

Aplicação de redes neurais artificiais para predição de paleotemperaturas com base em amostras de foraminíferos

Marinara Rübenich Fumagalli¹

Orientador: Joaquim Vinicius Carvalho Assunção²

¹Curso de Sistemas de Informação

²Departamento de Computação Aplicada
Universidade Federal de Santa Maria

22 de maio de 2019

Roteiro

Introdução

Revisão Bibliográfica

Metodologia

Resultados

Referências

Roteiro

Introdução

Revisão Bibliográfica

Metodologia

Resultados

Referências

Introdução

- ▶ Foraminíferos
 - ▶ Necessidade de reconstituir paleoambientes
 - ▶ Prever temperaturas futuras
 - ▶ Excelentes bioindicadores
- ▶ Redes Neurais Artificiais
 - ▶ Necessidade de Máquinas autônomas e capazes de aprenderem sozinhas
 - ▶ Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence*)
 - ▶ Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*)
 - ▶ Ela pode ser treinada e descobrir a saída mais próxima da realidade

Objetivo Geral e Específicos

- ▶ Objetivo Geral
 - ▶ O objetivo é ilustrar a eficiência das redes neurais na estimativa de paleotemperaturas
- ▶ Objetivos Específicos
 - ▶ Pesquisar, entender e implementar uma rede neural artificial;
 - ▶ Ajustar os pesos dos atributos de entrada (advindo do arquivo de amostras de foraminíferos) para maior precisão da RNA;
 - ▶ Aplicar o algoritmo de retropropagação resiliente aos atributos;
 - ▶ Treinar e testar a RNA, esta deve aprender e retornar com boa exatidão as paleotemperaturas
 - ▶ Criar uma aplicação *web* completa e acessível ao usuário;
 - ▶ Exibir de gráficos e estatísticas referentes aos resultados.

Roteiro

Introdução

Revisão Bibliográfica

Metodologia

Resultados

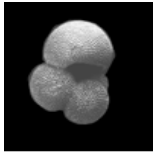
Referências

Foraminíferos

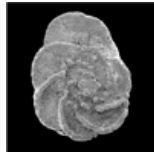
- ▶ Protistas unicelulares marinhos
 - ▶ Reino *Chromista*, infrarreino *Rizharia*, filo *Retaria* e subfilo *Foraminifera*
- ▶ Capacidade altamente evolutiva
- ▶ Excelentes indicadores:
 - ▶ Paleoecológicos
 - ▶ Bioestratigráficos
 - ▶ Paleoclimáticos
- ▶ Podem ser:
 - ▶ Bentônicos
 - ▶ Hábito Infaunal
 - ▶ Hábito Epifaunal
 - ▶ Planctônicos

Exemplos de Foraminíferos

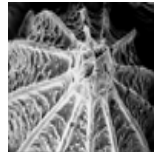
Figura: Exemplos de foraminíferos bentônicos e planctônicos.



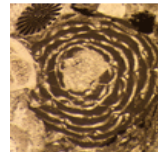
(a) *Globigerinoides sacculifer* (P)



(b) *Globotruncana linneiana* (P)



(c) *Nodosaria* sp. (B)



(d) *Alveolina* sp. (B)

P = Planctônico

B = Bentônico

Fonte: (UNIVERSITY COLLEGE LONDON, 2012).

Foraminíferos

Coleta de Amostras

- ▶ Extração de Sedimentos
- ▶ Testemunhos
- ▶ Etapas

Predição de Paleotemperaturas

- ▶ Análise das Testas (carapaças)

Redes Neurais Artificiais

- ▶ Abordagem inclusa na Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*)
- ▶ Baseadas nas conexões e modo de aprendizagem do cérebro humano

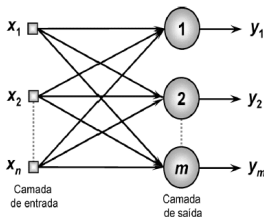
Arquiteturas

- ▶ Divididas em 3 partes:
 - ▶ Camada de Entrada
 - ▶ Camadas Ocultas
 - ▶ Camada de Saída
- ▶ Arquitetura de Camada Simples
 - ▶ Única camada de Neurônios
 - ▶ Não possui camadas Ocultas
- ▶ Arquitetura Multicamadas
 - ▶ Uma ou mais camadas de Neurônios
 - ▶ Possui camadas Ocultas
 - ▶ Para problemas complexos

Exemplos de Arquiteturas

Camada Simples

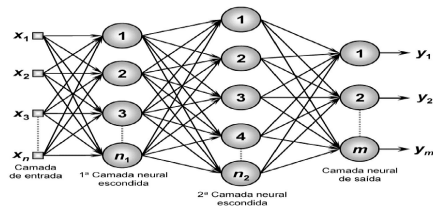
Figura: Exemplo de RNA de uma única camada.



Fonte: (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).

Multicamadas

Figura: Exemplo de RNA de múltiplas camadas.



Fonte: (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).

Neurônio Biológico vs Neurônio Artificial

▶ Neurônio Biológico:

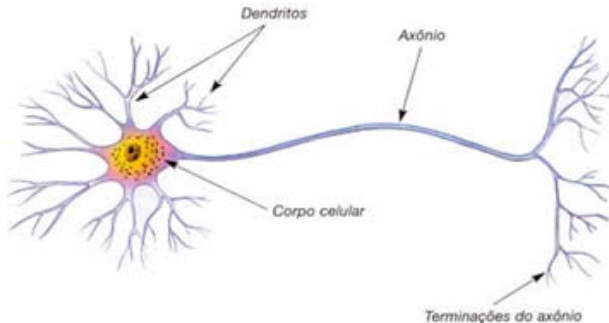
- ▶ Operam paralelamente processando e transmitindo informações
- ▶ Conduzem impulsos nervosos
- ▶ Três partes:
 - ▶ Dendritos
 - ▶ Axônios
 - ▶ Corpo celular

▶ Neurônio Artificial

- ▶ Opera com cálculos matemáticos
- ▶ Comparação:
 - ▶ Entradas (Dendritos)
 - ▶ Saídas (Axônios)
 - ▶ Pesos (sinapses)

Neurônio Biológico

Figura: Exemplo de Neurônio Biológico.

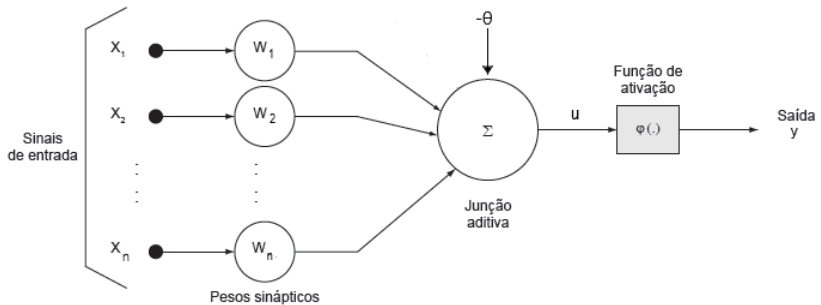


Fonte: Página do site Só Biologia.³

³Em: </https://www.sobiologia.com.br/conteudos/ FisiologiaAnimal/nervoso2.php>. Acesso em abr. 2019.

Neurônio Artificial

Figura: Exemplo de Neurônio Artificial.



Fonte: Adaptado de (HAYKIN, 2001).

Funções de Ativação

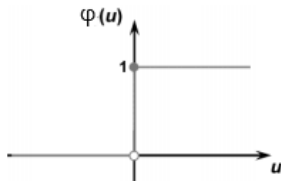
- ▶ Baseadas em diferentes funções matemáticas
- ▶ Limitam a saída em um intervalo entre $[0, 1]$
- ▶ Ativam, ou não, um determinado neurônio
 - ▶ Resultado = 1: Ativar
 - ▶ Resultado = 0: Não Ativar

Exemplos de Funções de Ativação

► Função Degrau

$$\varphi(u) = \begin{cases} 1 & \text{se } u \geq 0 \\ 0 & \text{se } u < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Figura: Gráfico da função Degrau



Fonte: Adaptado de (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).

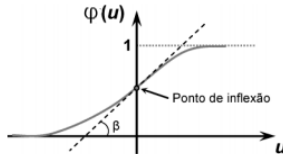
Exemplos de Funções de Ativação (Continuação)

► Função Sigmoidal

$$\varphi(u) = \frac{1}{1 + e^{-\beta \cdot u}} \quad (2)$$

onde β é uma constante real.

Figura: Gráfico da função Sigmoidal



Fonte: Adaptado de (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).

Roteiro

Introdução

Revisão Bibliográfica

Metodologia

Resultados

Referências

Motivação

- ▶ Mudanças climáticas no Planeta ao longo dos anos
 - ▶ Possui Ciclos recorrentes
 - ▶ Possibilita conhecer temperaturas do passado
 - ▶ Possibilita prever temperaturas do futuro
- ▶ Foraminíferos são excelentes indicadores paleoclimáticos
- ▶ Redes Neurais Artificiais são excelentes ferramentas para previsões

Seleção dos Atributos de Entrada

- ▶ *Upload* de um arquivo contendo a densidade de foraminíferos encontrados
 - ▶ *.xlsx*
 - ▶ *.csv*
- ▶ Definição das variáveis de entrada e da classe pelo usuário

Ferramentas Utilizadas

- ▶ Linguagem R
 - ▶ Pacote neuralnet
 - ▶ Permite treinar redes neurais de forma flexível
 - ▶ Pacote Shiny
 - ▶ Permite a criação de aplicações *web*
 - ▶ Lado do usuário (*user side*)
 - ▶ Lado do servidor (*server side*)

Roteiro

Introdução

Revisão Bibliográfica

Metodologia

Resultados

Referências

O que já existe

- ▶ Campo para *upload* do arquivo
- ▶ Exibição do *dataset*
- ▶ Botão para criar a Rede Neural
- ▶ Exibição das predições feitas pela Rede
- ▶ Exibição gráfica da Rede criada
- ▶ Estatísticas da Rede
- ▶ Possibilidade de *download* dos resultados obtidos

O que ainda precisa ser feito

- ▶ Definir conteúdos que faltam na aba 'Ajuda'
- ▶ Aperfeiçoar os pesos dos atributos
 - ▶ Melhora a precisão da Rede Neural
- ▶ Melhorar o *layout*
- ▶ Incluir mais estatísticas e gráficos
- ▶ Corrigir defeitos

Capturas de Tela da Aplicação

Figura: *Upload* e exibição dos dados e seleção dos atributos de entrada.

Preditor de Paleotemperaturas **INÍCIO** AJUDA CONTATO

CRIAR REDE NEURAL ARTIFICIAL PREVISÃO PLOTS NÚMEROS E DOWNLOAD

Arquivo:

Selecione o Arquivo no seu computador:

BROWSE... foraminiferos_exemplo.xlsx.xlsx

Upload complete

Selecionar Variáveis

Por favor, desmarque o atributo que será a 'Classe' na coluna da esquerda e marque-o na da direita:

Atributos	Classe
<input checked="" type="checkbox"/> Globoconella_inflata	<input type="checkbox"/> Globoconella_inflata
<input checked="" type="checkbox"/> Neoglobobadrina_pachyderm	<input type="checkbox"/> Neoglobobadrina_pachyderm
<input checked="" type="checkbox"/> Globigerina_bulloides	<input type="checkbox"/> Globigerina_bulloides
<input checked="" type="checkbox"/> Globigerina_falconensis	<input type="checkbox"/> Globigerina_falconensis
<input checked="" type="checkbox"/> Globigerinoides_tenellus	<input type="checkbox"/> Globigerinoides_tenellus
<input checked="" type="checkbox"/> Beella_digitata	<input type="checkbox"/> Beella_digitata
<input checked="" type="checkbox"/> Globigerinella_siphonifera	<input type="checkbox"/> Globigerinella_siphonifera
<input checked="" type="checkbox"/> Turborotalita_quinqueloba	<input type="checkbox"/> Turborotalita_quinqueloba
<input type="checkbox"/> Temperatura_estimada	<input checked="" type="checkbox"/> Temperatura_estimada

CRAR REDE NEURAL

Dados lidos:

Show 10 entries

	Globoconella_inflata	Neoglobobadrina_pachyderma	Globigerina_bulloides
1	0.072	0.75059	0.0775
2	0.325025	0.5	0.025309
3	0.303975	0.590530592	0.05935025
4	0.009025	0.509092	0.02232
5	0.002	0.3	0.3
6	0.0903059	0.5903059	0.7
7	0.07	0.933	0.2
8	0.049327	0.505	0.0902052
9	0.039320503	0.00729	0.0090753
10	0.29504	0.9250059	0.040953

Showing 1 to 10 of 19 entries

Fonte: Captura de tela realizada pela autora no dia 15 de maio de 2019.

Marinara Rübenich Fumagalli

Aplicação de redes neurais artificiais para predição de paleotemperaturas com base em amostras de foraminíferos

UFMS

Aplicação de redes neurais artificiais para predição de paleotemperaturas com base em amostras de foraminíferos

Capturas de Tela da Aplicação (Continuação)

Figura: Estatísticas da rede neural criada e *download* dos resultados.

The screenshot shows the 'Preditor de Paleotemperaturas' application interface. At the top, there is a dark header bar with the title 'Preditor de Paleotemperaturas' and three navigation links: 'INÍCIO', 'AJUDA', and 'CONTATO'. Below the header, there are four buttons: 'CRIAR REDE NEURAL ARTIFICIAL', 'PREVISÃO', 'PLOTS', and 'NÚMEROS E DOWNLOAD'. The 'NÚMEROS E DOWNLOAD' button is selected, and the results are displayed on the right side of the screen. The results are organized into two sections: 'Estatísticas:' and 'Download:'. The 'Estatísticas:' section lists the following values: 'Erro de Treino (SSE): 0.571877907230392', 'Erro de Teste (MSE): 0.0269385173036205', 'Número de Iterações: 953', and 'Precisão: 81.3585123162446%'. The 'Download:' section contains a single button labeled 'DOWNLOAD DO RESULTADO' with a download icon.

Preditor de Paleotemperaturas INÍCIO AJUDA CONTATO

CRIAR REDE NEURAL ARTIFICIAL PREVISÃO PLOTS NÚMEROS E DOWNLOAD

Estatísticas:

Erro de Treino (SSE): 0.571877907230392

Erro de Teste (MSE): 0.0269385173036205

Número de Iterações: 953

Precisão: 81.3585123162446%

Download:

DOWNLOAD DO RESULTADO

Fonte: Captura de tela realizada pela autora no dia 15 de maio de 2019.

Roteiro

Introdução

Revisão Bibliográfica

Metodologia

Resultados

Referências

Referências

- ▶ ARARIPE, R. V. C. d. et al. Caracterização da fauna de foraminíferos bentônicos da plataforma continental de Itamaracá, PE - Brasil. Estudos Geológicos, Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, v. 26, n. 2, p. 91–107, 2016.
- ▶ BJÖRN, A. M.; NORDLUND, U. Application of artificial neural networks to paleoceanographic data. Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, Elsevier Science B. V., v. 136, n. 1-4, p. 359–373, 1997.
- ▶ CAMPOS, E. J. D. O papel do oceano nas mudanças climáticas globais. Revista USP, n. 103, p. 55–66, 2014.
- ▶ CARVALHO, A. C. P. de L. F.; BRAGA, A. de P.; LUDERMIR, T. B. Fundamentos de redes neurais artificiais. Rio de Janeiro: Imprinta Gráfica e Editora, 1998. 246 p.
- ▶ CARVALHO, A. C. P. de L. F.; BRAGA, A. de P.; LUDERMIR, T. B. Redes neurais artificiais: teorias e aplicações. 2. ed., 1ª reimpressão. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2012. 226 p.
- ▶ CERENTINI, A. Identificação do glaucoma em imagens do fundo olho utilizando aprendizado profundo. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
- ▶ CUSHMAN, J. A. Foraminifera: their classification and economic use. 4. ed. Cambridge: Harvard University Printing Office, 1948. 605 p.
- ▶ EEROLA, T. T. Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro. Fórum de ecologia. Instituto de Ecologia Política, Universidade do Estado de Santa Catarina., 2003.
- ▶ FACELI, K. et al. Inteligência Artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2011. 378 p.
- ▶ FARIA, G. R. de. Biodiversidade de foraminíferos bentônicos e planctônicos da plataforma continental da região de Cabo Frio - RJ, Brasil. 2011. 74 f. Monografia (Monografia) — Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2011.

Referências (Continuação)

- ▶ FRITSCH, S.; GUENTHER, F.; GUENTHER, M. F. Package 'neuralnet'. Training of Neural Networks, 2019.
- ▶ GURNEY, K. An introduction to Neural Networks. Sound Parkway: CRC Press, 1997. 232 p.
- ▶ HAYKIN, S. S. Redes Neurais: princípios e práticas. 2. ed., 1ª reimpressão. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001. 900 p. Tradução de Paulo M. Engel.
- ▶ HAYWARD, B.W.; LE COZE, F.; GROSS, O. World Foraminifera Database. World Register of Marine Species (WoRMS), 2019. Acesso em 30 abr. 2019. Disponível em: <http://www.marinespecies.org/foraminifera/>.
- ▶ HESEMANN, M.; OTTWAY, B.; LEGOINHA, P. The foraminifera.eu project. a paleoinformatics bridge between science and community. Comunicações Geológicas, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, v. 101, n. 1 (SI), p. 447–450, 2014.
- ▶ KOVÁCS, Z. L. O cérebro e sua mente: uma introdução à Neurociência Computacional. São Paulo: Livraria Triângulo Editora, 1997. 214 p.
- ▶ KOVÁCS, Z. L. Redes Neurais Artificiais fundamentos e aplicações: um texto básico. 4. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. 174 p.
- ▶ LOESCHE, C.; SARI, S. T. Redes Neurais Artificiais: fundamentos e modelos. Blumenau: Editora da FURB, 1996. 166 p.
- ▶ MANKTELOW, M. History of taxonomy. Lecture from Dept. of Systematic Biology, Uppsala University, v. 29, 2010.
- ▶ NUNES, F. C.; BOAS, G. d. S. V.; SILVA, E. F. da. Mudanças climáticas e seus reflexos na paisagem do quaternário: primeiras reflexões. Embrapa Solos-Documents (INFOTEC-E), Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012., 2012.
- ▶ Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Informações paleoclimáticas brasileiras. In: Base Científica das Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: PMBC, 2014. cap. 4, p. 130.
- ▶ PEREIRA, A. G. Aplicação de evolução estrutural e paramétrica de redes neurais dinâmicas na melhoria de desempenho de métodos de assimilação de dados. 2011. 58 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Curso de Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

Referências (Continuação)

- ▶ PETRÓ, S. M. Guia para classificação de foraminíferos planctônicos recentes. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2009. 218 p.
- ▶ PETRÓ, S. M. Evolução paleoceanográfica e estratigrafia isotópica com foraminíferos planctônicos no quaternário tardio da Bacia de Campos. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- ▶ PETRÓ, S. M. Introdução ao estudo dos foraminíferos. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018. 218 p.
- ▶ PETRÓ, S. M.; PIVEL M. A. G.; COIMBRA, J. C. Foraminíferos planctônicos do Quaternário do Atlântico Sul: elaboração de um banco de dados fotográfico, taxonômico, bioestratigráfico e ecológico. Porto Alegre: Laboratório de Microfósseis Calcários, 2018. Acesso em 09 abr. 2019. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/microfosseis/microfosseis/foraminiferos/>.
- ▶ RUGGIERO, M. A. et al. Correction: A higher level classification of all living organisms. Plosone, Public Library of Science, v. 10, n. 6, p. e0130114, 2015.
- ▶ SAAD, C. S. Aplicação de um modelo de redes neurais à programação da produção. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia da Produção, BT/048, v. 3, n. 5, p. 1–24, 1998.
- ▶ SILVA, I. N. da; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. Redes Neurais Artificiais: para engenharia e ciências aplicadas. São Paulo: Artliber Editora, 2010. 399 p.
- ▶ TAFNER, M. A.; XEREZ, M. de; FILHO, I. W. R. Redes Neurais Artificiais: introdução e princípios de neurocomputação. Blumenau: Editora FURB e Editora Eko, 1995. 199 p.
- ▶ UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Continuidade. São Paulo: Instituto de Matemática e Estatística, 2000. Acesso em 13 mai. 2019. Disponível em: <http://ecalculo.if.usp.br/derivadas/popups/continuidade.html>.
- ▶ UNIVERSITY COLLEGE LONDON. Foraminifera. Gower Street: Postgraduate Unit of Micropalaeontology, Department of Earth Sciences, 2002. Acesso em 25 abr. 2019. Disponível em: <https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html>.
- ▶ ZUCON, M. H. et al. Microfósseis. In: Paleontologia Geral. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe / CESAD, 2011. p. 55–67.
- ▶ ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; MEESTERS, E. H. W. G. A beginner's guide to R. New York: Springer Science+Business Media, 2009. 218 p.

Aplicação de redes neurais artificiais para predição de paleotemperaturas com base em amostras de foraminíferos

Marinara Rübenich Fumagalli¹

Orientador: Joaquim Vinicius Carvalho Assunção²

¹Curso de Sistemas de Informação

²Departamento de Computação Aplicada
Universidade Federal de Santa Maria

22 de maio de 2019