

Licenciatura em Engenharia Informática

Relatório do trabalho de grupo Teórico-Prático 2 de Fundamentos de Inteligência Artificial (FIA)

Bruno José Silvério da Silva, nº 2021232021 PL5
Diogo Emanuel Matos Honório, nº 2021232043 PL5

Ano Letivo 2023/2024

Índice

ntrodução	3
cripts Alterados	3
CrossOver.cs	3
Mutation.cs	3
ParentSelection.cs	4
GeneticAlgorithmConfigurations.cs	4
CarFitness.cs	5
nalise de Resultados	5
GapRoad	5
HillRoad	8
RockyHillRoad	11
Conclusão	12

Introdução

O presente relatório foi elaborado no âmbito da cadeira de Fundamentos de Inteligência Artificial, com o propósito de analisar os resultados obtidos e a metodologia usada no decorrer do trabalho prático desenvolvido.

Neste trabalho, utilizamos um simulador virtual fornecido previamente, o mesmo é responsável pela criação de veículos motorizados. No entanto o nosso principal objetivo neste trabalho é implementar funcionalidades que tornassem estes veículos capazes de se adaptar a diferentes ambientes.

Deste modo iremos ajustar as características dos veículos de forma a modificar o seu conjunto de parâmetros relacionados à sua estrutura, assim tornando-os mais aptos e eficientes possível diante o ambiente a que estão a ser submetidos.

Scripts Alterados

Crossover.cs:

O Crossover é responsável por criar gerações de indivíduos a partir de indivíduos já existentes neste caso os "parents", para isso decidimos escolher um ponto de crossover no cromossoma onde desse ponto para a frente todos os genes tivessem uma probabilidade de 50% de os seus "parents" serem trocados.

Para realizar esta funcionalidade, primeiramente criamos uma variável com um valor aleatório que será responsável por verificar se o crossover será realizado, pois apenas no caso deste mesmo valor ser menor que a probabilidade de existir um crossover é que se irá realizar o mesmo.

Posteriormente, escolhemos aleatoriamente um ponto de crossover, a partir desse ponto cada gene tem uma probabilidade de 50% de ter os seus "parents" trocados. Assim, são gerados novos cromossomas filhos a partir dos clones dos pais que foram modificados pelo crossover.

Mutation.cs:

Estipulamos que a mutação seria responsável por alterar um gene específico no cromossoma em questão, substituindo-o por outro gene de um cromossoma criado a partir das configurações do cromossoma original.

Inicialmente na implementação desta função, tivemos de seguir um processo idêntico ao usado no crossover, críamos uma variável com um valor

aleatório para verificar se estava abaixo da probabilidade estabelecida. Esta probabilidade foi definida no construtor da classe e passada como argumento.

No caso de o valor aleatório ser realmente inferior, é inicializado a troca de genes. É criado um cromossoma e é selecionado um gene aleatório tanto deste novo cromossoma como do original. Em seguida, o gene do cromossoma original é substituído pelo gene do novo cromossoma. Por fim, o cromossoma original é atualizado com os novos genes modificados.

ParentSelection.cs:

Este script implementa o método de seleção dos "parents" para cada geração, utilizando como base o método de torneio. Neste método, um determinado número de indivíduos (cromossomas) é selecionado para competir entre si, e o mais apto vai ser colocado na lista de cromossomas aptos para ser os "parents" de uma geração. Através desta seleção de "parents", as gerações subsequentes vão se tornando cada vez mais aptas ao ambiente, tornando deste modo, os resultados sejam cada vez mais positivos.

Neste código, primeiro é criado um loop através de um "while" que apenas termina quando o número necessário de país for preenchido. Por cada iteração deste loop, serão escolhidos aleatoriamente um determinado número de cromossomas para participar no torneio. Este número é determinado através da variável "num_torneio", também definida no construtor e passada como argumento.

Após a seleção dos cromossomas que irão participar, é determinado qual deles irá se adaptar melhor ao ambiente atual, ou seja, qual deles possui um maior valor de fitness. Uma vez identificado, esse cromossoma é adicionado a lista de "parents" que iram construir as gerações seguintes.

GeneticAlgorithmConfigurations.cs:

Este script é responsável por armazenar as configurações de cada experimento. Para além de termos adicionado a variável "num_torneiro", nenhum outro aspeto foi alterado, exceto os valores, para realizar as várias experiências e, assim, obter os vários resultados.

CarFitness.cs:

Neste excerto de código, implementamos as fórmulas de fitness com o intuito de avaliar o desempenho dos veículos, a avaliação é feita também caso desejemos que o percurso seja completo o mais rápido possível ou caso queiramos que seja completo da forma mais eficiente possível.

A primeira função de fitness ("calcFitness") tem como intuito minimizar o tempo de conclusão do percurso. A função faz use de uma fórmula que consiste numa razão entre distância percorrida e o tempo decorrido, com um peso de 80% e a soma de todas as velocidades com um peso de 20%.

Optámos por esta fórmula pois deste modo evitamos casos em que os veículos poderiam percorrer distâncias muito curtas em tempos pequenos também, o que iria resultar num rácio entre as duas variáveis muito elevado. Assim com o uso da soma das velocidades apenas carros que percorreram distâncias elevadas vão ter somas de velocidades elevadas também, evitando também assim casos em que exista uma grande distância percorrida, no entanto com velocidades muito pequenas.

A segunda função de fitness ("calcFitness2") varia consoante o veículo complete o percurso ou não. Caso o mesmo chegue ao fim, a fórmula utilizada é a distância a multiplicar por 100 e somar 10 unidades, e posteriormente dividida pela soma total de forcas. No caso de não acabar, aplicamos a mesma fórmula que usamos para acabar o percurso o mais rápido possível.

Neste caso optámos por estas fórmulas porque, primeiramente, percebemos que temos de valorizar a distância e só depois sim a eficiência, pois apenas quando temos os carros a chegar ao fim do percurso é que devemos tentar conservar o máximo de forças possível para conseguir chegar ao fim da forma mais eficaz.

Analise de Resultados

Para analisar resultados decido-mos escolher a execução que obteve o melhor desempenho das 5 que realizamos para cada experiência e analisar os resultados a partir da mesma.

GapRoad:

Nesta estrada, primeiramente vamos analisar os resultados obtidos através da fórmula que tem como objetivo minimizar ao máximo o tempo que o veículo demora a percorrer todo o percurso.

Nesta primeira análise de resultados, tivemos em maior consideração o tempo decorrido e a percentagem de estradas concluídas. Os resultados que apresentam uma

média de tempo baixam e uma percentagem de sucesso da conclusão da estrada alta possuem os resultados mais positivos.

Experiência 1

						dC BestDistar						
1		30,0202	9	368,085	False		45,7254	486,02	48,12			
2	161,291	40,1925	9	299,663	False	1988,18	44,2433	637,937	90,9442	474502		
3	160,266	53,9266	9	302,633	False	1986,19	43,1104	628,562	154,844	332831		
4	175,503	83,8114	9	302,633	True	2280	45,1469	688,133	274,107	2,15E+07		
5	182,196	109,214	9	302,633	True	2280	43,3803	713,887	313,975	2,21E+07		
6	180,556	104,52	9	302,633	True	2280	46,629	719,418	158,419	2960529		
7	180,273	103,55	9	302,633	True	2280	43,3373	704,074	315,562	1,32E+07		
8	181,551	108,405	9	302,633	True	2280	43,4243	710,859	275,064	5990255		
9	181,019	121,276	9	302,633	True	2280	46,2181	720,103	127,769	1,81E+07		
10	183,751	139,631	9	302,633	True	2280	42,8063	719,016	320,706	1,15E+07		
11	182,907	152,762	9	299,663	True	2280	42,9255	715,354	294,095	7616268		
12	181,903	158,845	8	286,308	True	2280	44,0206	715,286	195,475	1,88E+07		
13	182,67	154,006	9	302,633	True	2280	43,1139	715,037	275,241	1,40E+07		
14	182,54	143,932	9	302,633	True	2280	43,0112	713,914	287,302	1,57E+07		
15	186,174	153,776	9	299,663	True	2280	42,2406	728,46	301,209	2,09E+07		
16	182,435	150,443	9	283,664	True	2280	43,1456	714,009	292,324	5757094		
17	181,482	150.82	9	299,663	True	2280	43,2809	709,863	301,776	9582428		
18	182,731	149,06	9	299,663	True	2280	43,0708	715,145	314,944	4052271		
19	178,99	160,489	9	299,663	True	2280	41,0302	686,565	326,801	7166182		
20	184,04	152,581	9	291,556	True	2280	42,7669	720,281	311,466	6342698		
21	179,632	148,382	9	299,663	True	2280	46,6765	714,984	287,889	2794795		
22	180,65	152,797	9	291,556	True	2280	46,0813	717,706	124,949	4604022		
23	180,962	158,239	9	299,663	True	2280	43,3024	707,36	269,921	5695741		
24	180.13	153,175	9	299,663	True	2280	46,2329	715,718	182,731	248793		
25	180,141	151,245	9	299,663	True	2280	43,5452	704,356	262,464	1580747		
26	182,463	144,436	9	291,556	True	2280	43,1831	714,32	217,703	8843166		
27	185,263	160,584	9	299,663	True	2280	42,6168	725,692		1.37E+07		
28	180,813	147,979	9	299,663	True	2280	43,3923	707,025	321,173	1762726		
29	180,61	156,77	9	299,663	True	2280	43,6401	707,129	195,027	1,79E+07		
30	182,952	153,344	9	299,663		2280	42.8916	715,422		1.53E+07		
-	178,273	131.607				2235,45	43.8063				MEDIA	
	11,9849	36,6872				152,637	1,41879				DESVIO P	ADRÃO

Experiência 2

1	166,535	40.3147	9	369,186	False	2114.11	49.5421	672.651	82,4263	313812		
2	140,491	42.5627	9	369,186		1733.92	44,9263	557.724	39.3175	703648		
3	171,608	56,2655	6	341,587		2118,62	41.2464	665,42	14,8347			
4	179,847	52,7914	6	341,587		2280	41.1826	691.625		1.38E+07		
5	178,075	80.6996	6	320,676		2280	49,3573	717.15		1,40E+07		
6	185,656	91,9679	6	341,587		2280	39,7879	713,39		4505270		
7	186,014	114,363	6	325,713		2280	39,9392	715,996				
8	175.73	118,285	6	320,676		2280	42,3998	676,996		4287483		
9	183,295	122,474	6	320,676	True	2280	40.5275	705,506	271.34	9630969		
10	183,557	150,877	6	338,131	True	2280	40,1141	704,646	302,425	1.10E+07		
11	182,846	152.13	6	325,713		2280	42,9724	715,266		1.33E+07		
12	185.027	154.514	6	325,713	True	2280	40.0374	711.586	273,941	3634733		
13	178,571	139,152	7	341,324	False	2247,19	43,8412	700,638	-17,7022	446878		
14	181,492	144,628	6	325,713	True	2280	40,6388	697,072	321,273	1.41E+07		
15	179,419	153,741	7	333,501	True	2280	46,3806	712,748	116,261	6956880		
16	178,848	154,61	7	333,501	True	2280	43,0054	695,425	254,977	4128995		
17	184,094	138,112	6	325,713	True	2280	40,046	706,966	248,38	4674172		
18	181,006	153,764	6	325,713	True	2280	41,0223	696,605	268,98	1,43E+07		
19	179,907	144,547	7	333,501	True	2280	41,2184	692,102	233,623	9922730		
20	182,554	144,926	6	325,713	True	2280	43,1322	714,542	187,658	9205362		
21	179,239	153,331	7	333,501	True	2280	46,3092	711,567	172,391	4582834		
22	182,55	144	7	325,056	True	2280	43,1703	714,695	186,896	9378625		
23	183,386	154,363	7	333,501	True	2280	40,3563	705,069	238,567	1,81E+07		
24	183,779	144,966	6	325,713	True	2280	40,2166	706,297	292,669	4734977		
25	184,846	157,22	7	333,501	True	2280	40,0336	710,662	255,065	7117087		
26	179,675	144,423	7	333,501	True	2280	47,2257	717,329	-0,76277	128806		
27	182,06	150,532	6	325,713	False	2249,26	39,679	697,727	-47,7221	47504,3		
28	179,044	145,453	6	325,713	True	2280	44,023	701,005	209,816	7287334		
29	181,757	146,909	7	333,501	True	2280	43,2871	711,269	222,711	1951764		
30	178,521	148,048	6	325,713	True	2280	38,6384	671,322	353,954	4513686		
	179,314	127,999				2248,77	42,4752				MEDIA	
	8,39277	36,7279				105,786	2,90897				DESVIO P	ADRÃO

Experiência 3

1	166,835	43,1248	10	415,148	True	2280	54,9276	678,517	262,324	1906534		
2	178,109	65,1207	8	326,295	True	2280	46,8973	708,234	244,024	6773503		
3	174,403	112,815	8	326,295	False	2200,72	47,7705	699,26	49,2067	44619,8		
4	163,143	89,0153	9	436,888	False	2080,92	46,6973	648,609	-23,4131	63796,2		
5	174,933	123,983	9	422,401	True	2280	45,1044	685,104	263,704	8334991		
6	181,299	152,983	9	345,388	True	2280	43,2502	708,808	317,387	6327224		
7	176,523	142,53	9	422,401	True	2280	47,7857	703,69	244,695	7950212		
8	175,275	143,747	9	351,464	True	2280	47,3773	695,908	200,779	1,24E+07		
9	175,202	131,866	9	422,401	True	2280	41,913	672,016	325,427	1,31E+07		
10	181,051	141,376	9	408,454	True	2280	43,5153	708,77	193,902	1,66E+07		
11	184,105	152,237	9	422,401	True	2280	40,0925	707,269	340,198	7271420		
12	183,868	162,178	9	413,682	True	2280	42,8549	719,828	190,117	8358843		
13	185,459	161,587	9	378,647	True	2280	39,7775	712,351	307,653	2,17E+07		
14	183,042	154,651	9	408,454	True	2280	42,8696	715,766	243,308	1,52E+07		
15	183,688	147,721	9	378,647	True	2280	40,3857	706,731	342,231	1,77E+07		
16	184,156	165,978	9	406,811	True	2280	42,792	720,977	213,114	2,07E+07		
17	182,379	156,835	9	378,647	True	2280	40,4757	700,655	332,821	2804668		
18	182,384	160,296	9	378,647	True	2280	40,5018	700,817	313,761	1,41E+07		
19	186,374	161,319	9	378,647	True	2280	39,7296	716,666	321,444	2703982		
20	186,744	163,429	9	426,276	True	2280	39,5488	717,53	345,979	736546		
21	182,997	159,377	9	408,454	True	2280	40,47	703,716	337,237	1,43E+07		
22	182,242	148,45	9	408,454	True	2280	40,59	700,568	305,975	1,02E+07		
23	185,241	166,022	9	408,454	True	2280	39,8198	711,489	340,778	1,67E+07		
24	184,054	166,409	9	406,811	True	2280	39,9885	706,461	308,973	1,02E+07		
25	182,194	162,86	9	408,454	True	2280	40,424	699,463	282,449	9998451		
26	185,14	158,448	9	408,454	True	2280	39,9978	711,937	335,661	4343520		
27	182,804	158,046	9	406,811	True	2280	42,9199	714,813	202,652	1,71E+07		
28	186,025	169,215	9	408,454	True	2280	39,7423	714,991	321,014	1,85E+07		
29	187,502	165,838	9	408,454	True	2280	39,5772	721,475	339,5	1,65E+07		
30	187,66	157,741	9	408,454	True	2280	39,5081	721,887	325,619	1,99E+07		
	181,161	144,84				2270,72	42,5768				MEDIA	
	5,82879	30,3669				38,6573	3,61537				DESVIO PA	DRÃO

Experiência 4

1	149.1	36,25909	10	309,0012	False	1859.185	45,5456	592,4238	44.94152	77182.65		
2		60,19593		319,1437			38,77837					
		97,11065		309,0012			43,45422					
		130,5751		309,0012			43,06459					
5	179,2525	147,2636	10	291.0638	True	2280	44,47885	704,0364	153,7954	5682081		
6	173,6411	137,9077	10	293,0977	True	2280	42.84109	668,6306	175,7098	1.49E+07		
7	181,9768	132,1716	10	293,0977	True	2280	43.3342	712,5804	174,323	1,42E+07		
		135,1523	10	316,2989	True	2280	46,49481	708,3188	217,8191	4749066		
9	180,7272	132,5743	10	309,0012	True	2280	46,20703	718,5991	99,66098	1074609		
10	178,738	148,8009	10	285,8	True	2280	43,87561	698,8209	243,7518	3785458		
11	175,6697	144,8324	10	293,0977	False	2249,616	48,91345	705,8793	-8,43435	215128.2		
12	182,1094	144,9439	10	293,0977	True	2280	43,07758	712,0681	255,1202	7776081		
13	183,1302	138,6988	10	293,0977	True	2280	43,37042	718,512	205,3279	4229898		
14	173,5523	142,2082	10	293,0977	False	2178,353	46,06097	690,4136	-30,3697	37739,02		
15	183,2511	145,801	10	293,0977	True	2280	43,39886	719,2458	214,3134	8249873		
16	177,5135	143,0339	10	293,0977	True	2280	49,56494	715,0666	132,9552	2502780		
17	180,5654	145,422	10	293,0977	True	2280	45,97949	716,8744	220,58	9366739		
18	180,5545	146,6241	10	285,8	True	2280	43,38269	705,6891	137,4489	5263554		
19	180,0742	141,5581	10	285,8	True	2280	46,5658	716,76	90,61893	681736,8		
20	179,4241	135,6697	10	275,2726	True	2280	43,77661	701,8105	187,7879	6492659		
21	180,579	142,6476	10	275,2726	True	2280	45,96777	716,895	84,96817	724332,9		
22	180,2252	136,0453	10	275,2726	True	2280	44,58984	709,3784	116,3543	3269585		
23	181,1774	141,2805	10	275,2726	True	2280	43,58545	709,7208	198,6867	1368198		
24	180,2241	134,0531	10	285,8	False	2253,686	47,40466	722,8403	57,31348	504788,6		
25	181,3645	143,3142	10	285,8	True	2280	45,94263	720,7211	77,43596	1,80E+07		
26	179,6222	144,3559	10	285,8	True	2280	43,68884	702,4089	245,0038	1,49E+07		
27	171,1214	133,7754	10	285,8	True	2280	46,08911	670,0969	216,4665	1,17E+07		
28	176,1645	139,1008	10	285,8	False	2253,652	44,61426	691,3945	-57,6055	310832,8		
29	180,9484	140,6621	10	285,8	True	2280	48,84106	729,6846	62,15804	725427,7		
30	175,2528	140,4567	10	285,8	True	2280	48,19263	698,851	130,6703	9851572		
	176,963	132,7498				2240,145	45,03605				MEDIA	
	9,356831	24,96774				130,0312	2,268684				DESVIO PA	ADR

Experiência 5

1	155,9471	30,93593	9	380,9055	False	1984,325	51,28358	634,6362	44,28299	71268,16		
2	156,0256	34,6394	10	247,9177	False	1982,408	48,87823	628,035	-29,4224	74393,11		
3	150,6413	52,85274	10	349,7169	False	1945,74	55,15669	620,9195	-38,6065	60804,21		
4	180,5904	87,1285	10	349,7169	True	2280	43,63354	707,0016	200,8858	6082620		
5	173,383	96,54401	10	349,7169	False	2205,972	51,61911	706,6567	16,00826	169207,3		
6	181,2388	109,7681	10	349,7169	True	2280	43,37988	709,0978	239,5402	140546,4		
7	173,8839	111,961	10	349,7169	False	2209,201	47,28497	694,2159	0,255224	383286,7		
8	182,9548	118,7402	10	359,6559	True	2280	40,25165	702,3604	355,1503	1,30E+07		
9	179,7637	144,7802	10	349,7169	True	2280	41,0285	690,4269	276,4237	7085887		
10	180,0618	139,307	10	349,7169	True	2280	46,64142	716,9955	123,495	4568582		
11	180,2292	146,7194	10	357,5062	True	2280	44,04858	707,0423	138,9384	6143285		
12	173,6654	134,9557	10	349,7169	False	2203,484	46,47614	690,5356	-62,6553	58523,87		
13	179,5061	135,145	10	357,5062	True	2280	49,16547	723,6277	104,0303	245590,5		
14	181,6282	146,0332	10	357,5062	True	2280	43,84924	713,1549	169,0894	1,50E+07		
15	176,933	146,8723	10	357,5062	False	2250,477	50,32886	716,9821	-1,48662	546591,8		
16	177,0138	133,2793	10	357,5062	True	2280	47,08118	703,4676	143,1815	1,41E+07		
17	180,5694	148,3042	10	357,5062	True	2280	46,18042	717,7034	213,0681	4094238		
18	183,3904	157,9071	10	357,5062	True	2280	45,31128	728,257	160,8993	1,11E+07		
19	181,8905	140,4431	10	357,5062	True	2280	43,20276	711,5483	249,6362	1,17E+07		
20	178,5205	139,7842	10	357,5062	True	2280	44,2251	699,2734	208,5042	6527531		
21	180,9721	147,0062	10	357,5062	True	2280	43,36096	707,6785	293,109	2,26E+07		
22	178,0007	136,9224	10	333,2363	False	2253,915	48,64063	716,2354	23,65679	1017536		
23	183,4073	145,9457	10	333,2363	True	2280	42,974	718,079	275,7917	1,71E+07		
24	179,8517	147,5153	10	354,1985	True	2280	41,15161	691,49	255,0476	1,09E+07		
25	180,5694	150,209	10	354,1985	True	2280	43,9906	708,4874	197,7474	399890,2		
26	179,1242	142,6544	10	357,5062	True	2280	46,72461	712,6341	176,4641	2,25E+07		
27	182,786	152,0792	10	354,1985	True	2280	43,47302	717,2564	117,5906	1,21E+07		
28	184,3191	150,5714	10	357,5062	True	2280	42,80225	721,8398	225,7576	8642788		
29	179,9861	153,2243	10	354,1985	True	2280	46,23755	715,0158	152,5853	9950010		
30	176,8573	141,7017	10	357,5062	True	2280	44,40112	691,724	164,5616	2,33E+07		
	177,1237	127,4643				2239,851	45,75943				MEDIA	
	8,287618	34,26338				94,18524	3,437265				DESVIO PA	DRÃO

Experiência 6

1	117 2546	24,33986	9	353,5062	False	1441 924	42,08312	457 7841	16 78158	61934 65		
		55,04347		353,5062			49,82632					
		104,2715		353,5062			44,19963					
		133,0576		337,1262			41.03134					
		123,4573		346,9098			46,16049					
		138,3094		337,1262			40,10532					
		149,9623		337,1262			42,61041					
		152,6125		337,1262			45,7572					
		143,5273		346,9098			40,22882					
		149.858		346,9098			39,48486					
		149,5608		337,1262			43,19635					
		158,2883		346,9098		2280			324,5666			
		158,9545		337,1262			39,16217					
		159,3545		346,9098			42,17969					
		161,0073		346,9098			42,5686					
		165,5821		346,9098			39,36646					
		163,0731		337,1262			42,68787					
18	182,8707	161,2563	9	337,1262	True	2280	40,55103	703,5081	275.143	1.04E+07		
		149,0945		337,1262			40,43762					
		156,037		346,9098			42,73657					
21	180.3743	156,0878	9	346,9098	True	2280	43,55078	705,549	259,6987	1.90E+07		
		162,6578		337,1262			39,78638					
23	182,2389	158,5159	9	337,1262	True	2280	43,11279	712,8773	310,9398	1.31E+07		
24	188,7918	162,8738	9	337,1262	True	2280	39,15466	725,5943	360,8656	1,65E+07		
25	185,0159	158,3863	9	337,1262	True	2280	40,01794	711,4254	366,0959	5002789		
26	185,555	168,2339	9	346,9098	True	2280	39,73523	712,6007	358,8604	1,39E+07		
27	185,1539	166,1858	9	337,1262	True	2280	39,91821	711,5815	383,6808	1743931		
28	185,0687	156,5788	9	337,1262	True	2280	39,8208	710,6318	379,728	1.11E+07		
29	183,5485	150,9359	9	337,1262	True	2280	40.31543	705,6649	309.2737	1.78E+07		
30	189,8375	164,0303	9	337,1262	True	2280	38,97412	729,8112	382,1364	5621672		
	181,2048	145,3711				2242,275	41,63767				MEDIA	
	13,36552	32.00712				160.3794	2,48936				DESVIO PA	DRĀ

Experiência 7

1	120,52	25,0639	10	435,949	False	1492,74	43,643	474,339	39,7523	540369		
2	147,746	77,0632	10	435,949	False	1776,05	38,6682	566,493	110,994	337323		
3	176,809	121,692	10	435,949	False	2252,18	48,1552	708,66	-58,255	92030,2		
4	183,677	137,273	10	435,949	True	2280	40,2816	706,131	333,83	1,03E+07		
5	162,394	129,438	10	435,949	False	2011,23	46,2547	648,915	-14,301	124273		
6	184,542	129,108	10	435,949	True	2280	42,6712	722,341	289,326	1,33E+07		
7	171,791	128,802	10	435,949	False	2099,11	42,7115	674,659	-55,244	57266,1		
8	169,408	128,49	10	432,947	False	2201,16	53,7956	693,6	-14,266	837540		
9	179,484	134,181	10	432,947	True	2280	46,4069	713,178	102,973	5198399		
10	179,647	144,268	10	435,949	True	2280	43,7679	702,887	217,593	8564609		
11	181,869	135,426	10	461,97	True	2280	43,2825	711,808	176,947	1,93E+07		
12	179,856	140,619	10	426,41	False	2250,75	47,0228	719,785	24,7737	268554		
13	174,143	128,998	10	461,97	False	2159,72	42,0495	678,108	44,1664	52294,8		
14	185,771	148,449	10	461,97	True	2280	39,9602	714,892	273,271	2,33E+07		
15	182,704	147,171	10	461,97	True	2280	43,024	714,791	133,933	7278938		
16	180,653	143,03	10	461,97	True	2280	41,1511	695,496	191,265	6574157		
17	182,56	158,487	10	461,97	True	2280	40,6137	702,277	244,853	4501786		
18	182,33	148,698	10	461,97	True	2280	43,1543	713,523	154,771	1,23E+07		
19	179,16	152,116	10	461,97	True	2280	44,0461	701,685	222,427	5762383		
20	185,379	151,769	10	493,285	True	2280	39,7817	711,975	299,93	1,41E+07		
21	184,065	154,44	10	461,97	True	2280	40,1388	707,315	308,114	2707740		
22	182,098	158,367	10	461,97	True	2280	40,7293	700,569	268,995	3126426		
23	181,415	153,819	10	461,97	True	2280	40,7695	697,36	314,816	1,24E+07		
24	179,55	155,173	10	461,97	True	2280	40,8814	688,608	316,847	1,44E+07		
25	181,419	157,634	10	461,97	True	2280	40,5613	696,302	335,466	4285817		
26	183,746	158,447	10	461,97	True	2280	42,9233	719,538	242,805	9005110		
27	183,767	155,986	10	461,97	True	2280	40,363	707,007	260,213	3542195		
28	185,424	156,908	10	461,97	True	2280	39,8738	712,695	289,715	1,97E+07		
29	182,895	150,085	10	461,97	True	2280	43,9445	719,909	212,142	6467681		
30	185,659	152,038	10	461,97	True	2280	40,0315	714,714	314,997	3493277		
	177,349	138,768				2213,43	42,6886				MEDIA	
	13,3201	27,1598				173,013	3,17287				DESVIO P.	ADRÃO

Experiência 8

1	111,0712	22,51179	10	392,5512	False	1299,647	35,44078	417,8401	23,53348	68292,32		
2	152,3833	71,93828	9	275,7708	False	1905,056	45,39458	604,5416	-4,07171	42332,75		
3	179,3353	105,7282	10	392,5512	True	2280	44,18562	703,1747	241,1504	1218143		
4	183,174	117,4762	10	392,5512	True	2280	40,25983	703,4993	342,221	2099947		
5	175,5272	119,352	9	275,7708	True	2280	45,35077	689,1055	201,5026	9594508		
6	178,5192	127,4822	10	392,5512	False	2209,116	44,79318	707,653	-33,6802	60002,62		
7	156,4237	109,5868	10	393,0402	False	1990,601	44,52557	614,4675	-85,5491	28374,29		
8	180,452	128,9665	9	376,7983	True	2280	46,02466	716,4899	149,3782	4884120		
9	176,6391	134,4367	9	376,7983	True	2280	41,92224	679,2466	233,9495	1173906		
10	182,915	130,7102	10	366,89	True	2280	40,55231	703,7363	316,9941	1,05E+07		
11	177,0408	140,8532	9	376,7983	True	2280	41,59967	679,6735	258,3679	7322667		
12	178,9168	148,2471	9	376,7983	True	2280	41,11725	686,6423	291,5725	340386,3		
13	184,1646	148,351	9	376,7983	True	2280	40,28265	708,5727	240,6072	1,18E+07		
14	183,3611	148,7356	9	376,7983	True	2280	40,44055	705,384	264,9574	8595906		
15	184,008	153,9891	9	376,7983	True	2280	39,9762	706,1627	346,9968	3518848		
16	183,722	155,1105	9	376,7983	True	2280	40,15869	705,7045	324,3294	6637752		
17	184,6708	150,9168	9	376,7983	True	2280	40,08899	710,0784	329,1623	2860103		
18	183,0329	155,2267	9	376,7983	True	2280	42,9071	715,8969	205,1264	1,23E+07		
19	181,9654	153,5083	9	376,7983	True	2280	41,25879	702,5984	269,1606	2176998		
20	182,4579	151,2527	9	376,7983	True	2280	40,63611	701,8854	309,2777	1630261		
21	173,7107	157,0371	9	376,7983	True	2280	56,69043	717,7342	48,7587	4070973		
22	178,8071	147,1202	9	376,7983	True	2280	43,94873	699,4904	255,6594	5300660		
23	179,7398	150,6787	9	376,7983	True	2280	43,65601	702,8499	247,6564	5941609		
24	179,3678	148,2089	9	376,7983	True	2280	41,17297	689,1786	279,2257	2944395		
25	183,5639	144,8315	9	376,7983	True	2280	40,19434	705,1031	350,1932	2627810		
26	180,21	141,8665	9	376,7983	True	2280	40,94849	692,251	282,9764	1,00E+07		
27	183,5659	143,693	9	376,7983	True	2280	40,44104	706,4105	299,0431	8434792		
28	182,2979	146,751	9	376,7983	False	2243,091	42,66211	714,3219	213,9659	419179,7		
29	182,1347	148,4663	9	382,9881	True	2280	43,56909	714,4334	247,6378	4289353		
30	178,9526	150,2882	9	376,7983	True	2280	43,90674	700,0321	192,8664	1,02E+07		
	176,7377	135,1107				2221,584	42,47018				MEDIA	
	14,37236	28,30406				193,8218	3,506072				DESVIO PA	DRÃO

Como as tabelas previamente apresentadas mostram, os parâmetros que apresentam media e desvio padrão, foram os mais considerados nesta análise.

Através destes mesmos resultados conseguimos chegar a bastantes conclusões, a primeira foi que devido a se tratar de uma estrada bastante irregular por muito que eficaz fosse o nosso método para melhorar os veículos acabariam sempre por existir falhas devido a irregularidade da estrada em si.

A alteração da probabilidade de mutação de experiencia para experiencia não causou um impacto nos resultados extremamente berrante, pensamos que isso possa ter a ver com o facto da probabilidade de acontecer uma mutação seja possua sempre valores muito baixos no entanto conseguimos perceber que veículos com uma maior percentagem de mutação possuem por exemplo massas mais diversas, e tem tendência a possuir desvios padrões mais elevados do que quando a probabilidade de mutação ser mais baixa isto deve-se ao facto provavelmente de a mutação ajudar a evitar problemas de convergência da mesma solução.

Observamos também que quanto maior o torneio, maior a média de fitness da população e menor o desvio padrão do fitness da população. Isso indica que um torneio maior seleciona indivíduos mais aptos de forma mais consistente, aumentando a qualidade média dos indivíduos enquanto reduz a variabilidade dentro da população.

Por outro lado, quanto maior o elitismo, mais constante será a massa e o número de rodas, pois mais cromossomas são passados de uma geração para outra. Isso acelera a convergência, uma vez que as características dos indivíduos mais aptos são preservadas e propagadas nas gerações subsequentes, reduzindo a diversidade genética. Este efeito, enquanto acelera a convergência para soluções otimizadas, pode também reduzir a capacidade de adaptação da população a mudanças imprevistas no ambiente.

Em resumo, a análise dos parâmetros demonstrou que a manipulação cuidadosa das probabilidades de mutação, tamanhos de torneio e tamanhos de elite pode

influenciar significativamente a evolução e adaptação dos veículos. A mutação promove a diversidade genética necessária para evitar a convergência prematura, enquanto o tamanho do torneio e o tamanho da elite controlam a pressão seletiva e a taxa de convergência. Esses insights são fundamentais para aprimorar ainda mais os métodos de otimização utilizados, especialmente em cenários com condições variáveis e desafiadoras como estradas irregulares.

Após termos analisado os resultados que minimizam ao máximo o tempo decorrido, vamos agora analisar os resultados obtidos através da segunda fórmula de fitness. Nesta análise, tivemos em maior consideração veículos que chegassem ao fim do percurso com o menor número de "bestSumForces" possível. Deste modo, focamos na eficácia em termos de conservação de energia.

Neste método também percebemos que o uso da mutação, dos tamanhos de torneio e dos tamanhos de elite iria afetar os resultados de forma muito idêntica a que afetou anteriormente no experimento anterior. Observamos, no entanto, uma discrepância na taxa de sucesso da conclusão da estrada em relação à outra função fitness usada, isto deve-se ao facto de se tentar conservar o máximo de energia possível, no entanto, devido ao piso ser irregular por vezes a conserva de energia não o permite acabar o percurso.

Apesar de tudo isto, verificamos que os valores da soma de forças são muito menores o que por consequente também se verifica na soma de acelerações, visto que se tentou ao máximo reduzir a energia gasta era expectável que estes valores fossem reduzir também em relação à outra formula de fitness.

Em suma, a segunda fórmula de fitness prioriza a conservação de energia e com isso apresenta vantagens claras na eficiência energética dos veículos. No entanto, essa abordagem pode comprometer a capacidade destes mesmos veículos de concluírem o percurso.

HillRoad:

Do mesmo modo que foram analisados os dados em relação à GapRoad, esta também irá ter em conta, como os melhores resultados, os que acabaram a estrada no menor tempo possível. Aqui estão os resultados obtidos:

Experiência 1

1	190,8736	50,5273	9	295,9074	False	4406,784	174,2316	865,8437	12,37881	126981,6		
2	189,1096	65,31745	8	260,7459	True	4450	183,0308	860,4528	191,6481	3982152		
3	191,8923	65,06926	9	295,9074	True	4450	182,8826	874,2975	168,2278	1906589		
4	190,1603	111,911	9	277,244	True	4450	193,8681	870,4635	9,64843	3545855		
5	189,3566	97,18753	9	277,244	True	4450	177,5833	859,0778	137,5591	6003627		
6	193,0119	133,4467	9	241,0174	True	4450	146,2583	858,5701	121,0611	3357769		
7	192,905	131,5964	9	270,3871	True	4450	168,0488	871,8433	165,6104	3626085		
8	191,4493	146,9607	9	277,244	True	4450	178,5625	870,022	138,4126	440735,9		
9	192,1361	161,0587	10	262,1048	True	4450	161,061	863,9782	166,2017	3619755		
10	191,5833	161,3001	9	277,244	True	4450	174,5125	868,6679	69,36882	6887862		
11	195,0433	154,3771	10	262,6045	True	4450	148,3799	870,2495	164,4997	4878571		
12	194,3576	161,0001	10	262,6045	True	4450	144,3538	863,8933	119,0927	4370801		
13	194,2223	165,3525	10	262,6045	True	4450	144,5784	863,3846	155,1786	3858002		
14	193,7031	166,7499	10	256,4011	True	4450	145,0708	861,1542	74,76842	5894546		
15	195,2152	156,7901	10	262,6045	True	4450	143,4265	867,4838	172,0687	7982570		
16	193,3389	160,7164	10	255,9014	False	4422,129	152,9753	865,5182	15,88786	82331,08		
17	194,6655	165,1426	10	255,9014	True	4450	144,8872	865,8303	101,9548	2991049		
18	194,8724	166,8858	10	255,9014	True	4450	144,563	866,6233	184,019	7074752		
19	192,7009	177,0063	10	255,9014	True	4450	145,9043	856,7565	172,4574	4972034		
20	194,163	161,8017	10	255,9014	True	4450	149,0347	866,3093	149,0513	6141878		
21	194,3595	163,2798	10	255,9014	True	4450	149,3799	867,5331	126,3263	2673345		
22	194,2153	168,6952	10	255,9014	True	4450	148,876	866,4593	103,3006	6841735		
23	194,7597	179,5765	10	255,9014	True	4450	144,8428	866,268	136,8912	3128340		
24	195,0798	171,8655	10	256,4011	True	4450	148,7119	870,6661	80,8092	4154465		
25	196,728	170,9592	10	255,9014	True	4450	128,7007	862,6227	135,237	6124822		
26	192,2638	167,8314	10	240,1364	True	4450	150,6304	857,9201	145,3057	1977458		
27	195,2444	180,5562	10	255,9014	True	4450	139,8311	864,8375	75,09043	4706482		
28	194,4592	171,9999	10	255,9014	True	4450	149,0684	867,8137	149,3049	2487358		
29	194,3259	167,5648	10	240,1364	True	4450	145,0161	864,2278	117,3654	5975101		
30	195,5282	168,3877	10	255,9014	True	4450	143,2856	868,9418	139,9394	5154184		
	194,1892	162,5407				148,794	148,794				MEDIA	
	1.894284	35,36195				9,240036	16,00612				DESVIO PA	DRAO

Experiência 2

	BestFitnes 191,4685		40	313,3647		4450	169,8116	005 000	115,1165	* ****		
	190,9472		10	313,3647		4450		860,7691		5143939		
	192,9071		10	313,3647		4450	158,933		126,5587	4697793		
4	189,8193		10	313,3647		4450	162,098			3089255		
	193,2081		10	312,1978		4450		870,6871		7838734		
6		132,5757	10	313,3647		4450	166,3365	857,6794		1603123		
7	193,5443		10	315,6294		4450	162,9675			7194783		
	194,2114	129,86	10	314,805		4450	153,4845	869,5811		4867705		
	194,6637		10	314,805		4450	149,6666			8423219		
10	195,0463		10			4450		870,1448		3176987		
11	191,7123	154,4713	10	313,3647	True	4450	147,1235	852,6981	207,5623	4496293		
12	192,1324	156,1499	10	309,1023	True	4450	159,6458	863,1021	106,901	1161891		
13	195,5976	164,5105	10	307,0507	True	4450	143,6221	869,5438	133,7085	5074359		
14	193,6969	161,0801	10	314,805	True	4450	145,342	861,3233	117,0579	1,28E+07		
15	190,9124	160,2504	10	313,7424	True	4450	156,3811	854,9655	29,85625	864016,8		
16	193,5348	174,4392	10	314,805	True	4450	140,1016	856,5048	65,72179	1206995		
17	193,6592	162,0085	10	312,2789	True	4450	154,083	867,2143	82,3434	2325900		
18	192,7464	158,4179	10	301,9502	True	4450	141,0996	853,349	141,4889	1969484		
19	192,4283	170,0661	10	303,235	True	4450	141,5896	852,1403	118,5784	445618,5		
20	192,2809	171,4483	10	318,7961	True	4450	164,1602	866,5276	94,16975	7290378		
21	194,0675	171,686	10	314,805	True	4450	140,0054	859,0918	117,9519	1222255		
22	194,8096	176,6823	10	303,7992	True	4450	144,1709	866,0165	161,7362	8488431		
23	193,2052	176,3368	10	314,805	True	4450	154,2163	865,0317	122,587	461270,7		
24	194,3286	159,5281	10	314,805	True	4450	144,46	863,8276	120,9775	1734657		
25	193,7901	160,0933	10	309,0601	True	4450	136,3291	854,7047	188,1539	1465534		
26	194,6644	158,1259	10	309,0601	True	4450	139,4277	861,6154	109,2917	2445811		
27	193,875	169,7841	10	309,0601	True	4450	140,582	858,5854	125,5503	2339339		
28	195,3253	176,423	10	309,0601	True	4450	134,3408	860,6899	125,2117	5219034		
29	195,9103	174,0453	10	309,0601	True	4450	133,9824	863,3051	140,6978	3580721		
30	195,2937		10	309,0601		4450		860.8148		3066604		
		159,8107				4450					MEDIA	
	1.605195					0	10,93973				DESVIO PA	DRAG

Experiência 3

Seneration	BestFitnes	AverageFit	BestNumb	BestCarM	BestRoad(BestDistar	BestEllaps	BestSumV	BestSumA	BestSumF	orces	
1	186,0651	76,97386	9	314,6843	True	4450	226,8771	861,6758	184,6021	5054577		
2	189,4146	131,1543	10	392,1232	True	4450	182,7916	861,8665	114,4846	2235932		
3	187,4033	142,5064	9	314,6843	True	4450	230,0252	869,3065	107,0218	5226047		
4	191,4569	151,1259	9	340,1823	True	4450	147,4754	851,6735	168,9541	2307485		
5	193,7961	159,5265	9	320,1187	True	4450	130,6278	849,7485	106,2749	1577626		
6	192,6423	154,0663	9	320,1187	True	4450	154,4661	862,3801	192,8677	221473,4		
7	194,6901	176,4498	9	320,1187	True	4450	130,4576	854,0632	299,7032	1294344		
8	196,1364	189,0288	9	320,1187	True	4450	133,9921	864,4439	33,17508	65520,72		
9	196,7975	182,1185	9	289,5668	True	4450	137,9231	871,0623	179,7345	448151,5		
10	196,4357	169,9585	9	289,5668	True	4450	138,3567	869,6074	166,5622	397623		
11	193,7457	175,5247	9	320,1187	True	4450	126,1152	845,2305	125,0126	2649344		
12	194,9104	178,3277	9	320,1187	True	4450	134,9094	859,104	150,1728	1226831		
13	196,8317	180,5132	9	320,1187	True	4450	133,584	867,5654	136,9393	2432141		
14	196,3671	168,5136	9	320,1187	True	4450	125,1707	857,4056	202,5297	104028,8		
15	195,1721	177,9055	9	320,1187	True	4450	126,0837	852,3314	153,3844	1196251		
16	191,7686	176,7755	9	320,1187	True	4450	132,5408	841,3322	155,3622	5016165		
17	196,0093	171,6049	9	320,1187	True	4450	137,9209	867,1196	193,0945	139981		
18	196,5501	180,1731	9	320,1187	True	4450	138,2432	870,0866	148,2844	4256260		
19	196,5543	180,985	9	320,1187	True	4450	128,717	861,7697	126,5626	580437,6		
20	196,4981	177,9038	9	320,1187	True	4450	137,8521	869,5071	54,8965	5412553		
21	193,9035	189,5266	9	320,1187	True	4450	135,6953	854,7384	202,8827	430016,5		
22	196,3403	177,3757	9	320,1187	True	4450	129,5146	861,445	208,0772	450005,8		
23	196,0541	181,7359	9	320,1187	True	4450	129,7891	860,2679	235,9155	3858075		
24	196,6911	171,1806	9	320,1187	True	4450	133,0635	866,4059	143,8201	228759,7		
25	198,387	194,6546	9	320,1187	True	4450	127,8193	870,0834	228,8984	1386438		
26	196,2868	185,6637	9	320,1187	True	4450	138,3262	868,8377	183,8812	8317683		
27	197,475	172,3218	9	320,1187	True	4450	128,3013	865,9808	179,8999	5040640		
28	197,1127	171,1426	9	320,1187	True	4450	133,4512	868,8543	200,5396	1336711		
29	196,6337	183,1634	9	320,1187	True	4450	133,3057	866,3315	216,7624	189029		
30	196,7466	181,2944	9	320,1187	True	4450	133,1147	866,7286	203,6625	1542163		
	196,2116	177,0756				4450	133,5176				MEDIA	
	2.970379	22,38539				0	25,88861				DESVIO PA	ADRA

Experiência 4

1	126,0309	49,54932	10	331,9982	False	2768,482	112,2709	543,8481	4,073042	44235,54		
		106,1496	10	331.9982	False		115,2232		4.83457	57516.3		
3	131,1378	100,6253	9	311,1058	False	2795,629	87,57233	543,9564	-43,22	21973,65		
4	137,7846	106,2552	10	331,9982	False	3092,059	133,517	607,868	-48,0572	196854,9		
5	162,0259	116,3371	9	293,6881	False	3604,756	112,9755	698,4535	18,59733	132230,3		
6	168,2997	106,9023	9	293,6881	False	3742,076	119,2465	731,6651	-14,5162	132225,2		
7	193,3636	112,69	9	293,6881	True	4450	159,1471	868,9524	-4,87416	5931115		
8	176,664	122,2204	9	279,4937	False	4017,407	151,6647	790,6095	-29,1481	134689,6		
9	192,9736	147,5006	9	279,4937	True	4450	168,0632	872,1946	63,18952	4941812		
10	191,7154	158,5683	9	279,4937	True	4450	165,8174	864,6482	128,7326	674877,6		
11	193,1443	166,2868	9	279,4937	True	4450	151,0121	862,5838	110,0057	374508,7		
12	189,7775	148,1021	9	303,6556	True	4450	157,676	850,1089	57,52367	1024935		
13	191,7658	154,8523	9	293,6881	True	4450	161,5315	862,4081	135,5184	5259315		
14	193,0717	155,8627	9	293,6881	True	4450	156,6184	865,913	144,2935	6237011		
15	191,9514	155,7147	9	303,6556	True	4450	169,1836	867,6971	184,0029	5348930		
16	193,8229	151,3997	9	303,6556	True	4450	162,7678	873,4261	136,3711	2135868		
17	193,746	163,7026	9	303,6556	True	4450	158,5234	870,4793	115,9528	3881939		
18	192,3716	166,0112	9	303,6556	True	4450	154,668	861,1583	140,8916	786046,8		
19	193,8668	159,749	9	303,6556	True	4450	148,5315	864,4739	163,4784	1548052		
20	192,4071	157,3096	9	303,6556	False	4403,77	149,6963	859,0724	-135,346	40321,87		
21	192,726	154,978	9	303,6556	True	4450	159,3923	865,9153	123,2332	648999,3		
22	194,4205	152,6588	9	303,6556	True	4450	148,7197	867,3754	51,78268	5057374		
23	193,0207	151,8222	9	303,6556	True	4450	154,0352	863,9904	80,75785	6548490		
24	194,9308	151,0323	9	303,6556	True	4450	140,0977	863,4813	64,5854	5188088		
25	192,9474	160,6767	9	303,6556	True	4450	168,1714	872,1234	118,1972	3583326		
26	192,4994	169,8463	9	303,6556	True	4450	150,4688	858,987	96,82578	3783661		
27	190,0153	160,1543	9	303,6556	True	4450	161,4561	853,6105	145,7789	2245484		
28	192,9886	158,7189	9	303,6556	True	4450	154,4004	864,0689	181,4067	4796084		
29	191,1403	158,8476	9	303,6556	True	4450	158,4565	857,4094	117,1797	7137925		
30	192,3318	154,2107	9	303,6556	True	4450	165,3423	867,4604	107,7035	6389428		
	192,3893	154,5315				4450	154,5342				MEDIA	
	21,98415	27,37981				562,6516	19,97762				DESVIO PA	DE

Experiência 5

	2,393413	24,21397				8,482944	18,08252				DESVIO PA	ADRA
	195,213	152,1524				4450	136,5553				MEDIA	
30	196,6871	171,0859	10	257,4566	True	4450	133,8506	867,0743	94,01817	6039511		
29	196,9424	163,2797	10	257,4566	True	4450	129,8945	864,8072	209,9691	8864246		
28	197,1678	170,6276	10	257,4566	True	4450	137,6504	872,6902	179,1483	5674492		
27	199,3822	177,1478	10	257,4566	True	4450	123,0728	870,3599	88,33829	8434048		
26	198,7654	159,9831	10	252,7677	True	4450	123,375	867,5861	218,9742	698601,9		
25	195,1263	173,7171	10	252,7677	True	4450	134,7974	860,0875	271,5342	882942,1		
24	197,5394	166,8966	10	257,4566	True	4450	133,3672	870,914	228,2511	434032,1		
23	197,3659	151,6039	10	257,4566	True	4450	137,498	873,5552	132,6837	3349304		
22	193,8347	164,619	10	257,4566	True	4450	137,3179	855,7503	160,6878	5692209		
21	198,1952	150,0809	10	252,7677	True	4450	127,9131	869,2136	222,3257	710540,9		
20	195,1348	152,7009	10	252,7677	True	4450	148,1494	870,5435	70,75894	4264408		
19	196,2784	161,5041	10	252,7677	True	4450	134,1143	865,2595	281,5395	4933467		
18	198,206	156,357	10	252,7677	True	4450	128,9822	870,2767	102,46	5288690		
17	196,8487	165,1694	10	252,7677	True	4450	128,9158	863,4283	266,6442	665747,9		
16	195,192	156,5364	10	252,7677	True	4450	135,7927	861,263	237,2163	2967865		
15	195,594	155,6852	10	252,7677	True	4450	134,7324	862,3704	202,6547	5049972		
14	195,2339	153,0677	10	252,7677	True	4450	134,739	860,5758	231,4597	1364514		
13	195,0002	145,0119	10	252,7677	True	4450	143,6125	866,5493	213,6347	2217808		
12	194,759	143,2004	10	252,7677	True	4450	140,8003	863,1774	192,1976	4285018		
11	194,7758	114,3389	10	252,7677	True	4450	131,7288	855,6434	229,5375	471991,4		
10	195,5246	129,0868	10	252,7677	True	4450	139,0742	865,6324	134,8933	2621093		
9	193,8666	127,2425	10	252,7677	False	4403,537	144,4751	862,6545	-18,3629	136381,5		
8	197,4237	130,3893	10	252,7677	True	4450	132,9866	870,0015	229,0424	3567841		
7	193,5689	144,1762	10	252,7677	True	4450	152,0538	865,4135	44,80928	3939801		
6	192,4141	141,597	10	252,7677	True	4450	164,8926	867,615	76,31158	3441077		
5	193,8165	122,585	10	252,7677	True	4450	154,397	868,2059	50,30679	3651291		
4	191,8614	118,7691	10	252,7677	True	4450	159,8742	861,8867	180,5546	2165438		
3	189,8652	113,519	8	240,5776	True	4450	194,8784	869,4046	183,4955	1069646		
2	190,7632	86,42262	8	411,4135	True	4450	188,6471	871,2546	132,1362	949533,7		
		83,47734		268,2413	ITUE	4450	1/8,/196	870,0961	95,77058	9441526		

Experiência 6

1	194,511	56,46271	9	175,6525	True	4450	144,3489	864,6565	136,8932	2903058		
2	192,892	97,04296	9	175,6525	True	4450	155,1021	864,0422	98,71445	1655667		
3	194,0456	144,0599	9	175,6525	True	4450	141,413	860,0895	-0,01589	3780547		
4	194,6633	167,3824	9	175,6525	True	4450	144,2339	865,3321	79,65424	6241235		
5	195,1096	173,618	9	175,6525	True	4450	143,7211	867,1783	97,62673	2380785		
6	196,5612	172,8047	9	160,0835	True	4450	128,6676	861,7576	77,62966	8397104		
7	196,1272	171,5399	9	162,0253	True	4450	138,2047	867,941	57,1814	3864810		
8	197,9645	184,3067	9	160,0835	True	4450	120,8538	860,9475	75,77789	6098115		
9	199,2329	188,4417	9	160,0835	True	4450	123,0819	869,6228	116,9055	2484580		
10	196,7963	186,2529	9	160,0835	True	4450	116,1831	849,926	122,4703	5585972		
11	198,3799	171,5032	9	160,0835	True	4450	123,0991	865,3755	74,11101	5316328		
12	200,1113	187,0025	9	160,0835	True	4450	117,5051	868,009	120,3336	2776066		
13	199,9986	179,6979	9	160,0835	True	4450	122,5386	872,8899	88,70942	3327873		
14	199,8116	186,2385	9	175,6525	True	4450	118,4182	867,5326	89,81162	7928269		
15	196,7924	183,0291	9	175,6525	True	4450	128,551	862,8038	108,1084	2259576		
16	197,0834	183,7704	9	160,0835	True	4450	116,877	852,157	88,51365	3099251		
17	198,3589	181,8969	9	160,0835	True	4450	111,9375	852,6544	52,25952	3426412		
18	197,8805	175,1506	8	151,2142	True	4450	119,6099	859,1874	97,39985	1098556		
19	197,1222	178,3176	9	160,0835	True	4450	120,3701	856,2186	101,1983	2396197		
20	197,3849	180,833	9	160,0835	True	4450	128,4272	865,6495	94,05021	4244985		
21	197,9115	178,1309	9	160,0835	True	4450	123,5706	863,5159	98,22855	4105886		
22	199,9869	184,0275	9	160,0835	True	4450	113,7524	863,0145	112,1582	4650837		
23	201,1212	181,1503	9	160,0835	True	4450	113,2954	868,1337	56,82041	6046197		
24	198,3548	171,1821	9	160,0835	True	4450	118,9736	860,8625	123,6302	2580158		
25	198,5693	179,299	9	160,0835	True	4450	122,8936	866,1107	55,56002	3325858		
26	198,1061	189,8274	9	160,0835	True	4450	123,2559	864,1672	110,7881	1071276		
27	199,8572	177,4696	9	160,0835	True	4450	122,2144	871,8461	127,1607	5802554		
28	202,8963	163,4507	9	160,0835	True	4450	103,2295	863,6042	74,00119	6981682		
29	198,8207	171,6981	9	160,0835	True	4450	123,0015	867,4791	46,46854	3581195		
30	198,856	191,8683	9	160,0835	True	4450	118,4644	862,806	117,2612	4160667		
	198,0353	178,8083				4450	122,7161				MEDIA	
	2.194517	27,84795				0	11,46892				DESVIO PA	DRAC

Experiência 7

Experiência 8

	3,545618	166,1903					160,3881 4,729465				MEDIA DESVIO P	_
30		166,4748	10	345,4287	True	4450		781,9923	39,15208	3175382		
29	177,0226		10	345,4287		4450	158,3481			3590233		
28			10	345,4287		4450		789,1354		4393362		
27		167,656	10	345,4287		4450	159,5566			4362169		
	178,9811		10	345,4287			162,0308	798,7819		3726134		
25		175,5455	10	345,4287		4450	160,5518			4005731		
	173,4146		10	345,4287			161,8579		37,269	3103633		
	179,0955		10	345,4287		4450	160,5664			3612102		
	176,1706	172,579	10	345,4287		4450	159,1577	782,994		2566279		
	176,8738		10	345,4287		4450	158,196		35,5368	3985979		
20			10	345,4287		4450		764,7535		1483084		
19	174,6271	169,5269	10	345,4287	True	4450	160,1514	775,8835	23,50122	2473962		
18	179,5101	165,8166	10	345,4287	True	4450	160,575	800,5553	22,56807	2279732		
17	175,062	167,9433	10	345,4287	True	4450	160,2244	778,1024	35,33362	3634470		
16	180,9419	165,9058	10	345,4287	True	4450	165,3848	810,5352	29,88169	8757976		
15	181,5263	169,7816	10	345,4287	True	4450	160,1851	810,4	39,18056	3162292		
14	175,484	156,3047	10	335,8376	True	4450	152,6582	775,3948	31,03951	44319,82		
13	186,6884	180,9127	10	345,4287	True	4450	159,5295	835,8114	31,03935	4531187		
12	176,7612	162,3939	10	335,8376	True	4450	157,687	785,0343	32,44682	3491574		
11	179,6491	170,6862	10	335,8376	True	4450	162,2134	802,2301	28,95115	8566675		
10	181,9073	157,7344	10	335,8376	True	4450	157,8248	810,8511	37,28236	2821666		
9	181,5451	164,2878	10	335,8376	True	4450	167,8857	814,9539	43,56439	7360261		
8	181,0771	159,6098	10	335,8376	True	4450	149,1842	800,9845	29,04177	1658288		
7	181,0091	144,6393	10	335,8376	True	4450	149,0619	800,5587	29,18089	5115894		
	181,6178		10	335,8376		4450		809,5763		6854277		
5	181,2946	162,2776	10	335,8376	True	4450	169,7469	814,7189	29,04404	3139816		
4	182,0821	134,804	10	335,8376	True	4450	163,7974	815,3233	46,40687	4489165		
3	183,8446	128,5966	10	335,8376	True	4450	166,5012	825,6799	51,80577	2595513		
2	181.606	106,5537	10	335.8376		4450	164,189	813,1699	21,79094	415375.3		
1	185.8645	65.51639	10	335,8376	True	4450	167,7665	836,4853	43.26395	4141623		

1	186,0637	68,1645	10	342,8439	True	4450	242,7073	866,1467	116,3984	4157216		
2	187,7725	105,6431	10	342,8439	True	4450	243,59	874,923	39,08942	1285974		
3	193,586	121,6027	9	326,2663	True	4450	149,7573	863,9281	194,2685	839110,8		
4	192,2467	117,081	9	313,8281	True	4450	159,3405	863,487	130,4467	2987107		
5	190,8804	119,7643	9	326,2663	True	4450	161,0933	857,7188	177,8406	85999,03		
6	193,538	140,386	9	326,2663	True	4450	153,9774	866,5386	171,7212	318551,6		
7	193,9325	129,0819	9	313,8281	True	4450	154,2755	868,7068	159,3976	1954862		
8	191,0182	117,65	9	313,8281	True	4450	151,2622	852,124	58,90867	878993,1		
9	193,8503	143,5953	9	303,5162	True	4450	144,6088	861,5472	214,4757	2646536		
10	192,527	129,5162	9	313,8281	False	4374,823	145,8446	857,6472	-5,60565	154489,6		
11	192,8513	123,3248	9	303,5162	True	4450	145,7445	857,3917	195,198	1941252		
12	191,1873	118,4896	9	313,8281	True	4450	156,1479	856,1911	111,3916	961566		
13	193,1254	120,3308	9	313,8281	True	4450	153,8513	864,3929	168,8489	3002907		
14	194,073	124,7011	9	313,8281	True	4450	162,667	874,6173	162,2007	596702,9		
15	192,8567	128,616	9	313,8281	True	4450	154,3772	863,3942	125,3809	1029551		
16	192,6572	131,8756	9	313,8281	True	4450	146,5999	857,0441	181,1495	2020956		
17	193,0217	131,5579	9	313,8281	True	4450	158,6328	866,9256	164,9654	574608,9		
18	193,5959	146,4233	9	313,8281	True	4450	158,3508	869,6218	164,2944	1451951		
19	191,8449	141,0009	9	313,8281	True	4450	156,2168	859,5233	241,1555	2032115		
20	189,5906	126,3226	9	313,8281	True	4450	157,5496	849,0954	185,4683	2528750		
21	194,4266	115,9904	9	313,8281	True	4450	139,7678	860,6983	138,7283	802927,5		
22	192,9567	144,0799	9	313,8281	False	4390,008	148,4521	861,2821	-27,1328	76250,02		
23	194,0812	126,0778	9	313,8281	True	4450	158,1304	871,9111	179,2149	1973382		
24	193,0676	138,0668	9	313,8281	True	4450	158,689	867,1901	160,6406	2372876		
25	194,3619	143,0326	9	313,8281	True	4450	149,4185	867,5722	164,477	4234178		
26	190,8963	126,9047	9	313,8281	True	4450	155,519	854,3332	121,89	2037083		
27	194,2596	125,8895	9	313,8281	True	4450	157,313	872,2916	130,9479	456614,8		
28	193,8766	118,2395	9	313,8281	True	4450	141,1924	859,0723	207,1077	1404708		
29	192,0259	126,9941	9	313,8281	True	4450	150,3706	856,5522	140,9791	2447114		
30	193,325	139,641	9	313,8281	True	4450	153,9873	865,4802	187,9475	550402,8		
	192,9892	126,6136				4450	154,3264				MEDIA	
	1.935371	14.88427				17,26228	23,60208				DESVIO PA	ADF

Observando os resultados obtidos, concluímos que, mesmo com uma estrada de alterações de elevação elevadas, os carros conseguiam chegar a meta com alguma facilidade. Embora apenas estejam apresentadas as tabelas relativas aos melhores tempos em relação a distância percorrida, os outros resultados obtidos eram semelhantes.

Relativamente aos resultados apresentados, concluímos que as alterações feitas entre experiências não causaram grande diferença em termos de tempo, mas sim em outros parâmetros como a aceleração, que nos casos com elitismo 2 demonstraram menor aceleração. Quanto ao fitness, as médias e desvios padrão são muito semelhantes em todos os experimentos, indiferentemente dos parâmetros de inicialização.

Deste modo concluímos que, relativamente à GapRoad, este percurso apresenta resultados mais constantes em diversos parâmetros. É importante realçar que, devido as irregularidades no percurso, este apresenta maior número de rodas, em média, relativamente ao anterior.

Posteriormente, fizemos a análise com a fórmula que minimiza a energia gasta pelo veículo e concluímos que não existem diferenças muito grandes entre os experimentos. No entanto, é possível verificar que esta fórmula tornou a média das velocidades, acelerações e forças muito menor. Para que estas forças fossem menores, é importante ter em conta que a taxa de sucesso de completar a pista diminui, assim como também aumentou o tempo decorrido, visto que este algoritmo não se preocupa se o veículo chega rápido ou não, apenas se preocupa se chega.

Também achamos importante realçar que, em relação à GapRoad, tal como no método usado anteriormente, esta estrada apresenta resultados mais constantes e também uma taxa de sucesso muito maior.

Concluímos, portanto, que por se tratar de uma estrada mais regular a taxa de sucesso é mais elevada à analisada anteriormente devido à maior regularidade do piso e

também conseguimos perceber que continua a existir um menor uso de forças o que torna o carro muito mais eficaz.

RockyHillRoad:

Ao analisar os dados de RockyHillRoad, observamos que, apesar das semelhanças com a Hill Road, a presença de rochas aleatórias no caminho introduz desafios adicionais. No entanto, esses desafios afetam os veículos apenas de forma moderada, permitindo que os resultados ainda sejam comparáveis aos de Hill Road.

Observando os resultados obtidos, notamos que os veículos conseguiram completar o percurso facilmente como é possível observar nos obtidos em Hill Road, demonstrando que a adaptação às rochas foi eficiente. A introdução de obstáculos aleatórios não causou grandes variações nos tempos de conclusão, mas influenciou outros parâmetros como a trajetória e a estabilidade dos veículos.

Relativamente à aceleração e ao fitness, as médias e desvios padrão continuaram a ser consistentes, similarmente aos resultados observados em Hill Road. Isso sugere que os veículos conseguem adaptar-se rapidamente a pequenas variações no percurso, mantendo um desempenho robusto.

Uma diferença notável foi o aumento do número de rodas nos veículos, similar ao observado relativamente GapRoad, devido às irregularidades adicionais introduzidas pelas rochas e elevações. Este aumento ajuda a manter a estabilidade e a tração em terrenos acidentados.

Em conclusão, embora RockyHillRoad apresente desafios adicionais em comparação com Hill Road, os resultados mostram que os veículos são capazes de manter um desempenho consistente.

Na análise dos resultados da fórmula que conserva energia, verificamos casos muito semelhantes aos que já tínhamos observado anteriormente na estrada HillRoad, a maioria dos experimentos registou reduções nos valores de velocidades, acelerações e forças.

É importante salientar que, nesta estrada, registamos muitos casos em que os veículos não conseguiram chegar ao fim do percurso. Acreditamos que isso se deve aos obstáculos proporcionados pelas rochas, o que dificultou a adaptação dos veículos e resultou numa substancial diminuição na taxa de sucesso.

Concluímos, portanto, que, tal como foi observado na HillRoad, houve uma redução no consumo de energia, mas isso também acarretou uma diminuição na taxa de sucesso da conclusão da estrada.

Conclusão

O presente relatório detalhou o desenvolvimento e análise de veículos motorizados virtuais capazes de se adaptar a diferentes ambientes, utilizando técnicas de inteligência artificial e algoritmos genéticos. Com base nos resultados obtidos, podemos concluir que a implementação das funcionalidades de crossover, mutação e seleção dos "parents" foi bem-sucedida, permitindo a evolução eficiente dos veículos.

Os dados analisados mostraram que, apesar das diferenças nos percursos como Hill Road, GapRoad e RockyHillRoad, os veículos conseguiram se adaptar e melhorar seu desempenho, evidenciando a eficácia das metodologias aplicadas.

A implementação de ambas as fórmulas fitness permitiu que, em todos os ambientes, os veículos se adaptassem com sucesso. Tanto para o objetivo de alcançar rapidamente o fim do percurso, quanto para o objetivo de maximizar a eficácia energética, os algoritmos foram capazes de encontrar soluções viáveis.