



SIMULATED ANNEALING COMBINADO COM MÉTODOS EXATOS PARA O PROBLEMA DE HORÁRIOS EM ESCOLAS

Pedro Henrique de Moraes (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: Simulated Annealing, PHE, operador Torque.

Resumo:

Neste trabalho foi abordado o Problema em Horários em Escolas (PHE) que consiste na construção de horário para os professores de escola atendendo a um conjunto de restrições operacionais. Este é um problema de otimização combinatória de difícil do ponto de vista computacional. Neste projeto foi desenvolvido um algoritmo baseado na meta-heurística *Simulated Annealing*, utilizando o operador Torque investigado por Saviniec, para tentar resolver o problema PHE. O algoritmo foi testado sobre uma base de dados com instâncias para o problema com diferentes parâmetros. Os resultados obtidos foram comparados com resultados de trabalhos anteriores.

Introdução

O problema de horários de escolas é um problema NP-difícil pelo ponto de vista da teoria da complexidade computacional, logo e não se conhece algoritmo de complexidade polinomial capaz de gerar uma solução ótima para o problema. Como os algoritmos capazes de fornecer soluções ótimas, para estes casos, possuem complexidade exponencial, com isso uma alternativa é o desenvolvimento de algoritmos heurísticos o problema. Tais métodos não oferecem uma solução ótima para o problema, mas podem oferecer boas soluções em um tempo computacional aceitável. Esses algoritmos que fazem uso da técnica de busca local utilizando o conceito de vizinhança onde permite o algoritmo explorar um espaço de





soluções do problema, e 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), *Iterated 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). Para o sucesso de um algoritmo deve-se usar um operador de vizinhança eficiente.

Neste trabalho foi investigado um operador de vizinhança denominado Torque (TQ) para o PHE, que é o melhoramento de um operador clássico, desenvolvido por (Saviniec, 2013) combinado com meta-heurística ILS onde apresentou resultados superiores quando comparados com outras técnicas da literatura.

Materiais e métodos

Foi proposto a utilização do método heurístico *Simulated Annealing* que dada uma alta temperatura, pode ser permitida alterações ruins pois está longe de um ótimo local, com isso a temperatura vai reduzindo através de uma função de redução, onde as possibilidades de reduções ruins vão se reduzindo quanto mais próximo de um ótimo global.

Algoritmo 1: Simulated Annealing proposto

```

1 SA-TQ (So, To, NIter) {
2   Sbest = So, S = So, T = To, iter = NIter;
3   enquanto (T>0) {
4     para (cont = 1 até iter) {
5       S' = seleciona uma solução vizinha de S;
6       S'' = Busca Local (S');
7       Δcusto = custo (S'') – custo (S);
8       se (Δcusto < 0 ou U[0,1] < exp (-Δcusto/T))
9         S = S'';
10      se (custo (S'') < custo (Sbest))
11        Sbest = S'';
12    }
13    T = R (T);
14  }

```

O algoritmo SA-TQ foi implementado em C++, compilado com MinGW (versão do compilador GCC para Windows) usando a IDE CodeBlocks, os testes foram feitos em um notebook Acer aspire 5734z, com um processador





Pentium® dual-core T4500, 2.30GHz, 4GB de RAM com Windows 7 Home Premium 32 bits.

No experimento realizado, as instâncias reais, retirados de (Saviniec, 2013) foram utilizadas, e cada uma das instâncias foram processadas 5 vezes nas versões do algoritmo proposto. Em cada execução foram efetuadas 250 iterações de SA-TQ, para que se possa ser comparado com ILS e Busca Tabu, também foi feito com 1000 iterações, para verificar se houve uma melhora significativa da solução.

Na tabela 1, são apresentados dois modelos do algoritmo, executados com 250 iterações e 1000 iterações respectivamente, sendo que ambos, as buscas locais foram utilizadas *first improvement* (primeiro vizinho) que provou ser melhor que o *best improvement* (melhor vizinho). Foi criado apenas uma versão do algoritmo sem variação de parâmetros, apenas a quantidade de iterações.

Resultados e Discussão

A tabela 1 a seguir, mostra os resultados SA-TQ-1 (250 iterações) e SA-TQ-2 (1000 iterações) obtidos pelos experimentos, onde os resultados foram comparados com o ILS utilizado por Saviniec e Busca Tabu utilizado por Mamoru.

Tabela 1: Melhores resultados obtidos em SA para instância reais.

Instância	ILS	Busca Tabu	SA-TQ-1	SA-TQ-2
1	290	470	310	320
2	300	390	290	320
3	310	400	380	370
4	270	370	320	370
5	280	350	330	320
6	320	410	420	400
7	800	950	620	630
8	540	610	300	300
9	420	530	360	380
10	100	150	130	130
11	740	900	560	570
12	820	980	520	520
13	180	200	70	70
14	510	880	420	400
15	170	200	100	90
16	160	220	190	180
17	130	180	160	160
18	140	180	170	160
19	90	120	110	110
20	170	210	190	180
21	590	740	720	650





22	450	10420	10540	10450
23	1310	1750	1330	1330
24	1390	1880	1540	1480
25	620	720	730	700
26	220	270	270	250
27	210	270	310	290
28	590	700	700	660
29	610	710	700	680
30	720	870	740	730
31	660	780	760	720
32	500	600	600	600
33	530	630	620	620
34	500	610	620	600

Conclusões

A partir dos dados coletados nos testes, podemos concluir que as mudanças de parâmetros, como a escolha da vizinhança, não afetam drasticamente os resultados. Notamos que o aumento do número de iterações acima de 300, resulta em soluções que se mantem na maioria dos casos constantes.

O algoritmo de *Simulated Annealing* desenvolvido apresenta resultados superiores a Busca Tabu proposta por Mamoru (2014), e resultados semelhantes ao ILS proposto por Saviniec (2013) sendo que em poucos casos houvesse resultados superiores, executado com as mesmas condições em ambos.

Agradecimentos

Agradeço a CNPq e a Fundação Araucária pela bolsa PIBIC, ao meu orientador Ademir, e principalmente ao Momoru por ter me orientado na criação do algoritmo.

Referências

MASSAGO, M. **Algoritmos heurísticos baseados em Busca Tabu para o problema de horários em escolas**. 2013. Relatório (Apresentação PIBIC/CNPq) – Universidade Estadual de Maringá.

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.

