificada. **O que é o SisU**. 2017. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <<http://sisu.mec.gov.br/>>.

UOL. **Banco de redações**. 2017. Online; acessado 01 Junho 2017. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/bancoderedacoes/>>.

WAYMO. **We’re building a safer driver for everyone**. 2017. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <<https://waymo.com/>>.

## ***APÊNDICE A – Título do Apêndice***

## ***APÊNDICE B – Exemplo do pacote Algorithm***

---

### **Algoritmo 1** Estimador ML otimizado.

---

- 1: Inicializar o contador:  $j \leftarrow 1$ ;
  - 2: Fixar o limiar de variação das estimativas:  $e_{\text{out}} \leftarrow 10^{-4}$ ;
  - 3: Fixar o número máximo de iterações:  $N \leftarrow 1000$ ;
  - 4: Computar o ponto inicial:  $\hat{\gamma}(0)$ ;
  - 5: Determinar o limiar inicial:  $e_1 \leftarrow 1000$ ;
  - 6: Estabelecer o valor inicial de  $\alpha$ :  $\hat{\alpha}(0) \leftarrow -10^{-6}$ ;
  - 7: **enquanto**  $e_j \geq e_{\text{out}}$  e  $j \leq M$  **fazer**
  - 8:   Solucionar  $\hat{\alpha}_j \leftarrow \arg \max_{\alpha} l_1(\alpha; \gamma_{j-1}, \mathbf{z}, n)$ ;
  - 9:   Solucionar  $\hat{\gamma}_j \leftarrow \arg \max_{\gamma} l_2(\gamma; \alpha_j, \mathbf{z}, n)$ ;
  - 10:    $j \leftarrow j + 1$
  - 11:   Computar o critério de convergência:  $e_j$ ;
  - 12: **fim enquanto**
-