

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.



# Observatório Nacional

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Autor: Victor Ribeiro Carreira

Orientador: Cosme Ferreira Ponte Neto

Pós-Graduação em Geofísica

Setembro de 2018

## Introdução

- Definição
- Histórico
- Estado da arte
- A rede de Kohonen
- Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Mudança das Estações



Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Varvito (Itu - São Paulo)



Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Introdução

## Por que utilizar as redes neurais?

- ▶ Estratégia computacional para a solução de problemas cujo reconhecimento de padrões seja o foco principal (MacKay, 2005);
- ▶ Capacidade de melhorarem a si próprios automaticamente (Michie et al., 1994; Levy, 1997);
- ▶ Permite lidar com uma grande quantidade de informação (Mao, 1996; Hall et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Introdução

## Por que utilizar as redes neurais?

- ▶ Estratégia computacional para a solução de problemas cujo reconhecimento de padrões seja o foco principal (MacKay, 2005);
- ▶ Capacidade de melhorarem a si próprios automaticamente (Michie et al., 1994; Levy, 1997);
- ▶ Permite lidar com uma grande quantidade de informação (Mao, 1996; Hall et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Introdução

## Por que utilizar as redes neurais?

- ▶ Estratégia computacional para a solução de problemas cujo reconhecimento de padrões seja o foco principal (MacKay, 2005);
- ▶ Capacidade de melhorarem a si próprios automaticamente (Michie et al., 1994; Levy, 1997);
- ▶ Permite lidar com uma grande quantidade de informação (Mao, 1996; Hall et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Introdução

## Por que utilizar as redes neurais?

- ▶ Estratégia computacional para a solução de problemas cujo reconhecimento de padrões seja o foco principal (MacKay, 2005);
- ▶ Capacidade de melhorarem a si próprios automaticamente (Michie et al., 1994; Levy, 1997);
- ▶ Permite lidar com uma grande quantidade de informação (Mao, 1996; Hall et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# O que vem a ser uma rede neuronal artificial?

É um sistema artificial que visa simular numericamente os processos realizados pelo sistema nervoso central para a solução de um problema matemático sem que se conheça a sua formulação matemática (funcional geofísico).

- ▶ Desponta como uma alternativa ao paradigma computacional de Von Neumann (instruções de programação sequencial);
- ▶ Inspirada na neurociência, contudo não é realística em detalhe;
- ▶ Aplicações em medicina ciência da computação, engenharia, geologia e geofísica.

## Introdução

- Definição
- Histórico
- Estado da arte
- A rede de Kohonen
- Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# O que vem a ser uma rede neuronal artificial?

É um sistema artificial que visa simular numericamente os processos realizados pelo sistema nervoso central para a solução de um problema matemático sem que se conheça a sua formulação matemática (funcional geofísico).

- ▶ Desponta como uma alternativa ao paradigma computacional de Von Neumann (instruções de programação sequencial);
- ▶ Inspirada na neurociência, contudo não é realística em detalhe;
- ▶ Aplicações em medicina ciência da computação, engenharia, geologia e geofísica.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# O que vem a ser uma rede neuronal artificial?

É um sistema artificial que visa simular numericamente os processos realizados pelo sistema nervoso central para a solução de um problema matemático sem que se conheça a sua formulação matemática (funcional geofísico).

- ▶ Desponta como uma alternativa ao paradigma computacional de Von Neumann (instruções de programação sequencial);
- ▶ Inspirada na neurociência, contudo não é realística em detalhe;
- ▶ Aplicações em medicina ciência da computação, engenharia, geologia e geofísica.

## Introdução

- Definição
- Histórico
- Estado da arte
- A rede de Kohonen
- Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# O que vem a ser uma rede neuronal artificial?

É um sistema artificial que visa simular numericamente os processos realizados pelo sistema nervoso central para a solução de um problema matemático sem que se conheça a sua formulação matemática (funcional geofísico).

- ▶ Desponta como uma alternativa ao paradigma computacional de Von Neumann (instruções de programação sequencial);
- ▶ Inspirada na neurociência, contudo não é realística em detalhe;
- ▶ Aplicações em medicina ciência da computação, engenharia, geologia e geofísica.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# O que vem a ser uma rede neuronal artificial?

É um sistema artificial que visa simular numericamente os processos realizados pelo sistema nervoso central para a solução de um problema matemático sem que se conheça a sua formulação matemática (funcional geofísico).

- ▶ Desponta como uma alternativa ao paradigma computacional de Von Neumann (instruções de programação sequencial);
- ▶ Inspirada na neurociência, contudo não é realística em detalhe;
- ▶ Aplicações em medicina ciência da computação, engenharia, geologia e geofísica.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Um breve histórico...

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

↓  
McCul-  
loch and  
Pitts  
(1943)

- Definem o a função do neurônio numérico cuja a resposta dependia da entrada dos dados da rede e dos pesos utilizados e a denominam como Perceptron.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

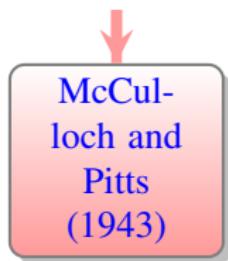
## Cronograma

## References

# Um breve histórico...

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



- Definem o a função do neurônio numérico cuja a resposta dependia da entrada dos dados da rede e dos pesos utilizados e a denominam como Perceptron.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

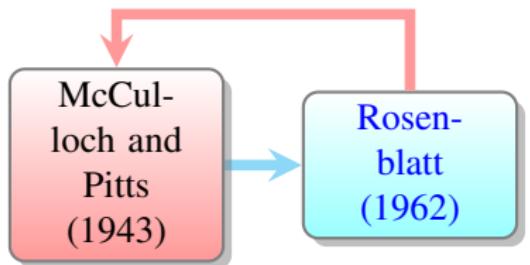
## Cronograma

## References

# Um breve histórico...

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



- Definem teoria de convergência do Perceptron onde ele prova que modelos de neurônios possuem propriedades similares ao cérebro humano.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

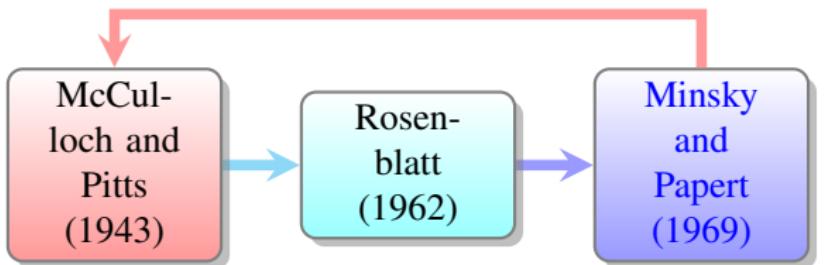
## Cronograma

## References

# Um breve histórico...

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



- Demonstraram que Perceptrons somente resolvem uma classe muito limitada de problemas que podem ser linearizados.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

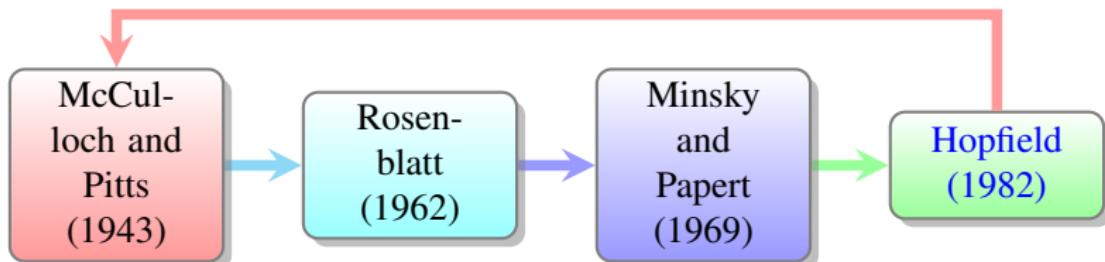
## Cronograma

## References

# Um breve histórico...

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.



- Resolve problemas não-lineares criando um modelo de memória auto-associativa com a habilidade de armazenar e depois recuperar um certo conjunto de padrões do dado.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

Contexto Geológico  
e Localização

## Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

Modelo proposto  
Clusterização

Resultados e  
Discussões

Treinamento  
Identificação

Conclusões

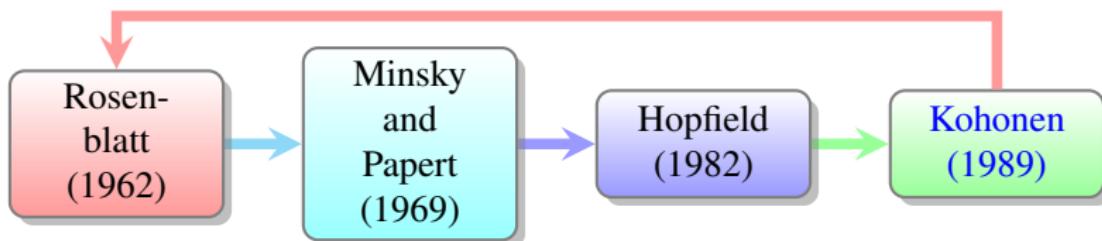
Cronograma

References 8 / 78

# Um breve histórico...

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



- ▶ Cria uma ferramenta eficiente para a identificação de padrões multivariados.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

Modelo proposto  
Clusterização

Resultados e Discussões  
Treinamento  
Identificação

Conclusões

Cronograma

References

# Estado da arte na geofísica

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

- ▶ Primeira fase **entre 1988 e 1994**: descobrir o que as redes neuronais podem fazer.
- ▶ Segunda fase **entre 1995 até o presente**: integrar o resultado da RNA com outros resultados.

(Poulton, 2002; Artero, 2008)

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 10 / 78

# Estado da arte na geofísica

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

- ▶ Primeira fase **entre 1988 e 1994**: descobrir o que as redes neuronais podem fazer.
- ▶ Segunda fase **entre 1995 até o presente**: integrar o resultado da RNA com outros resultados.

(Poulton, 2002; Artero, 2008)

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 10 / 78

# Estado da arte na perfilagem de poços

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira, V.R.



- Algoritmos baseados em derivadas nas curvas de log não identificam camadas muito finas, ou ruído.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

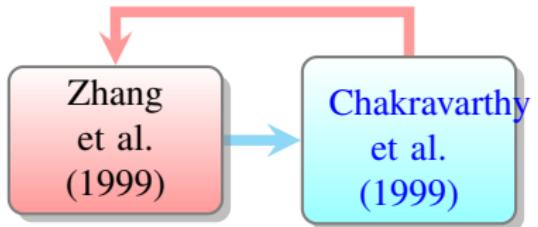
## References

11 / 78

# Estado da arte na perfilagem de poços

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.



- ▶ consegue através do uso da função radial localizar os limites de camadas em alta definição em dados de log de indução (HDIL).

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

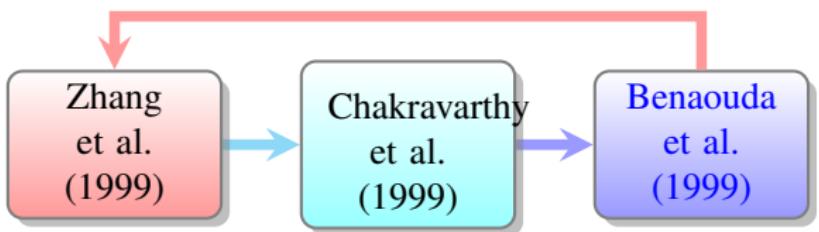
## References

12 / 78

# Estado da arte na perfilagem de poços

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.



- consegue classificar tipos litológicos em poços parcialmente desmoronados.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

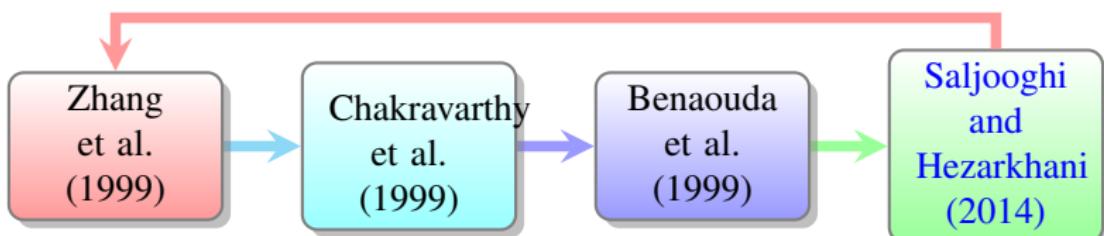
## References

13 / 78

# Estado da arte na perfilagem de poços

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira, V.R.



- topo e base de camadas que podem ser associadas com mudanças das propriedades petrofísicas.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

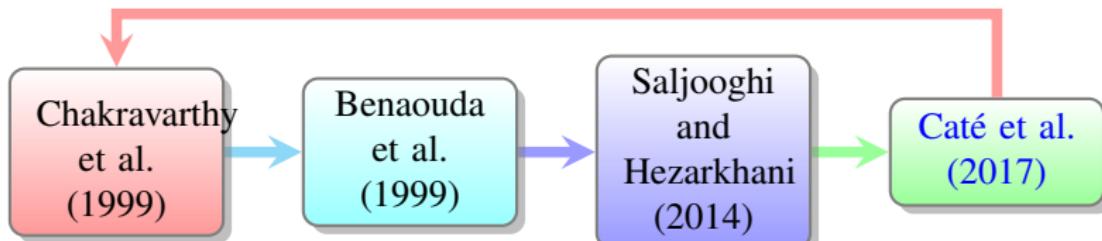
## References

14 / 78

# Estado da arte na perfilagem de poços

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.



- Chama a atenção para importância relativa das propriedades físicas no *output* da rede neuronal.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

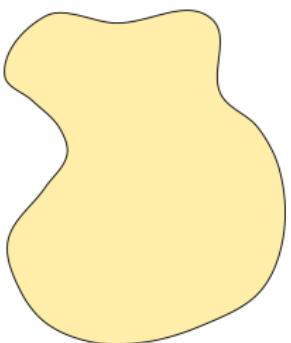
15 / 78

# Kohonen - SOM

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

Espaço Multi-dimensional contínuo de entrada da rede (input)



## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

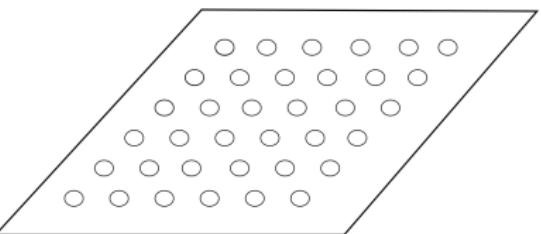
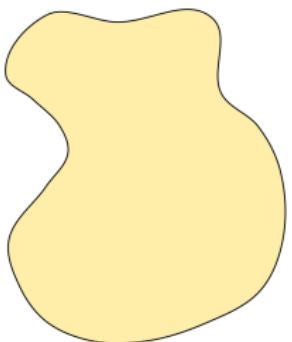
## References 16/78

# Kohonen - SOM

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

Espaço Multi-dimensional contínuo de entrada da rede (input)



Espaço Uni-dimensional discreto de saída da rede (output)

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

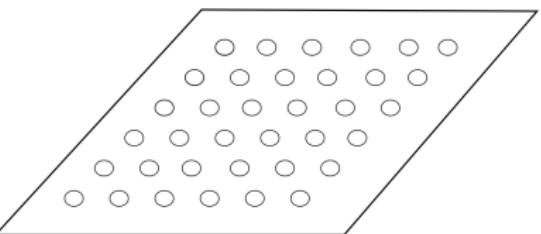
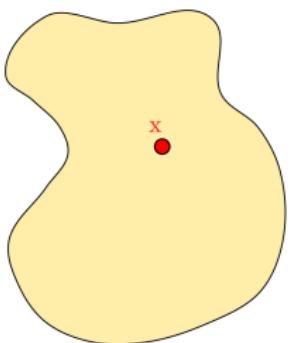
## References 17 / 78

# Kohonen - SOM

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

Espaço Multi-dimensional contínuo de entrada da rede (input)



Espaço Uni-dimensional discreto de saída da rede (output)

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

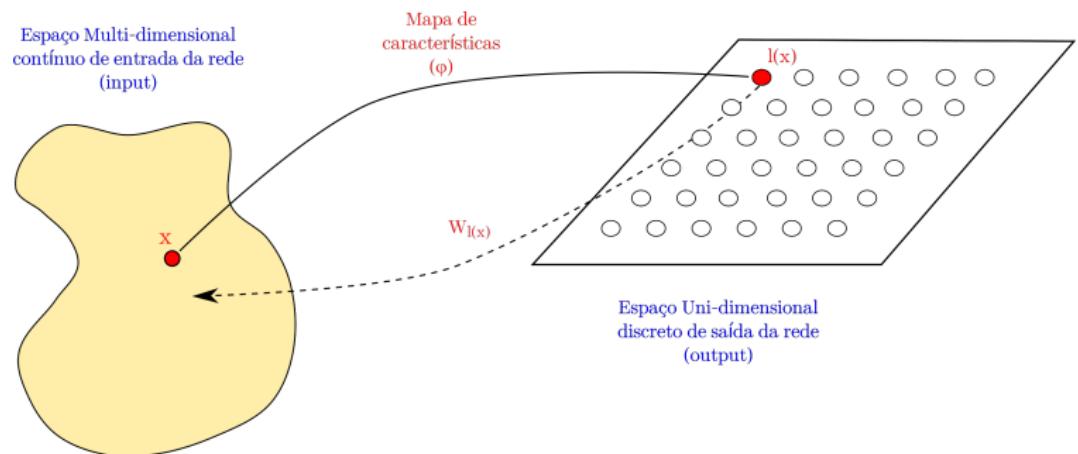
## Cronograma

## References

# Kohonen - SOM

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

Contexto Geológico  
e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

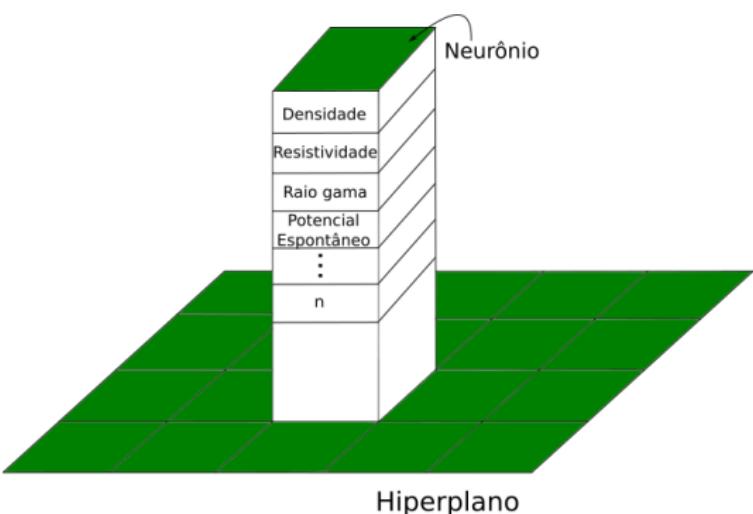
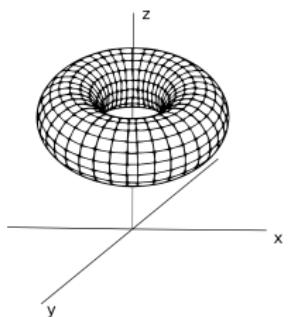
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# A geometria da rede



Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 20/78

# Treinamento

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

## Vetor de propriedades

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_m \end{pmatrix}$$

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 21 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Escolha do neurônio vencedor

$$d(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [x(t) - w_{i,j}(t)]^2} \quad (j = 1, \dots, m)$$

Onde:

- ▶  $d(t)$ , distância
- ▶  $x(t)$ , vetor de propriedades
- ▶  $w_{i,j}(t)$ , matriz de pesos

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado  
Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

Modelo proposto  
Clusterização

Resultados e Discussões  
Treinamento  
Identificação

Conclusões

Cronograma

References 22 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Escolha do neurônio vencedor

$$d(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [x(t) - w_{i,j}(t)]^2} \quad (j = 1, \dots, m)$$

Onde:

- ▶  $d(t)$ , distância
- ▶  $x(t)$ , vetor de propriedades
- ▶  $w_{i,j}(t)$ , matriz de pesos

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 22 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Escolha do neurônio vencedor

$$d(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [x(t) - w_{i,j}(t)]^2} \quad (j = 1, \dots, m)$$

Onde:

- ▶  $d(t)$ , distância
- ▶  $x(t)$ , vetor de propriedades
- ▶  $w_{i,j}(t)$ , matriz de pesos

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado  
Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 22 / 78

# Treinamento

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

## Escolha do neurônio vencedor

$$d(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [x(t) - w_{i,j}(t)]^2} \quad (j = 1,..,m)$$

Onde:

- ▶  $d(t)$ , distância
- ▶  $x(t)$ , vetor de propriedades
- ▶  $w_{i,j}(t)$ , matriz de pesos

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado  
Contexto Geológico  
e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 22 / 78

# Treinamento

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

## Atualização do neurônio vencedor

$$w_{i,j}(t + 1) = w_{i,j}(t) + \eta(t)[x(t) - w_{i,j}(t)]$$

- ▶  $w_{i,j}(t + 1)$ , matriz de pesos atualizada
- ▶  $\eta(t)$ , taxa de aprendizado

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Treinamento

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

## Atualização do neurônio vencedor

$$w_{i,j}(t + 1) = w_{i,j}(t) + \eta(t)[x(t) - w_{i,j}(t)]$$

- ▶  $w_{i,j}(t + 1)$ , matriz de pesos atualizada
- ▶  $\eta(t)$ , taxa de aprendizado

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

## Atualização do neurônio vencedor

$$w_{i,j}(t + 1) = w_{i,j}(t) + \eta(t)[x(t) - w_{i,j}(t)]$$

- ▶  $w_{i,j}(t + 1)$ , matriz de pesos atualizada
- ▶  $\eta(t)$ , taxa de aprendizado

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 23 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Aprendizado

$$\eta(t) = \eta(0)\left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

- ▶  $T$ , número de ciclos do treinamento,
- ▶  $t$ , número de iterações.
- ▶ ajusta-se  $t = t + 1$  e retorna para o início do processo até que  $t = T$  (YANG et al., 2009; Yan et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 24 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Aprendizado

$$\eta(t) = \eta(0)\left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

- ▶  $T$ , número de ciclos do treinamento,
- ▶  $t$ , número de iterações.
- ▶ ajusta-se  $t = t + 1$  e retorna para o início do processo até que  $t = T$  (YANG et al., 2009; Yan et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Aprendizado

$$\eta(t) = \eta(0)\left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

- ▶  $T$ , número de ciclos do treinamento,
- ▶  $t$ , número de iterações.
- ▶ ajusta-se  $t = t + 1$  e retorna para o início do processo até que  $t = T$  (YANG et al., 2009; Yan et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Aprendizado

$$\eta(t) = \eta(0)\left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

- ▶  $T$ , número de ciclos do treinamento,
- ▶  $t$ , número de iterações.
- ▶ ajusta-se  $t = t + 1$  e retorna para o início do processo até que  $t = T$  (YANG et al., 2009; Yan et al., 2014).

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Atualização das vizinhanças

$$w_v(t+1) = w_{i,j}(t) + \eta(t)_v [x(t) - w_{i,j}(t)]$$

- ▶  $w_v$ , Peso do neurônio vizinho.
- ▶  $\eta(t)_v$ , taxa de aprendizado dos vizinhos

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 25 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Atualização das vizinhanças

$$w_v(t+1) = w_{i,j}(t) + \eta(t)_v [x(t) - w_{i,j}(t)]$$

- ▶  $w_v$ , Peso do neurônio vizinho.
- ▶  $\eta(t)_v$ , taxa de aprendizado dos vizinhos

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 25 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

## Atualização das vizinhanças

$$w_v(t+1) = w_{i,j}(t) + \eta(t)_v [x(t) - w_{i,j}(t)]$$

- ▶  $w_v$ , Peso do neurônio vizinho.
- ▶  $\eta(t)_v$ , taxa de aprendizado dos vizinhos

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 25 / 78

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

## Atualização das vizinhanças

$$w_v(t+1) = w_{i,j}(t) + \eta(t)_v [x(t) - w_{i,j}(t)]$$

- ▶  $w_v$ , Peso do neurônio vizinho.
- ▶  $\eta(t)_v$ , taxa de aprendizado dos vizinhos

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 25 / 78

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 26/78

# Treinamento não-supervisionado

- ▶ Insere-se na rede os atributos de entrada;
- ▶ Os valores de saída são definidos pela própria rede;
- ▶ Indicado para os casos aonde se tem agrupamento de dados;
- ▶ Inspira-se no funcionamento do córtex cerebral (Schott, 1993).

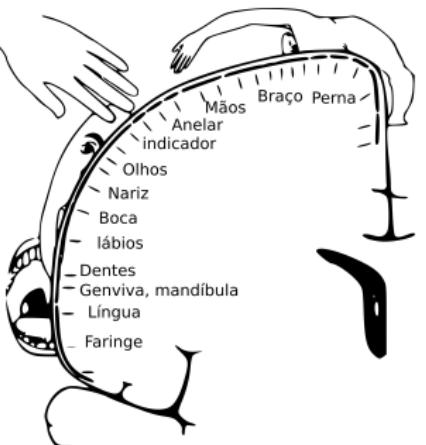


Figure: Homúnculo de Penfield

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 26/78

# Treinamento não-supervisionado

- ▶ Insere-se na rede os atributos de entrada;
- ▶ Os valores de saída são definidos pela própria rede;
- ▶ Indicado para os casos aonde se tem agrupamento de dados;
- ▶ Inspira-se no funcionamento do córtex cerebral (Schott, 1993).

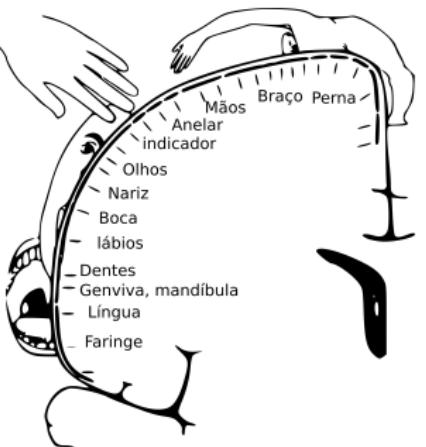


Figure: Homúnculo de Penfield

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 26/78

# Treinamento não-supervisionado

- ▶ Insere-se na rede os atributos de entrada;
- ▶ Os valores de saída são definidos pela própria rede;
- ▶ Indicado para os casos aonde se tem agrupamento de dados;
- ▶ Inspira-se no funcionamento do córtex cerebral (Schott, 1993).

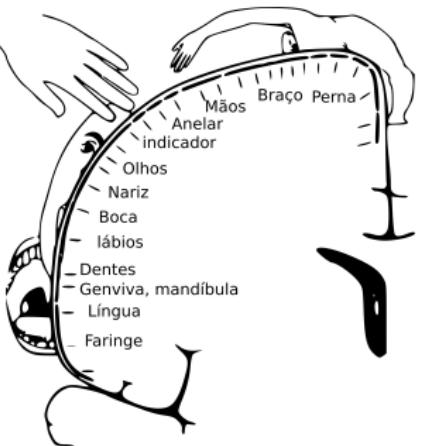


Figure: Homúnculo de Penfield

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

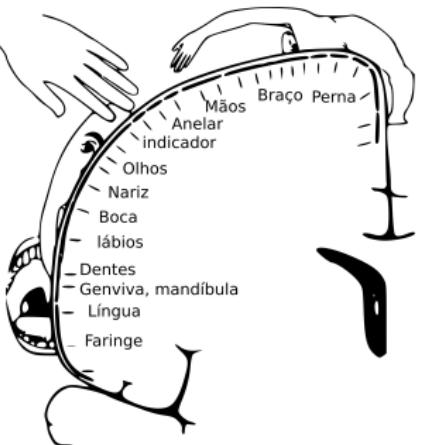
## Conclusões

## Cronograma

## References 26/78

# Treinamento não-supervisionado

- ▶ Insere-se na rede os atributos de entrada;
- ▶ Os valores de saída são definidos pela própria rede;
- ▶ Indicado para os casos aonde se tem agrupamento de dados;
- ▶ Inspira-se no funcionamento do córtex cerebral (Schott, 1993).



**Figure:** Homúnculo de Penfield

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> Schneider et al. (1974); Zalan and Wolf (1987);
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano  
Schneider et al. (1974); Milani et al. (2007);
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta Cordani et al. (1984); Borghi (2002);
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente Milani and Zalan (1999);

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 27 / 78

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> Schneider et al. (1974); Zalan and Wolf (1987);
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano  
Schneider et al. (1974); Milani et al. (2007);
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta Cordani et al. (1984); Borghi (2002);
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente Milani and Zalan (1999);

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 27 / 78

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> Schneider et al. (1974); Zalan and Wolf (1987);
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano  
Schneider et al. (1974); Milani et al. (2007);
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta Cordani et al. (1984); Borghi (2002);
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente Milani and Zalan (1999);

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 27 / 78

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> Schneider et al. (1974); Zalan and Wolf (1987);
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano  
Schneider et al. (1974); Milani et al. (2007);
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta Cordani et al. (1984); Borghi (2002);
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente Milani and Zalan (1999);

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 27 / 78

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

- ▶ Localização: Centro-sul;
- ▶ Extensão: 1.100.000 Km<sup>2</sup> Schneider et al. (1974); Zalan and Wolf (1987);
- ▶ Idade: Cambriano ao Quaternário com embasamento pré-cambriano  
Schneider et al. (1974); Milani et al. (2007);
- ▶ Classificação: Bacia de sinéclise ou cratônica marginal, sob domínio flexural de crosta Cordani et al. (1984); Borghi (2002);
- ▶ Depocentro: 7000 m aproximadamente Milani and Zalan (1999);

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

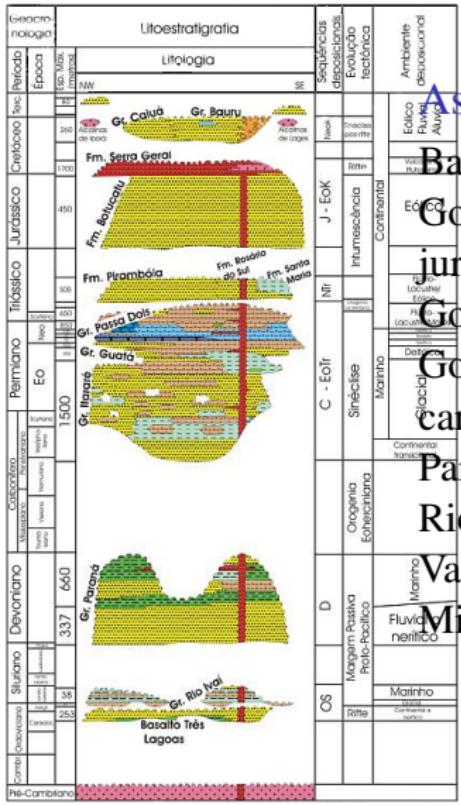
## References 27 / 78

## Contexto Geológico

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira, V.R.

## Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



6 supersequências

## Bauru ⇌ sequência neocretácea

Gondwana III ⇌ sequência  
jurássica-eocretácea

## Gondwana II ⇌ sequência neotriássica

## Gondwana I ↔ sequência carbonífera-permiana

## Paraná ⇌ sequência devoniana

Rio Ivaí  $\iff$  sequência ordovício-siluriana

Vail et al. (1977); Assine and Milani and Ramos (1998)

## Introdução

## Contexto Geológico e Localização

## Obietivo

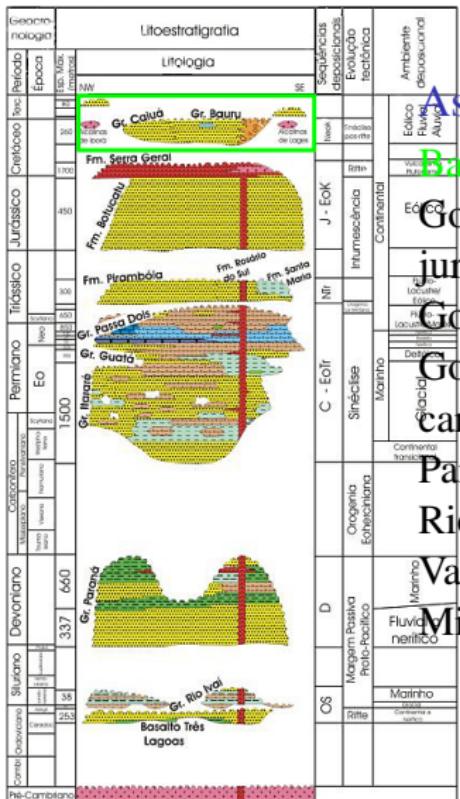
Metodologia

## Contexto Geológico

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira, V.R.

## Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



6 supersequências

Bauru ↔ sequência neocretácea

Gondwana III ↔ sequência  
jurássica-eocretácea

## Gondwana II ⇌ sequência neotriássica

Gondwana I ↔ sequência  
carbonífera-permiana

Paraná ⇌ sequência devoniana

Rio Ivaí  $\longleftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

Vail et al. (1977); Assine and Milani and Ramos (1998)

## Introdução

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

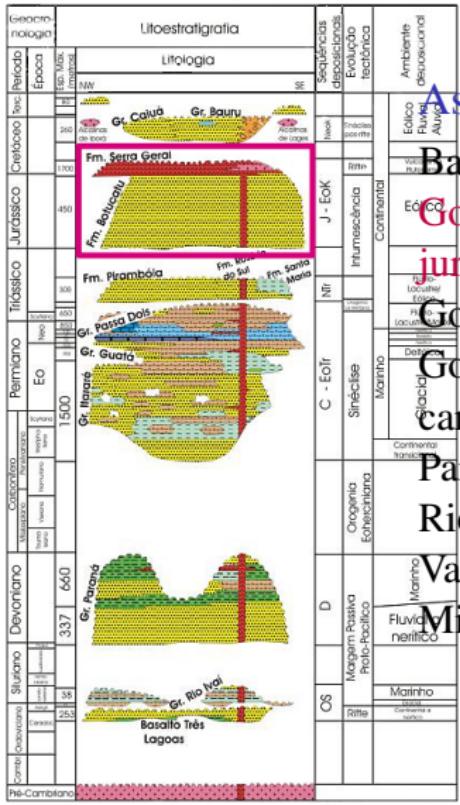
## Metodologia

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



As 6 supersequências

Bauru  $\leftrightarrow$  sequência neocretácea.

Gondwana III  $\leftrightarrow$  sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II  $\leftrightarrow$  sequência neotriássica

Gondwana I  $\leftrightarrow$  sequência carbonífera-permiana

Paraná  $\leftrightarrow$  sequência devoniana

Rio Ivaí  $\leftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

Vail et al. (1977); Assine and Milani (1994);  
Milani and Ramos (1998)

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

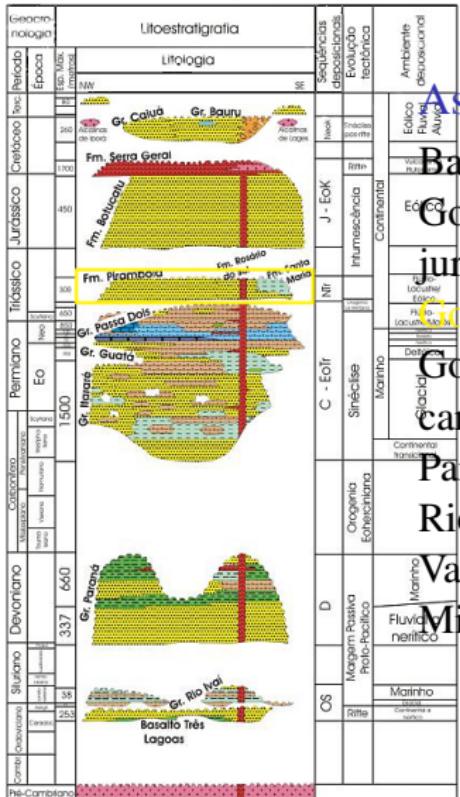
## References

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



As 6 supersequências

Bauru  $\leftrightarrow$  sequência neocretácea.

Gondwana III  $\leftrightarrow$  sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II  $\leftrightarrow$  sequência neotriássica

Gondwana I  $\leftrightarrow$  sequência carbonífera-permiana

Paraná  $\leftrightarrow$  sequência devoniana

Rio Ivaí  $\leftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

Vail et al. (1977); Assine and Milani (1994);  
Milani and Ramos (1998)

## Introdução

- Definição
- Histórico
- Estado da arte
- A rede de Kohonen
- Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

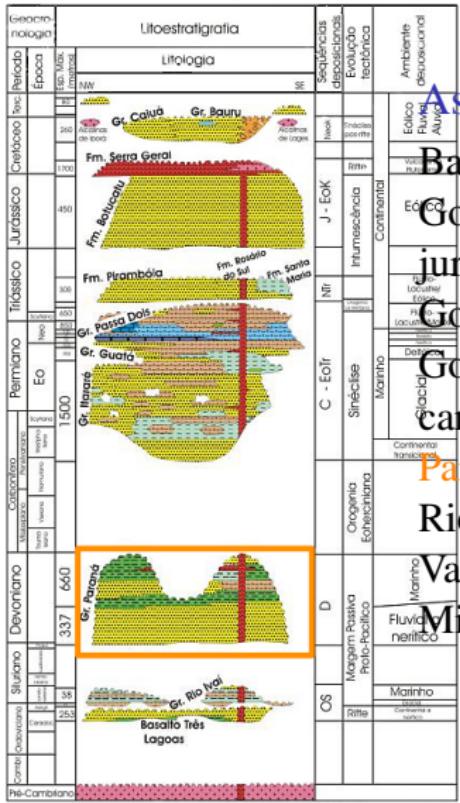


# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru  $\leftrightarrow$  sequência neocretácea.

Gondwana III  $\leftrightarrow$  sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II  $\leftrightarrow$  sequência neotriássica

Gondwana I  $\leftrightarrow$  sequência carbonífera-permiana

Paraná  $\leftrightarrow$  sequência devoniana

Rio Ivaí  $\leftrightarrow$  sequência ordovício-siluriana

Vail et al. (1977); Assine and Milani (1994);  
Milani and Ramos (1998)

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

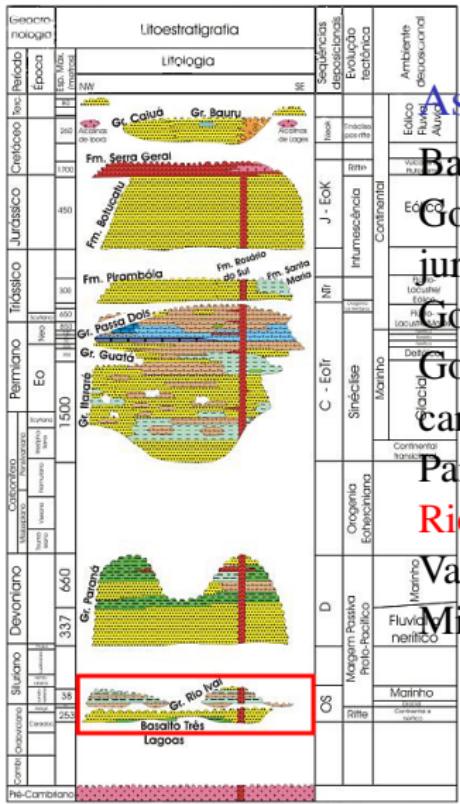
## References

# Contexto Geológico

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

Diagrama Estatigráfico da Bacia do Paraná



## As 6 supersequências

Bauru ↔ sequência neocretácea.

Gondwana III ↔ sequência jurássica-eocretácea

Gondwana II ↔ sequência neotriássica

Gondwana I ↔ sequência carbonífera-permiana

Paraná ↔ sequência devoniana

Rio Ivaí ↔ sequência ordovício-siluriana

Vail et al. (1977); Assine and Milani (1994);

Milani and Ramos (1998)

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

## Conclusões

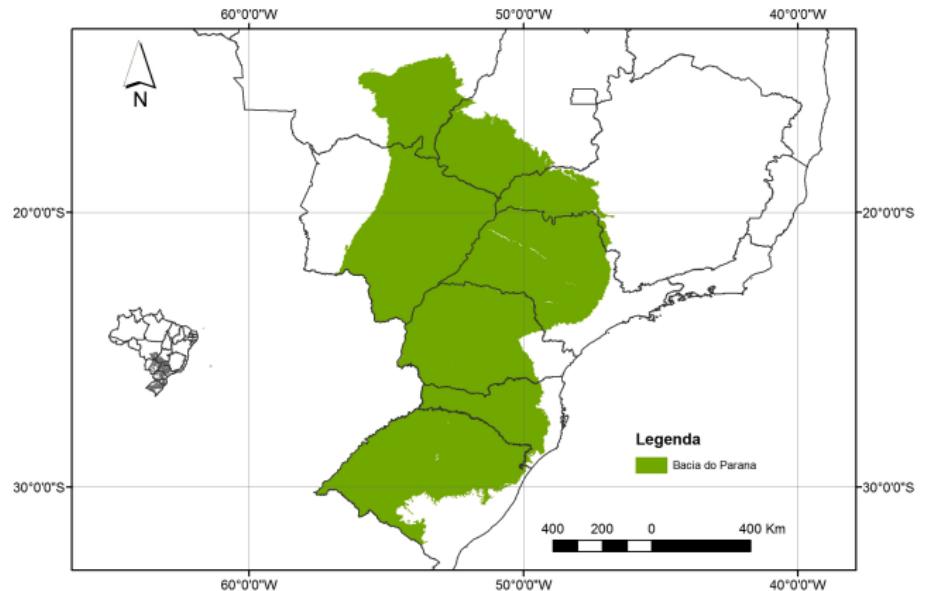
## Cronograma

## References

# Localização e extensão da Bacia Sedimentar

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



**Figure:** Mapa de localização da Bacia do Paraná.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 35 / 78

# Localização dos poços

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



**Figure:** Localização dos poços de trabalho.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

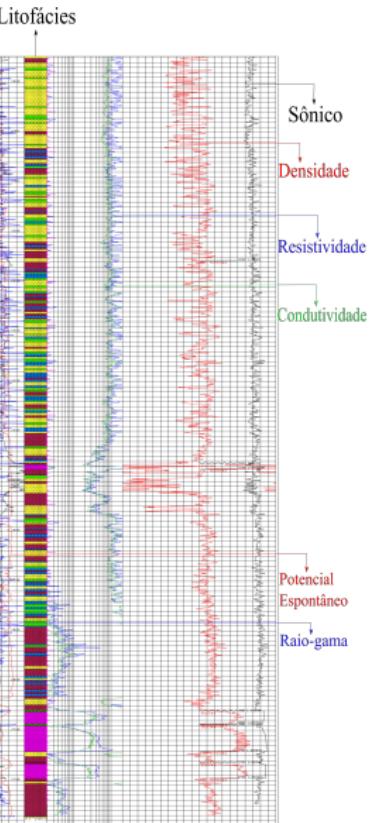
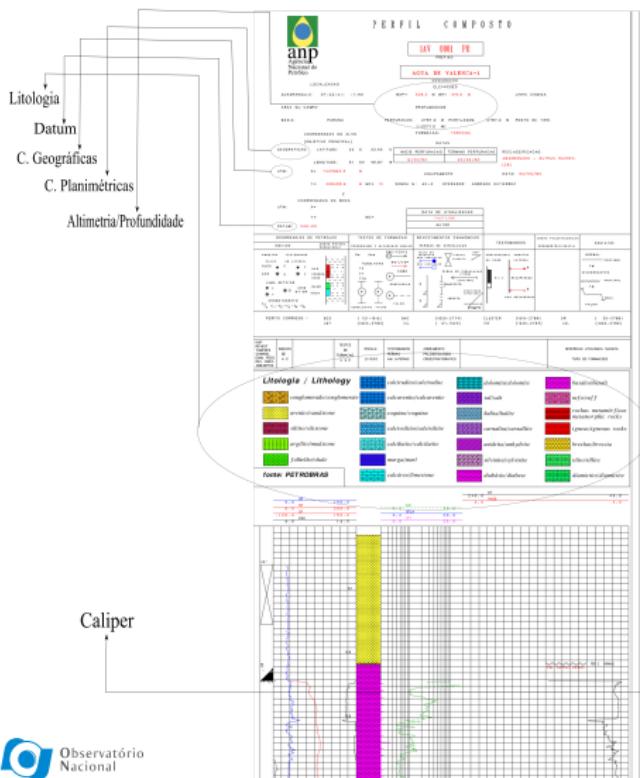
### Cronograma

### References

# Dado

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira, V.R.



E-commerce Data Science

## Introdução

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

### Modelo proposto

### Conclusões

# Objetivo

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

- Desenvolver uma rede neuronal artificial otimizada que classifique tipos litológicos distintos;
- Aplicar a rede na identificação de rochas da Bacia do Paraná.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

Modelo proposto  
Clusterização

Resultados e Discussões  
Treinamento  
Identificação

Conclusões

Cronograma

References 38 / 78

# Objetivo

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

- ▶ Desenvolver uma rede neuronal artificial otimizada que classifique tipos litológicos distintos;
- ▶ Aplicar a rede na identificação de rochas da Bacia do Paraná.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

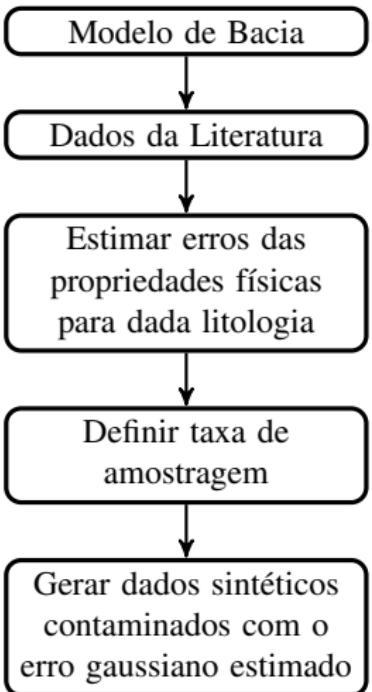
## Cronograma

## References 38 / 78

# Fluxograma de criação dos dados sintéticos

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.



## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

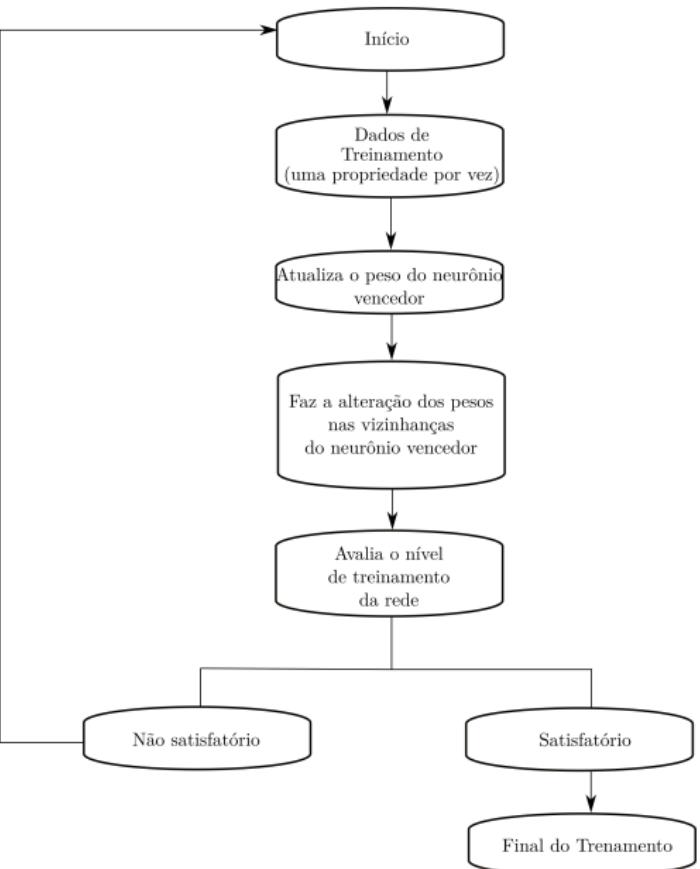
## Conclusões

## Cronograma

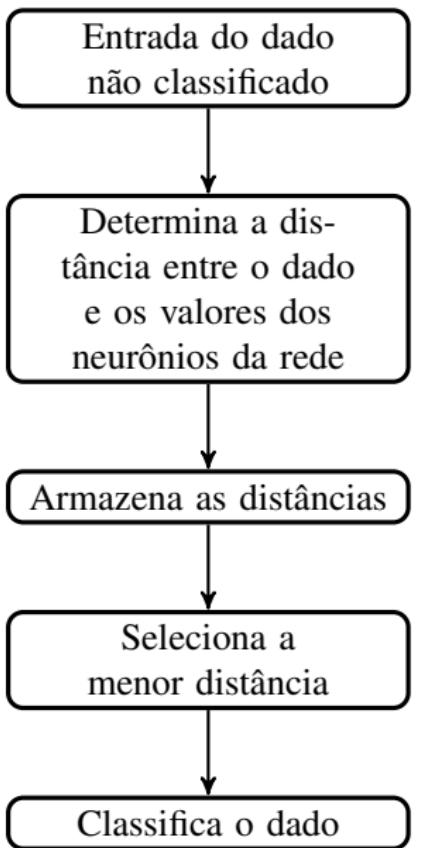
## References 40 / 78

# Fluxograma de treinamento

Laço:  
Repete todo o  
processo de  
treinamento de  
forma acumulativa



# Fluxograma de classificação



Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 41 / 78

# Parâmetros do modelo

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira,V.R.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

rede de Kohonen  
não-supervisionado

Rocha

Densidade ( $g/cm^3$ )

Raios-Gama ( $Ci/g$ )

Resistividade ( $\Omega.m$ )

Velocidade ( $Km/s$ )

Conglomerado	2,30	100,0	6000	Contexto Geológico e Localização
Folhelho	2,55	100,0	1000	Objetivo
Dolomita	2,72	8,30	$3,5 \times 10^3$	Metodologia
Diabásio	2,91	30,0	$15 \times 10^7$	Dados Sintéticos
Embasamento	2,80	0,7	$1,3 \times 10^6$	Treinamento da rede
				Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Modelo proposto

## Descrição do modelo

- ▶ modelo realístico com variação de 4 propriedades físicas;
- ▶ contaminação com 5% ruído gaussiano;
- ▶ taxa de amostragem 0,1 dado/metro;
- ▶ dados de propriedades previamente publicados quando encontrados.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 43 / 78

# Modelo proposto

## Descrição do modelo

- ▶ modelo realístico com variação de 4 propriedades físicas;
- ▶ contaminação com 5% ruído gaussiano;
- ▶ taxa de amostragem 0, 1 dado/metro;
- ▶ dados de propriedades previamente publicados quando encontrados.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 43 / 78

# Modelo proposto

## Descrição do modelo

- ▶ modelo realístico com variação de 4 propriedades físicas;
- ▶ contaminação com 5% ruído gaussiano;
- ▶ taxa de amostragem 0, 1 dado/metro;
- ▶ dados de propriedades previamente publicados quando encontrados.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 43 / 78

# Modelo proposto

## Descrição do modelo

- ▶ modelo realístico com variação de 4 propriedades físicas;
- ▶ contaminação com 5% ruído gaussiano;
- ▶ taxa de amostragem 0, 1 dado/metro;
- ▶ dados de propriedades previamente publicados quando encontrados.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

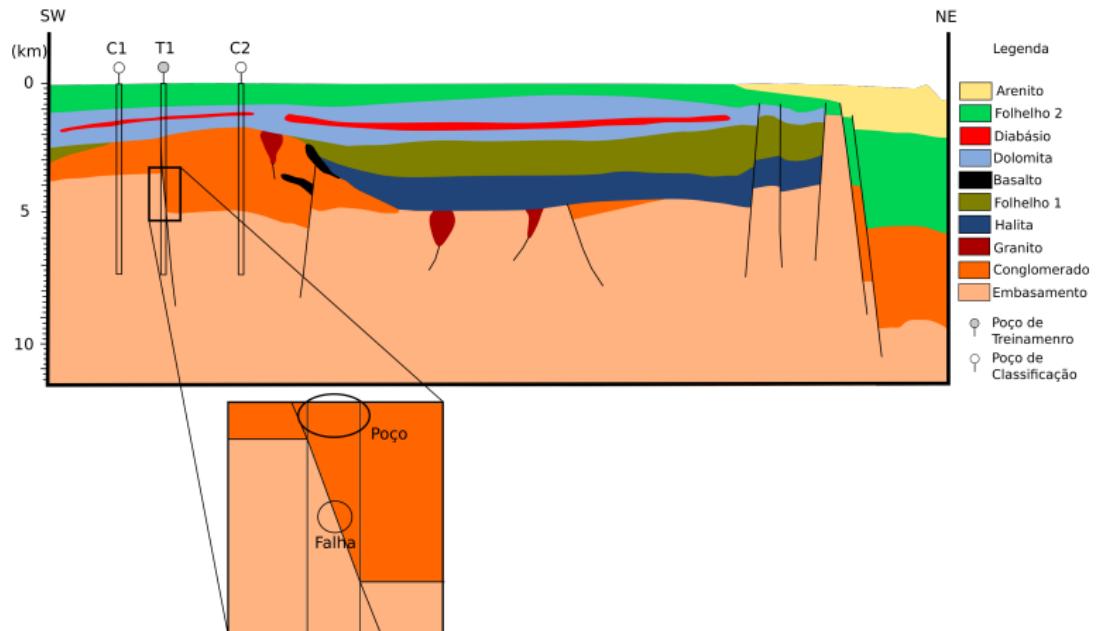
Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References

# Modelo proposto



**Figure:** Modelo Simplificado baseado em Mohriak et al. (2008).

# Modelo proposto

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

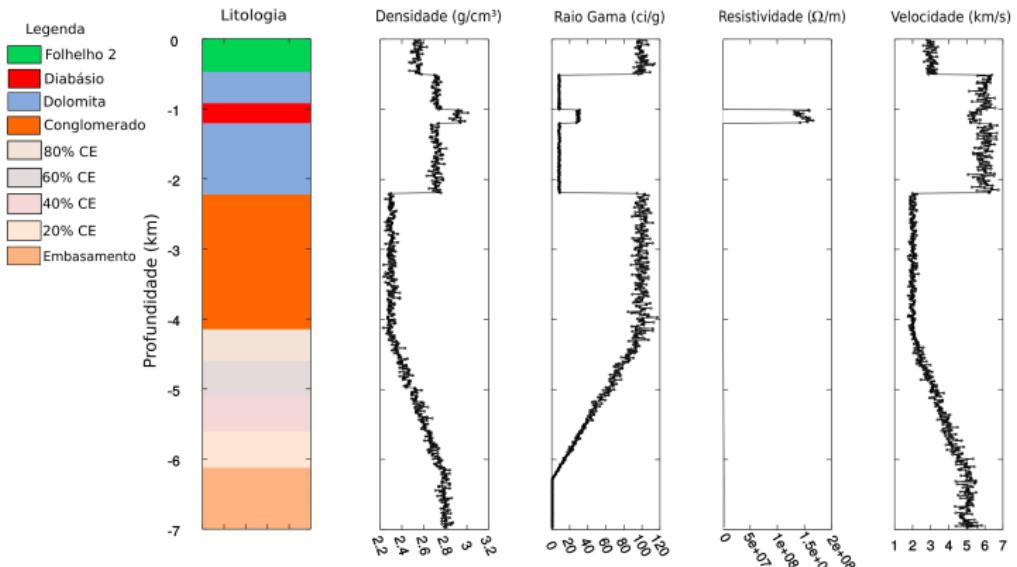
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 45 / 78



**Figure:** Dado de perfilagem sintético, T1.

# Modelo proposto

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

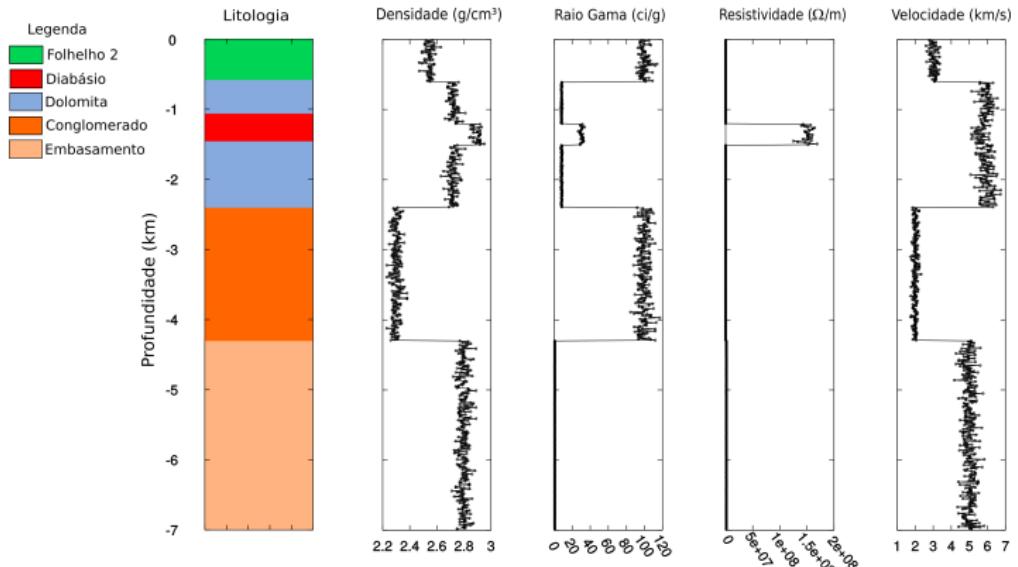
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 46 / 78



**Figure:** Dado de perfilagem sintético, C1.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

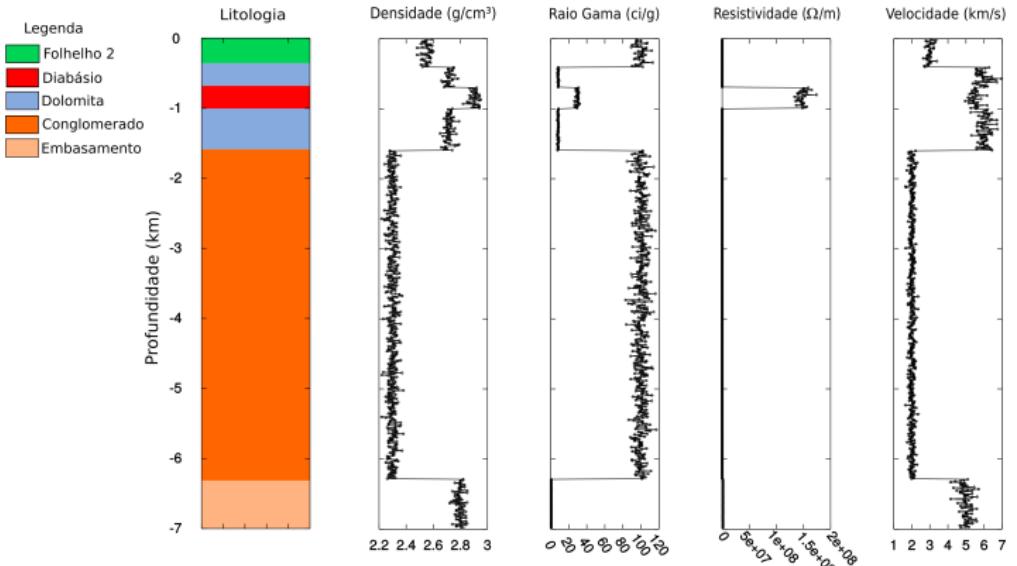
Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 47 / 78

# Modelo proposto



**Figure:** Dado de perfilagem sintético, C2.

# Clusterização do poço T1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

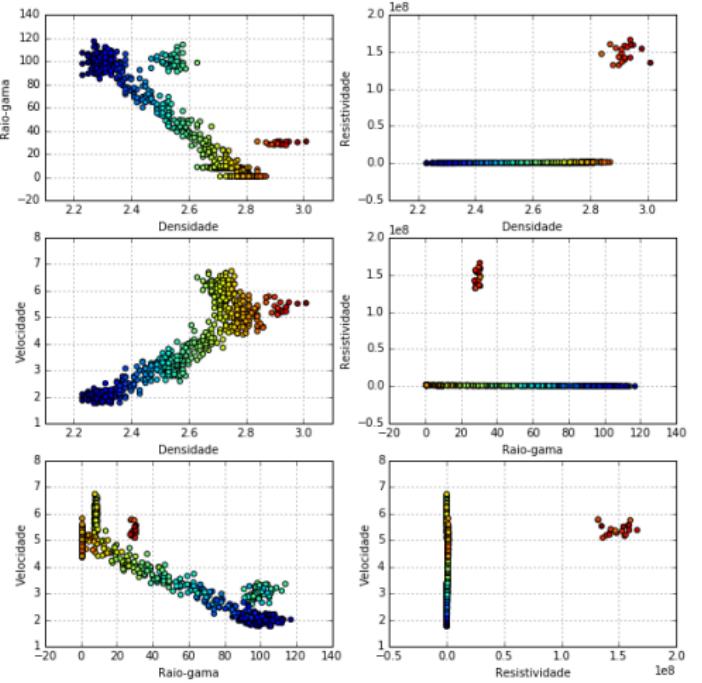
Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

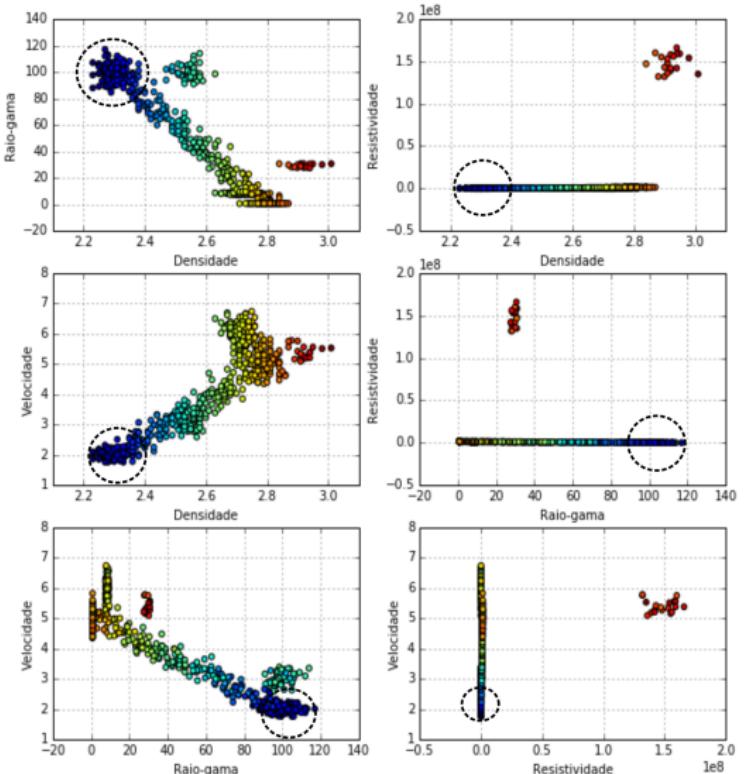
## References 48 / 78



**Figure:** Agrupamento de dados do poço T1.

# Clusterização do poço T1

## Conglomerado



Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

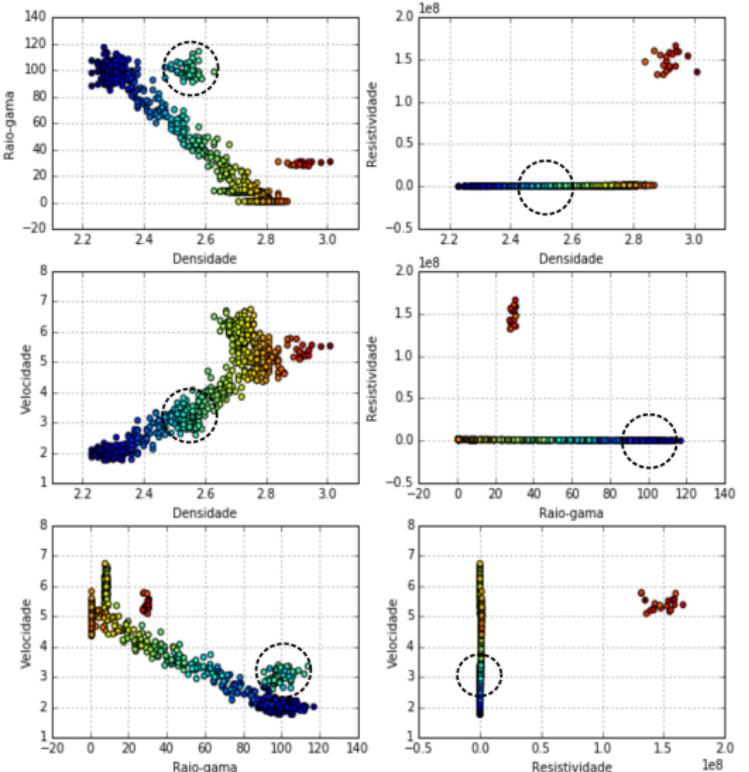
## Conclusões

## Cronograma

## References

# Clusterização do poço T1

## Folhelho



Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

#### Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

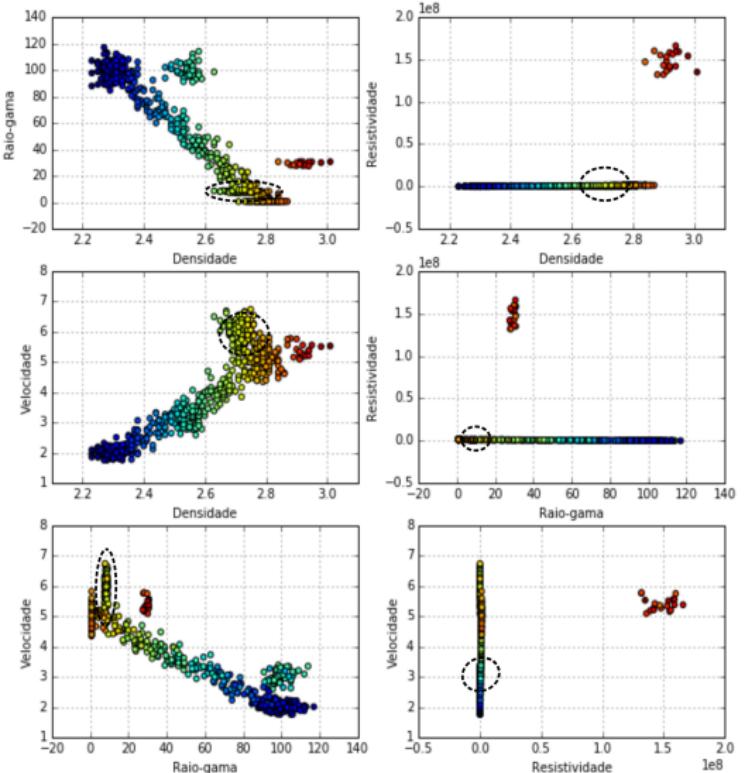
### Conclusões

### Cronograma

### References 50 / 78

# Clusterização do poço T1

## Dolomita



Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

#### Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

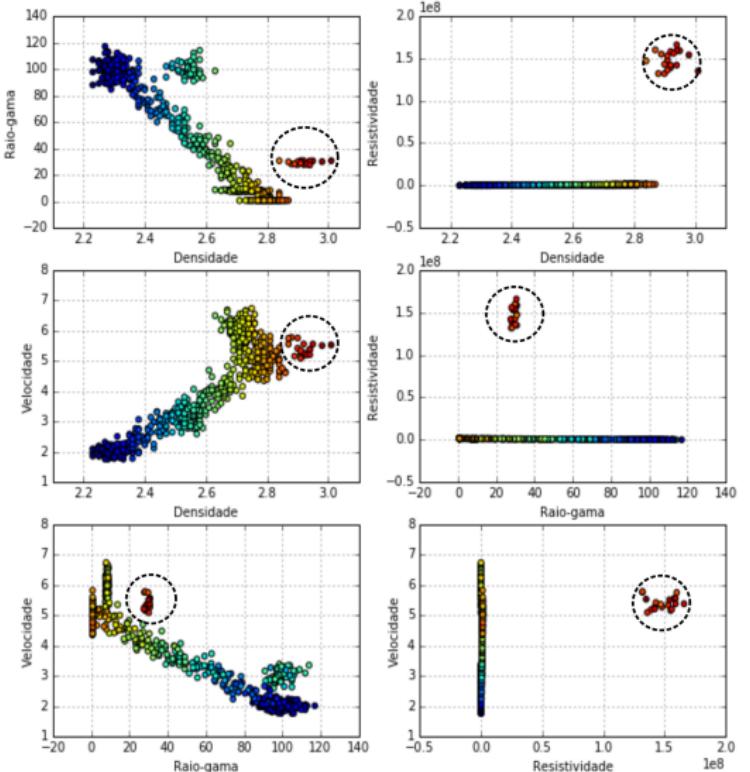
### Conclusões

### Cronograma

### References 51 / 78

# Clusterização do poço T1

## Diabásio



Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

#### Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 52 / 78

# Clusterização do poço T1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

## Resultados e Discussões

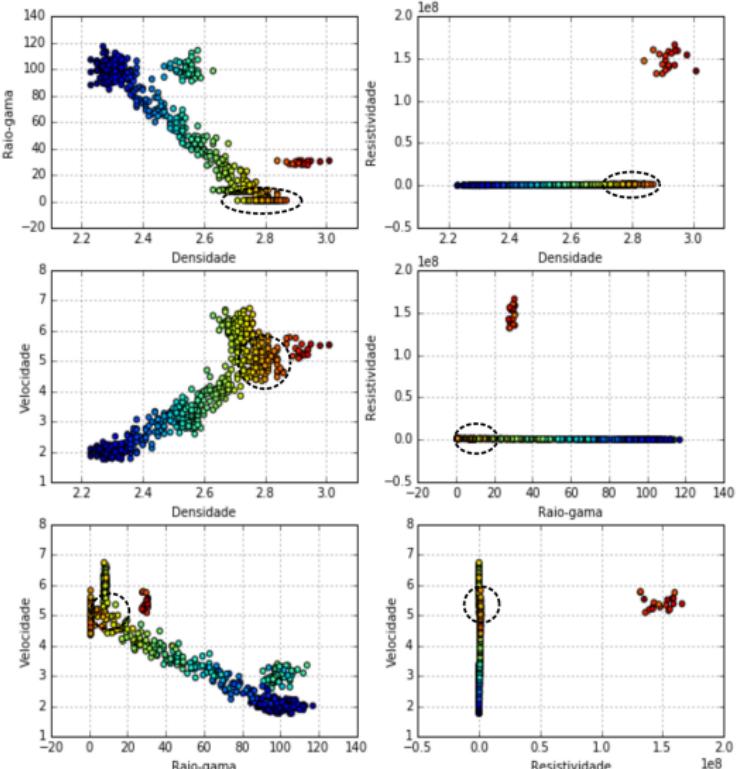
Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 53 / 78

### Embasamento



# Clusterização do poço C1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

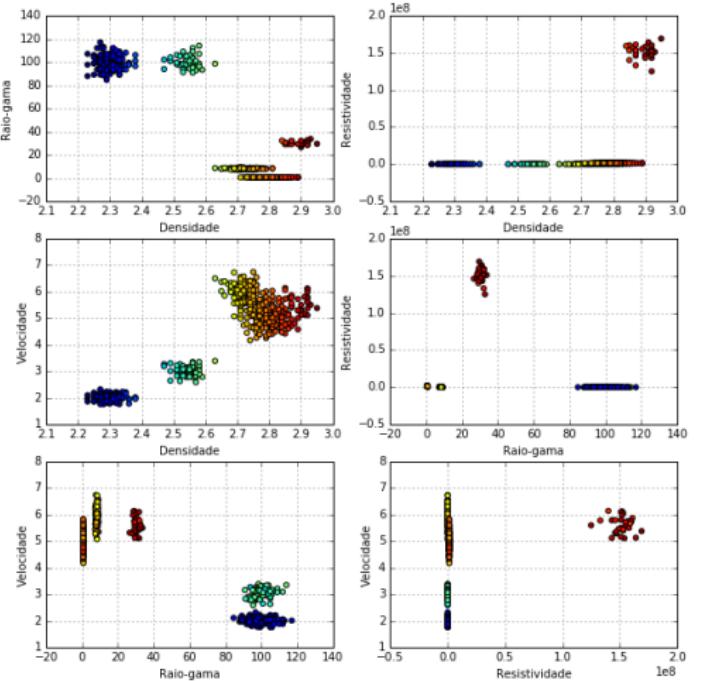
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 54 / 78



**Figure:** Agrupamento de dados do poço C1.

# Clusterização do poço C1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

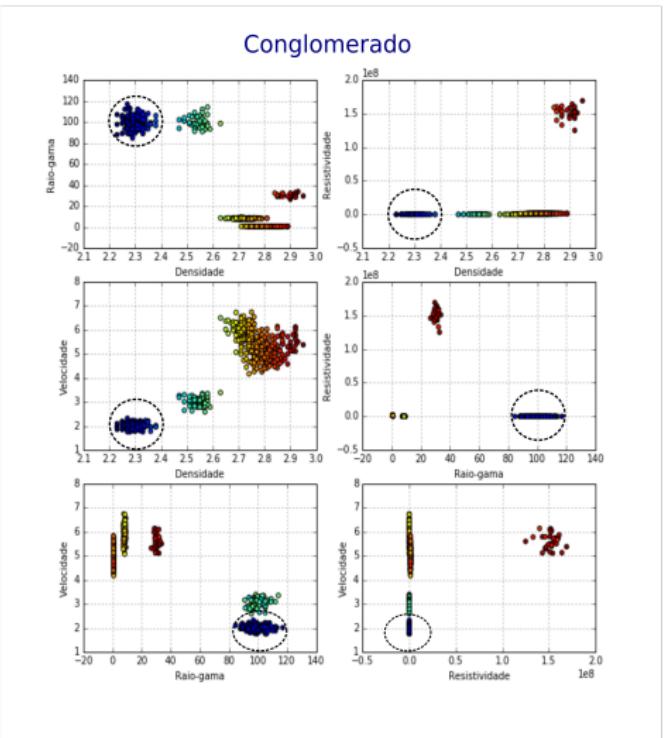
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 55 / 78



# Clusterização do poço C1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

Metodologia  
Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

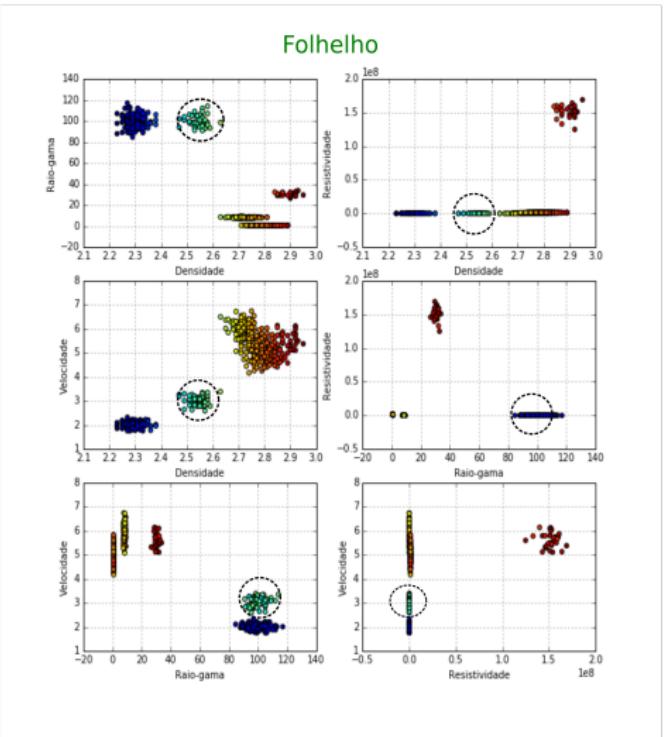
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References



# Clusterização do poço C1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

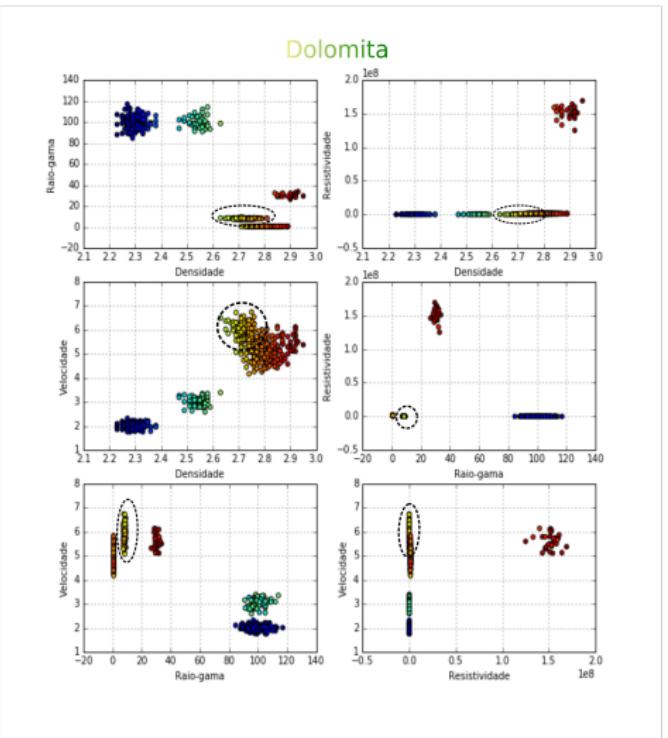
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 57 / 78



# Clusterização do poço C1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

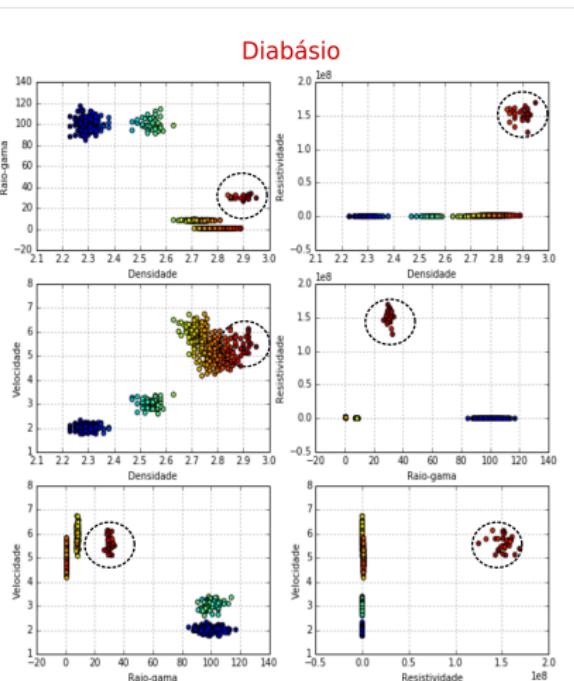
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 58 / 78



# Clusterização do poço C1

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

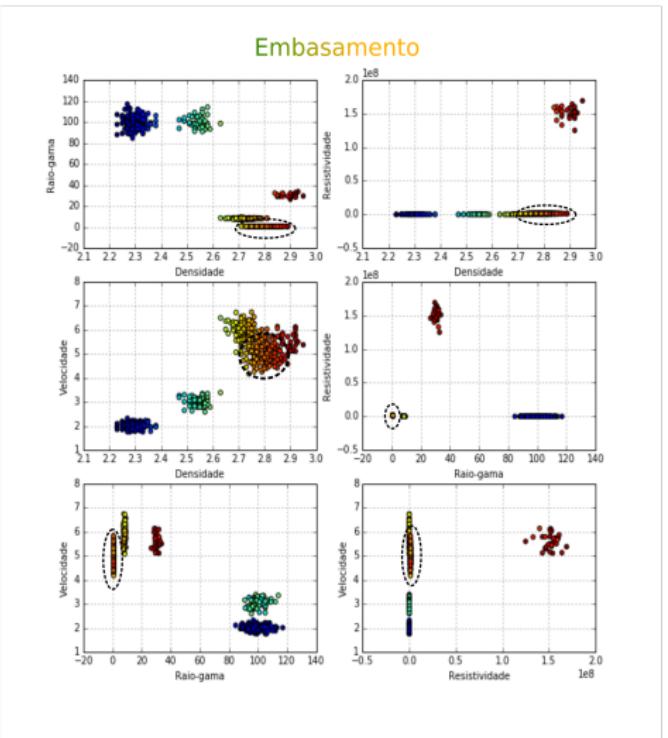
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References



# Clusterização do poço C2

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

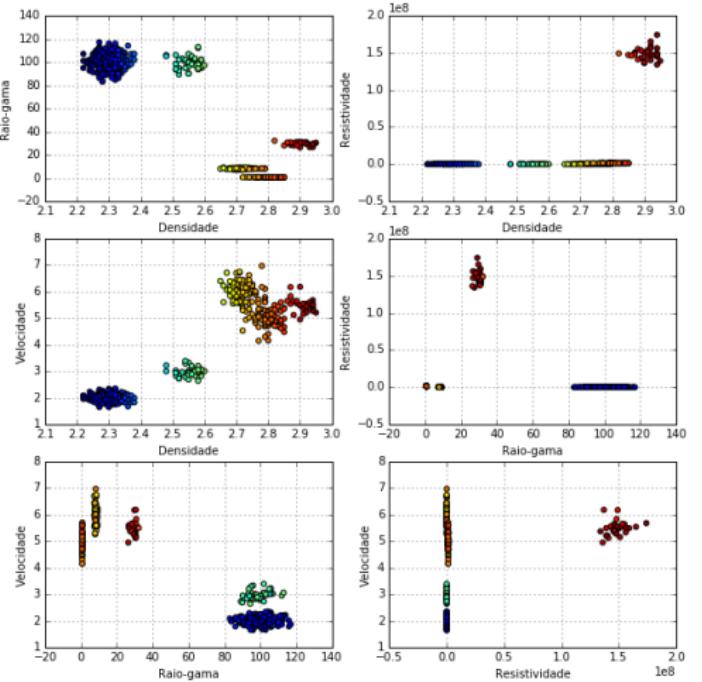
Treinamento

Identificação

## Conclusões

## Cronograma

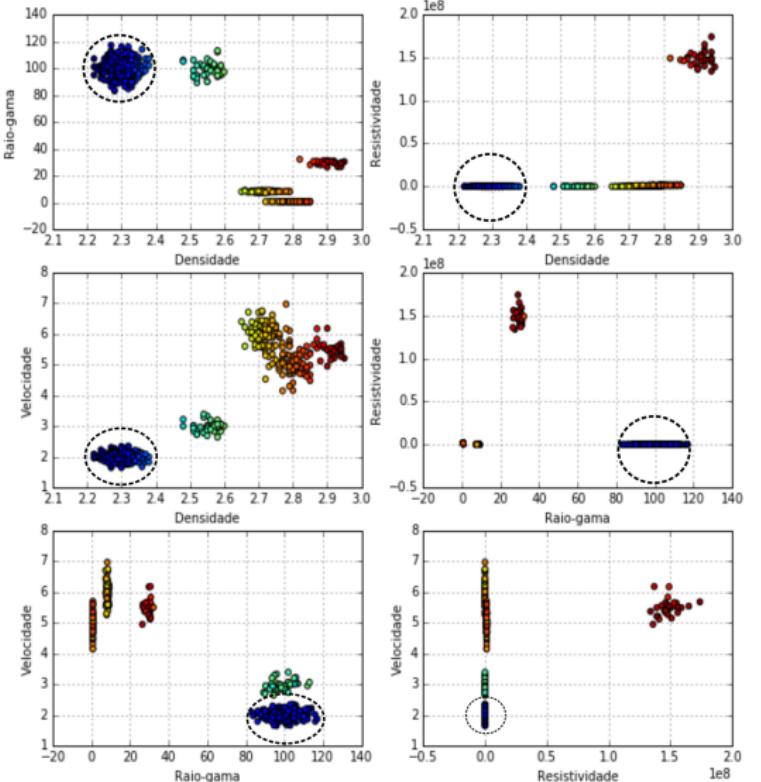
## References 60 / 78



**Figure:** Agrupamento de dados do poço C2.

# Clusterização do poço C2

## Conglomerado



Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

### Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

### Modelo proposto

#### Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 61 / 78

# Clusterização do poço C2

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

## Resultados e Discussões

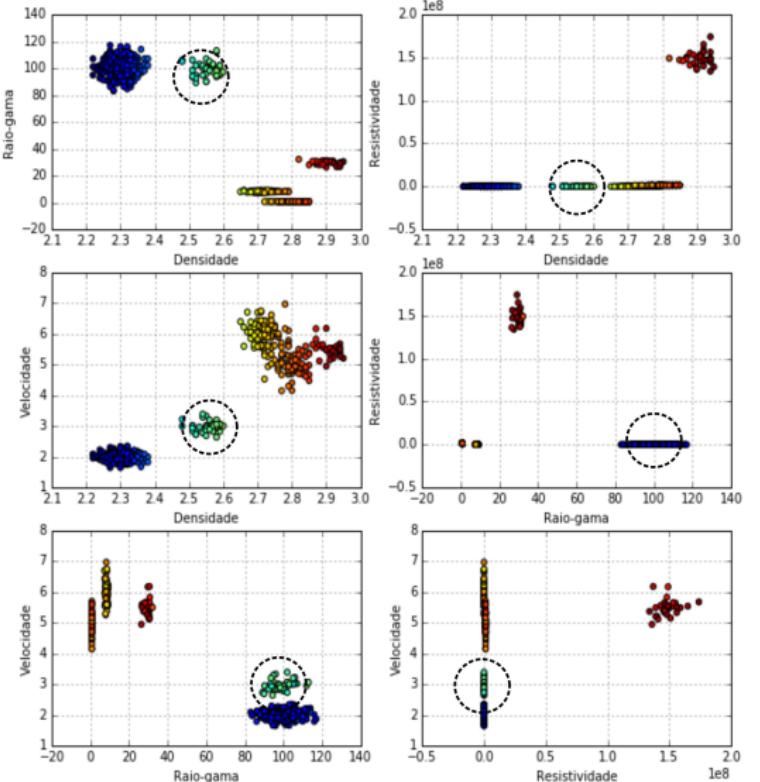
Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 62 / 78

### Folhelho



# Clusterização do poço C2

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

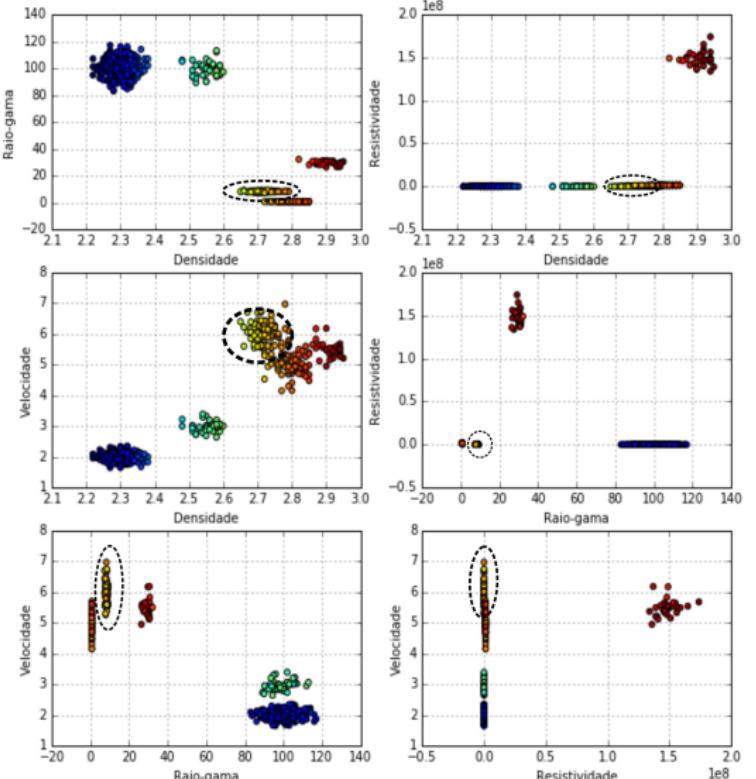
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

### Dolomita



# Clusterização do poço C2

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

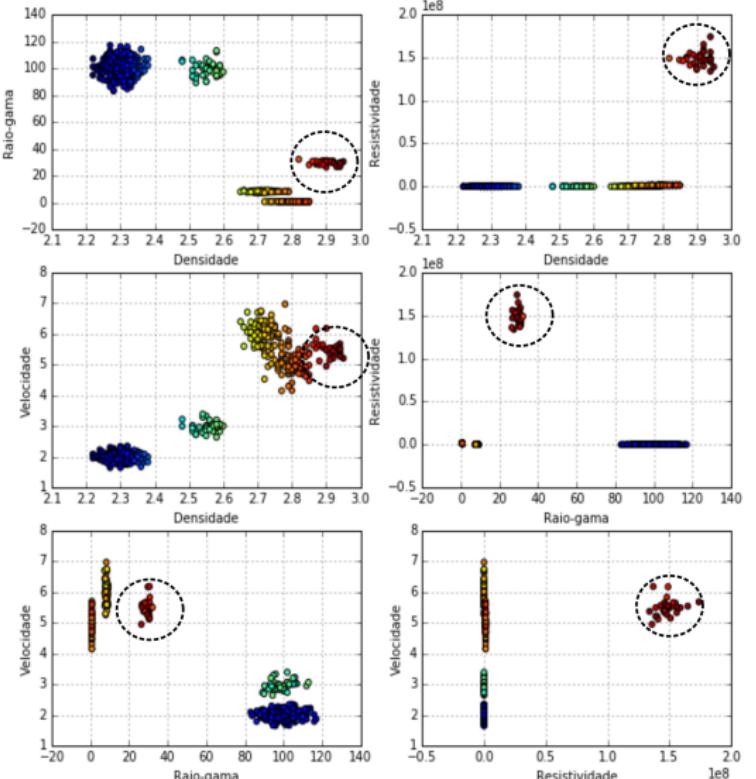
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

### Diabásio



# Clusterização do poço C2

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

### Clusterização

## Resultados e Discussões

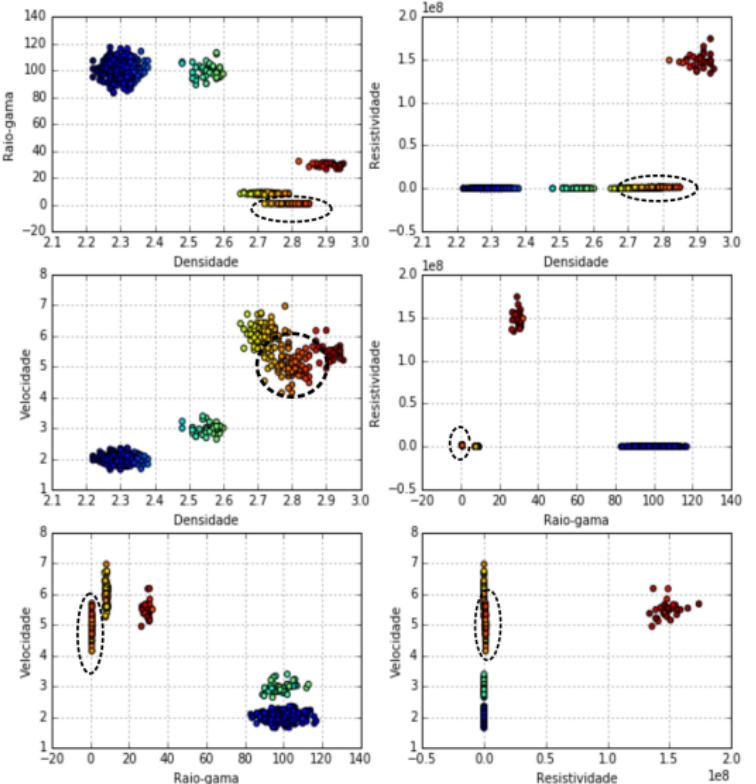
Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 65 / 78

### Embasamento



# Treinamento

## Introdução

- Definição
- Histórico
- Estado da arte
- A rede de Kohonen
- Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

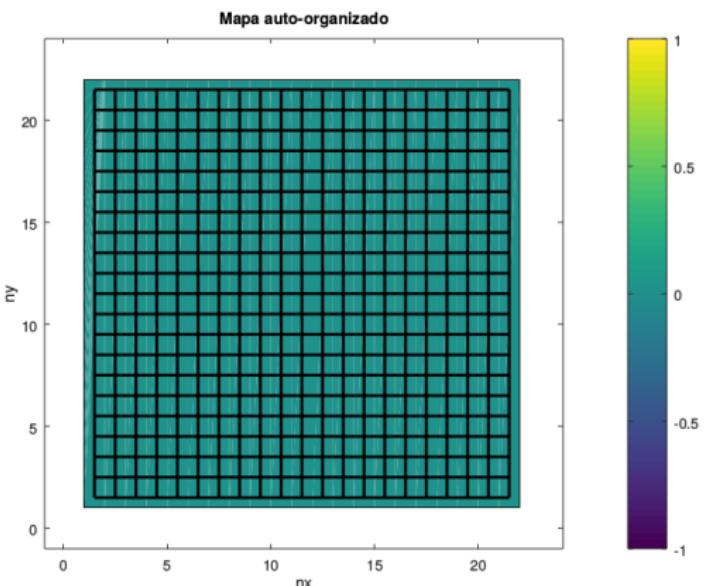
## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 66 / 78



**Figure:** Mapa auto-organizado (a) no primeiro ciclo de treinamento.

# Treinamento

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

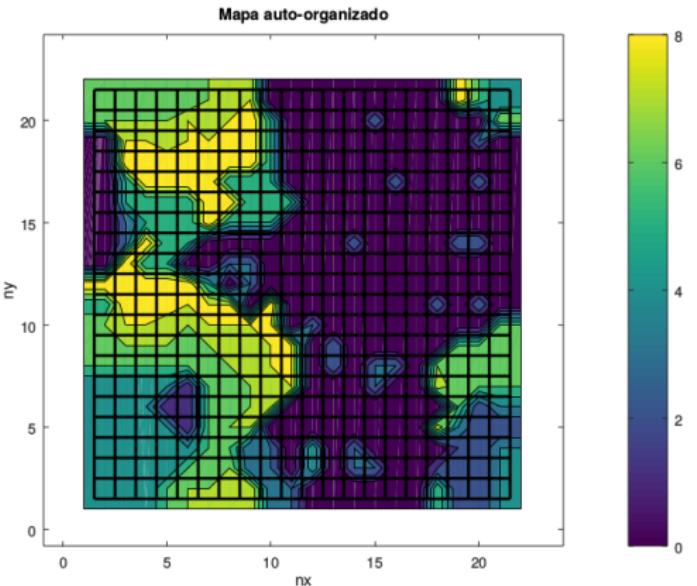
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 67 / 78



**Figure:** Mapa auto-organizado (b) no quinto ciclo de treinamento.

# Treinamento

Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira,V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

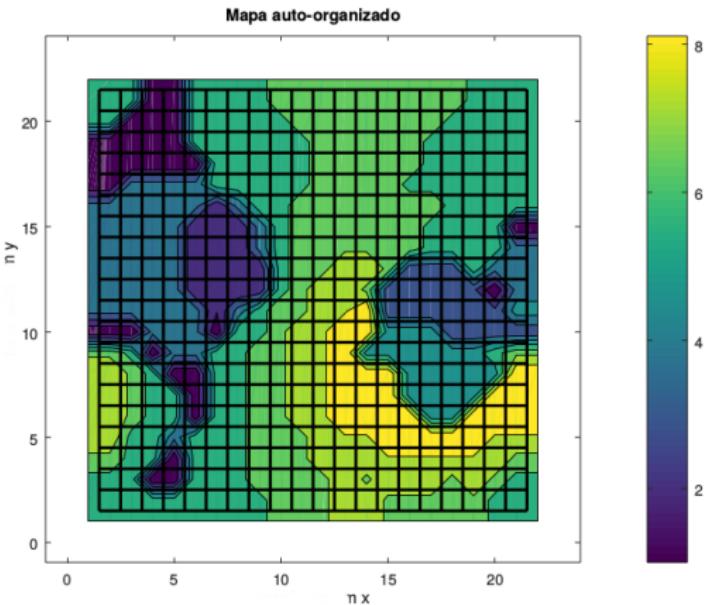
## Resultados e Discussões

- Treinamento
- Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 68 / 78



**Figure:** Mapa auto-organizado (c) no centésimo ciclo de treinamento.

# Treinamento

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

- Dados Sintéticos
- Treinamento da rede
- Classificação da rede

## Modelo proposto

- Clusterização

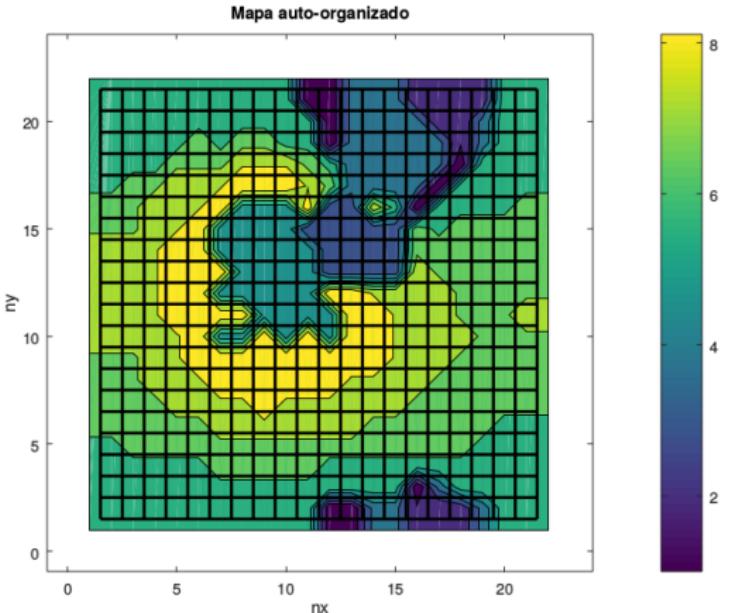
## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

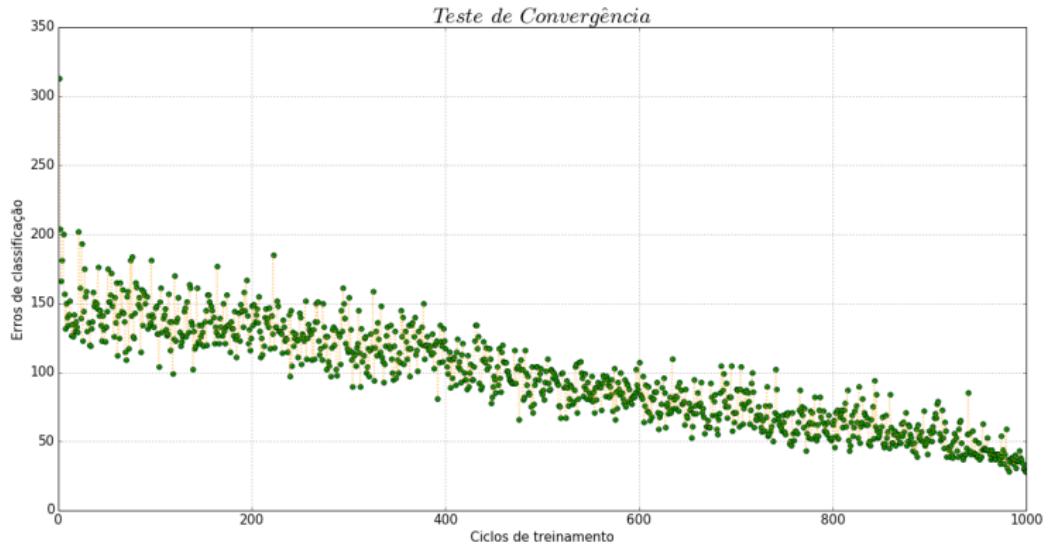


**Figure:** Mapa auto-organizado (d) no milésimo ciclo de treinamento.

# Treinamento

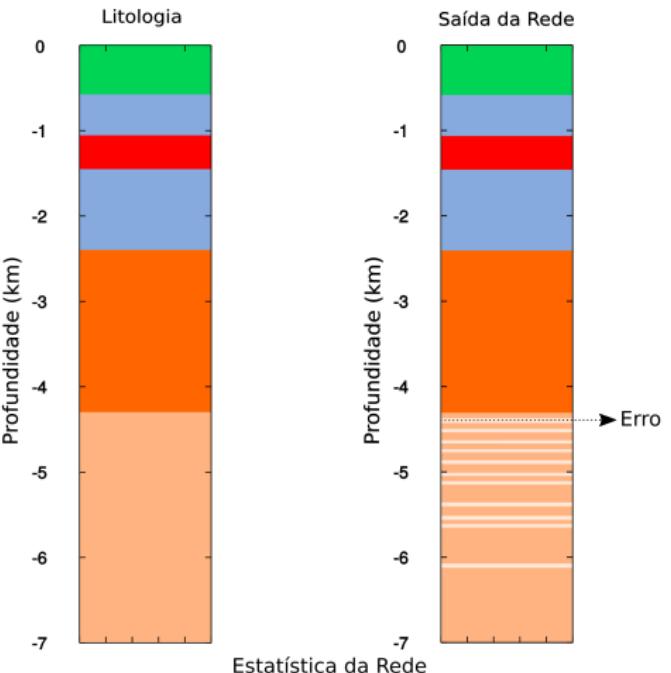
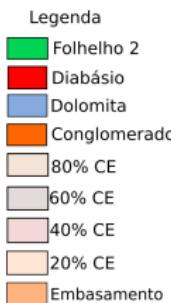
Inteligência  
Artificial Aplicada  
ao Reconhecimento  
de Padrões  
Litológicos.

Carreira V.R.



**Figure:** Teste de convergência da rede.

# Identificação



nº de dados de treinamento	697
nº de dados a serem classificados	699
número de neurônios da rede=	400
neurônios vitoriosos=	400.00
neurônios sem uso =	0.00
numero de erros=	11.00

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

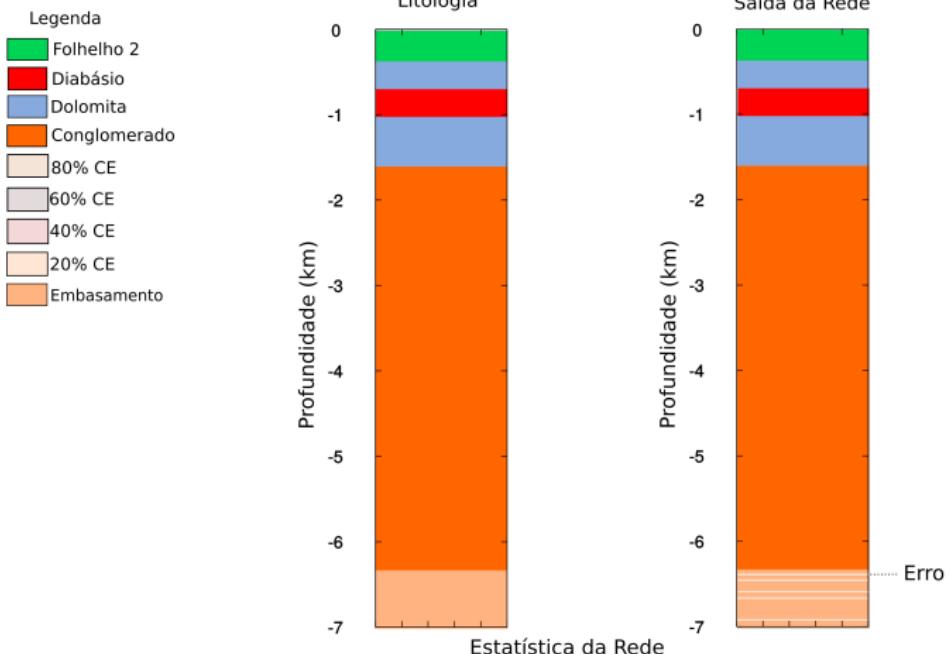
Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 72/78

# Identificação



nº de dados de treinamento 697  
nº de dados a serem classificados 698  
número de neurônios da rede= 400  
neurônios vitoriosos= 400.00  
neurônios sem uso = 0.00  
numero de erros= 5.00

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 73 / 78

# Conclusões

- ▶ O teste de convergência da rede indicou que o número de erros não diminui após o milésimo ciclo de treinamento;
- ▶ A maior área de especialização do mapa auto-organizado usado na identificação da rede está relacionada com o padrão sino;
- ▶ As propriedades físicas de densidade e raio-gama tem uma importância relativa maior, na classificação das litologias pela rede dos poços C1 e C2 (diagramas de velocidades por densidade e o de velocidade por raio-gama);
- ▶ A saída da rede aponta que o maior número de casos dos erros ocorreram em uma única classe de rocha, a do embasamento;
- ▶ O poço C1 apresentou um erro de 1,6%;
- ▶ O poço C2 apresentou um erro de 0.7%;
- ▶ Os erros relativos encontrados nos poços de classificação C1 e C2 estão relacionados a escolha da alocação do poço de treinamento T1. O poço C2 localiza-se em um baixo estrutural, atingindo menos de 1km do embasamento. Entretanto, o poço C1 encontra-se em um alto estrutural, divergindo do poço C2 e produzindo, consequentemente, os maiores erros relativos

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Conclusões

- ▶ O teste de convergência da rede indicou que o número de erros não diminui após o milésimo ciclo de treinamento;
- ▶ A maior área de especialização do mapa auto-organizado usado na identificação da rede está relacionada com o padrão sino;
- ▶ As propriedades físicas de densidade e raio-gama tem uma importância relativa maior, na classificação das litologias pela rede dos poços C1 e C2 (diagramas de velocidades por densidade e o de velocidade por raio-gama);
- ▶ A saída da rede aponta que o maior número de casos dos erros ocorreram em uma única classe de rocha, a do embasamento;
- ▶ O poço C1 apresentou um erro de 1,6%;
- ▶ O poço C2 apresentou um erro de 0.7%;
- ▶ Os erros relativos encontrados nos poços de classificação C1 e C2 estão relacionados a escolha da alocação do poço de treinamento T1. O poço C2 localiza-se em um baixo estrutural, atingindo menos de 1km do embasamento. Entretanto, o poço C1 encontra-se em um alto estrutural, divergindo do poço C2 e produzindo, consequentemente, os maiores erros relativos

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Conclusões

- ▶ O teste de convergência da rede indicou que o número de erros não diminui após o milésimo ciclo de treinamento;
- ▶ A maior área de especialização do mapa auto-organizado usado na identificação da rede está relacionada com o padrão sino;
- ▶ As propriedades físicas de densidade e raio-gama tem uma importância relativa maior, na classificação das litologias pela rede dos poços C1 e C2 (diagramas de velocidades por densidade e o de velocidade por raio-gama);
- ▶ A saída da rede aponta que o maior número de casos dos erros ocorreram em uma única classe de rocha, a do embasamento;
- ▶ O poço C1 apresentou um erro de 1,6%;
- ▶ O poço C2 apresentou um erro de 0.7%;
- ▶ Os erros relativos encontrados nos poços de classificação C1 e C2 estão relacionados a escolha da alocação do poço de treinamento T1. O poço C2 localiza-se em um baixo estrutural, atingindo menos de 1km do embasamento. Entretanto, o poço C1 encontra-se em um alto estrutural, divergindo do poço C2 e produzindo, consequentemente, os maiores erros relativos

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 73 / 78

# Conclusões

- ▶ O teste de convergência da rede indicou que o número de erros não diminui após o milésimo ciclo de treinamento;
- ▶ A maior área de especialização do mapa auto-organizado usado na identificação da rede está relacionada com o padrão sino;
- ▶ As propriedades físicas de densidade e raio-gama tem uma importância relativa maior, na classificação das litologias pela rede dos poços C1 e C2 (diagramas de velocidades por densidade e o de velocidade por raio-gama);
- ▶ A saída da rede aponta que o maior número de casos dos erros ocorreram em uma única classe de rocha, a do embasamento;
- ▶ O poço C1 apresentou um erro de 1,6%;
- ▶ O poço C2 apresentou um erro de 0.7%;
- ▶ Os erros relativos encontrados nos poços de classificação C1 e C2 estão relacionados a escolha da alocação do poço de treinamento T1. O poço C2 localiza-se em um baixo estrutural, atingindo menos de 1km do embasamento. Entretanto, o poço C1 encontra-se em um alto estrutural, divergindo do poço C2 e produzindo, consequentemente, os maiores erros relativos

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 73 / 78

# Conclusões

- ▶ O teste de convergência da rede indicou que o número de erros não diminui após o milésimo ciclo de treinamento;
- ▶ A maior área de especialização do mapa auto-organizado usado na identificação da rede está relacionada com o padrão sino;
- ▶ As propriedades físicas de densidade e raio-gama tem uma importância relativa maior, na classificação das litologias pela rede dos poços C1 e C2 (diagramas de velocidades por densidade e o de velocidade por raio-gama);
- ▶ A saída da rede aponta que o maior número de casos dos erros ocorreram em uma única classe de rocha, a do embasamento;
- ▶ O poço C1 apresentou um erro de 1,6%;
- ▶ O poço C2 apresentou um erro de 0.7%;
- ▶ Os erros relativos encontrados nos poços de classificação C1 e C2 estão relacionados a escolha da alocação do poço de treinamento T1. O poço C2 localiza-se em um baixo estrutural, atingindo menos de 1km do embasamento. Entretanto, o poço C1 encontra-se em um alto estrutural, divergindo do poço C2 e produzindo, consequentemente, os maiores erros relativos

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 73 / 78

# Conclusões

- ▶ O teste de convergência da rede indicou que o número de erros não diminui após o milésimo ciclo de treinamento;
- ▶ A maior área de especialização do mapa auto-organizado usado na identificação da rede está relacionada com o padrão sino;
- ▶ As propriedades físicas de densidade e raio-gama tem uma importância relativa maior, na classificação das litologias pela rede dos poços C1 e C2 (diagramas de velocidades por densidade e o de velocidade por raio-gama);
- ▶ A saída da rede aponta que o maior número de casos dos erros ocorreram em uma única classe de rocha, a do embasamento;
- ▶ O poço C1 apresentou um erro de 1,6%;
- ▶ O poço C2 apresentou um erro de 0.7%;
- ▶ Os erros relativos encontrados nos poços de classificação C1 e C2 estão relacionados a escolha da alocação do poço de treinamento T1. O poço C2 localiza-se em um baixo estrutural, atingindo menos de 1km do embasamento. Entretanto, o poço C1 encontra-se em um alto estrutural, divergindo do poço C2 e produzindo, consequentemente, os maiores erros relativos

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento  
não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References

# Conclusões

- ▶ O teste de convergência da rede indicou que o número de erros não diminui após o milésimo ciclo de treinamento;
- ▶ A maior área de especialização do mapa auto-organizado usado na identificação da rede está relacionada com o padrão sino;
- ▶ As propriedades físicas de densidade e raio-gama tem uma importância relativa maior, na classificação das litologias pela rede dos poços C1 e C2 (diagramas de velocidades por densidade e o de velocidade por raio-gama);
- ▶ A saída da rede aponta que o maior número de casos dos erros ocorreram em uma única classe de rocha, a do embasamento;
- ▶ O poço C1 apresentou um erro de 1,6%;
- ▶ O poço C2 apresentou um erro de 0.7%;
- ▶ Os erros relativos encontrados nos poços de classificação C1 e C2 estão relacionados a escolha da alocação do poço de treinamento T1. O poço C2 localiza-se em um baixo estrutural, atingindo menos de 1km do embasamento. Entretanto, o poço C1 encontra-se em um alto estrutural, divergindo do poço C2 e produzindo, consequentemente, os maiores erros relativos

Etapa	Meses																			Introdução Definição Histórico Estado da arte	2021	22	23	24	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
Pesquisa na Literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Disciplinas			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Formulação da Rede								X	X	X	X	X	X	X	X	X									
Treino															X	X	X	X	X	X	X				
Resultado																									
Artigo 1																								X	X
Artigo 2																									
Tese																									

**Table:** Cronograma das atividades previstas para o primeiro biênio.  
Em **vermelho** encontra-se o mês de setembro.

Etapa	Meses															45	46	47	48
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Pesquisa na Literatura	X	X	X	X	X	X													
Disciplinas																			
Formulação da Rede																			
Treino																			
Resultado		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Artigo 1	X	X	X	X	X	X	X												
Artigo 2					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Tese														X	X	X	X	X	X

**Table:** Cronograma das atividades previstas para o segundo biênio.

# References I

- Artero, A. O. (2008). *Inteligência Artificial Teórica e Prática*. Livraria da Física, São Paulo, 1st edition.
- Assine, M. L. and Milani, E. J. (1994). Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 2(24):12.
- Benaouda, D., Wadge, G., Whitmarsh, R. B., Rothwell, R. G., and MacLeod, C. (1999). Inferring the lithology of borehole rocks by applying neural network classifiers to downhole logs: An example from the Ocean Drilling Program. *Geophysical Journal International*, 136(2):477–491.
- Borghi, L. (2002). A Bacia do Paraná. *Anuário do Instituto de Geociências - IGEO, Departamento de Geologia*.
- Caté, A., Perozzi, L., Glouguen, E., and Blouin, M. (2017). Machine learning as a tool for geologists. *The Leading Edge*, 36(6):215–219.
- Chakravarthy, S., Chunduru, R., Fanini, O., and Mezzatesta, A. (1999). Detection of layer boundaries from array induction tool responses using neural networks. *69th Ann. Internat. Mtg*, pages 140–143.
- Cordani, G., Neves, B., and Fuck, R. (1984). Estudo preliminar de integração do pré-cambriano com os eventos tectônicos da bacias sedimentares brasileiras. *Revista Ciência Técnica do Petróleo*, 27(4):70p.
- Hall, P., Dean, J., Kabul, I. K., and Silva, J. (2014). An Overview of Machine Learning with SAS ® Enterprise Miner™. (Rosenblatt 1958):1–24.
- Hopfield, J. J. (1982). Computational Abilities. *Biophysics*, 79(April):2554–2558.
- Kohonen, T. (1989). Biological Cybernetics 9 1989. 425:139–145.
- Levy, S. (1997). The Computer. *Newsweek*, 130(22):28.
- MacKay, D. J. C. (2005). *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms* David J.C. MacKay, volume 100.
- Mao, J. (1996). Why artificial neural networks? *Communications*, 29:31–44.
- McCulloch, W. S. and Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4):115–133.
- Michie, E. D., Spiegelhalter, D. J., and Taylor, C. C. (1994). Machine Learning , Neural and Statistical Classification. *Technometrics*, 37(4):459.
- Milani, E., Spadini, A., Terra, G., Silva, E., and Bueno, G. (2007). *Boletim de geociências da Petrobras*, volume v. Milani, E., Spadini, A., Terra, G., Silva, E., and Bueno, G. (2007). *Boletim de geociências da Petrobras*, volume v.

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 76 / 78



# References II

- Milani, E. J. and Ramos, V. A. (1998). Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Brazilian Journal of Geology*, 28(4):473–484.
- Milani, E. J. and Zalan, P. V. (1999). An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Milani1999*, 22:199–205.
- Minsky, M. and Papert, S. (1969). *Perceptrons*. 2 edition.
- Mohriak, W., Szatmari, P., and Anjos, S. (2008). *Sal: Geologia e Tectônica. Exemplos nas Bacias Brasileiras*. Beca, São Paulo, SP., 1 edition.
- Poulton, M. M. (2002). Neural networks as an intelligence amplification tool: A review of applications. *Geophysics*, 67(3):979.
- Rosenblatt, F. (1962). Principles of Neurodynamics. Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. *Archives of General Psychiatry*, 7:218–219.
- Saljooghi, B. S. and Hezarkhani, A. (2014). Comparison of WAVENET and ANN for predicting the porosity obtained from well log data. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 123:172–182.
- Schneider, R., Muhlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R., Daemon, R., and Nogueira, A. (1974). Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. volume 4. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia.
- Schott, G. D. (1993). Penfield's homunculus: a note on cerebral cartography. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 56(4):329–333.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M., and Thompson, S. (1977). *Seismic stratigraphy and global changes of sea level*. Seismic stratigraphy: applications to hydrocarbon exploration. APPG.
- Yan, Z., Xiaodong, Z., Jiaotong, L., and Corporation, G. (2014). Lithology identification research based on self-organizing map of data mining method.
- YANG, C. T., MARSOOLI, R., and AALAMI, M. T. (2009). Evaluation of total load sediment transport formulas using ANN. *International Journal of Sediment Research*, 24(3):274–286.
- Zalan, P. V. and Wolf, S. (1987). Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In *Simpósio sul-brasileiro de geologia, SBG, 3, Atas, Curitiba-PR.*, volume 1, pages 441–477.
- Zhang, L., Poulton, M., Zhang, Z., Chakravarthy, S., and Mezzatesta, A. (1999). Fast forward modeling simulation of resistivity well logs using neural network. *69th Ann. Internat. Mtg*, pages 124–127.

Inteligência Artificial Aplicada ao Reconhecimento de Padrões Litológicos.

Carreira, V.R.

## Introdução

Definição  
Histórico  
Estado da arte  
A rede de Kohonen  
Treinamento não-supervisionado

## Contexto Geológico e Localização

## Objetivo

## Metodologia

Dados Sintéticos  
Treinamento da rede  
Classificação da rede

## Modelo proposto

Clusterização

## Resultados e Discussões

Treinamento  
Identificação

## Conclusões

## Cronograma

## References 77 / 78



## Observatório Nacional

Rua General José Cristino, 77 CEP 20921-400

Rua General Bruce, 586 CEP 20921-030

Bairro Imperial de São Cristóvão, Rio de Janeiro - RJ

PABX: 55 21 3504-9100

[www.on.br](http://www.on.br)

### Introdução

Definição

Histórico

Estado da arte

A rede de Kohonen

Treinamento  
não-supervisionado

### Contexto Geológico e Localização

### Objetivo

### Metodologia

Dados Sintéticos

Treinamento da rede

Classificação da rede

### Modelo proposto

Clusterização

### Resultados e Discussões

Treinamento

Identificação

### Conclusões

### Cronograma

### References 78 / 78