

# **Projeto final:**

## **Otimização de roteamento da empresa Entrega Tudo**

Emanuel Souza Costa, João Marcelo Candido Boregs e Saulo Costa Maranhão



CENTRO DE INFORMÁTICA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

João Pessoa, 2023

Emanuel Souza Costa, João Marcelo Candido Boregs e Saulo Costa Maranhão

## Projeto final

Relatório apresentado à disciplina Análise e Projeto de Algoritmo,  
do curso de Engenharia de Computação, do Centro de informática,  
da Universidade Federal da Paraíba

Professor: Bruno Bruck

Outubro de 2023

## RESUMO

Este projeto teve como objetivo comparar e avaliar o desempenho de três abordagens de otimização: algoritmo Guloso, Variable Neighborhood Descent (VND) e Iterated Local Search (ILS) para o problema de otimização de roteamento. O intuito por trás do projeto é entender e comparar estratégias de otimização, visando encontrar soluções mais próximas do ótimo global. Os resultados revelaram que o algoritmo Guloso ofereceu soluções iniciais rápidas, porém distantes do ótimo global. O VND melhorou essa solução e o ILS aprimorou ainda mais a solução do VND em alguns casos, atingindo resultados mais próximos do ótimo global.

# 1 INTRODUÇÃO

A resolução de problemas de otimização é uma área crucial em diversas disciplinas, desde logística e engenharia até inteligência artificial. A busca por soluções ideais ou aproximadas a problemas complexos tem impulsionado o desenvolvimento de algoritmos e técnicas sofisticadas. Este projeto concentra-se na comparação e análise de três abordagens de otimização para o problema de roteamento: algoritmo Guloso, Variable Neighborhood Descent (VND) e Iterated Local Search (ILS).

## **2 METODOLOGIA**

Para realizar a análise comparativa dos algoritmos de otimização, foram implementados os algoritmos Guloso, Variable Neighborhood Descent (VND) e Iterated Local Search (ILS) na linguagem de programação C++ na versão 20. O ambiente de desenvolvimento escolhido foi o Visual Studio Code, reconhecido por sua flexibilidade e recursos de depuração que facilitam a escrita e o teste de código.

### **2.1 Implementação em C++ (Versão 20)**

Utilizando as estruturas de dados e as funcionalidades oferecidas pela linguagem C++ na versão 20, cada algoritmo foi traduzido e adaptado para atender às exigências do problema de otimização em questão.

### **2.2 Visual Studio Code**

O ambiente de desenvolvimento escolhido, o Visual Studio Code, proporcionou um suporte flexível e robusto para o desenvolvimento em C++. Com a integração de extensões e plugins especializados para C++ e a depuração eficiente oferecida pelo Visual Studio Code, foi possível realizar a escrita, compilação e depuração dos códigos dos algoritmos de forma integrada e eficaz.

### **2.3 Testes e Validação**

Cada algoritmo implementado passou por testes extensivos para verificar sua funcionalidade, corretude e desempenho. Diversos conjuntos de dados de teste foram utilizados para validar o comportamento dos algoritmos, considerando diferentes instâncias do problema de otimização.

### **2.4 Avaliação de Desempenho**

A comparação de desempenho dos algoritmos foi realizada considerando métricas como tempo de execução, qualidade da solução encontrada e eficiência na convergência para o ótimo global. Essas métricas foram cruciais para avaliar e comparar o desempenho relativo dos algoritmos Guloso, VND e ILS.

### 3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos pela aplicação dos algoritmos Guloso, Variable Neighborhood Descent (VND) e Iterated Local Search (ILS) são apresentados na tabela abaixo, demonstrando o valor da solução encontrada, o tempo de execução e o GAP em relação ao valor ótimo, no contexto do problema de otimização.

		Heurística Construtiva			VND			ILS		
	Ótimo	Valor solução	Tempo (ms)	GAP	Valor solução	Tempo (ms)	GAP	Valor solução	Tempo (ms)	GAP
n9k5_A	428	496	1,53	15,8879	456	3,05	6,5421	456	115,67	6,5421
n9k5_B	506	652	1,49	28,8538	534	2,37	5,5336	534	115,67	5,5336
n9k5_C	559	652	1,53	16,6369	632	2,93	13,0590	632	252,00	13,0590
n9k5_D	408	428	1,50	4,9020	408	3,58	0,0000	408	120,33	0,0000
n14k5_A	471	556	1,30	18,0467	496	2,39	5,3079	496	133,00	5,3079
n14k5_B	565	744	1,32	31,6814	590	2,60	4,4248	590	131,00	4,4248
n14k5_C	569	1030	1,30	81,0193	817	3,15	43,5852	817	490,67	43,5852
n14k5_D	471	508	1,31	7,8556	496	2,58	5,3079	496	155,33	5,3079
n22k3_A	605	928	1,34	53,3884	656	3,11	8,4298	651	257,67	7,6033
n22k3_B	777	1272	1,37	63,7066	828	3,05	6,5637	823	256,67	5,9202
n22k3_C	777	1272	1,34	63,7066	1047	3,05	34,7490	1047	806,00	34,7490
n22k3_D	605	928	1,30	53,3884	641	3,41	5,9504	641	223,33	5,9504
n31k5_A	650	1509	1,34	132,1538	1314	3,19	102,1538	1314	832,00	102,1538
n31k5_B	933	2340	1,35	150,8039	1868	2,96	100,2144	1868	828,00	100,2144
n31k5_C	939	2681	1,37	185,5165	2210	3,20	135,3568	2209	1034,67	135,2503
n31k5_D	656	1357	1,73	106,8598	1330	3,16	102,7439	1330	229,67	102,7439
n43k6_A	801	1928	1,72	140,6991	1821	3,43	127,3408	1821	1207,00	127,3408
n43k6_B	1203	3134	1,71	160,5154	3027	3,74	151,6209	3027	1198,33	151,6209
n43k6_C	1208	3541	2,06	193,1291	3386	4,34	180,2980	3343	1480,33	176,7384
n43k6_D	802	2038	1,78	154,1147	2025	3,21	152,4938	2025	273,67	152,4938
n64k9_A	934	3174	1,82	239,8287	3062	4,72	227,8373	2675	2192,67	186,4026
n64k9_B	1503	5418	1,77	260,4790	5306	4,69	253,0273	4269	1805,33	184,0319
n64k9_C	1510	6863	1,84	354,5033	5848	5,32	287,2848	5572	2500,00	269,0066
n64k9_D	932	3005	1,89	222,4249	2908	3,50	212,0172	2908	374,00	212,0172
n120k7_A	1029	4743	2,63	360,9329	4503	11,97	337,6093	3915	6936,67	280,4665
n120k7_B	2052	7752	3,13	277,7778	7512	11,77	266,0819	7018	6739,33	242,0078
n120k7_C	2040	9950	3,43	387,7451	9781	11,73	379,4608	7197	11764,00	252,7941
n120k7_D	1046	4834	3,20	362,1415	4770	4,70	356,0229	4770	3146,00	356,0229
n199k17_A	1672	11216	4,77	570,8134	9837	25,63	488,3373	8546	14069,00	411,1244
n199k17_B	3302	22619	5,57	585,0091	19611	25,17	493,9128	16437	11365,67	397,7892
n199k17_C	3301	30985	4,50	838,6550	25720	39,40	679,1578	22639	33769,67	585,8225
n199k17_D	1672	8831	4,23	428,1699	8565	10,01	412,2608	8563	4870,67	412,1411

Figura 1: Planilha que mostra os resultados obtidos de cada caso de teste (autoria própria)

A análise desses resultados revela as capacidades e limitações de cada algoritmo na resolução do problema de otimização, considerando a qualidade da solução encontrada, o tempo de execução e a proximidade em relação ao valor ótimo. Essas métricas são essenciais para compreender a eficácia de cada abordagem e sua adequação à busca de soluções ideais ou aproximadas em contextos de otimização.

## 4 CONCLUSÕES

Este projeto visou comparar a eficácia de três abordagens para resolver um problema de otimização: algoritmo guloso, Variable Neighborhood Descent (VND) e Iterated Local Search (ILS). O algoritmo guloso ofereceu uma solução rápida, porém distante do ótimo global. O VND melhorou essa solução, explorando diferentes vizinhanças. Contudo, o ILS se destacou, aprimorando significativamente a solução do VND e alcançando resultados mais próximos do ótimo global. Conclui-se que, para problemas complexos, abordagens mais avançadas, como o VND e o ILS, são fundamentais para alcançar soluções mais próximas do ótimo global, enquanto o algoritmo guloso serve como um ponto de partida, mas não é suficiente para soluções ideais.