

7 APLICAÇÃO

Neste capítulo serão apresentados 2 exemplos de programação de trens. O primeiro refere-se ao trecho da ferrovia do aço, entre P1-07 e P2-14, e outro do trecho de São Paulo, entre IEF e FFL. Os dados foram cedidos pela MRS logística.

Exemplo 1:

Neste exemplo, é tratada a programação de trens no trecho da ferrovia do aço, entre as estações de P1-07 (FJC) e P2-14 (FEU). Os dados iniciais foram retirados da grade de trens (horários de partida e chegada previstos) e, são descritos abaixo:

Número de trens = 13 (10 trens descendo, +1, e 3 trens subindo, -1)

Número de estações = 23

Prioridades dos trens = 1

Na tabela 8 é dada a situação inicial do problema, sem a resolução dos conflitos, isto é, todos os trens andando nos seus horários sem prever a existência de cruzamentos entre trens. Todos os trens possuem um horário de partida e chegada. No horário de chegada não é contado o tempo perdido nos cruzamentos.

Os dados de entrada do programa (situação inicial), foram obtidos a partir da grade de trens. Nela constam: o número, o prefixo e o sentido dos trens, o horário de partida, com sua respectiva estação, conforme a tabela 8.

Os dados gerados no programa implementado por Leal (2003), são apresentados na tabela 12, que se encontra em anexo. É a solução dos conflitos entre trens. O programa gera os dados em um arquivo .dbf. Assim, existe a necessidade da conversão dos dados para que o *Excel* pudesse interpretá-los e gerar o gráfico. Isto ocorre automaticamente quando atualizamos os dados. As 4 primeiras colunas desta tabela servem para a criação do gráfico de solução e para a análise da solução. As 4 últimas colunas são os dados gerados pelo programa, que precisam ser transformadas para que o gráfico possa ser criado e, servem somente para alimentá-lo. A primeira coluna refere-se ao número do trem, a segunda coluna refere-se a estação que é apresentada no gráfico, a

terceira e sexta colunas, definem o sentido do trem, a quarta e a sétima colunas indicam o horário de partida de cada estação, a quinta coluna refere-se à estação utilizada, para gerar os resultados dos conflitos, e, a sexta coluna apresenta os horários de chegada. Para a análise da solução, deve-se concentrar apenas nas 4 primeiras colunas.

Trens		Sigla	FJC	FJO	FRL	FLC	FXA	FBU	FDE	FGT	FRN	FPZ	FGO	FAU
		Trechos	P107	P108	P109	P110	P111	P112	P113	P114	P201	P202	P203	P203A
1	NAG1260	(+1)	12:00	12:52	13:08	13:54	14:17	14:40	15:05	15:49	16:12	16:35	17:00	17:28
2	NFS8102	(+1)	13:30	14:22	14:38	15:24	15:47	16:10	16:35	17:19	17:42	18:05	18:30	18:58
3	NEG7160	(+1)	15:30	16:22	16:38	17:24	17:47	18:10	18:35	19:19	19:42	20:05	20:30	20:58
4	NFG0202	(+1)	16:30	17:22	17:38	18:24	18:47	19:10	19:35	20:19	20:42	21:05	21:30	21:58
5	NEG8102	(+1)	17:30	18:22	18:38	19:24	19:47	20:10	20:35	21:19	21:42	22:05	22:30	22:58
6	NFS8202	(+1)	20:30	21:22	21:38	22:24	22:47	23:10	23:35	0:19	0:42	1:05	1:30	1:58
7	NEV0102	(+1)	19:30	20:22	20:38	21:24	21:47	22:10	22:35	23:19	23:42	0:05	0:30	0:58
8	NFV0102	(+1)	23:30	0:22	0:38	1:24	1:47	2:10	2:35	3:19	3:42	4:05	4:30	4:58
9	NFY1102	(+1)	18:30	19:22	19:38	20:24	20:47	21:10	21:35	22:19	22:42	23:05	23:30	23:58
10	NVE0301	(-1)	2:25	3:17	3:33	4:19	4:42	5:05	5:30	6:14	6:37	7:00	7:25	7:53
11	NVE0103	(-1)	7:55	8:47	9:03	9:49	10:12	10:35	11:00	11:44	12:07	12:30	12:55	13:23
12	NYE0101	(-1)	10:25	11:17	11:33	12:19	12:42	13:05	13:30	14:14	14:37	15:00	15:25	15:53
13	KCPO	(+1)	13:00	13:52	14:08	14:54	15:17	15:40	16:05	16:49	17:12	17:35	18:00	18:28

Trens		Sigla	FFR	FIR	FOJ	FJT	FSH	FRP	FFU	FOA	FJQ	FPT	FEU
		Trechos	P204	P205	P206	P207	P208	P209	P210	P211	P212	P213	P214
1	NAG1260	(+1)	18:08	18:43	19:31	19:55	20:19	20:43	21:06	21:30	21:53	22:11	22:35
2	NFS8102	(+1)	19:38	20:13	21:01	21:25	21:49	22:13	22:36	23:00	23:23	23:41	0:05
3	NEG7160	(+1)	21:38	22:13	23:01	23:25	23:49	0:13	0:36	1:00	1:23	1:41	2:05
4	NFG0202	(+1)	22:38	23:13	0:01	0:25	0:49	1:13	1:36	2:00	2:23	2:41	3:05
5	NEG8102	(+1)	23:38	0:13	1:01	1:25	1:49	2:13	2:36	3:00	3:23	3:41	4:05
6	NFS8202	(+1)	2:38	3:13	4:01	4:25	4:49	5:13	5:36	6:00	6:23	6:41	7:05
7	NEV0102	(+1)	1:38	2:13	3:01	3:25	3:49	4:13	4:36	5:00	5:23	5:41	6:05
8	NFV0102	(+1)	5:38	6:13	7:01	7:25	7:49	8:13	8:36	9:00	9:23	9:41	10:05
9	NFY1102	(+1)	0:38	1:13	2:01	2:25	2:49	3:13	3:36	4:00	4:23	4:41	5:05
10	NVE0301	(-1)	8:33	9:08	9:56	10:20	10:44	11:08	11:31	11:55	12:18	12:36	13:00
11	NVE0103	(-1)	14:03	14:38	15:26	15:50	16:14	16:38	17:01	17:25	17:48	18:06	18:30
12	NYE0101	(-1)	16:33	17:08	17:56	18:20	18:44	19:08	19:31	19:55	20:18	20:36	21:00
13	KCPO	(+1)	19:08	19:43	20:31	20:55	21:19	21:43	22:06	22:30	22:53	23:11	23:35

Tabela 8: Situação inicial sem a solução dos conflitos.

A figura 31 representa o resultado (o mesmo da tabela 12) de uma forma gráfica.

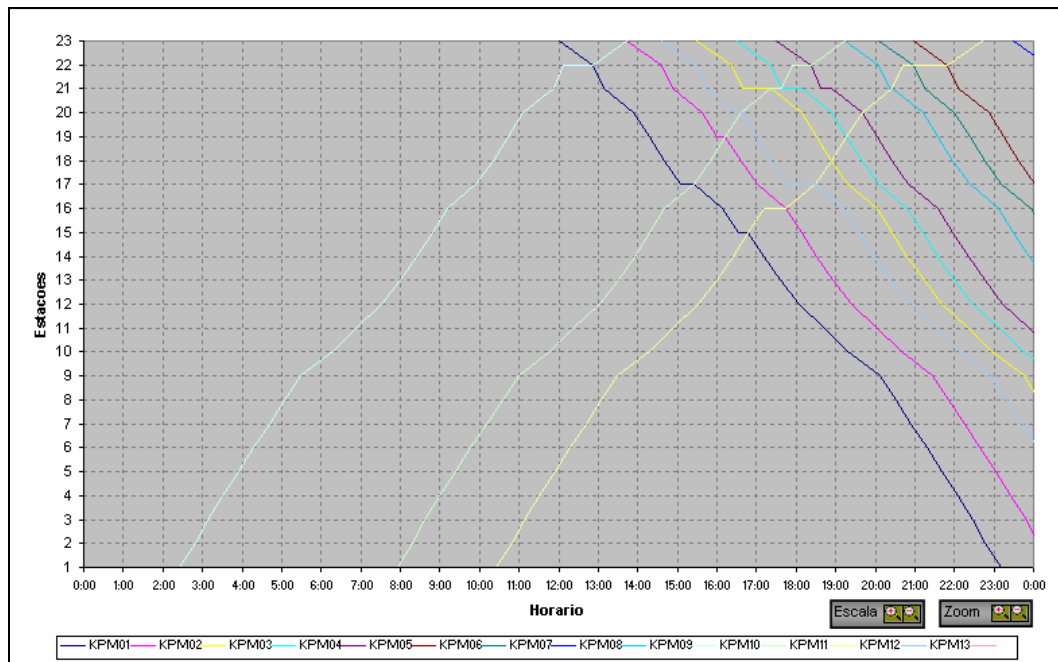


Figura 31: Solução gráfica dos conflitos

Será feita a análise da tabela 12 (em anexo) e da figura 31 para o trem 1. Os outros trens deverão ser analisados utilizando o mesmo procedimento.

Trem 1:

- O trem 1, que está descendo (+1), apresenta conflito na estação 22 com o trem 10, que está subindo (-1). Neste caso o trem 10 ficou parado na estação 22 de 12:08 até 12:52 para que o trem 1 pudesse seguir viagem, sem que necessite parar.
- O próximo conflito do trem 1, é com o trem 11, na estação 17. O trem 1 fica parado de 15:05 até 15:25, para que passe o trem 11.
- Na seqüência, tem-se o conflito do trem 1 com o trem 12, na estação 15. O trem 1 é parado novamente, para que o trem 12 siga viagem. Ele fica parado das 16:32 até 16:48.

Após a análise da situação inicial (sem a resolução dos conflitos), apresentada na tabela 8, comparada a solução gerada pelo programa, apresentada na tabela 12 (em anexo), chega-se às seguintes considerações:

Os atrasos dos trens são considerados como os tempos em que os trens ficam parados para realizar os cruzamentos.

1) *Comparação entre a situação inicial e a solução gerada no programa para os horários de partida de trens:*

- Os trens 1, 3, 4, 5, 8, 10, 11e 12 partiram no horário.
- O trem 2 atrasou na partida durante 14 min, pois ficou aguardando a chegada do trem 10 na estação 23.
- O próximo trem a partir é o trem 13, que estava previsto para sair às 13:00 da estação 23, sendo que o trem 2, estava previsto para 13:30, desta forma, o trem 13 foi atrasado 1:36 horas.
- O trem 9 atrasou, pois ficou aguardando a chegada do trem 11.
- Os trens 6 e 7 atrasaram na partida em 28 e 36 minutos, respectivamente.

Trem	Situação inicial	Solução	Atrasos
1	12:00	12:00	00:00
2	13:30	13:44	00:14
3	15:30	15:30	00:00
4	16:30	16:30	00:00
5	17:30	17:30	00:00
6	20:30	20:58	00:28
7	19:30	20:06	00:36
8	23:30	23:30	00:00
9	18:30	19:14	00:44
10	02:25	02:25	00:00
11	07:55	07:55	00:00
12	10:25	10:25	00:00
13	13:00	14:36	01:36

Tabela 9: Comparação da solução de horário de partida de trens.

2) *Comparação entre a situação inicial e a solução gerada no programa para os horários de chegada de trens:*

- A partir da tabela 10, pode ser observado que os atrasos não são muito grandes em relação aos horários previstos de chegada na situação inicial.

Trem	Situação inicial	Solução	Atrasos
1	22:35	22:47	00:12
2	00:05	00:31	00:26
3	02:05	02:49	00:44
4	03:05	03:37	00:32
5	04:05	04:25	00:20
6	07:05	07:33	00:28
7	06:05	06:41	00:36
8	10:05	10:05	00:00
9	05:05	05:53	00:48
10	13:00	13:44	00:44
11	18:30	19:14	00:44
12	21:00	22:42	01:42
13	23:35	01:59	02:24

Tabela 10: Comparação da solução de horários de chegada dos trens

- O único caso em que o atraso é muito grande é o do trem 13, devido ao fato de que foi descrito no terceiro item da situação 1.
- Outro trem com um atraso considerável foi o trem 12. Este ficou aguardando o trem 2 passar. Também ficou aguardando a partida dos trens 6 e 7.

Exemplo 2:

Neste exemplo é tratada a programação de trens do trecho de São Paulo, entre as estações de IEF e FFL. Os dados iniciais do problema foram retirados do gráfico de trens preenchido pelo despachador (horário de partida e chegada realizados) e, estão descritos a seguir:

Número de trens = 25 (13 trens descendo, +1, e 12 trens subindo, -1)

Número de estações = 25

Prioridades dos trens = 1

Na tabela 11 é dada a situação inicial. Nela constam: o número, o prefixo e o sentido dos trens, o horário de partida, com sua respectiva estação.

Trens		Estações Sentido	IEF	FPI	FST	FIP	FRE	FPA	FSJ	FEM	FEG	FCA	FTA	FPG	FCT
1	KPE0223	(+1)	0:15	0:30	0:55	1:30	1:55	2:35	3:05	3:40	3:55	4:25	4:55	5:25	5:40
2	KPE0125	(+1)	6:20	6:35	7:00	7:35	8:00	8:40	9:10	9:45	10:00	10:30	11:00	11:30	11:45
3	KPE0225	(+1)	8:30	8:45	9:10	9:45	10:10	10:50	11:20	11:55	12:10	12:40	13:10	13:40	13:55
4	NYE0223	(+1)	10:40	10:55	11:20	11:55	12:20	13:00	13:30	13:45	14:00	14:30	15:00	15:30	15:45
5	KPC0125	(+1)	16:05	16:20	16:45	18:50	19:15	19:55	20:25	21:00	21:15	21:45	22:15	22:45	23:00
6	KDO9223	(+1)	16:40	16:55	17:20	17:55	18:20	19:00	19:30	19:45	20:00	20:30	21:00	21:30	21:45
7	KDO9123	(+1)	17:30	17:45	18:10	18:45	19:10	19:50	20:20	20:35	20:50	21:20	21:50	22:20	22:35
8	NYE0125	(+1)	21:50	22:05	22:30	23:05	23:30	0:10	0:40	0:55	1:10	1:40	2:10	2:40	2:55
9	NPE0123	(+1)			1:00	1:35	2:00	2:40	3:10	3:25	3:40	4:10	4:40	5:10	5:25
10	KPE0123	(+1)						0:02	0:32	1:07	1:22	1:52	2:22	2:52	3:07
11	KDO9121	(+1)								0:20	0:35	1:05	1:35	2:05	2:20
12	NYE0123	(+1)													
13	QPS8126	(+1)			11:25	12:00	12:25	13:05	13:35	13:50	14:05	14:35	15:05	15:35	15:50
14	KOD9122	(-1)	1:20	1:05	0:40	0:05									
15	BPU0122	(-1)	0:15	0:00											
16	NFY0120	(-1)	2:22	2:07	1:42	1:07	0:42	0:02							
17	KPM0124	(-1)	3:05	2:50	2:25	1:50	1:25	0:45	0:15	0:00					
18	KOD9120	(-1)	3:20	3:05	2:40	2:05	1:40	1:00	0:30	0:15	0:00				
19	KCP0122	(-1)	2:50	2:35	2:10	1:35	1:10	0:30	0:00						
20	NEY0122	(-1)	5:50	5:35	5:10	4:35	4:10	3:30	3:00	2:45	2:30	2:00	1:30	1:00	0:45
21	KOD9220	(-1)	9:05	8:50	8:25	7:50	7:25	6:45	6:15	6:00	5:45	5:15	4:45	4:15	4:00
22	NEY0120	(-1)	9:45	9:30	9:05	8:30	8:05	7:25	6:55	6:40	6:25	5:55	5:25	4:55	4:40
23	KCP1122	(-1)	16:45	16:30	16:05	15:30	15:05	14:25	13:55	13:20	13:05	12:35	12:05	11:35	11:20
24	KOD9124	(-1)	19:25	19:10	18:45	18:10	17:45	17:05	16:35	16:20	16:05	15:35	15:05	14:35	14:20
25	NEP0124	(-1)	0:50	0:35	0:10	23:35	23:10	22:30	22:00	21:45	21:30	21:00	20:30	20:00	19:45

Trens		Estações Sentido	FRA	FAD	FEN	FLR	FCP	FCZ	FQV	FQU	FEP	FIA	FAN	FFL
1	KPE0223	(+1)	5:55	6:10	6:25	6:40	7:00	7:20	7:55	8:15	8:35	9:10	9:40	10:10
2	KPE0125	(+1)	12:00	12:15	12:30	12:45	13:05	13:25	14:00	14:20	14:40	15:15	15:45	16:15
3	KPE0225	(+1)	14:10	14:25	14:40	14:55	15:15	15:35	16:10	16:30	16:50	17:25	17:55	18:25
4	NYE0223	(+1)	16:00	16:15	16:30	16:45	17:05	17:25	18:00	18:20	18:40	19:15	19:45	20:15
5	KPC0125	(+1)	0:45	1:00	1:15	1:30	1:50	2:10	4:15	4:35	4:55	5:30	6:00	6:30
6	KDO9223	(+1)	22:00	22:15	22:30	22:45	23:05	23:25	0:00	0:20	0:40	1:15	1:45	2:15
7	KDO9123	(+1)	22:50	23:05	23:20	23:35	23:55	0:15	0:50	1:10	1:30	2:05	2:35	3:05
8	NYE0125	(+1)	3:10	3:25	3:40	3:55	4:15	4:35	5:10	5:30	5:50	6:25	6:55	7:25
9	NPE0123	(+1)	5:40	5:55	6:10	6:25	6:45	7:05	7:40	8:00	8:20	8:55	9:25	9:55
10	KPE0123	(+1)	3:22	3:37	3:52	4:07	4:27	4:47	5:22	5:42	6:02	6:37	7:07	7:37
11	KDO9121	(+1)	2:35	2:50	3:05	3:20	3:40	4:00	4:35	4:55	5:15	5:50	6:20	6:50
12	NYE0123	(+1)			1:05	1:20	1:40	2:00	2:35	2:55	3:15	3:50	4:20	4:50
13	QPS8126	(+1)	16:05	16:20	16:35	16:50	17:10	17:30	18:05	18:25	18:45	19:20	19:50	20:20
14	KOD9122	(-1)												
15	BPU0122	(-1)												
16	NFY0120	(-1)												
17	KPM0124	(-1)												
18	KOD9120	(-1)												
19	KCP0122	(-1)												
20	NEY0122	(-1)	0:30	0:15	0:00									
21	KOD9220	(-1)	3:45	3:30	3:15	3:00	2:40	2:20	1:45	1:25	1:05	0:30	0:00	
22	NEY0120	(-1)	4:25	4:10	3:55	3:40	3:20	3:00	2:25	2:05	1:45	1:10	0:40	
23	KCP1122	(-1)	9:35	9:20	9:05	8:50	8:30	8:10	6:05	5:45	5:25	4:50	4:20	3:50
24	KOD9124	(-1)	14:05	13:50	13:35	13:20	13:00	12:40	12:05	11:45	11:25	10:50	10:20	9:50
25	NEP0124	(-1)	19:30	19:15	19:00	18:45	18:25	18:05	17:30	17:10	16:50	16:15	15:45	15:15

Tabela 11: Situação inicial sem a solução dos conflitos.

Os dados gerados no programa implementado por Leal (2003), são apresentados na tabela 13, que se encontra em anexo. É a solução dos conflitos entre trens.

A figura 32 representa o resultado (o mesmo da tabela 13, em anexo) de uma forma gráfica.

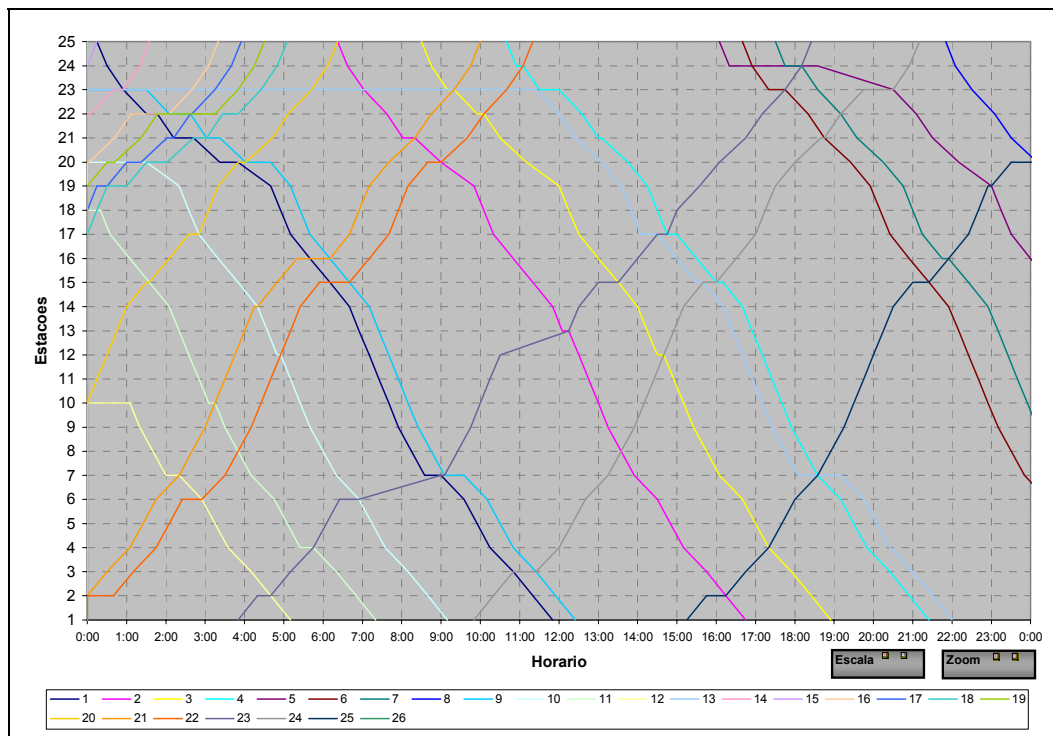


Figura 32: Solução gráfica dos conflitos

Após a análise da situação inicial (sem a resolução dos conflitos), apresentada na tabela 11, comparada a solução gerada pelo programa, apresentada na tabela 13 (em anexo), chega-se às seguintes considerações:

1) *Comparação entre a situação inicial e a solução gerada no programa para os horários de partida de trens:*

- Neste caso percebe-se que a maioria dos trens cumpriu seu horário de partida, com exceção dos trens 9 e 10.
- O trem 9 ficou aguardando a passagem do trem 1 e do trem 14, já que estes dois trens chegariam na estação antes do horário de partida do trem 9.
- O trem 10 ficou aguardando a passagem dos trens 17, 18 e 19, pois todos possuem o mesmo horário de partida, só que em

estações diferentes (17, 18 e 19) e passam seguidos na estação 20, que é a estação de partida do trem 10. Desta forma é melhor que apenas 1 trem (trem 10) fique aguardando.

Trem	Situação inicial	Solução	Atrasos
1	00:15	00:15	00:00
2	06:20	06:22	00:02
3	08:30	08:30	00:00
4	10:40	10:40	00:00
5	16:05	16:05	00:00
6	16:40	16:40	00:00
7	17:30	17:30	00:00
8	21:50	21:50	00:00
9	01:00	01:30	00:30
10	00:02	01:30	01:28
11	00:20	00:20	00:00
12	01:05	01:05	00:00
13	11:25	11:25	00:00
14	00:05	00:05	00:00
15	00:00	00:00	00:00
16	00:02	00:02	00:00
17	00:00	00:00	00:00
18	00:00	00:00	00:00
19	00:00	00:00	00:00
20	00:00	00:00	00:00
21	00:00	00:00	00:00
22	00:40	00:40	00:00
23	03:50	03:50	00:00
24	09:50	09:50	00:00
25	15:15	15:15	00:00

Figura 33: Comparação da solução de horário de partida de trens.

2) Comparação entre a situação inicial e a solução gerada no programa para os horários de chegada de trens:

- Neste caso, comparando com o exemplo 1, os atrasos foram maiores, devido ao grande número de trens no trecho. Como consequência, surgem mais conflitos entre os trens.
- Os maiores atrasos são do trem 5 e 9. Como já mencionou-se anteriormente, o trem 9 atrasou na partida, depois parou diversas vezes para dar preferência a outros trens. O trem 5 ficou aguardando os trens 6, 7 e 23 passarem.

Trem	Situação inicial	Solução	Atrasos
1	10:10	11:50	01:40
2	16:15	16:45	00:30
3	18:25	18:55	00:30
4	20:15	21:25	01:10
5	06:30	09:25	02:55
6	02:15	02:40	00:25
7	03:05	03:40	00:35
8	07:25	07:35	00:10
9	09:55	12:25	02:30
10	07:37	09:10	01:33
11	06:50	07:20	00:30
12	04:50	05:10	00:20
13	20:20	22:00	01:40
14	01:20	01:35	00:15
15	00:15	00:15	00:00
16	02:22	03:20	00:58
17	03:05	03:55	00:50
18	03:20	05:05	01:45
19	02:50	04:30	01:40
20	05:50	06:22	00:32
21	09:05	10:00	00:55
22	09:45	11:20	01:35
23	16:45	18:25	01:40
24	19:25	21:10	01:45
25	00:50	02:30	01:40

Figura 34: Comparação da solução de horários de chegada dos trens

Neste capítulo, verificou-se que o programa utilizado como base, traz uma solução para os conflitos. Quanto ao gráfico de trens gerado no computador, pode-se observar que é uma boa opção para auxiliar os despachadores e outros colaboradores, pois, a partir do momento em que não é mais necessária a execução do gráfico manualmente, a solução gráfica computacional pode ficar disponível a todos os colaboradores. Desta forma, os despachadores não serão mais importunados por outros colaboradores da empresa, podendo assim, ter mais tranquilidade na execução do planejamento do tráfego ferroviário.

No problema 1, tomou-se como base a grade de trens, sendo analisado o que foi planejado x o que foi apresentado como solução do programa. Observou-se que os atrasos não são muito grandes em relação aos horários previstos de chegada na situação inicial.

No problema 2, tomou-se como base o gráfico de trens preenchido pelos despachadores, sendo analisado o que foi realizado x o que foi apresentado como solução do programa. Observou-se, neste caso, que os atrasos foram maiores que no exemplo 1, devido ao grande número de trens no trecho. Como consequência, surgem mais conflitos entre os trens.

Após a análise dos problemas 1 e 2, afirma-se que as soluções iniciais encontradas para a os conflitos são aparentemente boas, mas ainda não são as melhores soluções.