

Avaliação da Experiência de Uso do JFLAP como recurso pedagógico no ensino de Linguagens Formais

Leonardo Gonçalves da Silva¹, Bruna de Abreu Dias^{1,2},
Alice Fonseca Finger¹, Williamson Silva^{1,2}

¹ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Av. Tiarajú, 810, Ibirapuitã – Alegrete, RS – Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Software (PPGES - UNIPAMPA)
Av. Tiarajú, 810, Ibirapuitã – Alegrete, RS – Brasil

{leonardogs3.aluno, brunadiaz.aluno}@unipampa.edu.br

alicefinger@unipampa.edu.br, williamson.silva@gmail.com

Abstract. *Adopting educational software can facilitate learning, helping students understand the content taught. However, such tools are often not evaluated, which can result in a bad user experience. In this work, 26 students performed the UX evaluation of the JFLAP tool applied to the teaching of Formal Languages. The System Usability Scale questionnaire was used to collect qualitative data, and a Focus Group was used to collect quantitative data. The results showed that JFLAP scored below what would be considered good usability software, highlighting that it is not an intuitive tool, which causes discomfort in its use by students.*

Resumo. *A adoção de softwares educacionais pode facilitar o aprendizado, auxiliando os discentes a compreender os conteúdos ensinados. Contudo, muitas vezes, tais ferramentas não são avaliadas, podendo resultar em uma má experiência para os usuários. Neste trabalho, 26 discentes realizaram a avaliação de UX da ferramenta JFLAP aplicada ao ensino de Linguagens Formais. Para isso, utilizou-se o questionário System Usability Scale para a coleta de dados qualitativos e Grupo Focal para coletar dados quantitativos. Os resultados obtidos demonstraram que o JFLAP ficou com o score abaixo do que seria considerado um software de boa usabilidade, destacando não ser uma ferramenta intuitiva, o que causa desconforto no uso pelos discentes.*

1. Introdução

As constantes evoluções tecnológicas pelas quais passamos estão cada vez mais presentes em diferentes contextos. Na Educação não é diferente e, atualmente, diversos softwares surgem com o intuito de auxiliar o ensino e aprendizagem em sala de aula. Souto e Silva (2017) apresentam estudos que demonstram como a utilização da Informática na Educação potencializa o processo de ensino e aprendizagem e, um dos exemplos são os softwares educacionais. Segundo Monteiro *et al.* (2015), as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) oportunizam diferentes formas de apresentar conceitos e conteúdos trabalhados nas diversas áreas do conhecimento. A estratégia de adotar softwares educacionais para auxílio em sala de aula tem ganhado força como uma maneira de contornar a dificuldade no entendimento dos conteúdos considerados difíceis

pelos discentes. Aliado a isso, tem-se uma geração imersa em tecnologia e com uma facilidade em aprender e usar diversas ferramentas tecnológicas. Assim, é essencial que o ensino evolua, se adaptando às novas gerações e possibilitando novas maneiras de aprender [Maia and Machado 2021].

Cursos da área de Computação adotam ferramentas para o ensino de conteúdos práticos, porém, os conteúdos teóricos e formais também devem propor maneiras diferentes de abordagem para seu entendimento. Na disciplina de Linguagens Formais (LF), que tem como objetivo compreender os conceitos formais de reconhecedores e geradores de linguagens, são conhecidos softwares que auxiliam docentes no ensino e discentes na aprendizagem. Um deles é o JFLAP, um software de código aberto criado em Java, disponível para Linux, Windows e MAC, que permite aos usuários criar Autômatos Finitos, Máquina de Turing, Máquinas de Pilha, Gramáticas, entre outros. A existência desses softwares facilita o aprendizado, porém muitas vezes há dificuldade no primeiro contato, pois há necessidade em se adaptar com a interface, localizar funcionalidades e compreender como utilizá-las, já que muitas vezes há pouco material com tutoriais ou ainda por alguns softwares não serem intuitivos. Uma das formas de identificar estes problemas é por meio de avaliações de Experiência de Uso (do inglês, *User Experience* - UX).

De acordo com a ISO 9241-210 [ISO9241-210 2011], UX pode ser definida como sendo “as percepções e respostas dos usuários resultantes do uso e/ou antecipação do uso de um produto, sistema ou serviço.” Uma avaliação do ponto de vista dos discentes neste tipo de plataforma é viável para se ter um *feedback*, assim podendo apontar as dificuldades no início do uso e pontos a melhorar, no intuito de que a experiência de uso seja satisfatória e possibilitando melhorar a produtividade.

Neste sentido foi conduzida uma avaliação de UX, aplicada ao software JFLAP, que atualmente é utilizado pelos discentes do curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) na disciplina de LF. Atualmente existem diversos métodos para realizar avaliações UX, a adotada neste estudo foi o questionário *System Usability Scale* (SUS), visando coletar dados quantitativos, combinado com uma sessão de Grupo Focal (GF), para coleta de dados qualitativos. Os resultados do estudo mostraram que mesmo o JFLAP auxiliando na realização das atividades e os discentes tendo preferência pelo uso do software, ainda há pontos da usabilidade que deixam a desejar, seja pelos recursos estando mal dispostos, ou pela própria interface não ser tão intuitiva.

2. Ferramentas de Apoio ao Ensino de Linguagens Formais

Os conteúdos abordados em LF exigem que o discente lembre de conceitos matemáticos e, juntamente com o alto nível de abstração exigido, contribuem para que o aprendizado seja muitas vezes dificultado. Porém, isso pode ser minimizado com o surgimento de softwares educativos, os quais são uma alternativa para ensinar o conteúdo e tornar a disciplina mais atrativa. Na Tabela 1 estão resumidas as funcionalidades de exemplos de softwares que auxiliam no ensino e aprendizado de LF.

LFApp¹ é um aplicativo desenvolvido para *smartphones* e *tablets* com sistema operacional Android. Apoiando soluções livres e utilizando apenas bibliotecas nativas do Android, o software é classificado como livre e seu código é atualmente disponibilizado

¹Disponível em: <https://github.com/rterrabh/lfapp>

Tabela 1. Softwares para Linguagens Formais e suas funcionalidades

Funcionalidade	LFApp	Authomatarium	JFLAP
Autômatos Finitos	✓	✓	✓
Gramática	✓		✓
Expressões Regulares			✓
Autômatos com Pilha	✓		✓
Máquina de Turing	✓		✓
Máquina de Turing Multi-Fitas	✓		✓
Lema do Bombeamento			✓
Conversão de Autômatos	✓		✓
Minimização de Autômatos	✓		✓

em um repositório público no GitHub. É possível realizar o download gratuitamente na loja da Google Play Store em sua versão 1.11 [Neto and Terra 2016]. O software conta com funcionalidades de criação de Gramáticas, inserindo uma gramática de entrada é possível realizar diversas operações, tais como, remoção de produções vazias, remoção de símbolos não alcançáveis entre outros. Já para Autômatos Finitos (AF), é possível realizar a minimização, conversão, e visualizar o passo a passo da execução desses autômatos até o estado final. Também conta com recursos de Máquina de Turing, seja multi-trilhas, multi-fitas ou enumeradora, da mesma forma podendo criar e realizar o processamento de palavras. Sua interface pode ser visualizada na Figura 1.

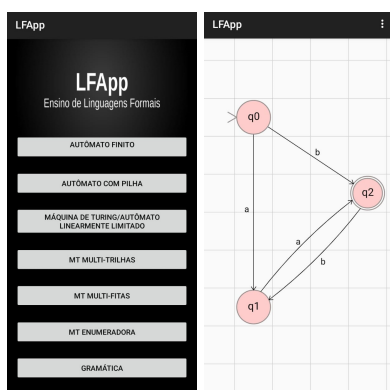


Figura 1. Interface LFApp

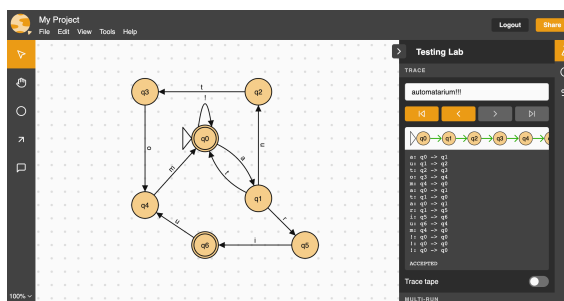


Figura 2. Interface Authomatarium

Authomatarium² é um software web desenvolvido em React e NodeJS, de código aberto disponível no Github³. Surgiu com o objetivo de criar uma versão moderna do JFLAP, com uma interface intuitiva e recursos de usabilidade aprimorados, proporcionando aos usuários uma experiência melhor durante o uso. Atualmente, o software encontra-se em desenvolvimento, incluindo a funcionalidade de criação, execução e passo a passo de AF. A Figura 2 apresenta a interface do software juntamente com o exemplo de um AF.

JFLAP⁴ (Java Formal Languages and Automata Package) é um software mantido pela comunidade de computação da universidade de Duke, nos Estados Unidos. Atual-

²Disponível em: <https://automatarium.tdib.xyz/editor>

³Disponível em: <https://github.com/automatarium/automatarium>

⁴Disponível em: <https://www.jflap.org>

mente é uma dos softwares mais completos em quesitos de funcionalidades, sendo elas AF, Expressões Regulares, Máquina de Turing, Gramática, Transformações de AF ou para ER e minimização de Autômato Finito Determinístico [Rodger and Finley 2006]. Em sua completude, JFLAP permite a construção de autômatos a partir de gramáticas informadas pelos usuários, em que para esses autômatos é possível realizar a validação da entrada de sentenças demonstrando a execução do autômato em tempo real. A interface do programa, bem como um exemplo de AF, podem ser visualizados na Figura 3.

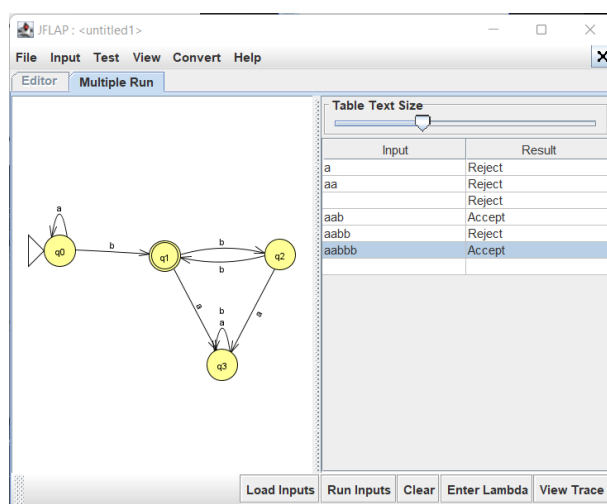


Figura 3. Interface JFLAP

É perceptível que cada software tem suas características e maneira de dispor suas funcionalidades, além de ser executado em uma plataforma diferente. Na Tabela 1, apresenta-se uma comparação entre os softwares descritos acima. Todos possuem recursos de representação gráfica dos Autômatos, podendo validar inserções e retornando o passo a passo da execução. Nota-se a gama de funcionalidades que os demais softwares têm se comparados com o Authomatarium, isso ocorre em função de o software ainda estar em desenvolvimento. Já o LFApp e o JFLAP possuem tanto recursos gráficos quanto textuais, destacando que no JFLAP há a possibilidade de informar a gramática de forma estrutural para criação de Autômatos, além de possuir todas as funcionalidades necessárias para o estudo de LF.

3. Trabalhos Relacionados

Com intuito de buscar trabalhos relacionados que apresentem avaliação ou uso de softwares no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Linguagens Formais, realizou-se uma busca *ad hoc* no Google Scholar. Para esquematizar a busca foram utilizados os termos “*avaliação*” e “*softwares linguagens formais*”. Dentre os trabalhos encontrados, não houve nenhuma avaliação de usabilidade dos softwares citados acima, portanto, foram selecionados aqueles que realizaram avaliações de UX ou usabilidade em outros softwares, que auxiliam no ensino de linguagens formais e teoria dos autômatos.

Gallardo *et al.* (2016) realizaram uma avaliação do SELFA-Pro, um software para o ensino de Teoria dos Autômatos e Linguagens Formais que já vem sendo utilizado na disciplina desde o início do curso de Engenharia da Computação. O estudo teve como objetivo analisar em um ambiente real a usabilidade do software com 20 discentes do

curso, com a finalidade de elencar os pontos positivos e negativos do software, assim podendo propor melhorias e ajustes. Os discentes realizaram um exercício manualmente e utilizando o SELFA-PRO. Após a tarefa, os discentes deveriam responder um questionário separado por oito blocos, nos três primeiros, as respostas eram dadas por uma escala Likert, nos demais o objetivo era ordenar as funcionalidades do software por importância percebida. Os resultados obtidos mostraram que o SELFA-Pro cumpre com o que propõe e que os discentes preferem utilizá-lo para realizar exercícios. Além disso, foi enfatizado que o elemento mais valorizado do software era demonstrar Autômatos graficamente.

Falcão *et al.* (2018) relataram sobre a avaliação de usabilidade do software de Simulador de Autômatos desenvolvido na Universidade de Uberaba (UNIUBE). A avaliação ocorreu com discentes e docentes do curso de Sistemas de Informação, em que primeiro foram validados os conhecimentos prévios dos participantes voluntários, com o objetivo de determinar se estavam aptos a resolver as questões que seriam apresentadas na avaliação. A avaliação foi realizada em sala de aula e, após contato dos participantes com o software, foi solicitado que eles respondessem quatro questões. Em seguida, foi entregue um questionário composto por 18 questões baseadas na ISO/IEC 9126-1 [Standard 2001] referente a qualidade de software. Como resultado, foi comprovado que o simulador possui boa usabilidade, sendo destaque a facilidade de uso e o *design* intuitivo.

Rodger *et al.* (2009) conduziram um estudo com 14 universidades, durante dois anos, com o intuito de avaliar a aceitação e usabilidade do JFLAP. No primeiro ano, foi realizada uma pesquisa com participantes por meio de um questionário de usabilidade. O uso do JFLAP ocorreu principalmente em atividades que seriam feitas em casa e sua avaliação e aceitação foram ambas positivas. Os discentes informaram que consideravam que o JFLAP auxiliou no aprendizado e a obter uma nota melhor, além disso, os pesquisadores notaram que os discentes estavam mais confiantes em seus conhecimentos. A percepção dos docentes foi coletada por meio de um GP, onde foi destacado que era perceptível que o JFLAP era melhor para resolver exercícios mais simples e informaram que o utilizaram de maneira gráfica, ou seja, criando os autômatos para demonstração em sala de aula. No segundo ano, foi alterado o questionário de acordo com o *feedback* dos docentes, os resultados também foram positivos, referentes à facilidade do uso do software em suas funcionalidades. Além disso, foi relatado que o uso do JFLAP aumentou o engajamento de todos no curso tornando-o mais agradável.

Singh *et al.* (2019) desenvolveram um software mobile nomeado de Automata Simulator. Os docentes incentivaram os discentes a utilizarem a software Automata durante as aulas e a utilizarem o JFLAP após as aulas, durante seus estudos. A partir da realização de exames e um *survey*, os pesquisadores notaram que os discentes que utilizaram ambos os softwares obtiveram uma performance melhor no exame do que os discentes que utilizaram somente o JFLAP. Além disso, os discentes comentaram sobre a facilidade em utilizar somente o JFLAP do que utilizar a combinação dos dois softwares. Alguns discentes também relataram que ao utilizarem o JFLAP e o Automata, o curso se tornou mais interativo, interessante e proporcionou uma experiência melhor de aprendizado, entretanto, houve reclamações sobre a qualidade dos diagramas exibidos pelo Automata.

A partir dos trabalhos relatados, nota-se a importância de utilizar os softwares dentro do ensino de LF e realizar avaliações de UX. Mesmo um software utilizado há

muitos anos, como o JFLAP, ainda podem ser observados problemas de usabilidade, visto que não há um estudo recente direcionado a avaliação deste software e, principalmente, melhorias a partir dos resultados. Em trabalhos mais atuais, o JFLAP é utilizado apenas como referência ou comparação para avaliações de demais softwares.

4. Metodologia

O estudo foi realizado de maneira presencial em 20 de junho de 2022 e contou com a participação de 26 discentes do curso de Engenharia de Software da <omitida>Os discentes convidados estavam cursando a disciplina de Linguagens Formais, utilizando o JFLAP como software de apoio para ensino e aprendizagem de grande parte dos conteúdos da disciplina. Primeiramente, foi entregue aos participantes um termo de consentimento para a utilização dos dados fornecidos por eles para fins de pesquisa. Além disso, os estudantes responderam a um questionário de caracterização. Este questionário foi utilizado para se obter um panorama geral do perfil dos participantes: qual semestre estavam matriculados e quais os conhecimentos prévios sobre avaliação em UX. A metodologia pode ser dividida em três fases.

Na **Fase 1**, foi solicitado aos discentes que realizassem as atividades já desenvolvidas em sala de aula utilizando o software JFLAP para criação de autômatos finitos, gramáticas e expressões regulares.

Na **Fase 2**, foi realizada a avaliação de usabilidade com o método *System Usability Scale* (SUS). Desenvolvido por Brooke [Brooke et al. 1996], o SUS é composto por dez questões que estão listadas na Tabela 2, a resposta é dada a partir de uma escala Likert de 1 a 5, sendo: 1 - Discordo Fortemente, 2 - Discordo Parcialmente, 3 - Neutro, 4 - Concordo Parcialmente e 5 - Concordo Fortemente. O *score* do SUS é feito a partir de cálculos que permitem ter uma visão geral do grau de usabilidade do sistema avaliado. Para obter o *score* é realizado o cálculo de cada um dos dez itens, em que, nas questões ímpares (1, 3, 5, 7, 9), a nota recebida pelo usuário na escala Likert é subtraída de 1 (nota do usuário - 1). Já para os itens pares (2, 4, 6, 8, 10), o cálculo é 5 menos a nota recebida pelo usuário (5 - nota do usuário). O resultado final é dado pela soma dessas questões após o cálculo e pela multiplicação por 2,5 [Brooke et al. 1996]. Ainda, foi acrescentada uma área onde os participantes podiam dissertar sobre sua opinião referente ao JFLAP.

Na **Fase 3**, foi conduzido um Grupo Focal (GF) com o intuito de coletar as percepções e opiniões dos discentes relacionadas ao software JFLAP. O Grupo Focal, do inglês *Focus Group* é utilizado para coletar dados qualitativos por meio de uma roda de conversa ou entrevista com um grupo de pessoas, sempre havendo uma pessoa guiando a entrevista [Kontio et al. 2004]. Na sessão do GF, os participantes podem responder questões que são direcionadas pelo entrevistador, da mesma forma os demais participantes podem ir complementando as respostas um dos outros, enriquecendo os dados recebidos.

5. Resultados e Discussões

5.1. Visão Geral dos Discentes

O estudo obteve a participação de 26 discentes de graduação do curso de Engenharia de Software. Observando o perfil dos estudantes, a partir da resposta do questionário, notou-se que 22 estudantes se identificaram no gênero masculino e quatro no gênero feminino; seis estudantes trabalham na indústria de software, enquanto 20 afirmaram que

Tabela 2. Questões Escala SUS.

1	Eu acho que eu gostaria de utilizar este sistema frequentemente.
2	Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.
3	Eu achei o sistema fácil de usar.
4	Eu acho que eu precisaria da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para eu conseguir utilizar o sistema.
5	Eu acho que as várias funcionalidades do sistema estão bem integradas.
6	Eu achei que tinha muita inconsistência no sistema.
7	Eu acho que a maioria das pessoas iriam aprender facilmente a utilizar esse sistema.
8	Eu achei o sistema muito incômodo de usar.
9	Eu me senti muito confiante em utilizar o sistema.
10	Eu precisei aprender muito antes de utilizar esse sistema.

não trabalham ainda. Com relação aos conhecimentos prévios, 25 discentes relataram ter participado de pelo menos uma ou mais avaliações de usabilidade em sala de aula e um informou que nunca participou.

5.2. Avaliação Quantitativa

Como informado anteriormente, a análise quantitativa foi realizada com base na escala SUS, a qual foi escolhida por se tratar de uma metodologia rápida e eficaz para realizar a avaliação de diferentes tipos e complexidades de sistemas.

De acordo com Sauro (2011), para que o sistema avaliado seja considerado de boa usabilidade, o *score* mínimo deve ser 68 pontos. A avaliação dos resultados da escala SUS retornou um *score* de 63,2 pontos, não alcançando o que seria aceitável no quesito de usabilidade. Ainda, calculou-se o desvio padrão, indicando que os valores da amostra estão variando 19,7 pontos da média. Em vista desses resultados, optou-se por avaliar as respostas individualmente.

Com o intuito de avaliar as respostas de cada discente ao questionário com as questões da escala SUS, a Figura 4 apresenta os resultados individuais, calculados conforme descrito na Seção 4.

Na Figura 4, tem-se na escala horizontal os 26 discentes que participaram da pesquisa (D1 até D26) e na escala vertical o *score* calculado para cada discente. Pode-se observar que 12 (46,2%) discentes tiveram o *score* do SUS acima dos 68 pontos, e 14 (53,8%) ficaram com o *score* abaixo dos 68 pontos. Analisando individualmente os valores, percebe-se que alguns *scores* apresentaram valores bem distintos dos demais, como, por exemplo, o D5 (15,0), o D16 (35,0) e o D23 (27,5). Tais valores acabam por influenciar no resultado final, já que o cálculo é a média de todos os valores.

5.3. Avaliação Qualitativa

Para coleta dos dados qualitativos, foi utilizada a questão aberta, em que os discentes dissertaram sua opinião sobre o JFLAP. Houve reclamações sobre problemas com o software que estão diretamente ligados ao baixo *score* encontrado a partir da avaliação SUS. Além disso, foi realizada uma sessão de GF seguindo as *guidelines* descritas em outros traba-

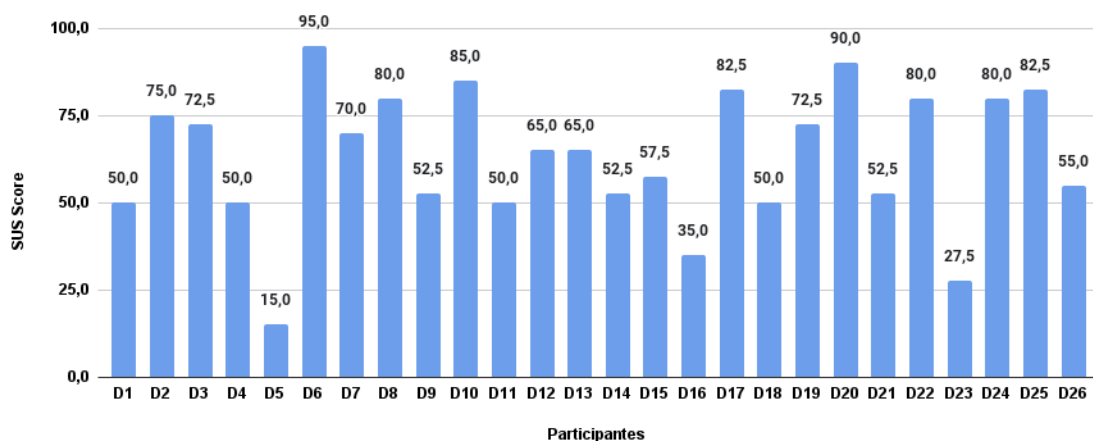


Figura 4. Score Individual da Escala SUS

lhos [França et al. 2015, Kontio et al. 2004, Widdows et al. 1991, O'Brien 2003]. Optou-se por este método de avaliação pela oportunidade de realizar uma discussão aberta sobre os aspectos do JFLAP, de forma que todos os participantes poderiam conversar livremente, além de ser uma troca de ideias e debates sobre as funcionalidades do software.

Analisando as respostas dos discentes que tiveram os *scores* baixos, percebe-se que todos apontam problemas na usabilidade, o que era esperado pelos autores e motivou a condução deste trabalho. O Discente 5 relatou o seguinte sobre o JFLAP: “*é um sistema bem inovador, mas é sempre preciso estudar ele, aprender a como usar (...) o melhor seria ter alguém que saiba como usar e esteja a disposição na sala.*” Já o Discente 23 foi bem sucinto, dizendo que “*a usabilidade e interface (deixam) a desejar.*”

Destacam-se alguns comentários feitos pelos demais participantes referentes a interface do software. Por exemplo, o Discente 6 comentou que “*é um ótimo aplicativo desktop para verificar se o que acabei de fazer realmente está correto (...) algumas funcionalidades poderiam ser melhoradas, como a inserção de mnemônicos, além disso, atualizar a interface gráfica para uma atual, uma vez que 'swing' já é considerado como retrógrado.*” O Discente 6 finalizou o SUS com um bom *score*. Entretanto, este discente informou que a interface do software deveria ser melhorada.

O Discente 15 complementa a opinião sobre a interface relatando que “*é um sistema que atende bem a demanda para o que é feito, existem algumas questões a melhorar como a interface e algumas funcionalidades, nada demais.*” O discente ainda relatou que “*o sistema não é tão complexo mas também não é tão simples, existem suas dificuldades na questão de não serem tão claras suas funcionalidades.*”

Referente a usabilidade, o Discente 19 afirmou que “*é um software muito bom, mas na minha opinião, tem algumas opções que não dá pra entender muito bem o que elas fazem*”. Já o Discente 22 relatou que “*o sistema funciona muito bem, porém falha em agrupar alguns menus ou facilitar acesso a alguma funcionalidade, o que não atrapalha na utilização, porém degrada a curva de aprendizagem, no aspecto de utilização do sistema*”. O Discente 25 disse que “*o software é simples e fácil de usar, apenas faltou uma aba onde poderia fornecer ajuda sobre algumas linguagens usadas ex: palavra vazia na Regular Expression, tive que procurar na internet o símbolo usado, baseado na sorte*”.

Por fim, Discente 26 descreveu que *“o software não dá suporte a comandos rápidos que são padrões em outros softwares, como o CTRL + C + CTRL V, deixando o JFLAP um pouco travado”*. A partir destes comentários, podemos concluir os pontos principais que influenciaram negativamente na avaliação, tais como a dificuldade em utilizar o software e a falta de botões e funcionalidades.

Por fim, salienta-se que alguns discentes destacaram o auxílio na aprendizagem utilizando o JFLAP em sala de aula. O Discente 18 afirma que *“Creio que o software cumpre com seu papel, pois ajudou a verificar vários dos exercícios passados em aula, facilitando o aprendizado.”* e o Discente 2 destaca que *“o JFlap é um ótimo software facilitador de aprendizagem de Linguagens Formais, mas para isso necessita de conhecimentos prévio da disciplina”*.

Na realização do GF foram abordadas as percepções sobre a utilização do JFLAP, no intuito de identificar se houve dificuldades durante seu uso ou destacar os pontos positivos na percepção dos estudantes em relação ao software. Salienta-se que a identificação dos discentes está diferente em cada avaliação realizada, já que não é possível relacionar as respostas da questão aberta da avaliação anterior com as respostas do GF. Primeiramente, os discentes foram instigados a comentar sobre a funcionalidade de criar e testar uma gramática no JFLAP. Os discentes relataram que ocorrem erros, como mencionado pelo o Discente 1: *“dependendo da ordem que tu coloca a gramática, gera um resultado errado”*, além de problemas com relação à apagar gramáticas inseridas, conforme o Discente 2: *“uma coisa que eu percebi nas gramáticas é que tu vai digitando e não consegue apagar”*.

Em seguida, questionou-se se eles tinham preferência em utilizar o JFLAP ou o caderno para realizar as atividades. O Discente 1 comentou que tem preferência em utilizar o software: *“prefiro com certeza usar o JFLAP que fazer no caderno”*. Os discentes também comentaram sobre as facilidades trazidas pelo software: *“é um software que ajudou bastante a gente, que cumpre as necessidades das aulas e não tem em outro lugar”* - Discente 2. O Discente 3 comentou que *“fica massivo fazer e ficar testando no caderno”*.

Quanto à interface do JFLAP, foi perguntado aos discentes se eles a consideravam agradável. Nesta questão, o Discente 2 comentou sobre a dificuldade em utilizar o software na primeira vez, além de problemas na hora de excluir autômatos: *“depois que você usa uma vez é fácil de utilizar, só que ela não é muito amigável nos primeiros usos. (...) O lance de excluir também dá umas bugs”*. Como complemento, o Discente 4 comentou sobre ser cansativo realizar exclusões no software: *“para excluir, ter que ficar indo e voltando para excluir um por vez também é um pouco cansativo”*. Outro ponto comentado pelo Discente 5 é a ausência de atalhos, os quais são encontrados frequentemente em outros softwares: *“o ctrl + z que todo mundo está acostumado não funciona”*.

O próximo ponto levantado, durante a realização do GF, foi referente ao uso do JFLAP para criação de Expressões Regulares, em que o Discente 1 comentou sobre as entradas: *“quando você coloca um espaço entre uma expressão e outra, ele reconhece a entrada como espaço, como se fosse uma entrada a mais”*. Em seguida, foi questionado se o software auxilia a estudar e entender o conteúdo ou se somente facilita na hora de escrever, o Discente 1 comentou que o software sim auxilia no conteúdo: *“ajuda no conteúdo e possui o passo a passo”*.

Ainda, foi perguntado se, na ausência de um software, como seria a realização de atividades somente com o caderno. O Discente 2 comentou sobre a facilidade que o software proporciona na hora de testar entradas: “*para testar e ver as falhas é um software muito bom*”. Por fim, foi questionado se os discentes haviam feito buscas por outros softwares que fornecessem funções semelhantes.

De acordo com os relatos do GF, percebe-se que a usabilidade do software é bastante comentada. Muitos afirmam ter dificuldade em saber e até lembrar como utilizar o JFLAP. Mesmo com funcionalidades simples, como por exemplo para Autômatos Finitos, em que são disponíveis opções de selecionar um ícone da área de criação, criar estados, criar transições, apagar estado ou transição e duas opções de voltar e avançar, algumas ações não são intuitivas. Algumas funcionalidades poderiam ser implementadas para agilizar ou tornar mais intuitivo esse processo.

Em relação ao uso do JFLAP como auxílio na aprendizagem, os discentes destacam que de fato, o software facilita o entendimento e deixa o conteúdo menos abstrato. Ninguém comentou de forma negativa sobre esse aspecto. Já em relação à interface, nota-se que muitos problemas são apontados, porém, são aspectos que podem ser resolvidos, já que o JFLAP é código aberto e permite que sejam inseridas novas funcionalidades. Melhorar o layout e incluir alguns atalhos são os pontos mais comentados.

6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Neste trabalho apresentou-se uma avaliação de UX do software JFLAP, a partir da coleta de dados quantitativos e qualitativos, com discentes do curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa.

Os resultados quantitativos, realizados por meio da escala SUS, demonstraram que o software JFLAP não alcançou o *score* que seria considerado aceitável no quesito usabilidade. Isso ocorreu em função dos pontos negativos apontados por discentes durante a avaliação, como: o software não possuir uma interface intuitiva; ser difícil encontrar suas funcionalidades; não possuir um *design* atual; não possuir os atalhos mais comumente utilizados (*CTRL+C*, *CTRL+V*). Tais fatores causaram desconforto ou dificultaram o uso do software pelos discentes. Mesmo assim, a maioria dos participantes informou que o software JFLAP auxilia no aprendizado, fazendo com que compreendessem melhor o conteúdo, podendo desenvolver Autômatos, Gramáticas e Expressões Regulares, e testá-los de maneira fácil, tendo assim uma preferência em utilizar durante a disciplina.

Como trabalhos futuros pretende-se, realizar novas avaliações UX com diferentes softwares de auxílio à disciplina de LF e desenvolver um protótipo a partir do *feedback* coletado, podendo futuramente propor melhorias ao software JFLAP.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores gostariam de agradecer a todos os participantes voluntários do estudo pelo apoio e também ao apoio financeiro Edital nº 122/2022 (PROBIC/FAPERGS). Williamson Silva agradece pelo apoio financeiro da FAPERGS (Projeto ARD/ARC - processo 22/2551-0000606). Alice Finger agradece pelo apoio financeiro da FAPERGS (Edital FAPERGS 14/2022 – ARD/ARC).

Referências

- Brooke, J. et al. (1996). Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194):4–7.
- Falcão, M., Costa, A., Fonseca, R. W. S., de Azevedo, S. O., and Ramalho, W. B. (2018). Avaliação de usabilidade em simuladores de autômatos. In *Anais da XI Escola Potiguar de Computação e suas Aplicações*, pages 132–135. SBC.
- França, B. B., Ribeiro, T., Dos Santos, P. S., and Travassos, G. (2015). Using focus group in software engineering: lessons learned on characterizing software technologies in academia and industry.
- Gallardo, J., Castro Sánchez, J. J., and Miguel Sabariego, R. (2016). Experiencias de uso y evaluación de una herramienta de apoyo a la enseñanza de teoría de autómatas y lenguajes formales.
- ISO9241-210 (2011). Iso/iec 9241-210: Ergonomics of human-system interaction – part 210: Human-centred design for interactive systems.
- Kontio, J., Lehtola, L., and Bragge, J. (2004). Using the focus group method in software engineering: Obtaining practitioner and user experiences. pages 271–280.
- Maia, F. and Machado, A. A. (2021). Aprendizagem ativa: novas responsabilidades discente e docente. In *Anais do VI Congresso sobre Tecnologias na Educação*, pages 120–127, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Monteiro, J., Maia, D., Lima, D., Pires, G., and Rego, L. (2015). Formação inicial docente para as tdc: Análise a partir do curso de pedagogia do campus central da ufrn. In *Anais do XXI Workshop de Informática na Escola*, pages 454–461, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Neto, J. and Terra, R. (2016). Lfapp: Um aplicativo móvel para o ensino de linguagens formais e autômatos. In *Anais do XXIV Workshop sobre Educação em Computação*, pages 2196–2205. SBC.
- O’Brien, M. (2003). Focus groups supporting effective product development joe langford and deana mcdonagh (editors). *The Design Journal*, 6(1):61–62.
- Rodger, S. H. and Finley, T. W. (2006). *JFLAP: an interactive formal languages and automata package*. Jones & Bartlett Learning.
- Rodger, S. H., Wiebe, E., Lee, K. M., Morgan, C., Omar, K., and Su, J. (2009). Increasing engagement in automata theory with jflap. In *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education*, pages 403–407.
- Sauro, J. (2011). Measuring Usability With the System Usability Scale (SUS). Disponível em: <https://measuringu.com/sus/>.
- Singh, T., Afreen, S., Chakraborty, P., Raj, R., Yadav, S., and Jain, D. (2019). Automata simulator: A mobile app to teach theory of computation. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(5):1064–1072.
- Souto, M. and Silva, C. (2017). Um catálogo de requisitos pedagógicos para auxiliar o desenvolvimento de softwares educacionais. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 28(1):506.

Standard, I. (2001). 9126: Software engineering–product quality, part 1. *International Organization for Standardization*.

Widdows, R., Hensler, T. A., and Wyncott, M. H. (1991). The focus group interview: A method for assessing users' evaluation of library service. *College & Research Libraries*, 52:352–359.