

1 Introdução

1.1 Descrição do Problema

A área de prova automática de teoremas, ou dedução automática, lida com o desenvolvimento de programas de computador com o objetivo de mostrar que uma determinada sentença (uma conjectura) é uma consequência lógica de um conjunto de sentenças (axiomas e hipóteses). Tais provas se baseiam em uma determinada linguagem lógica (ou simplesmente lógica), na qual a conjectura, os axiomas e as hipóteses são escritos.

Provadores de teoremas estão se tornando cada vez mais populares na formalização e resolução de problemas em diversas áreas. São fundamentais na Matemática moderna permitindo ao matemático lidar com certos tipos de provas que, por seu tamanho ou complexidade, seriam muito difíceis de construir à mão. Provadores são usados para verificar a segurança de protocolos de comunicação em redes, quando simulações e testes exaustivos são inviáveis. São usados na construção de hardware de computadores, onde são empregados na verificação da correção do micro código de processadores. A Engenharia de Software pode utilizar provadores de teoremas na geração de programas corretos a partir de especificações formalmente descritas em alguma linguagem lógica, ou para validar se programas escritos manualmente estão em conformidade com suas especificações.

Veremos nos próximos capítulos que o processo de provar teoremas, de forma totalmente automática, através de programas de computador nem sempre é possível. E mesmo nos casos onde uma prova pode ser encontrada por computador, o processo de obtenção da mesma envolve, normalmente, a escolha de diferentes caminhos de raciocínio, em um longo ciclo de tentativa e erro. Nesses casos a interação do especialista humano com o provador pode melhorar consideravelmente os resultados obtidos. O especialista interage com a máquina, utilizando-a como uma ferramenta de apoio ao seu próprio processo de raciocínio, definindo estratégias e guiando o software na tomada de decisões. Por esse motivo, a maneira como o usuário se comunica com o provador se

torna extremamente importante. Mas, apesar da capacidade dos motores de prova ter aumentado drasticamente nos últimos anos, essa evolução só começou a se refletir no estudo e desenvolvimento de interfaces para estes provadores recentemente.

As interfaces para interação homem-máquina evoluíram consideravelmente ao longo dos anos. Software e hardware sofreram inúmeras transformações e possibilitaram sistemas interativos sofisticados, baseados em elementos gráficos, permitindo ao usuário do recurso computacional uma comunicação mais intuitiva e amigável. Entretanto, interfaces para provadores de teoremas demoraram a acompanhar esta tendência. Sistemas clássicos de prova assistida por computador ainda se baseiam em interfaces textuais de linha de comando e, mesmo os ambientes mais modernos, gráficos, assemelham-se muito a ambientes de programação dificultando seu uso por usuários finais, não técnicos. Para que o uso de máquinas de prova possa despontar em novas áreas de aplicação, saindo da fronteira dos usuários tecnológicos e tornando-se parte do dia a dia de outros tipos de usuário, como matemáticos e lógicos, o investimento em interfaces adequadas precisa aumentar. Podemos perceber que este movimento já está ocorrendo, verificando o aumento na disponibilidade de conteúdo científico sobre o assunto e no surgimento de novas e inovadoras ferramentas.

Nesse sentido, vemos a web como um ambiente promissor para o desenvolvimento de novas soluções de apoio à prova formal de teoremas. A web se tornou parte do dia a dia das pessoas, transformando-se uma ferramenta indispensável para a resolução de problemas profissionais e cotidianos. Pagamento de contas, compra de produtos, troca de mensagens, previsão do tempo, situação do trânsito, contato social, são apenas alguns, entre muitos outros exemplos, de como aplicativos na web podem ajudar na vida das pessoas. A forma de interação da web, baseada em *hyperlinks* se tornou conhecida para um grande e variado público de usuários, conectados através da rede mundial de computadores. Além desta forma de interação amplamente conhecida, a web vem sendo tornando um padrão para aplicações colaborativas, uma característica fundamental do processo de construção de provas formais. Por estes motivos, atualmente, começamos a observar o surgimento das primeiras iniciativas de uso da web para apoio também à construção de provas formais.

1.2

Objetivo desta Dissertação

Diante do cenário descrito acima, esta dissertação de mestrado se propõe a estudar os problemas e desafios da área de interfaces para provadores de

teoremas. Nossa abordagem é explorar as características e recursos propostos na literatura para tais ferramentas, com o objetivo de conceber e construir um ambiente gráfico e interativo, baseado na web, para visualização e manipulação de provas formais, de maneira semi-automática, isto é, permitindo que usuários interajam com o ambiente tomando decisões sobre como as provas devem ser conduzidas. Esperamos que este ambiente sirva de base para a concepção de uma infraestrutura que possa ser usada para promover o uso de provadores interativos de teoremas na web.

Para que isso seja possível é necessário revisar a literatura científica disponível buscando identificar as características fundamentais para interfaces de provadores, bem como as soluções de arquitetura e design mais adequadas para o ambiente que estamos propondo. Também será necessário estudar as técnicas de visualização e manipulação de provas formais e explorar quais tecnologias disponíveis para o desenvolvimento web podem suportá-las apropriadamente.

Desejamos entender as diferentes formas de pensar sobre a interação entre usuário e ambiente de prova, explorando como esta interação ocorre nas interfaces existentes atualmente. Com isso, pretendemos encontrar uma forma de tornar nosso ambiente mais prático e amigável para usuários não especialistas.

Inicialmente, utilizaremos para o desenvolvimento de nosso protótipo inicial, o provador Hemera, desenvolvido pelo Laboratório TecMF do Departamento de Informática da PUC-Rio, mas esperamos que o ambiente proposto possa ser evoluído posteriormente para suportar diferentes máquinas de prova.

1.3

Organização desta Dissertação

No próximo capítulo, iniciamos a revisão de literatura, explorando os conceitos fundamentais sobre prova formal de teoremas. Definimos a terminologia que será usada ao longo de todo o texto e fazemos uma breve introdução à teoria da prova e aos sistemas de cálculo dedutivo, conduzindo o leitor, gradativamente, ao conceito de prova automática de teoremas, isto é, à construção automática de provas por intermédio de computador.

No Capítulo 3, introduzimos os conceitos gerais envolvendo provadores de teoremas automatizados. Também apresentamos um resumo da evolução histórica deste tipo de software, bem como analisamos o estado atual das ferramentas disponíveis.

Concluimos a revisão de literatura no Capítulo 4, apresentando a evolução e estado da arte das interfaces para provadores de teoremas. Exploramos as principais características encontradas nas soluções existentes atu-

almente e os paradigmas fundamentais que servem como metáforas no design e concepção de interfaces para provadores.

A partir dos conceitos e trabalhos apresentados nos capítulos anteriores, apresentamos, no Capítulo 5, a solução proposta nesta pesquisa para um ambiente interativo para provadores de teoremas na web. A arquitetura da solução proposta é discutida, são apresentados seus principais componentes, as tecnologias efetivamente empregadas são analisadas e o funcionamento da aplicação final desenvolvida é explorado.

No último capítulo, concluímos a pesquisa como um todo. Destacamos as principais contribuições realizadas e tentamos confrontá-las com os objetivos inicialmente estabelecidos aqui, nesta introdução. Os pontos ainda em aberto e uma relação de possíveis trabalhos futuros são apresentados.