

# Satisfabilidade de Fórmulas Proposicionais

Ewelly Fabiane, Acadêmica de Ciência da Computação, UFRR e Miller Raycell, Acadêmico de Ciência da Computação, UFRR

**Resumo**—Satisfabilidade é um dos problemas mais famosos da Ciência da Computação, o seu estudo trouxe o início do estudo de uma nova classe de problemas, os NP-Completo, problemas que não tinham solução em tempo polinomial, muito já foi abordado sobre esse tema e já se foi desenvolvido ferramentas para se maximizar a obtenção de uma solução, uma bastante conhecida é a ferramenta Z3, que atualmente é utilizada pela Microsoft, que será abordada nesse trabalho.

**Abstract**—Satisfiability is one of the most famous problems in Computer Science, its study brought the beginning of the study of a new class of problems, the NP-Complete, problems that doesn't have a solution in polynomial time, much has already been addressed on this topic and already, various types of tools were developed to maximize the achievement of a solution, a well-known tool is the Z3, which is currently used by Microsoft, which will be covered in this article.

## I. INTRODUÇÃO

O PROBLEMA DA SATISFABILIDADE É DADO PELA ANÁLISE DE UMA FÓRMULA PROPOSICIONAL NEM FNC (FORMA CONJUNTIVA NORMAL), OU SEJA, UM CONJUNTO DE CLAUSULAS CONJUNTIVAS, NAS QUAIS CADA CLÁUSULA É UMA DISJUNÇÃO DE CLAUSULAS, EXEMPLIFICANDO,  $(P \vee Q) \wedge (P \vee \neg Q)$ , O PROBLEMA BUSCA ANALISAR UMA FÓRMULA  $\psi$  TAL QUE HAJA UMA COMBINAÇÃO DAS SUAS VARIÁVEIS EM QUE  $\psi$  SEJA VERDADEIRA

## II. SAT

O problema da satisfabilidade foi descoberto nos anos 70, por dois pesquisadores, em 1971 por Stephen Cook e em 1973 por Leonid Levin, a satisfabilidade se tornou a base dos problemas NP-Completo, ou seja, os problemas que no seu pior caso não haviam solução polinomial exata, contudo existem outras formas de se comprovar as soluções desses problemas, são utilizadas heurísticas, métodos de simplificação de problemas, e uma das formas de se comprovar que o problema é realmente NP-Completo é utilizando outro problema NP-Completo, como por exemplo, pode se aplicar o problema 3-SAT, ou seja, o problema da satisfabilidade com 3 variáveis pode ser descrito através do problema do Clique, que também é NP-Completo, e como se pode generalizar 3-SAT para k-SAT.

## III. TEORIAS DO MÓDULO DA SATISFATIBILIDADE

As teorias do módulo de satisfatibilidade (SMT) são reconhecidamente um dos primeiros problemas identificado como pertencente à classe de complexidade NP-completo, é um problema de decisão para fórmulas lógicas com relação a combinações de teorias de fundo expressas na lógica clássica

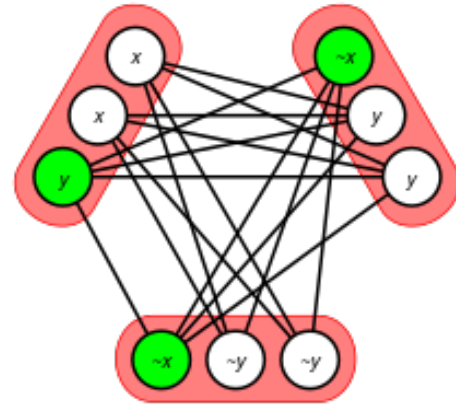


Figura 1. 3-SAT usando o Clique

de primeira ordem com igualdade. Em outras palavras, o SMT é o problema de determinar se tal fórmula é satisfatória. Solucionadores SMT permitem aplicativos como verificação estática estendida, abstração de predicado, geração de casos de teste e verificação de modelo limitado em domínios infinitos.

## IV. SOLUCIONADOR SMT Z3

O Z3 é um solucionador das teorias do módulo da satisfatibilidade que é estado da arte desenvolvido e mantido pela Microsoft Research (Redmond). O mesmo é voltado para a solução de problemas que surgem na verificação e análise de software, pois integra vários procedimentos de decisão, aritmética, vetores de bit de tamanho fixo, funções não interpretadas, arrays extensionais e quantificadores.

## V. TESTES COM O Z3

Para o trabalho foi disponibilizada uma base com 100 fórmulas proposicionais na forma DIMACS, que é um tipo de representação de fórmulas proposicionais em FNC, através do Z3, as fórmulas propostas tinham até 47 variáveis e executaram em menos de 1 milissegundo, provando que se pode ter uma solução boa para o problema, o resultado dos testes pode se encontrar em [https://github.com/millerraycell/Ewelly-Miller\\_finalProject\\_AA\\_RR\\_2020.git](https://github.com/millerraycell/Ewelly-Miller_finalProject_AA_RR_2020.git)

## REFERÊNCIAS

- [1] Leonardo De Moura and Nikolaj Bjørner. 2008. Z3: an efficient SMT solver. In Proceedings of the Theory and practice of software, 14th international conference on Tools and algorithms for the construction and analysis of systems (TACAS'08/ETAPS'08). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 337–340.
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Satisfiability>
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/2-satisfiability>
- [4] <https://github.com/Z3Prover/z3>