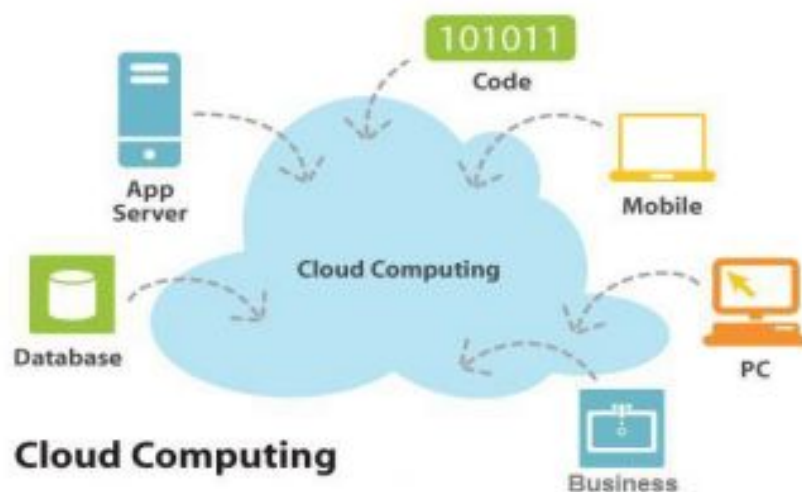


Estratégias para análise do impacto ambiental causado por centros de dados, considerando consumo de energia, eficiência energética e previsões com RNA.

Aluno: João Ferreira
Orientador: Paulo Maciel

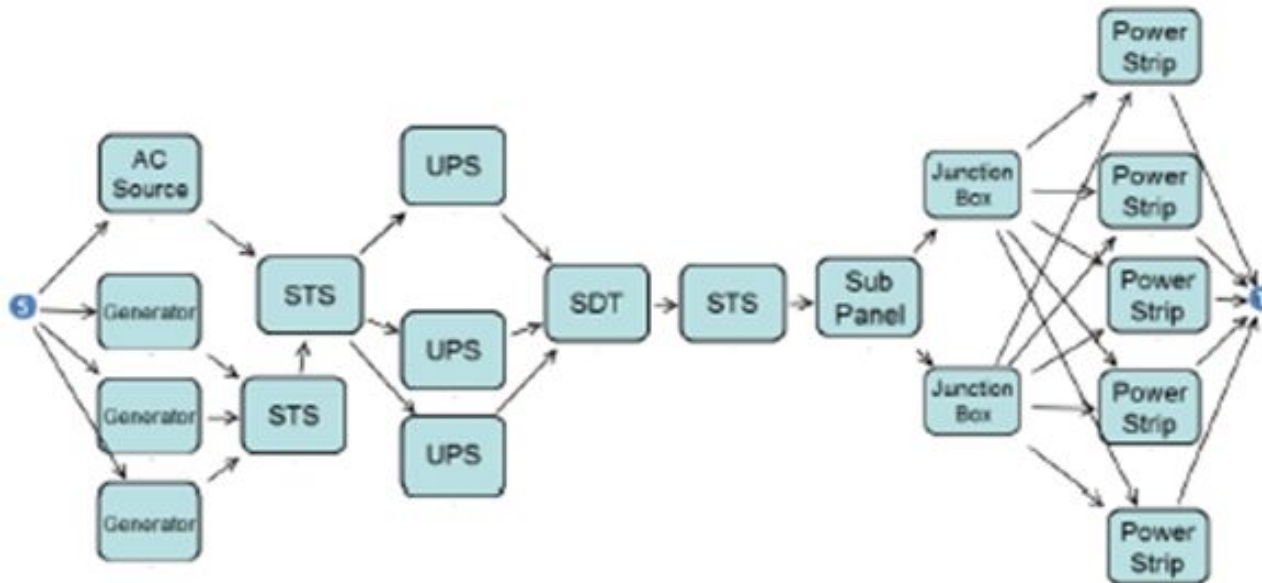
- Data center estão crescendo...
- Fato (Considerando EUA)
 - Centros de dados consomem quase 2% da energia produzida
 - Custo de 4,5 bilhões de dólares
- Preocupações Globais
 - Consumo de energia
 - Ambientes sustentáveis
- Centros de dados sustentáveis
 - Menor quantidade de materiais
 - Menor consumo de energia
- Disponibilidade



Data center

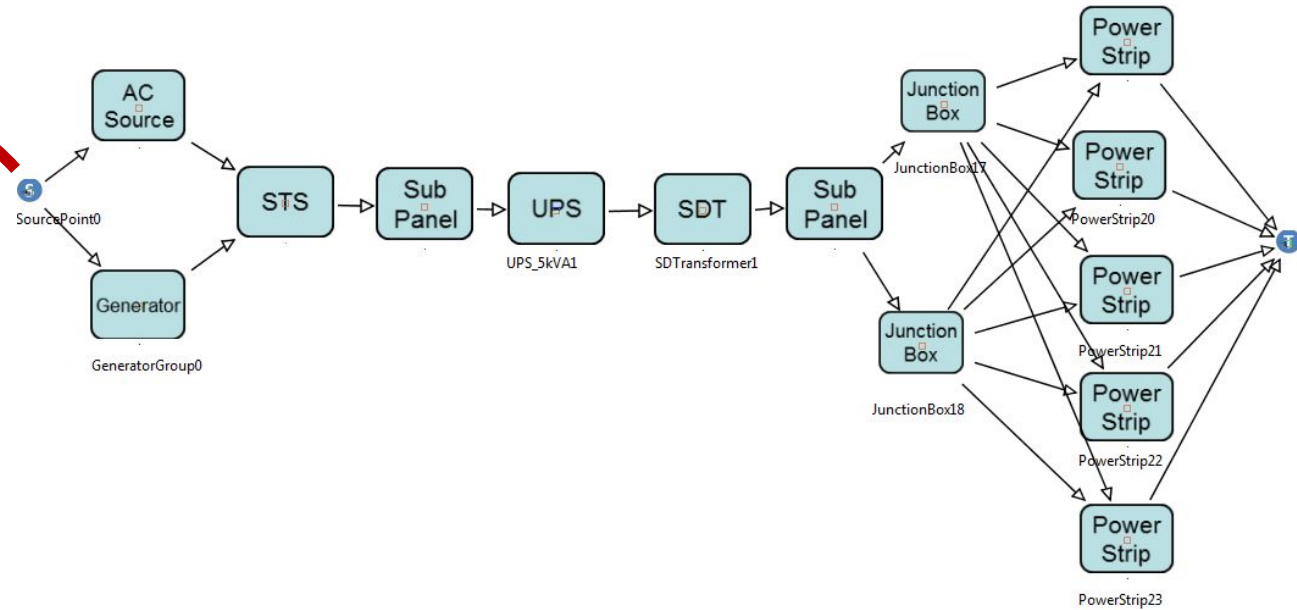
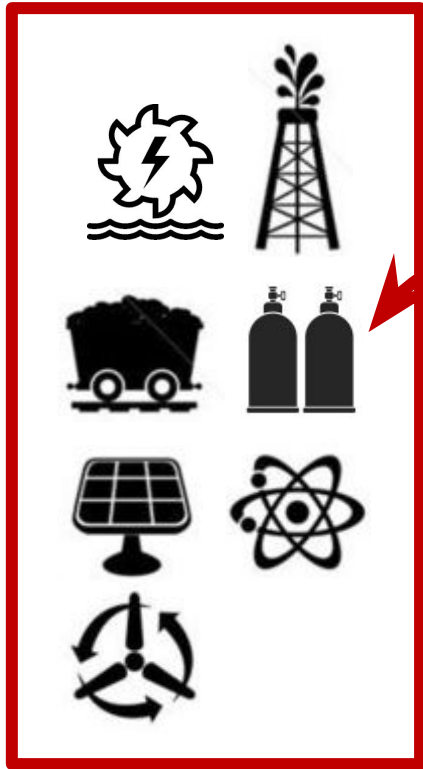
- Infraestrutura de Resfriamento
- **Infraestrutura Elétrica**
- Infraestrutura de TI

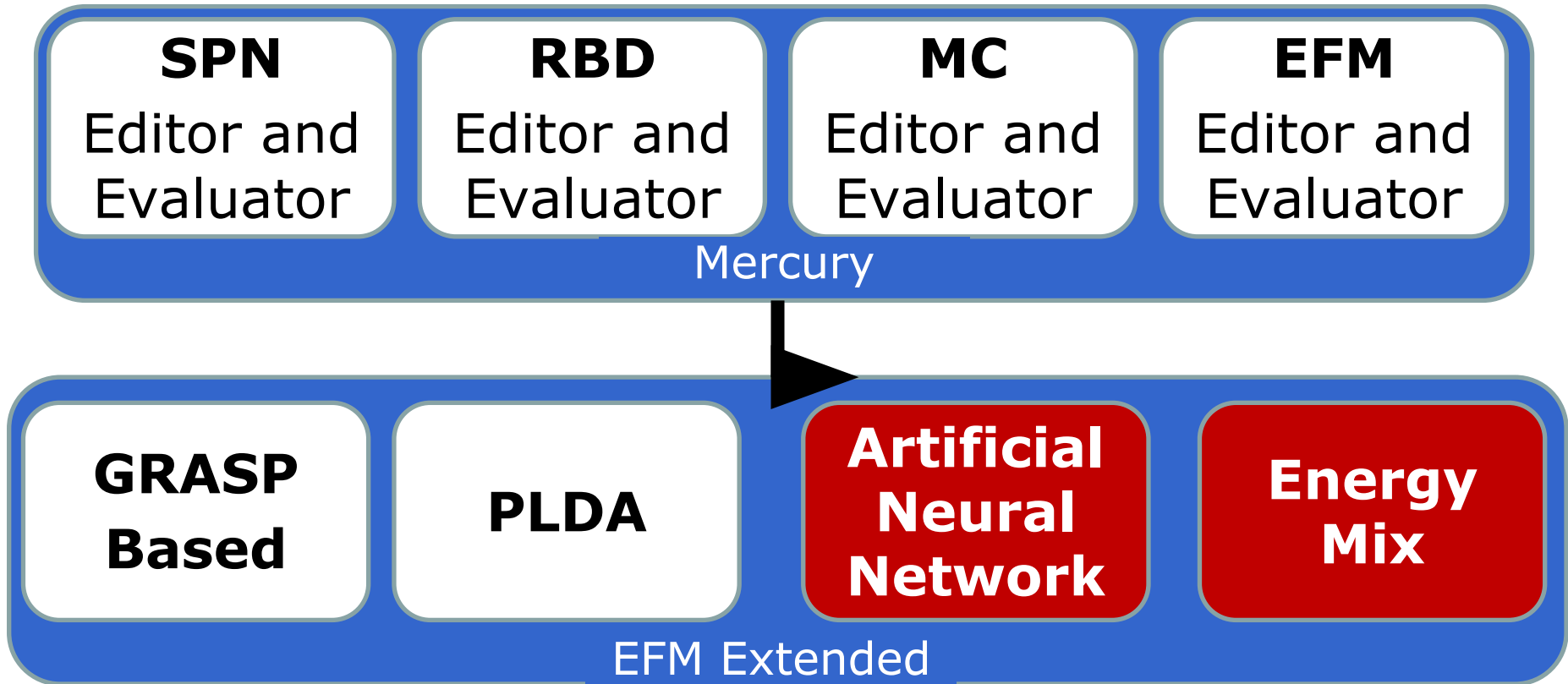
O EFM é utilizado para avaliar o **custo**, **sustentabilidade** e **disponibilidade** de infraestruturas de **energia e refrigeração** de centros de dados, respeitando as restrições de potência de cada dispositivo.

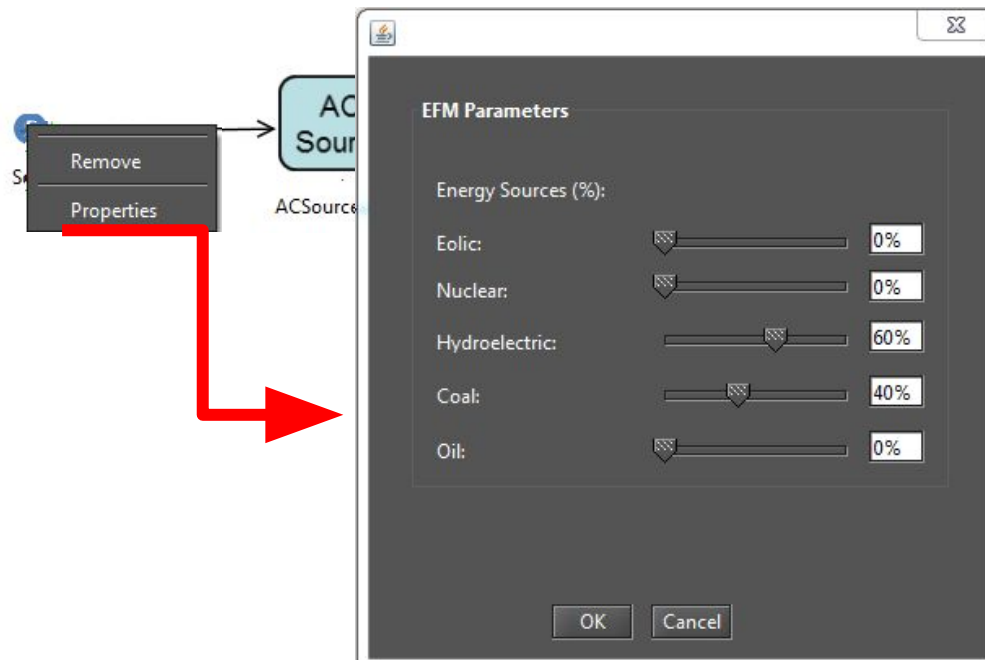


- 1 - Propor algoritmos para distribuição do consumo elétrico em componentes da infraestrutura de produção e energia elétrica dos centros de dados;
- 2 - Considerar o impacto ambiental e energética devido a diferentes fontes de energia elétrica de produção;
- 3 - Estimar as necessidades de fontes energéticas para diferentes cenários;
- 4 - Aplicar modelos de consumo para estimar consumo de energia do centro de dados.

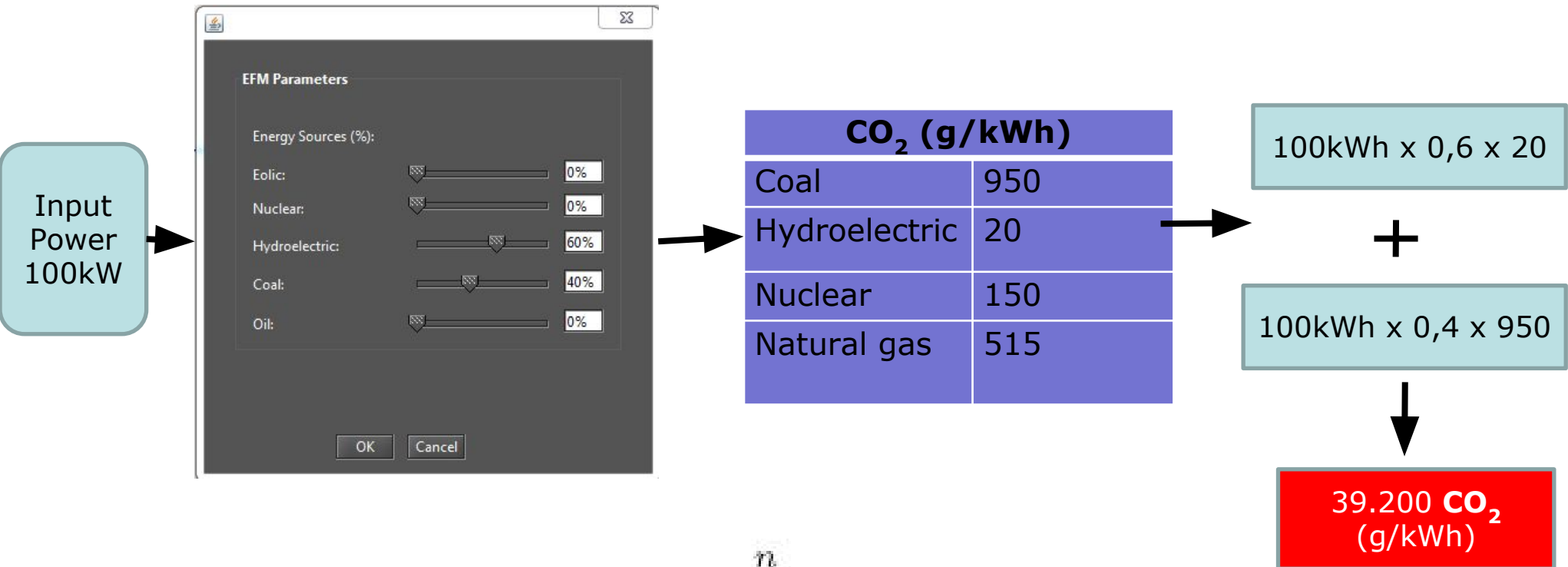
JOB DONE!







Exemplo:



$$CO_2Emissions = \sum_{i=1}^n (P_i \times F_i)$$

$$OperationalCost = \left(\sum_{i=1}^n (P_{Input-i} \times C_{Energy-i}) \right) \times T \times (A + \alpha(1 - A))$$

- Verificar o custo operacional e o impacto ambiental do consumo de energia dos centros de dados dos EUA.
- Utilizar o histórico do consumo de energia dos centro de dados ao longo de 14 anos (2000 - 2014).
- Qual o impacto ambiental e o custo, caso esses centros de dados estivessem instalados no Brasil, China ou Alemanha?
- Qual a previsão de consumo para o futuro?

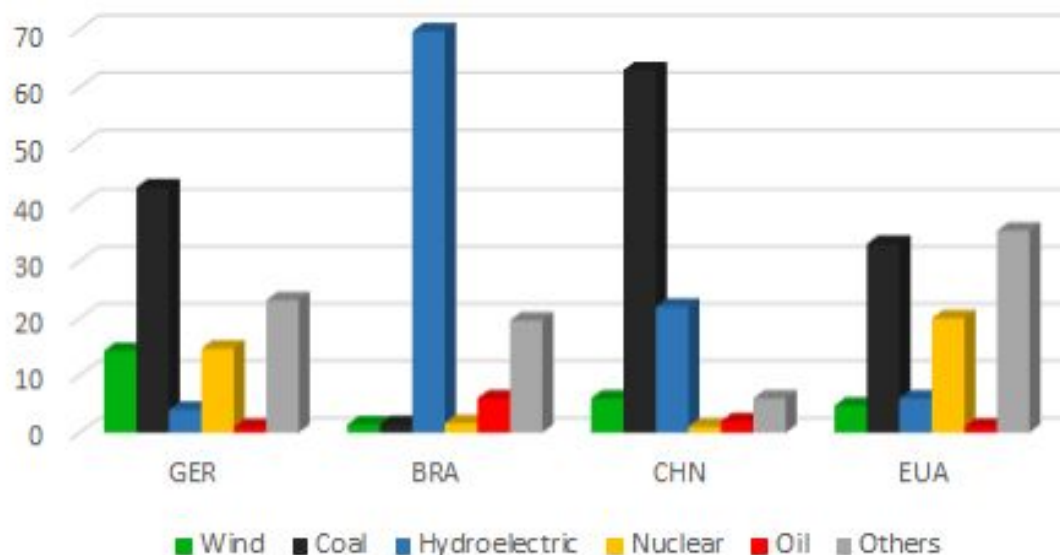
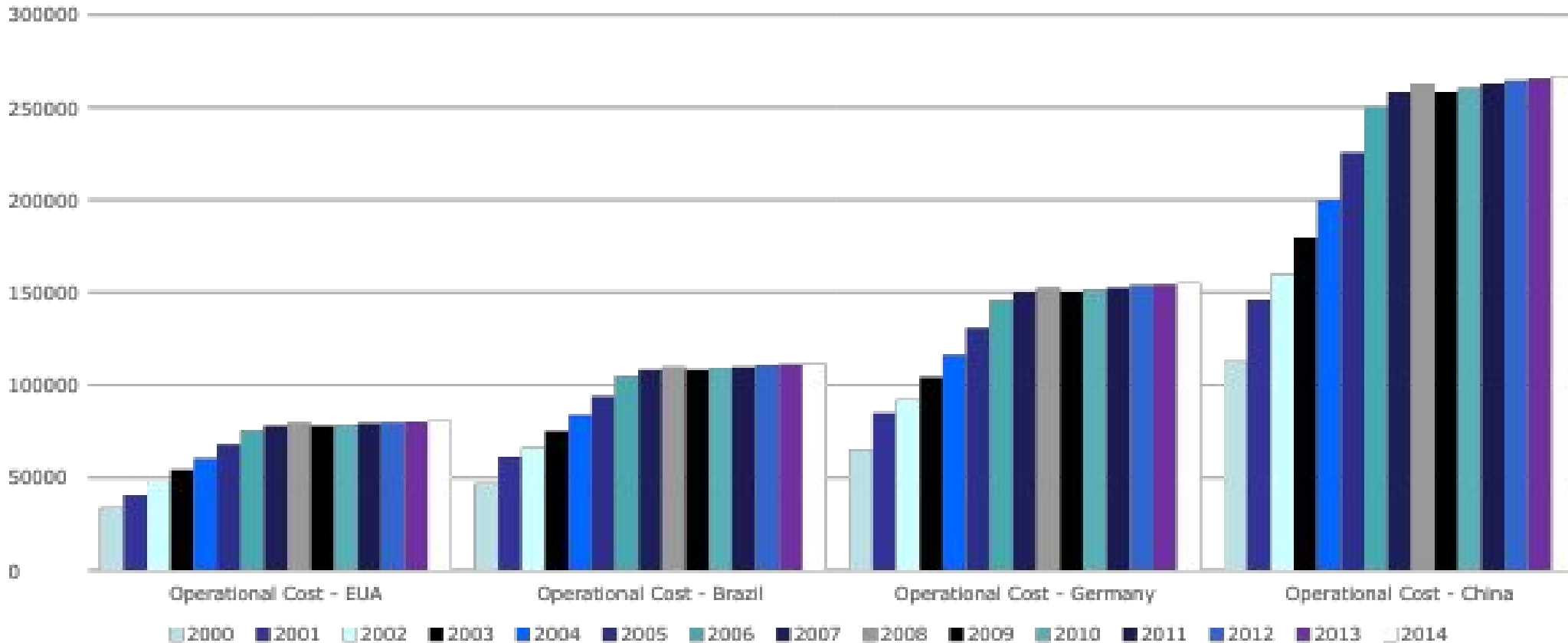


Fig. 10: Germany, Brazil, China and USA energy mixes

Table 2: Energy mixes, Energy cost and CO₂ emissions

Energy Source	GER	BRA	CHN	EUA	CO ₂ (g/kWh)
Cost kWh (USD)	0.25	0.18	0.43	0.12	-
Wind	14.3	1.44	6	4.7	10
Coal	42.9	1.5	63	33	950
Hydroelectric	4	69.76	22	6	20
Nuclear	14.7	1.68	1	20	150
Oil	0.94	6	2	1	510
Others	23.16	19.62	6	35.3	-

Operational Cost



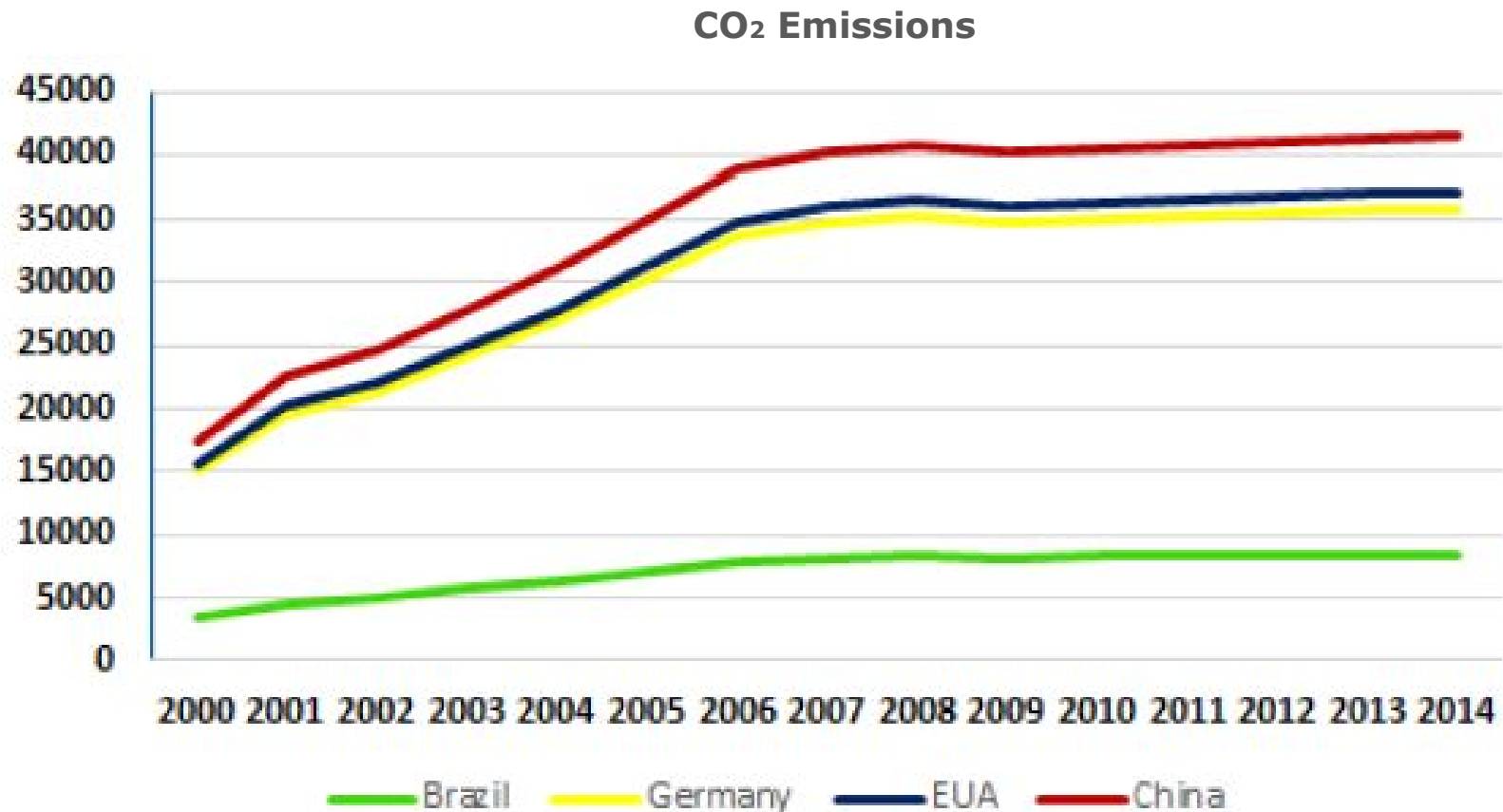


Fig. 11: CO₂ emissions for one year in tons

- 1 - Propor algoritmos para distribuição do fluxo elétrico em componentes da infraestrutura de provimento de energia elétrica dos centros de dados;
- 2 - Considerar o impacto ambiental e eficiência energética devido a diferentes fontes energéticas para o provimento de energia elétrica dos centros de dados.
- 3 - Extensão do EFM para suportar composições de fontes energéticas;
- 4 - Aplicar métodos de previsão para estimar consumo de energia do centro de dados.

2 – Prever o consumo de energia de um centro de dados.

Como?

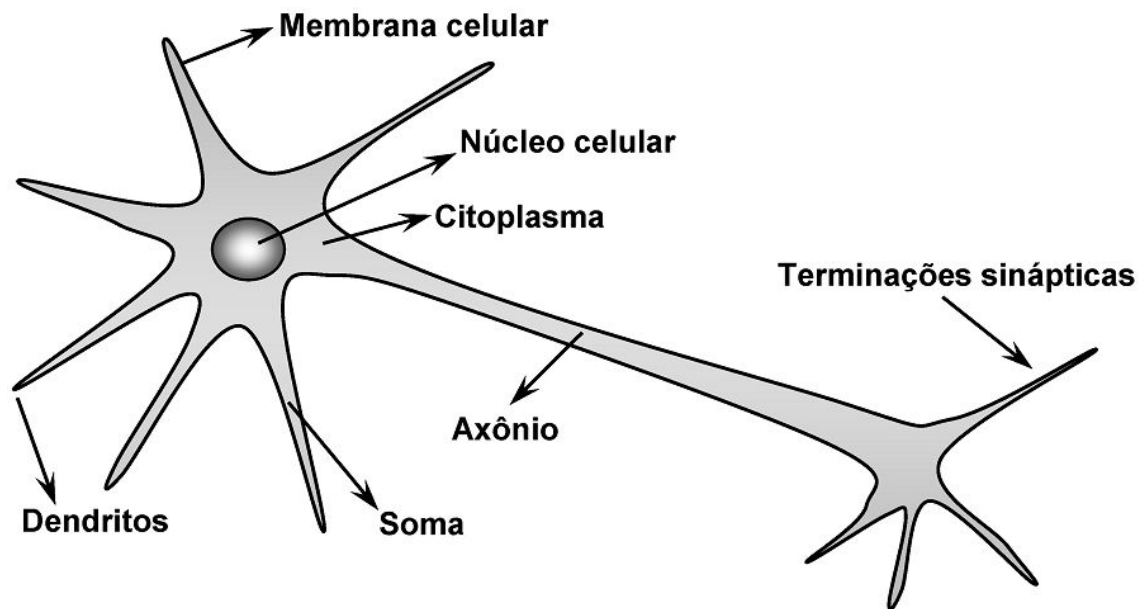
Redes Neurais Artificiais

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS (RNA)

1. Técnica inspirada no funcionamento do cérebro, onde neurônios artificiais, conectados em rede, são capazes de aprender e de generalizar.
2. A característica mais significativa de redes neurais está em sua habilidade de aproximar qualquer função contínua ou não contínua com um grau de correção desejado. Esta habilidade das redes neurais as tem tornado útil para modelar sistemas não lineares.

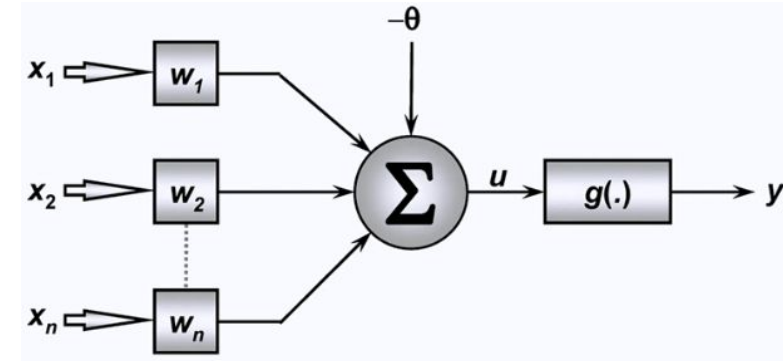
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS (RNA) - Introdução

1. Redes Neurais são baseadas na biologia



Neurônio

- Sinais de Entrada $\{ X_1, X_2, \dots, X_n \}$
- Pesos sinápticos $\{ W_1, W_2, \dots, W_n \}$
- Função Agregadora $\{ \Sigma \}$
- Limiar de Ativação $\{ \Theta \}$



- Potencial de Ativação $\{ u \} \rightarrow$

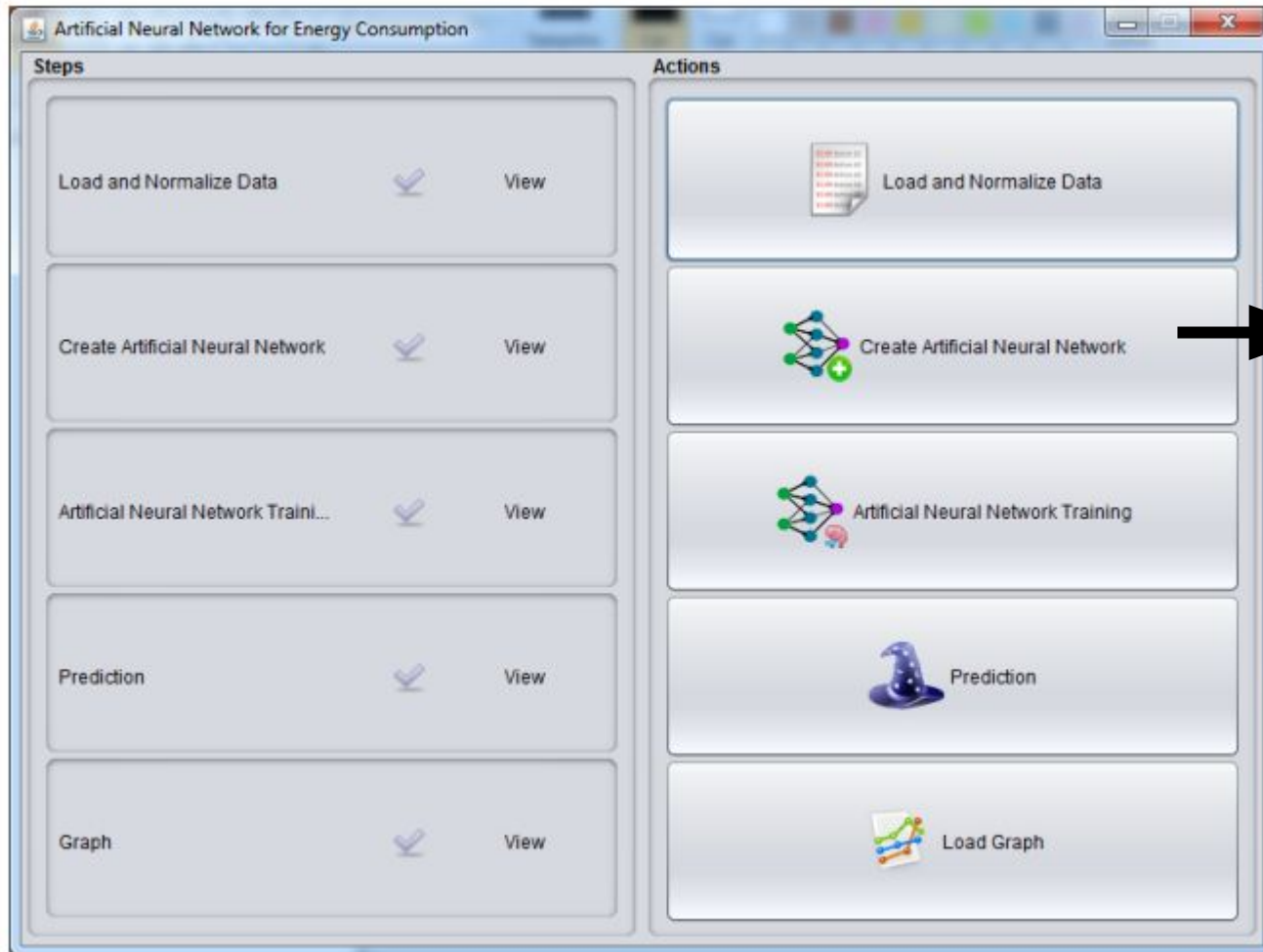
$$u = \sum_{i=1}^n w_i * x_i - \theta$$

- Função de Ativação $\{ g \} \rightarrow$

- Sinal de Saída $\{ y \} \rightarrow$

$$y = g(u)$$

MLP Implementado no EFM



taxa de aprendizado: 0.001
momento: 0.99
máximo de épocas: 100.000
erro máximo: 10^{-4}
Camadas ocultas: 1
Neurônios na camada: 30

Fig. 9: ANN view in Mercury Tool

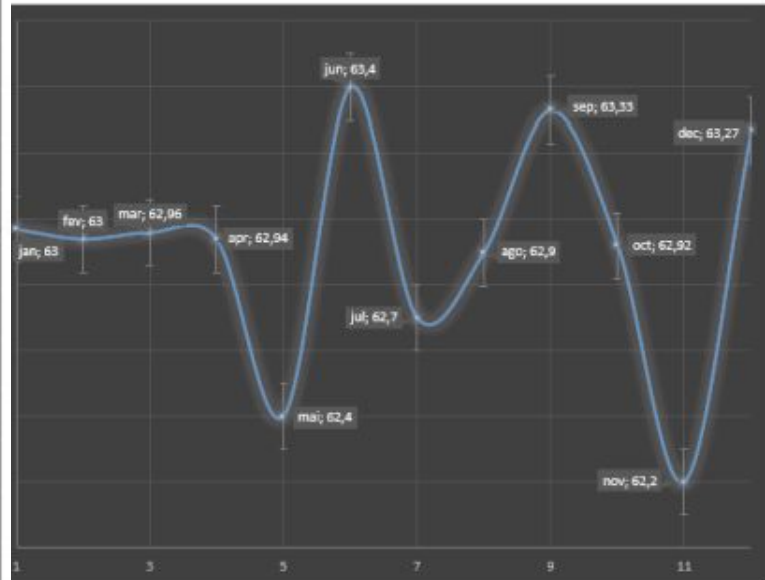
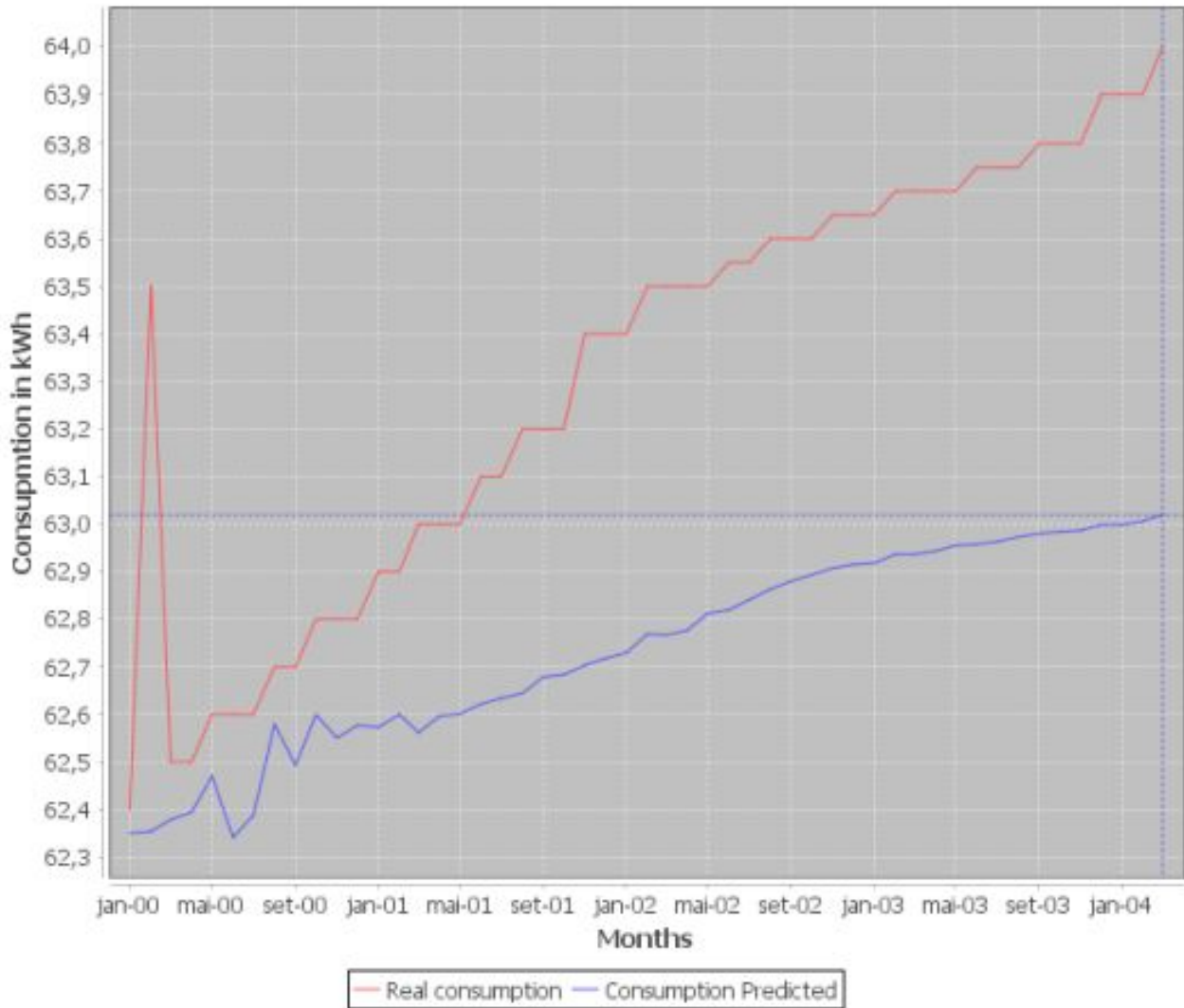


Fig. 15: Predictions to 12 months using MLP

Fig. 14: Real Consumption x Consumption Predicted

Previsão de consumo para os próximos 12 meses

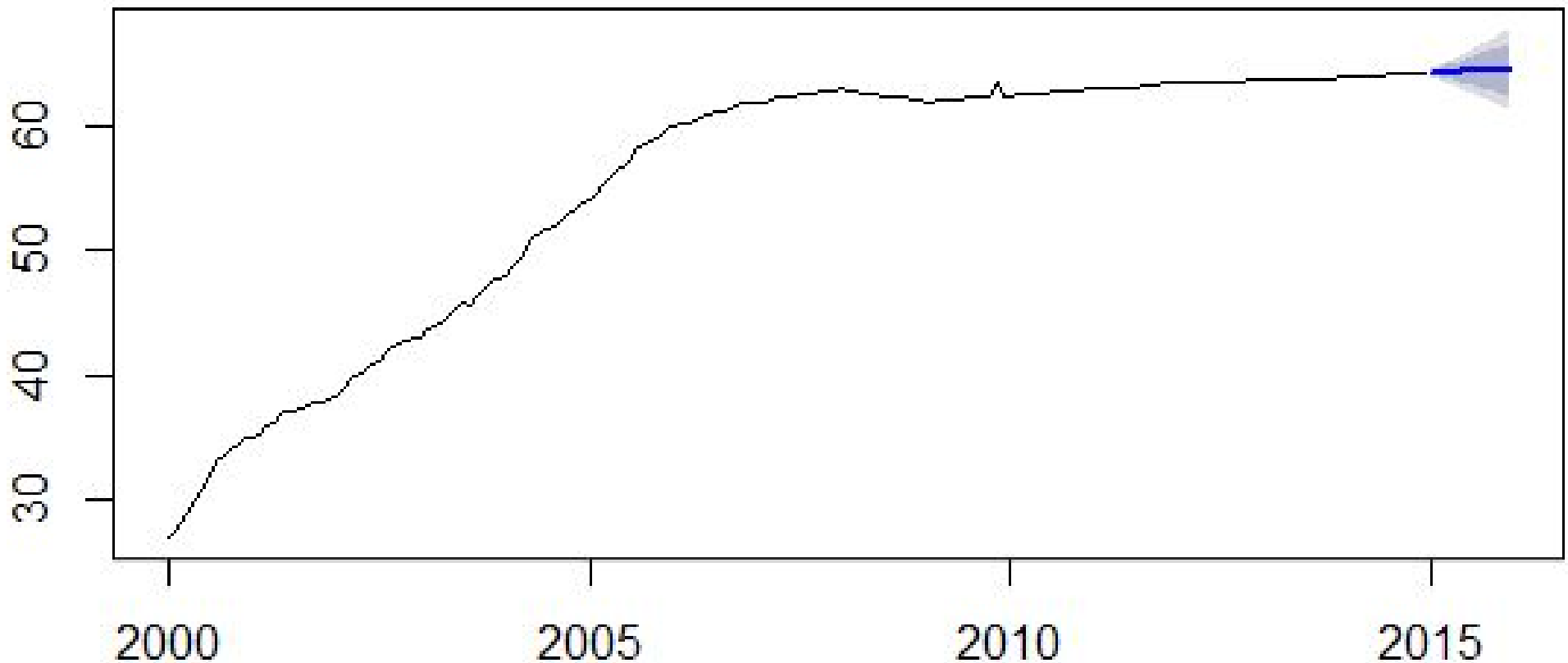


Fig. 13: Forecast from ARIMA(3,2,2)

Table 3: ARIMA and MLP predictions for next 12 months

	ARIMA		MLP	
	Lower	Upper	Lower	Upper
Jan	64,07	64,59	62,87	63,07
Feb	63,95	64,75	62,84	63,04
Mar	63,82	64,92	62,86	63,06
Apr	63,69	65,10	62,84	63,04
May	63,56	65,28	62,30	62,50
Jun	63,42	65,47	63,30	63,50
Jul	63,27	65,66	62,60	62,80
Aug	63,12	65,85	62,80	63,00
Sep	62,97	66,05	63,23	63,43
Oct	62,81	66,26	62,82	63,02
Nov	62,65	66,47	62,10	62,30
Dec	62,49	66,68	63,17	63,37

As previsões com o MLP indicam um aumento do consumo de energia, custo operacional e emissões de CO₂ na atmosfera entre **1,79 e 2,21%** ao ano.

