**Bacharelado em Ciência da Computação**

Escola de Engenharia de Piracicaba

Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba

Software de conhecimento computacional para simplificação e resolução de expressões algébricas

*Antonio Raphael de Arruda Basso*



***Ano: 2017***

**Bacharelado em Ciência da Computação**

Escola de Engenharia de Piracicaba

Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba

Software de conhecimento computacional para simplificação e resolução de expressões algébricas

*Monografia de Conclusão de Curso de Graduação*

*apresentada à Escola de Engenharia de Piracicaba*

*como um requisito para a conclusão do Curso de   
Bacharelado em Ciência da Computação*

Discente: Antonio Raphael de Arruda Basso

Docente Orientador: Odahyr Cavalini Junior

Folha de Aprovação

**Data de Defesa:**

**Banca Examinadora**

|  |  |
| --- | --- |
| **Prof. ...............................**  **Assinatura:** |  |
| **Prof. .................................**  **Assinatura:** |  |
| **Prof. ................................**  **Assinatura:** |  |

Agradecimentos

Primeiramente à Deus, pela sua divina misericórdia e por tudo de tão maravilhoso que nos tem dado.

À minha família, pai, mãe, irmã, sobrinho e colegas pelo carinho, apoio e admiração.

Aos professores, por toda sua sabedoria, paciência, disposição, e pela enorme contribuição dada ao longo do curso.

.

resumo

O objetivo deste projeto é desenvolver um software de conhecimento computacional matemático, cujo intuito principal é analisar, interpretar, simplificar e resolver de forma iterativa expressões algébricas com base em heurísticas simples, utilizando para isso conceitos das disciplinas de exatas do curso de Ciência da Computação. É software de código aberto que poderá ser utilizado para ajudar os discentes nos estudos dos mais variados temas relacionados às disciplinas de exatas, uma vez que a maioria das ferramentas disponíveis são proprietárias. O software não pretende concorrer com softwares proprietários, tampouco, implementar um conjunto rico de recursos para simplificação e resolução de expressões algébricas.

Abstract

Resumo em inglês

lista de ilustrações

Figura 1: Processo de tradução de um compilador 7

Figura 2: Processo de compilação 8

Figura 3: Gramática g4 de uma calculadora simples 10

Figura 4: Diagrama de classe em UML do padrão Composite 13

Figura 5: Diagrama de classe em UML do padrão Visitor 13

Figura 6: Clico de desenvolvimento do TDD (Vermelho, Verde, Refatorar) 18

Figura 7: Exemplo de classe “Usuario” 18

Figura 8: Teste unitário da classe “Usuario” 18

Figura 9: Processo de compilação de um arquivo fonte Java em *bytecode* 20

Figura 10: A mesma aplicação Java executando em diferentes sistemas operacionais 21

Figura 11: Como a API e a JVM isolam a aplicação 21

Figura 12: Exemplo de como embarcar o Apache Groovy em um programa Java 22

Figura 13: Módulos que compõem o Spring Framework 23

Figura 14: Captura de tela do gerenciador de inicialização de projetos do Spring Boot 24

Figura 15: Diagrama de caso de uso para resolução de expressões algébricas 31

Figura 16: Diagrama de caso de uso de login 31

Figura 17: Diagrama de caso de uso para gerenciar usuários 32

Figura 18: Diagrama de caso de uso gerenciar heurísticas 32

Figura 19: Diagrama de caso de uso para gerenciar testes de heurísticas 33

Figura 20: Diagrama de atividade para resolver expressões 37

Figura 21: Diagrama de atividade de login 37

Figura 22: Diagrama de atividade para listagem de usuários 38

Figura 23: Digrama de atividade para inclusão de usuários 38

Figura 24: Digrama de atividade para alteração de usuários 39

Figura 25: Digrama de atividade para exclusão de usuários 39

Figura 26: Digrama de atividade para listagem de heurísticas 40

Figura 27: Digrama de atividade para inclusão de heurísticas 40

Figura 28: Digrama de atividade para alteração de heurísticas 41

Figura 29: Diagrama de atividade para exclusão de heurísticas 41

Figura 30: Diagrama de atividade para execução dos testes de heurística 42

Figura 31: Diagrama de atividade para listagem de heurísticas de teste 42

Figura 32: Diagrama de atividade para inclusão de heurísticas de teste 43

Figura 33: Diagrama de atividade para alteração de heurísticas de teste 43

Figura 34: Diagrama de atividade para exclusão de heurísticas de teste 44

Figura 35: Diagrama de classes conceitual de nós de expressão 45

Figura 36: Diagrama de classes conceitual para visitors de expressões 45

Figura 37: Diagrama de classes conceitual das entidades de domínio 46

Figura 38: Diagrama de classes conceitual dos controladores e repositórios 46

Figura 39: Modelo DER 47

Figura 40: Modelo lógico do banco de dados 55

Figura 41: Diagrama de sequência para resolução de expressões 55

Figura 42: Diagrama de sequência de login 56

Figura 43: Diagrama de sequência de listagem de usuários 56

Figura 44: Diagrama de sequência de inclusão de usuários 56

Figura 45: Diagrama de sequência de alteração de usuários 57

Figura 46: Diagrama de sequência de exclusão de usuários 57

Figura 47: Diagrama de sequência de listagem de heurísticas 58

Figura 48: Diagrama de sequência de inclusão de heurísticas 58

Figura 49: Diagrama de sequência de alteração de heurísticas 58

Figura 50: Diagrama de sequência de exclusão de heurísticas 59

Figura 51: Diagrama de sequência de execução de testes de heurística 59

Figura 52: Diagrama de sequência de listagem de testes de heurística 59

Figura 53: Diagrama de sequência de inclusão de teste de heurística 60

Figura 54: Diagrama de sequência de alteração de teste de heurística 60

Figura 55: Diagrama de sequência de exclusão de teste de heurística 60

lista de Tabelas

Tabela 1: Cronograma 5

Tabela 2: Requisito funcional da plataforma *web* 28

Tabela 3: Requisito funcional do sistema web responsivo 28

Tabela 4: Requisito funcional para resolução de expressão algébrica 28

Tabela 5: Requisito funcional para validação do usuário 29

Tabela 6: Requisito funcional para gerenciamento de usuários 29

Tabela 7: Requisito funcional para gerenciamento de heurísticas 29

Tabela 8: Requisito funcional para execução de testes de heurísticas 29

Tabela 9: Requisito funcional para gerenciamento de heurísticas de teste 30

Tabela 10: Requisito não funcional de acesso à internet 30

Tabela 11: Requisito não funcional necessidade de ao menos um desenvolvedor 30

Tabela 17: Atores e suas responsabilidades 33

Tabela 18: Tabela de caso de uso para resolução de expressões 33

Tabela 19: Tabela de caso de uso para login 33

Tabela 20: Tabela de caso de uso para listagem de usuários 34

Tabela 21: Tabela de caso de uso para inclusão de usuários 34

Tabela 22: Tabela de caso de uso para alteração de usuários 34

Tabela 23: Tabela de caso de uso para listagem de heurísticas 34

Tabela 24: Tabela de caso de uso 8 para inclusão de heurísticas 35

Tabela 25: Tabela de caso de uso para alteração de heurísticas 35

Tabela 26: Tabela de caso de uso para exclusão de heurísticas 35

Tabela 27: Tabela de caso de uso para execução dos testes de heurística 35

Tabela 28: Tabela de caso de uso para listagem de teste de heurística 35

Tabela 29: Tabela de caso de uso para inclusão de teste de heurística 36

Tabela 30: Tabela de caso de uso para alteração de teste de heurística 36

Tabela 31: Tabela de caso de uso para exclusão de teste de heurística 36

Tabela 32: Dicionário da entidade Role 48

Tabela 33: Dicionário da entidade User 48

Tabela 34: Dicionário da entidade Heuristic 48

Tabela 35: Dicionário da entidade HeuristicTest 48

Tabela 36: Dicionários de dados do identificador da função 49

Tabela 37: Dicionários de dados do nome da função 49

Tabela 38: Dicionários de dados do identificador que relaciona com o usuário 50

Tabela 39: Dicionários de dados do identificador do usuário 50

Tabela 40: Dicionários de dados se o usuário está ou não habilitado 50

Tabela 41: Dicionários de dados da senha do usuário 51

Tabela 42: Dicionários de dados do nome de usuário 51

Tabela 43: Dicionários de dados do identificador da heurística 51

Tabela 44: Dicionários de dados da data da última alteração da heurística 52

Tabela 45: Dicionários de dados do nome da heurística 52

Tabela 46: Dicionários de dados do código fonte da heurística 53

Tabela 47: Dicionários de dados do identificador do teste de heurística 53

Tabela 48: Dicionários de dados da entrada do teste de heurística 53

Tabela 49: Dicionários de dados do resultado esperado do teste de heurística 54

Tabela 50: Dicionários de dados do identificador da heurística 54

lista de ABreviaturas e siglas

TDD – *Test Driven Development*

XP – *Extreme Programming*

DDD – *Domain Driven Design*

UML – *Unified Modeling Language*

HTML – *HyperText Markup Language*

CSS – *Cascading Style Sheet*

IoC – *Invertion of Control*

DI – *Dependency Injection*

MVC – *Model View Controller*

JPA – *Java Persistence API*

SGBD – *Sistema Gerenciador de Banco de Dados*

ORM – *Object Relational Mapping*

IDE – *Integrated Development Environment*

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*

CRUD – *Create, read, update, delete*

XML – *eXtensible Markup Language*

AOP – *Aspect Oriented Programming*

CST – *Concrete Syntax Tree*

AST – *Abstract Syntax Tree*

Sumário

RESUMO iii

ABSTRACT iv

lISTA DE Ilustrações v

lISTA DE Tabelas vi

lISTA DE abreviaturas e siglas vii

1. Introdução
   1. [Contextualização](#_toc360) 01
   2. [Objetivo](#_toc365) 02
   3. [Motivação](#_toc367) 03
   4. [Materiais e Métodos](#_toc370) 04
   5. [Cronograma Realizado](#_toc372) 05
2. Revisão Bibliográfica
   1. Considerações Iniciais 06
   2. Compiladores 07
      1. Análise Léxica 08
      2. Análise Sintática 09
      3. Árvore Sintática 09
      4. Análise Semântica 09
      5. ANTLR 10
   3. Design Patterns 12
      1. Composite 12
      2. Visitor 13
      3. Inversion of Control 13
      4. Dependency Injection 14
   4. Domain-Driven Design 15
      1. Ubiquitous Language 15
      2. Bounded Contexts 15
      3. Design Tático 16
      4. Design Estratégico 16
   5. Test Driven Development 17
   6. Tecnologia Java 20
      1. Apache Groovy 21
      2. Spring Framework 22
   7. Considerações Finais 25
3. PROJETO
   1. Considerações Iniciais 26
   2. Especificação de Usuários 27
   3. Especificação de Requisitos 28
      1. Requisitos Funcionais 28
      2. Requisitos Não Funcionais 30
      3. Diagramas de Caso de Uso 31
      4. Diagramas de Atividade 41
   4. Artefatos de Análise 49
      1. Diagramas de Classe 49
      2. Modelo DER 50
   5. Artefatos de Projeto 52
      1. Diagramas de Classe 52
      2. Dicionário de Entidades
      3. Dicionário de Dados
      4. Modelo Lógico do Banco de Dados
      5. Diagramas de Sequência
   6. Considerações Parciais

**Capítulo 1**

**Introdução**

* 1. **Contextualização**

Há uma série de ferramentas que tem como propósito tornar o conhecimento sistemático computável. Alguns *softwares* são mais voltados para conhecimento algébrico (como o *Derive* ou *TI-Nspire* da *Texas Instruments)*, outros vão além, tentando tornar acessível todo o conhecimento sistemático computável fornecendo respostas para consultas factuais (como o *Wolframalpha*).

Por conta do caráter complexo dessas ferramentas, muitas são pagas e não estão disponíveis a todo tipo de público (principalmente para os discentes de cursos de graduação, uma vez que licenciar ferramentas do gênero tem elevado custo), e mesmo quando essas ferramentas dispõem de alguma forma de utilização sem custo, os recursos oferecidos são extremamente limitados. Outro problema dessas ferramentas fica por conta do suporte, seja por questões de internacionalização ou pela descontinuidade da ferramenta. Também, os algoritmos (tampouco o código fonte) por trás dessas ferramentas não estão acessíveis ao público. Também, foi realizada uma consulta em artigos acadêmicos, e não foram encontradas referências que tratem do tema.

Portanto, este projeto tem como propósito desenvolver um software de código aberto que possa ser utilizado como mecanismo de conhecimento computacional matemático, cujo objetivo principal é analisar, interpretar, simplificar e resolver de forma iterativa expressões algébricas, que seja simples de estender fornecendo um mecanismo de acréscimo de funcionalidades sem a necessidade de recompilação da aplicação.

* 1. **Objetivo**

Desenvolver um *software* de conhecimento computacional matemático de código aberto, cujo objetivo principal é analisar, interpretar, simplificar e resolver de forma iterativa expressões algébricas com base em heurísticas simples, utilizando para isso conceitos das disciplinas de exatas do curso de Ciência da Computação, uma vez que as ferramentas disponíveis são proprietárias. O software deve fornecer uma forma simples de se estendê-lo utilizando-se linguagens embarcadas, fazendo com que não seja necessária a recompilação do código fonte do projeto.

Além do *software*, o projeto visa fornecer métodos para que seja possível a difusão de mais ferramentas e algoritmos acerca do tema.

* 1. **Motivação**

Há diversas ferramentas que tentam tornar acessível todo o conhecimento sistemático computável fornecendo respostas para consultas factuais, porém, a maioria dessas ferramentas além de serem pagas, não demonstram como esse objetivo é atingido (uma vez que não se tem acesso ao código fonte).

Este projeto tem como objetivo desenvolver um *software* de código aberto que possa ser utilizado como mecanismo de conhecimento computacional matemático, com o intuito de ajudar os discentes nos estudos dos mais variados temas relacionados às disciplinas de exatas, bem como ser um ponto de partida para que novas ferramentas sobre o tema sejam desenvolvidas, ou simplesmente demonstrar uma abordagem sobre o tema.

* 1. **Materiais e Métodos**

Para que seja possível o desenvolvimento deste projeto, foram necessárias diversas ferramentas (em sua grande maioria de código aberto), princípios, padrões e práticas:

* Para o versionamento do código fonte do projeto, foi utilizado o sistema Git, que permite o gerenciamento descentralizado de versões.
* Como ferramenta para automação da compilação de código Java e gerenciamento de dependências, foram utilizados o Maven e o Gradle.
* Sobre a geração do analisador léxico, analisador sintático e a construção da árvore sintática, foi utilizado a ferramenta ANTLR.
* Todo o desenvolvimento de código fonte do projeto foi feito utilizando a IDE IntelliJ IDEA, pois possui integração com diversas ferramentas de automação e testes.
* Testes unitários, testes de integração e testes de sistema foram feitos utilizando-se a ferramenta JUnit em conjunto com a biblioteca Hamcrest.
* Para a montagem da arquitetura da aplicação, no qual foi feita a separação em mais de um projeto com várias camadas, dando foco principal na camada de domínio, foi utilizado o *framework* Spring Boot juntamente com o Spring MVC.
* Quanto ao armazenamento dos complementos do projeto, foi utilizado o framework ORM Hibernate, e a persistência em banco de dados utilizando o SGBD H2.
  1. **Cronograma Realizado**

A partir do terceiro ano do curso de Ciência da Computação, foram feitas diversas pesquisas onde um vasto material e conhecimento foi adquirido, fornecendo assim subsídios para que fosse possível seu desenvolvimento no último ano do curso.

Tendo como base alguns princípios de desenvolvimento ágil (principalmente *Extreme Programming*), com iterações curtas, o cronograma foi dividido como segue:

Tabela : Cronograma

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Atividades | Mar | | | | Abr | | | | Mai | | | | Jun | | | | Jul | | | | Ago | | | | Set | | | | Out | | | | Nov | | | |
| Estudo |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Análise |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Projeto |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Desenvolvimento |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Próprio autor

**Capítulo 2**

**Revisão Bibliográfica**

**2.1. Considerações Iniciais**

Neste capítulo são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas como base para a realização do projeto.

Na primeira parte, é dada uma visão geral sobre a teoria de compiladores, suas fases e as estruturas de dados utilizadas durante o processo. É dada nessa parte também uma explanação sobre geradores de analisadores léxicos e sintáticos, como o ANTLR.

Em seguida, é dada uma explicação sobre padrões de projetos, e é dada uma explicação introdutória sobre alguns padrões de desenho importantes, bem como alguns padrões de arquitetura de software.

A próxima seção descreve como o Domain-Driven Design auxilia os desenvolvedores e os analistas de domínio a produzir software mais coerente com o negócio.

Na sequência, é dada uma descrição completa sobre o que é Test Driven Development, e como essa técnica pode auxiliar a minimizar erros no desenvolvimento de software.

Por fim, é feita uma análise geral da tecnologia Java, e como outras linguagens de programação e *frameworks* podem ser usados nessa plataforma.

**2.2. Compiladores**

Segundo Louden (2004), compiladores são *softwares* que convertem um código fonte (ou linguagem origem), em um código objeto (ou linguagem-objeto). Normalmente, o código fonte é escrito em uma linguagem de programação de alto nível, com grande capacidade de abstração, e o código objeto é escrito em uma linguagem de baixo nível, como uma sequência de instruções a ser executada pelo processador (pode ocorrer do processo de tradução ser feito de uma linguagem de alto nível para outra).

Figura : Processo de tradução de um compilador



Fonte: Próprio autor

As etapas de compilação são complexas, e são compostas de dois processos: análise e síntese. O processo de análise é composto pela análise léxica, análise sintática e análise semântica, e tem como objetivo analisar o código fonte dado como entrada (esse processo tende a ser mais matemático), enquanto a síntese é composta pela geração de código intermediário, otimização de código e geração de código (requerendo técnicas mais especializadas).

Figura : Processo de compilação



Fonte: Próprio autor.

Hoje, tem-se um conjunto de ferramentas que facilitam a criação e manutenção de compiladores, muitas dessas ferramentas são escritas em linguagem como Java, C e C++ e já automatizam boa parte da construção de um compilador. Essas ferramentas geram códigos que podem ser incluídos no projeto do compilador. Um exemplo são os geradores de analisadores léxicos, que com base em expressões regulares, geram um algoritmo capaz de identificar os elementos léxicos de uma linguagem de programação. Outro exemplo são os geradores de analisadores sintáticos, que a partir de uma gramática, gerar um algoritmo para verificar a sintaxe de uma dada linguagem.

**2.2.1. Análise Léxica**

Análise léxica (ou varredura) é a primeira fase de um compilador, que consiste em analisar a entrada de linhas de caracteres e produzir uma sequência de símbolos chamados *tokens* (sequência de caracteres com um significado coletivo). É nessa fase que são reconhecidos os identificadores, números, palavras reservadas, constantes (e demais itens pertencentes à linguagem de programação), além de executar outras tarefas como tratar espaços, remover comentários, contar do número de linhas para auxiliar as etapas subsequentes da compilação na emissão de mensagens de alerta e erros, etc. Um conceito muito importante no estudo de compiladores é a otimização, que se refere as atentivas de produzir um compilador que gere um código mais eficiente. Essa é uma etapa cada vez mais importante e complexa devido à grande variedade de arquiteturas de processadores. O tempo de compilação é outro fator muito importante que deve ser levado em consideração durante o desenvolvimento de um compilador. Usualmente, a análise léxica é invocada pelo analisador sintático cada vez que um novo *token* é encontrado.

**2.2.2. Análise Sintática**

A análise sintática (também conhecida como *parser*) é a segunda etapa do processo de compilação, e tem como tarefa principal determinar se o programa de entrada representado pelo fluxo de *tokens* produzido pelo analisador léxico possui as sentenças válidas para a linguagem de programação (normalmente representada utilizando gramáticas livres de contexto para especificar a sintaxe), ou seja, essa etapa do processo de compilação deve determinar se uma dada entrada é válida ou não. Além disso, deve se encarregar de capturar dados importantes para que as fases subsequentes do processo de compilação (como a análise semântica e geração de código).

Os métodos mais comumente usados nos compiladores são classificados como ascendentes (ou *top-down*) e descendentes (*bottom-up*). Os algoritmos ascendentes constroem árvores sintáticas da raiz para as folhas, enquanto que os algoritmos descendentes começam pelas folhas e trabalham árvore acima até a raiz (em ambos os casos, a entrada é varrida da esquerda para a direita, um símbolo de cada vez). Normalmente, os algoritmos ascendentes tendem a ser implementados utilizando geradores de analisadores sintáticos (como o ANTLR), enquanto os algoritmos ascendentes podem ser escritos manualmente.

**2.2.3. Árvore Sintática**

A árvore sintática é uma estrutura de dados em forma de árvore que representa sequência hierárquica da linguagem de programação, sendo gerada no processo de análise sintática conforme a gramática da linguagem é verificada. Essa estrutura representa a hierarquia do programa fonte, podendo utilizar poucas informações, ou pode ser uma representação da gramática da linguagem, incluindo os *tokens* e cadeias de caracteres lidos no processo de análise léxica (esse tipo de estrutura é denominada *concrete syntax tree*).

Pode-se também utilizar *abstract syntax tree* (árvore sintática abstrata), que é uma representação específica e simplificada de uma árvore que é gerada tendo como base uma *concrete syntax tree*.

**2.2.4. Análise Semântica**

A análise semântica é a terceira etapa do processo de compilação verificar aspectos relacionados ao significado das instruções. As validações que não podem ser executadas pelas etapas anteriores devem ser executadas durante a análise semântica a fim de garantir que o programa fonte esteja coerente. Um exemplo que ilustra muito bem essa etapa de validação de tipos é a atribuição de objetos de tipos ou classes diferentes. Em alguns casos, o compilador realiza a conversão automática de um tipo para outro que seja adequado à aplicação.

Os tipos de dados são muito importantes nessa etapa da compilação, pois com base neles, o analisador semântico pode definir quais valores podem ser manipulados (isso é conhecido com checagem de tipo). Os sistemas de tipos de dados podem ser divididos em dois grupos: sistemas dinâmicos e estáticos. Muitas das linguagens utilizam o sistema estático (esse sistema é predominante em linguagens compiladas), pois essa informação é utilizada durante a compilação e simplifica o trabalho do compilador. Outras linguagens utilizam um mecanismo muito interessante chamada inferência de tipos, que permite a uma variável assumir vários tipos durante o seu ciclo de vida, permitindo que a ela possa assumir diversos valores (linguagens de programação como Haskel tiram proveito desse mecanismo).

**2.2.5. ANTLR**

ANTLR (*ANother Tool for Language Recognition*) é um poderoso gerador de analisadores para leitura, processamento, execução, ou tradução estruturada de textos ou arquivos binários. É largamente usada na construção de linguagens, ferramentas e *frameworks*. A partir de uma gramática, o ANTLR gera analisadores que podem construir e percorrer árvores de sintáticas.

Figura : Gramática g4 de uma calculadora simples

|  |
| --- |
| grammar calculator;  equation  : multiplyingExpression ((PLUS | MINUS) multiplyingExpression)\*  ;  multiplyingExpression  : number ((TIMES | DIV) number)\*  ;  number  : MINUS? DIGIT + (POINT DIGIT +)?  ;  LPAREN  : '('  ;  RPAREN  : ')'  ;  PLUS  : '+'  ;  MINUS  : '-'  ;  TIMES  : '\*'  ;  DIV  : '/'  ;  POINT  : '.'  ;  DIGIT  : ('0' .. '9')  ;  WS  : [ \r\n\t] + -> channel (HIDDEN)  ; |

Fonte: Próprio autor

**2.3. Design Patterns**

De acordo com Shvets (2001), um Design Pattern (padrão de projeto) descreve de forma geral um problema e como resolvê-lo, de tal maneira que se possa utilizá-lo indefinidas vezes, nunca fazendo da mesma maneira. Não é um projeto acabado que possa ser transformado diretamente em código, mas pode acelerar o processo de desenvolvimento fornecendo paradigmas de desenvolvimento testados e comprovados.

Muitas vezes, as pessoas só entendem como aplicar certas técnicas de *design* de *software* para determinados problemas. Estas técnicas são difíceis de aplicar a uma gama mais ampla de problemas. Os padrões de projeto fornecem soluções gerais, documentadas em um formato que não estão ligadas a um problema específico.

Também, os padrões permitem que os desenvolvedores se comuniquem usando nomes bem conhecidos e bem compreendidos para interações de *software*.

Segundo Gamma (2000), os padrões de projeto têm quatro elementos essenciais:

1. Nome do padrão: referência que pode ser usada para descrever um problema de projeto, suas soluções e consequências, elevando de forma imediata o vocabulário dos desenvolvedores em um projeto.
2. Problema: descreve em que situação o padrão pode ser aplicado, explicando o problema e seu contexto.
3. Solução: elementos que compõem o padrão de projeto, como seus relacionamentos, suas responsabilidades e colaborações, não descrevendo um projeto concreto ou uma implementação em particular.
4. Consequências: resultados e análises das vantagens e desvantagens ao se utilizar um padrão.

Ainda segundo o autor (Gamma, 2000), os padrões de projetos podem ser classificados como padrões criacionais (padrões de criação de classe e padrões de criação de objetos), estruturais (padrões sobre composição de classe e objeto utilizando herança) e comportamentais (tratam da comunicação de objetos da classe).

**2.3.1. Composite**

Segundo Gamma (2000), o padrão de projeto Composite (composição) é um padrão do tipo estrutural e tem por objetivo compor objetos em estruturas de árvore para representar hierarquia partes-todo, permitindo aos clientes tratarem de maneira uniforme objetos individuais e composições de objetos. É usado onde é necessário tratar um grupo de objetos de maneira semelhante a um único objeto ou compondo objetos em termos de uma estrutura em árvore para representar parte dela ou sua hierarquia completa.

Figura : Diagrama de classe em UML do padrão Composite



Fonte: Próprio autor

**2.3.2. Visitor**

De acordo com Gama (2000), o padrão de projeto *visitor* (visitante) é um padrão comportamental que representa uma operação a ser executada nos elementos de uma estrutura de objetos, permitindo assim definir uma nova operação sem mudar as classes dos elementos sobre os quais opera. A sua ideia é separar as operações que serão executadas em uma determinada estrutura de sua representação. Assim, incluir ou remover operações não terá nenhum efeito sobre a interface da estrutura, permitindo que o resto do sistema funcione sem depender de operações específicas.

É comumente utilizado em conjunto com o padrão Composite e com estruturas de dados em árvore (fornecendo uma forma de navegar em sua estrutura).

Figura : Diagrama de classe em UML do padrão Visitor



Fonte: Próprio autor

**2.3.3. Inversion of Control**

*Inversion of control* (inversão de controle) é o padrão de projeto de *software* que consiste em mudar o fluxo de execução de um programa, ou seja, ao invés do programador determinar quando um procedimento será executado, ele apenas determina qual é esse procedimento.

Tem como objetivo reduzir o acoplamento, aumentar a coesão, facilitar o reuso e os testes no projeto de software, permitindo que os objetos podem ser adicionados e testados independentemente uns dos outros objetos.

**2.3.4. Dependency Injection**

*Dependency injection* (injeção de dependência) é uma das formas de se aplicar a inversão de controle.

A técnica consiste em passar a dependência (serviço) para o dependente (cliente). Isso é a chamada injeção. O importante é entender que o serviço é injetado no cliente ao invés do próprio cliente procurar e construir o serviço que irá utilizar, permitindo que estados e comportamentos sejam determinados através de passagem de parâmetros. Em programação orientada a objetos, essa passagem de parâmetros pode ser feita pelo construtor da classe, método ou atributo (onde na maioria dos casos, o tipo do parâmetro é uma interface ou classe abstrata).

**2.4. Domain-Driven Design**

Segundo Evans (2010), Domain-Driven Design (modelagem dirigida pelo domínio) é um conjunto de práticas que tem por objetivo a construção de um software que expresse de forma bem clara um problema em questão, auxiliando os desenvolvedores e os analistas de domínio a produzir software mais coerente com o negócio utilizando para isso desenvolvimento iterativo e comunicação constante. Fornece práticas em nível tático e estratégico para criação de um modelo de domínio sólido, auxiliando na identificação de áreas importantes a serem atacadas, e como essas áreas se comunicam. Um modelo de domínio é um conjunto de objetos interconectados, projetados para atender regras de negócio complexas, onde cada um deles tem um significado próprio dentro da área de negócio a ser atendida. Dentre as principais vantagens, pode-se destacar:

* Troca de conhecimento entre desenvolvedores e analistas de domínio contribuindo para reduzir as chances de que o conhecimento sobre o modelo de domínio fique nas mãos de poucas pessoas;
* Melhora experiência de usuário, uma vez que as telas do software passam a refletir uma operação de negócio;
* O código do software expressa melhor o negócio e a arquitetura da solução.

DDD não se trata de um padrão ou arquitetura para se desenvolver softwares, e pode ser utilizado com diversos conceitos, como a arquitetura em camadas, cebola, hexagonal, entre outros (o importante é que o modelo de domínio se mantenha isolado de detalhes técnicos). Além disso, fornece uma série de conceitos e padrões que auxiliam no design da solução, tanto em nível tático como em nível estratégico.

**2.4.1. Ubiquitous Language**

Os desenvolvedores e os analistas de domínio devem compartilhar uma linguagem comum, que deve ser compreendida por todos, não apresentar ambiguidades, e mais importante, essa linguagem deve definir a terminologia de negócios e não terminologia técnica. Evans (2010) denominou essa linguagem como *ubiquitous language* (linguagem onipresente, ou linguagem ubíqua), ou seja, é a linguagem criada pelo time de desenvolvimento em conjunto com os analistas de domínio que expressa o negócio em comunicação falada, em documentos, no próprio código, ou em um contexto específico. Toda vez que alguém perceber que um determinado conceito do domínio possui várias palavras que o represente, essa pessoa deve tentar readequar tanto a linguagem falada e escrita, quanto o código.

**2.4.2. Bounded Contexts**

*Bounded Contexts* (contextos delimitados) é uma fronteira conceitual onde reside o modelo de domínio e sua linguagem ubíqua. Buscam delimitar um domínio complexo em contextos baseados nas intenções do negócio, isto é, delimitando as intenções das entidades com base no contexto que elas pertencem e fornecendo aos membros das equipes de desenvolvimento um claro entendimento do que deve ser consistido e desenvolvido independentemente.

Dividir uma grande aplicação entre diferentes contextos delimitados adequadamente permitirá que a aplicação se torne mais modular, ajudando a separar preocupações diferentes e tornando a aplicação fácil de gerenciar e aprimorar. Cada um desses Contextos Limitados tem uma responsabilidade específica e pode operar de forma quase autônoma.

**2.4.3. Design Tático**

Em nível tático, há uma série de padrões que auxiliam na criação do modelo de domínio:

* Entidades: classes de objetos que necessitam de uma identidade;
* *Value objects* (objetos de valor): objetos que só carregam valores, mas que não possuem distinção de identidade;
* Serviços: classes que contém lógica de negócio que não pertence à nenhuma Entidade ou objetos de valor;
* Eventos: ações que devem ser executadas dependendo das circunstâncias;
* *Aggregates* (agregados): conjuntos de entidades ou objetos de valor que são encapsulados numa única classe;
* Módulos: abstrações que têm por objetivos agrupar classes por um determinado conceito do domínio;
* Repositórios: classes responsáveis por administrar o ciclo de vida dos outros objetos e de prover, alterar, e eliminar instâncias destes;
* *Factories* (fábricas): classes responsáveis pela criação de agregados ou objetos de valor.

**2.4.4. Design Estratégico**

Em nível estratégico, há inúmeros padrões úteis para se lidar com soluções muito complexas, compostas por vários sistemas, sejam eles internos ou externos. Além do próprio *bounded context*, apresenta-se os conceitos de *subdomain* (uma separação do domínio entre aquilo que é a motivação da aplicação e aquilo que é auxiliar), *context map*, *shared kernel* (que pode ser utilizado para interligar contextos ou simplesmente para reaproveitamento de entidade), *customer/supplier*, *conformist*, *anticorruption layer*, *separate ways*, *open host service* e *published language*.

**2.5. Test Driven Development**

*Test Driven Development* (Desenvolvimento Dirigido por Testes), é uma técnica de desenvolvimento de software que tem como princípio a criação de testes automatizados antes de qualquer código de produção, com o objetivo de confirmar o funcionamento de uma implementação feita pelo programador. Essa técnica foi desenvolvida por Kent Beck (BECK, 1999), e é um dos pilares do Extreme Programming (Programação Extrema). Segundo o autor, há uma série de benefícios nesse estilo de programação que acabam melhorando o produto final e principalmente, a filosofia de trabalho do programador, como:

* Código limpo que funciona, que acaba ajudando na simplicidade, clareza, eliminação de duplicação em várias partes da aplicação, *design* coeso onde cada parte do código tem apenas uma responsabilidade, baixo acoplamento das partes do código reduzindo a alta dependência entre os módulos;
* O número de surpresas desagradáveis e a densidade de defeitos pode ser suficientemente reduzida, contribuindo para ter *software* pronto e com novas funcionalidades a cada dia.
* Os testes anteriormente criados servem como atestados de que o código funciona, e também como documentação de como esse código deve ser utilizado.
* É uma forma de administrar o medo do programador pois tem-se maior segurança ao realizar alterações num código que tem um teste automatizado que comprova seu correto funcionamento.

De acordo com os autores Beck (2010), Freeman e Pryce (2012), entre outros, a técnica utiliza um ciclo de desenvolvimento que consiste em identificar uma funcionalidade a se desenvolver, acrescentando uma tarefa à lista de tarefas, e então:

1. Criar um teste automatizado que verifique uma pequena porção dessa funcionalidade. Uma vez definido o teste, implementa-se o código de produção que atenda à necessidade (o código deve ser simples o bastante para compilar). Roda-se o teste, e o mesmo deve falhar (alguns ambientes de desenvolvimento integrado que possuem integração com ferramentas de testes automatizados emitem uma barra vermelha como indicativo de falha).
2. Identificado que o teste falhou, deve-se partir para a implementação mais simples possível do código de produção que faça esse teste passar (obtendo assim, uma barra verde).
3. Por fim, deve-se refatorar o código, eliminando redundâncias, porém, sem alterar seu comportamento (há diversas técnicas de refatoração como: eliminar duplicação, deixar clara a intenção com nomes mais sugestivos para identificadores, extrair classes, interfaces, métodos, etc.). Feita a refatoração, roda-se o teste novamente para garantir que que o código ainda funciona, caso contrário, recomeçamos o processo até fazer o teste passar novamente.

Figura : Clico de desenvolvimento do TDD (Vermelho, Verde, Refatorar)

Fonte: Próprio autor

Há diversos tipos de testes automatizados passíveis de implementação com o TDD, como o Unit Test (teste unitário), que tem como objetivo testar pequenas porções de código independentes, o *Integration test* (teste de integração), que compreende vários módulos que possuem algum tipo de dependência, o *System Test* (teste de sistema) e o *Acceptance Test* (teste de aceitação), que tem como função testar as camadas mais externas ao *software*, entre outros. A Figura 5 e a Figura 6 demonstram um exemplo de *Unit Test* (teste unitário) utilizando a linguagem de programação Java em conjunto com as bibliotecas JUnit (facilita a criação de código para automatização de testes, e possui integração com vários ambientes de desenvolvimento integrado) e Hamcrest (melhora a legibilidade dos testes):

Figura : Exemplo de classe “Usuario”

|  |
| --- |
| **public class** Usuario{  **private** String nome;  **private** String login;  **private** String email;  **public** Usuario(String nome, String login, String email){  this.nome = nome;  this.login = login;  this.email = email;  }  **public** String descricao(){  **return** nome + " <" + this.email + ">";  }  } |

Fonte: Próprio autor

Figura : Teste unitário da classe “Usuario”

|  |
| --- |
| **public class** UsuarioTest{  // O nome do método deve descrever o que o teste faz  *@Test*  **public void** descricaoDeveTerNomeEmail(){  Usuario u = **new** Usuario("Raphael Basso", "arabasso",  "arabasso@yahoo.com.br");  String descrição = "Raphael Basso <arabasso@yahoo.com.br>";  // Aqui é feita a validação  assertThat(u.descricao(), is(equalTo(descricao)));  }  } |

Fonte: Próprio autor

**2.6. Tecnologia Java**

O Java é uma tecnologia composta por uma linguagem de programação e uma plataforma, e é um padrão global para desenvolvimento de aplicações embarcadas, móveis, *web* e softwares corporativos, contando com mais de 9 milhões de desenvolvedores ao redor do mundo.

Permite o desenvolvimento de aplicações portáteis de alto desempenho para uma ampla variedade de plataformas de computação, e é mantido por uma comunidade dedicada de desenvolvedores, arquitetos e entusiastas. Ao disponibilizar aplicações entre ambientes distintos, as empresas podem fornecer mais serviços, aumentando a produtividade, a comunicação e a colaboração com o usuário final.

A linguagem de programação Java é uma linguagem de alto nível que pode ser caracterizada por ser orientada a objetos, distribuída, *multithread*, dinâmica, portátil, robusta, segura e de alto desempenho.

Na linguagem de programação Java, todo o código fonte é escrito em arquivos de texto simples que posteriormente são compilados não contém código que é nativo para o processador, mas sim para *bytecode*, que pode ser executado pela ferramenta Java Launcher utilizando uma instância da JVM.

Figura : Processo de compilação de um arquivo fonte Java em *bytecode*

Fonte: The Java™ Tutorials

Como a JVM está disponível em vários sistemas operacionais, isso permite que os mesmos arquivos compiladores para *bytecode* sejam capazes de executar no Microsoft Windows, Solaris, Linux ou MacOS, sem a necessidade de recompilação do código fonte. Algumas máquinas virtuais podem executar etapas adicionais em tempo de execução para fornecer aumento de desempenho a uma aplicação, como identificar gargalos de desempenho e recompilar os *bytecodes* para código nativo.

Figura : A mesma aplicação Java executando em diferentes sistemas operacionais



Fonte: *The Java™ Tutorials*

A plataforma Java difere da maioria das plataformas pois é somente um ambiente de software que é executado em cima de outras plataformas baseadas em hardware (uma plataforma é o ambiente de hardware ou software em que um programa é executado), e tem dois componentes principais: a JVM já descrita anteriormente e a *Java Application Programming Interface* (API).

A API é uma grande coleção de componentes de software que fornecem muitos recursos úteis. É agrupada em bibliotecas de classes e interfaces relacionadas, denominadas pacotes.

Figura : Como a API e a JVM isolam a aplicação



Fonte: *The Java™ Tutorials*

Como um ambiente independentemente de plataforma, o Java pode ser um pouco mais lento do que o código nativo, porém, os avanços no compilador nas tecnologias virtualização tem trazido desempenho próximo ao do código nativo sem ameaçar a portabilidade.

**2.6.1. Apache Groovy**

Apache Groovy é uma linguagem poderosa para a plataforma Java (opcionalmente tipada, dinâmica ou estática) que tem como objetivo melhorar a produtividade do desenvolvedor utilizando uma sintaxe concisa, familiar e simples de aprender.

Pode ser embarcada com qualquer programa Java, fornecendo assim recursos poderosos às aplicações, como *scripting*, criação de linguagens específicas de domínio, meta-programação em tempo de execução e programação funcional. A utilização do Apache Groovy com Java possibilita que os códigos sejam mesclados em tempo de execução, garantindo assim a extensibilidade.

Figura : Exemplo de como embarcar o Apache Groovy em um programa Java

|  |
| --- |
| GroovyShell shell = new GroovyShell();  shell.evaluate("println Olá Apache Groovy!'"); |

Fonte: Próprio autor

**2.6.2. Spring Boot**

O Spring Framework é uma solução leve desenvolvido para a plataforma Java que fornece suporte de infra-estrutura abrangente para o desenvolvimento de aplicações corporativas. Contudo, ele é modular, e permite utilizar os módulos somente seus módulos separadamente. Exemplo: pode-se utilizá-lo como contêiner de IoC (*inversion of control)*, com arquiteturas voltadas para a *Web*, integrando-o com o ORM (*object relational mapping*) Hibernate ou como uma camada de abstração do JDBC (*Java database connectivity*). Suporta o gerenciamento de transações declarativas, acesso remoto à lógica através de RMI (*remote method invocation*) ou serviços da *Web*, e várias opções para a persistência de dados. Oferece não só uma estrutura MVC (*model view controller*) com todas as funcionalidades, como também permite integrar o desenvolvimento AOP (*aspect oriented programming*) de forma transparente ao software.

O Spring é projetado para não ser intrusivo, o que significa que o código da lógica de domínio geralmente não tem dependências com o framework. Na camada de integração (como a camada de acesso a dados), existirão algumas dependências da tecnologia de acesso a dados e das bibliotecas Spring, no entanto, deve ser fácil isolar essas dependências do resto da base de código.

Figura : Módulos que compõem o Spring Framework



Fonte: Spring Framework (2017)

Seu núcleo é o contêiner de IoC, que fornece um meio consistente de configurar e gerenciar objetos utilizando reflexões em Java. O contêiner é responsável pela criação desses objetos, invocação de métodos de inicialização e configuração, e pelo gerenciamento de seu ciclo de vida (objetos criados pelo contêiner também são chamados de objetos gerenciados ou *beans*). A configuração do contêiner pode ser feita a partir de arquivos XML ou por anotações Java que são detectadas na inicialização dos objetos. Uma vez registrados no contêiner, os objetos podem ser obtidos por meio de pesquisa ou por injeção de dependência.

Fornece também uma implementação para programação orientada a aspectos compatível com AOP Alliance, permitindo definir, por exemplo, interceptores de métodos e pontos para desacoplar o código que implementa uma dada funcionalidada. Usando a funcionalidade de metadados a nível de código, é possível incorporar informações comportamentais ao código.

Com relação a acesso / integração de dados, há os módulos JDBC (que fornece uma camada de abstração JDBC, eliminando a necessidade de se fazer codificação JDBC tediosa e análise de códigos de erro específicos de um fornecedor de banco de dados), ORM (camadas de integração para APIs de mapeamento objeto-relacional populares, como por exemplo JPA, JDO e Hibernate), OXM, JMS e Transaction (gerenciamento de transações programáticas e declarativas para classes que implementam interfaces especiais).

A camada da *web* é composta pelos módulos spring-web (fornece recursos básicos de integração dirigidos para a *web*, como a funcionalidade de *upload* de arquivos *multipart*, inicialização do contêiner de IoC usando Servlet *listeners*), spring-webmvc (propõe a separação do código de modelo de domínio dos formulários da web), spring-websocket, and spring-webmvc-portlet.

Com tantos módulos, o Spring Framework fornece grande flexibilidade para configurar *beans* de várias formas utilizando XML e anotações, porém, com o aumento no número de recursos, a complexidade também aumentou e a configuração de aplicativos Spring tornou-se tediosa e propensa a erros. Para gerenciar a configuração de uma aplicação com Spring Framework, foi criado o Spring Boot, que é solução de “convenção sobre configuração” para a criação de aplicações autônomas.

Utilizando o spring-initializr, é possível criar um projeto estruturado selecionando uma ferramenta de automação de compilação (Maven, Gradle), a linguagem de programação (Java, Groovy), e o mais importate: quais módulos farão parte da aplicação.

Figura : Captura de tela do gerenciador de inicialização de projetos do Spring Boot



Fonte: Spring Framework (2017)

**2.7. Considerações Finais**

Neste capítulo foram apresentados os conhecimentos necessários e as tecnologias que serão utilizadas para a realização do projeto.

**Capítulo 3**

**Projeto**

**3.1. Considerações Iniciais**

Neste capítulo são apresentados os recursos utilizados para realizar o desenvolvimento da aplicação proposta, que inclui especificação de usuários e requisitos, artefatos de análise e projeto.

**3.2. Especificação de Usuários**

Os usuários do *software* foram divididos entre usuários e desenvolvedores. Os usuários (que são representados por alunos e professores, como também desenvolvedores) podem acessar o *software* a fim de utilizá-lo na resolução de expressões algébricas, e visualizar de forma iterativa o resultado. Para os desenvolvedores, cabe a tarefa de melhorar as heurísticas previamente cadastradas, bem como estender o *software* com novas funcionalidades, sendo necessário possuir uma conta de usuário cadastrada, e efetuar o *login*.

**3.3. Especificação de Requisitos**

Os requisitos do software foram classificados como:

* Essencial: é o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. Requisitos essenciais são requisitos imprescindíveis, que têm que ser implementados impreterivelmente.
* Importante: é o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Requisitos importantes devem ser implementados, mas, se não forem, o sistema poderá ser implantado e usado mesmo assim.
* Desejável: é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele. Requisitos desejáveis podem ser deixados para versões posteriores do sistema, caso não haja tempo hábil para implementá-los na versão que está sendo especificada.

As técnicas de elicitação utilizadas para coleta de requisitos utilizada foram a entrevista, observação, ponto de vista e *brainstorm*.

**3.3.1. Requisitos Funcionais**

As tabelas 1 a 9 descrevem detalhes explicitamente funcionalidades e serviços que o software deve satisfazer:

Tabela : Requisito funcional da plataforma *web*

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_01** |
| **Nome** | Plataforma *Web* |
| **Descrição** | O sistema deve ser desenvolvido em plataforma *web* devido fácil acesso ao sistema |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Essencial |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito funcional do sistema web responsivo

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_02** |
| **Nome** | Sistema Web Responsivo |
| **Descrição** | Possibilidade de a aplicação rodar em qualquer plataforma utilizando um navegador web. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Desejável |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito funcional para resolução de expressão algébrica

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_03** |
| **Nome** | Resolver expressão algébrica de forma iterativa |
| **Descrição** | O sistema deve resolver de forma iterativa uma expressão algébrica recebida como entrada e exibir passo-a-passo os resultados. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Essencial |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito funcional para validação do usuário

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_04** |
| **Nome** | Validação de Usuário |
| **Descrição** | Será necessário o desenvolvedor validar o acesso para poder efetuar cadastros que venham a estender o *software*. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Essencial |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito funcional para gerenciamento de usuários

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_05** |
| **Nome** | Manter usuários |
| **Descrição** | Será necessário o desenvolvedor validar o acesso para poder efetuar inclusões, alterações e exclusões de usuários que estenderão o *software*. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Importante |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito funcional para gerenciamento de heurísticas

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_06** |
| **Nome** | Manter heurísticas |
| **Descrição** | Será necessário o desenvolvedor validar o acesso para poder efetuar inclusões, alterações e exclusões de heurísticas para resolução no *software*. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Essencial |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito funcional para execução de testes de heurísticas

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_07** |
| **Nome** | Executar testes de heurísticas |
| **Descrição** | Será necessário o desenvolvedor validar o acesso, e executar os testes para assegurar que uma heurística está sendo executada corretamente. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Essencial |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito funcional para gerenciamento de heurísticas de teste

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_08** |
| **Nome** | Manter heurísticas de teste |
| **Descrição** | Será necessário o desenvolvedor validar o acesso, selecionar uma heurística, e efetuar inclusões, alterações e exclusões de heurísticas de teste para validar as heurísticas do *software*. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Importante |

Fonte: Próprio autor

**3.3.2. Requisitos Não Funcionais**

As tabelas 10 e 11 definem quais propriedades e restrições o software deve atender:

Tabela : Requisito não funcional de acesso à internet

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_09** |
| **Nome** | E necessário ter internet para acesso ao Sistema |
| **Descrição** | A pessoa na qual ira acessar o sistema deve ter acesso a internet. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Essencial |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Requisito não funcional necessidade de ao menos um desenvolvedor

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | **Rq\_10** |
| **Nome** | É necessário ao menos um desenvolvedor no sistema |
| **Descrição** | Os desenvolvedores do sistema serão responsáveis pela manutenção das heurísticas e usuários do sistema. |
| **Técnicas de elicitação usadas** | Entrevista |
| **Classificação** | Essencial |

Fonte: Próprio autor

**3.3.3. Diagramas de caso de uso**

As figuras x a x contêm os diagramas de casos de uso que descrevem os cenários que mostram as funcionalidades do sistema do ponto de vista do usuário.

Figura : Diagrama de caso de uso para resolução de expressões algébricas



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de caso de uso de login



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de caso de uso para gerenciar usuários



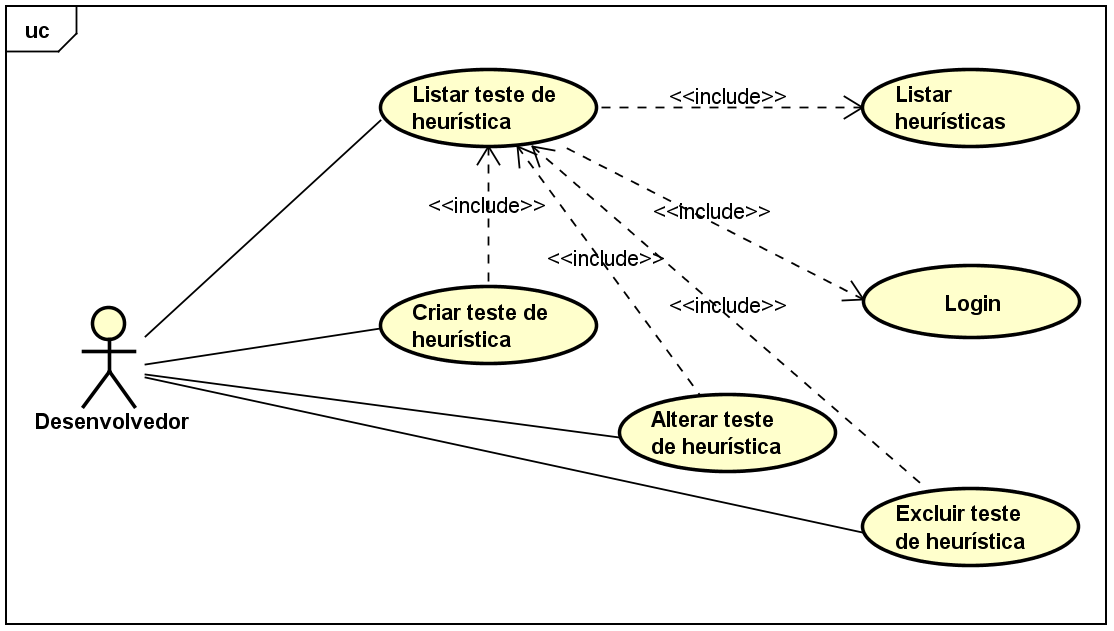
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de caso de uso gerenciar heurísticas



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de caso de uso para gerenciar testes de heurísticas



Fonte: Próprio autor

A tabela 17 descreve quais atores, e quais suas respectivas responsabilidades quanto ao *software*.

Tabela : Atores e suas responsabilidades

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nome** | **Descrição** | **Responsabilidades** |
| Usuário | Alunos, professores e desenvolvedores | Simplificar e resolver expressões. |
| Desenvolvedor | Desenvolvedores | Gerenciar usuários, heurísticas e testes de heurísticas. |

Fonte: Próprio autor

As tabelas 13 a 27 contêm uma descrição completa dos casos de uso, suas relações com os atores, requisitos funcionais e não funcionais, bem como as condições em que se aplicam.

Tabela : Tabela de caso de uso para resolução de expressões

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_1 |
| **Nome** | Resolver expressão |
| **Atores** | Usuário |
| **Pré-condições** | O usuário deve acessar o sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_03 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para login

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_2 |
| **Nome** | Login |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_04 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para listagem de usuários

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_3 |
| **Nome** | Listar usuários |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_05 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para inclusão de usuários

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_4 |
| **Nome** | Criar usuário |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** |  |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_05 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para alteração de usuários

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_5 |
| **Nome** | Alterar usuário |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_05 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela 18: Tabela de caso de uso para exclusão de usuários

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_6 |
| **Nome** | Excluir usuário |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_05 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para listagem de heurísticas

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_7 |
| **Nome** | Listar heurísticas |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_06 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso 8 para inclusão de heurísticas

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_8 |
| **Nome** | Criar heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_06 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para alteração de heurísticas

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_9 |
| **Nome** | Alterar heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_06 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para exclusão de heurísticas

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_10 |
| **Nome** | Excluir heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_06 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para execução dos testes de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_11 |
| **Nome** | Executar testes de heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_07 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para listagem de teste de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_12 |
| **Nome** | Listar teste de heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_08 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para inclusão de teste de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_13 |
| **Nome** | Criar teste de heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_08 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para alteração de teste de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_14 |
| **Nome** | Alterar teste de heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_08 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Tabela de caso de uso para exclusão de teste de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificador** | UC\_15 |
| **Nome** | Excluir teste de heurística |
| **Atores** | Desenvolvedor |
| **Pré-condições** | O ator deve estar cadastrado no sistema |
| **Pós-condições** |  |
| **Requisitos Funcionais** | Rq\_01, Rq\_02, Rq\_08 |
| **Requisitos Não-Funcionais** | Rq\_09, Rq\_10 |

Fonte: Próprio autor

**3.3.4. Diagramas de atividade**

As figuras x a x descrevem os diagramas de atividade que representam os fluxos de controle de uma atividade para a outra tomando como base os casos de uso.

Figura : Diagrama de atividade para resolver expressões



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade de login



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade para listagem de usuários



Fonte: Próprio autor

Figura : Digrama de atividade para inclusão de usuários



Fonte: Próprio autor

Figura : Digrama de atividade para alteração de usuários



Fonte: Próprio autor

Figura : Digrama de atividade para exclusão de usuários



Fonte: Próprio autor

Figura : Digrama de atividade para listagem de heurísticas



Fonte: Próprio autor

Figura : Digrama de atividade para inclusão de heurísticas



Fonte: Próprio autor

Figura : Digrama de atividade para alteração de heurísticas



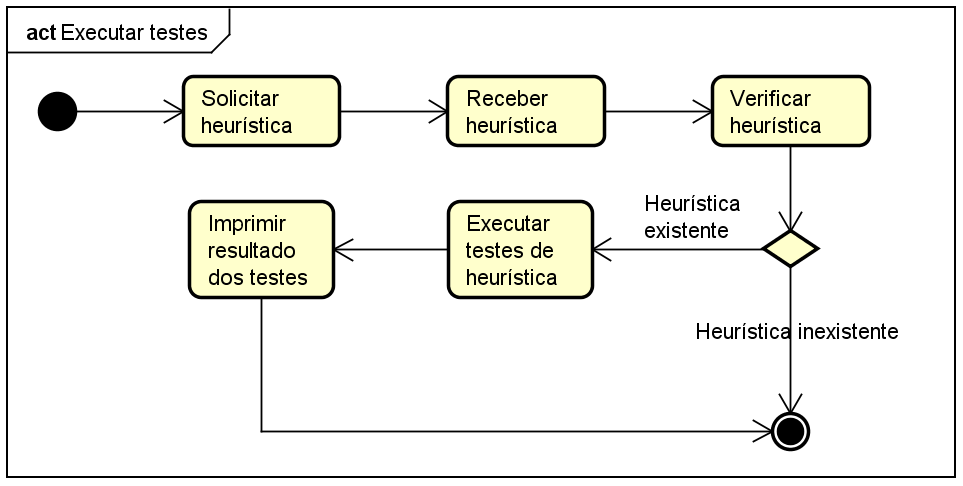
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade para exclusão de heurísticas



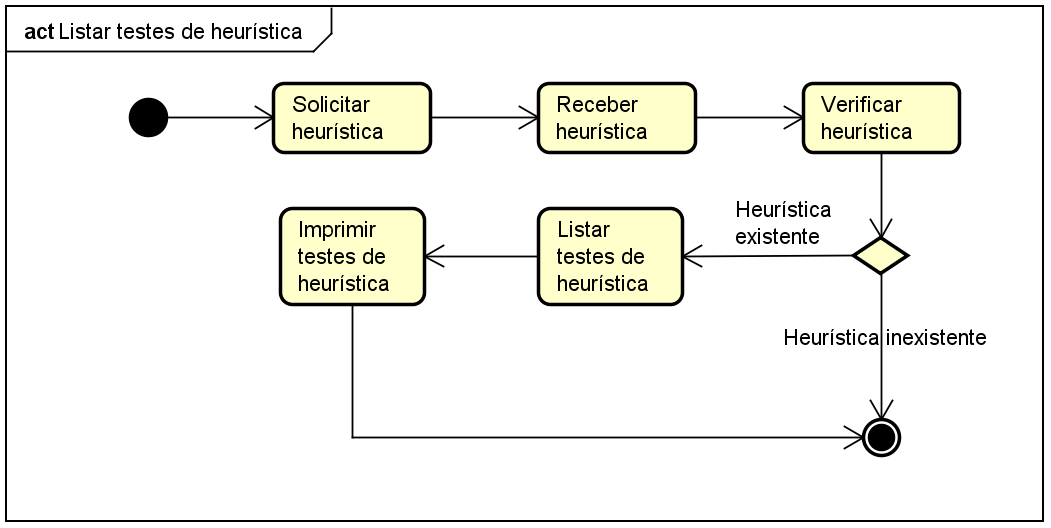
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade para execução dos testes de heurística



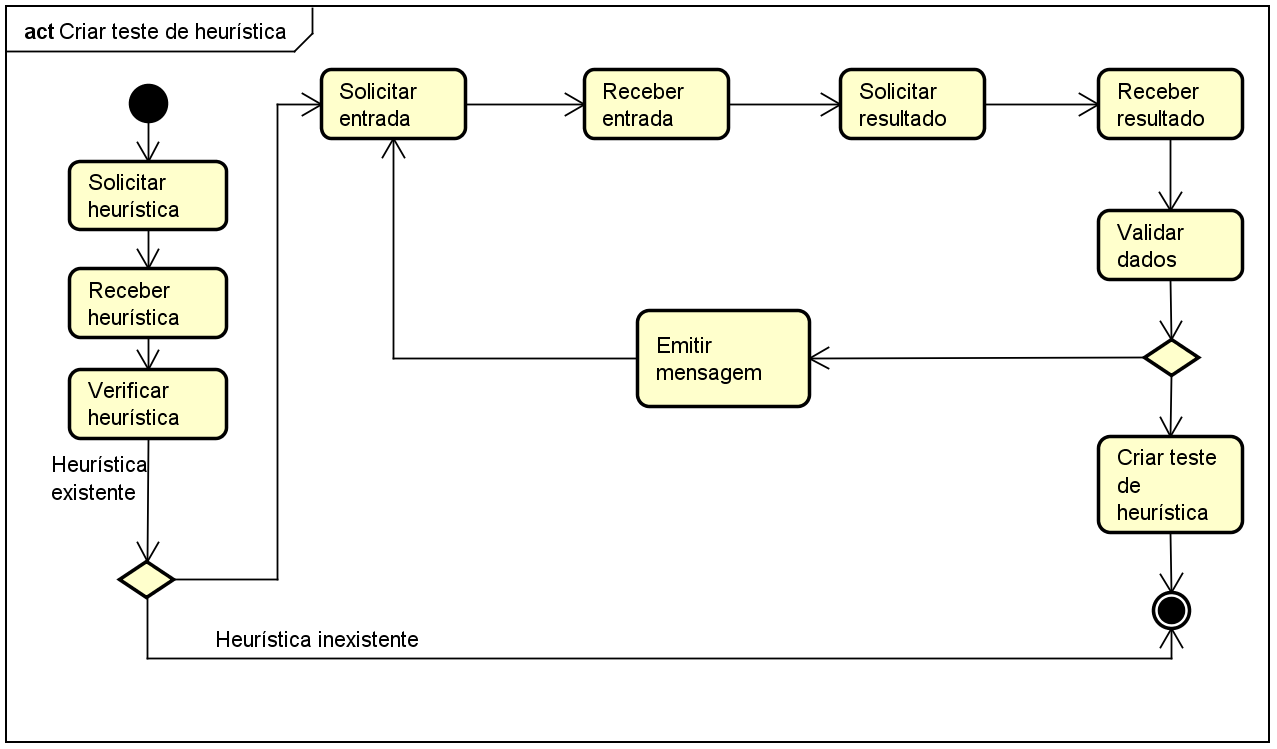
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade para listagem de heurísticas de teste



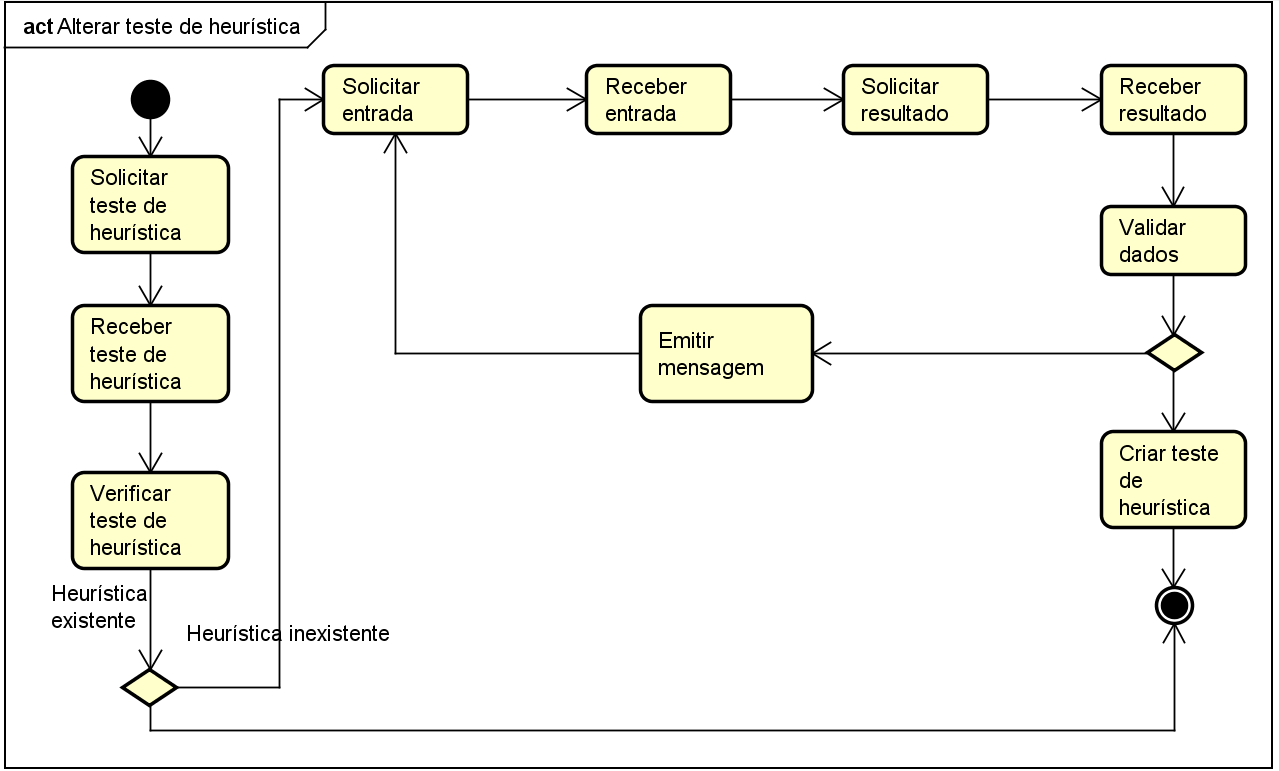
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade para inclusão de heurísticas de teste



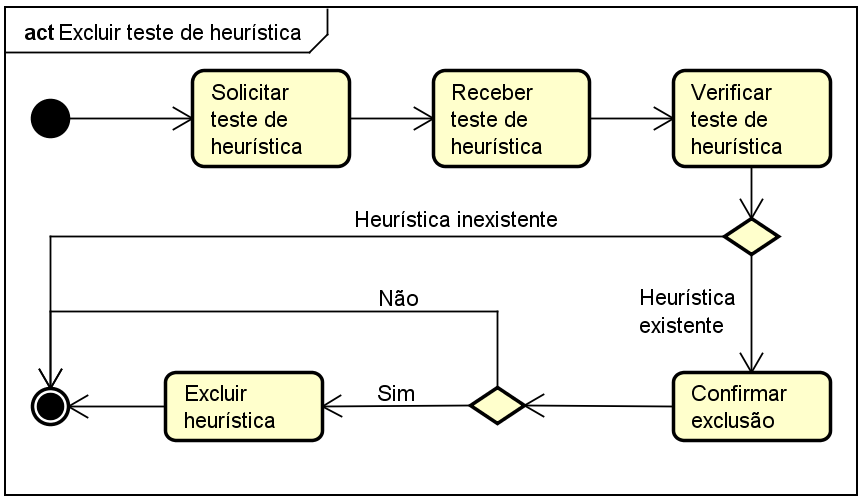
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade para alteração de heurísticas de teste



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de atividade para exclusão de heurísticas de teste



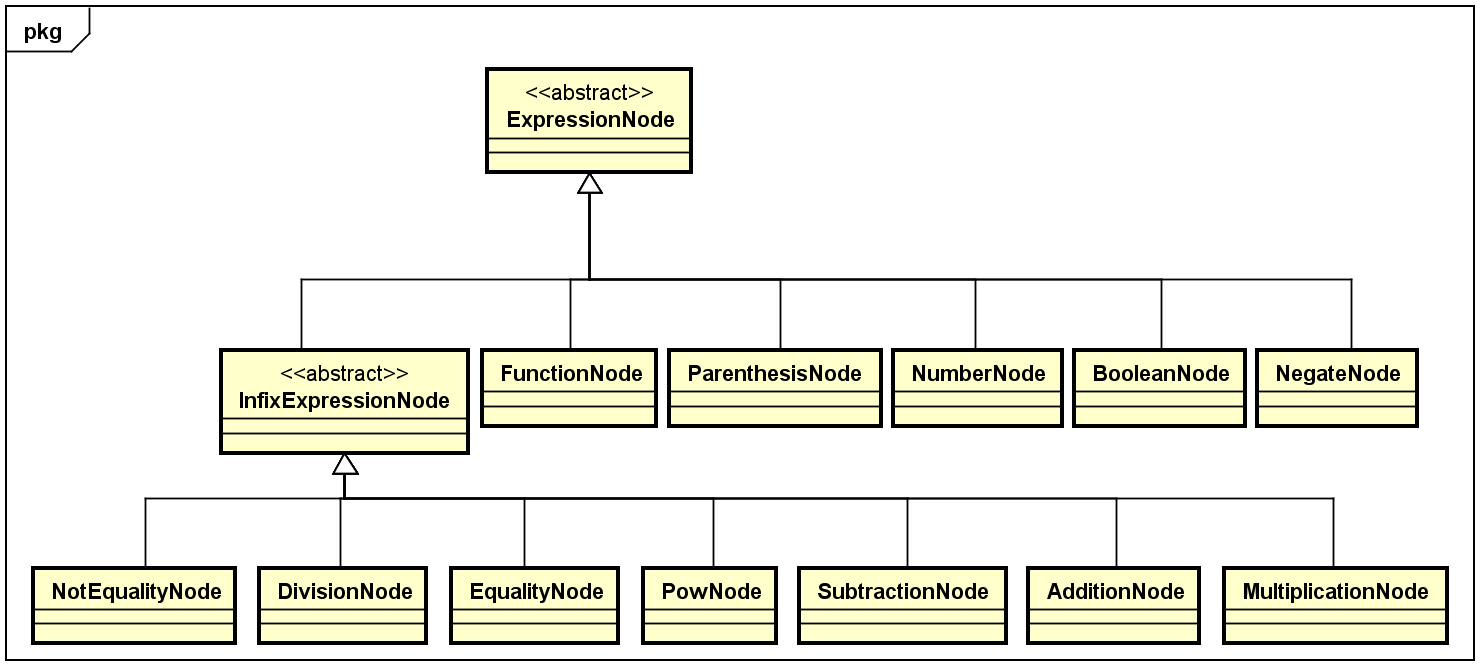
Fonte: Próprio autor

**3.4. Artefatos de Análise**

**3.4.1. Diagramas de Classes Conceitual**

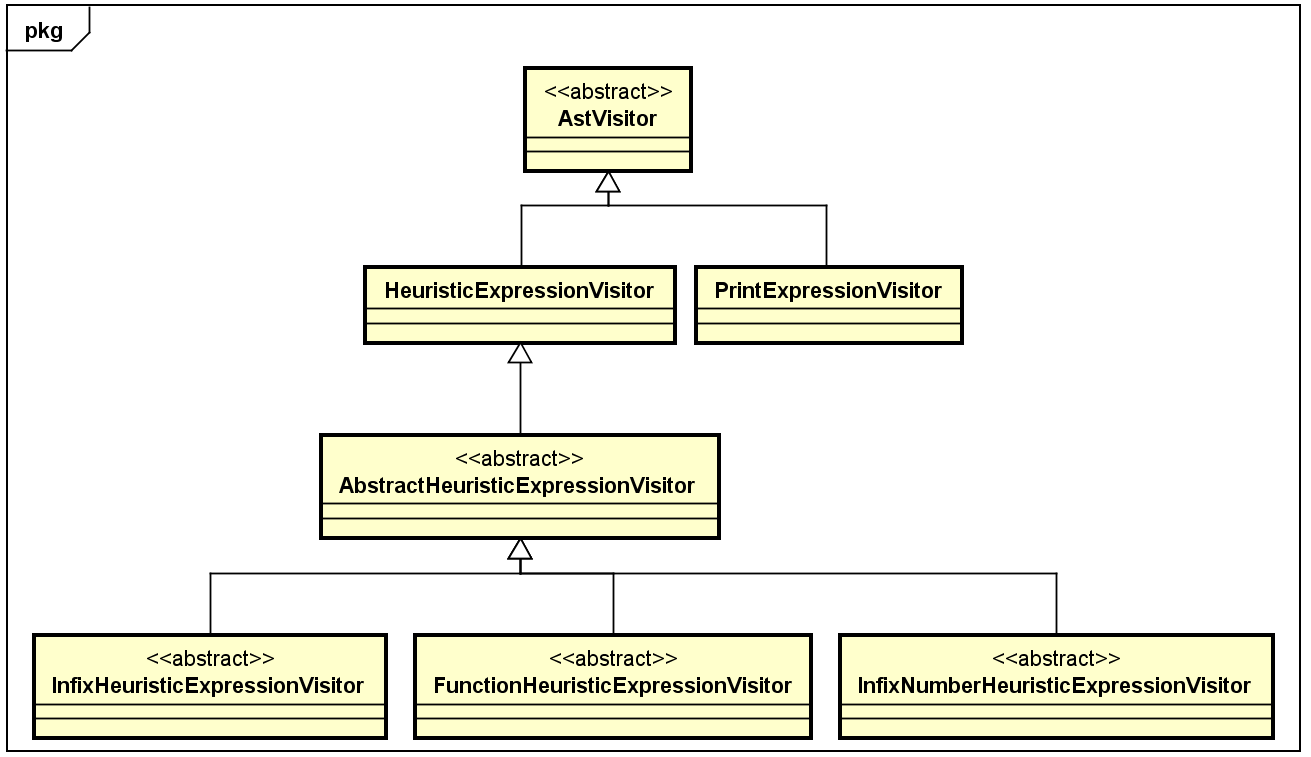
As figuras x a x demonstram uma representação conceitual dos diagramas de classe base.

Figura : Diagrama de classes conceitual de nós de expressão



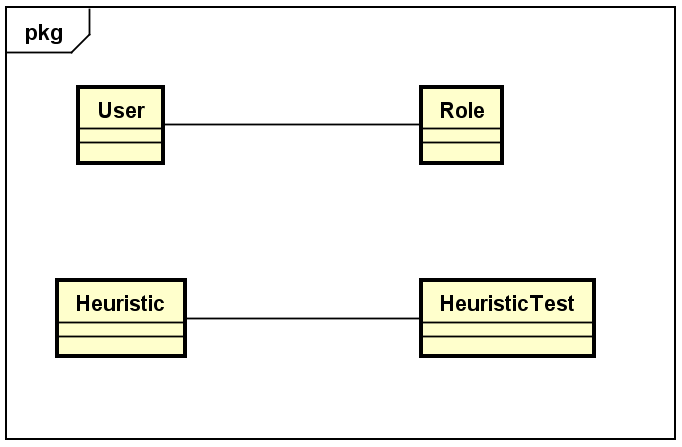
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de classes conceitual para visitors de expressões



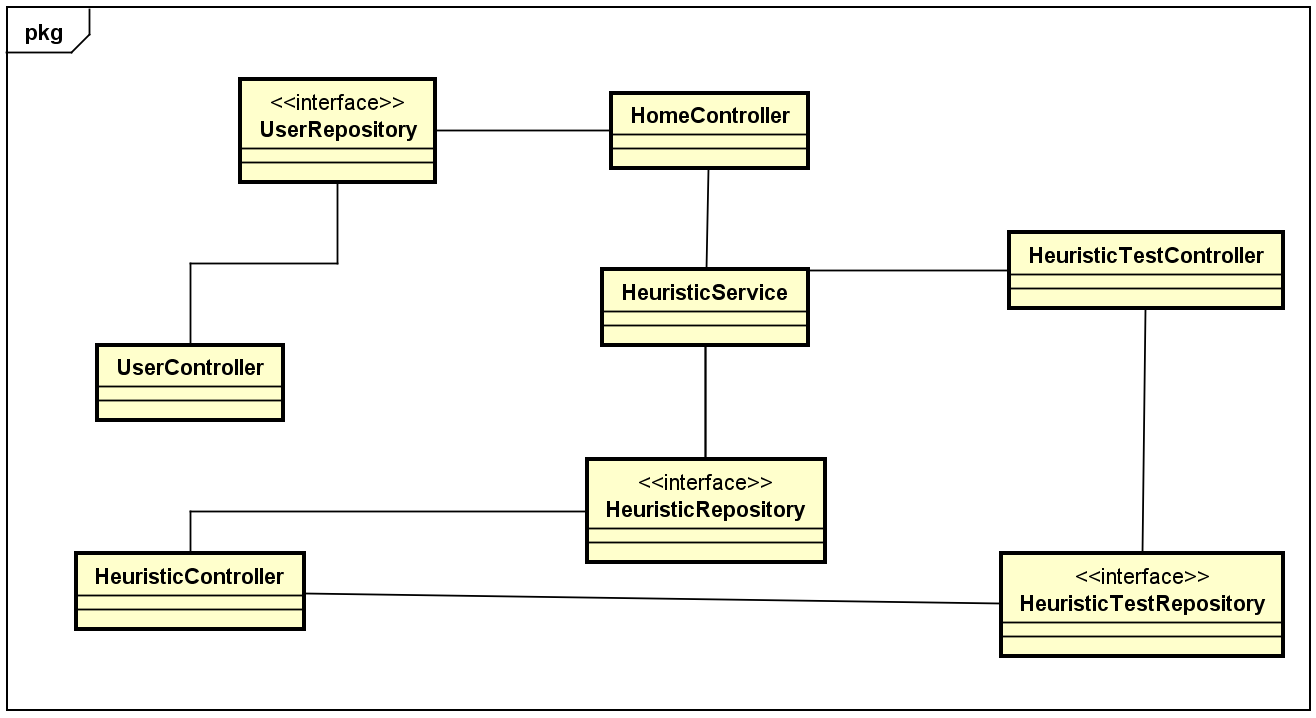
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de classes conceitual das entidades de domínio



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de classes conceitual dos controladores e repositórios

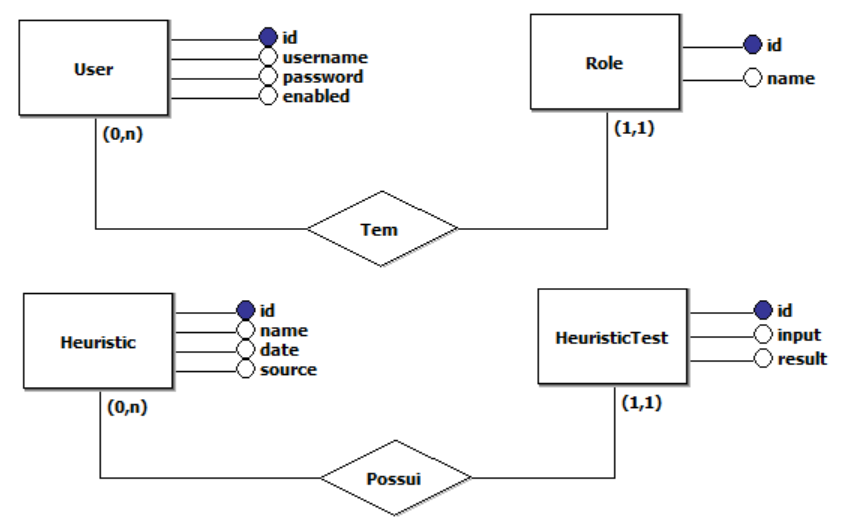


Fonte: Próprio autor

**3.4.2. Modelo DER**

A figura x demonstra o modelo DER (diagrama entidade-relacionamento) das entidades e relacionamentos que o *software* possui (o gerenciamento de usuários e funções não está diretamente vinculado com o gerenciamento de heurísticas e testes de heurística).

Figura : Modelo DER



Fonte: Próprio autor

**3.5. Artefatos de Projeto**

**3.5.1. Diagrama de classe**

Diagrama completo.

Aaaa.

**3.5.2. Dicionário de entidades**

As tabelas x a x descrevem de forma abrangente as entidades.

Tabela : Dicionário da entidade Role

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador de Entidade | #Role |
| Descrição | Papel do usuário. |
| Motivo | Determinada quais papéis o usuário pode ter no sistema. |
| Requisito(s) Relacionado(s) | #User |
| Tabela | role |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionário da entidade User

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador de Entidade | #User |
| Descrição | Usuário do sistema. |
| Motivo | Armazenar os usuários que podem gerenciar as heurísticas do sistema. |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tabela | user |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionário da entidade Heuristic

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador de Entidade | #Heuristic |
| Descrição | Heurística de simplificação de expressões. |
| Motivo | Armazenar os algoritmos de simplificação de expressões algébricas. |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tabela | heuristic |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionário da entidade HeuristicTest

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador de Entidade | #HeuristicTest |
| Descrição | Testes de uma heurística de simplificação de expressões. |
| Motivo | Armazenar os testes para validação dos algoritmos de simplificação de expressões algébricas. |
| Requisito(s) Relacionado(s) | #Heuristic |
| Tabela | heuristic\_test |

Fonte: Próprio autor

**3.5.3. Dicionário de dados**

As tabelas x a x contêm a definição dos elementos do dicionário de dados (que é um repositório de dados do *software*).

Tabela : Dicionários de dados do identificador da função

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Id |
| Identificador de Entidade | #Role |
| Rótulo | id |
| Nome (s) | Identificador |
| Descrição | Identificador da função que o desenvolvedor representa |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Inteiro longo |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do nome da função

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Name |
| Identificador de Entidade | #Role |
| Rótulo | name |
| Nome (s) | Nome |
| Descrição | Nome da função que o desenvolvedor representa |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Texto |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *30* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do identificador que relaciona com o usuário

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #UserId |
| Identificador de Entidade | #Role |
| Rótulo | User\_id |
| Nome (s) | Identificador do usuário |
| Descrição | Identificador que relaciona a função com o usuário |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Inteiro longo |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do identificador do usuário

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Id |
| Identificador de Entidade | #User |
| Rótulo | id |
| Nome (s) | Identificador |
| Descrição | Identificador do usuário |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Inteiro longo |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados se o usuário está ou não habilitado

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Enabled |
| Identificador de Entidade | #User |
| Rótulo | enabled |
| Nome (s) | Habilitado |
| Descrição | Se o usuário está ou não habilitado |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Booleano |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados da senha do usuário

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Password |
| Identificador de Entidade | #User |
| Rótulo | password |
| Nome (s) | Senha |
| Descrição | Senha do usuário |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Texto |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *30* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do nome de usuário

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Username |
| Identificador de Entidade | #User |
| Rótulo | username |
| Nome (s) | Nome |
| Descrição | Nome do usuário |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Texto |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *30* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do identificador da heurística

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Id |
| Identificador de Entidade | #Heuristic |
| Rótulo | id |
| Nome (s) | Identificador |
| Descrição | Identificador da heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Inteiro longo |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados da data da última alteração da heurística

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Date |
| Identificador de Entidade | #Heuristic |
| Rótulo | date |
| Nome (s) | Data |
| Descrição | Data da última alteração da heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Data |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | DD/MM/AAAA |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do nome da heurística

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Name |
| Identificador de Entidade | #Heuristic |
| Rótulo | name |
| Nome (s) | Nome |
| Descrição | Nome da heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Texto |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *30* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do código fonte da heurística

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Source |
| Identificador de Entidade | #Heuristic |
| Rótulo | source |
| Nome (s) | Fonte |
| Descrição | Código fonte da heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Texto longo |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do identificador do teste de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Id |
| Identificador de Entidade | #HeuristicTest |
| Rótulo | id |
| Nome (s) | Identificador |
| Descrição | Identificador do teste de heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Inteiro longo |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados da entrada do teste de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Input |
| Identificador de Entidade | #HeuristicTest |
| Rótulo | input |
| Nome (s) | Entrada |
| Descrição | Expressão de entrada do teste de heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Texto curto |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do resultado esperado do teste de heurística

|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #Result |
| Identificador de Entidade | #HeuristicTest |
| Rótulo | result |
| Nome (s) | Resultado |
| Descrição | Resultado do teste de heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Texto curto |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

Tabela : Dicionários de dados do identificador da heurística

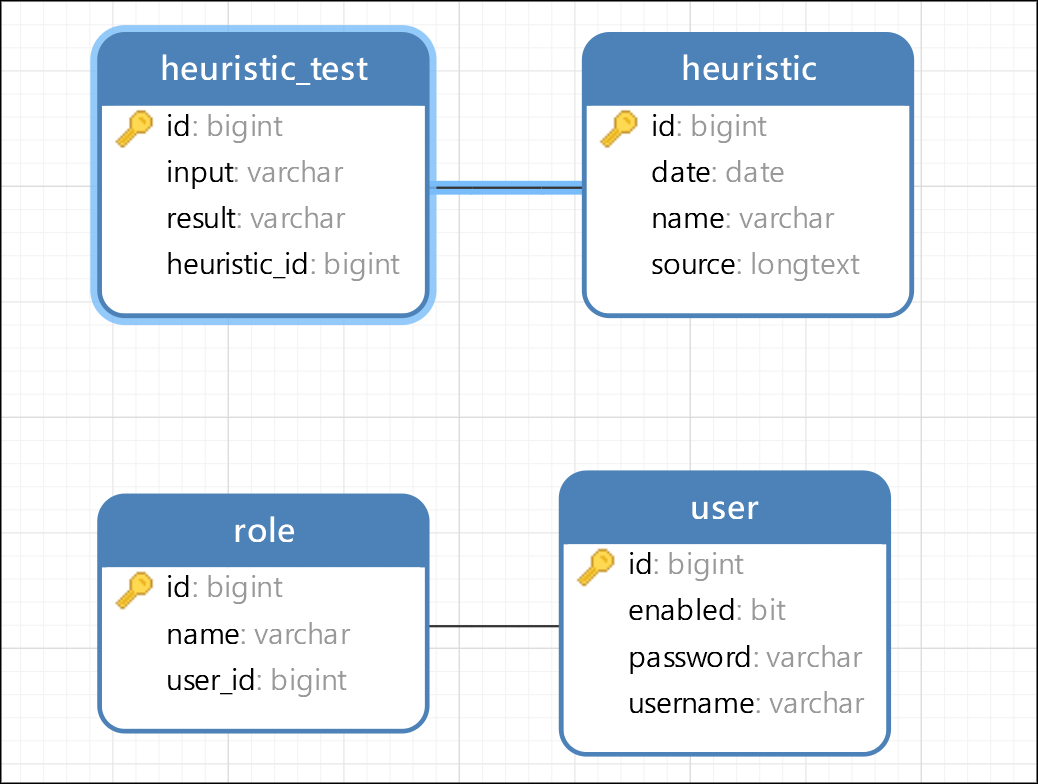
|  |  |
| --- | --- |
| Identificador do Dado | #HeuristicId |
| Identificador de Entidade | #Heuristic |
| Rótulo | Heuristic\_id |
| Nome (s) | Identificador da heurística |
| Descrição | Identificador que relaciona o teste com a heurística |
| Requisito(s) Relacionado(s) | *(não se aplica)* |
| Tipo de Dado | Inteiro longo |
| Unidade de Medida | *(não se aplica)* |
| Precisão Numérica | *(não se aplica)* |
| Tamanho | *(não se aplica)* |
| Valor padrão | Nulo |
| Máscara de Edição | *(não se aplica)* |

Fonte: Próprio autor

**3.5.1. Modelo Lógico do Banco de Dados**

A figura x representa o modelo lógico do banco de dados utilizado no projeto.

Figura : Modelo lógico do banco de dados

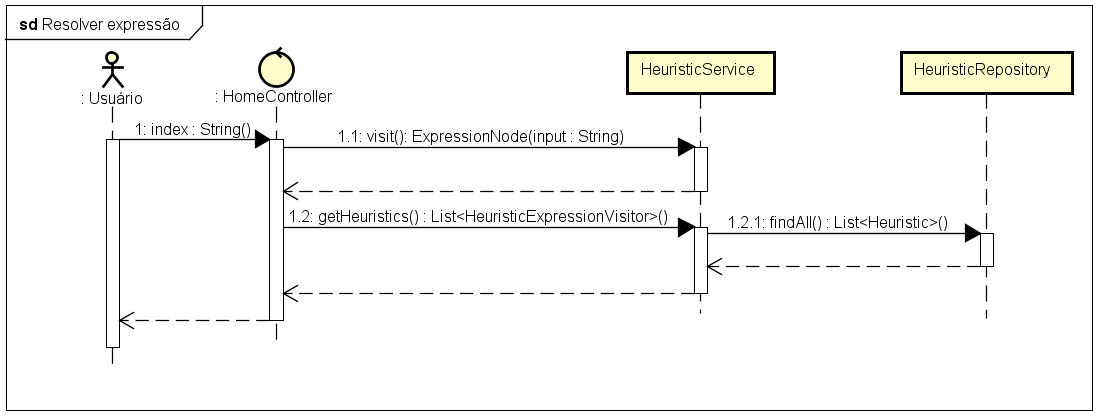


Fonte: Próprio autor

**3.5.2. Diagramas de sequência**

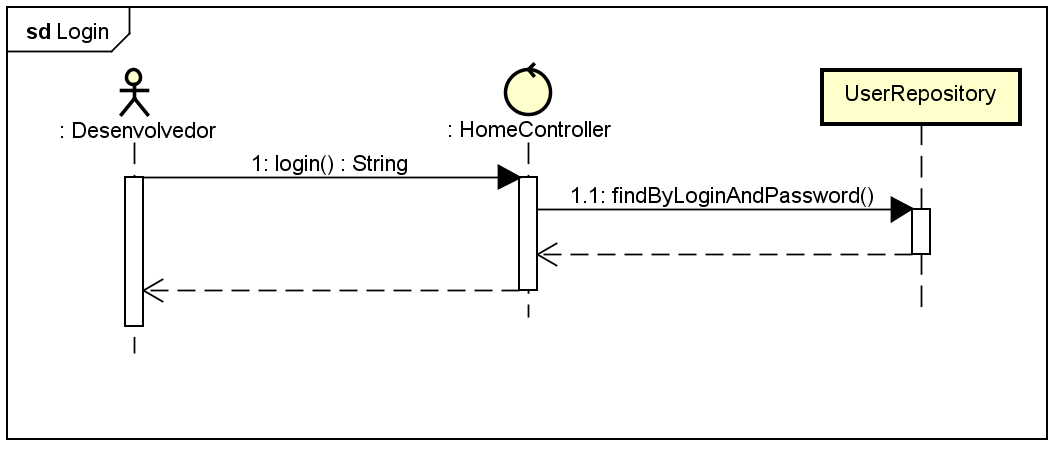
As figuras x a x contêm os diagramas de sequência.

Figura : Diagrama de sequência para resolução de expressões



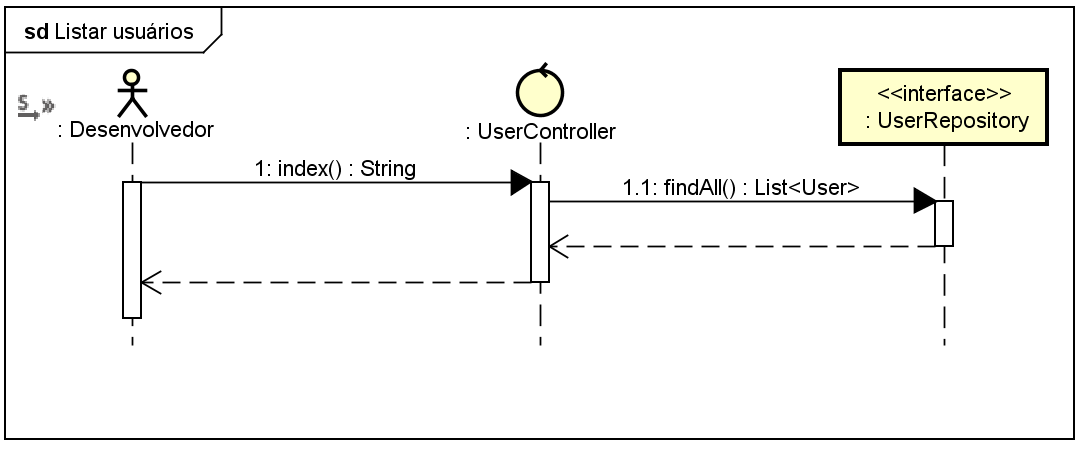
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de login



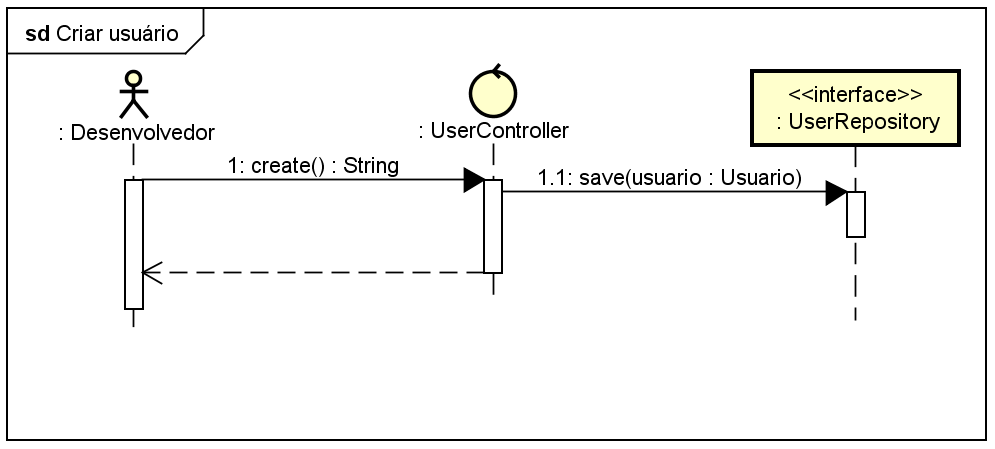
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de listagem de usuários



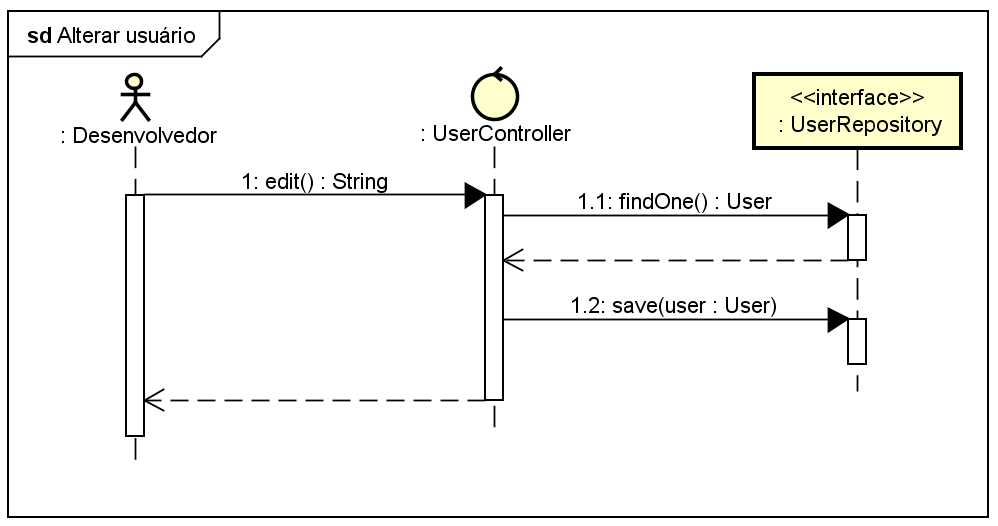
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de inclusão de usuários



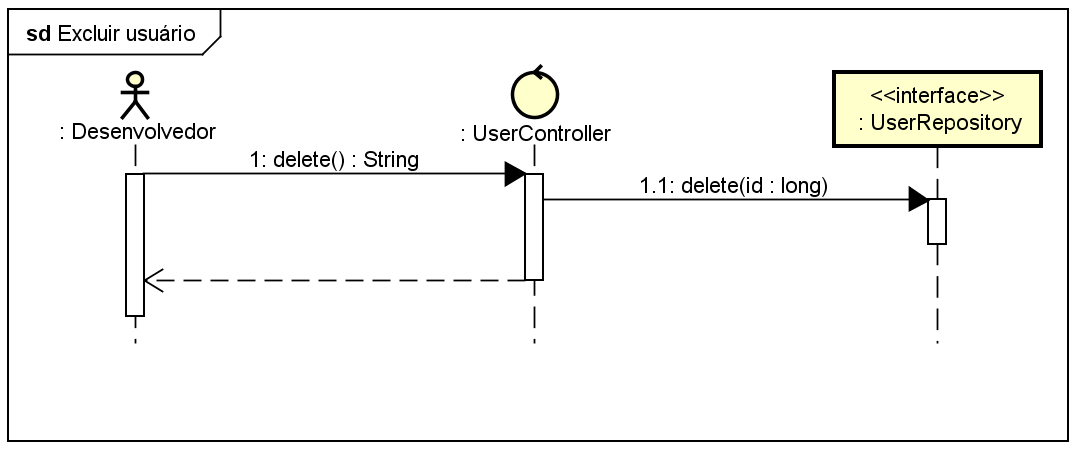
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de alteração de usuários



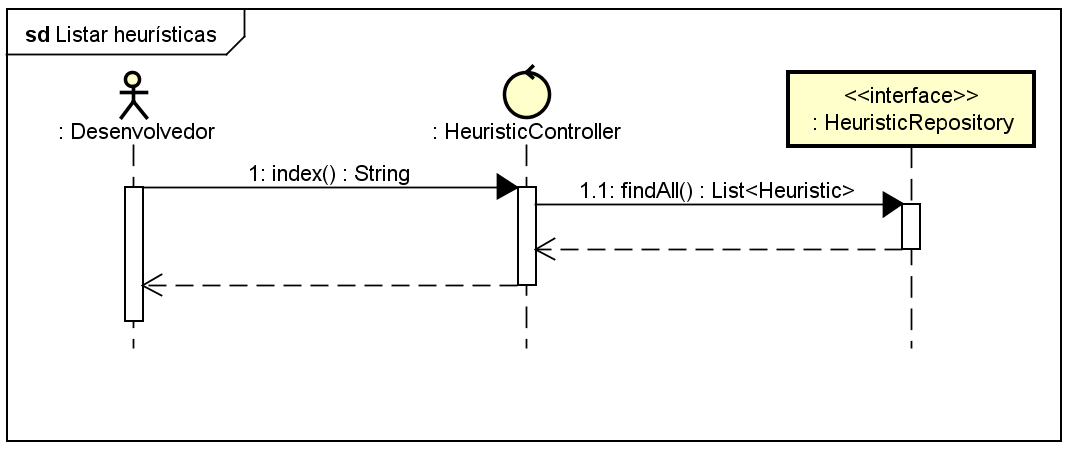
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de exclusão de usuários



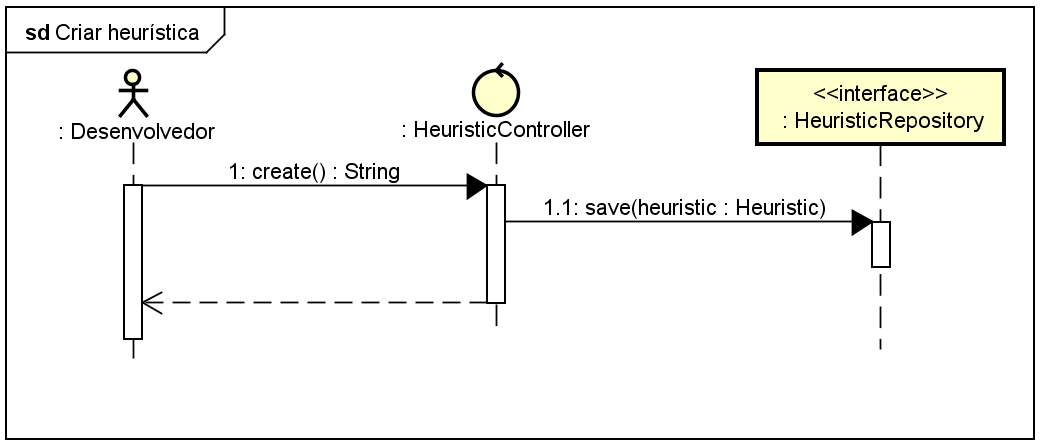
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de listagem de heurísticas



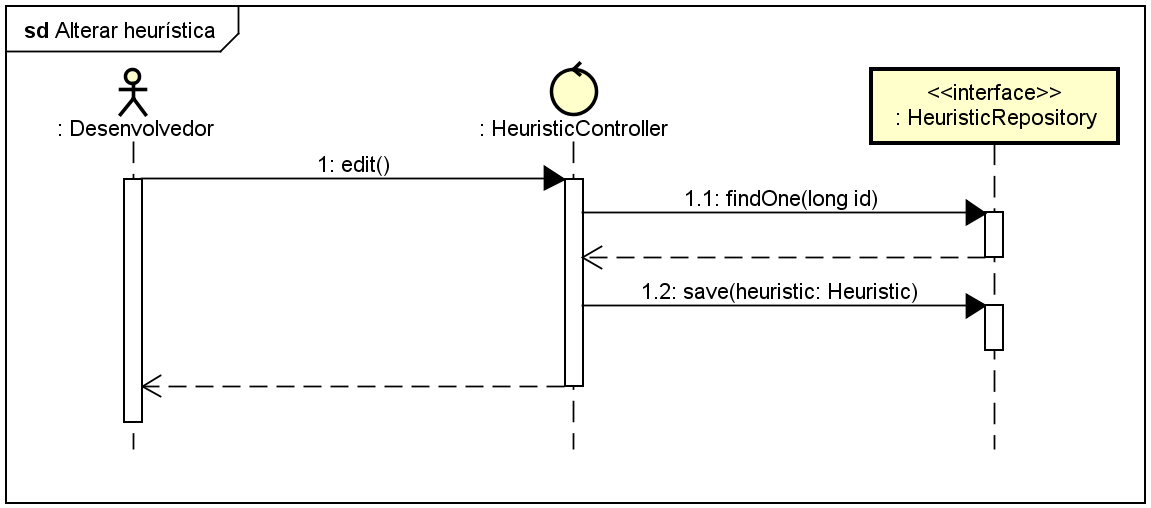
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de inclusão de heurísticas



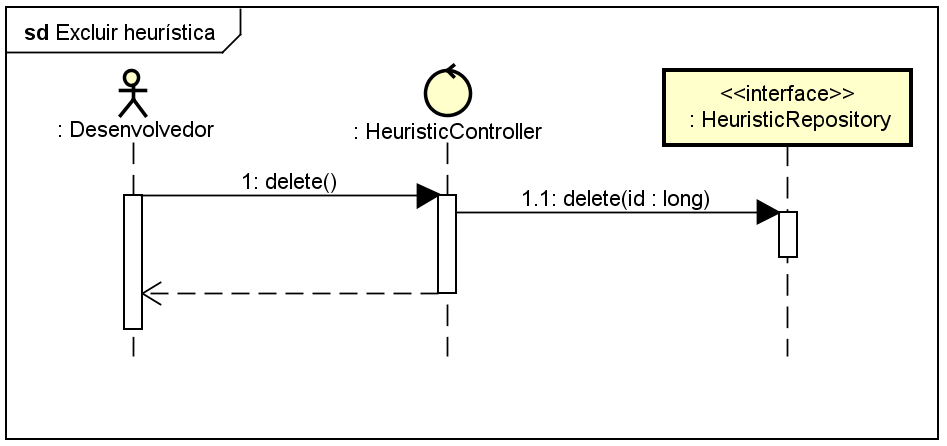
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de alteração de heurísticas



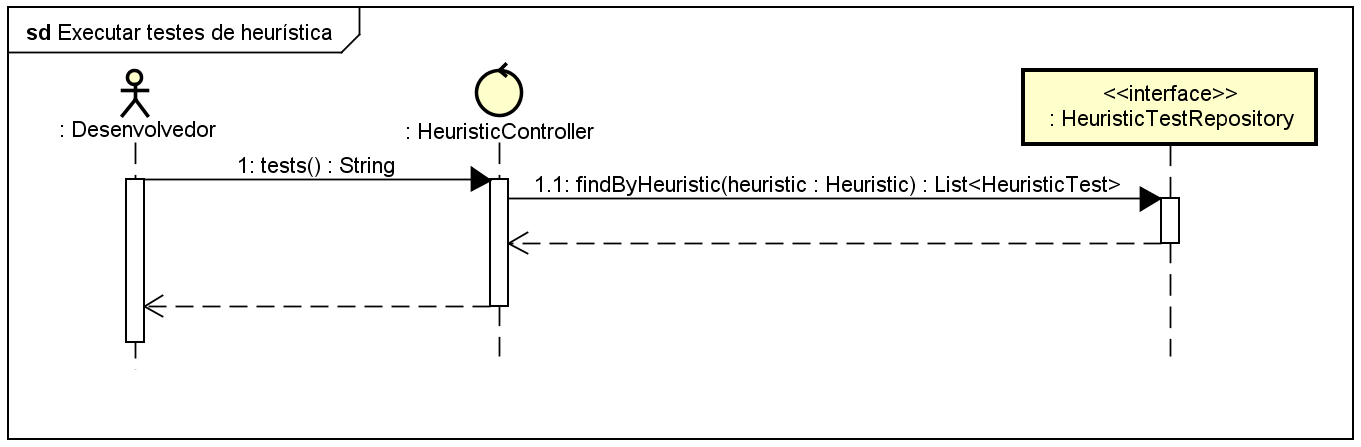
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de exclusão de heurísticas



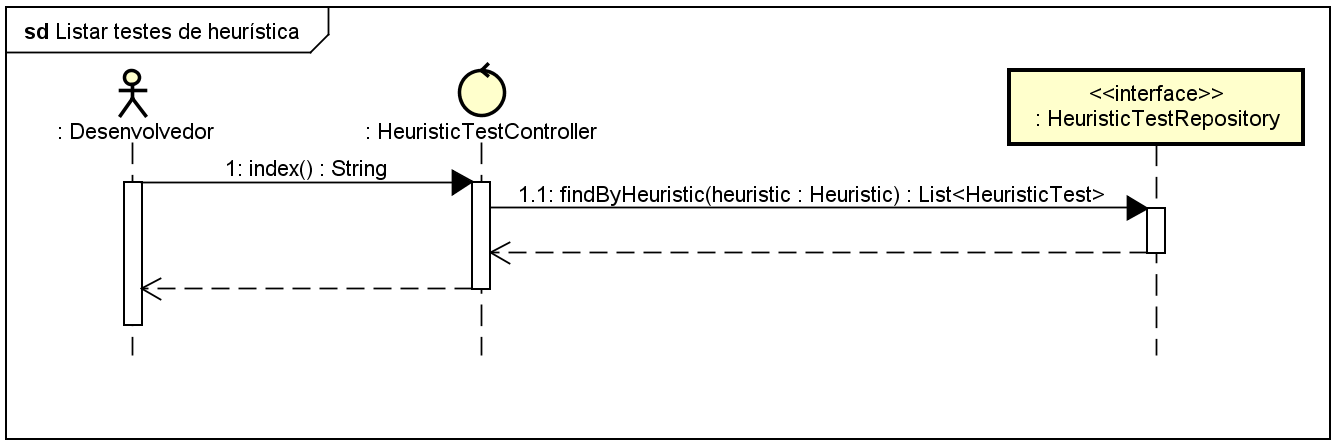
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de execução de testes de heurística



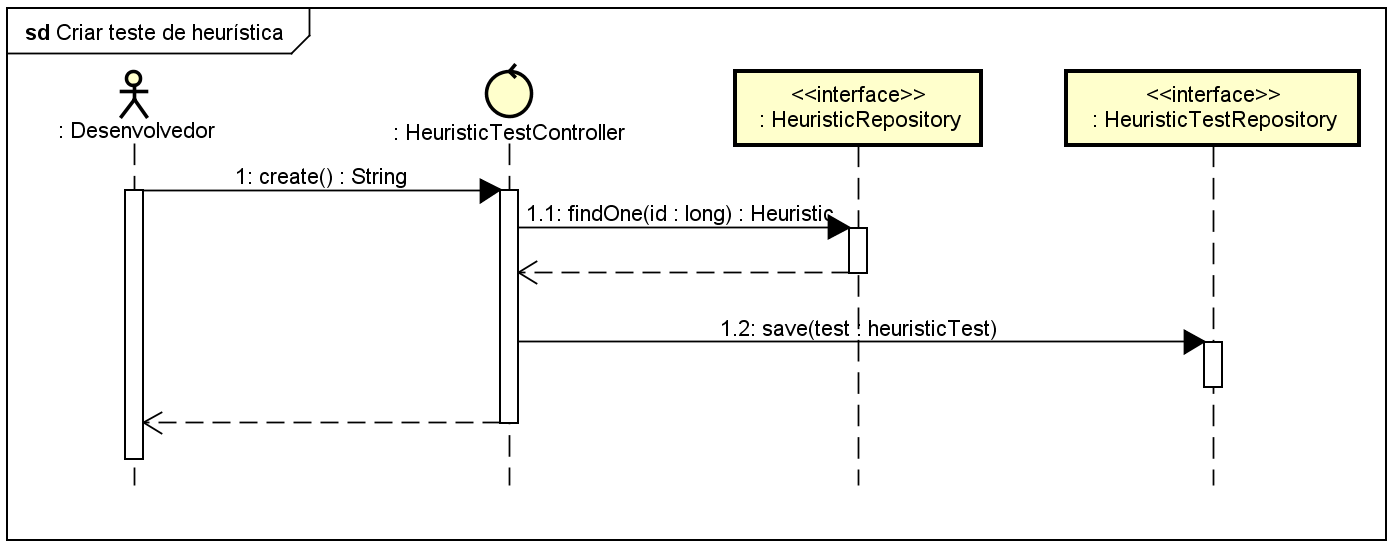
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de listagem de testes de heurística



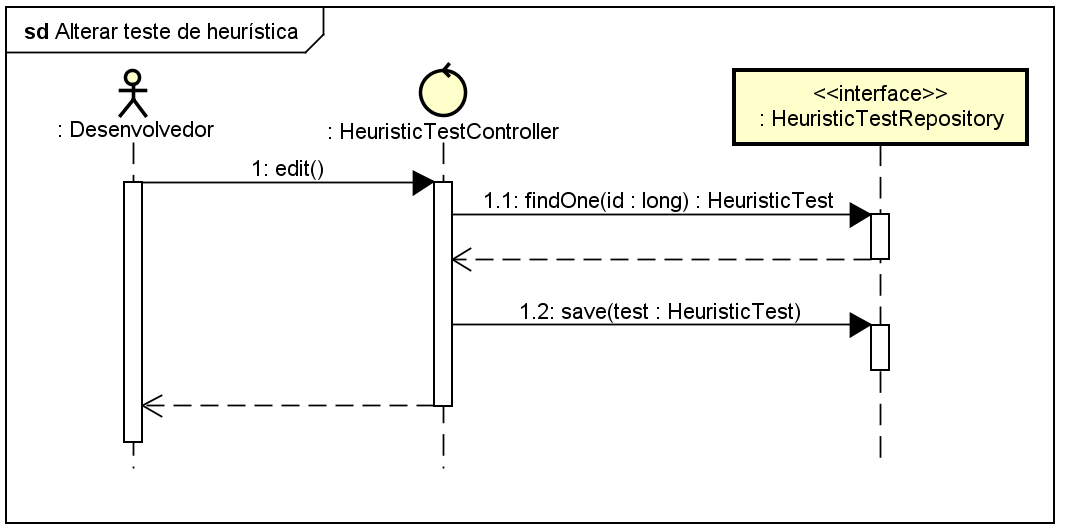
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de inclusão de teste de heurística



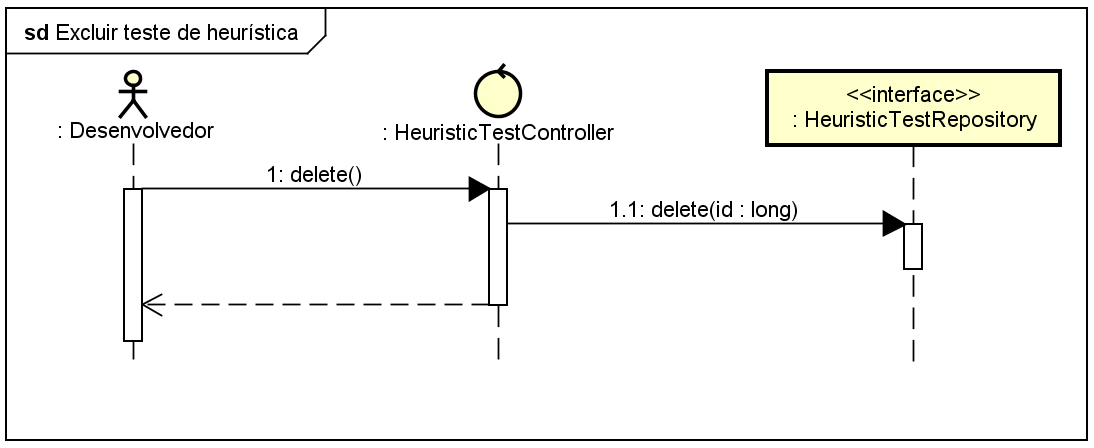
Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de alteração de teste de heurística



Fonte: Próprio autor

Figura : Diagrama de sequência de exclusão de teste de heurística



Fonte: Próprio autor

**3.6. Considerações Parciais**

Neste capítulo foram apresentados os recursos utilizados para realizar o desenvolvimento da aplicação proposta, que inclui especificação de usuários e requisitos, artefatos de análise e projeto.

**Referências  
Bibliográficas**

Colocar em ordem alfabética

ANTLR. **ANTLR 4 documentation.** Disponível em: <https://github.com/antlr/antlr4/blob/4.6/doc/index.md>. Acesso em: 26 mar. 2017.

APACHE GROOVY. **Integrating Groovy into applications.** Disponível em: <http://groovy-lang.org/integrating.html>. Acesso em: 20 mar. 2017.

BECK, Kent. **TDD: desenvolvimento guiado por testes.** Porto Alegre: Bookman, 2010.

EVANS, Eric. **Domain-driven design: atacando as complexidades no coração do software.** Rio de Janeiro: Alta Books, 2010.

FOWLER, Martin. **Inversion of control containers and the dependency injection pattern.** Disponível em <https://martinfowler.com/articles/injection.html>. Acesso em 20 mai. 2017.

FREEMAN, Steve; PRYCE, Nat. **Desenvolvimento de software orientado a objetos, guiado por testes.** Rio de Janeiro: Alta Books, 2012.

GAMMA, Erich; HELM, Richard; JOHNSON, Ralph; VLISSIDES, John. **Padrões de projetos: soluções reutilizáveis de software orientado a objetos.** Porto Alegre: Bookman, 2000.

JAVA. **Obtenha informações sobre a tecnologia java.** Disponível em: <https://www.java.com/pt\_BR/about/>. Acesso em: 22 mai. 2017.

LOUDEN, Kenneth C. **Compiladores: princípios e práticas.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

SHVETS, Alexandre. **Design patterns explained simply.** [S.I.]: Sourcemaking.com, 2001.

SPRING. **Spring Boot.** Disponível em: <https://projects.spring.io/spring-boot/>. Acesso em: 21 mar. 2017.

SPRING. **Spring Initializr.** Disponível em: <http://start.spring.io/>. Acesso em: 21 mar. 2017.

THE JAVA™ TUTORIALS. **About the java technology.** Disponível em: <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/getStarted/intro/definition.html>. Acesso em: 22 mai. 2017.