



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DIVISÃO DE PESQUISA



**RELATÓRIO FINAL
PIBIC, BIC E PROVIC
(BOLSISTAS E VOLUNTÁRIOS)**

OBSERVAÇÃO: Digitalizar o relatório com as assinaturas e anexar o documento no sistema PIBIC *on-line* no campo relatório final até **30 de agosto de 2018**. **NÃO HÁ LIMITE DE PÁGINAS.**

INFORMAÇÕES SOBRE A BOLSA:

() PIBIC/CNPq	() BIC/CNPq
(X) PIBIC/FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA	() BIC/FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA
() PIBIC/UEPG	() BIC/PROVIC
() PIBIC/PROVIC	
() PROVIC	

Período de Acompanhamento: **01/08/2017 até 31/07/2018**

INFORMAÇÕES SOBRE O (A) ACADÊMICO (A) E O ORIENTADOR(A):

NOME DO (A) ACADÊMICO (A):	Wendel Luiz Sviatovski Aragão
E-MAIL:	aragaowendel@hotmail.com
Nº TELEFONE (CELULAR):	(42) 999082016
CURSO:	Engenharia de Computação
NOME DO ORIENTADOR (A):	José Carlos Ferreira da Rocha
E-MAIL:	jcf_rocha@yahoo.com.br
DEPARTAMENTO/SETOR:	Departamento de Informática / Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia
TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA / PESQUISA CONTINUADA VINCULADO AO ORIENTADOR:	Conhecimento a priori no treinamento de parâmetros numéricos de modelos probabilísticos gráficos imprecisos: uma abordagem usando meta-análise
TÍTULO DO SUBPROJETO:	Parâmetros de complexidade para o problema da satisfazibilidade probabilística.

MATERIAL E MÉTODOS

Seja $X=\{x_1, x_2 \dots, x_n\}$ um conjunto de variáveis proposicionais e $C = \{C_1, C_2 \dots, C_m\}$ um conjunto de cláusulas definidas sobre as variáveis de X . Em lógica probabilística, cada cláusula C_j em C é associada a uma medida de probabilidade π_j . Assim, uma base de conhecimento em lógica probabilística é uma tripla $L=(X,C,\Pi)$, com $\Pi = \{\pi_1 \dots, \pi_n\}$. Neste contexto, o problema da satisfazibilidade probabilística (SATP) diz respeito a verificar se existe uma distribuição de probabilidades conjunta $p(X)$ que satisfaça todas as atribuições de probabilidades da base de conhecimento L . Quando, todas as cláusulas tem o mesmo número de variáveis disse que o problema é um k-SATP.

Hooker (1991) mostra que é possível empregar métodos de programação linear para resolver problemas de satisfazibilidade probabilística. Nesta abordagem, as 2^n instâncias conjuntas das variáveis em X são associadas $t=2^n$ variáveis reais $p_1 \dots, p_t$ que simbolizam as probabilidades da distribuição conjunta. Desta forma, $i=1$ a t $p_i = 1$ e $p_i \geq 0$. Cada cláusula C_j dá origem a uma restrição linear da forma FÓRMULA.

Uma forma usual de resolver problemas de programação linear é empregar o método simplex e suas extensões (simplex revisado, método de geração de colunas). Clarkson (1988) desenvolveu um procedimento baseado em busca aleatória para otimização linear que tem se mostrado eficiente na solução de problemas complexos (muitas restrições). Este algoritmo seleciona aleatoriamente um conjunto inicial de restrições, que resolve o subproblema e verifica se a solução encontrada atende as demais restrições, senão processo é repetido.

Chazelle (1993), Argwal e Sen (2000) e Fukuda, Gartner e Szegedy (2018) estendem este procedimento de forma a evitar o emprego de uma estratégia aleatória na escolha das restrições que devem ser consideradas a cada iteração do algoritmo. Este trabalho explora um procedimento similar para solução de SATPs. No procedimento proposto, o SATP dá origem a um programa linear P , como proposto por Hooker (1992), e a um grafo não dirigido G em que os nós simbolizam as cláusulas em C e os arcos indicam que as cláusulas conectadas compartilham no mínimo duas variáveis. Os componentes biconexos de G são determinados utilizando um algoritmo baseado em busca em largura. Em seguida, os componentes são ordenados, em ordem decrescente, de acordo com o número de nós.

Seja $B_1 \dots, B_r$ a lista ordenada dos componentes biconexos de G . O procedimento então remove o componente da B_1 lista e resolve o problema linear derivado a partir da consideração das restrições em P que são associadas às cláusulas de B_1 . Se o problema é insatisfatível então o procedimento pára e informa que o resultado. Caso contrário, o procedimento seleciona o componente B_k da lista que mais compartilha variáveis com B_1 ; se nenhum componente atende esta condição, B_k é o maior componente da lista. Os componentes B_1 e B_k são unidos e procedimento resolver o SATP relativo às cláusulas contidas em $B_1 \cup B_k$. Este processo enquanto o resultado obtido indicar que o problema é satisfatível.

Este procedimento foi testado em um conjunto de 3-SATPs gerados aleatoriamente. A amostra de SATPs continha problemas com $n=15$ e m entre 50 e 150, variando de 5 em 5. Foram gerados 50 SATPs para cada valor de m . Os SATPs foram gerados utilizando um procedimento baseado em. As probabilidades

de cada cláusula foram gerados segundo uma distribuição uniforme. Os SATPs foram resolvidos com o algoritmo simplex revisado, como implementado pelo software Ipsolve e com o procedimento proposto. O tempo de computação gasto na solução dos problemas foi registrado ao longo dos testes. A média o desvio padrão do tempo de processamento foi calculado para cada valor de m . Os resultados obtidos foram submetidos ao teste T de Student a fim de verificar diferenças significativas no desempenho experimental das abordagens testadas.

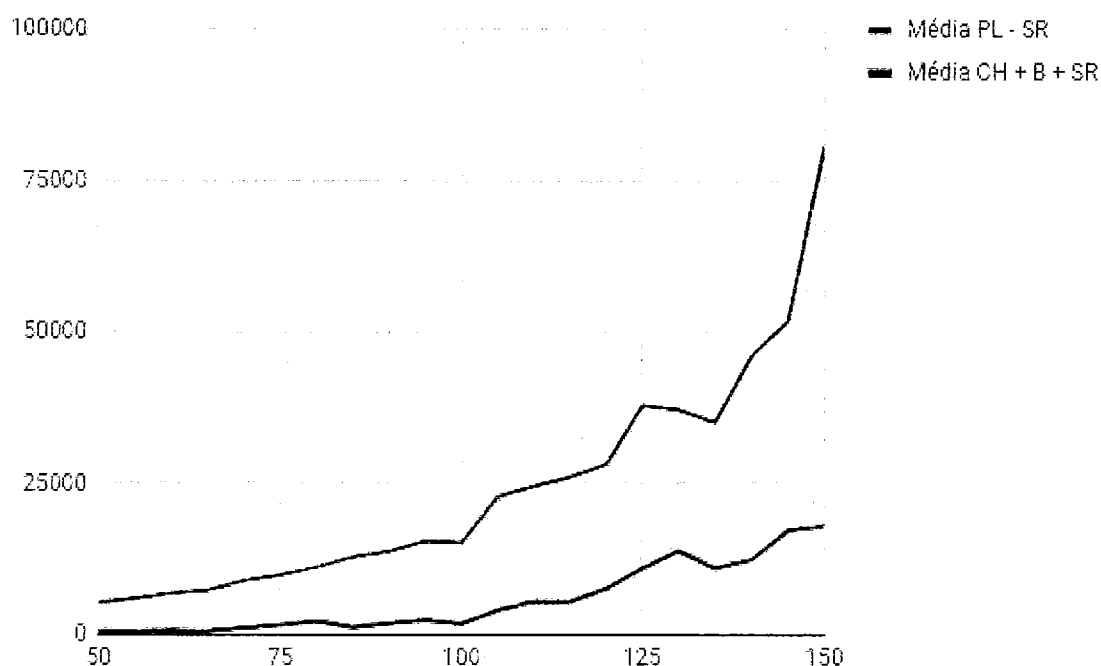
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos nos experimentos. Como pode ser observado, o procedimento combinado do algoritmo de Clarkson com a aplicação de uma heurística gulosa reduziu o tempo médio gasto na solução dos SATPs. O teste T pareado, aplicado sobre as 50 instâncias de cada teste rejeitaram a hipótese nula, com $\alpha = 0.05$. O Gráfico da Figura 1 mostra o desempenho médio de ambos os algoritmos para cada valor de m .

Tabela 1 – Resultados dos Experimentos

Nº de cláusulas	Simplex revisado tempo em milissegundos		Clarkson estendido tempo em millissegundos	
	Média	DP	Média	DP
50	5211,02	1854,626619	555,16	962,4972698
55	5986,04	1555,963262	521,62	832,7117709
60	6862,82	1998,151357	649,76	1191,12844
65	7296,3	3015,900564	515,88	1067,668003
70	8959,44	3746,557779	1129,42	1525,922459
75	9855,92	4701,988272	1563,86	1955,744527
80	11162,92	4794,739357	2228,62	2787,312332
85	12794,58	6030,442682	1185,5	2470,045511
90	13773,04	6959,47944	1863,42	3239,5325
95	15442,8	8732,648419	2399,04	3732,226008
100	15188,4	10652,76296	1775,42	3500,602835
105	22835,76	11298,87309	4002,06	5734,397687
110	24505,58	14474,35113	5492,4	7089,051818
115	26058,7	14248,06983	5413,46	7372,674953
120	28067,3	19335,83285	7560,94	9921,343697
125	37833,82	28283,41629	10919,56	15323,63918
130	37157,66	25528,90495	13796,34	20234,73153
135	35088,2	24962,78762	10950,32	15130,8023
140	46086,98	32709,49257	12351,58	21308,05305
145	51865,74	50874,9253	17273,54	21938,52937
150	80915,5	60683,43181	17932,94	29917,90589

Gráfico 1 - Comparação dos dois tempos.



CONCLUSÃO

Como o teste T demonstrou, a solução do SATP utilizando a implementação estendida do algoritmo de Clarkson reduziu efetivamente o tempo gasto na determinação da instatisfazibilidade. No futuro, pretende-se ampliar os testes considerando computação paralela, uma amostra maior de SATPs e outras heurísticas para ordenação dos componentes biconexos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à Fundação Araucária e à UEPG pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

CHAZELLE, Bernard. Cutting hyperplanes for divide-and-conquer. **Discrete & Computational Geometry**, p. 145–158, fev. 1993.

Fukuda, K., Gärtner, B. & Szedlák. Combinatorial redundancy detection. **M. Ann Oper Res**, p. 47–65, 2018

Hooker, J.N. Mathematical Programming Methods for Reasoning under Uncertainty. **Operations Research Proceedings 1991**, Berlin, p. 23-34, 1992.

LPSOLVE: Mixed Integer Linear Programming (MILP) solver. Version 4.1. [S.I.]: K. Eikland P. Notebeard, 1995. Disponível em: <<https://sourceforge.net/p/lpsolve/wiki/Home/>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

PANKAJ, K; AGARWAL; SANDEEP, Sen. Randomized algorithms for geometric optimization problems. **Handbook of Randomized Computation**, p. 151-201, 2001.

RUSSEL, S. NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Segunda Edição. Prentice-Hall, 2003. 1.152 p.

DIFICULDADES ENCONTRADAS/CRÍTICAS OU SUGESTÕES

Nenhuma.

PARECER DO ORIENTADOR QUANTO AO DESEMPENHO DO ACADÊMICO DURANTE A EXECUÇÃO DO SUBPROJETO PROPOSTO

O acadêmico desenvolveu as atividades solicitadas adequadamente.

PARECER DO ORIENTADOR QUANTO A ELABORAÇÃO DO PRESENTE RELATÓRIO DO ACADÊMICO

O relatório apresenta os resultados obtidos de forma consistente.

AVALIAÇÃO DO (A) ORIENTADOR (A) EM RELAÇÃO AO RELATÓRIO:

(X) Revisado e Aprovado

() Não aprovado

() Não Revisado

DATA E ASSINATURAS:

Data	Ass. Bolsista/Voluntário (a)	Ass. Orientador (a)
31 / 08 / 2018	Wendell Luiz D. Aragão	João Carlos de F. Silva