

Avaliação Ética de Software: Implementação de um Sistema Fuzzy para Segurança, Privacidade e Equidade

Emilly J. Santos¹, José J. Junior¹

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal do Pará (UFPA)
Castanhal – PA – Brasil

emillysantoses307627@gmail.com, jjj@ufpa.br

Abstract. *This paper explores the implementation of a fuzzy logic system to assess the ethical standards of software, focusing on three crucial variables: security, privacy, and equity. The fuzzy system evaluates these variables to generate an overall ethical score, which categorizes software as having low, medium, or high ethical compliance. A low score highlights significant deficiencies in security, privacy, and equity, necessitating immediate corrective actions. A medium score indicates the software meets minimum ethical standards but has room for improvement. A high score signifies that the software not only meets but exceeds ethical standards, though continuous enhancement is essential. This approach provides a structured methodology for developers to assess and enhance the ethical dimensions of their software, promoting responsible and fair technological development.*

Resumo. *Este artigo apresenta um sistema baseado em lógica fuzzy para avaliar os padrões éticos de software, com foco em três variáveis principais: segurança, privacidade e equidade. A metodologia fuzzy processa essas variáveis e gera uma pontuação ética geral, classificando o software em níveis de conformidade ética: baixo, médio ou alto. Uma pontuação baixa indica deficiências críticas nesses aspectos e exige ações corretivas imediatas; uma pontuação média reflete o atendimento aos padrões éticos mínimos, mas com margem para aprimoramento; e uma pontuação alta sugere que o software não só cumpre como supera os padrões éticos, ainda que o aperfeiçoamento contínuo seja recomendado. Essa abordagem estruturada permite que os desenvolvedores avaliem e aprimorem as dimensões éticas de seus produtos, incentivando um desenvolvimento tecnológico mais responsável e justo.*

1. Introdução

O desenvolvimento de software é uma área em rápido crescimento na sociedade contemporânea, facilitando tarefas para empresas e pessoas. Nesse contexto, é fundamental compreender que seu processo é complexo e desafiador, exigindo práticas, técnicas e condutas apropriadas para assegurar qualidade, segurança, privacidade e equidade no produto final. Existem tanto metodologias tradicionais quanto ágeis no desenvolvimento de software, sendo as metodologias ágeis especialmente importantes para garantir a qualidade do produto (Koscianski, 2007). Embora o setor exija constante inovação, ainda há lacunas que precisam ser superadas para otimizar o desenvolvimento, destacando-se, principalmente, as áreas de segurança, privacidade e equidade.

Este artigo apresenta a implementação de um sistema que utiliza lógica fuzzy para a classificação ética de softwares, considerando as variáveis de segurança, privacidade e equidade. A segurança foi incluída como variável essencial, pois é um dos pilares éticos no desenvolvimento de software. Inicialmente, os sistemas de software eram usados

predominantemente para cálculos, mas, com a evolução tecnológica, se tornaram ferramentas complexas com múltiplas funcionalidades, levando os usuários a se preocuparem com a proteção de suas informações (Balcão Filho, *et al.*, 2011). A inclusão da segurança na classificação ética visa, desta forma, fortalecer a confiança do usuário no uso do software.

A privacidade também é um aspecto essencial para a avaliação ética ao integrar os princípios éticos. Com o avanço da tecnologia, tornou-se fácil acessar dados pessoais, o que ameaça a privacidade dos usuários (Machado, 2001). Assim, as informações devem ser tratadas com cuidado e responsabilidade, evitando seu uso inadequado ou ilegal.

No que se refere à equidade, trata-se de uma variável importante para a classificação ética, devendo ser considerada de maneira eficiente no desenvolvimento de software. A inclusão e acessibilidade, que garantem que qualquer pessoa possa acessar e utilizar o programa, são elementos fundamentais para assegurar a equidade (DIAS, *et al.*, 2010).

Esta pesquisa tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e avaliar a eficácia de um sistema de classificação ética de software baseado em lógica fuzzy. Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar a ética e as práticas adequadas no desenvolvimento de software;
2. Desenvolver um sistema de classificação ética baseado na lógica fuzzy gaussiana;
3. Avaliar o software desenvolvido por meio da análise dos resultados obtidos;
4. Propor melhorias com base nos resultados da avaliação do sistema.

2. A Importância de boas práticas de desenvolvimento de Software

Desenvolver um software de qualidade traz inúmeras vantagens, especialmente para a empresa responsável pelo desenvolvimento e implementação. É importante destacar que um software bem-sucedido é resultado de boas práticas e condutas adequadas. A garantia da qualidade na engenharia de software depende de práticas e processos eficazes de desenvolvimento, os quais devem ser aplicados pelas organizações responsáveis (Castro, 2012). Negligenciar essas práticas, bem como deixar de investir em qualidade, resulta em software falho e que não atende às normas éticas.

Na engenharia de software, o conjunto de etapas do desenvolvimento até a implantação é conhecido como ciclo de vida do software. Essas etapas orientam a equipe de desenvolvedores e garantem boas práticas. As fases do ciclo de vida são:

1. **Requisitos:** Identificação das funcionalidades desejadas pelo cliente;
2. **Análise dos requisitos:** Projeto do software, incluindo especificação dos requisitos e arquitetura;
3. **Desenvolvimento:** Codificação do programa;
4. **Testes:** Verificação do funcionamento do software;
5. **Implantação:** Disponibilização do software para os usuários e realização da manutenção após a entrega.

Em cada fase do ciclo de vida do software, é essencial implementar normas éticas, abrangendo segurança, privacidade e equidade, que se desdobram em áreas específicas. Para que uma organização ou grupo social funcione de maneira coesa, é necessário haver disciplina, regras e condutas adequadas (SÁ, 1996, p. 32). Da mesma forma, a ética na engenharia de software é crucial para estabelecer regras e condutas a serem seguidas no desenvolvimento de software. Com essa finalidade, foi instituída, em 2018, a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a qual busca regulamentar a proteção e o tratamento de dados pessoais.

As métricas de segurança, privacidade e equidade são essenciais para avaliar se o software segue as normas éticas. Com frequência, notícias sobre vazamento de dados pessoais em softwares destacam falhas que surgem devido à pressa no desenvolvimento. Muitas vezes, as empresas priorizam a entrega rápida e deixam a segurança e privacidade para a última fase de testes, o que compromete a credibilidade do software no mercado.

O sistema de classificação ética baseado em lógica fuzzy utiliza as métricas de segurança, privacidade e equidade para verificar a conformidade com normas éticas em cada fase do ciclo de vida do software. Com a crescente necessidade de conformidade com a legislação, surgem soluções para auxiliar as empresas. Por exemplo, metodologias de desenvolvimento seguro de software (SDLC) são aplicadas para integrar a segurança desde as primeiras fases do ciclo de vida. Nesse contexto, o sistema de classificação baseado em lógica fuzzy gaussiana, que será discutido ao longo do artigo, desempenha um papel importante no apoio às empresas para o desenvolvimento de um software seguro e resistente a falhas.

3. Utilização de Lógica Fuzzy para Avaliação Ética de um Software

A teoria clássica de conjuntos, desenvolvida pelo matemático Georg Cantor, é uma das bases fundamentais da matemática. Essa teoria define de forma clara uma coleção de objetos, com uma ideia precisa de pertencimento: um elemento pertence ou não a um determinado conjunto (Causey, 1994). Embora essa abordagem binária e exata seja útil em várias aplicações matemáticas, ela pode ser inadequada para situações do mundo real, em que propriedades e valores são frequentemente vagos, incertos e imprecisos.

Considere, por exemplo, o conjunto de “pessoas altas”. Não há uma altura exata que defina com clareza quem é alto e quem não é. Essa classificação é subjetiva, podendo

variar conforme o contexto, a localização ou o ponto de vista de uma pessoa, o que dificulta seu enquadramento na teoria clássica dos conjuntos, a qual exige limites rígidos e bem definidos.

Para lidar diretamente com situações de incerteza, foi desenvolvida, em 1965, pelo Prof. Lotfi Zadeh, a teoria dos conjuntos fuzzy (ou conjuntos nebulosos), apresentada no artigo “Fuzzy Sets”. Diferentemente da teoria clássica, na qual a decisão de pertencimento é binária, na teoria fuzzy o grau de pertencimento é graduado, com valores entre 0 e 1. Nesse modelo, 0 representa não pertencimento e 1 indica pertencimento completo, permitindo também valores intermediários. Essa flexibilidade permite uma modelagem mais realista para fenômenos naturalmente difusos do mundo real.

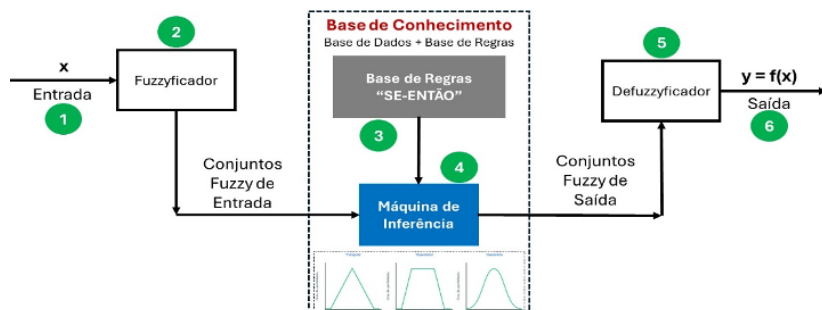
A teoria dos conjuntos fuzzy amplia o alcance da teoria clássica, permitindo valores contínuos no intervalo [0, 1], definidos por uma função de pertinência que estabelece o grau de pertencimento. Um sistema fuzzy é uma técnica de inteligência computacional que utiliza lógica fuzzy para lidar com incertezas, assumindo valores contínuos entre 0 e 1.

Um sistema fuzzy envolve três etapas principais:

1. **Fuzzyficação:** Transformação de dados precisos em valores fuzzy, utilizando funções de pertinência;
2. **Máquina de inferência:** Processamento dos valores fuzzy de acordo com um conjunto de regras condicionais do tipo se-então (*if-else*), relacionando as variáveis;
3. **Defuzzyficação:** Conversão dos valores processados em uma saída precisa, conforme o método utilizado.

A Figura 01 a seguir ilustra esse processo.

Figura 01. A imagem retrata as etapas envolvidas no sistema Fuzzy.



Fonte: os autores, 2024.

Os sistemas fuzzy são uma poderosa técnica para modelar e controlar sistemas complexos, aproveitando a lógica imprecisa para lidar com variáveis linguísticas e funções de pertinência em contextos em que métodos tradicionais não conseguem

capturar adequadamente a subjetividade das informações. Esses sistemas também permitem tomadas de decisão dinâmicas, o que muitas vezes é necessário.

As variáveis linguísticas representam termos que estão associados a uma função de pertinência, definindo o grau com que um valor específico pertence ao termo, delimitado dentro de um intervalo que será processado pela máquina de inferência. As funções de pertinência são usadas para mapear cada valor de uma variável ao seu grau de pertencimento, o qual varia de 0 a 1. Existem diferentes tipos de funções de pertinência, cada uma adequada a contextos e problemas específicos, tais como:

1. **Triangular:** Definida por três parâmetros — início, pico e fim. O pico tem pertinência igual a 1, enquanto os extremos têm pertinência 0;
2. **Trapezoidal:** Semelhante à função triangular, mas com quatro parâmetros — início, dois picos e fim —, proporcionando maior flexibilidade no centro da forma;
3. **Gaussiana:** Caracteriza-se pela forma suave e contínua, definida pela média e pelo desvio padrão, sendo capaz de modelar transições suaves entre diferentes graus de pertinência.

A função de pertinência gaussiana é ideal para aplicações em que a precisão e a suavidade são essenciais, como em sistemas de controle de processos industriais, reconhecimento de padrões e inteligência artificial. Ela possui diversas vantagens, como a ausência de cantos ou bordas abruptas, evitando problemas de descontinuidade. Além disso, seu centro, definido pela média, permite representar distribuições normais e modelar incertezas de forma eficaz. A função gaussiana é expressa pela fórmula matemática apresentada na figura 02 a seguir.

Equação. Expressão matemática que representa a função de pertinência Gaussiana.

$$\mu(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Onde,

C representa a média

σ representa o desvio padrão

Outro ponto relevante é a flexibilidade da função gaussiana, que permite ajustar a média e o desvio padrão, moldando-a para representar uma ampla gama de cenários. Isso possibilita tomadas de decisão dinâmicas e em tempo real, resultando em uma função estreita que indica alta precisão. A função gaussiana é amplamente utilizada para modelar transições naturais entre diferentes graus de pertinência.

4. Avaliação do Software pela Lógica Fuzzy

Na avaliação ética de um software, a escolha das variáveis consideradas é essencial para garantir uma análise abrangente e precisa. Este trabalho selecionou três variáveis de entrada: 1) Nível de Segurança e Resposta a Incidentes; 2) Privacidade e Segurança dos Dados; e 3) Equidade e Acesso à Informação. A seleção dessas variáveis reflete a importância de cada uma para a conformidade ética e a confiança dos usuários.

A segurança é um pilar fundamental na avaliação de qualquer software, necessária para proteger dados e integridade do sistema contra ameaças externas, como hackers, malwares e outros ataques cibernéticos. Os testes e análises são práticas importantes para identificar vulnerabilidades na segurança do software (Leite, 2024). Um software seguro não apenas previne danos financeiros e de reputação, mas também gera confiança entre os usuários, os quais sabem que suas informações estão protegidas.

A privacidade dos dados é outro aspecto crucial na avaliação ética de software, pois está diretamente ligada ao direito dos indivíduos de controlar suas informações pessoais e decidir como elas são usadas. A conformidade com regulamentações, como a LGPD no Brasil, exige que as organizações protejam a privacidade dos dados dos usuários e implementem medidas adequadas para tal. Garantir a privacidade dos dados não só evita penalidades legais severas, mas também promove a confiança e lealdade dos usuários.

A equidade e o acesso à informação são essenciais para assegurar que o software seja justo e acessível a todos, independentemente de habilidades físicas, condições socioeconômicas ou outras características. A equidade garante que os algoritmos e processos do software não apresentem vieses, tratando todos os usuários de maneira justa e imparcial. Inclusão e acessibilidade são aspectos críticos que promovem a adoção e satisfação de uma base diversificada de usuários. Garantir a equidade também é uma responsabilidade ética e social, especialmente em um mundo cada vez mais digitalizado, em que o acesso à informação é crucial.

A combinação dessas três variáveis — segurança, privacidade e equidade — cria uma abordagem holística para a avaliação ética de um software. Cada variável aborda um aspecto essencial da interação entre o software e seus usuários, assim como o impacto potencial do software na sociedade em geral. A segurança protege a integridade e a disponibilidade do sistema e dos dados; a privacidade protege a confidencialidade dos dados pessoais e respeita os direitos dos indivíduos; e a equidade assegura que o software seja justo e acessível a todos, promovendo inclusão e evitando discriminação.

Essas variáveis refletem princípios éticos fundamentais e são frequentemente destacadas em regulamentações e normas de boas práticas para o desenvolvimento de software. Ao avaliar e melhorar essas áreas, é possível criar um software mais seguro, confiável e justo, que atenda às expectativas dos usuários e às exigências legais. A atenção a essas três dimensões éticas contribui para o desenvolvimento de tecnologias que beneficiam a sociedade como um todo, promovendo um uso mais ético e responsável do software.

As pontuações para as variáveis de entrada (segurança, privacidade e equidade) e para a variável de saída (avaliação ética) foram estabelecidas da seguinte maneira:

- Nível baixa: Pontuação abaixo de 50;
- Nível média: Pontuação entre 50 e 70;
- Nível alta: Pontuação acima de 70.

A definição das pontuação foi baseada nos modelos de avaliação de desempenho em sistemas computacionais. Segue abaixo a explicação de cada pontuação nos seguintes níveis: baixo, médio e alto.

1. Pontuação Baixa (Pontuação abaixo de 50)

A faixa de pontuação baixa abrange valores entre 0 e 49 , pois representa um desempenho insuficiente segundo os critérios avaliados para segurança, privacidade e equidade. Conforme a ISO/IEC 25010 , sistemas abaixo de 50% da escala total não atendem aos padrões mínimos.

2. Pontuação Média (Pontuação entre 50 e 70)

A faixa média de 50 a 70 , representa um nível intermediário de conformidade. Em avaliações de qualidade, softwares entre 50% e 70% da escala são considerados aceitáveis , mas ainda são apresentadas melhorias (ISO/IEC 25010, CMMI, 2020).

3. Pontuação Alta (Pontuação acima de 70)

A categoria alta inicia em 71 e vai até 100 , representando softwares que atendem aos critérios éticos estabelecidos em cada variável. Estudos sobre maturidade de software (CMMI, 2020) consideram acima de 70% como um indicativo de alta conformidade com padrões de qualidade. Logo, uma pontuação próxima de 100 indica que o software segue as normas éticas, diminuindo a possibilidade de inconsistências.

Essas variáveis foram modeladas utilizando funções de pertinência gaussianas, que permitem representar os graus de pertinência de cada variável em diferentes níveis (baixa, média e alta). A seguir, detalhamos o funcionamento de cada uma dessas variáveis no código.

A primeira variável, nível de segurança e resposta a incidentes, mede a capacidade do software de proteger dados e responder a incidentes de segurança. No código, essa variável é configurada como um antecedente com valores de 0 a 100. Para avaliar diferentes níveis de segurança, são utilizadas três funções de pertinência gaussianas, classificando a segurança em baixa, média e alta. Essa abordagem permite uma transição gradual entre os níveis, refletindo de forma mais precisa a resiliência do software em relação a ameaças e respostas a incidentes.

A segunda variável, privacidade e segurança dos dados, avalia o grau de proteção e confidencialidade dos dados dos usuários fornecidos pelo software. Similar à variável de segurança, ela é definida em um intervalo de 0 a 100 e utiliza três funções de pertinência gaussianas, categorizando os níveis em baixa, média e alta. Essa configuração permite que o sistema avalie de forma gradativa o quanto o software protege as informações dos usuários, assegurando uma transição suave entre os diferentes níveis de privacidade e segurança.

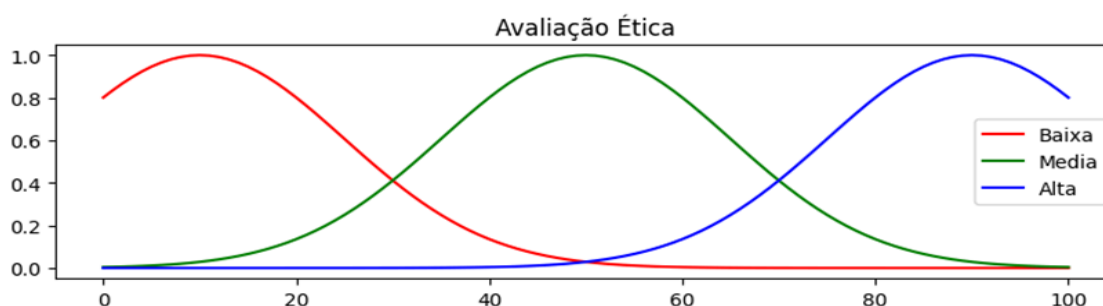
A terceira variável, equidade e acesso à informação, avalia se o software oferece um acesso justo e igualitário à informação para todos os usuários. Definida também com um intervalo de 0 a 100, essa variável utiliza três funções de pertinência gaussianas para representar os níveis baixa, média e alta. A análise de equidade no acesso à informação é essencial para garantir que o software não discrimine nenhum grupo de usuários e assegure que todos tenham as mesmas oportunidades de usufruir das funcionalidades oferecidas, promovendo uma experiência inclusiva e imparcial.

A variável de saída, avaliação ética, desempenha um papel central na análise ética de software por meio de um sistema baseado em lógica fuzzy. A referida variável é configurada para expressar o nível de conformidade ética atribuído ao software após o processamento das variáveis de entrada, que incluem segurança, privacidade dos dados e equidade no acesso à informação. A avaliação ética, desse modo, sintetiza o desempenho do software em relação aos principais critérios éticos considerados pelo sistema.

As funções de pertinência para a Avaliação Ética são projetadas com um desvio padrão de 2, o que define a largura e a suavidade das curvas de pertinência. Esse ajuste garante que os valores próximos aos picos das curvas tenham uma alta pertinência para suas respectivas categorias (como baixa, média ou alta), enquanto valores mais distantes dos picos apresentam uma pertinência reduzida. Esse detalhamento permite que o sistema faça uma distinção mais precisa entre os diferentes níveis de conformidade ética, refletindo variações sutis no comportamento do software.

Com base nas regras definidas e nos valores específicos das variáveis de entrada, o sistema calcula um valor numérico para a Avaliação Ética. Esse valor representa o grau de conformidade ética do software e é interpretado para fornecer uma classificação descritiva, como “baixa”, “média” ou “alta”, dependendo da faixa em que o valor calculado se enquadra. Essa classificação final facilita a interpretação dos resultados e orienta decisões sobre possíveis melhorias no software para atingir um padrão ético mais elevado. Segue abaixo, na figura 02, o gráfico da variável de saída.

Figura 02. O gráfico ilustra as três funções de pertinência gaussianas para variável de saída Avaliação Ética.



Fonte: os autores, 2024.

Apresenta-se uma semelhança entre os gráficos das três variáveis de pertinência (segurança, privacidade e equidade) e o gráfico do resultado final (avaliação ética), pois cada variável é modelada de maneira semelhante em termos matemáticos, com intervalos definidos de 0 a 100 e níveis de pertinência (baixa, média e alta). Essa uniformidade na modelagem permite uma análise consistente e facilita a interpretação visual das classificações. Apesar da semelhança estrutural, os gráficos variam na interpretação dos níveis de cada variável devido ao impacto distinto na avaliação ética. Assim, embora as curvas sejam semelhantes, as variáveis variam em significado, refletindo sua contribuição única à conformidade ética.

A tabela abaixo mostra a tabela de regras e saídas do sistema de avaliação ética. A tabela contém uma série de regras fuzzy que determinam a avaliação ética de um software com base em três critérios: nível de segurança e resposta a incidentes (NSRI), privacidade e segurança dos dados (PSD), e equidade e acesso à informação (EAI). A tabela apresenta todas as possíveis combinações desses critérios e suas respectivas avaliações.

Tabela. Apresenta as possíveis convenções dos critérios e suas respectivas avaliações com base nas variáveis de entrada (NSRI, PSD, EAI) e variável de saída (Avaliação Ética).

NSRI	PSD	EAI	Avaliação Ética
baixa	baixa	baixa	baixa
baixa	baixa	média	baixa
baixa	baixa	alta	baixa
baixa	média	baixa	baixa
baixa	média	média	baixa
baixa	média	alta	baixa
baixa	alta	baixa	baixa
baixa	alta	média	baixa
baixa	alta	alta	baixa
média	baixa	baixa	baixa
média	baixa	média	baixa
média	baixa	alta	baixa
média	média	baixa	baixa
média	média	média	média
média	alta	média	média
média	alta	alta	alta
alta	alta	média	alta
alta	média	alta	alta
alta	alta	alta	alta
alta	baixa	baixa	baixa
alta	baixa	média	baixa
alta	baixa	alta	baixa
alta	média	baixa	baixa
alta	média	média	média
alta	alta	baixa	baixa

Fonte: os autores, 2024.

Por exemplo, na tabela, se o nível de segurança e resposta a incidentes, privacidade e segurança dos dados e a equidade e acesso à informação forem todos avaliados como “baixa”, a avaliação ética resultante é “baixa”. Isso reflete uma situação em que o software não atende aos padrões mínimos de segurança, privacidade e equidade, resultando em uma avaliação ética negativa.

A tabela também mostra casos intermediários. Por exemplo, se classificar como “médias” o nível de segurança e resposta a incidentes, a privacidade e segurança dos dados e a equidade e acesso à informação, a avaliação ética será “média”. Isso sugere que o software atende aos padrões éticos mínimos, mas ainda há espaço para melhorias.

Por outro lado, se os três referidos critérios forem classificados como “altos”, a avaliação ética será “alta”, indicando que o software atende aos mais altos padrões éticos em todas as áreas críticas. Além disso, para alcançar nota alta na avaliação ética, é indispensável ter, no mínimo, uma “média” e duas “altas”.

Quando o sistema fuzzy indica que a avaliação ética do software é baixa (com pontuação abaixo de 50), isso sugere que o software apresenta deficiências significativas em termos de segurança, privacidade e/ou equidade. Este resultado requer uma atenção urgente e ações corretivas, como a implementação de medidas de segurança mais robustas. Na área de privacidade, seria necessário revisar as políticas para garantir a conformidade com regulamentações como LGPD. Para promover a equidade, seriam necessárias adaptações no software para torná-lo acessível a todos os usuários.

Uma avaliação ética média (pontuação entre 50 e 70) indica que o software cumpre os padrões mínimos de segurança, privacidade e equidade, mas ainda há margem para melhorias. Recomenda-se, assim, o refinamento das medidas de segurança existentes, como melhorar os protocolos de criptografia. Na área de privacidade, é importante melhorar a transparência sobre o uso de dados, garantindo que os usuários estejam bem informados sobre como suas informações são tratadas. Quanto à equidade, é de suma importância, para o aprimoramento deste critério, expandir as funcionalidades de acessibilidade, visando garantir que o software seja utilizável por um público ainda mais diversificado.

Uma avaliação ética alta (pontuação acima de 70) significa que o software atende segura ou plenamente aos padrões éticos em segurança, privacidade e equidade. Embora este seja um resultado positivo, é essencial manter e aprimorar continuamente essas práticas. Na segurança, isso envolve a continuidade da monitoração e atualização das medidas de segurança para enfrentar novas ameaças. Em relação à privacidade, é fundamental manter um compromisso contínuo com a conformidade regulatória e as melhores práticas de proteção de dados. Quanto à equidade, é necessário continuar promovendo a inclusão e acessibilidade, adaptando-se às necessidades emergentes dos usuários.

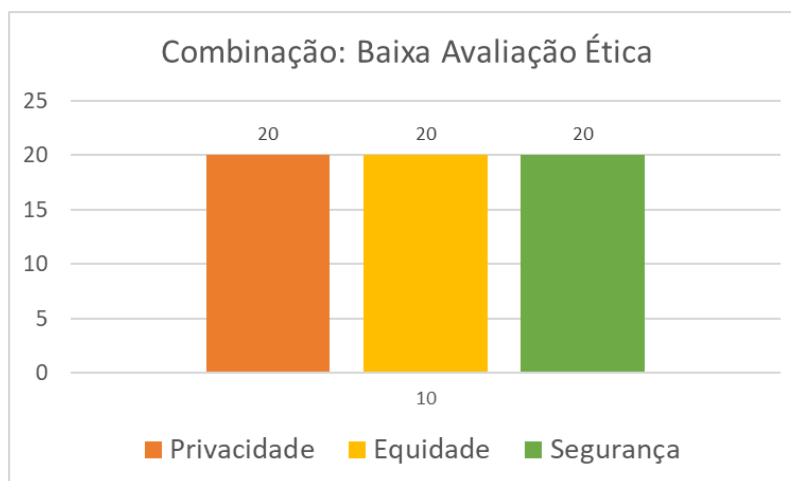
5. Resultados

Os principais resultados obtidos com os testes do software de avaliação ética refletem o comportamento de cada variável dentro do sistema. Nesse contexto, os gráficos gerados para cada variável de pertinência e para o resultado final (avaliação ética) permitem observar as diferenças no comportamento de cada variável quando submetida a todas as possíveis combinações dos critérios: nível de segurança e resposta a incidentes (NSRI), privacidade e segurança dos dados (PSD), e equidade e acesso à informação (EAI).

Esses gráficos, detalhados a seguir, evidenciam as características e os impactos específicos de cada variável na avaliação geral, permitindo uma análise visual das influências individuais e da interação entre os critérios na conformidade ética do software.

No primeiro teste realizado no sistema, o resultado obtido foi uma avaliação ética “baixa”, pois cada variável (segurança, privacidade e equidade) apresentou um nível baixo. Esse resultado indica que o software avaliado apresenta falhas significativas em relação à proteção do usuário. A segurança é insuficiente para resguardar os dados de maneira eficaz, a privacidade dos usuários não é garantida e o sistema falha em proporcionar acessibilidade de forma equitativa. Verifica-se, na figura 03 abaixo, o resultado obtido no primeiro teste realizado.

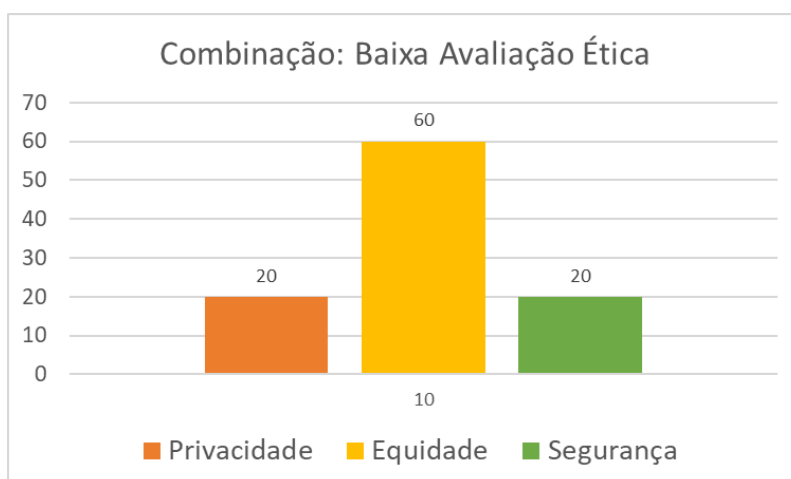
Figura 03. Resultado avaliação ética baixa (segurança baixa, privacidade baixa, equidade baixa).



Fonte: os autores, 2024.

Na figura 04 a seguir, observa-se que as variáveis segurança e privacidade permaneceram em nível “baixo”, enquanto a variável equidade aumentou para o nível “médio”. No entanto, o resultado final da avaliação ética ainda foi “baixa”, influenciado predominantemente pelos níveis baixos das variáveis segurança e privacidade. Essa combinação, com duas variáveis em nível “baixo”, exerce um peso maior na avaliação geral, resultando em uma classificação ética desfavorável, mesmo com a melhoria na equidade.

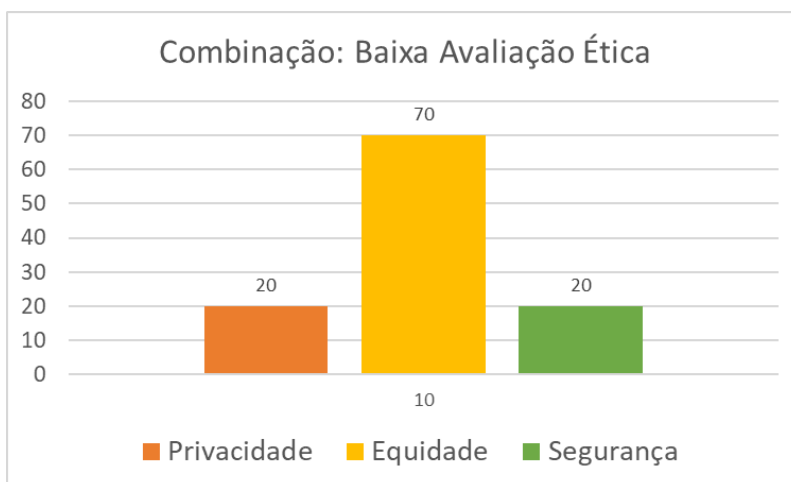
Figura 04. Resultado avaliação ética baixa (segurança baixa, privacidade baixa, equidade média).



Fonte: os autores, 2024.

A figura 05 mostra que o teste realizado teve o resultado da avaliação ética “baixa”, com as variáveis segurança e privacidade apresentando níveis baixos e a variável equidade em nível alto. Observa-se que, apesar de a equidade estar alta, as variáveis predominantes foram segurança e privacidade, que influenciaram o resultado final como “baixa”. Isso destaca que a presença de níveis baixos em aspectos críticos, como segurança e privacidade, compromete significativamente a avaliação ética do software.

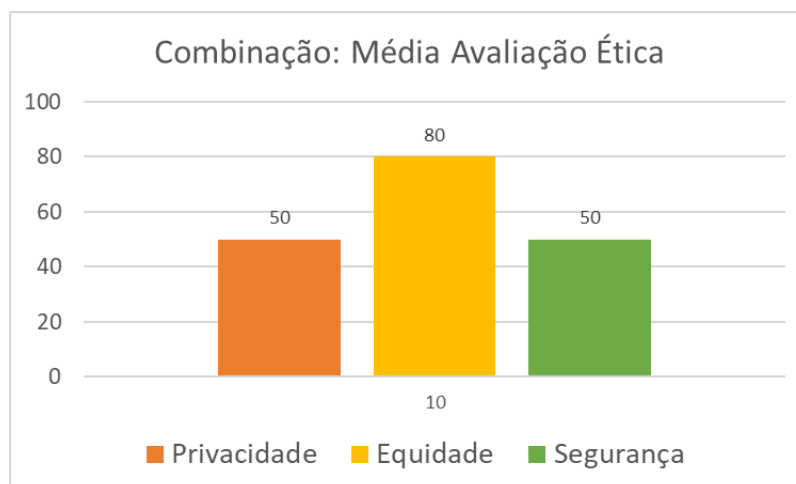
Figura 05. Resultado avaliação ética baixa (segurança baixa, privacidade baixa, equidade alta).



Fonte: os autores, 2024.

Na combinação presente na figura 06, a avaliação ética resultou em “média”. Embora a equidade apresente um nível alto, o resultado não foi considerado “alto” devido ao nível médio da variável segurança e privacidade, o que comprometeu o resultado total. Esse teste reforça a necessidade de um equilíbrio entre todas as variáveis para alcançar uma avaliação ética alta, evidenciando que o desempenho positivo de uma variável não é suficiente para compensar falhas críticas em outras áreas.

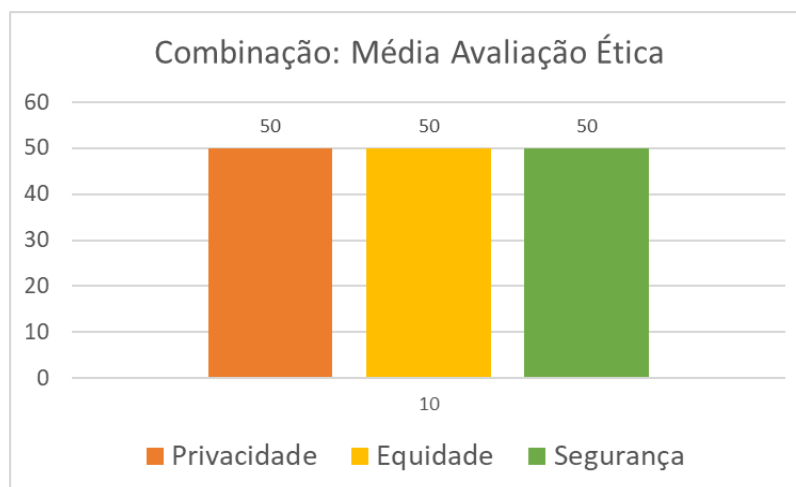
Figura 06. Resultado avaliação ética média (segurança média, privacidade média, equidade alta).



Fonte: os autores, 2024.

Na figura 07, o resultado da avaliação ética foi “média”. As combinações de segurança, privacidade e equidade média, resultaram em uma classificação ética média. Esse resultado ilustra o impacto proporcional que as três variáveis com pontuação média são essenciais na avaliação global.

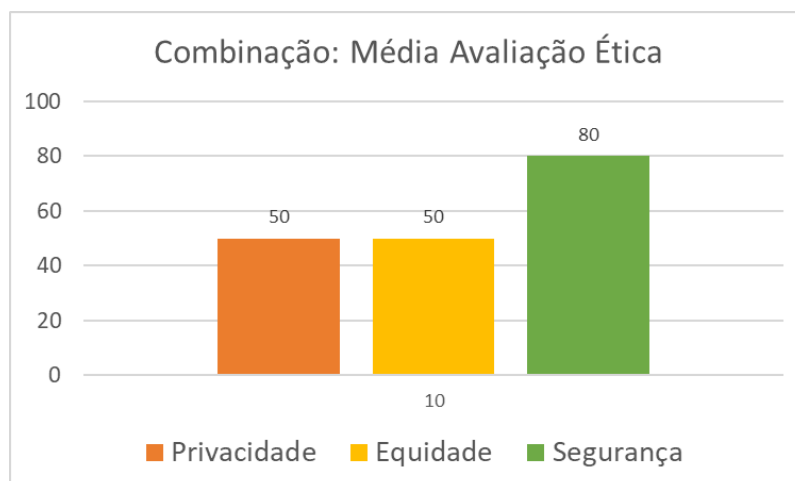
Figura 07. Resultado avaliação ética média (segurança média, privacidade média, equidade média).



Fonte: os autores, 2024.

Na combinação presente na figura 08, o resultado da avaliação ética foi “média”, uma vez que a variável segurança está em nível alto, enquanto privacidade e equidade estão em níveis médios. Como todas as variáveis apresentaram valores acima de 40 e nenhuma em nível baixo, a avaliação final foi considerada média. Isso mostra que o nível elevado de segurança exerce uma influência positiva significativa na conformidade ética.

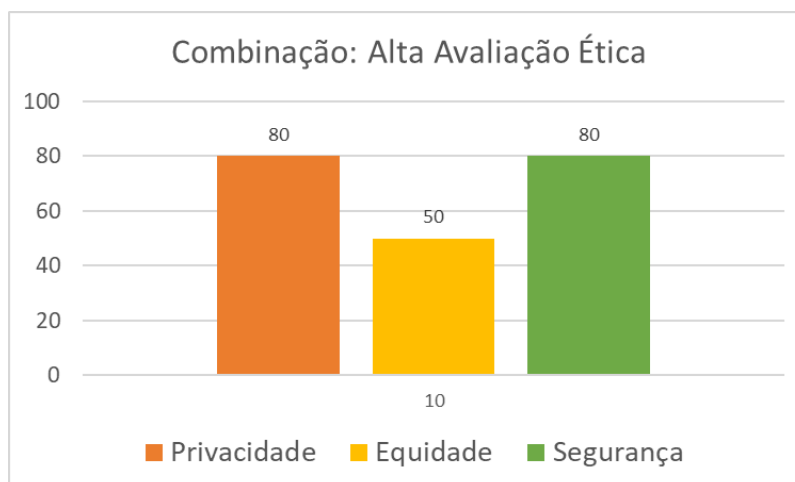
Figura 08. Resultado avaliação ética média (segurança alta, privacidade média, equidade média).



Fonte: os autores, 2024.

O resultado exposto na figura 09 foi uma avaliação ética “alta”. Para alcançar esse nível, a variável segurança e privacidade precisam estar em nível alto, mesmo que a variável equidade esteja com nível médio. Essa configuração mostra que, quando uma das três variáveis têm desempenho médio, é possível obter uma avaliação ética alta.

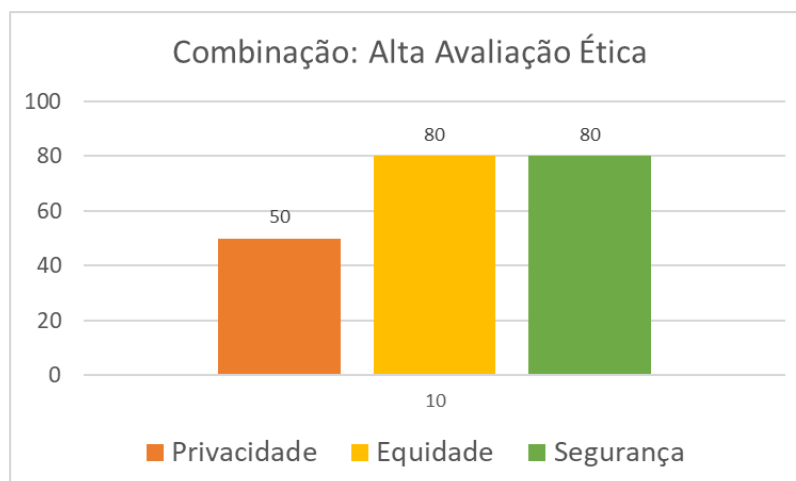
Figura 09. Resultado avaliação ética alta (segurança alta, privacidade alta, equidade média).



Fonte: os autores, 2024.

A figura 10 mostra que o teste apresentou como resultado a avaliação ética “alta” devido aos níveis altos de segurança e equidade, os quais sustentam uma avaliação ética positiva. Embora a privacidade esteja em nível médio, o equilíbrio entre segurança e equidade em níveis elevados foi suficiente para garantir um resultado alto, evidenciando a relevância da segurança e equidade na avaliação geral.

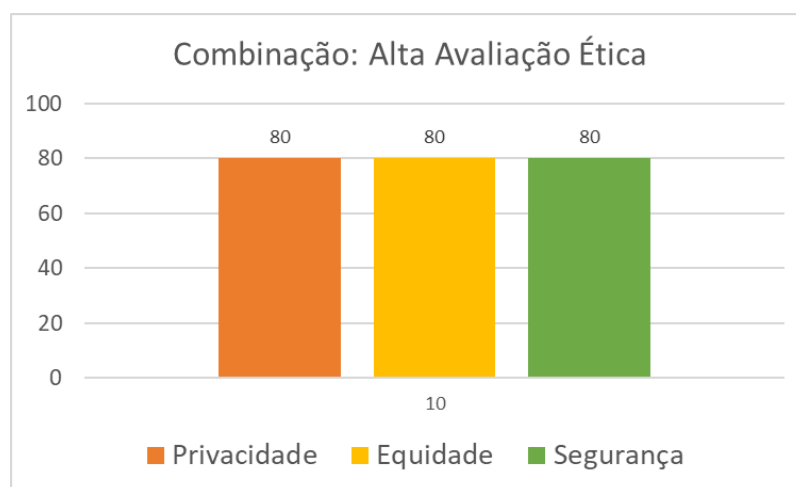
Figura 10. Resultado avaliação ética alta (segurança alta, privacidade média, equidade alta).



Fonte: os autores, 2024.

Na figura 11 observa-se que todas as variáveis — segurança, privacidade e equidade — atingiram níveis altos, resultando em uma avaliação ética “alta”. Cada variável obteve uma pontuação 80, o que indica um desempenho robusto em todas as áreas. Esse cenário representa o padrão ideal para a conformidade ética, no qual o software atende de maneira equilibrada e satisfatória aos critérios estabelecidos.

Figura 11. Resultado avaliação ética alta (segurança alta, privacidade alta, equidade alta).



Fonte: os autores, 2024.

6. Conclusão

O trabalho apresenta um sistema de classificação ética utilizando a lógica fuzzy voltado para classificar de forma eficiente e segura um software desenvolvido com base nas métricas éticas implementadas no sistema (segurança, privacidade e equidade). Ao longo do desenvolvimento do sistema, foram seguidas as seguintes abordagens: definição das 24 regras fuzzy, criação das funções de pertinências e a implementação do sistema fuzzy.

Com base nos resultados obtidos, o sistema apresentou-se eficaz e confiável nas classificações éticas dos software. Na fase de teste do ciclo de vida do desenvolvimento do sistema, foram submetidas várias situações de entradas de dados para verificar o comportamento do programa em determinadas situações. Segue abaixo alguns testes realizados e a classificação ética (Saída de dados) determinada pelo sistema:

1. Quando o nível de segurança e resposta a incidentes foi “baixo”, a privacidade e segurança dos dados “baixa” e a equidade e acesso à informação “baixa”, a avaliação ética do sistema foi “baixa”, ou seja, uma pontuação abaixo de 50, resultando na mensagem para o usuário: “Seu software não segue as normas éticas estabelecidas. É “baixo” as normas éticas usadas no sistema, solicitamos que seja revisado os pontos para serem alterados”.

2. Quando o nível de segurança e resposta à incidentes foi “alta”, a privacidade e segurança dos dados “média” e a equidade e acesso à informação “alta”, a avaliação ética do sistema foi “alta”, ou seja, uma pontuação acima de 70, resultando na mensagem para o usuário: “Seu software segue totalmente as normas éticas, se enquadra como “alta” as normas éticas estabelecidas”.

3. Quando o nível de segurança e resposta a incidentes foi “média”, a privacidade e segurança dos dados “alta” e a equidade e acesso à informação “média”, a avaliação ética do sistema foi “média”, ou seja, uma pontuação acima de 50 ou menor igual à 70, resultando na mensagem para o usuário: “Seu software segue as normas éticas mínimas necessárias, mas ainda necessita de melhorias para se tornar um programa totalmente seguro”.

4. Quando o nível de segurança e resposta a incidentes foi “alto”, a privacidade e segurança dos dados “alta” e a equidade e acesso à informação “baixa”, a avaliação ética do sistema foi “baixa”, ou seja, uma pontuação abaixo de 50, resultando na mensagem para o usuário: “Seu Software não segue as normas éticas estabelecidas. É “baixo” as normas éticas usadas no sistema, solicitamos que seja revisado os pontos para serem alterados”.

Com os testes, evidenciou-se que o sistema de classificação ética utilizando a lógica fuzzy é capaz de lidar com incertezas e imprecisões, principalmente, na ética, pois os valores éticos e morais podem sofrer mudanças em determinadas culturas.

O sistema continuará recebendo melhorias, mesmo apresentando resultados excelentes, de vez que é priorizado a inovação nas avaliações éticas do sistema. Nesse sentido, as mensagens finais da avaliação do sistema terão mudanças futuras, adicionando sugestões ao usuário sobre o que ele pode alterar e acrescentar no software após sua avaliação, contribuindo de forma esplêndida para que as empresas desenvolvedoras de software sigam de forma correta as normas éticas.

Portanto, o sistema de classificação ética é uma inovação na área de desenvolvimento de software e também da inteligência computacional devido à implementação da lógica fuzzy (técnicas matemáticas) na área de classificação ou avaliação ética.

Referências

Balcão Filho, A., et al. (2011). *Segurança de Sistemas da Informação (Melhorando a Segurança em Software)*. Qualidade e Produtividade em Projetos de Software Ciclo, 12.

Castro, RM (2012). *Seleção de boas práticas de desenvolvimento de software em micro e pequenas empresas: uma abordagem utilizando sistemas baseados em conhecimento*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2638/1/texto%20completo.pdf> .

Dias, A. L., et al. (2010). *Uma revisão sistemática sobre a inserção de acessibilidade nas fases de desenvolvimento da engenharia de software em sistemas web*. In: IHC 2010, p. 39-48.

Koscianski, A., & Soares, M. S. (2007). *Qualidade de Software - 2ª Edição*: Aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de software. Novatec Editora.

Leite, M. V. C. (2024). *Segurança em aplicações web: análise de vulnerabilidades e testes de penetração*. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Maranhão.

Machado, C. S. F. (2001). *Software e privacidade: uma defesa do código-fonte aberto na preservação do direito constitucional à vida privada*. Revista CAAP, 1.

Causey, R. L. (1994). *Logic, Sets, and Recursion*. Boston, MA: Jones and Bartlett.

Sá, A. L. de. (1996). *Ética profissional*. São Paulo: Atlas.