



## **Ajuste de Parâmetro de Algoritmo Heurístico Aplicado ao Problema de Horários em Escolas**

Mamoru Massago (PIBIC/CNPq-UEM), Ademir Aparecido Constantino (Orientador), e-mail: ademir.uem@gmail.com.

Universidade Estadual de Maringá/Departamento de Informática.

**Ciências Exatas e da Terra, Ciência da Computação.**

**Palavras-chave:** Busca Tabu, PHE, Heurística.

### **Resumo:**

Neste trabalho foi abordado o Problema de Horários em Escolas (PHE). Esse problema consiste na alocação dos horários escolares (sala, alunos, professor), sendo que este problema tem desafiado os pesquisadores no desenvolvimento de técnicas mais eficientes para a sua resolução. Neste projeto foi investigado um algoritmo baseado em Busca Tabu, utilizando o operador "TQ", para tentar resolver o problema PHE. O algoritmo foi experimentado sobre uma base de dados com instâncias de teste para o problema, com diferentes parâmetros, e comparados com resultados de trabalhos anteriores.

### **Introdução**

O problema de horários em escolas (Schaerf, 1999; Post et al., 2008; Pillay, 2010) é um problema de otimização combinatória de difícil solução do ponto de vista da teoria da complexidade computacional. Em outras palavras, a resolução de casos reais deste problema envolve muitas restrições e não se conhece algoritmo de complexidade polinomial capaz de encontrar a solução ótima do problema. Como os algoritmos capazes de fornecer a solução ótima, para estes casos, possuem complexidade exponencial, sua aplicabilidade para resolver instâncias com dimensões consideráveis torna-se impraticável, devido ao alto custo computacional. Por esta razão, opta-se pelo uso de algoritmos heurísticos para tratar problemas reais. Tais métodos não garantem a solução ótima do problema, mas são capazes de fornecer boas soluções em tempo computacional aceitável.



Esses métodos heurísticos normalmente são baseados em vizinhança, onde se seleciona uma solução vizinha para substituir a atual. Dentre eles, os mais utilizados na literatura para o PHE são: Algoritmo Genético (AG), *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP), Busca Tabu (BT), *Interated Local Search* (ILS), *Variable Neighborhood Search* (VNS) e *Simulated Annealing* e outros híbridos, como: GRASP + Tabu (Costa, 2003), ILS + Torque (TQ) (Saviniec, 2013), *Algoritmo Memético + Reconexão* (Coelho; Souza, 2006). Segundo (Saviniec, 2013), um elemento essencial para o sucesso de um algoritmo heurístico baseado em vizinhanças é o uso de um operador de vizinhança eficiente.

Uma característica comum entre estes algoritmos é o uso da técnica de busca local baseada no conceito de vizinhança, que permite que estes algoritmos explorem de forma eficiente o espaço de soluções do problema. Vizinhança é um subconjunto de soluções do espaço de busca, gerado a partir de uma solução  $Z$  por uma função denominada operador de vizinhança ou estrutura de vizinhança.

## Materiais e métodos

O algoritmo BT-TQ foi implementado em C++, compilado com MinGW (versão do compilador GCC para Windows) e teve os experimentos realizados no *Windows Server 2008-R2*, rodando em uma máquina virtual KVM, configurada para ocupar 30GB de RAM e 50 núcleos de um servidor com 4 processadores *Intel Xeon E7-4860* (24MB de Cache – 2.26 GHz) com o sistema operacional *Linux CentOS 6*.

No experimento realizado, as instâncias reais (dados reais do artigo de Saviniec) foram utilizadas e cada uma das instâncias foi processada 10 vezes nas versões do algoritmo proposto. Em cada execução foram 1000 iterações de BT-TQ de modo que possa ser comparado com o ILS e, também, com 2000 iterações, para a verificação de uma possível melhora significativa da solução.

Foram criadas diferentes versões do algoritmo baseado em busca tabu a partir da variação de seus parâmetros, tais como:

**BT-TQ-1:** o tamanho da lista tabu foi definido em 50 e o movimento contrário foi considerado. Isto é,  $\langle d_i, h_i, d_j, h_j, k \rangle$  e  $\langle d_j, h_j, d_i, h_i, k \rangle$  são o mesmo movimento e são inseridos na lista.

**BT-TQ-2:** o tamanho da lista tabu foi definido em 50 e na verificação do melhor vizinho, é conferido se o movimento  $\langle d_i, h_i, d_j, h_j, k \rangle$  ou  $\langle d_j, h_j, d_i, h_i, k \rangle$  é tabu.



**BT-TQ-3:** o tamanho da lista tabu foi definido em 50 e na verificação do melhor vizinho, é conferido se  $\langle d2, h2, k, f_a \rangle$  pertencente ao movimento é igual a algum  $\langle d1, h1, k, f_a \rangle$  da lista tabu.

**BT-TQ-4:** o tamanho da lista tabu foi definido em 50 e na verificação do melhor vizinho, pega o primeiro melhor que a melhor solução encontrada.

**BT-TQ-5:** o tamanho da lista tabu foi definido em 50 e na verificação do melhor vizinho, pega o primeiro vizinho melhor que a solução corrente que não seja tabu.

## Resultados e Discussão

A Tabela 1, exibida a seguir, mostra os resultados obtidos pelos experimentos.

ID	Saviniec (2013)	BT-TQ-1	BT-TQ-2	BT-TQ-3	BT-TQ-4	BT-TQ-5	BT-TQ-1x2	BT-TQ-2x2
1	<b>290</b>	470	440	360	500	720	370	390
2	<b>300</b>	390	380	390	420	10960	340	350
3	<b>310</b>	400	400	420	420	1230	370	360
4	<b>270</b>	370	390	380	420	630	340	350
5	<b>280</b>	350	330	330	370	400	340	320
6	<b>320</b>	410	400	450	450	1040	390	390
7	<b>800</b>	950	1040	1160	21330	763790	840	930
8	<b>540</b>	610	660	7000	700	700	660	650
9	<b>420</b>	530	580	590	510	21110	<b>420</b>	520
10	<b>100</b>	150	150	150	150	160	140	140
11	<b>740</b>	900	880	820	990	92360	800	800
12	<b>820</b>	980	1210	1150	11020	202450	930	920
13	<b>180</b>	200	200	210	<b>180</b>	<b>180</b>	190	190
14	<b>510</b>	880	630	10660	10890	92065	660	600
15	<b>170</b>	200	220	220	240	210	210	200
16	<b>160</b>	220	220	220	240	250	220	190
17	<b>130</b>	180	180	210	190	210	180	180
18	<b>140</b>	180	170	170	190	170	180	180
19	<b>90</b>	120	110	110	120	130	120	120
20	<b>170</b>	210	190	210	230	220	200	190
21	<b>590</b>	740	790	790	880	332535	650	610
22	<b>450</b>	10420	10480	118400	20670	30630	10430	10430
23	<b>1310</b>	1750	1680	1630	123475	1.083e+006	1440	1420
24	<b>1390</b>	1880	2350	11840	474350	7.187e+006	1760	1860
25	<b>620</b>	720	680	790	840	16200	<b>580</b>	630
26	<b>220</b>	270	290	270	310	350	260	270
27	<b>210</b>	270	260	290	310	340	300	280
28	<b>590</b>	700	690	720	720	12030	680	650
29	<b>610</b>	710	710	720	740	2865	670	660
30	<b>720</b>	870	820	860	860	33190	790	820
31	<b>660</b>	780	810	780	810	293075	690	750
32	<b>500</b>	600	600	630	610	12210	560	570
33	<b>530</b>	630	620	640	680	1690	620	610
34	<b>500</b>	610	620	570	690	41965	610	580

**Tabela 1: Melhores soluções de BT para as instâncias reais.**

Os algoritmos de Busca Tabu não conseguiram obter resultados melhores que o ILS utilizado por Saviniec para nenhuma das 34 instâncias



testadas sob as mesmas condições, tendo apenas resultados no máximo iguais. A busca Tabu apresentou o pior resultado na instância 22 no *best improvement* e 24, no *first*, superando a Função objetiva do melhor resultado do ILS. Na maioria dos casos, a variação não foi tão significativa. Dos algoritmos testados, o BT-TQ-1x2, conseguindo uma solução melhor que o ILS na instancia 25.

## Conclusões

A partir dos dados obtidos nos experimento, podemos concluir que os diferentes tipos de parâmetros, tais como o critério Tabu e da escolha da vizinhança, afetam no resultado obtido. Além disso, o aumento no número de interações resulta em melhores soluções na maioria dos casos. As instâncias de entrada interferem nos resultados. Um parâmetro que foi bom em determinada instância pode ser ou não tão bom em outras, como em casos que o *first improvement* apresentou uma solução melhor que o de *best improvement* na instância 13, mas obteve resultados significativamente piores em casos como o 23 e 24.

A versão de busca Tabu desenvolvida e suas alterações de parâmetro apresenta resultado semelhante, porém com qualidade um pouco inferior ao ILS proposto por Saviniec (2013), ao ser executado com as mesmas condições. Porém, foi possível obter um resultado melhor em uma instância ao ser executado em uma quantidade maior de iterações.

## Agradecimentos

Agradeço a CNPQ e a Fundação Araucária pela bolsa PIBIC e ao Dr. Ademir Aparecido Constantino e Landir Saviniec por terem me orientado.

## Referências

- Coelho, A. M. e Souza, S. R.** Um algoritmo híbrido baseado em algoritmos meméticos e reconexão por caminhos para resolução do problema de horário escolar. *Anais do SPOLM 2006*, Rio de Janeiro, p.641 -647, 2006.
- Costa, F. P.** *Programação de Horários em escolas via GRASP e Busca Tabu*. Monografia de graduação em Engenharia de Produção, Ouro Preto, p. 13-17, 2003.
- Saviniec, L.,** *Operadores de Vizinhança eficientes para algoritmos de busca local aplicado ao problema de horário de escolas*. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, Universidade Estadual de Maringá, p. 1-90, 2013.