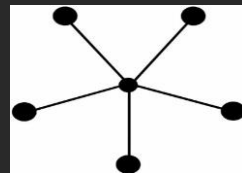


Inteligência artificial para um projeto de logística

DR. MARTIN WEILANDT

Pesquisa apoiada pelo



Seminário do Grupo de Estudos em Aprendizagem de Máquina, UFSC
4 de novembro de 2019

- ▶ Introdução
- ▶ Análise de dados
- ▶ Previsão de preços
- ▶ Combinar cargas
- ▶ Simulação
- ▶ Palavras finais

Transporte de cargas na Alemanha (2018)

3



3,1 bilhões de toneladas



236 milhões de toneladas



52 milhões de toneladas

O mercado de cargas

4

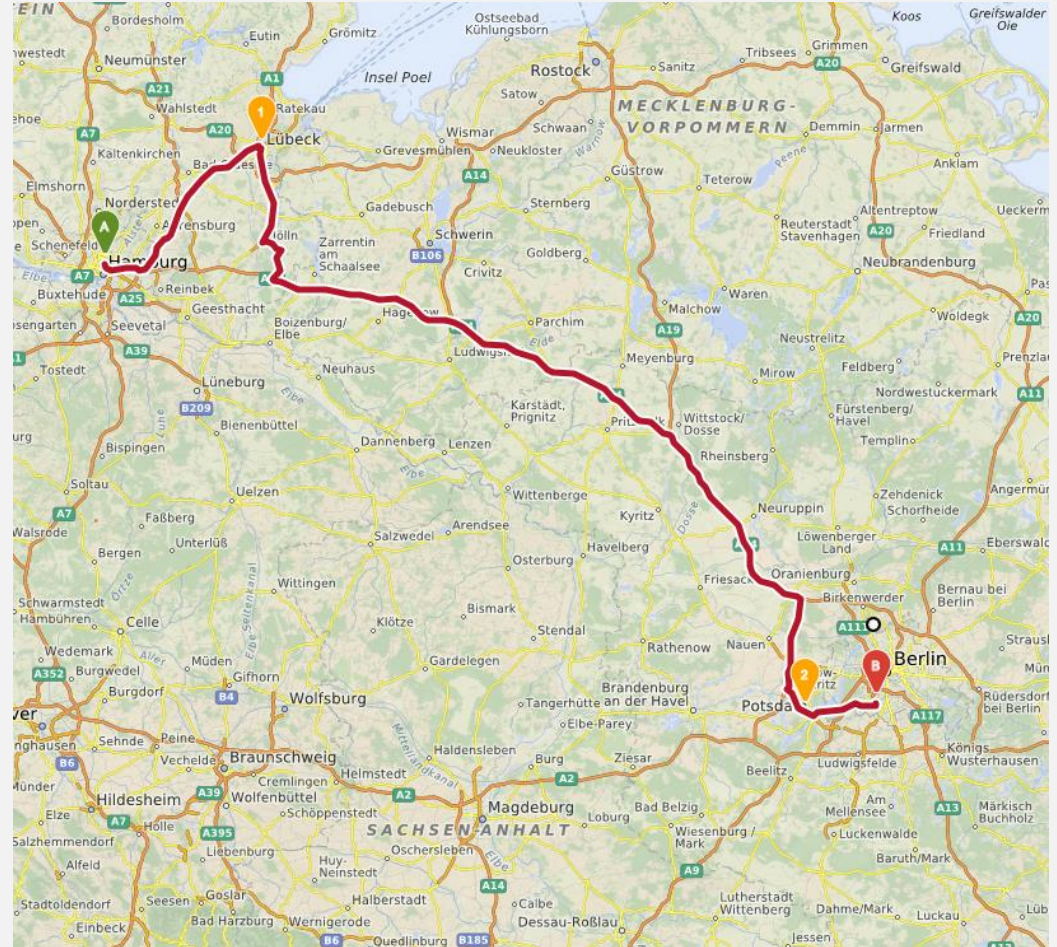


Observação: Os preços são negociados livremente. (Não existe uma tabela nacional do frete.)

Uma rota típica (para um dia)

Rota:

- Carga 1:
Hamburgo (A) → Berlim (B)
- Carga 2:
Lübeck (1) → Potsdam (2)



maps.openrouteservice.org, Map data © [OpenStreetMap](#) contributors, powered by [MapSurfer.NET](#)

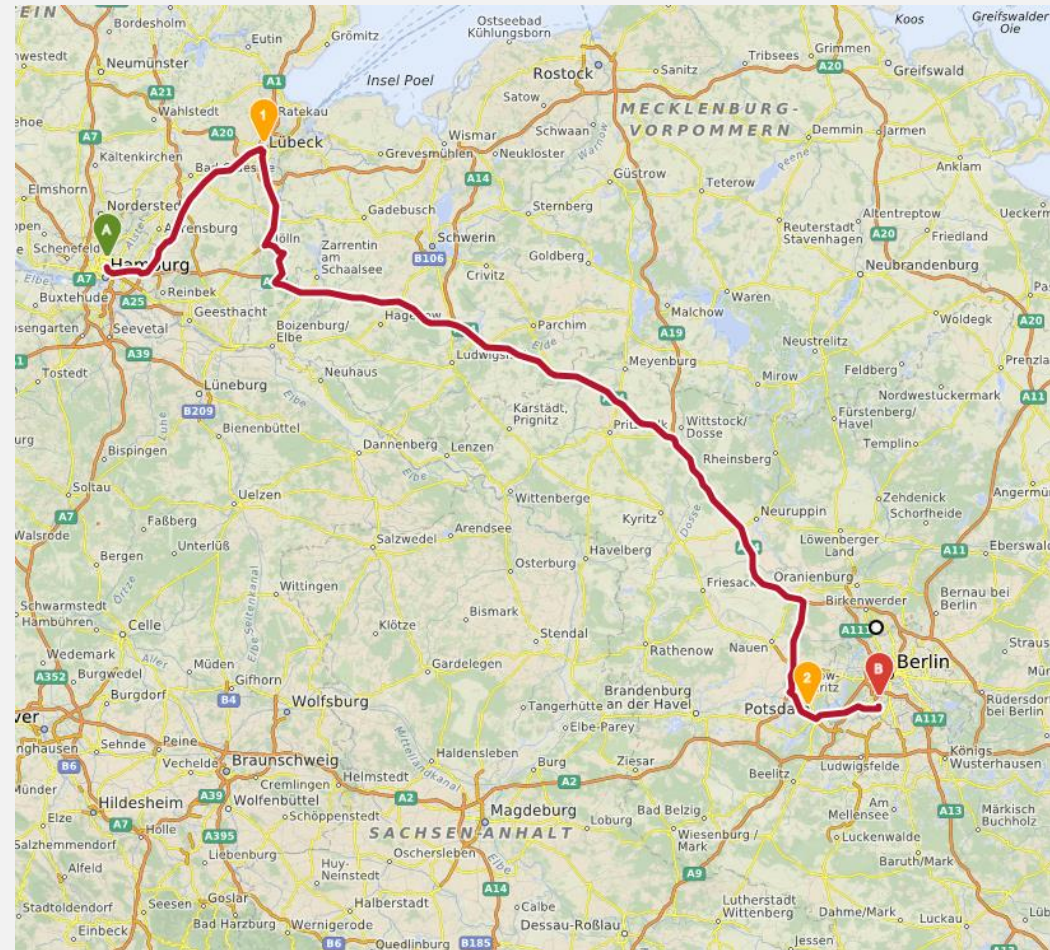
Uma rota típica (para um dia)

Rota:

- Carga 1:
Hamburgo (A) -> Berlim (B)
- Carga 2:
Lübeck (1) -> Potsdam (2)

Condições:

- Capacidade do caminhão
- Tempo de viagem e (des)carregamento
- Pausas obrigatórias
- Tempo máximo de trabalho
- ...



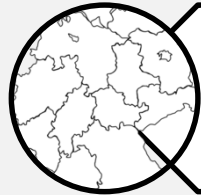
maps.openrouteservice.org, Map data © [OpenStreetMap](#) contributors, powered by [MapSurfer.NET](#)

Desafios do modelo clássico

7



Um planejador na agência consegue encher poucos caminhões por dia.



Cada planejador junta cargas duma certa região.



A definição do preço pode levar muito tempo.



Caminhões têm ocupação média de 70 % ou andam completamente vazios.

Yield Management

Gestão da oferta

- “calcular a melhor política de preços (pricing), para otimizar e maximizar os lucros gerados pela venda de um produto ou serviço, baseada em modelos matemáticos de simulação e previsões de tendências de procura por segmento de mercado” (Wikipédia)
- Exemplos: Quartos em hotéis, passagens aéreas (ou de trem/ônibus), aluguel de carros, aplicativos de táxi, lojas



Andreas Karanas
© Carrypicker

Para cargas:



CARRYPICKER

A solução?



CARRYPICKER



Universität Bremen

Engenharia



TI



Matemática

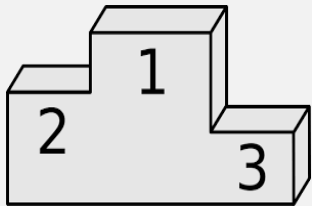




Cálculo de preço de carga (metros, peso, distância, mercado,...)



Combinação de cargas



Escolha de transportadoras



Cálculo dum preço para a transportadora



Reconhecimento de documentos



Distâncias e regiões
(geometria algorítmica)



Previsão de custos



Simulação de remetentes e transportadoras

Analizamos milhões de dados históricos fornecidos por uma agência tradicional:

- ▶ Origem e destino
- ▶ Peso e tamanho
- ▶ Datas e horários para buscar e entregar
- ▶ Preços (carga e transporte)
- ▶ Informações sobre o caminhão
- ▶ Dados de remetente e transportadora
- ▶ Comentários
- ▶ ...

Tamanho (x_1)	Peso (x_2)	Distância (x_3)	CEP origem (x_4)	„Paleta“ (x_5)	x_6, x_7, \dots	Preço (y)
7,2	6,8 t	164 km	90123	1	...	320 €
4,4	1 t	308 km	21345	0	...	198 €



Meios de análise

- Tabelas e bancos de dados para identificar parâmetros relevantes
- Diagramas para identificar correlações
- Mapas

Desafios típicos

- Dados incompletos
- Dados mal-digitalizados (nomes diferentes para mesma categoria,...)
- Falta de dados relevantes (hora da negociação, preços recusados pelo remetente)

Previsão de preços

- INTRODUÇÃO A REGRESSÕES
- REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA
- TREINAMENTO DE MODELOS
- RANDOM FOREST
- REDE NEURAL

Introdução a regressões

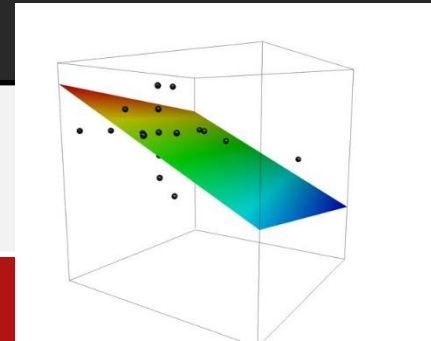
► Problema geral:

Tamanho (x_1)	Peso (x_2)	Distância (x_3)	CEP origem (x_4)	„Paleta“ (x_5)	x_6, x_7, \dots	Preço (y)
7,2	6,8 t	164 km	90123	1	...	320 €
4,4	1 t	308 km	21345	0	...	198 €

Dado um vetor $x = (x_1, \dots, x_n)$, estimar o valor y .

Regressão linear múltipla

16



Ideia

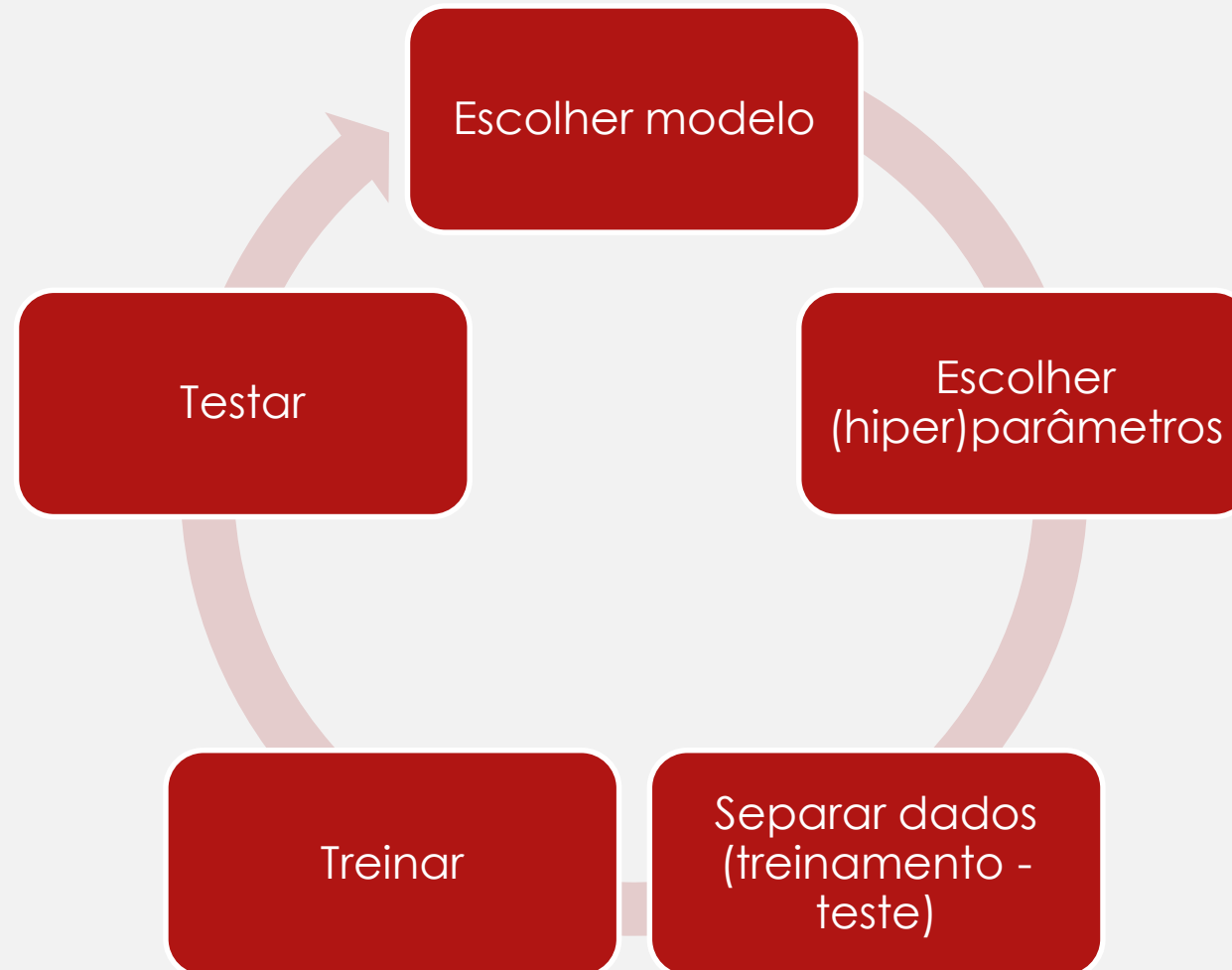
- Achar (hiper)plano que minimize erro quadrático médio $1/m \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2$

Vantagens

- Cálculos rápidos
- Modelo único e intuitivo

Desvantagens

- Cada parâmetro tem de ser dado por um número real.
- Assume que variar qualquer parâmetro leva a uma reta.



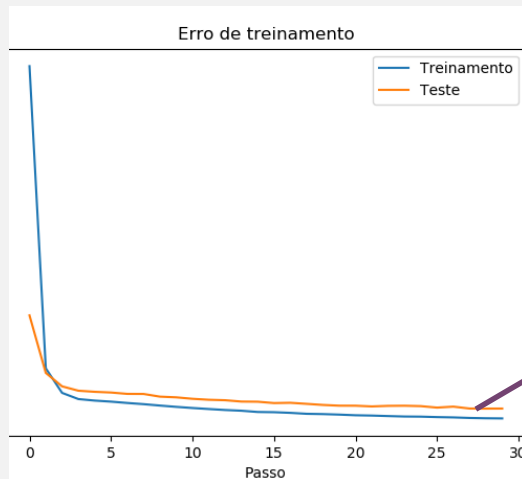
Treinamento de modelos: Prática

Ideia geral

- Começar com uma função complexa de um certo tipo („modelo“)
- Usando dados de **treinamento**, ajustar o modelo de uma forma sistemática, passo a passo
- Avaliar as previsões nos dados de **teste**

Desafios

- O modelo final tem de ser capaz de generalizar („Aprender“!).



Overfitting!

Previsões nos dados de teste piores que nos dados de treinamento

Árvore de regressão („CART“)



Random Forest ®

- Coleção de árvores, cada uma treinada em exemplos escolhidos aleatoriamente
- O preço da carga é a média aritmética dos resultados de cada árvore



Hiperparâmetros

- Número de árvores
- Altura máxima de cada árvore
- Critério de escolha do parâmetro em cada árvore (redução da variação)

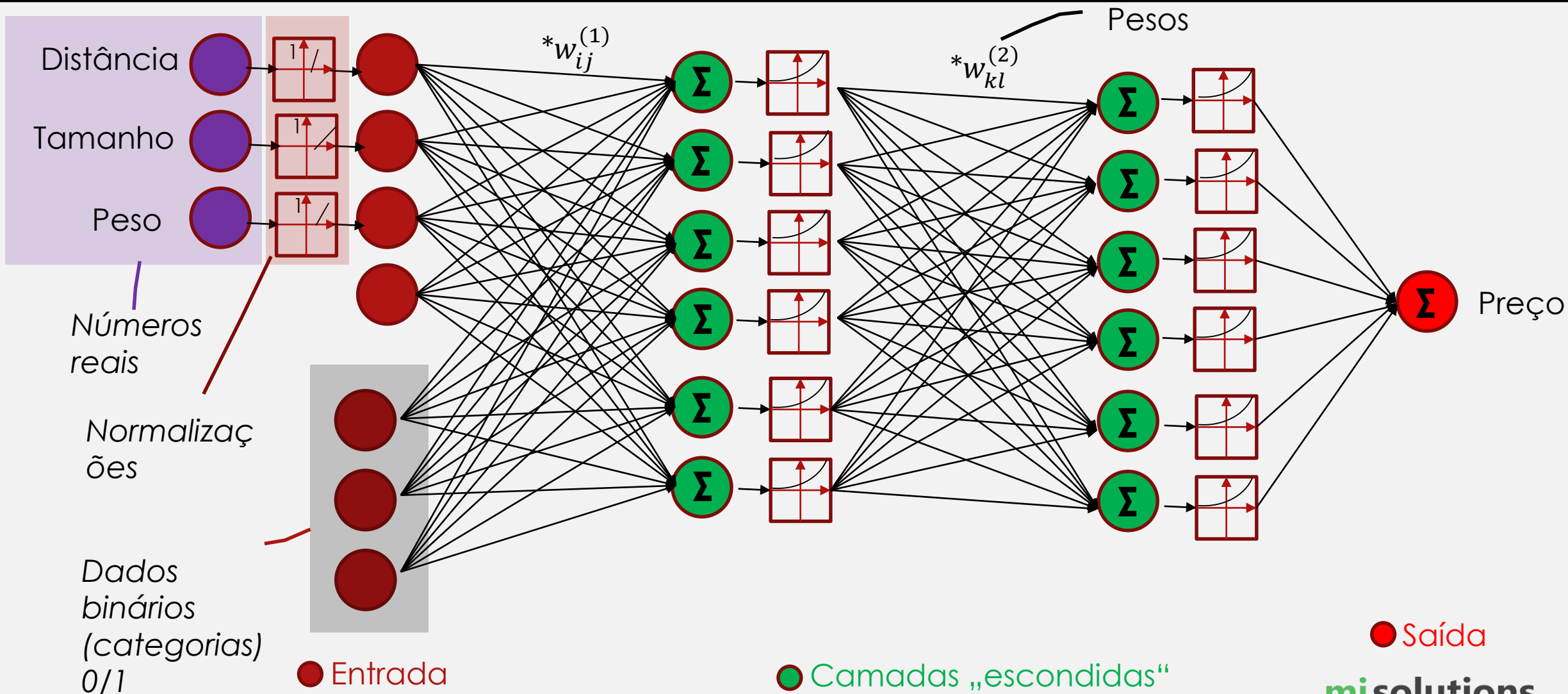
Vantagens

- Ideia geral relativamente intuitiva
- Pode ser usado para variáveis numéricas e categoriais
- Método clássico com vasta literatura de extensões

Desvantagens

- Não extrapola tão bem.

Rede neural (artificial)



Hiperparâmetros

- Normalização de parâmetros reais e codificação de parâmetros categoriais
- Topologia (estrutura de camadas, conexões)
- Funções de ativação, de perda, otimizador, número de épocas

Vantagens

- Pode aproximar funções diferentes.

Desvantagens

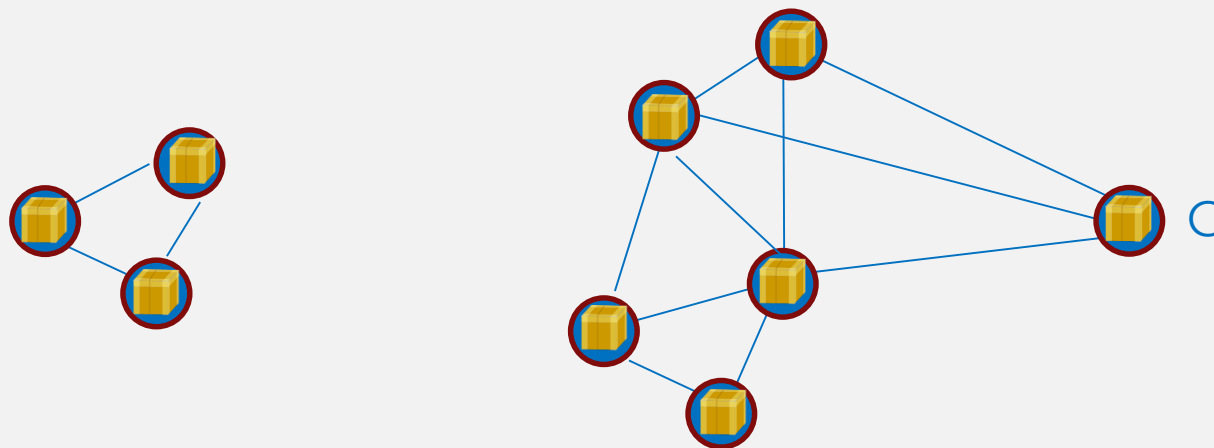
- Não tão intuitivo e difícil de seguir raciocínio

Combinar cargas

- COMBINAR PASSO 1: ACHAR UMA BOA SOLUÇÃO
- COMBINAR PASSO 2: MELHORAR A SOLUÇÃO

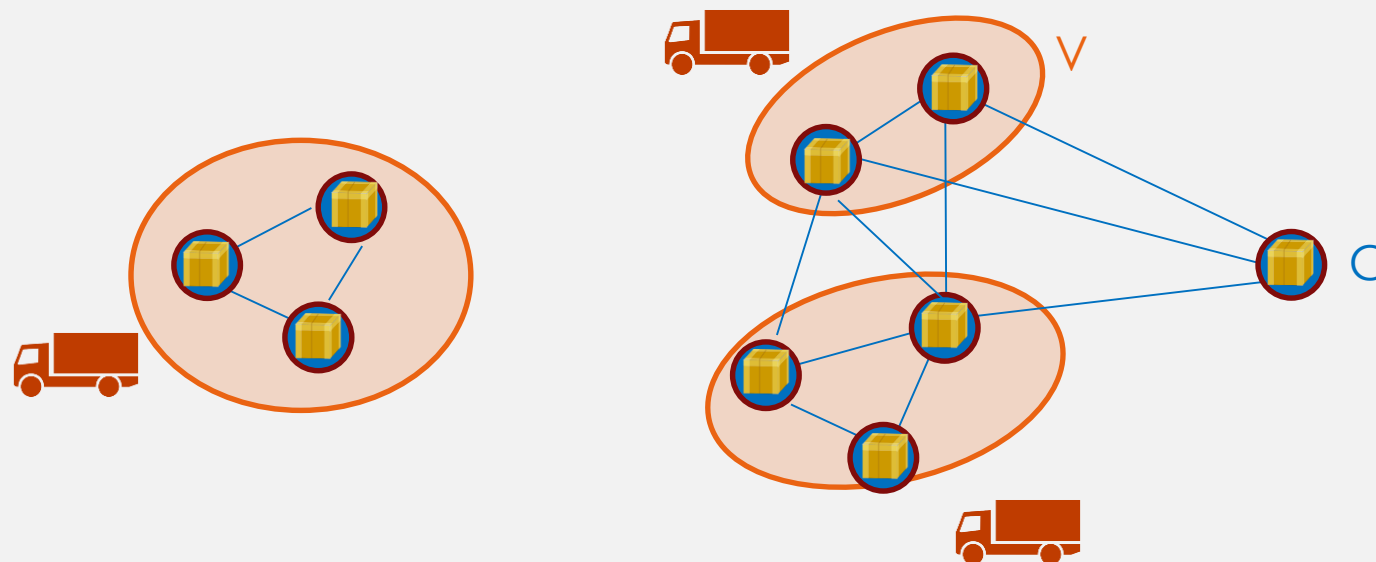
Combinar passo 1: Achar uma boa solução

1. Determinar grafo G de cargas/rotas dois a dois compatíveis
2. Separar os componentes de G (para paralelização)
3. Para cada carga C :
 1. Se C cabe em um caminhão virtual V , coloque C em V .
 2. Senão crie um novo caminhão contendo apenas C .



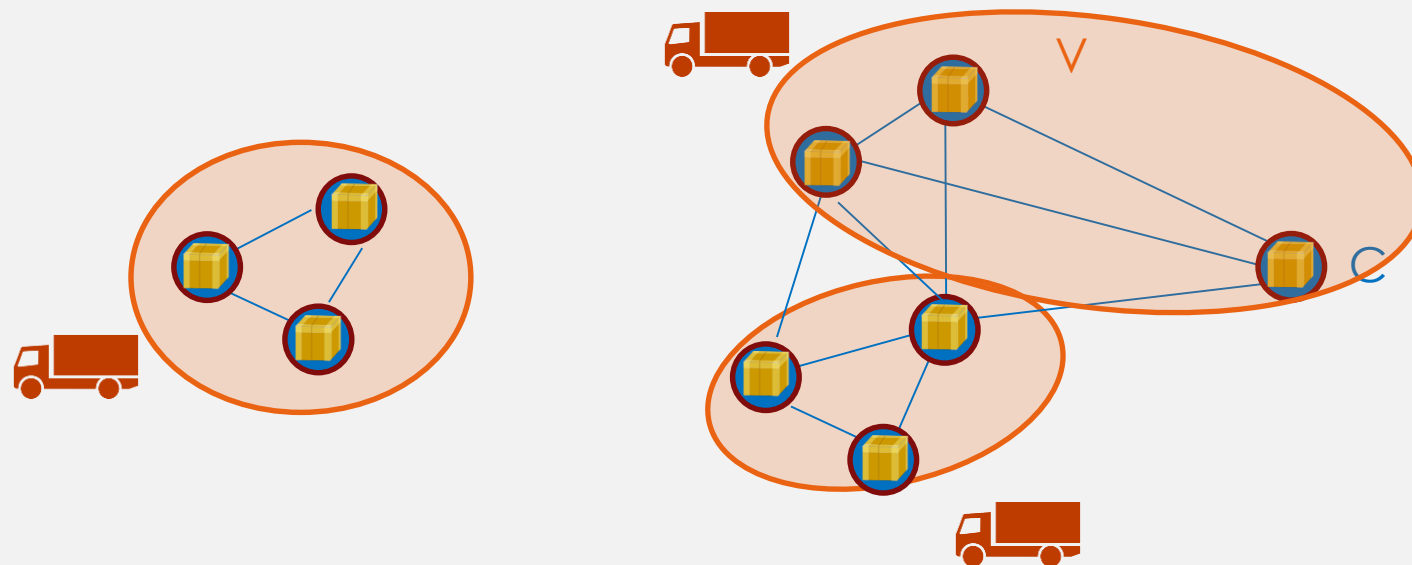
Combinar passo 1: Achar uma boa solução

1. Determinar grafo G de cargas/rotas dois a dois compatíveis
2. Separar os componentes de G (para paralelização)
3. Para cada carga C :
 1. Se C cabe em um caminhão virtual V , coloque C em V .
 2. Senão crie um novo caminhão contendo apenas C .



Combinar passo 1: Achar uma boa solução

1. Determinar grafo G de cargas/rotas dois a dois compatíveis
2. Separar os componentes de G (para paralelização)
3. Para cada carga C :
 1. Se C cabe em um caminhão virtual V , coloque C em V .
 2. Senão crie um novo caminhão contendo apenas C .



Combinar passo 2: Melhorar a solução

Ideia geral

- Definir custos/punições para caminhões atrasados, encomendas incompatíveis, etc.
- Melhorar a solução trocando alguns caminhões por outros

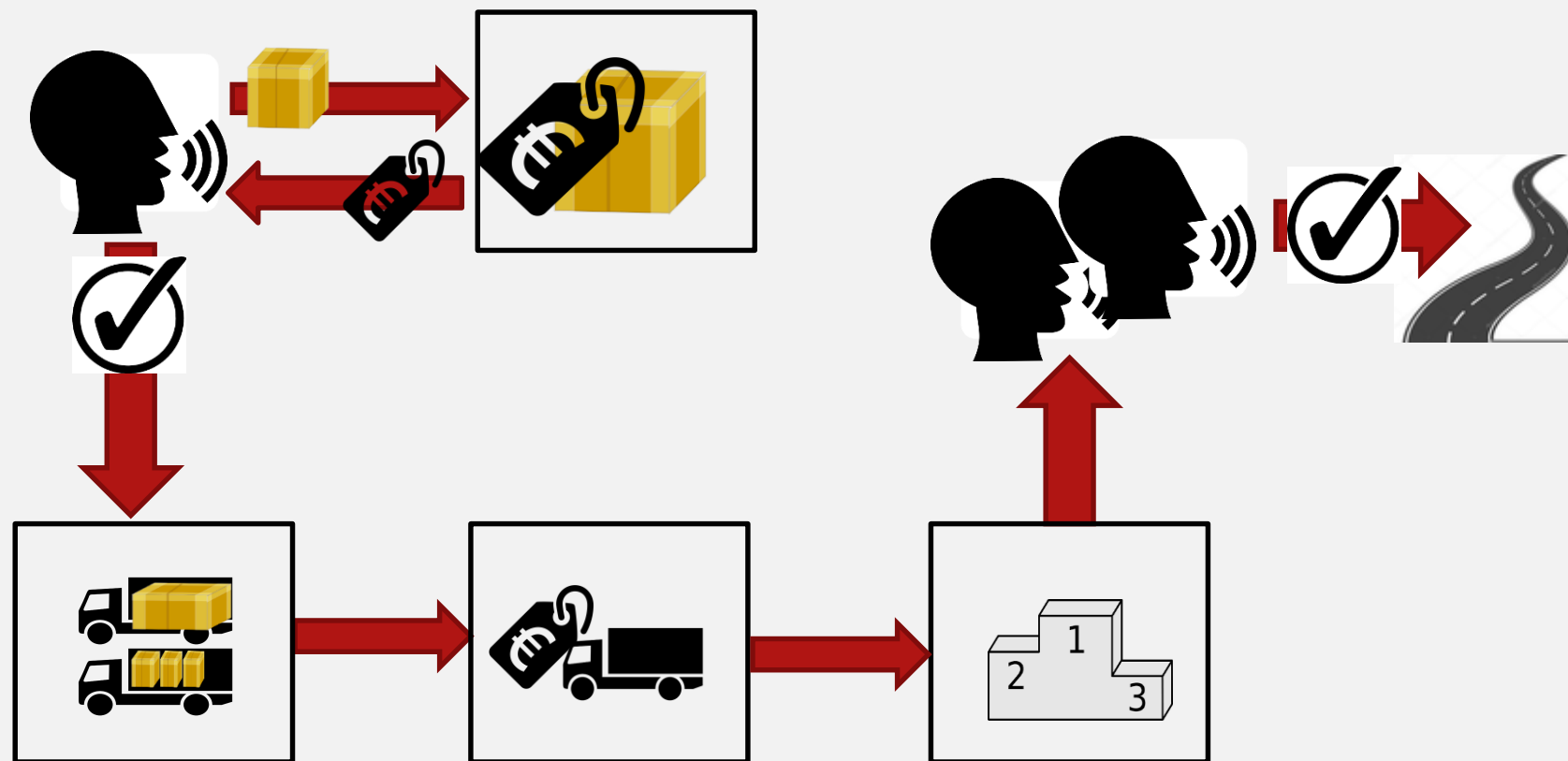
Possíveis métodos iterativos

- Hill climbing
- Simulated annealing
- Algoritmos genéticos

Simulação multiagente

Testamos os algoritmos usando:

-  Preços carga
-  Preços transporte
-  Combinador
-  Escolhador de transportadora
-  Remetente
-  Transportadoras
-  Fila de eventos



Ferramentas úteis



Estatística e otimização



Programação: C#, Python, R



Bibliotecas: Microsoft ML, Scikit-Learn,
Keras/Tensorflow, próprias implementações



Universo OpenStreetMap



Bancos de dados: servidor SQL

- ▶ Planejamento de vários transportes seguidos (ida e volta, por exemplo) e simulação de descontos
- ▶ Reservas proativas de caminhões
- ▶ Sistemas inteligentes que percebem mudanças/distorções no mercado
- ▶ Simulação de concorrentes
- ▶ Aprendizagem por processos reais

- ▶ Supply Chain & Logistics
- ▶ Production Planning & Control
- ▶ Modeling and Simulation
- ▶ Process Optimization
- ▶ Agile Maintenance & System Safety
- ▶ Quantitative and Statistical Consulting

Alguns outros projetos "Mobilität 4.0" do

Roteamento de bicicletas de carga

Drones autônomos observando trilhos

Pseudonomização de dados de trânsito

Fornecimento de dados sobre funcionamento de elevadores

Otimização do planejamento para empresas de frete considerando mau tempo e estacionamentos

Inteligência artificial para identificar lugares com maior risco de acidentes

Manutenção preditiva de ônibus

Integração de ônibus-cidadão em sistemas de informação