

# FugaPet-Rotas: Um algoritmo inteligente para recomendação de rotas visando buscar animais desaparecidos

Francisco Carlos M. Souza<sup>1</sup>, Elio M. Costa<sup>2</sup>, Alexandre T. Martinelli<sup>2</sup>,  
Lincoln M. Costa<sup>3</sup>, Alinne C. C. Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR – Brasil

<sup>2</sup>FugaPet – Cascavel, PR – Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

franciscosouza@utfpr.edu.br

{elio.costa, alexandre.martinelli}@fugapet.com.br

costa@cos.ufrj.br, alinnesouza@utfpr.edu.br

**Abstract.** *The pet market in Brazil is one of the sectors that has grown significantly due to covering different domains. In this context, the FugaPet startup was created which aims to support tutors find missing pets through technology. Based on the solution developed by FugaPet startup, this paper aims to present an intelligent algorithm to recommend routes that optimize the chances of tutors finding their missing pets. To make the algorithm feasible, we developed a webapp to collect data from volunteer tutors about the location where a pet was found. The results indicate that it is possible to recommend routes that minimize the effort to look for a missing animal. Therefore, it can be asserted that, through an experiment with 50 repetitions, the algorithm manages to arrive most of the time at the same solution or in solutions very close to the ideal.*

**Resumo.** *O mercado de animais de estimação no Brasil é um dos setores que tem crescido significativamente, o qual vai de franquias especializadas em banho e tosa por aplicativo até seguros e planos de saúde. Neste contexto, surgiu a startup FugaPet que visa auxiliar tutores a encontrar pets desaparecidos. A partir da solução desenvolvida pela startup FugaPet, o artigo visa apresentar um algoritmo inteligente para recomendar caminhos que auxiliem tutores na procura do seu pet desaparecido. Para viabilizar o algoritmo, foi desenvolvido um webapp a fim de coletar dados de tutores voluntários sobre a localização em que um pet foi encontrado. Os resultados alcançados indicam que é possível recomendar rotas que minimizem o esforço para procurar um animal desaparecido. Portanto, pode-se afirmar que, por meio de um experimento com 50 repetições, o algoritmo consegue chegar na maioria das vezes na mesma solução ou em soluções muito próximas do ideal.*

## 1. Introdução

Em um ambiente cada vez mais competitivo e considerando que as organizações estão se tornando cada vez mais complexas, a tomada de decisão e a execução de atividades rotineiras estão se tornando excessivamente complexas em função da sua natureza e da

quantidade de informações. Assim, um resultado de qualidade são requisitos críticos para que as organizações consigam garantir valor e inovação do seu produto no mercado.

O desenvolvimento de sistemas inteligentes tem se tornado mais frequente em diversos nichos de mercado, empresas com produtos inovadores tem investido em algoritmos, técnicas e processos baseados em Inteligência Artificial (IA) para melhorar seus serviços. Por contar com técnicas muito robustas, a inteligência artificial proporciona mecanismos poderosos que podem ser aplicados nos mais variados contextos, como, negócios, otimização, robótica, saúde, entretenimento, política e mundo *pet*, que trata-se do alvo desse estudo [Embratel 2021].

O mercado de animais de estimação no Brasil é um dos setores que mais crescem, seja para cuidados de saúde, produtos alimentícios ou aplicativos que forneçam serviços para tutores dos animais [Dias 2022]. A *startup FugaPet* surgiu com um propósito de ajudar a encontrar *pets* desaparecidos por meio da tecnologia, a *startup* propôs um pingente identificador para coleiras dos *pets*, o qual possui um QR Code com a geolocalização do animal. Além disso a *startup FugaPet* possui um aplicativo em que é possível cadastrar as informações do animal de estimação para ajudar na sua proteção e para auxiliar a encontrar outros *pets* desaparecidos. Embora a solução proposta pela *startup FugaPet* já esteja em execução, ainda é necessário investigar novas possibilidades para o ecossistema do problema de animais desaparecidos. Assim, o presente artigo visa apresentar um algoritmo inteligente para recomendar caminhos que auxiliem tutores na procura do seu *pet*. O resultado deste artigo trata-se de uma cooperação entre a *startup FugaPet* e a Universidade que visa a investigação de soluções baseadas em inteligência artificial considerando algumas das problemáticas como, no reconhecimento de *pets* por imagens, sugestão de rotas de busca, motivos pelos quais animais fogem, interação com ONGs, otimização de processos maçantes, dentre outros.

Pesquisas demonstram que cães e gatos podem ter diversas razões para fugir, dentre elas, energia acumulada, cio, território e sobretudo, a ligação com outros de sua espécie. Essas informações são de grande utilidade para encontrar *pets* que fugiram de seus lares. Normalmente a primeira coisa que se é feito quando um cão ou um gato desaparece é procurar nas proximidades do local de desaparecimento chamando pelo seu nome. Embora seja uma situação difícil que pode causar nervosismo e preocupação, os tutores devem agir com calma e agilidade, pois, cães por exemplo podem percorrer até 19km à 25km e gatos de 14km à 26km por dia [Lord et al. 2007], [Germain and Poulle 2008].

O presente artigo visa apresentar um algoritmo inteligente para recomendação de rotas na *startup FugaPet* para auxiliar na procura de animais desaparecidos baseado em dados voluntários. O algoritmo desenvolvido consistem em um Algoritmo Genético (AG) que visa otimizar as rotas e a estimativa de densidade kernel (*Kernel density estimation - KDE*) para auxiliar a guiar o algoritmo. Para viabilizar o algoritmo, foi desenvolvido um *webapp* com o intuito de coletar dados de tutores voluntários sobre a localização em que um *pet* foi encontrado e assim preencher a base de dados para os experimentos iniciais. Nesse sentido, foi conduzido um experimento piloto a fim de verificar a eficácia do AG para a recomendação de rotas.

AG é uma técnica baseada em busca pertencente a classes de algoritmos evolutivos inspirados no processo de evolução darwiniana. Esse algoritmo tem sido amplamente

reconhecido como a principal estratégia de busca e um método de otimização que muitas vezes é útil para lidar com problemas combinatórios e com uma enorme possibilidade de soluções [Russell and Norvig 2003]. Um AG trabalha em um conjunto de soluções candidatas chamado população, cada solução (também chamada de indivíduo) é qualificada por meio de uma função de aptidão específica do problema. Para fornecer a evolução, ou seja, para que o algoritmo encontre as melhores soluções, são aplicados operadores genéticos na população e são conhecidos como seleção, cruzamento e mutação.

Dessa forma, as principais contribuições do presente trabalho podem ser resumidas como: *i)* desenvolvimento do AG para a recomendação das rotas; *ii)* aplicação do KDE para identificar pontos de interesse; *iii)* um *webapp* para marcação de dados voluntários de onde *pets* desaparecidos foram encontrados no passado; e *iv)* realização de um experimento preliminar para verificar a eficácia da proposta.

Este artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2 são abordados trabalhos relacionados que contribuíram para o cenário científico desta pesquisa. A Seção 3 apresenta os elementos desenvolvidos para compor o algoritmo inteligente. Na Seção 4 e 5 são apresentados o estudo experimental e discutidos os resultados alcançados, respectivamente. Por fim, na Seção 6 as considerações finais e trabalhos futuros são apresentados.

## 2. Trabalhos Relacionados

Nos últimos anos, diversos trabalhos foram desenvolvidos visando auxiliar a busca por animais perdidos, bem como a utilização de KDE para melhorar cada vez mais as recomendações fornecidas a um usuário. Apesar disso, nenhum estudo foi encontrado reunindo as duas coisas, algoritmos inteligentes para recomendação de rotas e mecanismos de análise de dados como o KDE para buscar animais desaparecidos.

Rocha [Rocha 2019] propôs o desenvolvimento de um site para cadastro de animais perdidos ou disponíveis para adoção. Todas as postagens feitas no site são relacionadas com o local onde foram realizadas, facilitando a visibilidade dos visitantes.

Guerra et al [Guerra et al. 2014] desenvolveu um aplicativo móvel para iOS que permite a um utilizador colocar anúncios sobre animais perdidos e/ou encontrados com base na localização onde foram vistos pela última vez. Por se tratar de um aplicativo móvel, seu diferencial está na usabilidade: os usuários são notificados sempre que entram em uma área com anúncios ativos, fazendo com que tenham sua atenção redobrada para encontrar os animais perdidos.

Diferente do foco deste trabalho, Zhang e Chow [Zhang and Chow 2013] utilizaram o KDE para recomendar estabelecimentos para usuários com base na influência social e geográfica. Os resultados obtidos nos experimentos demonstram que a solução proposta fornece recomendação de localização significativamente superior em comparação com outras técnicas de recomendação geo-social de última geração.

A recomendação de rotas e roteamento de veículos é uma área amplamente estudada, por esta razão existem diversas aplicações e pesquisas recentes que apontam estratégias bem sucedidas. O artigo de [Chen et al. 2021] é um dos principais guias para projeto FugaPet-Rotas pois ele propõe um algoritmo genético para recomendação de rotas turísticas baseado em dados históricos, esses dados são utilizados como informação para aumentar a acurácia do AG.

### 3. FugaPet-Rotas

Nesta Seção é detalhado o desenvolvimento de um algoritmo inteligente para auxiliar a busca por animais desaparecidos. O algoritmo desenvolvido consiste em um Algoritmo Genético para prover uma rota ótima de tal forma que garanta agilidade na busca e maximize as chances de um tutor encontrar seu *pet*. Para a viabilidade do algoritmo, foi desenvolvido um *webapp* com o intuito de coletar dados de tutores voluntários sobre a localização em que um *pet* foi encontrado e assim preencher a base de dados para os experimentos iniciais. Uma representação do FugaPet-Rotas é apresentada na Figura 1, contendo três etapas: 1) Registro do *pet* desaparecido; 2) Recomendação da rota; e 3) Registro da localização dos *pets* encontrados. Na primeira etapa o tutor que está procurando seu *pet*, deve registrar as informações do seu *pet* desaparecido, como nome, tipo de *pet* (cachorro ou gato) e o endereço. Na segunda etapa, a partir das informações registradas pelo tutor, o AG irá processar e recomendar a rota utilizando os dados armazenados na base de dados pelos tutores voluntários. Por fim, na terceira etapa os tutores voluntários interagem com o *webapp* para registrar onde os *pets* já foram encontrados.

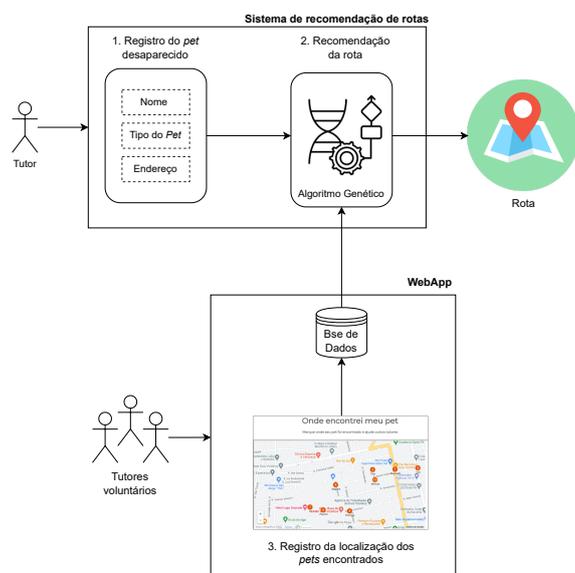


Figura 1. Visão geral do FugaPet-Rotas.

Para recomendação das rotas somado ao algoritmo genético, a função de avaliação também é um fator importante, pois visa guiar a busca primeiramente para regiões mais promissoras na localidade do animal desaparecido, ou seja, aquela com mais chances de alcançar o objetivo. Metaheurísticas são algoritmos que visam encontrar soluções em domínios muito grandes e complexos, para que isso seja realizado com sucesso, é necessária que a função de avaliação seja construída cuidadosamente e de acordo com o problema abordado, portanto, para o contexto desse trabalho, também foi utilizado o KDE para auxiliar o AG a recomendar áreas mais promissoras. As etapas do algoritmo genético pode ser visto no pseudo-algoritmo apresentado em 1.

O espaço de busca do problema de recomendação de rotas para encontrar animais desaparecidos se trata de todas as possíveis combinações de rotas que o tutor pode seguir, mesmo para poucos pontos em mapa essas combinações podem chegar em milhões de



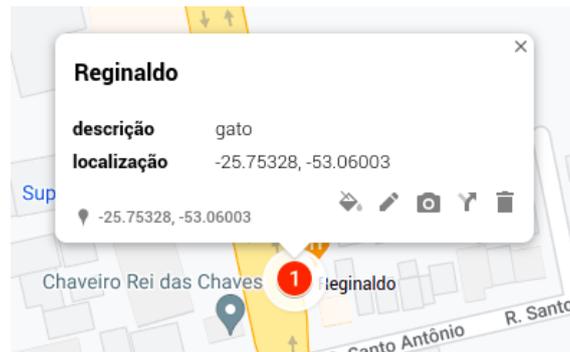


Figura 3. Dados de um *pet* encontrado.

mês	dia	latitude	longitude	nome	descrição
5	10	-25.75328	-53.06003	Reginaldo	gato
7	1	-25.75332	-53.06226	Totó	cão
1	11	-25.75316	-53.05777	Tom	gato
1	10	-25.74445	-53.06638	Dedé	gato
2	3	-25.74773	-53.08245	Jorginho	cão
5	3	-25.75695	-53.06719	Paçoca	cão
1	6	-25.75669	-53.06851	Gil	cão
1	7	-25.75468	-53.06596	Magrelo	cão
7	3	-25.75704	-53.06457	Princesa	gato
5	8	-25.75422	-53.06204	Mimosa	gato

Figura 4. Fragmento da base da dados

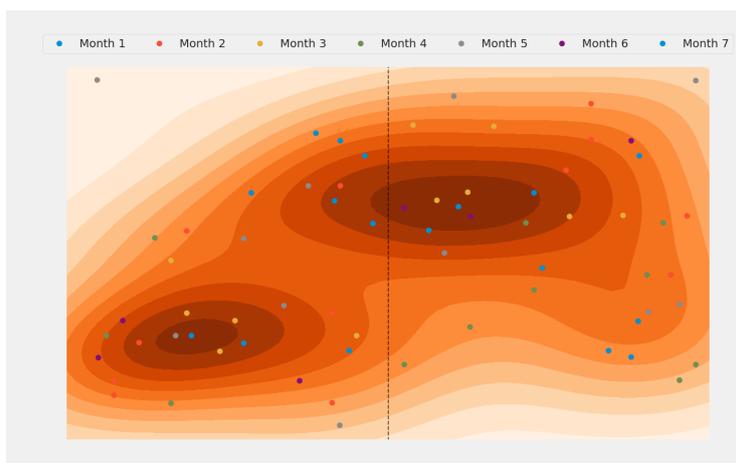
### 3.2. Função de Avaliação

Para que a recomendação seja bem sucedida, as rotas geradas pelo algoritmo genético passam por uma função de aptidão para avaliar a qualidade das mesmas. Para isso, foi proposto uma função considerando a distância entre os pontos no mapa, e a concentração de animais encontrados em pontos próximos, o qual é calculado por meio do KDE. A ideia é que onde exista a maior concentração de pontos, a busca siga para aquela região o mais rápido possível, em termos da aplicação real, quanto mais rápido o tutor chegar naquela parte da rota, mais chance ele tem de encontrar seu *pet*. A Figura 5 ilustra a concentração de pontos no mapa, cada ponto colorido é a representação de um *pet* encontrado, quanto mais forte a cor no *heatmap* mais é a concentração.

A função de avaliação utiliza como informação o endereço do lar do *pet* que será utilizado como ponto de partida da rota e o tipo do animal. É importante ressaltar que neste momento o tipo é importante para direcionar a busca, no sentido do algoritmo não sugerir uma rota que seja diferente do tipo do animal, isto é, rota contendo gato para um cão desaparecido ou vice-versa. A busca é guiada pela função de avaliação conforme apresentada na Equação.

Minimizar

$$f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} + \text{bonificação} \quad (1)$$



**Figura 5. Heatmap ilustrando áreas de maior concentração de animais encontrados.**

A função de avaliação a ser otimizada será a soma das distâncias  $d_{ij}$ , ou seja, deve-se minimizar a distância do percurso total, isto é, descobrir a menor rota possível. A rota total é calculada por meio da distância entre um ponto atual  $i$  e o próximo ponto  $j$  somado a uma bonificação de 15% se a rota está próxima ao ponto de concentração. Para realizar o cálculo das distâncias é utilizado a fórmula de *Haversine*<sup>1</sup> que tem como objetivo calcular a distância entre dois pontos utilizando a latitude e longitude. O resultado final da função de avaliação é a distância total em km.

## 4. Estudo Experimental

Nesta seção é apresentado o experimento piloto conduzido para determinar se o AG desenvolvido é eficaz na recomendação de rotas. As diretrizes recomendadas por Wohlin et. al [Wohlin et al. 2012] foram usadas. O objetivo do experimento é analisar e avaliar a eficácia do AG para auxiliar o tutor a encontrar seu *pet* perdido por meio da recomendação automática de rotas. Os experimentos foram realizados por meio de um laptop com CPU Intel Core i7 2.4GHz, 8GB de memória no sistema operacional Linux Ubuntu.

### 4.1. Definição do Experimento

O modelo *Goal-Question-Metric (GQM)* [Basili and Weiss 1984] foi utilizado para definir os objetivos do experimento que podem ser resumidos da seguinte forma: "Analisar AG com a finalidade de **avaliar** no que diz respeito à **recomendação de rotas** do ponto de vista **pesquisadores** no contexto da **startup FugaPet**."

Para atingir o objetivo a seguinte Questão de Pesquisa (QP) foi definida: **QP<sub>1</sub>: Quanto eficaz é o AG para recomendação de rotas?** Nesta QP, a eficácia do AG foi medida em termos de função de avaliação, o qual representa a distância total da rota. O experimento foi conduzido 50 vezes e a média da função de avaliação foi calculada.

### 4.2. Design do Experimento

Para a condução do experimento, foram utilizadas 20 amostras que representam uma base de dados contendo as marcações (pontos), realizadas pelos tutores, referente ao local onde

<sup>1</sup><https://pypi.org/project/haversine/>

o *pet* foi encontrado. Para este experimento piloto foi determinado que seria avaliado em uma base de dados pequena, pois o problema que está sendo abordado no artigo, trata-se de um problema em que não se conhece a solução. Portanto, a melhor solução é aquela que possui a melhor distância e que tenha percorrido todos os locais de animais encontrados no passado e para analisar a confiabilidade dos resultados em uma base menor pareceu mais viável neste momento. A Tabela 1 apresenta as variáveis e os parâmetros utilizados neste estudo.

**Tabela 1. Variáveis e parâmetros usados neste estudo.**

Variáveis	Descrição
Gene ( $G$ )	representa o local onde o pet foi encontrado, onde $G$ é igual a 10.
População ( $P$ )	representa o número de rotas candidatas, onde $P$ é igual a 10.
Método de seleção ( $S$ )	torneio com três indivíduos.
Taxa de Mutação ( $M$ )	a taxa usada é 0.3.
Gerações ( $Ge$ )	representa o número de gerações do AG, onde $Ge$ é 500.

### 4.3. Condução do experimento

O procedimento seguido durante a execução do experimento consiste nas seguintes etapas:

1. Geração de diferentes rotas como sujeitos experimentais;
2. Avaliação de cada rota gerada pelo AG. A função de avaliação indica diretamente a qualidade da rota gerada;
3. Cálculo da função de avaliação para cada rota gerada;
4. Realização de uma análise empírica para verificar se o AG encontra a mesma solução sempre ou uma solução próxima.

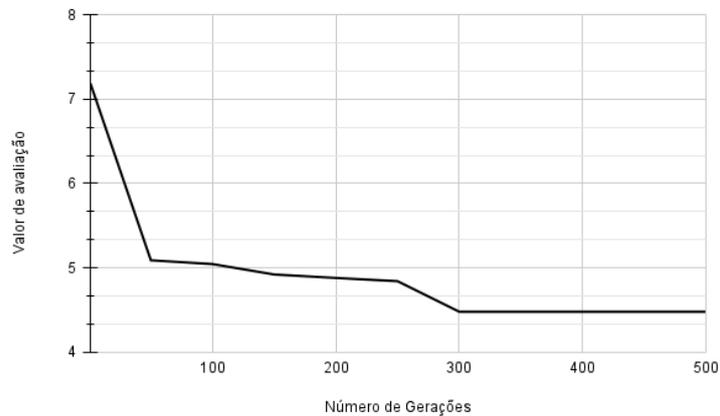
## 5. Resultados e Discussões

Esta seção apresenta os resultados experimentais por meio da análise descritiva dos dados coletados durante a condução do experimento. A análise dos resultados foi focada na eficácia do AG ( $QP_1$ ). A Figura 6 ilustra a curva de evolução média das soluções candidatas. Nas primeiras 100 gerações a distância total das rotas estavam entre 7km e 5km, o que mostra que o AG melhorou rapidamente até chegar em um ponto que a evolução tornou-se mais lenta, e por fim até chegar na melhor solução na proximidade dos 4km.

A Tabela 2 exhibe um detalhamento dos valores de avaliação por blocos de 50 em 50. A primeira solução iniciou em 7.1km e o algoritmo conseguiu evoluir até 4.4km, como esse experimento foi executado em 50 repetições e calculado a média do valor de *fitness*, assim é confiável afirmar que para essa análise em 10 pontos no mapa a menor rota está entre o entorno de 4.4km.

Por fim, a ideia final do algoritmo é prover uma rota marcada no mapa para que futuramente seja integrada em um sistema. Essa rota indica o caminho em que o tutor deve percorrer para maximizar as chances de encontrar seu animal de estimação. Para isso, neste projeto foi utilizada a biblioteca *Folium*<sup>2</sup> para exibir a rota gerada pelo algoritmo

<sup>2</sup><http://python-visualization.github.io/folium/>

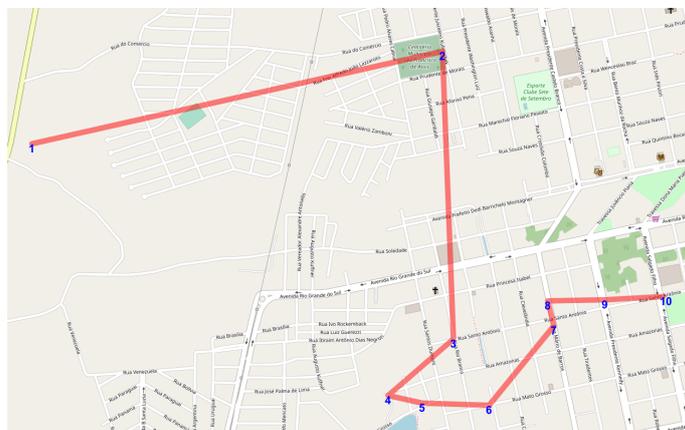


**Figura 6. Gráfico de evolução médio do valor de avaliação**

Número de Gerações	Valor de avaliação
1	7,185362
50	5,090925
100	5,046143
150	4,922616
200	4,881679
250	4,843469
300	4,481619
350	4,481619
400	4,481619
450	4,481619
500	4,481619

**Tabela 2. Valores de avaliação médio em 500 gerações**

ao usuário, conforme pode ser vista na Figura 7. Neste exemplo considerou-se o ponto inicial, ou seja, de onde o *pet* fugiu, na marcação em azul com o número 1 e seguindo até a marcação com o número 10, o ápice da busca seria entre os pontos 3 e 7.



**Figura 7. Rota recomendada pelo algoritmo**

## 6. Considerações Finais

A recomendação ótima de rotas é fundamental para sistemas que visam auxiliar pessoas a encontrar animais desaparecidos, isso faz com que as chances de um tutor encontrar seu animal perdido seja maximizada. Contudo, este tema trata-se de um problema complexo e que muitas vezes não possui uma solução ideal. Visando contribuir com esse assunto, esse trabalho apresentou um algoritmo inteligente para recomendação de rotas que emprega um algoritmo genético e a estimativa de densidade por *Kernel*.

Os resultados do experimento comprovaram a eficácia do algoritmo analisado. Vale ressaltar que esse experimento ainda trata-se de uma avaliação preliminar e o algoritmo ainda necessitará de mais experimentações para chegar em um nível de maturidade e integrar no *app* da *startup FugaPet*. Por fim, espera-se que este trabalho possa contribuir para novos estudos e aplicações na indústria e que possa ser utilizado para a criação e adaptação em problemas reais que abordem a geração/recomendação de rotas.

## Referências

- Basili, V. and Weiss, D. (1984). A methodology for collecting valid software engineering data. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 10(6):728–738.
- Chen, C., Zhang, S., Yu, Q., Ye, Z., Ye, Z., and Hu, F. (2021). Personalized travel route recommendation algorithm based on improved genetic algorithm. *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 40(3):4407–4423.
- Dias, M. C. (2022). Mercado pet: setor bilionário inspira pequenos negócios no brasil.
- Embratel (2021). Inteligência artificial: 4 setores que possuem maturidade com a tecnologia.
- Germain, E., S. B. and Poulle, M.-L. (2008). Spatio-temporal sharing between the european wildcat, the domestic cat and their hybrids. In *Journal of Zoology*, pages 195–203.
- Guerra, A., Teresa, B., Brites, J., Silva, C., and Marcelino, L. (2014). Patinhas: Service to locate missing animals. In *2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pages 1–6.
- Lord, L. K., Wittum, T. E., Ferketich, A. K., Funk, J. A., and Rajala-Schultz, P. J. (2007). Search and identification methods that owners use to find a lost dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 230(2):211 – 216.
- Rocha, J. S. R. d. (2019). Cadê meu bichinho? um sistema georreferenciado para encontrar animais de estimação perdidos.
- Russell, S. J. and Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education, 2nd edition.
- Wohlin, C., Runeson, P., Host, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., and Wesslen, A. (2012). *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1st. edition.
- Zhang, J.-D. and Chow, C.-Y. (2013). Igslr: Personalized geo-social location recommendation: A kernel density estimation approach. SIGSPATIAL'13, page 334–343, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.