**Algoritmos Genéticos Aplicados à Otimização de Rotas no Agronegócio**

Sebastião de Lima Pimenta;Ariel da Silva Dias

**Algoritmos Genéticos Aplicados à Otimização de Rotas no Agronegócio**

**Resumo**

A logística de transporte é um ponto estratégico no agronegócio, principalmente na distribuição de produtos perecíveis. A definição de rotas ótimas torna-se um problema complexo, exigindo métodos eficientes para minimizar custos e atender às demandas do mercado. Neste trabalho propõe-se o desenvolvimento de uma solução web baseada em algoritmo genético para a otimização de rotas no agronegócio. A metodologia envolve a integração de um back-end em Quarkus, que obtém a matriz de distâncias, como base para a futura aplicação do algoritmo de roteirização. Os resultados preliminares concentram-se na avaliação da API e na estruturação do back-end, estabelecendo uma base para o desenvolvimento das próximas fases.

**Palavras-chave:** Logística; API; Perecíveis; Quarkus.

**Introdução**

O agronegócio engloba todas as atividades econômicas relacionadas à produção, processamento e comercialização de produtos agropecuários, de acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), em 2022, a sua contribuição para o PIB brasileiro foi de 25%, mostrando o impacto do setor na economia nacional. No entanto, apesar de sua grande importância, o agronegócio ainda deixa a desejar em alguns aspectos, um deles sendo a logística nas rotas de distribuição dos produtos. Segundo Caixeta Filho (2021), vários países subdesenvolvidos e em desenvolvimento produzem, em teoria, mais comida do que o necessário para alimentar sua população, porém, falham em fazer os produtos chegarem à mesa de seu povo. Uma logística eficiente não apenas reduz o desperdício de alimentos, mas também melhora a rentabilidade dos produtores agropecuários.

Esse problema de distribuição eficiente pode ser modelado como o Problema do Caixeiro Viajante (TSP - *Travelling Salesman Problem*). O TSP é um problema que existe há mais de 200 anos, existem diversas variações na sua formulação, porém, em resumo, trata-se de um caixeiro viajante que deve passar por várias cidades, buscando encontrar a rota mais curta possível. Esse é um problema complexo pois as combinações de rotas crescem de forma fatorial com o incremento de cada cidade, tornando muito custoso analisar todas as combinações para obter a solução perfeita.

Diante dessa complexidade, torna-se comum a utilização de metaheurísticas, que são métodos capazes de encontrar soluções aproximadas e satisfatórias para problemas complexos de otimização. Entre essas abordagens, os Algoritmos Genéticos (AGs) se destacam por sua eficiência e flexibilidade. Inspirados na teoria da evolução, esses algoritmos utilizam mecanismos de seleção, recombinação e mutação para gerar e aprimorar sucessivamente um conjunto de soluções.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver e implementar uma solução web para otimização de rotas no agronegócio, considerando as particularidades do setor, como a perecibilidade dos produtos e a necessidade de distribuição eficiente. A proposta visa reduzir desperdícios, minimizar custos logísticos e melhorar a eficácia no transporte de mercadorias agropecuárias por meio da aplicação de Algoritmos Genéticos.

**Material e Métodos**

A implementação será dividida em duas partes, a parte do front-end web, e a parte do back-end da API. Para o front-end será utilizado o framework Angular com Javascript e para a parte do back-end será utilizado o framework Quarkus 3.9.5 com Java 21.

Será necessário obter informações sobre distâncias entre cidades, para isso, inicialmente pretende-se utilizar a Distance Matrix API, fornecida pelo Google. Ela permite calcular a distância e tempo de viagem da rota mais curta entre duas cidades, essa informação será crucial para otimização da rota geral e para evitar a perecibilidade dos produtos agropecuários.

Para a aplicação dos Algoritmos Genéticos (AGs), será utilizada a biblioteca Jenetics, versão 7.2.0, que oferece uma implementação robusta e flexível de operadores como seleção, cruzamento e mutação. Sua compatibilidade com Java 21 e a boa documentação disponível proporcionam maior praticidade e economia de tempo no desenvolvimento. Além disso, a biblioteca permite foco na modelagem do problema, facilitando ajustes de parâmetros e integração com o restante da aplicação web proposta.

Na parte de back-end, serão utilizadas diversas ferramentas para garantir a qualidade, testabilidade e manutenção do código. O JUnit 5 será empregado na implementação de testes automatizados unitários, assegurando o correto funcionamento dos métodos desenvolvidos. Para testes de integração e validação do funcionamento completo da API, será utilizado o Swagger UI, permitindo simulações e inspeções diretas das requisições. O GitHub será adotado como plataforma de controle de versionamento, possibilitando o registro e acompanhamento das alterações realizadas no projeto. Por fim, será utilizado o SonarQube para a análise de code smells, verificação de boas práticas e cobertura de código, contribuindo para a manutenção da qualidade técnica da aplicação.

Serão analisados, no mínimo, cinco cenários distintos de roteirização, variando o número de pontos entre 5 e 20 localidades. Todos os casos utilizados serão fictícios, com o objetivo de simular diferentes situações logísticas no contexto do agronegócio. Cada cenário será executado 10 vezes, a fim de avaliar a consistência dos resultados e o comportamento do algoritmo genético frente à variação dos dados de entrada. Os produtos agropecuários considerados nos testes serão frutas e hortaliças altamente perecíveis, como o morango e a alface, que possuem vida útil bastante curta após a colheita. Essa escolha reforça a importância de rotas eficientes, que reduzam o tempo de entrega e as perdas durante a distribuição.

**Resultados Preliminares**

Neste ponto da execução do trabalho, o desenvolvimento do back-end já foi iniciado e algumas etapas fundamentais estão em fase de finalização. A API, implementada com o framework Quarkus, é capaz de se comunicar com dois serviços externos da Google: a Distance Matrix API, com uma latência máxima observada de 445 ms, e a Geocoding API, com latência de até 399 ms. A primeira é responsável por fornecer a matriz de distâncias entre diferentes localidades a partir de seus respectivos CEPs, enquanto a segunda permite a obtenção das coordenadas geográficas (latitude e longitude) de cada localidade. Essas coordenadas poderão ser utilizadas futuramente na camada de apresentação, com o objetivo de visualizar graficamente as rotas e compreender espacialmente a distribuição das cidades e as distâncias envolvidas.

Além disso, a API é capaz de processar essas informações e convertê-las em um formato adequado para aplicação de algoritmos de roteirização, viabilizando o uso posterior de técnicas evolutivas. Já foi realizada uma implementação básica de Algoritmo Genético, utilizando a biblioteca Jenetics, versão 7.2.0. Contudo, essa implementação inicial ainda não incorpora as particularidades do contexto deste trabalho, como a perecibilidade dos alimentos ou a urgência na entrega. Por ora, a lógica considera apenas as distâncias retornadas pela Distance Matrix API, otimizando as rotas com base nesse único critério.

Os testes preliminares foram conduzidos de forma local, utilizando o Swagger UI para simular requisições e validar o funcionamento da API. O objetivo foi verificar a correta integração com os serviços externos e o formato das respostas processadas, o que foi obtido com sucesso. Entretanto, por se tratar de uma implementação recente, ainda não foi possível explorar cenários mais elaborados de teste nem realizar comparações entre diferentes configurações do algoritmo genético.

**Considerações Finais**

A fase atual do projeto resultou em avanços importantes, com a implementação de uma API em Quarkus capaz de integrar-se às APIs da Google para obtenção de distâncias e coordenadas geográficas. Esses recursos formam a base necessária para a aplicação de algoritmos de otimização de rotas.

Uma versão inicial do algoritmo genético foi implementada com a biblioteca Jenetics 7.2.0, considerando apenas a minimização das distâncias. No entanto, ainda não foram incorporadas as restrições específicas do problema, como a perecibilidade dos alimentos. Os testes realizados foram locais e focados na verificação estrutural da API.

Apesar das limitações, os resultados preliminares indicam viabilidade técnica para as próximas etapas, que deverão incluir a adaptação do algoritmo ao contexto logístico do agronegócio e a realização de testes mais abrangentes.

**Referências**

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). Panorama do Agro. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro. Acesso em: 29 mar. 2025.

CAIXETA FILHO, José Vicente; PÉRA, Thiago Guilherme. O custo do desperdício na logística do agronegócio no Brasil. Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas, 2021.